MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

VI. KÖTET 1—2. SZÁM

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
1951. DECEMBER 9-15-ÉN MEGTARTOTT NAGYGYŰLÉSÉN
A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYA ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI FŐBIZOTTSÁGA
RENDEZÉSÉBEN TARTOTT ÉPÍTÉSI KONFERENCIA ELŐADÁSAI

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
BUDAPEST, 1952

VI. OSZT. KÖZL.

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK

KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI

HEVESI GYULA

VI. KÖTET 1—2. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-UTCA 2.

KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY-UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest, V., Géza-u 2

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Minden szerzőt ötven különlenyomat illet meg megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért, vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi mégrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 04-878-111-48), külföldi megrendelések a »Kultúra« Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 45-790-057-50-032) útján eszközölhetők.

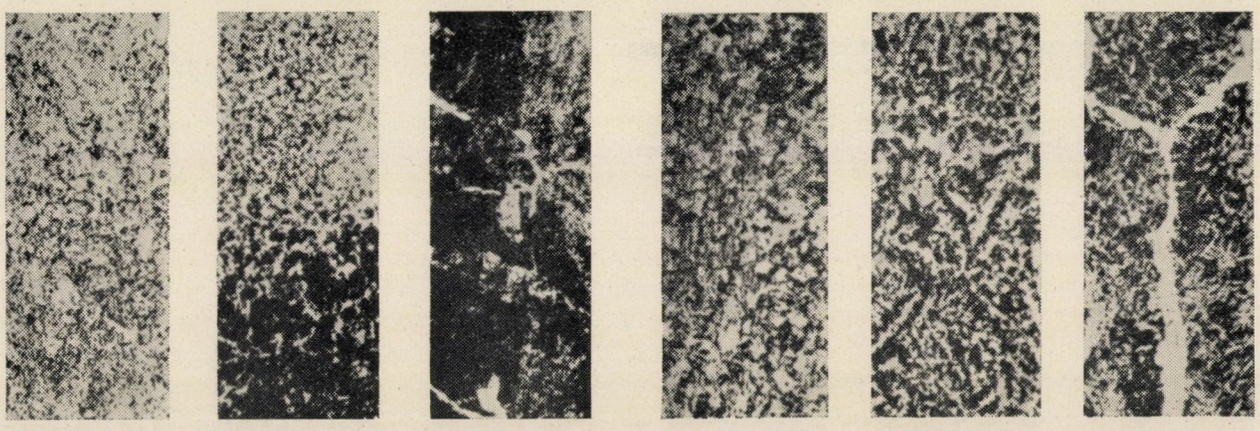
A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

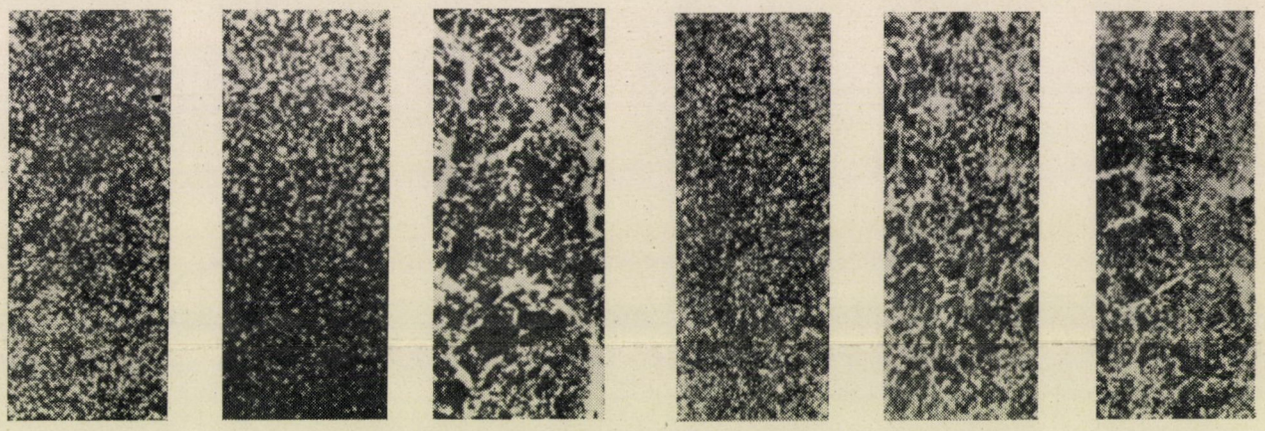
című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek orosz, német, angol, vagy francia nyelven jelennek meg lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül oroszul. Cikkeket magyar vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

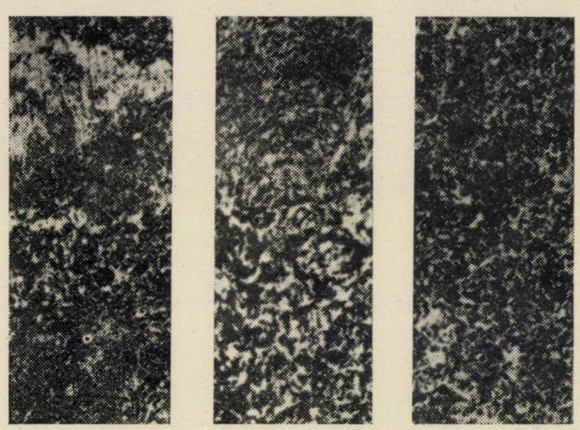
Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V.. Géza-utca 2.



Aa *Ab* *Ac* *Ba* *Bb* *Bc*

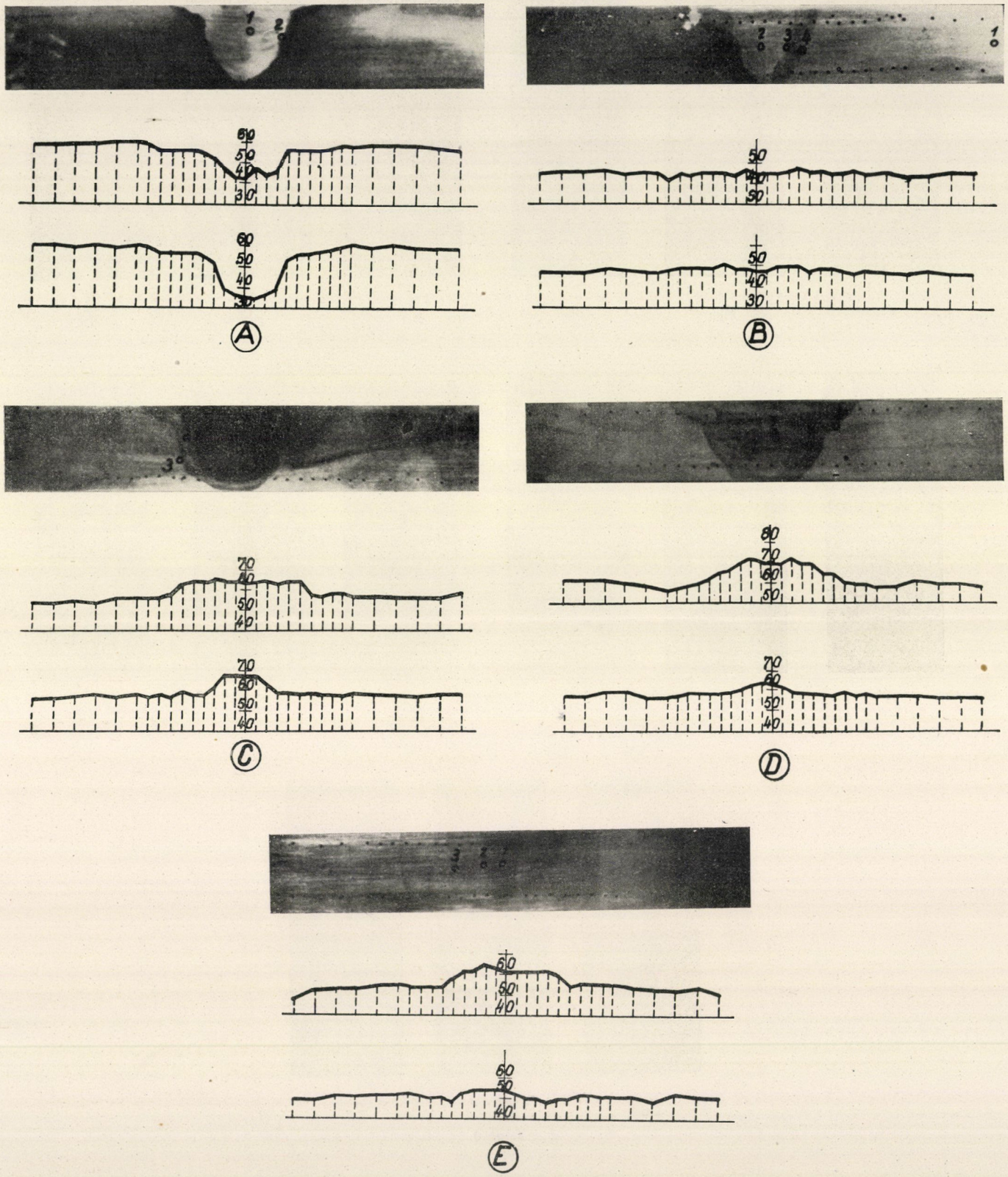


Ca *Cb* *Cc* *Da* *Db* *Dc*



Ea *Eb* *Ec*

2. ábra



1. ábra

ELŐREGYÁRTOTT ÉS FESZÍTETT VASBETON ÉPÜLETELEMEK TEHERBÍRÁSÁNAK VIZSGÁLATA A VALÓSZÍNŰSÉGELMÉLET ALAPJÁN

GÁBORY PÁL

Az előregyártás bevezetése és széleskörű elterjedése az alkalmazott beton és acélanyagokkal szemben fokozott követelményeket támaszt. A felhasznált anyagok mennyiségének lehető legkisebbre való csökkentése — azaz a szállíthatóság feltétele — nagyszilárdságú, egyenletes minőségű szerkezeti elemek készítését teszi szükségessé. A leggazdaságosabb tervezés, mindezek figyelembevételével, csak a legkorszerűbb anyag- és szerkezetvizsgálatok alapján végezhető el.

A korszerű anyagvizsgálatok megbízható segédeszközei a matematikai statisztikai, valószínűségelméleti (stochastikus) módszerei. A vizsgálatok elvégzéséhez az előregyártási eljárás különösen alkalmas, mivel ugyanazon szerkezeti elemet igen sok példányban, legtöbbnyire gyári úton állítják elő. Azonos minőségi feltételű gyártmányok bizonyos tulajdonságai, a tömeggyártmányok szokásos vizsgálati módszereivel stochastikus úton ellenőrízhetők.

A hazai építőipar kézműiparból gyáriparrá fejlődik, tehát indokolt és egyszersmind kötelező is a gyártmányok állandó minőségi ellenőrzése, az átvételi, szállítási feltételek szabatos megállapítása, ugyanúgy, mint ahogyan ez a gyáripar egyéb területein szokásos.

Az előzőkben jellemzett vizsgálati, minősítési eljárások az építőiparban még nincsenek bevezetve. A tanulmány célja: röviden vázolni a vizsgálati eljárások alapelveit és javaslatot tenni a gyakorlati kivitelre, azaz a szabatos minőségellenőrzésre. A tanulmány tehát útmutatást kíván adni az építőipari szabályzatok és szabványok vonatkozó rendelkezéseihez.

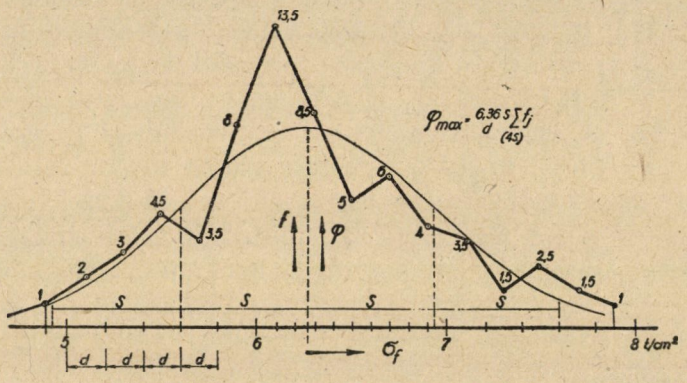
A következőkben az anyagok és szerkezetek sokféle tulajdonságai közül a statikust legjobban érdeklő tulajdonságot, a teherbírást fogjuk csak vizsgálat tárgyává tenni. Teherbírás alatt a szerkezetet használhatatlanná tévő igénybevételt (erő, nyomaték) kívánjuk érteni. A használhatatlanság ismérve tartószerkezeteink esetében igen különböző. Pl. tartályoknál, vasúti hidaknál a hajszálrepedést, épületszerkezeteknél a megnyíló repedést, nagy lehajlást, gépalapoknál a nagymértékű rezgést lehet a szerkezet használhatatlansági jellemzőjeként megállapítani. Mindezen tulajdonságok stochastikus módszerekkel — akár kismintákon, akár magukon a kész elemeken — vizsgálat tárgyává tehetők. A következőkben csak a vasbetongerenda statikus törésével foglal-

kozunk részletesebben, mely fontos a most bevezetett törési állapotra alapított méretezési elmélet szempontjából.

I. A beton- és acélanyagokkal végzett kísérletek

1. *A szilárdsági tulajdonságok gyakorisági megoszlása*

Azonos gyártmányú anyagokkal végzett kísérleteknél az eredmények halmaza egy tartományon belül helyezkedik el. A tartomány tágassága jellemző az anyag egyenletességére. A kísérleteknél fellépő szórás arra mutat, hogy az anyagok vizsgálat tárgyává tett tulajdonságai igen sok részlet-összetevő hatásá-



1. ábra

ból állanak elő. Pl. a beton szilárdságára legalább 8 tényező van hatással. A következőkben csak egyméretű kísérleti halmazokat vizsgálunk, de a valószínűségszámításnak meg vannak a módszerei több tényező hatásának vizsgálatára is. Ez a korrelációszámítás, amelynél az egyes tényezők összefüggéseinek fokát, mértékét számszerűen ki lehet fejezni.

A kísérleti adathalmaz kiértékelését az adatok rendezésével kezdjük. E célból a tartományt legalább 10 egyenlő közre osztjuk fel és meghatározzuk minden ilyen közbe eső kísérleti eredmény darabszámát. A közök határaira eső eredményeket ½—½ számmal a csatlakozó 2 közbe kell utalni. A szakaszokba eső számokat *gyakoriságnak (f)* nevezzük. Példaképpen szolgáljon egy 12 m/m átmérőjű betonacéllal végzett kísérletsorozat 69 mérési eredményének feldolgozása. A gyakoriságok megoszlását az *1. ábra* mutatja, melynél a szakaszokba eső mértékeket azok közepére helyezve tört vonallal kötöttük össze. A szakaszokat 200 kg/cm²-re vettük. A tartomány tágassága az acél folyási feszültségéből 5000—8000 kg/cm²-re adódott. A tört vonal jól mutatja a feszültségi értékek gyakoriságának változását és jellemző a vonalra az egy közép körüli sűrűsödés, melyet *középértéknek* nevezzünk.

A gyakorisági vonal akkor ilyen jellemző alakú, ha a kísérletekben csak véletlen hiba fordul elő. Állandó hiba esetén a vonal alakja szabálytalan és több sűrűsödési pontot mutat. Az *1. ábra* két kisebb mellékcsúcspontja jelentéktelen és figyelmen kívül hagyható.

A kísérleti értékek közül a legfontosabb hely a középérték, melyet általában mint aritmetikai közepet szoktak számításba venni.

Ennek értéke ($\bar{x}$)

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} x_i \,, \tag{1}$$

ahol N a kísérletek száma és x_i az egyes mérési eredmények értéke. Ha az adathalmaz igen nagyszámú, akkor az (f) gyakorisági értékek felhasználásával (M) köz esetén

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{M} f_j x_j \tag{1a}$$

ahol x_j a közre jellemző átlagérték.

Az aritmetikai középértéken kívül használatos még a leggyakoribb közép (módus), mely *1. ábrán* a leggyakoribb csúcsértékkel azonos. Szimmetrikus eloszlásoknál az előző két középérték azonos. A következőkben az ilyen szimmetrikus szabályos eloszlásokkal foglalkozunk, melyekre jellemző, hogy csak véletlen hibát tartalmaznak és az ú. n. ideális matematikai megoszlással határátmenettel megközelíthetők.

2. *A szórás megállapítása*

A megoszlás másik jellemzője a középértéken kívül a szórás. Szórás alatt értjük a középhez viszonyított átlagos eltérést. A következőkben a négyzetes középhibát vezetjük be a szórás mértékéül, mely tulajdonképpen a középértékhez viszonyított különbségek négyzetes középértéke. Ez tényleg jellemző a szórásra, mivel abszolut értékeket ad, független az előjelektől. A szórás négyzet (S^2), tehát

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^2. \tag{2}$$

Ha igen nagyszámú elem szórását kell meghatározni, akkor célszerű az (1/a) értelmezése szerint

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^{M} f_j (x_j - \bar{x})^2 \tag{2/a}$$

képlet használata. A nevezőkben szereplő (N-1) tag a végesszámú kísérlet következménye és azért kell bevezetni, mivel a szórást ideális matematikai megoszlásnál kívánjuk felhasználni. Pártatlan szórásnégyzetnek is nevezik. Jelentősége különösen kisszámú kísérlet esetén tűnik ki, amikor a szórást okvetlenül nagyobbra kell értékelni.

3. *Stochastikus vizsgálat*

A gyakorlatban nem áll módunkban végtelen számú kísérletet elvégezni, de nem is szükséges, mivel rendelkezésünkre állanak azok a módszerek, melyekkel meg tudjuk állapítani a végesszámú halmaz és a teljes végtelen kollektívum közti valószínű összefüggéseket.

Az ideális szimmetrikus gyakorisági eloszlásfüggvény az ú. n. normáleloszlás $N = \infty$ halmaz esetén

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \tag{3}$$

mely egyenletben megkülönböztetésül x középértéket μ vel és S szórást σ-val jelöljük.

A görbe szimmmetrikus alakú μ középérték abscissára.

Ha μ-t helyezzük a koordinátarendszer kezdőpontjába, azaz $\mu = 0$ és bevezetjük $h = \frac{1}{\sigma\sqrt{2}}$ ú. n. szabatossági mértéket, akkor

$$\varphi(x) = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-x^2h^2} \tag{3/a}$$

alakot kapjuk. Ennek a görbének még egy formája használatos, melynél ugyanúgy, mint előbb $\mu = 0$, de a szórás $\sigma = 1$. Ez a gyakorisági görbe standard formája

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \tag{3/b}$$

A normális eloszlás görbéjének fenti értelmezések szerinti alakja és főbb pontjainak helyzete a *2. ábrán* látható.

Az *1. ábrán* értelmezett gyakoriság értékét a normál görbe az egész kollektívumhoz viszonyítva állapítja meg, tehát tulajdonképpen az 1. pontban értelmezett f/N valószínűséget kapjuk meg, egy dx szakaszra vonatkozólag.

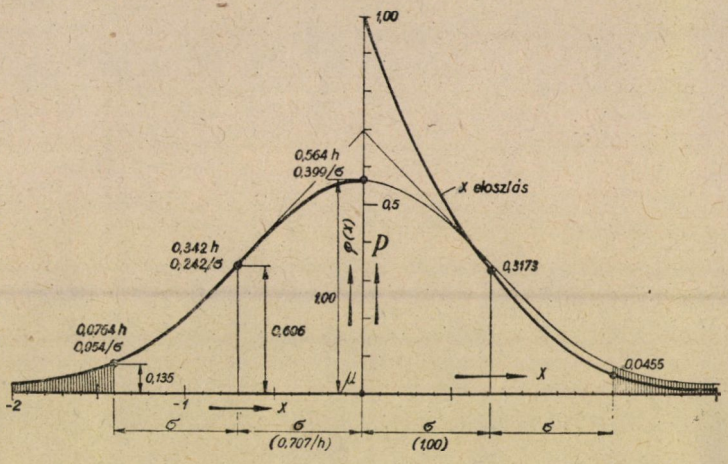
A szakaszvalószínűség

$$dP = \varphi(x)\, dx \tag{4}$$

felel meg tehát a gyakoriságnak, melynek alapján annak valószínűségét, hogy a középtől való eltérés bármely kijelölt T szakaszba essék (4) integrációjával lehet meghatározni

$$P = \int_{(T)} \varphi(x) \cdot dx. \tag{5}$$

Könnyen belátható, hogy a $-\infty$-től $+\infty$-ig terjedő elképzelhető összes eltérés felléptének valószínűsége éppen a bizonyosság, tehát az egység. Az (5) képlet-



2. ábra

szerinti valószínűségek közül a továbbiakban az érdekel bennünket, melynek tartománya x_0-tól ∞-ig terjed. Normális eloszlásnál a szimmetria miatt ez 2 egyenlő részből áll (*2. ábra*).

$$P = \int_{-\infty}^{x_0} \varphi(x)\, dx + \int_{x_0}^{\infty} \varphi(x)\, dx = 2 \int_{x_0}^{\infty} \varphi(x)\, dx \tag{5/a}$$

5/a képlet az ú. n. kieső valószínűséget adja, azaz annak valószínűségét, hogy a vizsgált mennyiség küszöbérték alá, vagy fölé essék. A fordított feladat is megoldható, azaz, ha adott a P valószínűség, akkor kiszámítható $\pm x_0$ küszöbérték. A kísérletek kiértékelésénél a feladat mindig az utóbbi formában jelentkezik.

A normáleloszlás ismeretével most már feladatunk, hogy meghatározzuk a kísérleti eredmények, tehát a mintavételi eljárás és az ideális megoszlás közti összefüggéseket. Ehhez három segédtételre van szükségünk.

a) 2 különböző sorozat összegének középértéke azonos az egyes sorozatok középértékeinek összegével, ami (1) képlet alapján közvetlenül belátható

$$\mu = \frac{\Sigma (x_1 + x_2)}{N} = \mu_1 + \mu_2. \tag{6}$$

b) 2 különböző sorozat összegének szórásnégyzete azonos az egyes sorozatok szórásnégyzeteinek összegével

$$\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 \tag{7}$$

(2) képletből az összegfüggvény szórása.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \Sigma [(x_1 - \mu_1) + (x_2 - \mu_2)]^2 =$$

$$= \frac{1}{N} \Sigma (x_1 - \mu_1)^2 + 2 (x_1 - \mu_1) (x_2 - \mu_2) + (x_2 - \mu_2)^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$

mivel a négyzetreemelés középtagja előjeles és a szimmetria miatt azonos pozitív negatív tagokat képez, tehát összege 0.

c) Az előzők alapján a végtelen kollektívumból kivett azonos (N) számú, azonos tagokkal rendelkező μ közepű, σ szórású változások összegének közepe (6) miatt

$$\mu_N = N\mu \quad \text{és szórása} \quad \sigma_N^2 = N\sigma^2 \quad \text{azaz} \quad \sigma_N = \sigma \sqrt{N} \tag{8}$$

(8) alapján a matematikai közép középértéke

$$\mu_N = \frac{N\mu}{N} = \mu \quad \text{és szórása} \quad \sigma_N = \frac{\sigma \sqrt{N}}{N} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}. \tag{9}$$

A számításokban általában a (3/b) képlet által jellemzett standard függvényalakot használjuk. Minden (Z) változó átalakítható a standard formára a következő képlettel

$$x = \frac{z - \mu}{\sigma}, \tag{10}$$

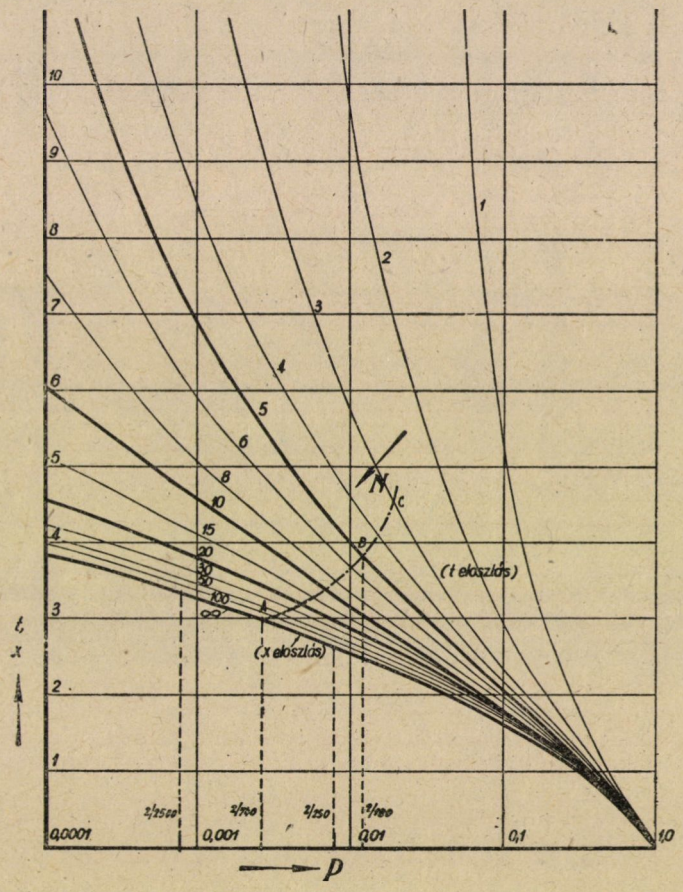
amely összefüggés helyessége a standardforma $\mu = 0$ és $\sigma = 1$ feltételeivel igazolt. A kísérletsorozatnál, azaz a mintavételnél feltételezzük, hogy a végtelen kollektívumból a kiragadott sokaság jellemző és a sorozatvétel azonosan tetszőleges mennyiségben megismételhető. Ha a (10) képlettel jellemezett ú. n. x eloszlást a számtani közép eltérésének becslésére akarjuk felhasználni, *azaz a mintavétel és az ideális eloszlás közepeinek eltérését vizsgáljuk*, akkor

$$x = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma_N} = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma} \sqrt{N}. \tag{11}$$

Ezzel az összefüggéssel a mintavétel x középértéke és az ideális közti kapcsolat meghatározható

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{x\sigma}{\sqrt{N}}, \tag{12}$$

ahol az x eloszlás P valószínűség függvényében (5/a) képlettel van jellemezve. Mindezek a vizsgálatok nagyszámú, legalább 50 kísérlet esetén alkalmazhatók.



3. ábra

Kevésszámú kísérlet esetén az x eloszlás nem alkalmazható, mivel a matematikai vizsgálatok azt bizonyítják, hogy a végtelen kollektivumból kevés adatmennyiséget kiragadva, a jellemző mennyiségek valószínű eloszlása egyál-

talán nem szabályos. Több ilyen kevésszámú adatra vonatkozó eloszlástörvény ismeretes. A következőkben az ú. n. »*t*« eloszlást fogjuk használni. A (11) (12) képletekbe x eloszlás helyett t és σ szórás helyett a kevésszámú kísérlet S szórása vezetendő be

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \sqrt{N} \tag{11/a}$$

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{t s}{\sqrt{N}}. \tag{12/a}$$

Az x és t eloszlás P valószínűség, illetőleg P és N kísérletszám függvényében táblázatokban, grafikonokban rendelkezésre állnak.

A *3. ábrán* fel van tüntetve az x és t eloszlás P és N függvényében, ahol $N = \infty$-nél kapjuk a normális, szabályos eloszlás értékeit, mint a t eloszlás assymptotikus értékét. $N = 50$-nél a t eloszlás már jól közelíti az x eloszlást, azonban N-10 alatti értékeinél lényeges eltérés mutatkozik. A t eloszlást meghatározó transcendens egyenlet a következő:

$$P = \frac{2}{\sqrt{(N-1)\cdot\pi}} \frac{\Gamma N/2}{\Gamma (N-1)/2} \int_t^\infty \frac{dt}{\left(1 - \frac{t^2}{N-1}\right)^{N/2}} \tag{13}$$

melyből $N = \infty$ határmenettel az $x = t$ eloszlás feltételi egyenlete kapható

$$P = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \tag{14}$$

A táblázatok csak P néhány értékére vannak kidolgozva, tehát célszerű egy gyakorlatilag megfelelő, közelítő egyszerű képletet megadni. A függvényeket hiperbolákkal lehet megközelíteni a következőképpen (érvényességi határ $P < 0{,}08$; $N > 3$):

$$t \sim \frac{3{,}44 + 147\,P}{1 + 90\,P} \frac{N}{N-1} + \frac{15 - 200\,P}{1 + 260\,P} \frac{1}{N-1}, \tag{13/a}$$

melyből $N = \infty$ határátmenettel

$$x \sim \frac{3{,}44 + 147\,P}{1 + 90\,P}. \tag{14/a}$$

A kísérletekkel kapcsolatosan még egy feladatot kell megoldani. Normáleloszlás figyelembevétele esetén melyik az a $\pm x_p$ küszöbérték, melynél P a

valószínűsége annak, hogy ennél kisebb vagy nagyobb érték nem keletkezik. A valószínűséget meghatározó területek az 1. *ábrán* láthatók. (14) képlettel implicite, (14/a) képlettel közvetlenül kiszámítható adott P mellett az x eloszlási tényező és (10) figyelembevételével

$$x = \frac{x_0 - \mu}{\sigma}, \quad \text{amiből}$$

$$x_0 = \mu \pm x\sigma. \tag{15}$$

Pl. $P = 1/1000$ valószínűségnél $x = \dfrac{3{,}44 + 147/1000}{1 + 90/1000} = 3{,}29$; (14/a-ból), tehát x_p hely értéke

$$x_p = \mu \pm 3{,}29\,\sigma. \tag{a}$$

Ha csak azt akarjuk megállapítani, hogy melyik az a küszöbérték, mely *alatti értékek* felléptének valószínűsége P, akkor az előző számítást $2P$ értékkel kell végezni. (Egyoldali részvalószínűség).

Pl. $P_1 = \dfrac{1}{1000}$ $\quad x = \dfrac{3{,}44 + 147 \cdot 2/1000}{1 + 90 \cdot 2/1000} = 3{,}16$ azaz

$$x_p = \mu - 3{,}16\,\sigma. \tag{b}$$

Nagyszámú kísérletnél (15) küszöbérték használható, mivel (12) miatt a középérték hibája elhanyagolhatóan csekély és a megoszlás normális.

xj t/cm²	fj	$fj\,xj$	$xj-x$	$fj\,(xj-x)^2$
4,9	1	4,90	1,36	1,85
5,1	2	10,20	1,16	2,69
5,3	3	15,90	0,96	2,77
5,5	4,5	24,75	0,76	2,60
5,7	3,5	19,95	0,56	1,10
5,9	8	47,20	0,26	1,04
6,1	13,5	82,35	0,16	0,35
6,3	8,5	53,55	0,04	0,02
6,5	5	32,50	0,24	0,29
6,7	6	40,20	0,44	1,16
6,9	4	27,60	0,64	1,64
7,1	3,5	24,85	0,84	2,47
7,3	1,5	10,95	1,04	1,62
7,5	2,5	18,75	1,24	3,83
7,7	1,5	11,55	1,44	3,12
7,9	1,0	7,90	1,64	2,68
Σ	69	433,10	—	29,23

Kevésszámú kísérletnél az x eloszlás helyett a t eloszlást kell alkalmazni, mely természetesen nagyobb értékeket ad, tekintetbe véve a kevésszámú adat kevésbbé jellemző, megbízható voltát. A kis szúrópróbánál (15) alapján szintén számítható küszöbérték

$$t_p = \bar{x} \pm t\,s \qquad (15/a)$$

összefüggéssel. Azonos P valószínűség mellett a megbízhatóság csökkenése miatt t_p mindig kisebb mint x_p.

Az *1. ábrán* feltüntetett acélvizsgálatot (69 db) *nagyminta*-vételnek lehet tekinteni. (Nagy szúrópróba.) Példaképpen meghatározzuk középértékét és szórását, valamint különböző P valószínűség mellett a küszöbértékeit.

A középérték (1/a) szerint

$$\bar{x} = \frac{433{,}10}{69} = 6{,}26\ t/\mathrm{cm}^2 = 6260\ \mathrm{kg/cm}^2.$$

A leggyakoribb érték 6,10 t/cm²-re adódott (2,5% eltérés). A szórás (2/a) szerint

$$\sigma \sim S = \sqrt{\frac{19{,}23}{69-1}} = \sqrt{0{,}431} = 0{,}646\ t/\mathrm{cm}^2 = 646\ \mathrm{kg/cm}^2$$

$P = 1/100$ valószínűséggel a középérték hibája (14/a) és (12)-vel

$$x = \frac{3{,}44 + 147 \cdot 1/100}{1 + 90 \cdot 1/100} = 2{,}58$$

$$\mu = 6260 \pm \frac{2{,}50 \cdot 646}{\sqrt{69}} = 6260 \pm 200 \begin{cases} 6060\ \mathrm{kg/cm}^2 \\ 6460\ \mathrm{kg/cm}^2 \end{cases}$$

Ez annyit jelent, hogy 100 megismételt kísérletsorozat (100×69 kísérlet) középértéke 6060 és 6460 közt változhat.

Ha x_0 küszöbértéket kívánjuk meghatározni, melynél pl. 1/1000 a valószínűsége annak, hogy a küszöbnél *kisebb* érték nem keletkezik, akkor

$$x_P = 6260 - 3{,}16 \cdot 646 = 4220\ \mathrm{kg/cm}^2.$$

Tehát ezen acélnál minden 1000 esetben egyszer várható $\sigma_f \leq 4220\ \mathrm{kg/cm}^2$ érték.

Megjegyzendő, hogy $x = 1$ keletkezik a $P = 0{,}3173$ valószínűség mellett. Tehát ha csak az egyszeres szórást vonjuk le akár μ, akár x_p számításánál, akkor

cca $^1/_3$-a a valószínűsége annak, hogy ennél kisebb keletkezik. Ilyen nagy valószínűség veszélyes, nem engedhető meg.

A kismintavételre (kis szúrópróba) bemutatjuk 5 betonkockával végzett törő kísérlet vizsgálatát

xi	$(xi-x)$	$(xi-x)^2$
168	25,2	633
180	13,2	176
192	1,2	1
210	16,8	282
216	22,8	520
$\Sigma = 966$		$\Sigma = 1612$

$$\bar{x} = \frac{966}{5} = 193{,}2 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \sqrt{\frac{1612}{5-1}} = 20{,}1 \text{ kg/cm}^2.$$

Pl. $P = 1/1000$ egyoldali részvalószínűséggel, a közép. hibája (azaz 2/1000 teljes kieső valószínűséggel)

$$t = \frac{3{,}44 + 2 \cdot 0{,}147}{1 + 2 \cdot 0{,}09} \frac{5}{5-1} + \frac{15 - 2 \cdot 0{,}2}{1 + 2 \cdot 0{,}26} \frac{1}{5-1} = 6{,}36$$

$$\mu = 193{,}2 \pm \frac{6{,}36 \cdot 20{,}1}{\sqrt{5}} = 193{,}2 \pm 57{,}2 = \begin{matrix} 250{,}4 \text{ kg/cm} \\ 136{,}0 \text{ kg/cm}^2. \end{matrix}$$

Ugyanilyen valószínűségű küszöbérték.

$$t_p = 193{,}2 - 6{,}36 \cdot 20{,}1 = 66 \text{ kg/cm}^2.$$

Beton- és acélanyagoknál vizsgálat tárgyává tehető a feszültség-alakváltozási diagramm minden jellemző adata (törés-szakítás, plasztikus határ-folyás, törési rövidülés, szakítási nyúlás, rugalmassági modulus stb.) s ezzel maga a teljes diagramm is, azaz (12) és 12/a) összefüggésekkel P valószínűségű diagrammhoz jutunk.

II. Kész vasbeton és feszített vasbetonlemezek teherbírása

1. A beton- és acélanyag szilárdsági tulajdonságainak és a vasbetonelemek teherbírásának összefüggése

A vasbetonelemek törésének, tönkremenetelének oka lehet a beton húzószilárdsága, nyomószilárdsága, vagy az alkalmazott acélbetétek szakítószilárdsága. Mint ismeretes, a beton húzószilárdsága a helytelenül nyírási törésnek nevezett tönkremenetelnél mutatkozik, mint a törés oka; a nyomószilárdság a hajlítási, központos és külpontos nyomási, valamint kihajlási töréseknél szerepel, vagy közvetlenül, vagy a vas nagymértékű nyúlásának következményeként. A vas szakadásából származó törés csak az igen kevés viszonylagos vasbetétmennyiség mellett következhetik be, de a vasbetonszabályzat korlátot szab arra, hogy ez ne állhasson elő. Ha hajlítási igénybevételből származó törést vizsgáljuk, akkor a beton és acélanyag teljes alakváltozási diagrammjából a keresztmetszetre vonatkozó közös alakváltozási összefüggést kell megállapítani. Ezt mint ismeretes, a kísérletekkel igazolt alakváltozási tétellel, a keresztmetszet síkjának állandóságával állapíthatjuk meg. A tétel eredményeként a hajlított tartó keresztmetszetében fellépő betonnyomófeszültségek megoszlása a semleges tengely felett azonos a nyomókísérlet által felvett diagrammal, melyhez az alakváltozásnak megfelelő vasfeszültség tartozik.

2. Teherbírás megállapítása elméleti úton az anyagok stochastikus vizsgálatának eredményei alapján

Hajlított vasbetonszerkezet teherbírását a (12) és (12/a) szerinti vizsgálatokkal kapott középértékű alakváltozási diagrammokkal elméleti úton is meg lehet állapítani.

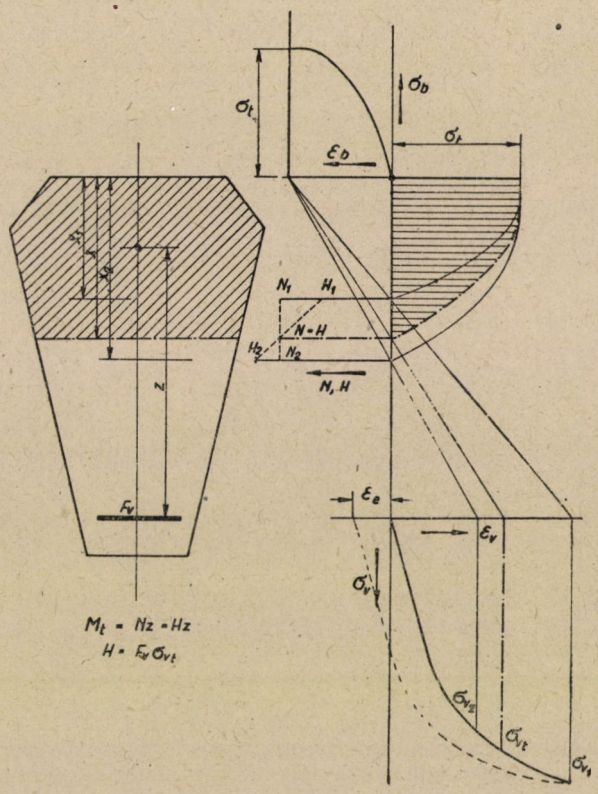
A vizsgálat elméleti feltételei a következők:

a) Az eredetileg sík keresztmetszet törésig sík marad, azaz a beton nyomófeszültségmegoszlása a nyúlásokkal ugyanolyan összefüggésben van, mint központos nyomás esetén és az acél feszültségét a keresztmetszet alakváltozásának megfelelő nyúlásból kell megállapítani.

b) A beton húzóerőt nem vesz fel.

A semleges tengely helyét adott keresztmetszet esetén szerkesztéssel úgy állapíthatjuk meg, hogy több helyen kísérletképpen felvett x tengelyre a, pont feltételével kiszámítjuk a belső nyomó- és húzóerők nagyságát, s ahol ezek egyenlőkké válnak, ott lesz a végleges tengely. A feszültség megoszlások ismeretével a belső kar hossza, majd a törési nyomaték is kiszámítható. A *4. ábrán* a szerkesztést egy példaképpen felvett keresztmetszet esetén mutatjuk be. Megjegyzendő, hogy feszített vasbetonszerkezeteknél a vasnyúlási diagrammban a feszítési nyúlást — végleges, csökkent értékével — le kell vonni. Szerkesztés helyett numerikus megoldás is alkalmazható, ha az anyagokra jellemző dia-

grammokat egyenlettel jellemzett görbékkel helyettesítjük. A stochastikus vizsgálat értékei bizonyos szórást mutatnak, tehát a betonnál jól közelítő parabolát, az acélnál hyperbolát lehet közéiktatni. Ha az acélnak harározott folyási határa van, akkor alakváltozási diagrammja két egyenes vonallal helyettesíthető.



4. ábra

3. Kész elemekkel végzett kísérletek értékelése

Gyárüzemű előregyártás során, gyártási ellenőrzésnél, a gyártmányok bizonyos százalékát törési próbának kell alávetni. A kísérleti eredmények helyes értékelése csak stochastikus úton lehetséges. A vizsgálatot az I/3 pont adatai alapján ki kell terjeszteni a középérték megállapítására és P valószínűségű küszöbérték kiszámítására. A küszöbértéket felhasználhatjuk az új szabályzataink által bevezetett határigénybevétel megállapítására. Határigénybevétel alatt P valószínűségű törőigénybevételt értünk. Tehát a középértékből le kell vonni a szórás x eloszlásnak megfelelő többszörösét, ahol x megfelelő értéke a P valószínűség szerint 14/a képletből számítható.

Példaként szolgáljon az épületelemgyárban készült 57 db G 48/c jelű típusgerendával végzett kísérletek stochastikus vizsgálata (*5. ábra*). A gerenda táblázat szerinti határnyomatéka 3,00 tm.

Xj^{tm}	fj	$fj\,Xj$	$(Xj-X)$	$fj(Xj-X)^2$
3,88	4	15,52	0,85	2,60
4,13	8	33,04	0,60	2,88
4,38	10	43,80	0,35	1,22
4,63	12	55,56	0,10	0,12
4,88	6	29,28	0,15	0,14
5,13	6	30,78	0,40	0,96
5,38	5	26,90	0,65	2,12
5,63	4	22,52	0,90	3,24
5,88	0	0	1,15	0
6,13	2	12,26	1,30	3,38
$\Sigma =$	57	$\Sigma =$ 269,66		$\Sigma =$ 16,66

$$\bar{x} = 269{,}66/57 = 4{,}73 \text{ tm}$$

$$S = \sqrt{\frac{16{,}96}{57-1}} = \sqrt{0{,}303} = 0{,}55 \text{ tm}.$$

Középérték ($1/1000 = P$) részvalószínűséggel

$$x = \frac{3{,}44 + 2 \cdot 0{,}147}{1 + 2 \cdot 0{,}09} = 3{,}16$$

$$\mu = 4{,}73 \pm 3{,}16 \cdot 0{,}55/\sqrt{57} = 4{,}73 \pm 0{,}23 = \begin{cases} 4{,}96 \text{ tm} \\ 4{,}50 \text{ tm} \end{cases}$$

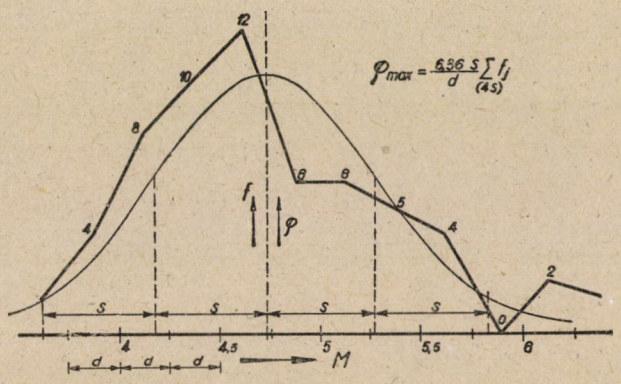
Ugyanilyen valószínűséggel a határnyomaték értéke

$$x_P = 4{,}73 - 3{,}16 \cdot 0{,}55 = 3{,}0 \text{ tm}.$$

A számítás eredménye annyit jelent, hogy a gyártás természetéből folyó egyenlőtlenségek, szórások figyelembevételével, minden ezer tartó körül 1-nél valószínűen egyezik a törőnyomaték a határnyomatékkal, azaz, ha a használat folytán a biztonsági tényezőkkel megállapított terhelési felső határértéket a tartó megkapja, az építményben törés fog mutatkozni. Ez természetesen nem annyit jelent, hogy minden beépített ezer gerenda közül egy el fog törni, mivel mint említettük, ahhoz még a terhelés várható legnagyobb értékének jelenléte is szükséges.

Az *5. ábrán* feltüntettük a kísérletekkel megegyező középértékű és szórású ideális, normális gyakoriságeloszlás alakját, mellyel a küszöbértéket meghatároztuk.

Az előző vizsgálat, folyamatosan, több hónapon keresztül végzett törőpróbák eredményei alapján volt elvégezhető. Ilyen tömegű kísérlet általában



5. ábra

nem hajtható végre, s meg kell elégednünk néhány kísérlettel, azaz kismintavizsgálattal. Mint már az I/3 pontban láttuk a kis szúrópróbánál $t > x$ miatt a csökkentés lényegesen nagyobb. Pl. 5 ugyanilyen födémtartóval végzett kísérletekkel a következő törőnyomatékokat állapítottuk meg:

	xi	$xi-x$	$(xi-x)^2$
	3,86	0,89	0,790
	4,44	0,31	0,096
	4,56	0,19	0,036
	5,08	0,33	0,109
	5,32	0,57	0,325
Σ	23,26	—	1,356

$$\bar{x} = \frac{23{,}26}{5} = 4{,}75 \text{ tm} \qquad s = \sqrt{\frac{1{,}356}{5-1}} = 0{,}58 \text{ tm}.$$

$P = 1/1000$ részvalószínűséggel $t = 6{,}36$ és $\mu = 4{,}75 - \dfrac{6{,}36 \cdot 0{,}58}{\sqrt{5}} = 3{,}10$ tm.

A középérték várható szórása már eléri a határnyomatékot. A küszöbérték irreálisan alacsony

$$t_P = 4{,}75 - 6{,}36 \cdot 0{,}58 = 1{,}05 \text{ tm}$$

és arra mutat, hogy kismintavételnél a P valószínűség nagyobb értékével is meg lehet elégedni, mint ez a gyáripari minősítéseknél szokásos.

Pl. 1/100 részvalószínűséggel $t = 3{,}29$,

$tp = 4{,}75 - 3{,}29 \times 0{,}58 \sim 2{,}9$ tm, azaz kb. a határnyomaték.

III. A vizsgálatok gyakorlati kivitele

1. A kísérletek legkisebb száma

Építményeinknél alkalmazható P részvalószínűségi számokat a szovjet vízépítési szabályzat alapján vesszük fel.

I. osztályú	szerkezeteknél	$P = 1/2500$
II.	»	$P = 1/740$
III.	»	$P = 1/250$

Ezekhez a valószínűségekhez tartozó nagymintavételi x eloszlási számok

I. osztályú	szerkezeteknél	$x = \dfrac{3{,}44 + 2 \cdot 147 \cdot 1/2500}{1 + 2 \cdot 90 \cdot 1/2500} \sim 3{,}35$
II.	»	$\sim 3{,}00$
III.	»	$\sim 2{,}65.$

A kísérletek legkisebb számának megállapításánál figyelembe kell vennünk az anyagvizsgálatok szabályzataiban, szabványaiban közölt középérték tűrési (tolerancia) %-okat és a gyakorlatban előforduló szórásviszonyokat. *A tűrés tulajdonképpen nem más, mint a középérték valószínű eltérése az aritmetikai középhez képest*, tehát a

$$\mu = \bar{x} \pm \frac{t\,s}{\sqrt{N}} = \bar{x}\ \left[1 \pm \frac{t}{\sqrt{N}} \frac{s}{\bar{x}}\right] = x\,(1 \pm p)$$

képletben a p értéke. Ha p értéke és P valószínűség adott, pl. betonnál $\pm 15\%$, akkor S/x szórásarányhoz megállapítjuk a kísérletek szükséges N számát, vagy pedig adott N kísérletnél a szórás még tűrhető mértékét.

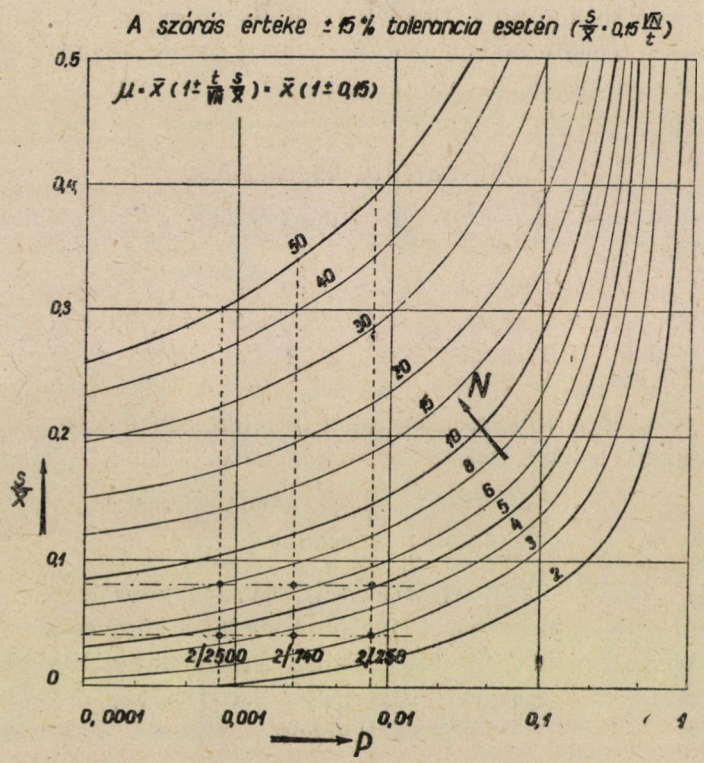
A 6. *ábrában* a szórás és aritmetikus közép aránya P valószínűség és N kísérletszám függvényében $p = \pm 15\%$ tolerancia esetén van feltüntetve. Az előzőkben említett kategóriáknál 8%-os szórásarány mellett

$P = 1/250$-nél $N = 5$,
$P = 1/740$-nél $N = 7$,
$P = 1/2500$-nél $N = 8$,

míg $N = 3$-nál az S/x szórásarány 4%-ra adódik. Gyakorlati szempontból megállapítható, hogy a szórás 10% körül mozog, mint azt a bemutatott kísér-

letekből láthatjuk is. Tehát 3 kísérlet még a III. osztályú szerkezeteknél sem elegendő. Éppen ezért legalább 5 kísérlet elvégzését kell javaslatba hozni minden szilárdsági vizsgálatnál.

Megjegyezzük, hogy I. osztályú szerkezeteknek minősíthető pl. egy vasbetonoszlop, melynek tönkremenetele az egész építmény bedőlését vonhatja



6. ábra

maga után, míg pl. III. oszt. egy előregyártott tetőlemez, melynek repedése lehajlása csak helyi kárt okoz.

A kísérletek számának legkisebb értéke igen figyelemreméltó, mivel eddig a szabályzatok, szabványok megelégedtek 3 próba elvégzésével, ami ezek szerint nem elegendő.

2. *Az értékelés*

Legkevesebb öt kísérlet esetén a középérték alsó határának megállapítását a kis szúrópróbákra bemutatott eljárással végezzük el.

$$x = t/\sqrt{N} \text{ alapján } \mu = \bar{x} - x s \text{ lesz.}$$

Több kísérlet esetén ugyanezzel a képlettel kell számolni, de $S \sim \sigma$ (nagymintavétel) figyelembevételével a küszöbérték

$$x_P = \bar{x} - x\sigma.$$

Legalább 30—50 kísérletnél már a gyakoriságmegoszlást is meg kell állapítani, melynek alakjából következtetni lehet arra, hogy a kísérleteknél előfordulhatott-e állandó hiba. Ugyanis ha a gyakoriságot jellemző törtvonal több lényegesen kiugró maximumot tartalmaz, akkor állandó hibára lehet következtetni és a kiértékelés nem megbízható. Ugyancsak ilyen hibát jelent a túlnagy szórás fellépte, azaz a törtvonal ellaposodása is.

3. *A teherbírás megállapítása*

Az értékelésnél kiadódott alsó küszöbértéket P valószínűségű teherbírásnak tekintjük.

A P valószínűségű teherbírást kész elemekkel végzett kísérletekkel, vagy a beton- és acélanyaggal végzett kísérletek alsó küszöbértékével elméleti úton lehet megállapítani (II/2. pont).

A P valószínűségű teherbírás a határigénybevétellel azonos, csak figyelembe kell venni még 10% csökkentést a méretezésben fellépő bizonytalanságokra. A legújabb szabályzatok szerkesztésénél ez a csökkentés szintén szerepelt.

IV. Javaslatok

A (16) képlet alapján t értéke $P = 1/740$ valószínűség mellett egyszerűen meghatározható. Kismintavételnél II/3. pont szerint a középérték szórást lehet figyelembe venni, ami pl. $N = 5$-nél a küszöbértékben közelítőleg $P = 1/200$ valószínűséget jelent. Az egyenletes elosztás miatt (16) képletet úgy alakítjuk át, hogy az a kisminta- és nagymintavételre egyformán jó legyen. Közelítő képlet (*3. ábra A-B-C* vonal)

$$t = \frac{3N}{N-1}. \tag{16/a}$$

Ezzel bármely N mellett a küszöbérték

$$x_p = t_p = \bar{x} - \frac{3N}{N-1}\, s \tag{17}$$

és az aritmetikai közép szórása

$$\mu = \bar{x} - \frac{3Ns}{\sqrt{N}(N-1)} = \bar{x} - \frac{3\sqrt{N}}{N-1}\, s \tag{18}$$

(17) és (18) képletekkel tehát az anyagvizsgálatok és kész előregyártott elemek vizsgálata egységes szempontok szerint végezhető el.

1. *Általános javaslatok*

a) A kísérleteket valószínűségszámítás alapján kell értékelni.

b) A kísérletek legkisebb száma $N = 5$.

c) Középérték alatt a aritmetikai közepet kell érteni

$$(\bar{x} = \Sigma\, x_i/N).$$

d) Szórásnégyzet alatt a pártatlan, *c)* középre vonatkoztatott szórásnégyzet értendő.

$$s = \sqrt{\Sigma\,(x_i - \bar{x})^2/\,[N-1]}$$

e) A kísérletek számától függően a középérték valószínű alsó értéke

$$\mu = \bar{x} - \frac{3\sqrt{N}}{N-1}\, s. \qquad \text{(A)}$$

f) A legkisebb valószínűleg várható érték (küszöbérték)

$$x_p = \bar{x} - \frac{3N}{N-1}\, s.$$

g) Határigénybevétel a küszöbérték 10%-kal csökkentett értéke (mivel a szabályzatban számítási bizonytalanságokra ennyi eltérést tételeztünk fel)

$$x_H \leqq 0{,}9\ x_p.$$

2. *Betonminőség vizsgálata*

h) Az 1. javaslatok figyelembevételével kockaszilárdságot állapítunk meg. Ha a betonvizsgálat gerendapróbával történik, akkor azt is kockaszilárdságra kell átszámítani.

i) A tényleges, mértékadó kockaszilárdságot a következő három érték legkisebbike adja :

$$K \leqq 1{,}15\ \mu$$
$$K \leqq 1{,}70\ x_p$$
$$K \leqq \bar{x}$$

azaz az *e)* szerinti középérték alsó határ 15%-kal növelt mennyisége (mivel ennyi toleranciát betonoknál a szabvány is elfogad, vagy az *f)* szerinti küszöbérték 70%-kal növelt mennyisége (mivel jelenlegi szabályzatunk a határfeszültséget 35% szórással és 10% számítási bizonytalansággal tételezi fel, tehát $1/0{,}65 \cdot 0{,}9 = 1{,}7$), s végül a kockaszilárdság az aritmetikus középnél sem lehet nagyobb.

j) A határfeszültség a *g)* szerint megállapított határkockaszilárdságból számított prizmaszilárdság

$$x_H \leqq 0{,}9\ x_p \quad \text{(határ kockaszilárdság)}$$
$$\sigma_H \leqq \frac{900\ x_H}{900 + x_H} \quad \text{(határfeszültség).}$$

k) A határfeszültséget az új vasbetonszabályzat rendelkezései értelmében kell felhasználni. Húzó határfeszültségek — errevonatkozó kísérletek hiányában — a szabályzati értékekkel arányosan vehetők fel.

3. *Acélminőségi vizsgálat*

l) Folyási határral rendelkező acélanyagoknál a tényleges mértékadó folyási értéket a következő két mennyiség kisebbike adja:

$$\sigma_f \leqq \mu$$
$$\sigma_f \leqq 1{,}1\ x_p$$

azaz az *e)* szerinti középérték alsó határ, vagy az *f)* szerinti küszöbérték 10%-kal növelt mennyisége (mivel szabályzatunk is ennyi szórást tételez fel).

m) A határfeszültség a következő három érték legkisebbike:

$$\sigma_H \leqq 0{,}9\ x_p$$
$$\sigma_H \leqq 0{,}80\ \sigma_f$$
$$\sigma_H \leqq 8600\ \frac{100 + K}{600 + K}$$

azaz az alsó küszöbérték 10%-kal csökkentett mennyisége, vagy a folyás-határ 20%-kal csökkentett értéke (szabályzat szerint 10% szórás és 10% számítási bizonytalanság), s végül a betonban való megcsúszás veszélye miatt a kockaszilárdságtól függő érték, mely B140 minőségű betonnál $\sigma_H = 2800$ kg/cm², B 400-nál $\sigma_H = 4400$ kg/cm²t ad.

n) Határozott folyási határral nem rendelkező acéloknál a 0,2%-os maradó nyúlási feltételt lehet *l)*, *m)* szerint vizsgálni, vagy pedig a teljes alakváltozási diagrammot lehet statisztikusan értékelni.

4. *Kész előregyártott elemek vizsgálata*

o) A vizsgálat elvégezhető a törőnyomaték alsó határa szempontjából *e)* szerint és

p) a határigénybevétel szempontjából *g)* szerint.

q) Nyomó, nyíró, csavaró stb. igénybevételű előregyártott elemek határigénybevételének, törőterhelésének megállapítása során az eddigi javaslatok értelemszerűen alkalmazandók.

5. *Gazdaságos tervezés*

r) Nagytömegű előregyártott elemeknél gazdaságosabb tervezés végezhető el, ha kísérletekkel és stochastikus vizsgálatokkal alátámasztott határfeszültségekkel, határigénybevételekkel számolunk, mintha a szabályzat által előirányzott, előírt értékeit használjuk. A vizsgálatok gyártásellenőrzés szempontjából is végrehajtandók és a tervezés biztonsága szempontjából ajánlatos a tényleges gyári anyagjellemzőkkel számolni.

HOZZÁSZÓLÁS

MENYHÁRD ISTVÁN

Igen értékes előadást hallottunk Gábory szaktársunktól. Meg kell azonban mondanom, hogy az ismertetett anyag tul sok egy félórás előadáshoz. Fontos viszont, hogy az általa ismertetett elvek a népgazdaság számára minél hamarabb hasznosíthatók legyenek. Mi az ÉTI-ben ismerjük és fel is használjuk kutatási eredményeit, de többet lehetne hasznosítani, ha mások is megismernék és segítenének abban, hogy ezek a kutatási eredmények előírások formájában, szabályzati rendelkezésekben vagy másutt megjelenjenek.

Helyes volna tehát, ha egy szűkebb bizottság, mely olyan tagokból alakul, akiket e téma érdekel, megvizsgálná Gábory javaslatait és végleges javaslatot készítene főleg arról, hogy tömeggyártmányok esetében a határigénybevétel kísérletek alapján matematikai formulák segítségével hogyan számítható ki.

NYOMÁS ALATTI GŐZÖLÉSSEL KEZELT BETON

GÁSPÁR GÉZA

Régóta, de újabban egyre gyakrabban hangoztatott panasz a beton ellen az, hogy lassan szilárdul, szilárdsága nem is mindig elegendő, vékonyabb szerkezetekben nem elég vízzáró, korróziós hatásokkal szemben kevéssé ellenálló, nagy a zsugorodása és lassú az alakváltozása, alacsony hőmérsékleten, de még inkább fagyos időben készítve körülményes és drága előkészületet kíván, a mintadeszkázat előállítása időtrabló és költséges, stb.

Sajnos, az a helyzet, hogy úgy a felsorolt, mint a többi, fel sem említett, seregestől jelentkező kifogás helytálló, indokolt. Ezen a mi építkezési iramunkban segíteni kell. A segítség nem maradt el, mert a jó szemszerkezetű adalék, a vibrátor használata, a mintadeszkázat legalább is részbeni helyettesítése, a gőzölés, az elektromos fűtés, az előregyártás különféle módszereinek bevezetése, stb. a panaszokat legalább is részben megszüntette, vagy enyhítette.

De még mindig sok tennivaló van.

Az ÉTI laboratóriumban mi is igyekeztünk egy olyan eljárást kikísérletezni és üzemi kipróbálásra előkészíteni, amely szerint nem túlzott cementadagolású betonnak már 24 órás korában elég tekintélyes, és a normális körülmények között 28 napos korában elérhetőnél jóval nagyobb szilárdságát, csekély falvastagsággal is igen nagymértékű vízzáróságát, szulfátos talajvizekkel szemben fokozott ellenállását értük el. Várható a szokásosnál jóval csekélyebb zsugorodás, lassú alakváltozás és a beton és vasbetét közötti felületi kötésnek nagyobb értéke is. Azonkívül még a beton öregedésekor sem kell — az előjelek szerint — szilárdságcsökkenéssel számolni.

A későbbiek folyamán — ahol lehet már most — mindezeket számszerű összefüggésben is jellemezni fogjuk.

Az eljárás lényege abban áll, hogy a beton szilárdulása 100 C°-nál magasabb hőmérsékletű vízgőztérben, autoklávban történik.

A hőmérséklet emelése igen hatásos módszer a vegyi reakciók sebességének fokozására. Az autoklávban előálló nyomásemelkedésnek viszont — egyes feltevések szerint — csak alig van szerepe a vegyi reakciók, esetünkben a cement, ill. beton kötésének és szilárdulásának a meggyorsításában.

A mészhomoktégla előállításánál tanulságos példáját láthatjuk a hőemelkedés okozta reakciósebesség mértékének. Ugyanis például még a többszáz éves, annak idején mészből és homokból készült habarcsoknál sincs semmi nyoma annak, hogy a mész és homok valamiképpen is reakcióba lépett volna egymással. Ezzel szemben a mészhomoktégla gyártásánál az autoklávolásnál alkalmazott 180 C° körüli hőmérsékletnél a néhány óra alatt keletkező kalciumhidroszilikát a homokszemeket egymással szilárdan és szívósan összeragasztja.

A kísérleteinket készakarva a csak 300 kg/m³ cementadagolású betonoknak 164 C°-u, 7 atm. nyomású telített vízgőztérben való szilárdítására alapoztuk.

Az adalékanyag maximális szemnagyságát szerkezeti okokból 15 mm-ben állapítottuk meg.

Időnként azonban alkalmunk volt az autoklávban való betonszilárdítást más adagolás és más szilárdulási viszonyok között is tanulmányozni.

Az úgynevezett normális körülmények között is egész sereg tényezőtől függ az előállított beton tulajdonsága. E tényezők száma megnövekszik és hatásuk különösen a cement összetételétől függően élesebben érvényesül, mihelyt 100 C°-nál nagyobb hőmérsékleten, nyomás alatti vízgőzzel való szilárdítással dolgozunk.

A tényezők számbavételénél már a kiinduláskor, a kötőanyagnál mutatkoznak a nehézségek, hiszen nemcsak a heterogén cementek, de még a tiszta portlandcementklinker + néhány (3—4) %-nyi gipsz őrleménynek a lekötésekor, majd megszilárdulásakor végbemenő vegyi folyamatok sincsenek teljesen tisztázva, még az úgynevezett normális körülmények között sem.

Az autokláv használata esetén pedig a lekötés és szilárduláskor lejátszódó vegyi folyamatokról az ismereteink még hiányosabbak. Általában azt teszik fel, hogy a mészhomoktégla előállításánál végbemenő vegyi folyamatokhoz hasonlóan itt is, főleg a cementben levő mész az SiO_2 tartalmú adalékanyagokkal, illetve pótanyagokkal lép reakcióba és kalciumhidroszilikátok képződnek, amelyek a gyors, szívós és erős szilárdulás okozói. Emellett a legújabb feltevések szerint Al_2O_2 és Fe_2O_2 tartalmú kalciumhidroszilikátok — ú. n. hidrogránátok — is keletkeznek, amelyeknek a fokozott szulfátellenállóság tulajdonítható. Ez a kérdés minket, a hazánkban nagyszámban előforduló magnézium- és nátriumszulfát (tehát keserűsó és glaubersó) tartalmú talajvizek miatt érdekel. A cementben lévő aluminátok következtében képződő kalciumaluminátthidrátok hatása még teljesen tisztázatlan.

Vagyis, csak kísérletek révén, tapasztalatok útján lehet a műszaki és gazdasági igényeknek is megfelelő anyag adagolását és kezelési módot, majd természetesen a kész termék tulajdonságait is kikutatni.

Külföldi kísérletekből tudjuk, hogy a mi ú. n. normálszilárdságot megállapító vizsgálati módszereink szerint kb. 560 kg/cm² szilárdságú cementnek

megfelelő (97%-os tiszta portlandcementklinkerből) kb. 400 kg/m³ adagolással, 38 mm. max. szemnagyságú (pontosabban nem ismert szemszerkezetű) adalékanyaggal, 0,35 vízcementtényezővel készült betonnal, amelyet 13,9 atm. nyomású vízgőztérben 42 óráig kezeltek, 530 kg/cm³ szilárdságot értek el. Hogyha ellenben a vízgőznyomást 7,2 atm.-ra csökkentették, a kezelés időtartama ellenben maradt a 42 óra, akkor a nyomószilárdság 502 kg/cm²-re, vagyis nem lényegesen kisebbre adódott. A normális körülmények között (tehát nem autoklávban szilárdított betonnal) 28 napos korban teljesen azonos adagolással csak 440 kg/cm² szilárdságot értek el. Vagyis a betont autoklávval kezelve már 2 napos korában — e vizsgálati adatok szerint — kereken 20%-kal nagyobb szilárdságot értek el, mint a szokásos körülmények között 28 napos korában. Meg kell jegyezni még azt is, hogy e kísérleteknél a vízcementtényező leszorítására a beton készítése után sem préselést, sem vákuumozást nem használtak. Kísérleteinknél ezt, a szilárdságra különben rendkívül előnyös hatású módszert egyelőre nem alkalmaztuk. Ezeket későbbi kísérleteink folyamán szándékozunk kipróbálni.

Az autoklávval kezelt betonok alapanyagai általában ugyanazok, mint a normális körülmények között készítették. Azonban mint kísérleteinkből kiderült, előnyös az 560 kg/cm² normálszilárdságú portlandcement, illetve különösen kedvező a legalább is szintén 560 kg/cm² normálszilárdságú Ferrari típusú *S*54-es cement használata.

Kazánsalak, kohósalak, trasz vagy kőliszt tartalmú ú. n. heterogén cementek alkalmazása a szilárdsági értékek csökkenését okozza. Hatásos a cement és víz reakcióba lépésekor képződő mészhidrát további lekötésére a 98%-on felüli SiO_2 tartalmú finom kvarcőrlemény, vagy a hazánkban is lelhető finom szemcséjű kvarchomok adagolása. A kvarcőrlemény, illetve természetes kvarcliszt másik szerepe feltevésünk szerint az, hogy megfelelő adagolásnál a beton struktúráját megváltoztatja. Adagolásuk révén ugyanis a nagy összefüggő pórusok helyett zárt kapillárpórusok képződnek, ami a fagy- és szulfátellenállás szempontjából előnyt jelent, még akkor is, ha ez egy másik tulajdonság, a szilárdság rovására megy. Az ú. n. légbuborékos betonnál szintén az említett struktúra-változásnak tulajdonítják — legalább is részben — a fokozottabb fagy- és szulfátellenállóságot.

Minél kisebb szemcséjű, minél nagyobb fajlagos felületű, minél tisztább, vagyis minél nagyobb SiO_2 tartalmú a kvarcliszt, illetve kvarchomok, annál kedvezőbb a szilárdulásra, vízzáróságra és szulfátos vizekkel szembeni ellenállásra egyaránt. Az csak természetes, hogy a megfelelő mennyiségű adagolásnak és az SiO_2 tartalom mennyiségének is jelentős szerepe van.

Rátérve most már kísérleteink ismertetésére és az eredmények kiértékelésére, szem előtt kell tartani azt, hogy a cementek szilárdsága az utóbbi hónapok folyamán csökkent, bár az előírt szabványszilárdságot elérte. Ugyanis a cementgyártásnál főleg csak az előírt, ú. n. normálszilárdság és egyéb alap-

vető tulajdonságok elérésére törekedtek, ezáltal viszont a beton különleges szilárdításánál szükséges kívánalmak háttérbe szorultak.

Az utóbbi időkben ugyanis a cementek klinkertartalma csökkent és ezzel együtt — még hozzá nem is arányosan — kisebb lett az autoklávban kezelt betonnak a szilárdsága is. Ezt a szilárdságcsökkenést még a cementekhez adagolt hidraulikus pótlékok vegyi összetétele, szerkezete és mennyisége is kedvezőtlenül befolyásolta. Mindez különösen élesen kitűnik akkor, amikor régebbi és új gyártású cementekkel, de egyébként azonos körülmények között készített, ugyanolyan módon autoklávolt 20 cm élhosszúságú betonkockák szilárdságát hasonlítjuk össze.

A beton adagolása	Kockaszilárdság 24 órás korban	
	régebbi gyártású cementtel	új gyártású cementtel
300 kg/m³ S. 54-es cement, + 100 kg/m³ őrölt kvarcliszt	702 kg/cm²	614 kg/cm²
300 kg/m³ tatai cement, + 100 kg/m³ őrölt kvarcliszt	696 kg/cm²	596 kg/cm²
300 kg/cm³ beremendi cement, + 100 kg/m³ őrölt kvarcliszt	416 kg/cm²	360 kg/cm²

A próbatestek bedolgozása vibrálással történt, egyébként azonban a készítésnél és törésnél a MNOSz 934. vonatkozó előírásai voltak a mérvadók. A próbatestek egy részét összehasonlításképen ugyancsak szabványos módon szobahőmérsékleten tároltuk, nagyobb hányadukat azonban 7 atm. nyomás mellett 6—7 óra hosszat telített gőztérben tartottuk. A gőztér felfűtésének időtartama kb. 4 óra, a lehülése kb. 7 óra volt.

Autoklávos betonkísérleteinkhez cementtakarékossági szempontból, de amellett egyúttal szilárdságnövelő hatása miatt is finom szemcséjű, nagy SiO_2 tartalmú anyagokat is használtunk. Előkísérletek alapján 2 kvarclisztfajta mutatkozott megfelelőnek: *a)* az őrölt és szitált kvarcliszt, *b)* a Monostorapáti helység közelében található természetes előfordulású kvarchomok (szitálás nélküli állapotban). Ezeknek a pótanyagoknak finomságát az alantiakban jellemezzük:

	Őrölt és szitált kvarcliszt	Monostorapáti kvarchomok
900-as szitán fennmaradt	0,0 súlyszázalék	6 súlyszázalék
4900-as szitán fennmaradt	0,0 súlyszázalék	30 súlyszázalék
Fajlagos felület	4240 cm²/g	710 cm²/g

Mindkét anyag SiO_2 tartalma 96—98% volt.

Kísérleteink szerint az őrölt kvarclisztadagolású beton azonos összetétel és az említett szilárdítási eljárás mellett átlagosan mintegy 15—30%-kal nagyobb szilárdságot ad, mint a természetes előfordulású, szitálatlan monostorapáti kvarchomok adagolása esetén.

Nem szabad figyelmen kívül hagyni azonban azt, hogy ez utóbbi anyagnál semmiféle őrlési és szitálási munka nincs, semmiféle gép, vagy berendezés nem szükséges, úgyhogy véleményünk szerint az autoklávban kezelt betonok gazdasági szempontból is számításba jövő előállításának jelenleg megfontolandó módja a természetes finomságú és megfelelő minőségű kvarchomok alkalmazása. A hazánkban található kvarchomokféleségek közül 6 különböző lelőhelyű anyagot vizsgáltunk meg. Ezek közül tisztaság, vegyi összetétel és finomság szempontjából egyaránt a monostorapáti volt a legmegfelelőbb.

Vizsgáltuk azt is, hogy a kvarclisztadagolás mennyisége hogyan befolyásolja a betonszilárdságot. A kísérleteket elvégeztük szobahőmérsékleten szilárdult és tárolt betonokkal, továbbá ugyanilyen összetételű autoklávban kezelt betonokkal. A szobahőmérsékleten tárolt betonok készítési és vizsgálati adatait az I. táblázat tünteti fel, a gőzölt betonokra vonatkozó értékeket pedig az 1. ábra.

I. TÁBLÁZAT

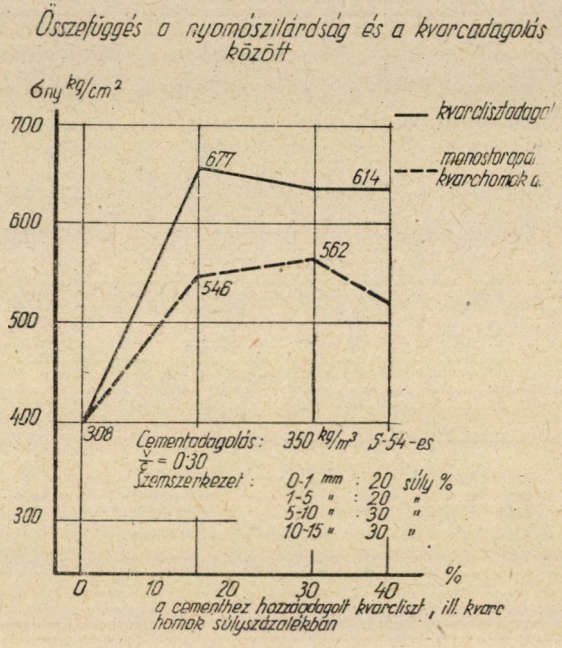
Monostorapáti kvarchomokkal végzett kísérletek

Cementfajta	Monostorapáti kvarchomok a cement %-ban	Vízcement-tényező v/c	Térfogatsúly kg/m³				Nyomószilárdság kg/cm²		
			Készítéskor	2 napos korban	7 napos korban	28 napos korban	2 napos korban	7 napos korban	28 napos korban
Beremendi	0	0,48	2430	2410	2380	2380	84	167	257
	20	0,52	2400	2370	2350	2340	72	154	268
	40	0,56	2390	2350	2340	2320	69	151	256
	60	0,55	2360	2320	2310	2290	65	116	189
S. 54-es cement	0	0,48	2450	2430	2380	2380	65	140	274
	20	0,52	2410	2390	2390	2370	54	165	302
	40	0,56	2400	2390	2340	—	47	132	—
	60	0,55	2380	2350	2330	—	43	122	—

Adalékanyag: 0—1 mm-es rész = 20%; 1—5 mm-es rész = 20%; 5—10 mm-es rész = 30 súly %; 10—15 mm-es rész = 30 súly %.
Utókezelés: 1 napos korban kiformázva, 7 napig nedves térben, majd a 28 napos kockák törésükig szabadlevegőn.

Az 1. ábrából látható, hogy a közölt körülmények között az autoklávolt betonban a kvarcliszt 15%-os adagolásánál a szilárdságnövekedés 70%. A monostorapáti kvarchomokból pedig a cement súlyához 30%-ot adagolva 40%-kal kedvezőbb szilárdság érhető el.

Kvarcliszt helyett kísérleteztünk Szurdokpüspökiből származó kovaföld adagolással is. Ennek a kovaföldőrleménynek fajlagos felülete több mint 13 000 cm²/g. Ennek ellenére a felhasználásával az autoklávban kezelt beton nyomószilárdsága mintegy 40—50%-kal kisebb volt, mint a kvarcliszttel készülteké. Ennek magyarázata az, hogy az alkalmazott kovaföld SiO_2 tartalma



1. ábra

csak mintegy 76% volt. Tehát nemcsak a fajlagos felület döntő hatású az előállítandó beton tulajdonságaira, hanem a SiO_2 tartalom is lényeges befolyással van, amint azt említettük is.

Az autoklávolás szilárdságnövelő hatását mutatja pl. az alanti kísérlet. A betonkeverék adatai a következők: Cementadagolás: 300 kg/m³, kvarclisztadagolás 100 kg/m³, vízcementtényező: 0,48. A dunai homokos kavicsból álló adalék szemszerkezete: 0—1 mm-es rész = 20 súly %; 1—5 mm-es rész = 20 súly %; 5—10 mm-es rész = 30 súly %; 10—15 mm-es rész = 30 súly %.

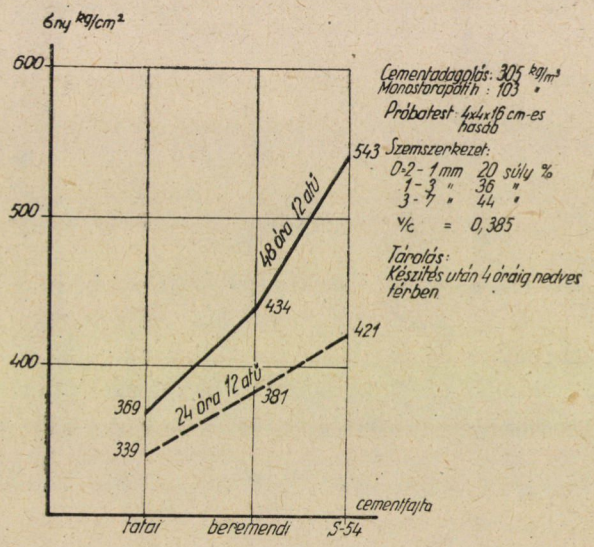
Megjegyezzük, hogy 5—7 cm minimális betonfalvastagságnál ez a max. 15 mm szemnagyságú és szemcseszerkezetű adalék mutatkozott a nagy biztonságot nyújtó vízzáróság elérésére eddig a legkedvezőbbnek. Egyben szilárdsági szempontból is megfelelőnek bizonyult a megadott cement-, kvarclisztadagolás, vízcementtényező és az alkalmazott bedolgozási mód mellett.

Az összehasonlító betonszilárdsági értékeket az alantiakból közöljük :

	Kockaszilárdság	
	S 54-es cement	Beremendi cement
Szobahőmérsékleten tárolva 28 napos korban	274 kg/cm²	257 kg/cm²
7 atm. nyomáson gőzölve 24 órás korban	702 kg/cm²	470 kg/cm²

Vagyis e kísérletek szerint a nyomás alatti gőztérben kezelt beton 24 órás korában az S54-es cementtel 155%, a beremendi cementtel pedig 80%-kal adott nagyobb szilárdságot, mint a 28 napos korig csak szobalevegőn tárolt.

A fenti kísérletek eredményeiből kitűnik az is, hogy milyen nagymértékben függ az autoklávolt beton szilárdsága az alkalmazott cementfajtától.



2. ábra

A fentire vonatkozólag további kísérleti eredményeket mutat a 2. ábra. Ezek alapján is kimondható, hogy autoklávolás hatására az S54-es cement viselkedett szilárdság szempontjából a legkedvezőbben.

Bizonyára feltűnik, hogy a 2. ábrán közölt szilárdságok számértékei jóval 700 kg/cm² alatt vannak. Ennek az az oka, hogy az alkalmazott adalék — mint az ábrából látható — egész más szemszerkezetű volt, mint az előzőeké.

Legújabban olyan kísérleteket is végeztünk, amelyekben a dunai homokoskavics szemszerkezetének hatását külön is tanulmányoztuk és egyúttal a

gazdaságosság szempontjait is messzemenően figyelembe vettük. Az autoklávolt betonnál ugyanis más a legkedvezőbb szemszerkezet, mint a rendes körülmények között megszilárdultnál. És — bizonyos határig — épp a dunai homokoskavics finom szemcséinek a jelenléte az előnyös. Például : a rostálatlan, illetve 15 mm szemnagyságig terjedő, szokásos szemszerkezetű dunai homokos kavicsot (tehát graduálás, javítás nélkül) adalékanyagként alkalmazva, 300 kg S54-es cement + 120 kg/m³ kvarclisztadagolással, 0,38 vízcementtényezővel készült beton 647 kg/cm² nyomószilárdságot adott. Ugyanez a keverék, de a legkedvezőbbnek mutatkozó 0,4 vízcementtényezővel és 60 kg/m³ monostorapáti kvarchomokkal 565 kg/cm² szilárdságú volt.

Figyelemreméltó, hogy ha a max. szemnagysággal lemegyünk 15 mm-ről 5 mm-re, akkor a rostálatlan homokkal készült beton, — illetve helyesebben szólva habarcskockák, még a legkedvezőbb esetben is csak 450 kg/cm² szilárdságúak voltak.

Az 50% 0—1 mm-es, 25% 5—10 mm-es és 25% 10—15 mm-es részből összetett dunai homokoskavicsból álló adalékkal, 300 kg/m³ S54-es cement + 90 kg/m³ kvarcliszttel és 0,38 vízcementtényezővel készült beton, szintén elég jelentős, 622 kg/cm² szilárdságot adott. A monostorapáti kvarchomokadagolás a jelen esetben semminemű százalékos arányban alkalmazva sem idézett elő számottevő szilárdságnövekedést a tisztán csak S54-es cementtel készült, autoklávolt betonhoz képest.

Megjegyezzük, hogy fenti kisérleteinkben mindig az optimális eredményeket közöltük.

Megjegyezzük még azt is, hogy az autoklávolt betonnál — épp úgy, mint a kezeletlennél — a vízcementtényező nagysága a szilárdságra jelentős befolyású. Azonban úgy, ahogy a 100 C°-on aluli, mint pedig a 100 C°-on felüli vízgőzzel kezelt betonnál, az eddigi kísérleteinknél azt tapasztaltuk, hogy a normális körülmények között készült és raktározott betonnál a legkedvezőbb szilárdsági értékeket adó vízcementtényezőnél itt valamivel nagyobbat célszerű venni.

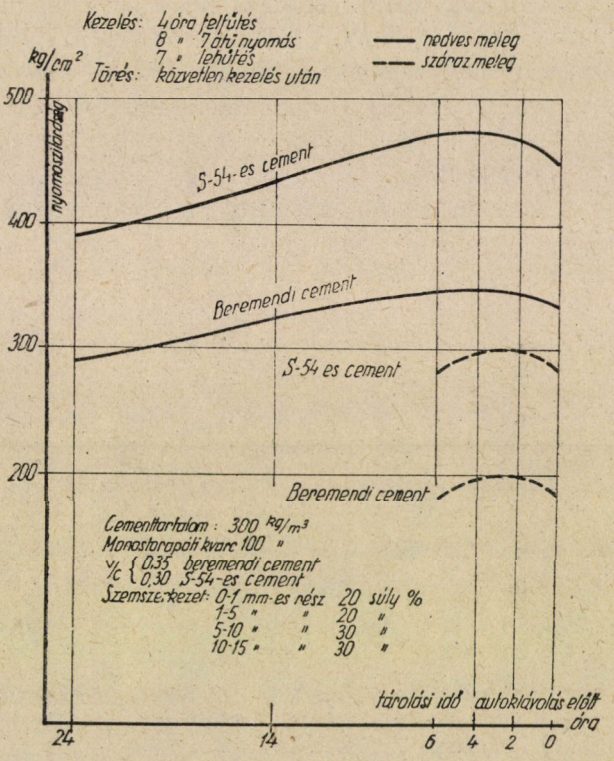
Végeztünk kísérleteket arra is, hogy a beton készítése és a gőzölés megkezdése előtt eltelt idő hogyan befolyásolja az autoklávolás után a beton szilárdságát. Az eredmények a 3. ábrán vannak feltüntetve. E szerint a gőzkezelést a betonkészítéstől számított 4 óra múlva a legcélszerűbb megkezdeni. Meg kell azonban jegyezni azt, hogy ebben a gazdasági, vagyis a vasforma használatának időtartama szempontjából jelentős kérdésben az eddigi kísérletek nem mindig adnak egybehangzó eredményt. Sőt egyes külföldi kísérletek szerint — a cementtől függően — a betont 15—24 órás kora előtt nem célszerű az autoklávba helyezni.

Mint már említettük, az autoklávolás telített gőzben történik.

A 3. ábrán azonban feltüntettük egy olyan kísérletsorozat eredményeit is, ahol a beton vízgőz hozzávezetése nélkül melegedett fel 164 C°-ra. Amint

látható, ez a hőkezelési mód nagymértékben szilárdságcsökkenést okozott a beton kiszáradása következtében, noha némi gőz a próbatestekből elpárolgó vízből adódott. Ez a hőkezelés tartama alatt a vízgőz telítettségének fontosságára figyelmeztet.

Az autoklávolás időtartamának befolyását is tanulmányoztuk. Azonos összetételű próbatesteket egyszer 24, másszor 48 óráig tartottuk 12 atü túlnyomású



3. ábra

gőztérben. Amint a 2. ábrából kitűnik, a 48 órás kezelés mintegy 10—15 %-kal nagyobb szilárdságokat eredményezett. Ezt a megállapítást azonban nem lehetett általánosabb érvényűnek tekinteni.

A gőznyomással kezelt beton nyomószilárdságával arányosan növekszik a hajlításból számított húzószilárdság. Kisérleteink szerint a 702 kg/cm², kockaszilárdságú beton hajlító-húzószilárdsága mintegy 68 kg/cm², 362 kg/cm² nyomószilárdság esetén pedig a hajlító-húzószilárdság mintegy 48 kg/cm² volt, tehát a húzás és nyomás közti arány az ilyenfajta betonok esetén is : 1 : 8 és 1 : 10 körül van.

A kezelt betonok szilárdsága idővel még növekszik. Ez a szilárdságnövekedés 9 nap múlva mintegy 10—15%-ra tehető. További — hosszú időre kiterjedő — kísérletek folyamatban vannak, hogy ezirányú — bár indokolatlan aggodalmak is eloszoljanak.

A nagynyomású gőzkezelés nemcsak a beton szilárdságára, hanem a vízzáróságára is kedvező hatással van. Ennek kimutatására *S*54-es és beremendi cementtel szabványos, 12 cm vastag vízzárósági próbatesteket készítettünk. Cementadagolás: 300 kg/m³. Ezenkívül a betonba a cement súlyára vonatkoztatva 0, 20, 40 és 60% monostorapáti kvarchomokot adagoltunk. A beton többi adatait az I. táblázat tartalmazza. Ez a kezeletlen beton 28 napos korban vizsgálva, a cemenfajtától és a kvarcliszt adagolt mennyiségétől függetlenül 6 atü víz nyomásának nem tudott ellenállni, a vízet áteresztette. Ezzel szemben autoklávban kezelt hasonló összetételű, de csak 7 cm vastag vasbetonlemez már 24 órás korban 10 atü víznyomást 14 napig kibírt áteresztés nélkül. 14 nap után a vizsgálatot abbahagytuk, mert a nagy biztonságot nyújtó vízzáróságot bizonyítottnak véltük.

A szulfátos vizekkel szembeni ellenállásra is végeztünk kísérleteket. A kísérleti próbatesteket úgy állítottuk elő, hogy 300 kg/m³ *S*54-es cementadagolású és 100 kg/m³ kvarchomoktartalmú betont 7 órán át 7 atü nyomáson gőzöltünk, majd levegőn tartva 4 hetes korában kb. 100 000 mg/l SO_3 tartalmú agresszív vízbe, keserűsó és glaubersó oldatába helyeztük. (Jól tudjuk, hogy ily nagy koncentrációjú talajvíz a természetben elő sem fordul, azonban a szulfáthatást gyorsítani akartuk). Az oldatot 6 hetenként cseréltük. 4½ havi tárolás után a próbatesteken számottevő elváltozás nem volt észlelhető. Autokláv kezelés nélküli betonnál — még ha *S*54-es cementtel készült is — hasonló körülmények között már (a fenti koncentráció mellett) erős mállás és duzzadás észlelhető.

Egyelőre nem vizsgáltuk az autoklávolt betonok zsugorodását, lassú alakváltozását, rugalmassági tényezőjét, valamint számszerűleg a beton és vasbetét felületi kötését sem. Ez utóbbira vonatkozólag csak megfigyeléseink vannak, amelyek szerint a nagynyomású gőzben való szilárdítás a vastapadásra nincs káros hatással.

A zsugorodásra vonatkozólag mégis megjegyezzük azt, hogy a természetüknél fogva nagyon zsugorodó gáz- és habbetonoknak az autoklávban való szilárdításának egyik oka éppen az, hogy a különben nagyon lassan végbemenő zsugorodási folyamat gyorsan lejátszódjék. Ennek még inkább érvényesnek kell lennie az ú. n. nehéz betonoknál, ahol a zsugorodás különben is eleve jóval kisebb mértékű.

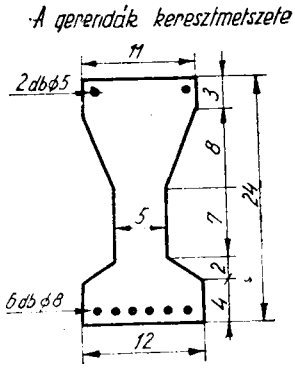
Mindezeket az előbb említett anyagjellemzőket azonban — mint említettük — szándékunkban van a későbbiek folyamán számszerűleg is megállapítani.

Programmba vettük a vízcementtényező leszorítására való eljárások kipróbálását is. Közte a kötésidő alatti előnyomás (préselés) alkalmazását,

valamint vákuummal a fölös víz elszivatásának kikísérletezését is. Ezen a réven a cementtel való takarékoskodást is el akarjuk érni.

Azt jól tudjuk, hogy a kötési idő alatt 600 kg/cm² előnyomással, majd 11 órán át 15 atm. alatt gőzkezeléssel szilárdított betonnál (jobban mondva habarcsnál), amely — igen nagy — 1300 kg/m³ nagyszilárdságú cementet tartalmaz, és a 0,09 mm lyukbőségű szitán teljesen áthulló, szinte 100%-os SiO_2 tartalmú kvarcliszttel készül, 1700 kg/cm² nyomó, illetve 270 kg/cm² hajlító szilárdságú, kisméretű próbadarabokat lehet előállítani. Ilyen irányú kísérletek megindítása azonban erősen megfontolandó, mert az előállítandó termék — cementszükséglete, ára, stb. miatt — úgylátszik egyelőre csak igen szűk felhasználási területre szorítkozhatik majd.

A legközelebbi programm tehát az, hogy üzemileg kipróbáljuk a 24 órás korban 500—700 kg/cm² szilárdságú, lehetőleg kis, 250—300 kg/m³ cementadagolású, 7 atm. körüli gőznyomással készült betonok technológiáját. Ehhez azonban feltétlenül szükséges előzőleg az is, hogy cementjeink nemcsak normálszilárdság, őrlési finomság, hanem összetétel és egyéb tulajdonságok szempontjából is állandó minőségűek legyenek, ami ma még nem teljes mértékben áll fenn.



4. ábra

Az eddigi kísérletekből az derült ki, hogy a hőközlés egyenletessége érdekében, vaslemezzel lefedett vasformákban lehet csak az ismertetett nagyszilárdságú betont autokláv kezelésének alávetni. A nagynyomású gőzkezelésnél különösen fontos a felfűtés, a nyomáson való tartás és lehűtés intenzitása, ideje és ezeknek pontosan szabályozható volta.

Az ismertetetteken kívül a nyomás alatti gőzkezeléssel szilárdított vasbetongerendák törőnyomatékának a megállapítására is végeztünk kísérleteket.

Készült 8 drb gerenda, mind a 8 drb dr. Gábory Pál *Bkl*-jelű gerendatervének alapján, a 4. ábra szerinti méretekkel és keresztmetszettel, 6 m hossz-

ban. A gerendák alsó övében 6 drb ⌀ 8 mm-es acélt alkalmaztunk, melynek minősége 76—86,51 volt. A felhasznált betonacélok tényleges átmérője átlagosan 8,3 mm volt. A gerendák méretezése szándékosan úgy történt, hogy azok a hajlításkor az acélbetétek folyása következtében menjenek tönkre.

A szükreszabott terjedelem miatt itt csak annyit említünk meg, hogy az autoklávban szilárdított, 250—300 kg/m³ cement + 100—120 kg/m³ monostorapáti kvarchomokadagolással készült vasbetongerendák megállapított törőnyomatéka 2—4 napos korban 29—35%-kal volt nagyobb, mint a számított határnyomaték.

A kezeletlen gerendáknál ellenben, még 28 napos korban is, csak 13,5%-kal múlta felül a törőnyomaték a számított határnyomatékot.

Az ismertetettek alapján azt hisszük, meg lehet kezdeni a 7 atm. körüli gőznyomással szilárdított, egyelőre legfeljebb 15 cm vastag betonelemek gyártásának üzemi kipróbálását.

Az eljárás segítségével gyorsan, már 1—2 napos korban nemcsak szállítani, hanem használatba is lehet venni a szilárdságukhoz képest nem túlzott, 300 kg/m³ körüli cementadagolású előregyártott elemeket (vasbetongerendákat, vasbetonkeresztaljakat, vasbeton nyomócsöveket, stb.), ahol azokat még erősebb koncentrációjú szulfátos talajvizek is érhetik.

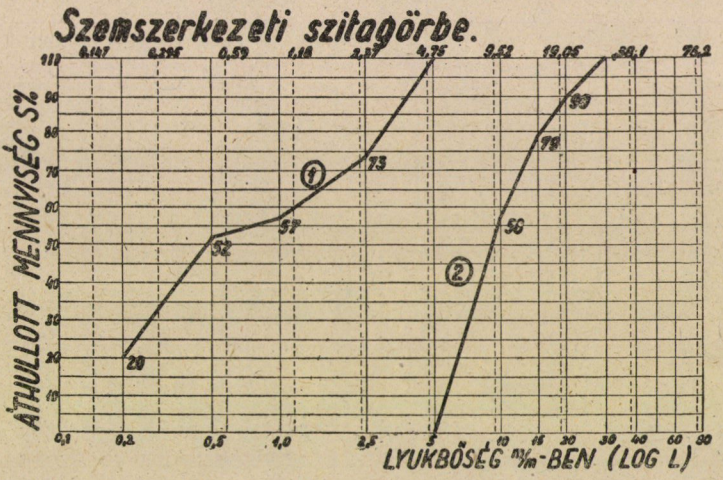
Végül köszönetet mondok azoknak a szaktársaknak, akik munkámban segítségemre voltak. Így elsősorban hálás vagyok az ÉTI igazgatójának Rudnai szaktársnak, aki a kísérletek elvégzésében nagyban támogatott, továbbá dr. Palotás műszaki egyetemi magántanárnak, aki értékes segítséget adott. A kísérletek végzésében, illetve azok eredményeinek feldolgozásában pedig Bleier mérnököt, azonkívül Kunszt, Popovics és Székely mérnököket és az ügybuzgó laboránsokat illeti meg az elismerés.

HOZZÁSZÓLÁS

POPOVICS SÁNDOR

Az előbb elhangzott előadáson végigvonul az a gondolat, hogy a betontechnológia megszokott tételei nem általánosíthatók minden további meggondolás nélkül az autoklávos betonokra is. Ezzel kapcsolatban felvetődött az a kérdés, hogy a szobahőmérsékleten tárolt betonokra a csupán a bedolgozhatóságtól függő, de az adalékanyag szemszerkezetétől független tétel »azonos vízcementtényező — azonos betonszilárdság« — nyomás alatt gőzölt betonokra milyen mértékben érvényes.

Mint ismeretes, ez a kísérletileg már sokszor beigazolt tétel azt mondja ki, hogy azonos cementfajta esetén és kellő bedolgozás mellett a betonszilárdság csak a vízcementtényezőtől függ, tehát sem a cementadagolás, sem pedig az



1. ábra

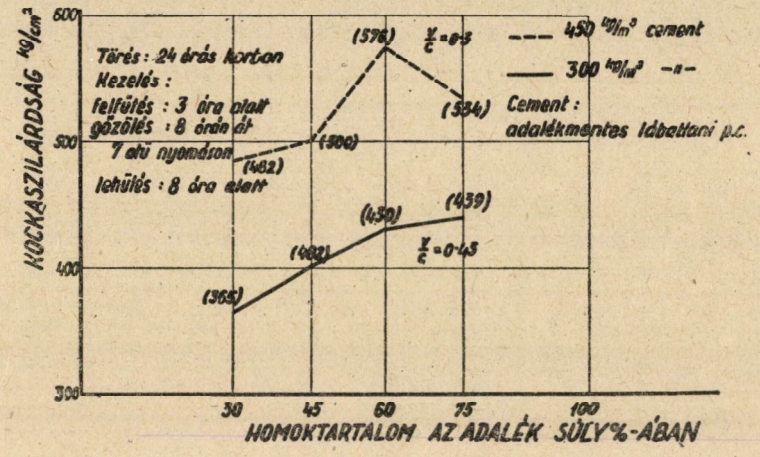
adalék szemszerkezete azt nem befolyásolja. Ez a szemszerkezettől való függetlenség autoklávolt betonok esetén a 0,2 mm-nél kisebb kvarcszemcsék magas hőmérsékleten fellépő vegyi reakciója folytán nem volt várható. Az eltolódás mértékének megállapítására tájékoztató kísérletet végeztünk.

Kvarcliszt hozzáadás nélkül 300 kg/m³ lábatlani klinker cement — értsd hidraulikus pótlék mentes nagyszilárdságú portlandcement — adagolással és azonosan 0,43 vízcementtényezővel 20 cm élhosszúságú betonkockákat készítettünk. Az adalék 0—30 mm szemnagyságú dunai homokoskavics, melyben a 0—5 mm-es rész, vagyis a homoktartalom rendre 30, 45, 60 és 75 súly % volt. A homok és a kavics szemszerkezete külön-külön az 1. ábrán látható. Az alkalmazott homokban a finom homok, tehát az 1 mm-nél kisebb részek mennyisége 57 súly %, a 0,2 mm-nél kisebb részek mennyisége pedig kereken 20 % súly volt.

Az állandó cementtartalom, vízcementtényező és a növekvő homoktartalom következtében a betonok konzisztenciája plasztikusból fokozatosan földnedvesbe ment át.

A szobahőmérsékleten tárolt betonok 24 órás korukban a homoktartalomtól függetlenül egészen kis szórással 55 kg/cm² nyomószilárdságot adtaki

Az autoklávolt próbatestek kb. 2 órás korukban kerültek a gőztérbe. A hőkezelés egyéb adatai és az autoklávolt próbatestek 24 órás szilárdság. eredményei a 2. ábrán vannak feltüntetve. Ebből látható az, hogy a növekvő homoktartalommal a szilárdság növekszik, mégpedig ha a szokványos körülmények között optimálisnak tekinthető 30 súly % homoktartalomhoz tartozó szilárdságot 100-nak vesszük, akkor a 45, 60 és 75 súly %-hoz tartozó szilárdságok rendre 110, 118 és 120 értékűnek adódnak. Annak ellenére, hogy ez a szilárdságnövekedési tendencia várható volt, mégis meglepő, hogy a legnagyobb



2. ábra

szilárdságot 75 súly% homoktartalom mellett kaptuk, mert hiszen az ilyen homokoskavics szemszerkezete szobahőmérsékleten tárolt betonok esetén már alig használható.

Fentihez hasonló kísérletet végeztünk 450 kg/m³ cementadagolású és azonosan 0,34 vízcementtényezőjű betonokkal is. A szobahőmérsékleten tárolt betonok 24 órás korukban kb. 75 kg/cm² nyomószilárdságot adtalk. A hőkezelt betonok kísérleti eredményei ugyancsak a 2. ábrán vannak feltüntetve. A növekvő homoktartalom szilárdságjavító hatása 45 és 60 súly %-nál itt is megmutatkozik, mert ha a 30 súly % homoktartalomhoz tartozó szilárdságot 100-nak vesszük, akkor 45 súly % homoktartalom esetén 104, 60 súly % homoktartalom esetén pedig kerekítve 120 érték adódik. A 75 súly % homoktartalom esetén mutatkozó relativ szilárdságcsökkenésben — a viszonyszám 111 — bizonyára szerepet játszik az a körülmény, hogy ennek a betonnak a konzisztenciája száraz-földnedves volt, ami — amint az előadó kartárs is mondta — autoklávolás szempontjából nem látszik kedvezőnek.

Mint már az előbb említettem, ezek a betonok külön hozzákevert kvarcli sztet nem tartalmaztak. Ha az autoklávolandó betonhoz még kvarclisztet

is adagolunk, akkor a homoktartalom növelésével nem jár feltétlenül együtt szilárdságnövekedés, sőt bizonyos esetekben szilárdságcsökkenés várható. A kvarclisztadagolás és az optimális homoktartalom közötti összefüggés számszerűleg még nincs tisztázva és ez is olyan terület, hol további szisztematikus kutató munkára van szükség.

A felemlített vizsgálati eredmények csak megerősítik az előadónak azt az állítását, hogy autoklávolt beton esetén más a legkedvezőbb szemszerkezet, mint a rendes körülmények között szilárdult beton esetén. Szerencsére az eltolódás nagyobb homoktartalom felé történik és így van remény arra, hogy az adagolandó kvarcliszt mennyiségét kellőképpen megválasztva osztályozatlan dunai homokoskaviccsal, tehát rostálatlan állapotban is el lehet érni a 700 kg/cm² betonszilárdságot. Ennek a gazdasági jelentőségéről pedig a jelenlévőknek többet beszélni azt hiszem, felesleges.

AZ ACÉL ÉS BETON SZILÁRDSÁGÁNAK GAZDASÁGOS FELSŐ HATÁRAI ELŐREGYÁRTOTT — NEM FESZÍTETT — HAJLÍTOTT VASBETONSZERKEZETEKBEN

GYENGŐ TIBOR

Szerkezetek tervezésénél mindig fontos szempont volt az, hogy azok könnyűek legyenek. Különösen fennáll ez az előregyártott szerkezeteknél, melyeket legtöbb esetben szállítani, emelni kell. A szerkezeteket kis méretekkel, kisebb súllyal előállítani a helyes tervezési elvek betartása mellett a beton és acél szilárdságának fokozásával lehet. Helyszíni építési módoknál nagyszilárdságú beton előállítása gyakran körülményes a különleges betonkészítési módokban mutatkozó nehézségek következtében. Nagyszilárdságú acélt pedig vasbetonszerkezetben kihasználni csakis akkor lehet, ha az nagyszilárdságú betonnal épül egybe.

Előregyártott szerkezeteknél, különösen ha azok üzemben készülnek, a minőségi betonok előállítása jobban van biztosítva. Ezért az ilyen szerkezeteknél hiánytalanul lehet azt az elvet érvényesíteni, hogy szerkezeteink méreteit és ennek következtében súlyát a minimálisra csökkentsük.

Az acél szilárdságának fokozása elsősorban nem a súly csökkentése miatt, hanem anyagtakarékossági szempontból kívánatos. Közvetve szolgálja azonban a súlycsökkenést is, minthogy közönséges folytacélt nagyszilárdságú betonnal együtt használni nem gazdaságos, mert ez vagy aránytalanul nagy vasfelhasználással jár, vagy pedig a beton szilárdsága nem használható ki.

Ennek megfelelően a mi viszonyaink mellett a helyszíni betonozáshoz általánosan használt B140-es betont — vagyis amelynek 28 napos kockaszilárdsága 140 kg/cm² — előregyártáshoz használni nem szabad.

A szokványos betonacéljaink közül az építőipar részére jelenleg rendelkezésre álló, legalább 3000—3500 kg/cm² folyási határú és legalább 5000 kg/cm² szakítószilárdságú betonacélok az előregyártás szempontjából az alsó határnak tekinthetők. A folytacélból csavarás útján előállított csavartacél szintén ilyen tulajdonságú. Ezekhez az acélokhoz a B200 és B280-as betonok már jól alkalmazhatók. Erre már két évtizede számos kísérleti és gyakorlati tapasztalat van. Mihailich professzornak a harmincas évek elején végzett kísérletei voltak hazai vonalon az elsők, melyek széles körben vizsgálat tárgyává tették az 5000 kg/cm² szilárdságú acélok alkalmazási körülményeit.

A kísérleti és gyakorlati tapasztalatok alapján új vasbetonszabályzatunk úgy intézkedik, hogy üzemi előregyártáshoz csak olyan beton használ-

ható, melynek szilárdsága legalább 280 kg/cm², de kívánatos ha annak szilárdsága 400 kg/cm². Helyszíni előregyártáshoz — ahol az üzemi betonkészítés minden előnye nincs mindig biztosítva, vagy az nem olyan tökéletes mint az üzemben — a szabályzat kivételesen megengedi B200-as beton használatát is.

Az acélbetétek szilárdságának *alsó határáról* a szabályzat külön nem intézkedik, mivel betonacél-szabványunk szerint 3000 kg/cm² folyási határúnál és 5000 kg/cm² szakítószilárdságúnál gyengébb betonacélok nem állnak az építőipar rendelkezésére. A szabvány előírásai szerint ugyanis az úgynevezett *folytacélt* — 36.22. B — csakis *csavarva* szabad felhasználni.

A szabályzat tehát határozottan intézkedik a betonok szilárdságának alsó határáról, de burkoltan az acélok legkisebb szilárdságáról is. Nem intézkedik azonban azok szilárdságának *felső határáról.*

Az alsó határoknál nagyobb szilárdságú anyagok használata kívánatos, van azonban az anyagoknak egy olyan *felső szilárdsági határuk*, melyen túl azokat *nem feszített* vasbetonszerkezetekhez alkalmazni célszerűtlen, mert azok szilárdsága nem használható ki.

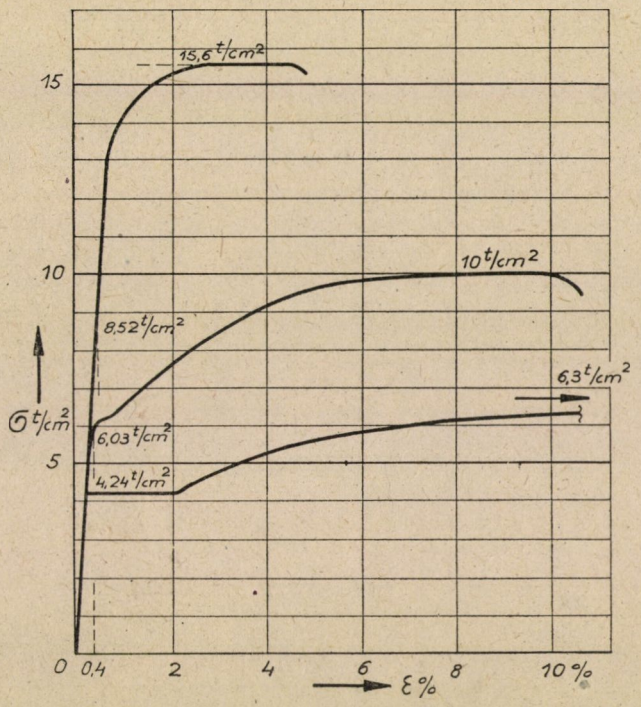
Vasbetonszerkezetek igénybevehetőségének ugyanis az anyagok szilárdságán és a tartó törőigénybevételén kívül határt szabnak a szerkezetek használhatóságával már össze nem egyeztethető *elváltozásai*, a beton húzott részének *repedezettsége*, a tartó nagy *lehajlásai*. Ezenkívül határt szab az acélok kihasználhatóságának a beton és acél közötti *felületi kötés*, mely korlátozza az acélokban felléphető húzófeszültséget.

A beton és acél felső szilárdsági határait csakis *kísérletekkel* lehet meghatározni. E kísérleteknek nagyon széles körre kell kiterjedniök, mivel a kérdésben nagyon sok a változó.

Az *Építéstudományi Intézet* kísérleteket végzett e kérdés tisztázására. Ezek még nem tekinthetők teljeseknek, de máris jó tájékoztató értékeket adnak építőiparunk és anyagiparunk jelenlegi helyzete mellett az előregyártásnál még teljesen kihasználható beton és acélszilárdságokra.

Ezekben a kísérletekben a használt legkisebb betonszilárdság 100 kg/cm², a legmagasabb pedig 600 kg/cm² volt. A kísérletekhez háromféle sima felületű betonacélt használtunk éspedig a leggyengébbnek folyási határa 4240 kg/cm², szakítószilárdsága 6300 kg/cm² volt. Alkalmaztunk továbbá egy 6030 kg/cm² folyási határú és 10 000 kg/cm² szakítószilárdságú acélt és a legszilárdabb egy 8520 kg/cm² equivalens folyási határú (0,4%-os össznyúlási határ) és 15 600 kg/cm² szakítószilárdságú hidegen húzott acél volt. (*1. ábra*). A 15 600 kg/cm² szilárdságú hidegen húzott acélok *5 mm átmérőjűek*, a 10 000 kg/cm² szilárdságúak pedig *8* és *12 mm* átmérőjűek voltak ; a lágyabbak átmérői pedig egészen 16 mm-ig változtak.

A tartók keresztmetszetei is változatosak voltak. Voltak *négyszögszelvényű* tartók, melyeknél a magasság : szélesség viszonya különböző volt, továbbá *T*-szelvényű tartók, ahol a fejlemez- és bordaszélesség viszonya



1. ábra. A kisérletekhez használt acélok feszültség-nyúlási görbéi

változott 5 és 2 között. Ezenkívül voltak *kehelyszelvényű* tartók, melyek az előregyártott típusfödémtartók szelvényei. (*2. ábra*). A vasalás mértéke 0,172—3,0%-ig változott a teljes betonkeresztmetszethez viszonyítva; a kísérletekben *túlvasalt* tartók is szerepeltek.

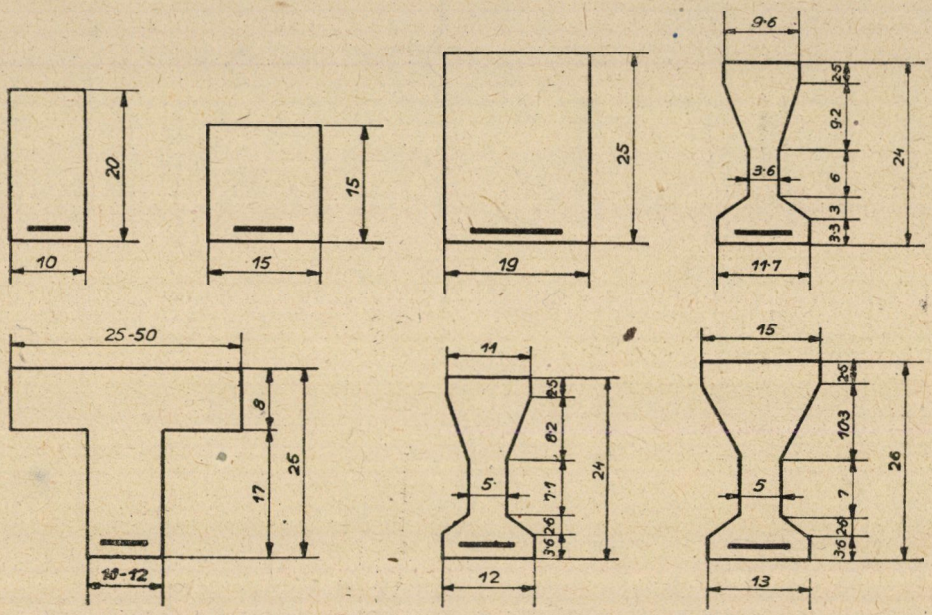
A tartók fesztávolságai 2,4—5,2 m között változtak. Terhelésük néhány tartó kivételével két egyenlő nagyságú erő volt, melyek a nyílás harmadában, más tartóknál a negyedekben, végül egyeseknél a nyílás közepén, egymástól 0,5 m távolságban támadtak. A kísérleti tartók legnagyobb részénél tehát azok középső szakaszán az elhanyagolhatóan csekély önsúlyhatástól eltekintve a hajlítónyomaték *állandó* volt. Néhány tartót ezenkívül egy harmadik erő is támadott a nyílás közepén, vagyis a terhelése három egyenlő erőből állott.

Az összes tartón figyeltük a tartóközép lehajlásait és 26 db tartón az első repedés keletkezésének időpontját és a repedések fejlődését. Ez utóbbi tartók 10 000 és 15 600 kg/cm² szakítószilárdságú acélokkal voltak vasalva, melyek 8 ill. 5 mm átmérőjűek voltak, tehát a tapadási és repedési viszonyok szempontjából a gyakorlat számára kedvezőek.

A vasbetontartó használhatósága szempontjából határhelyzetnek lehet tekinteni azt a repedezettségi állapotot, mikor a repedések már nem minősíthetők hajszálrepedéseknek. A kísérleteknél ilyen határállapotnak tekintettük

azt, amikor a repedések szélessége a legnagyobb nyomaték szakaszán átlagban 0,15 mm-t érte el.

A repedések szélessége ezt az értéket ezeknél a tartóknál — melyeknél az acélbetétek nem csúsztak meg — a középső szakaszon, ahol a hajlítónyomaték állandó volt, a terhelés fokozásával kb. 4500 kg/cm² rugalmas alapon számított acélfeszültségi értéknél érték el. A kísérletek tanúsága szerint közel azonos



2. ábra. A kísérleti tartók keresztmetszeti alakja

körülmények között a *T*-szelvényű tartókon azonos, vagy közel azonos vasalási viszonyok mellett a repedések *sűrűbben* keletkeztek, mint a négyszög- és kehelyszelvényűeknél. Ez természetesen a magas folyási határú acélokkal vasalt tartókra vonatkozik, amikor a 4500 kg/cm² feszültségnél az acél még nem volt a *plasztikus* tartományban, tehát benne tetemes *maradó* alakváltozások nem keletkeztek. A repedések átlagos szélessége a különböző szelvényű tartók és különböző szilárdságú betonok esetében kb. egyenlő nagy volt ; azok távolságai a *T*-szelvényű tartóknál 7—8 cm, a négyszög- és kehelyszelvényűeknél pedig 10—12 cm. volt.

E tartók között túlvasaltak nem voltak. Ennek következtében a számított 4500 kg/cm² acélfeszültségnél a vasbetontartó még a II., a rugalmas tartományban volt és ezért indokolt volt a feszültségeknek rugalmas alapon történő meghatározása. De a számított acélfeszültségek nagyságát amúgy sem befolyásolja számottevően az a körülmény, ha a betonfeszültségek eloszlási ábrája a háromszögalaktól már többé-kevésbbé eltér.

E kísérletek során a 4500 kg/cm² számított acélfeszültséget mint határértéket előidéző terheléssel 12 drb négyszögszelvényű és 10 drb *T*-szelvényű tartónál 25-szöri terhelés ismétlést eszközöltünk, a tartót mindig teljesen tehermentesítve. E tartók fesztávolsága 3 m volt és két erő támadta a nyílásbeli madokban. 4 drb — 4 m fesztávolságú és nyílásnegyedekben két erővel terhelt — *kehelyszelvényű* tartónál pedig a terhelést és tehermentesítést 50-szer ismételtük meg. E terhelés ismétlések alatt a repedések kis mértékben a nyomott szél felé *tovaterjedtek*, de nagyságrendjük nem változott. Tehermentesítéskor a repedések teljesen, vagy csaknem teljesen *záródtak*, ami a tartók *rugalmas* viselkedését igazolta.

A repedések közel egyenlő szélességét a különböző szelvények és betonszilárdságok esetén igazolja az a körülmény, hogy azonos, vagy közel azonos vasalás mellett a nagyszilárdságú betonoknál, vagy nagy húzott betonövű szelvényeknél a repedések bár nagyobb terhelésnél lépnek fel, — minthogy a beton nagyobb húzóerők felvételére képes, — azok azonban nagyobb távolságokban jelentkeznek és ennek következtében *szélességük* is nagyobb lesz.

A repedések szélességei ugyanis elsősorban a *tapadófeszültségi állapottól* függnek. A tapadófeszültségek alakulása pedig a repedés keletkezésének pillanatában elsősorban az acélbetétek feszültségében a repedés következtében bekövetkező változás nagyságától — azaz a megrepedt és még meg nem repedt keresztmetszet acélfeszültségének különbségétől — függ. Minél *nagyobb* e vasfeszültségkülönbség, annál nagyobbak lesznek a repedési távolságok — feltételezve természetesen az egyenlő vasalást, midőn tehát ugyanazon beton esetében a tapadási viszonyok a repedések keletkezésének pillanatában azonosak. A repedések nagyobb távolságai következtében pedig nagyobbak lesznek a repedések szélességei is. A repedések *átlagos távolságát* (*t*) kísérlet tapasztalatok alapján (*Rychner*, EMPA szerint) az alábbi összefüggés adja:

$$t = 2\,\frac{\triangle\sigma_v}{\tau}\,.\,\frac{F_v}{K_v}$$

és az átlagos repedésszélességet (*r*) pedig

$$r = \varepsilon_v\,.\,t = \frac{1}{E_v}\left(\sigma_v - \frac{\triangle\sigma_v}{2}\right).\,t$$

ahol σ_v az acélfeszültség a repedt keresztmetszetben

$\triangle\sigma_v$ az ép és repedt keresztmetszetben az acélfeszültség közötti különbség

τ a tapadás átlagos értéke $t/2$ távolságon egyenletesen eloszlónak feltételezve

E_v az acél rugalmassági tényezője

ε_v az acél fajlagos nyúlásának átlagos értéke

F_v/K_v tapadási jellemző, az acélbetétek keresztmetszeti területe (F_v) és kerülete (K_v) közötti viszonyszám, mely egyenlő átmérőjű acélbetétek esetében $= d/4$.

Ezekből az összefüggésekből az is látható, hogy a repedések mértékét befolyásolja az acélbetétek *alakja* és *elrendezése* is, ami az F_v/K_v tényezőben nyilvánul meg. Minél *feloldottabb* a vasalás — azaz minél több, vékony szálból áll — annál *sűrűbbek* és *vékonyabbak* lesznek a repedések. A sokáig fennállott tévhittel szemben a *vaselrendezés* nem befolyásolja a beton nyúlóképességét.

A legnagyobb kihasználható betonszilárdságot nem lehet annyira egyértelműen meghatározni, mint az acélét. A beton kihasználhatóságát ugyanis elsősorban a tartó *lehajlásai* szabják meg, a lehajlás pedig a tartószelvény alakjának, a fesztávolságnak és a terhelőerő elrendezésének a függvénye. A lehajlások megengedett mértéke is változik a különböző rendeltetésű tartóknál, de annak a hasznos terhelés alatt megengedett legnagyobb értéke magasépítési szerkezeteknél sem lehet a nyílás 300-ad részénél nagyobb. Ha pedig a használhatóság határhelyzetét nézzük, a törési állapotra történő méretezés alapján állva, a lehajlás határértéke a nyílás 200-ad részénél nem lehet nagyobb. Ily mértékű lehajlások mellett a tartó repedezettsége is általában *túlmegy* a megengedett mértéken, annál is inkább, mert egy gazdaságosan megtervezett vasbetonkeresztmetszetben a nagy betonfeszültségekkel egyidejűleg az acél feszültsége és annak nyúlásai is nagyok. Ugyanis a gyakorlatban csak ritkán előforduló *túlvasalt* szerkezetektől eltekintve, az acél hamarabb éri el a határfeszültséget, mint a beton és szélső határesetnek tekinthető az a szelvény, melyben a betonban a nyomófeszültség az acél húzófeszültséggel *egyszerre* éri el a határfeszültséget.

A betont teljes mértékben csak ilyen *határhelyzetre* kialakított szelvényben lehet kihasználni, mert gyengén vasalt szerkezet esetén a betonban a feszültség csak akkor közelíti meg a határhelyzetet, midőn az acélfeszültség már bekerült a plasztikus zónába és ennek folytán már meg nem engedhetően nagy deformációk lépnek fel és megindult a törés. A betonszilárdság felső határának keresésénél tehát a *határhelyzetre méretezett szelvényt* kell figyelembe venni.

Ilyen határesetet képviseltek a kísérleti tartók közül azok, melyekben a legnagyobb betonfeszültség a határfeszültségnek felelt meg akkor, amikor az acélban a kihasználhatóság felső határa, a 4500 kg/cm² feszültség lépett fel.

A kísérleti tartók közül ilyen határesetnek voltak tekinthetők a 600 kg/cm² szilárdságú betonból készült 6030 kg/cm² folyási határral rendelkező acélbetétekkel vasalt *kehelyszelvényű* típusgerendák. Ezeknél az 4500 kg/cm² acélfeszültség elérésekor a betonban fellépő legnagyobb feszültség 250 kg/cm² volt. Ez a betonfeszültség a 600 kg/cm² kockaszilárdság esetében a *határfeszültséget* jelenti, minthogy az a kockaszilárdságnak 40%-át, a hasábszilárdságnak pedig 60%-át teszi ki.

E tartók fesztávolsága 4 m, a tartók magassága 24 cm volt és keresztmetszetük tehetetlenségi nyomatéka 10,881 cm^4. Vagyis a tartók aránylag *merevek*, lehajlás szempontjából *kedvező* elrendezésűek voltak. És még e tartók legnagyobb lehajlásai is középen az előbb említett határfeszültségeket okozó terhelés mellett már elérték a fesztávolság 200-ad részét és a repedések is elérték, ill. meghaladták a megengedett mértéket.

A beton szilárdságát tehát hiába növelnénk számottevően a 600 *kg/cm²* *fölé, e nagyobb szilárdság a lehajlások miatt nem lesz kihasználható.*

A beton rugalmassági tényezőjéről, mint a lehajlást befolyásoló tényezőről nem volt szó, de ez szándékos volt, mivel az ilyen nagyszilárdságú betonok *E* értéke közel egyenlő nagy, legalább is az már csak kismértékben nő a szilárdsággal és ezért az a betonszilárdság további növekedésével sem befolyásolja számottevően a lehajlások értékét. A terhelő erők elrendezése — nyílásnegyedekben ható két erő — lehajlás szempontjából *közel egyenlő* az egyenletesen megoszló teherrel.

Ezenkívül tekintetbe kell venni, hogy a nagy lehajlások következtében a repedések nagymértékben kifejlődnek a nyomott szél felé, a nyomott övet erősen leszűkítik, s így a beton kihasználását *gazdaságtalanná* teszik.

Az eddig végzett kisérletek szerint az acélbetéteknél *a kihasználhatóság felső határának a* 4500 *kg/cm²* *tekinthető*. Ekkora határfeszültséget az acélanyag teljes kihasználása mellett — vagyis határfeszültségnek a folyási határ 20%-kal csökkentett értékét véve — 5650 kg/cm^2 *folyási határú* anyagnál lehet megengedni. Nem feszitett vasbetonszerkezeteknél még gazdaságosan alkalmazható *legszilárdabb* acélanyagnak tehát az tekinthető, melynek *folyási határa* 5500—6000 kg/cm^2 között van. Ennek felel meg az acélszabványunk szerinti 75.55. B. jelű acél, továbbá a Rákosi Mátyás Művek által gyártott nem szabványos 10 000 kg/cm^2 szilárdságú és 6000 kg/cm^2 folyási határú acél.

A *betonszilárdság felső határának* pedig az eddigi kisérletek szerint a 600 kg/cm^2 vagy ennél nem sokkal nagyobb kockaszilárdságú beton tekinthető. Ennél nagyobb szilárdságú beton a tartó *nagy alakváltozásai* miatt nem használható ki.

Az acélbetétek és beton közötti felületi kötést legfeljebb 12 mm legnagyobb átmérőjű acélbetétek esetén 4500 kg/cm^2 feszültségig a 400 kg/cm^2 szilárdságú beton már biztositotta. Ennek megfelelően a felső szilárdsági határhoz tartozó sima felületű acélok csakis legalább 400 kg/cm^2 szilárdságú betonokkal egybeépitve használhatók ki.

Előregyártott — de nem feszitett — vasbetonszerkezetek előállításához, tehát a technika mai állása szerint nincs értelme a beton és acél szilárdságát ezeken a felső határokon túl fokozni, mert ilyen nagyszilárdságú minőségi acélok és betonok előállítása általában *többletköltséggel jár*, *kihasználni* azokat azonban *nem lehet*.

HOZZÁSZÓLÁSOK

ROSIVALL FERENC

Az Építéstudományi Intezet laboratóriuma 1951. évben kísérleteket végzett az új MNOSz. Vasbetonszabályzat alapján méretezett hajlított vasbeton gerendák *határvasalásának* megállapítására. A kísérleteket *derékszögű négyszög* és *T*-keresztmetszetű gerendákkal végeztük. A négyszög keresztmetszet méretei 10 × 20 cm. A T-gerendáknál a gerinc 8 × 25 és a fejlemez 38 × 5 méretű volt.

A gerendák vasalásához ∅ 8 és ∅ 12 mm-es acélokat használtunk, melyek minőségi előírása 75.55 B volt. A végzett szakítópróbák azt mutatták, hogy a szakítószilárdság szempontjából a vasak megfelelőek voltak, de a folyás már 50 kg/mm² körül bekövetkezett. A folyási határ azonban így is magasabb volt az előadó által említett 4500 kg/cm² feszültségi értéknél és így kísérleti eredményeink az előadottak szempontjából éppen kiértékelhetők. A beton kockaszilárdsága ugyancsak megfelelt a végkövetkeztetésképen megállapított 400 kg/cm² feletti követelményeknek, mert az 20×20×20 cm³ kockán mérve 400 kg/cm² körüli volt a törés napján. Tekintettel arra, hogy a kísérletek eredeti célja egészen más volt, mint az előadásban felvetett határértékek megállapítása, a repedezettségi viszonyokra nem fektettünk olyan nagy súlyt, hogy arról most beszámolhatnék, de minden esetben mértük a gerenda középső keresztmetszetében a függőleges elmozdulást.

A gerendákat 4 m-es fesztávolságon harmadokban működő két egyenlő nagyságú erővel törtük. A derékszögű négyszögkeresztmetszetű gerendák vasalása 0,5—2,5%-ig változott 6 lépcsőben. Minden vasalási lépcsőben 3 azonos gerenda készült, összesen tehát 18 db. Abban a terhelési fokozatban, amelynél a rugalmas alapon számított vasfeszültségek éppen elérték a 4500 kg/cm² értéket, a hajlító nyomaték az említett vas %-nak megfelelő mértékben 0,70—3,0 mt értékig, a betonfeszültségek 150—400 kg/cm² értékig változtak és a középső keresztmetszet függőleges elmozdulása 2,3—3,5 cm-ig változott. Ez az érték ugyan meghaladja az 1/300-ad értéket, sőt az 1/200-adnak megfelelő 2 cm-t is, de a szélesség-magasság viszony 1 : 2 volt, ami a lehajlások szempontjából meglehetősen kedvezőtlen.

A T-keresztmetszetű tartókból 3 × 3 db készült, a vasalás 1,0—2,3%-ig változott. A 4500 kg/cm² vasfeszültségnek megfelelő hajlító nyomaték 3,2—6,4 mt-ig változott, a betonfeszültség 125—250 kg/cm²-ig és a középső keresztmetszet elmozdulása 1,8—2,5 cm-ig. E lehajlási értékek az aránylag nagyobb merevségnek megfelelően az előbbieknél valamivel kedvezőbbek.

Az ismertetett kísérletek tehát megerősítik azt a megállapítást, hogy a 4500 és 600 kg/cm² értékek nem-előre feszített szerkezeteknél valóban felső határnak tekinthetők. A legalább 400 kg/cm² kockaszilárdságú beton előírása mindegyik kísérleti gerendában biztosította a vasak csúszásmentességét.

SOMOGYI LÁSZLÓ

Az előadottak szerint a 75.55 B minőségű acél B 400-as betonokkal már jól kihasználható, jobb minőségű anyagok azonban, a fellépő fesztávolság 200-ad részénél nagyobb lehajlások miatt gazdaságosan *már nem alkalmazhatók.*

Az építési gyakorlat részére azonban fontosabb, hogy a helyszíni *B* 140-*es* betonnal készült vasbetonszerkezetekben kihasználható-e az 50.30 B, illetve 50.35 B minőségű acélbetét, anélkül, hogy a megengedetett mértékűnél nagyobb repedések keletkeznének.

Azt a körülményt — jelen pillanatban — hagyjuk figyelmen kívül, hogy a *dagadó cementekkel* készített betonok repedésmentesség szempontjából lényegesen kedvezőbb helyzetben vannak, hisz a zsugorodás okozta »húzó« erőfeszítés helyett bizonyos mértékű »nyomó« erőfeszítést adnak a szerkezetnek. Egyébként — legjobb tudomásom szerint — a dagadó cementekre vonatkozó kísérletek folyamatban vannak.

Nem szabad azonban figyelmen kívül hagyni annak a lehetőségét, hogy *kevésbbé zsugorodó betont* állítsunk elő. Ezen cél elérésére — többek között — alkalmasnak látszik minél tömörebb szövetű beton előállítása, ami *pedig helyes szemszerkezettel* (ami esetleg cementmegtakarítást is jelent), *helyes vízcementtényező* alkalmazásával és *helyes bedolgozással* érhető el.

A *helyes szemszerkezetet* — legalább is a fővárosra nézve — úgy lehetne biztosítani, hogy a dunai rakodókon, vagy valamely más központi kavicstelepen helyes szemszerkezetű betonkavics állna rendelkezésre.

A második szempont — t. i. a helyes *vízcementtényező és helyes bedolgozás* alkalmazása — pedig a már folyamatban levő betonos szakmunkásképzés kellő fejlesztésével lenne elérhető.

Az elhangzott előadásból nyilvánvaló, hogy a repedésszélesség — melynek megengedhető, illetve eltűrhető felső határa 0,15 mm (hajszálrepedés) — *fordítva arányos τ-val*, a tapadásnak a repedéstávolság felén t/2 egyenletesen elosztott értékével. A repedésmentesség, illetve a repedéseknek a megengedett határok közé való szorítására alkalmasnak látszik a tapadószilárdságnak — a lehetőségekhez képest való — megemelése.

Annak ellenére, hogy a tapadószilárdságra vonatkozólag már a vasbeton hőskorától kezdve állandó kísérletek folynak (Bach, Preuss, Probst, Schüle, O. Graf, M. Vasilesco, Karpen, Ad. Kleinlogel, E. Mörsch, Funke, Saliger, Lyse, Carlson, Nacken, A. Pogány, Roš, Timoshenko, Emperger, Gehler, Herzka, Luftschitz, Freyssinet, Mihailich stb., stb.), a tapadószilárdságra vonatkozólag a helyzet *még ma sem tisztázott.*

Annyi mindenesetre megállapítható, hogy a tapadószilárdság két hatás együttesét jelenti, mégpedig bizonyos surlódó és ragasztó hatásokét. Az első inkább fizikai, a második pedig inkább kémiai jellegű.

A *surlódó* hatások megnövelésére alkalmas a vasbetétek felületének mindenféle bordázása, bogossá tétele, fogazása stb., mint az világszerte közismert és használt.

A *ragasztó hatások* azok, melyek létét is hosszú időn át kétségbevonták, s a betonzsugorodásból eredő megfogásszerű kapcsolatnak vélték. Mikroszkópikus vizsgálatoknál azután kiderült, hogy a gel és kristályos anyag »belenőttek« a vas tömegébe. A mikroszkópfelvételekről határozottan beöblösödések és rovátkák állapíthatók meg, sőt némely helyen teljesen elválasztott (körülfogott) vasrészek, körülfogva betonanyaggal. Azáltal, hogy a gelből kinőtt kristályocskák a vasba belenőttek, a vas felülete erősen »feldurvult« és ezáltal megnagyobbodott a tapadófelület. A gelből kinőtt kristályoknak a vasba való behatolásának mértéke arányos a hidratizációs folyamat agresszivitásával.

A tapadószilárdság ilyetén magyarázata érthetővé teszi, hogy a kísérleteknél a tapadóerő nem volt lineárisan arányos a vasfelülettel, hanem nagymértékű szóródást, illetve ellentmondásokat tartalmazott (Bach például 6 kg/cm², Funke pedig 149 kg/cm² értékű tapadófeszültségeket mért).

Az említett mikroszkópos vizsgálatokat végző *Pogány* A. azt a körülményt, hogy a tapadószilárdság a nagyobb vasátmérőknél nagyobb, úgy magyarázta, hogy a vastagabb vasak a kisebbmérvű *hengerlés folytán lágyabbak (Brinell-keménységük kisebb) és kevésbbé sima felületűek*, s ezért a kristályok agresszivitásával szemben ellenállásuk kisebb.

A világszerte végzett kísérletekből azonban nagyjából nyilvánvalóvá vált, hogy minél nagyobb a beton húzószilárdsága, annál nagyobb a tapadószilárdsága is, függetlenül attól, hogy ezen szilárdság tisztán fizikai hatások, tisztán kémiai hatások, vagy a kettő együttes hatásának következménye.

Végeredményben tehát — szerény véleményem szerint — a *tapadószilárdság (és húzószilárdság) ugyanazon módon növelhető, amilyen módon a zsugorodás csökkenthető.* A jól tömörített beton ugyanis nagyobb húzószilárdsággal rendelkezik, mint a laza szövetű.

Az elhangzott előadás az ÉTI által végzett kísérletek közül a felső határhelyzetre vonatkozó (B 600-as beton és 75.55 B acél) vizsgálatok eredményeit közölte. *Mivel azonban a húzó- és nyomószilárdság aránya a kisebb kockaszilárdságú betonoknál jobb*, remélhető, hogy a használatos 50.35 B, illetve 50.30 B minőségű acélok B 200-as, sőt B 140-es betonok alkalmazása mellett is kihasználhatók. Célszerűnek látszik, hogy a jelenleg folyó kísérletek különös gonddal értékeltessenek ki az 50,35 B, illetve 50,30 B minőségű acéloknak B 140-es beton esetén való kihasználhatóságára.

Saját, nagyon kisszámú tapasztalataim közül meg kell említenem a fentiekkel kapcsolatban azt a nemrég lefolytatott kísérletet, melyet helyszíni előregyártású, 8 × 18 cm keresztmetszetű (B 220 beton előírású) gerendákkal végeztem. *Egyetlenegy próbagerenda sem ment tönkre a maximális nyomaték helyén, hanem mindegyik nyírásra, illetve a vasak megcsúszása folytán előállott repesztő hatásokra, holott a visszaszámított nyírófeszültség értéke csak mintegy 9 kg/cm²-nyi volt.*

AZ ELŐREFESZÍTÉSNÉL ALKALMAZOTT ACÉLOKKAL ÉS BETONOKKAL SZERZETT LABORATÓRIUMI TAPASZTALATOK

SCHWERTNER ANTAL

1. *A patentírozott huzalok*

Betonok előrefeszítésénél elterjedten használják az 5 mm átmérőjű patentírozott huzalt. Ez sima alakjában, hullámosítottan és rovátkoltan jut felhasználásra. Különös figyelmet érdemel a hullámosított huzal, amelyet előszeretettel alkalmaz a magyar építőipar és amellyel kapcsolatban még kevés a laboratóriumi tapasztalat.

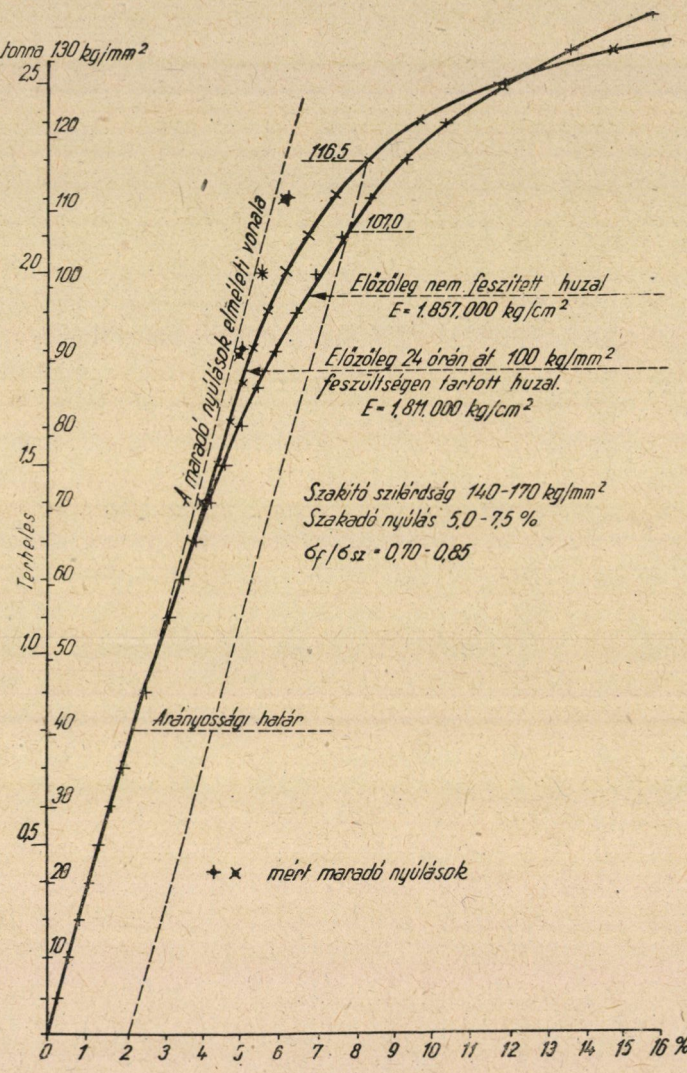
A sima huzalok két jellegzetes húzódiagrammja az 1. ábrán látható. Az ábra egyik vonala a természetes állapotú, vagyis előzőleg igénybe nem vett huzal diagrammja, a másik vonal olyan huzal diagrammja, amely vizsgálata előtt 24 órán át 100 kg/mm² feszültség alatt állott. Mindkét huzalnál azonos, mintegy 40 kg/mm² értékű az arányossági határ. Ezen túl a két vonal már élesen elválik egymástól, mert a 24 órán át tartott feszítés lényegesen lecsökkentette a maradó nyúlásokat, de azok teljesen el nem tűntek. Az ábrába egyébként a bemért maradó nyúlások értékei is be vannak jegyezve és ezek a maradó nyúlások elméleti vonalától alig térnek el. A maradó nyúlások elméleti vonalára jellemző rugalmassági tényező az egyik esetben 1 857 000 kg/cm²-re, a másik esetben 1 811 000 kg/cm²-re adódott. A két érték közötti eltérés a mérés hibahatárát meg nem haladja.

Különböző időben gyártott és vizsgálatra jutott huzalokon végzett mérések során a rugalmassági tényező 1 800 000 kg/cm² és 1 900 000 kg/cm² között ingadozott. E szélső értékek közül az adott esetben mértékadóval célszerű számítani, ha a huzal külön vizsgálatra nem jutott.

Jellemző, hogy a 24 órán át feszültség alatt tartott huzalon meghatározott 2 $^{0}/_{00}$-es maradó nyúlás határ más, mint a kísérlet előtt igénybe nem vett huzalnál. Vagyis ez a folyási határ ingadozó értékű, amire figyelemmel kell lenni, ha szerkezetbe beépített és ott igénybevett huzal jut utólag szilárdsági vizsgálatra.

A sima huzalok szakítószilárdsága, ugyanazon kötegből vett több próbánál sem azonos, de a különböző időben gyártott huzaloknál ez az ingadozás természetesen nagyobb. A laboratóriumban eddig vizsgálatra jutott 5 mm átmérőjű hazai gyártmányú huzalok szakítószilárdsága 140 kg/mm² és 170 kg/mm² értékek között feküdt. A huzalok folyási határa (a 2$^{0}/_{00}$-es maradó

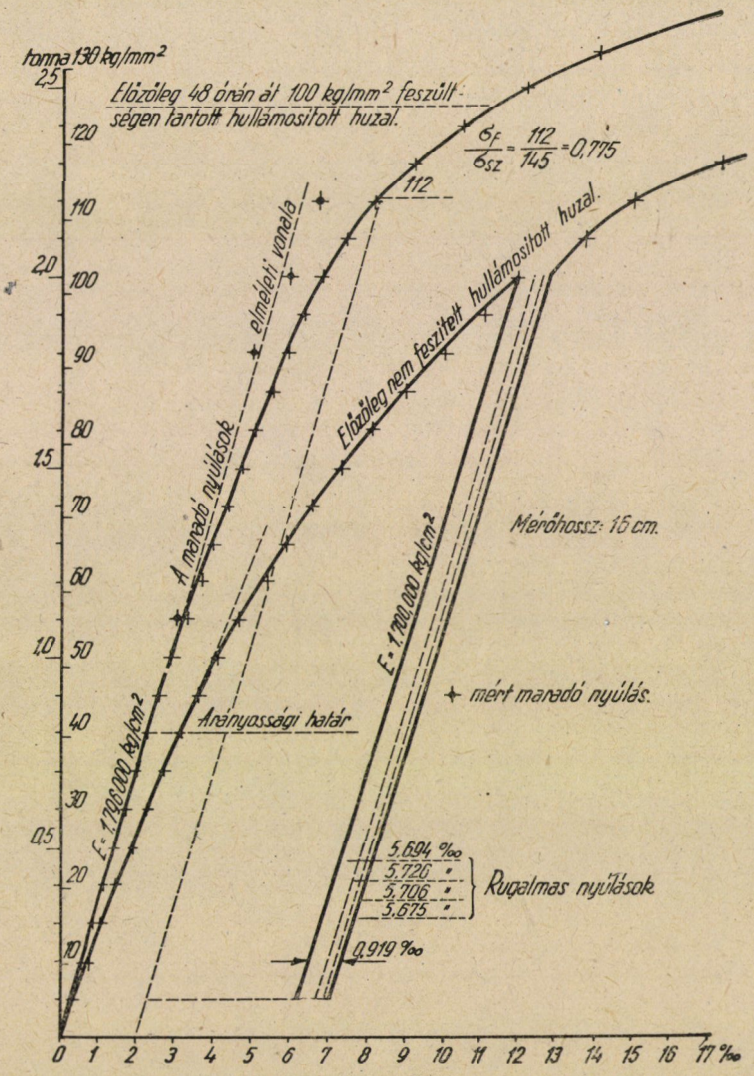
nyúlás határa) a szakítószilárdságnak 70—85%-a volt. A szakadó nyúlás 5,0—7,0% között ingadozott és a huzalok szakadása általában jól kifejlődött kontrakció mellett következett be.



1. ábra

Hullámosított acélhuzalok két jellegzetes húzódiagrammja a 2. ábrán látható. Az egyik vonal előzőleg meg nem terhelt próbapálca segítségével lett meghatározva. A mérőhossz 16 cm volt és ebbe legfejlebb két hullám fért be. A másik vonal próbapálcája vizsgálata előtt 48 órán át 100 kg/mm² feszültség alatt állott.

A vizsgálata előtt meg nem terhelt próbapálcánái is arányosan változott a terheléssel a nyúlás, amíg a feszültség 40 kg/mm²-nél kisebb volt, ez azon ban tulajdonképpen nem arányossági határ, mert a huzalnak e határ alatt is

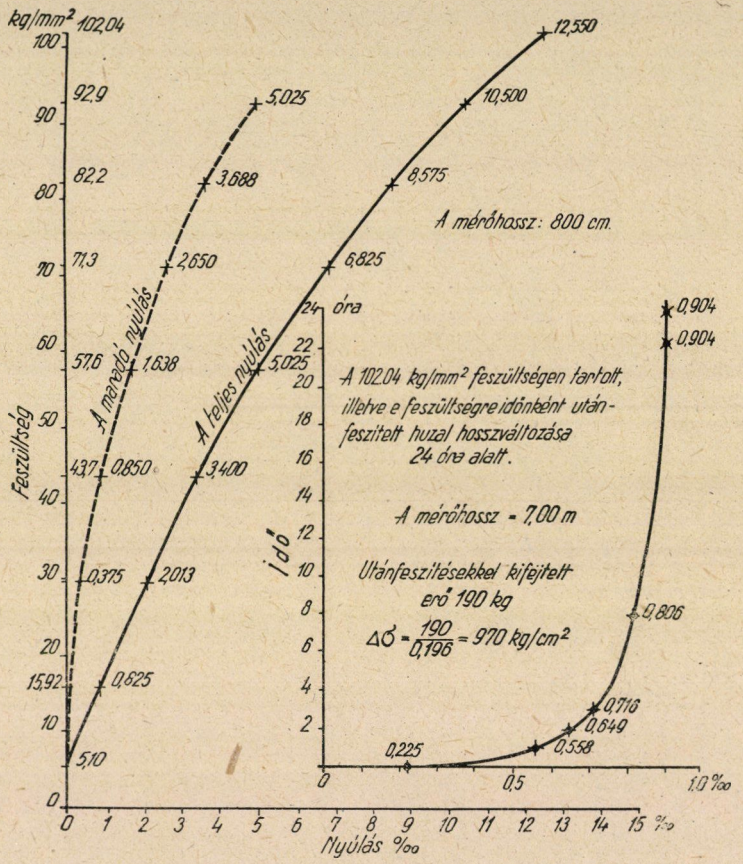


2. ábra

tetemes maradó hosszváltozásai vannak. Viszont nagyon jellemző, hogy az egyszer 2,0 t-val megterhelt huzal ismételt teher alatt már messzemenően rugalmasan viselkedett. A 0,1 t és 0,2 t határok között négyszer megismételt terhelés során a mért rugalmas nyúlások csak 5,675 ‰ és 5,726 ‰ között

ingadoztak. Az átlagos 5,70 $^0/_{00}$-es nyúlással számolva az acél rugalmassági modulusa $E = 1900 \cdot 10^3/0{,}196 \cdot 5{,}7 = 1\,700\,000$ kg/cm^2. De meg kell jegyezni, hogy a négy megismételt feszítés során a mérőhossz 0,919$^0/_{00}$-el maradandóan is megnyúlt.

A vizsgálata előtt huzamos időn át terhelt próbapálca húzódiagrammja már nagyon hasonlít a sima, hullámosítatlan próbapálca diagrammjához. Az arányossági határ ennél a huzalnál is 40 kg/mm^2-nél van, a mért maradó



3. ábra

nyúlások értékei megközelítik a maradó nyúlások elméleti vonalát, az ez esetben $E = 1\,796\,000$ kg/cm^2-rel jellemzett egyenest. A 2 $^0/_{00}$-es maradó nyúlás határa (folyási határ) 112 kg/mm^2-nél van és ez a 145 kg/mm^2 szakítószilárdságnak 77,5%-a. Az először durván hullámosított, majd feszítéssel kiegyenesített huzal húzódiagrammja az előrefeszítés határáig alig különbözik a sima vas diagrammjától. Az előrefeszítés határán túl azonban a hullámosított huza-

lok teljes és maradó nyúlásai jóval nagyobbak, mint a síma huzalnál, mert kis, kézzel is tapintható hullámokkal még rendelkeznek és a betonozott huzaloknál ezek a hullámok számottevő ellenállást fejtenek ki a kihúzódás ellen.

A hullámosított huzalokon végzett mérések eredményei kifogásolhatók, az alaphossz rövid volta miatt. Ezért ezt a huzalt 8,00 m-es alaphosszon a feszítőpadon is megvizsgáltuk. A vizsgálat eredménye a 3. ábrán látható. Vizsgálata előtt a huzal terhelve nem volt. E kísérletnél is arányosan változott a feszültség a hosszváltozással 40 kg/mm² feszültségig. Mérve lettek a maradó nyúlások is, amelyek tetemes értékűek. A mellékábrán azok a lassú alakváltozások láthatók, amelyeket a huzal 2000 kg teher alatt szenvedett. A mérés ez esetben 7 m-es alaphosszon 1/100 mm-es mérőórával történt. Minden leolvasás előtt a terhelést, ha visszaesett, 2000 kg-ra növeltük. A huzal ugyanis alig mérhető hosszváltozások mellett feszültségéből veszített és csak az eredeti feszültség helyreállítása során szenvedett nagyobb hosszváltozásokat. Ilyen hosszváltozások összege 24 óra alatt a mérőhossz 1 $^0/_{00}$-ét megközelítette.

Az utánfeszítések során kifejtett erők összege 190 kg volt, vagyis az eredetileg 101,9 kg/mm² feszültséggel terhelt hullámosított huzal feszültségéből mintegy 190/19,6 = 10 kg/mm² feszültséget veszített 24 óra alatt. E feszültségveszteségnek azonban majdnem 50%-a már az első óra folyamán bekövetkezett.

A rovátkolással érdesített huzalok diagrammjai az alapanyag diagammjától alig különböznek, velük kapcsolatban tehát a sima acélokra mondottak maradéktalanul érvényesek.

2. *A nagyszilárdságú beton*

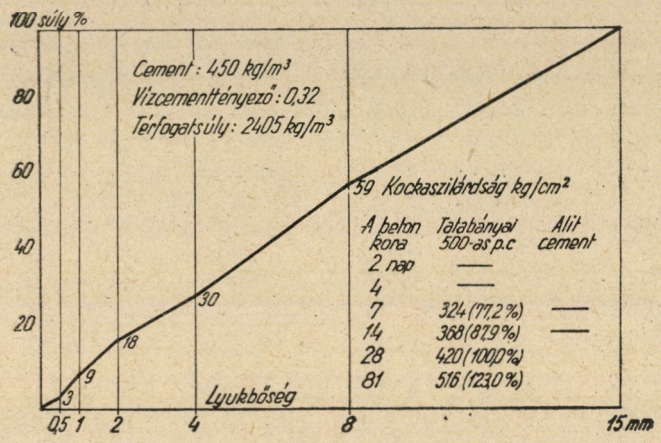
Feszített beton 28 napos kockaszilárdsága 600 kg/cm²-nél nagyobb legyen és lehető rövid idő alatt érje el a beton a 400 kg/cm²-es kockaszilárdságot, amikor a feszítésnek alávethető. Ezt az elvet a ma forgalomban álló cementekkel teljesíteni nagyon nehéz feladat, de az eddigi kísérleti eredmények alapján ítélve, sokat igér a gyártás előtt álló Alit cement.

A Beton- és Vasbetonépítési Laboratórium különösen gondos kísérleteket végzett a 4. ábrán látható szemösszetételű betonnal, amely kész betonköbméterenként 450 kg tatabányai 500-as cementtel és 0,32-es vízcementtényezővel készült. A beton rezegtetéssel lett bedolgozva, térfogatsúlyának átlaga 2405 kg/m³ volt, de ez 2381 kg/m³ és 2431 kg/m³ között ingadozott.

A nagyon alacsony vízcementtényező és a kifogástalan tömörítés ellenére a beton kockaszilárdsága csak a következőképpen változott:

7	napos	beton	szilárdsága	324	kg/cm²	77,2%
14	«	«	«	368	«	87,9 «
28	«	«	«	420	«	100,0 «
81	«	«	«	516	«	123,0 «

A különböző időben készült betonoknál azonban 7 napos korban is előfordult 420 kg/cm² szilárdságú beton, a legnagyobb elért szilárdság egy esetben 36 napos korban 550 kg/cm² volt. Ezek, az építőipar munkahelyén tapasztaltakkal jól egybevágó eredmények figyelmeztetések, hogy az előrefeszítés céljára különleges cementre szükség van. A cement hő, vagy más kezelés útján



4. ábra

gyors szilárdulásra is legyen serkenthető, mert cementjeink e tekintetben sem elsőrangúak.

A közölt szemfelépítettségű és cementtartalmú, de Alit cementtel készült beton szilárdsága a következőképpen változott:

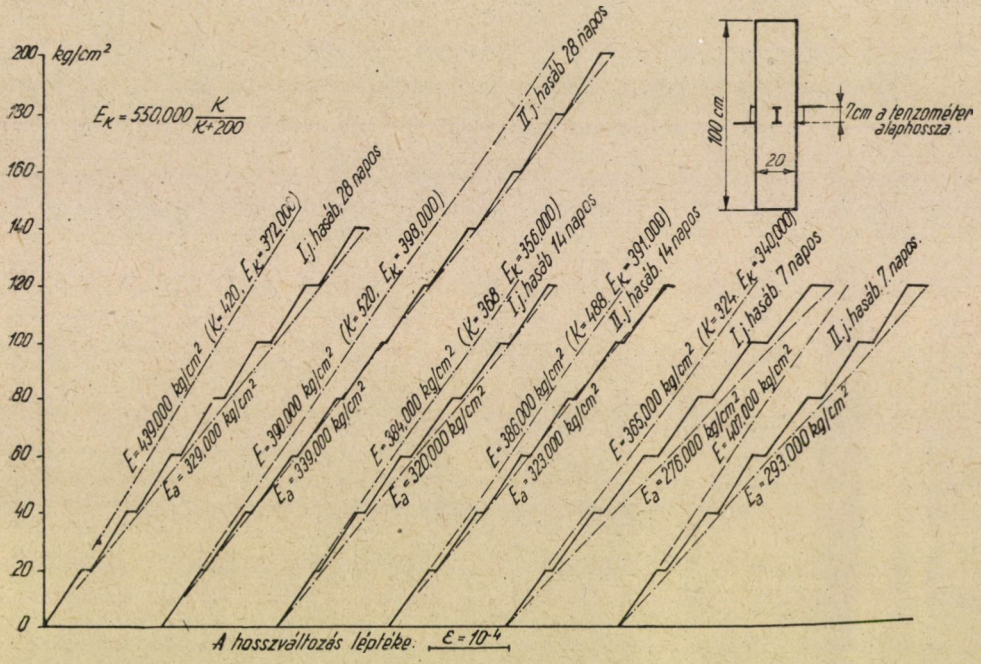
2 napos	beton	szilárdsága		390	kg/cm²
4 «	«	«		467	«
9 «	«	«		580	«
28 «	«	«		671	«

Az Alit cementtel készült beton azonban gőzzel való hőkezelés után nem szolgáltatott jobb szilárdságokat,mint az 500-as tatabányai cementtel készült beton. Az alitbeton kezdeti szilárdságát viszont hátráltatja az alacsony hőmérséklet. Habarcstestekkel végzett kísérletekből következtetve, a 10 C°-on, illetve az 5 C° -on tárolt betonok 2 napos szilárdságai csak 65%, illetőleg 50%-ai lesznek a 22 C°-on szilárdult betonok szilárdságainak, de a 7 napos szilárdságra a közölt alacsony hőmérsékleten való tárolás már káros hatás nélkül maradt.

A beton rugalmas viselkedését 20 × 20 cm keresztmetszetű, 100 cm magas hasábokon tanulmányoztuk. Mind a négy hasáboldal közepén a beton rugalmas és maradó hosszváltozását tensometerekkel mértük és minden terhelési fokot 6-szor megismételtünk. Az első terhelés után a maradó hossz-

változás már javarészt jelentkezett, vagyis a további 5 terhelés alatt csaknem tökéletesen rugalmasan viselkedett a beton. Rugalmassági tényezőjét az említett 5 mérés eredményeiből számítottuk.

A mérési eredmények az 5. ábrán láthatók. Az ábrán feltüntetett E értékek a beton tulajdonképeni rugalmassági tényezői, ezekkel akkor lehet számolni, ha a beton maradó hosszváltozást már nem szenved, vagyis, ha



5. ábra

egy előző terhelés során a maradó hosszváltozástól már mentesült a beton. A mért értékek közül egyesek jól egyeznek a szabályzatainkban ajánlott, az

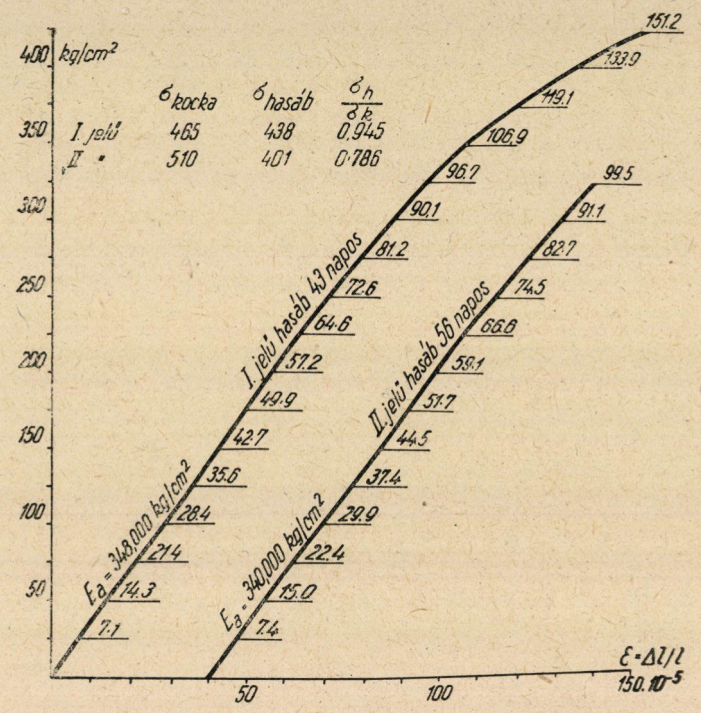
$$E_k = \frac{550{,}000}{} \frac{K}{K+200}$$

képletből számítható értékekkel, ahol K a beton kockaszilárdsága. A betonok kockaszilárdságait és a képletből számított E_k értékeket az ábrán szintén feltüntettük.

A maradó és a rugalmas hosszváltozások betudásával számított E_a alakváltozási modulusra jellemző, hogy az a 14 napos és ezeknél idősebb betonnál állandónak bizonyult, értéke csak 320 000 és 339 000 kg/cm² között, vagyis ± 2,75%-os határok között ingadozott. De ugyancsak jellemző a betonra,

hogy maradó alakváltozásokkal későbbi korban újra rendelkeztek a hasábok, vagyis egy korábbi megterhelés a maradó hosszváltozásától nem mentesíti a betont, ha az közben pihentetve volt.

A törőszilárdság meghatározása előtt újból megmértük a hasábok hosszváltozását. A hasábok ekkor 43, illetve 56 naposak voltak. E méréseredmények a 6. *ábrán* vannak kimutatva. A maradó hosszváltozások meghatározása nélkül, állandóan fokozott teher mellett csak a teljes hosszváltozásokat mértük.



6. ábra

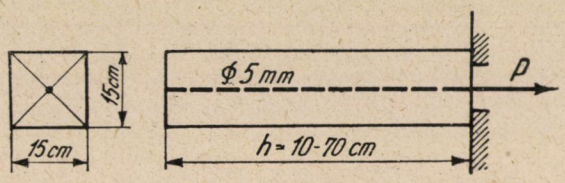
A terheléssel arányosan változott a beton megrövidülése mintegy 200 kg/cm² feszültségig. E szakaszokon az alakváltozási tényezők 348 000 kg/cm², illetve 340 000 kg/cm² értékűek. Ezek is csak mintegy 4%-kal nagyobbak az előző mérések során tapasztalt értékek átlagánál.

A hasábok hirtelen, robbanásszerűen törtek. Repedés, vagy folyásra emlékeztető nagy alakváltozás a törést előre nem jelezte. Az I. jelű hasábon 425 kg/cm² feszültségnél történt az utolsó műszerleolvasás és ez röviddel utána 438 kg/cm²-nél törött. A kis terheléstöbblet bizonnyal nem változtatja meg lényegesen a hosszváltozások ábrázolt vonalát, az hosszabb vízszintes szakasszal nem rendelkezik. Ilyen beton esetében tehát indokolatlan a képlékenységtan elvével, a törés előtti folyás feltételezésével számolni.

A hasáb szilárdságának a kockaszilárdsággal alkotott viszonyszáma az egyik esetben 438/465 = 0,945, a másik esetben 401/510 = 0,786 volt, vagyis e kísérlet szerint is ez az érték nagyon változó.

3. *Az acél és a beton közötti tapadás néhány kérdése*

Előrefeszített huzalok bebetonozása útján készült feszített gerendákkal kapcsolatban általánosan elterjedt vélemény, hogy feszítésük megszüntetése után a huzalok lehorgonyzódása a betonba a huzalvégek egy rövid szakaszán



7. ábra

következik be. E felfogás szerint az előrefeszített betongerenda — a végek egy rövid szakaszának kivételével — minden keresztmetszetében azonos feszültség alatt áll. E véleményből következik, hogy a huzalnak azt a hosszát, amelyen az előrefeszítő erő a betonra hárul, egyszerű kihúzókísérlettel (7. ábra) lehet megállapítani.

E felfogással ellentétes az a vélemény, hogy az előrefeszítéssel kapcsolatos tapadófeszültségek a huzalok palástjának egész hosszán működnek, tehát egyszerű kihúzókísérlettel meg sem állapítható, alkalmas-e egy huzal az előrefeszítés céljára vagy sem. E vélemény okfejtése a következő. Az előrefeszítő erő megszüntetése után a huzal minden darabja összehúzódásra hajlamos, a feszítés útján nyomás alá helyezett beton minden darabja pedig tágulás útján óhajt feszültségétől mentesülni. E két ellentétes mozgási hajlam az előrefeszített gerenda egész hosszán érvényesül és ez váltja ki a huzal és a beton közötti tapadófeszültségeket.

Az utóbbi felfogás mellett szólnak az alábbi kísérletek.

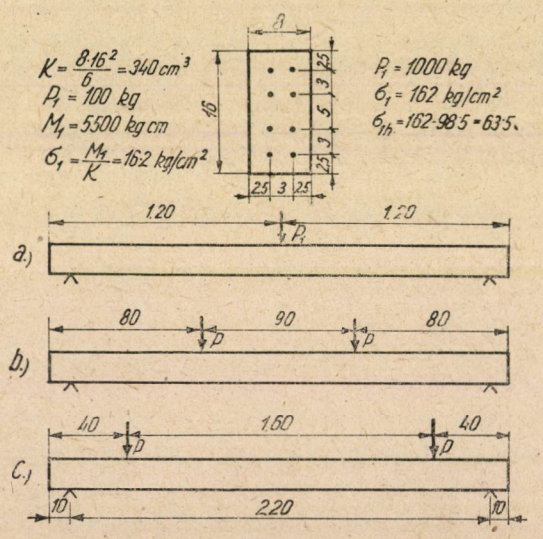
Síma és hullámosított 5 mm átmérőjű huzalokkal $h = 10$—70 cm hosszú próbatestek készültek a kihúzókísérletek részére. Bebetonozása előtt a hullámosított huzal egyszer 105 kg/mm² feszültséggel terhelve volt, hogy a hullámok kiegyenesedjenek. A kihúzókísérlet során a huzalok teljes hosszukban a következő oldal táblázatában kimutatott erőknél csúsztak meg a betonban.

A síma huzal elszakításához szükséges erő $P = 14750$ kg/cm². 0,196 cm² = 2891 kg, a hullámosított huzalnál ez az erő pedig $P = 14\,500 \cdot 0{,}196 =$ = 2842 kg volt. E szerint úgy látszik, hogy a síma huzal betonok előrefeszítésére teljesen alkalmatlan, a hullámosítottnál pedig legalább 1,00 m lehorgony-

A próbatest hossza	A csúsztató erő	
	sima	hullámosított
	huzal esetében	
10 cm	88 kg	412 kg
15 cm	104 kg	637 kg
20 cm	171 kg	747 kg
25 cm	318 kg	731 kg
30 cm	322 kg	775 kg
35 cm	304 kg	982 kg
40 cm	336 kg	1115 kg
45 cm	350 kg	1115 kg
50 cm	312 kg	1117 kg
55 cm	432 kg	1598 kg
60 cm	414 kg	1661 kg
70 cm	465 kg	1780 kg

zási hosszal kell számolni. Ezt a következtetést megcáfolták a sima, hullámosított és rovátkolt huzalokkal előrefeszítve készült próbatestekkel végzett hajlítókísérletek.

A próbatestek a 8. *ábrán* láthatók. A huzalokban az előfeszültség 105 kg/mm² volt, vagyis minden huzal 2060 kg erővel feszített állapotban lett be-



8. ábra

betonozva. Minden fajta huzallal 4 gerenda készült. A huzalok feszítése minden esetben a beton 7 napos korában lett megszüntetve, amikor a beton kockaszilárdsága 324 kg/cm²-nél nagyobb és 420 kg/cm²-nél kisebb volt. A huzalok

feszítésének megszüntetésekor semmi jel sem mutatott arra, hogy a beton feszítése nem sikerült, vagyis, hogy egyes huzalok megcsúszása miatt azok nem, vagy nem teljes mértékben vették ki részüket az előrefeszítésből. Az előrefeszítésből számított betonnyomás valószínű értéke $1{,}568 \cdot 9140/145{,}7 = 98{,}5$ kg/cm².

Minden fajta acélhuzalos gerendából kettő a 8a. ábrán látható elrendezéssel jutott hajlítóvizsgálatra. A hajlítás során a legerősebben húzott betonsávhoz legközelebb fekvő két huzal végén 1/100-ad mm pontosságú mérőórákkal figyeltük meg azt, hogy vajjon kihúzódnak-e a huzalok a betonból. Áthajlás és betonhosszváltozási mérések is végeztettek.

Csak a betonkeresztmetszettel számolva a gerenda keresztmetszeti tényezője $K = 8{,}16^2/6 = 340$ cm³. $P = 100$ kg teher alatt a nyomaték $M = 100.220/4 = 5500$ kg cm és a számított legnagyobb feszültség $5500/340 = 16{,}2$ kg/cm². $P = 1000$ kg teher esetében, vagyis 162 kg/cm² számított és 162,0—98,5 = 63,5 kg/cm² valószínű legnagyobb betonhúzófeszültség mellett már minden gerenda meg volt repedve. A gerendák azonban még nagyon rugalmasan viselkedtek, a maradó áthajlás a teljes áthajlásnak csak mintegy 10%-a volt és a sima huzallal készült gerendákat, a más huzallal készültektől a méréseredmények alapján megkülönböztetni nem lehetett.

A törőterhek és a törőnyomatékok a következők:

Az acélbetét	$P_{\text{törő}}$	$M_{\text{törő}}$
1. jelű, sima	1980 kg	1,09 tm
2. jelű, sima	2000 kg	1,10 tm
1. jelű, hullámosított.....	2060 kg	1,13 tm
2. jelű, hullámosított.....	2000 kg	1,10 tm
1. jelű, rovátkolt,.....	1900 kg	1,05 tm
2. jelű, rovátkolt	1880 kg	1,04 tm

Minden esetben a nyomott beton törött a legnagyobb nyomaték közelében A gerendavégen az acélhuzal egy esetben sem csúszott meg.

További gerendákat két erővel szimmetrikusan úgy terheltünk, hogy az előző 120 cm-től eltérően, a gerendavégtől 80 cm, illetve 40 cm távolságban keletkezzék a legnagyobb nyomaték. (*8b.* és *8c. ábrák.*)

E kísérletek során csak az a gerenda, amely sima huzallal volt feszítve és amelynél a teher 40 cm-re a gerendavégtől és 30 cm-re a támasztól hatott, törött azért, mert a húzott oldal acélbetétei a betonban megcsúsztak. Minden más gerenda teherbírását ez esetben is a nyomott beton törése szüntette meg és e gerendák egyikénél sem jeleztek a mérőórák huzalmegcsúszást a gerendavégen. A törőterhek és a törőnyomatékok a következők voltak:

Az acélbetét	A terhelés távolsága a gerendavégtől			
	80 cm		40 cm	
	P_t	M_t	P_t	M_t
Sima	1642 kg	1,15 tm	1690 kg	0,51 tm
Hullámosított	1452 kg	1,02 tm	3370 kg	1,01 tm
Rovátkolt	1340 kg	0,94 tm	3200 kg	0,96 tm

A kivételesen töröttől eltekintve a gerendák törőnyomatékai csak 0,94 tm és 1,15 tm között, az átlag körül mintegy $\pm$ 10%-kal ingadoztak. Ilyen ingadozással maga a betonszilárdság is rendelkezett, márpedig minden esetben a beton törött. Semmi ok sincs tehát annak a feltételezésére, hogy például a sima huzallal készült gerendáknál az előrefeszítés kevésbbé hatékonyan működött, mint a többi huzallal készült gerendáknál. Ez a megállapítás teljes ellentétben áll a kihúzókísérletekből vont következtetéssel, hogy a sima huzallal a gerendákat hatékonyan előrefeszíteni nem lehet és ilyen gerendáknál vasmegcsúszással kapcsolatos korai törésnek kell beállania akkor is, ha a gerendát egy erővel a *8a. ábra* szerint terheljük.

Az ismertetett kísérletek az acél és a beton közötti felületi kötés megoszlását nem tisztázták. Ezért a kísérletekből messzemenő következtetéseket vonni nem szabad. Döntő szerep vár még a fárasztó kísérletekre is, mert az acél és a beton közötti tapadás ismételt igénybevételére különösen érzékenynek látszik. De megállapítható, hogy a tapadás kérdésének megoldását új irányban haladva kell mind elméleti, mind pedig kísérleti alapon kutatni.

HOZZÁSZÓLÁSOK

ROSIVALL FERENC

Az előadás harmadik részéhez az acél és a beton közötti tapadás kérdéséhez kívánok néhány megjegyzést fűzni.

Az előadó felfogása szerint az előrefeszítésnél a tapadófeszültségek a huzalok palástjának teljes hosszában működnek. E felfogás helyessége mellett több érvet felsorakoztatott. A kisérleteknél minden esetben a nyomott betonöv ment tönkre és a tapadás mindhárom acél-fajtánál megfelelőnek bizonyult, mert a huzalok nem csúsztak meg. Ez azonban nem jelenti egyértelműen azt, hogy kevéssé vasalt gerendák esetében a síma vas nem csúszhatott volna meg kisebb nyomatéki értékeknél, mint a hullámosított vagy lapított. Ezért szükséges volna e kérdés felderítésére további kísérletek végzése, amelyek elrendezésénél biztosítani kellene, hogy a tönkremenetel ne a beton szétmorzsolódása, hanem a vasak megcsúszása vagy szakadása révén következzék be.

Az Építéstudományi Intézet Laboratóriumában végzett néhány kísérlet azt mutatta, hogy még nem előrefeszített gerendákban is, az I. stádiumban, tehát az első repedés megjelenése előtt a vason és a betonon ugyanazon magasságban mért nyúlás nem egyezik, vagyis terheléskor valóban a vasszál teljes hosszában következik be az erő átadása, hiszen különben a két nyúlásnak egyeznie kellene.

A Laboratóriumban jelenleg folyamatban vannak az előrefeszítésné alkalmazott nagyszilárdságú huzalokkal történő kihúzási kísérletek. Ezek első sorozatát $d = 3{,}5$ mm átmérőjű lapított és $d = 3{,}0$ mm átmérőjű sima acélokkal végeztük. Az acélok szakítószilárdsága 181 kg/mm² volt, folyási határ ennek 80%-a.

A betontestekkel egyidőben készült $7{,}07 \times 7{,}07 \times 7{,}07$ cm³ méretű kockák törőszilárdsága a kihúzás idejében átlagosan 450 kg/cm² volt. A betonhasábok 15×15 cm² keresztmetszetűek és 20—30—40—60—80 cm hosszúak voltak.

Ez első kísérletsorozat nyers kiértékelése azt mutatja, hogy a sima é lapított acélbetétek kihúzásánál a felületi surlódás, vagy tapadás aránylag csak kis mértékben, 10—15%-kal tolódik el a lapított betétek javára. Az acéloka a Salgótarjáni Acélárúgyár bocsájtotta rendelkezésre és a lapított betétek bemélyedései csak 0,1 mm nagyságrendűek voltak.

A kísérletek folyamán a próbatestnek a kihúzás irányának megfelelő és a vele ellentétes végén mértük az elmozdulásokat. Azt tapasztaltuk, hogy amikor az acél-szál már teljes hosszában megmozdult és a végkeresztmetszetben is elmozdulás jelentkezett, a kihúzóerő még emelkedik. A maximum elérése után a stacionér érték a végkeresztmetszet elmozdulásához tartozó érték és a maximum közé esik.

E körülmény is igazolja az előbbi feltevést, miután ahhoz, hogy a maximális tapadóerő kifejlődhessék már bizonyos mozgásnak kell bekövetkeznie, ami természetszerűen azt jelenti, hogy az erőátadásba a feltételezett lehorgonyzás előtti keresztmetszetek is fokozatosan bekapcsolódnak.

MOHAY KÁLMÁN

Az előadásban ismertetett előrefeszített gerendákon végzett hajlító-kísérletekkel kapcsolatban a törőnyomaték számításának néhány kérdését szeretném megemlíteni. Ez a kérdés az előrefeszített gerendák töréssel szembeni biztonságának számításánál merül fel, már a tervezésnél.

Ismert az is, hogy előrefeszített gerendáknál nemcsak töréssel szemben kívánunk meg biztonságot, hanem repedéssel szemben is. E biztonsági tényezők nagyságának eldöntése külön tanulmány keretébe tartozik, csak megemlítem, hogy statikus terhelésre repedéssel szemben általában 1,5, töréssel szemben 2,5 ezek értéke.

A repedést okozó nyomaték megállapítása viszonylag egyszerű, mert az első repedésig az egész előrefeszített gerenda, mint homogén anyagú tartó dolgozik, tehát a beton hajlításból származó húzószilárdságát valamilyen módon felvéve a repedést okozó nyomaték és ebből a tényleges biztonság is számítható.

Sokkal kevésbbé megfogható a törőnyomaték számítása, mivel a feszültségmegoszlás a törés pillanatában bizonytalan és így csak feltevésekre vagyunk utalva. A törőnyomaték számításának egyik módszere az, amely a törőnyomatékot annak feltételezésével állapítja meg, hogy töréskor a vas is és a beton is tönkre megy. A nyomott betonban a feszültségmegoszlás egyenletesnek és a kockaszilárdság kétharmadával egyenlőnek van felvéve. A semleges tengely helyét próbálgatással kell megállapítani. Ennek változtatásával a nyomóerő és a húzóerő is változik. A nyomott betonszéltől való x távolság helyes értékét akkor kapjuk, ha a vas feszültség-nyúlás diagrammjából leolvasott σ értékekből számított húzóerő az előbbiek szerint megadott nyomóerővel egyenlő nagyságú. A nyomatékból keletkező fajlagos nyúlások (ε) ábrája egyenes szerint változónak van feltételezve és a szélső húzott vasszál magasságában ε szakadó értékből indul ki. Az előadásban szereplő előrefeszített gerendák tervezésekor ezzel a módszerrel számítottuk a törőnyomaték értékét, amely 550 kg/cm² kockaszilárdság feltételezésével és az ∅ 5 mm-es vasbetét húzódiagrammjának felhasználásával 1,18 tm értékűre adódott. A tényleges törőnyomaték átlagosan 1,05 tm volt, így a két érték elég jól megegyezett, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a kockaszilárdság csak egy esetben érte el az 550 kg/cm²-t, általában kisebb volt. Csak a számokat nézve a helyzet megnyugtató lenne attól eltekintve, hogy a számítás adta a nagyobb értéket, de az a feltételezés, hogy a vas szakad egy esetben sem következett be.

Arra a számító eljárásra kellett tehát áttérnünk, amely a beton törését veszi alapul a törőnyomaték meghatározásánál. Az ezzel kapcsolatban végzett számítások a I. jelű betonhasáb nyomódiagrammjára támaszkodnak, tehát a legnagyobb betonfeszültségnek a 438 kg/cm²-es hasábszilárdságot véve, tekintve, hogy ez a nyomódiagramm majdnem teljes egészében (425 kg/cm² feszültségig) rendelkezésre állott. Ennek a számításnak az elve az előbbiéhez hasonló, az ε ábra itt is lineáris, csak itt a beton törési fajlagos megrövidülését tartjuk szem előtt, amely érték a nyomott betonszélen keletkezik. Az ε törő = 1,64‰-es megrövidülés az előrefeszítésből keletkező 0,25‰-es és a törőnyomatékból származó 1,39‰-es megrövidülésből tevődik össze. Az ily módon számított törőnyomaték értéke 0,9 tm, ami szintén eléggé egyezik a mért értékekkel.

Természetesen ezzel az eredménnyel a kérdés nincs teljesen tisztázva. Abban is kételkedni lehetne, hogy miért éppen a 438 kg/cm²-es hasábszilárd-

sággal vagy miért éppen annak a hasábnak a szilárdságával számoltunk, amelynél a keresztmetszet oldalhosszának és a magasságnak viszonya 1 : 5. Akkor sem lenne megoldva a kérdés, ha ezek a feltevések helyesek lennének és ha pontos eredmény adódott volna is, mert ezek csak derékszögű négyszögkeresztmetszet esetére vonatkoznának, hiszen más gerendakeresztmetszet esetén a helyzet ismét megváltozott volna.

Az előrefeszített gerenda törőnyomatékának betonnyomódiagramm és vas-húzódiagramm alapján való számítása eddig Hoyer-rendszerű tartóknál megbízhatónak bizonyult. A számított érték a tényleges törőnyomatékkan jól egyezett a Betontechnikai Intézet által készített és laboratóriumunkban hajlított előrefeszített födémgerendáknál is, ahol a számítás szintén 10—15%-kal alacsonyabb értéket adott a tényleges törőnyomatéknál.

A tudományos kutatásnak ezzel a kérdéssel kapcsolatban két fontos feladata van: az egyik, hogy lehetőleg egyszerű és jól alkalmazható »használati utasítást« tudjon adni a tervezés számára (hiszen pl. Roš a törőnyomaték számítására egyszerű képletet ad), a másik feladat, hogy a kivitelezés ellenőrzése egyszerű módon végrehajtható legyen

A két feladat egymáshoz kapcsolódik, hiszen a beton egyes tulajdonságai közti összefüggések felderítésével pl. a kockaszilárdságból ismert lehet az előzőkben sokat emlegetett nyomódiagramm. Ez tehát segíti a tervezést, ugyanakkor ellenőrzi a kivitelezést. Ez a beton inhomogén voltának ismeretében sem utópia, hiszen ilyesfajta német előírások már vannak is, betonelőgyártó üzemeink pedig jelentős eredményeket értek el az általuk készített betonok jó és egyenletes minőségek biztosítása érdekében.

WEISS GYÖRGY

Schwertner kartárs értékes előadása az előrefeszített vasbeton szerkezetek három főproblémáját tárgyalja: 1. az acélhuzalok minőségének kérdését. 2. a minőségi beton kérdését a hazai cementek viszonyában, 3. a huzalok és beton közti felületi kötés kérdését.

Mindhárom vonatkozásban értékes kísérleti eredményeket közöl.

Hozzászólásomban egyrészt fel szeretném hívni előadó figyelmét néhány olyan kérdésre, mely a témával kapcsolatban az előfeszítő iparunkat erősen érdekli, másrészt az előadás anyagával kapcsolatban laboratóriumi vizsgálatainkat és gyakorlati tapasztalatainkat kívánom néhány szóval ismertetni.

A patentirozott huzalokra vonatkozóan előadó közli, hogy a vizsgált huzalok szakításkor észlelt nyúlása 5—7,5% volt és a szakadás jól kifejlett kontrakció mellett következett be. Ezek az adatok jól egyeznek a kb. 1 éve legyártott huzalokra vonatkozó ismereteimmel. Ezzel szemben az újabb gyártmányokon gyakran észleltünk 5% alatti nyúlásokat és a mű szóbeli felvilágosítása szerint a jövő évi gyártásnál az 5 mm ∅ huzalok szakítási nyúlása csak 4% lesz. Ez a körülmény véleményem szerint az előfeszítő ipar kifejlődése szempontjából hátrányos. Hátrányos az is, hogy az üzemi feszítéseknél gyakran találkoztunk kontrakció nélküli szakadással is. Ezen kontrakció nélkül szakadó huzalok kisebb nyúlást mutattak fel, minek folytán az együttes megfeszítésénél nagyobb feszültséget kaptak, mint a többi huzal és így gyakran elszakadtak.

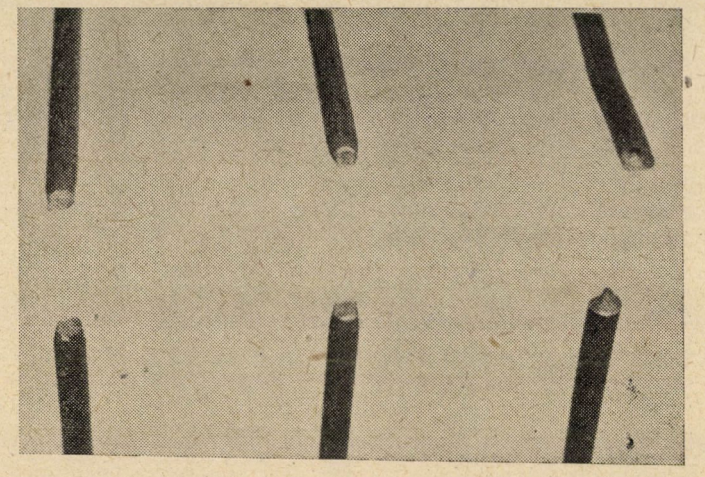
A szakítógépen végzett vizsgálatoknál is találkoztunk ilyen rideg törésekkel. Jellemző ezen törésekre, hogy egyik oldalukon hegyes csúcs van, a másikon mély kráter.

Ha azonban a szabályosan-szakadó kontrahált huzalokat figyeljük, ezeken is mindig megtaláljuk többé-kevésbbé kifejlődve az egyik törési felület domború alakját a vele szemben lévő felület homorú kiképződését.

Valószínűnek tartom, hogy ez az alak annak a következménye, hogy a huzal gyártásánál az az összes kaliberen azonos irányban fut át.

Érdekes volna ezt a jelenséget rendszeresen kikutatni, mert talán egyszerű eszközökkel lehetne a gyártás megváltoztatásával a minőséget javítani.

Schwertner kartársunk vizsgálataiból kitűnik, hogy az acelhuzalok előterhelése fokozza azok rugalmas viselkedését. Ezzel kapcsolatban a gyakorlat szempontjából fontos volna megállapítani azt, hogy az előterhelésnek több



1. ábra

huzal együttes megfogása esetén mily mértékű feszültség kiegyenlítő hatása van. Az együttes huzalmegfogásnak ugyanis, mely a gazdaságos előfeszítésnek alapfeltétele, legfőbb akadálya az, hogy a megfogott huzalok azonos feszültsége nem biztosítható kellő, 5 % körüli pontossággal.

A betonokra vonatkozóan teljes mértékig osztom előadó álláspontját, mely szerint a forgalomban lévő cementek nem teljesítik maradéktalanul az előfeszített gyártás követelményeit, bár a tatai heterogén cement jó hőszilárdíthatósága arra enged következtetni, hogy ezen cement alkatrészeiből helyes és gondos gyártással kifogástalan hőszilárdítható cementet lehetne előállítani.

Az alit cement szilárdulása a mi tapasztalataink szerint is sokkal gyorsabb, mint a heterogén cementeké, sajnos azonban nem elég gyors ahhoz, hogy hőszilárdítás nélkül lehetne előfeszítés céljaira használni. Szériagyártásnál ugyanis a 24 órás szilárdság fontos.

Véleményem szerint az előfeszített előgyártás érdekében az aluminát cementeket kellene újból nálunk előállítani. Ide vonatkozólag kitűnő szovjet tapasztalatok állanak rendelkezésünkre éppen előfeszített gyártással kapcsolatban.

A beton rugalmassági modulusával kapcsolatban megemlítem laboratóriumunkban végzett vizsgálatainkat, melyek szerint hőszilárdítás közben

a beton rugalmassági modulusa az elért kockaszilárdság függvényeiben egy alulról domború hiperbola szerint változik.

Ez a körülmény a gyártás szempontjából nagyon fontos, mert emiatt a szilárduló beton a hőtágulása következtében a közbülső állapotokban nem kap túl nagy előzetes nyomóerőket.

Nagyon érdekesnek találom végül az előadónak a huzal megcsúszásokra vonatkozó vizsgálatait és sleretném remélni, hogy ezeket a vizsgálatokat folytatni fogja. Ugyanis ha kzderülne, hogy az 5 mm-es huzalok hullámosítása bizonyos terhelési esetekben fölösleges, úgy ez az előgyártó ipart egy nehézkes és körülményes munkafolyamaittól menthetné fel, legalábbis olyan szerkezeteknél, ahol a teherátadásokra a megfelelő hossz rendelkezésre áll.

Kérem Schwertner kartársat, hogy az előfeszítő ipar számára nagy fontosságú kutatásait folytassa és a vonatkozó tapasztalatcserét minél gyakrabban tegye lehetővé.

ÚJRENDSZERŰ UTÓFESZÍTETT VASBETONHIDAK

GNÄDIG BÉLA

Az előadásom célja egy *új feszítési rendszer* ismertetése, mely rendszer úgy alapelveiben, mint kivitelezésében eltér az eddig ismert rendszerektől. Elvileg a mély- és magasépítés számos szerkezeténél allkalmazható, de gyakorlatilag eddig még csak vasbeton hidaknál került alkalmazásra. Ezért az előadás címének megfelelően csak a vasbetonhidaknál való alkalmazását fogom ismertetni. Pontosabban azt mondhatom, hogy kéttámaszú, feszített vasbeton gerendahidakról lesz szó.

Az ismertetendő rendszer az ú. n. szabadkábeles feszítési rendszerek csoportjába tartozik. Ezt a feszítési rendszert a feszített betonszerkezeteket tárgyaló szakkönyvek megemlítik ugyan, de alig tárgyalják ; sőt egyesek arra való hivatkozással nem tárgyalják, hogy a szabadkábeles feszítési rendszer szerkezetei tulajdonképpen nem is tekinthetők feszített betonszerkezeteknek, hanem inkább feszítőműveknek. Véleményem szerint ez utóbbi felfogás nem helyes. Az elmondottak miatt, továbbá azért, hogy az ismertetendő új rendszer viszonyát az egyéb feszítési rendszerekhez képest kellően megvilágíthassam, szükségesnek tartom a feszített szerkezetekkel és rendszerekkel kapcsolatos fogalmak tisztázását, illetve felfogásom szerinti rövid ismertetését.

Feszített szerkezeteknél még a szerkezetekre ható terhelések fellépte előtt, a szerkezet két részének kölcsönhatása segítségével a szerkezetben oly belső feszültségi állapotot hozunk létre, amely a terhelések fellépte után keletkező feszültségi állapotot kedvezően befolyásolja. E meghatározás szerint tehát egy egyszerű boltozat, a súlytámfal, a gyárkémény, stb. nem tekinthető feszített szerkezetnek, mert a feszültségi állapot kedvező befolyásolása nem a szerkezet két részének kölcsönhatása segítségével történt, hanem a szerkezet önsúlya segítségével. Vannak feszített beton, vas, fa, stb. szerkezetek.

Feszített beton szerkezeteknél az előzetesen létrehozott betonfeszültségek általában nyomó feszültségek, amelyek a szerkezet két részének, a betonnak és acélhuzaloknak (vagy rudaknak) kölcsönhatása segítségével keletkeznek. A kölcsönhatásnál az egyik az aktív, a másik a passzív elem.

A ma még ritkán alkalmazott duzzadó cementtel készített feszített betonnál a beton az aktív elem, a vas a passzív elem. A gyakorlatban elterjedt feszítési rendszereknél a meghúzott acélhuzalok (vagy rudak) segítségével történik

a feszítés és ez esetben az acélhuzalok képezik az aktív elemet, míg a beton a passzív elem. Ez utóbbi esetben a feszítés két egymástól különböző módon történhet.

1. Az *előrefeszített* betonszerkezeteknél az acélhuzalok meghúzása a beton megszilárdulása előtt történik.

2. Az *utófeszített* betonszerkezeteknél az acélhuzalok (vagy rudak) meghúzása a beton megszilárdulása után történik.

Az elterjedtebb utófeszítési rendszereknél (Freyssinet, Magnel) az acélkábelek a tartó belsejében vannak és a beton megszilárdulása után történő kábelmeghúzás azáltal válik lehetségessé, hogy a kábeleket vasbádogból készített kábelhüvely veszi körül.

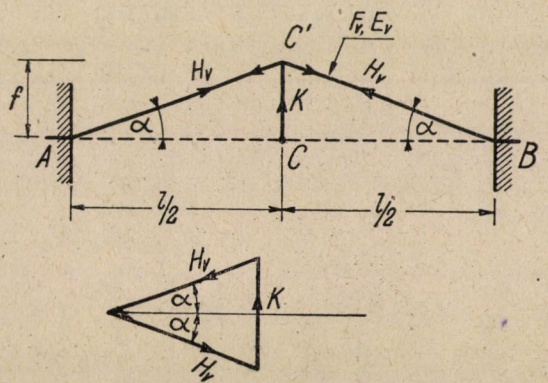
A szabadkábeles utófeszített rendszereknél a kábelek nem a tartó belsejében, hanem a tartón kívül nyernek elhelyezést. E rendszer egyik előnye az, hogy a kábelhüvely és annak utólagos kiinjektálása elmarad, továbbá a tartó szélessége is csökkenthető. A szabadkábeles megoldás csak ott alkalmazható, ahol a tartók mellett megfelelő, az időjárástól kellően védett hely áll rendelkezésre és ahol a megoldás szépészeti szempontokból sem kifogásolható. Vasbeton gerendahidaknál az említett feltételek általában megvannak és így ezeknél a szabadkábeles utófeszítési rendszer nehézség nélkül alkalmazható.

Utófeszített szerkezeteknél a kábelek feszítése eddig általában a kábelvégeken alkalmazott hosszirányú erő müködtetésével szokott történni. Kivételesen más megoldások is előfordulnak. Billner a kábelek meghúzását az elektromos áram hőhatásán alapuló módszerrel éri el. Finsterwalder ideiglenes csuklók beiktatásával a híd önsúlyát használta fel a vonórudak megfeszítésére. Nálunk a KB 150—130 jelű ∅ 5 mm méretű, kb. 15 000 kg/cm² szakítószilárdságú, patentírozott acélhuzal áll rendelkezésre. Az ilyen méretű vékony huzalok megfogása, feszítése és feszített állapotban való rögzítése nehéz feladat és ehhez eddig különleges feszítő- és lehorgonyzó szerkezetek alkalmazása volt szükséges. A legelterjedtebbek a Freyssinet francia, illetve Magnel belga mérnök lehorgonyzó szerkezetei.

Szabadkábeles utófeszítési rendszer esetén és sajnos csak ennél a rendszernél alkalmazható egy új feszítési eljárás, melynek ismertetése előadásom tárgyát képezi. A feszítési rendszer az előadó és Thoma mérnök közös újítása.

Az új feszítési eljárásnál az acélhuzalok feszítése nem végeiken alkalmazott hosszirányú erő alkalmazásával, hanem hosszfelezőjük helyén alkalmazott keresztirányú erő alkalmazásával történik. Megfigyelhetjük, hogy vasbetonépítkezéseknél a karikában kiszállított lágyvashuzalt a vasszerelők milyen egyszerű eljárással egyenesítik ki. A legöngyölített huzal két végét 1—1 fához rögzítik és a kábelhossz közepe táján alkalmazott aránylag kis nagyságú vízszintes erő segítségével sokkal könnyebben tudják a huzalt kiegyenesíteni, mintha hosszirányban próbálnák meghuzatni. Ennek az egyszerű eljárásnak a módszeres alkalmazásával új feszítési eljáráshoz jutunk.

Képzeljük el, hogy a teljesen egyenes, vízszintes és feszültségmentes kábelt két végén kellő hosszban bebetonozzuk és ily módon végein rögzítjük. (*1. ábra*) Az *A* és *B* pontok közötti szabad kábel hosszát *l*-el jelölöm. A kábelt az *AB* vonal hosszfelezőjében lévő *C* pontban *K* nagyságú, a kábel tengelyére merőleges vízszintes erővel terheljük. A terhelés hatására a *C* pont *C'* helyzetbe kerül és közben *f* elmozdulást végez. A kábel tengelyvonala pedig α szöggel elfordul. Az *AC'* hossz nagyobb lévén az *AC* hossznál, nyilvánvaló, hogy feszített állapotban az eredetileg feszültségmentes kábelben húzófeszültségek kelet-



1. ábra. Feszített kábel erőjátéka

keznek. A kábelerőt H_v-vel, a kábel keresztmetszetét F_v-vel, az acél rugalmassági modulusát E_v-vel, az acélhuzalban keletkező feszültséget pedig σ_v-vel jelölöm. Egyszerű szilárdságtani, illetve sztatikai összefüggésekből levezethetők a következő közelítő képletek, a másodrendű kicsiny mennyiségek elhanyagolásával.

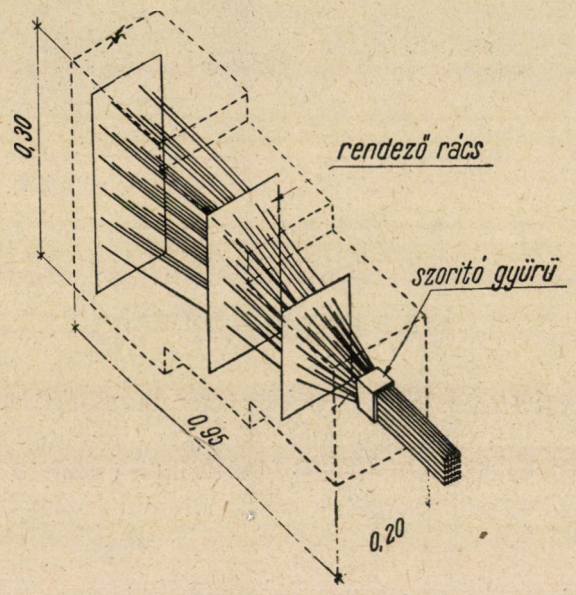
$$\sigma_v = E_v \operatorname{tg}^2 \alpha/2$$
$$H_v = F_v E_v \operatorname{tg}^2\alpha/2 = 2 F_v E_v f^2/l^2$$
$$K = F_v E_v \operatorname{tg}^3\alpha = 8 F_v E_v f^3/l^3$$
$$K/H_v = 2 \operatorname{tg} \alpha = 4 f/l$$

Tehát a H_v kábelerő az f érték négyzetével, míg a feszítéshez szükséges K erő az f érték köbével arányos.

$E_v = 1\,600\,000$ kg/cm², $\sigma_v = 10\,000$ kg/cm² esetén a felírt képletekből $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}112$; $\alpha = 6{,}4°$ és $K = 0{,}224\, H_v$ érték adódik, tehát az alkalmazandó keresztirányú erő a kábelerőnek csak mintegy 22%-át teszi ki.

Már eddig is számos feszítési rendszer ismeretes, különösen hídszerkezetek készítésénél. Minden új rendszernek, tehát ennek az új rendszernek is csak úgy van létjogosultsága, ha az ismert rendszerekhez képest előnyei vannak. Kérdés, hogy a vázolt feszítési rendszer alkalmazása jelent-e valami előnyt.

Kisnyílású hídaknál — nálunk egyelőre kb. 15 m nyílásig — az előfeszített hídak látszanak gazdaságosnak, mert ezek előregyárthatók és ezáltal ha szállítási többletköltségek árán is, de az állványozás és a zsaluzás nagy része megtakarítható. Ezért kb. 15 m nyílásig nem az ismertetett új rendszer, hanem a Hoyer-rendszerű hidak látszanak gazdaságosnak. 15 m. nyíláson felül azonban a gyárilag készített gerendák szállítása nehézkes és véleményem szerint nem gazdaságos. Az előrefeszített szerkezetek a helyszínen pedig egyelőre nem készíthetők. Itt jönnek szóba és szerintem gazdaságosak is a helyszínen készíthető utófeszített betonhidak. Ezeknél azonban az elvileg gazdaságos megoldást eddig kérdésessé tették a feszítés műveletének és berendezéseinek

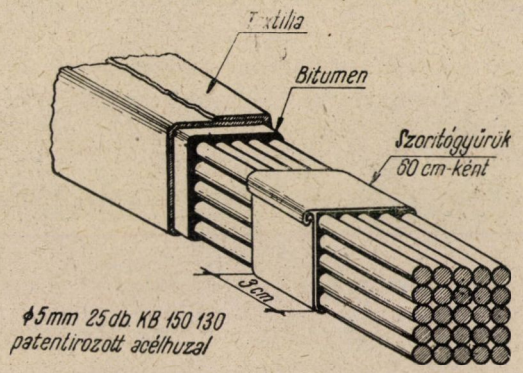


2. ábra. B-jelű híd kábelbekötő blokkja

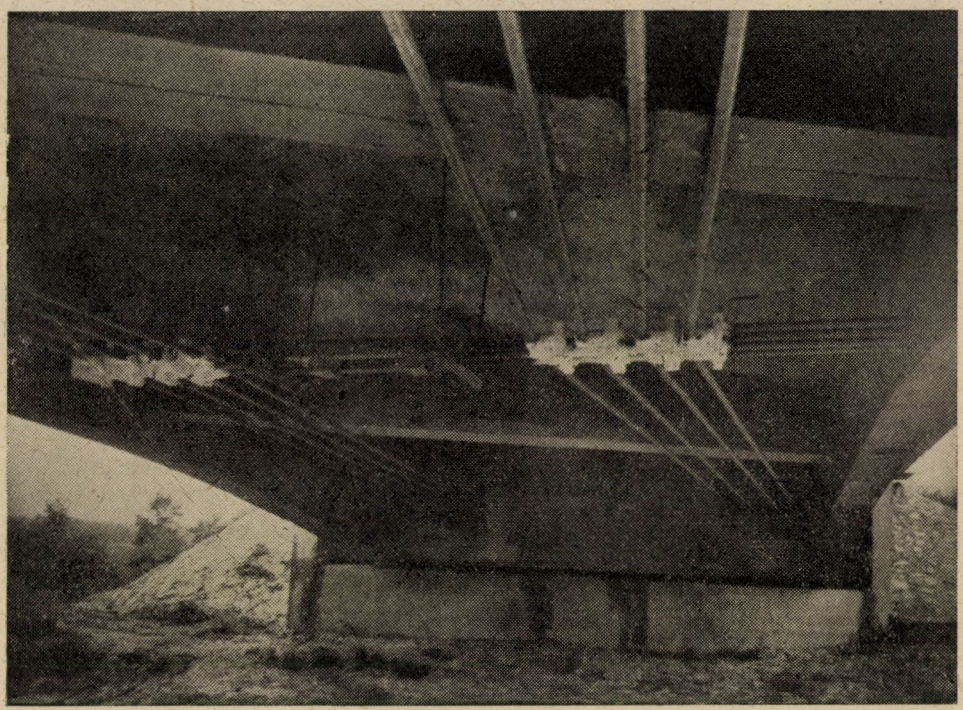
bonyolultsága és költségessége. Ugyanis a 15 m-en felüli nyílásoknál az alkalmazandó kábelerő többszáz tonnát tesz ki és igen nagy számú ∅5 mm-es patentírozott acélhuzalra van szükség az ily nagyságrendű erők felvételére. Nagyszámú feszített huzal rögzítése sok gyakorlati nehézséggel jár. Egészen más a helyzet, ha a kábelvégeket feszítetlen állapotban lehet rögzíteni. Ez esetben hullámosított, vagy recézett huzalvégek bebetonozásával, különleges lehorgonyzó szerkezetek nélkül lehet a rögzítést elvégezni.

Az alkalmazott új rendszernél az egymás mellé helyezett ∅5 mm-es patentírozott huzalokból (pld. $5 \times 5 = 25$ drb-ból) gyárilag rendezőlemezkék és helyenként alkalmazott szorítógyűrűk alkalmazásával, négyszög keresztmetszetű kábelt állítunk elő. A kellő hosszúságra levágott kábel végeit ugyancsak gyárilag előállított fogazott beton bekötő blokkal látjuk el. (*2. ábra.*)

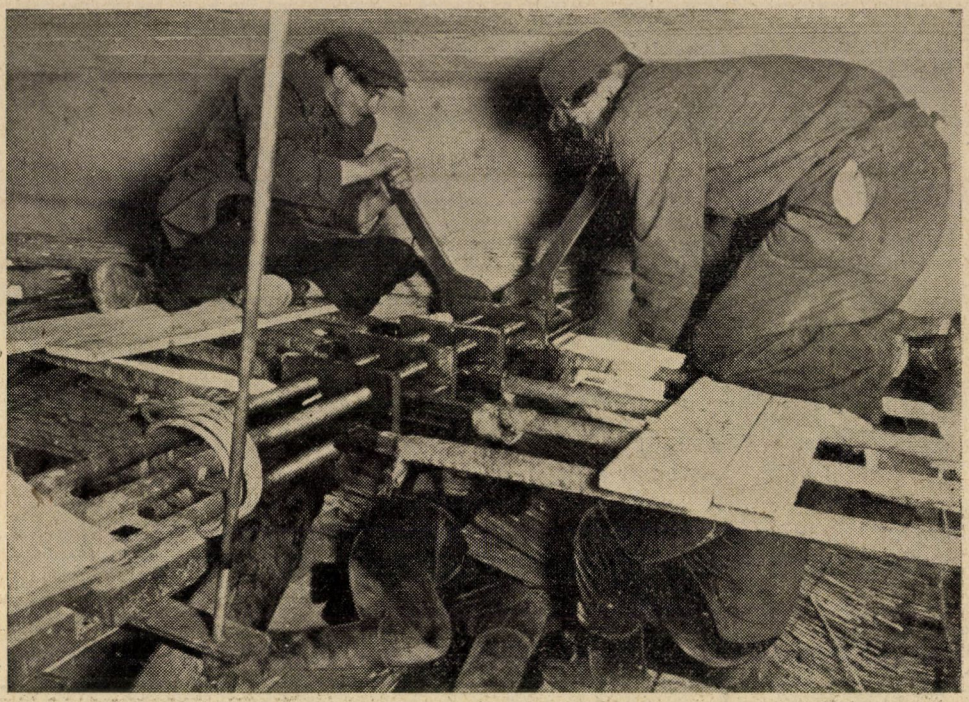
A bekötő blokkok súlya nem haladja meg a 100 kg-ot, tehát azok kézi erővel is mozgathatók. Az atmoszferiliák hatása ellen a huzalokat úgy védjük, hogy előbb egyenként híg bitumenes fürdőbe tesszük, majd az egész kábelt bitumenes kenéssel és textíliából készített védőburkolattal látjuk el. (3. *ábra.*) A kész kábelt így elkészítve, illetve előkészítve szállítjuk a két végén lévő betonblok-



3. ábra. *B*-jelű híd feszítőkábele



4. ábra. A kábelek és vonószerkezet elhelyezése a híd alatt



5. ábra. A kézierővel történő feszítés

kal együtt a helyszínre. A megfelelő számú kábelt a híd alatt, kétfőtartós hidaknál a főtartók belső oldalánál helyezzük el. (4. *ábra.*) A híd betonozása alkalmával a kábelvégeken lévő betonblokkokat is bebetonozzuk, egyébként azonban a híd ugyanúgy készül el, mint egy egyszerű vasbeton híd. A beton kellő megszilárdulása után sor kerül a kábelek megfeszítésére. Ez olymódon történik, hogy a kábelhosszak közepe táján elhelyezett keresztirányú, csavarmenettel és csavaranyákkal ellátott vonórudak segítségével a kábeleket párosával egymáshoz képest összehúzzuk. A feszítéshez lehet ugyan hidraulikus sajtót is alkalmazni, de legegyszerűbben úgy történhet, hogy a csavaranyákat kézi erővel, természetesen megfelelő nagyságú csavarkulcsok felhasználásával meghúzzuk. (5. *ábra.*)

Az ismertetett új rendszer előnyei ezek szerint a következők:

1. Különleges lehorgonyzó és feszítő szerkezet nem szükséges. Elmarad a kábelhüvely is.

2. A feszítés hidraulikus sajtó nélkül is elvégezhető, mert elegendő a kábelerő mintegy $^1/_5$-részét kitevő keresztirányú feszítőerő alkalmazása.

3. A feszítési veszteségek (zsugorodás, beton és vas kúszás) utánfeszítéssel csökkenthetők, mert a csavaranyák bármikor utáncsavarhatók.

4. A kábelekben lévő feszítőerő a feszítés alatt is és utólag is bármikor könnyen ellenőrizhető egy, a keresztirányú vonórúdba szerelt mérőkeretbe helyezett feszmérővel. (6. *ábra.*)

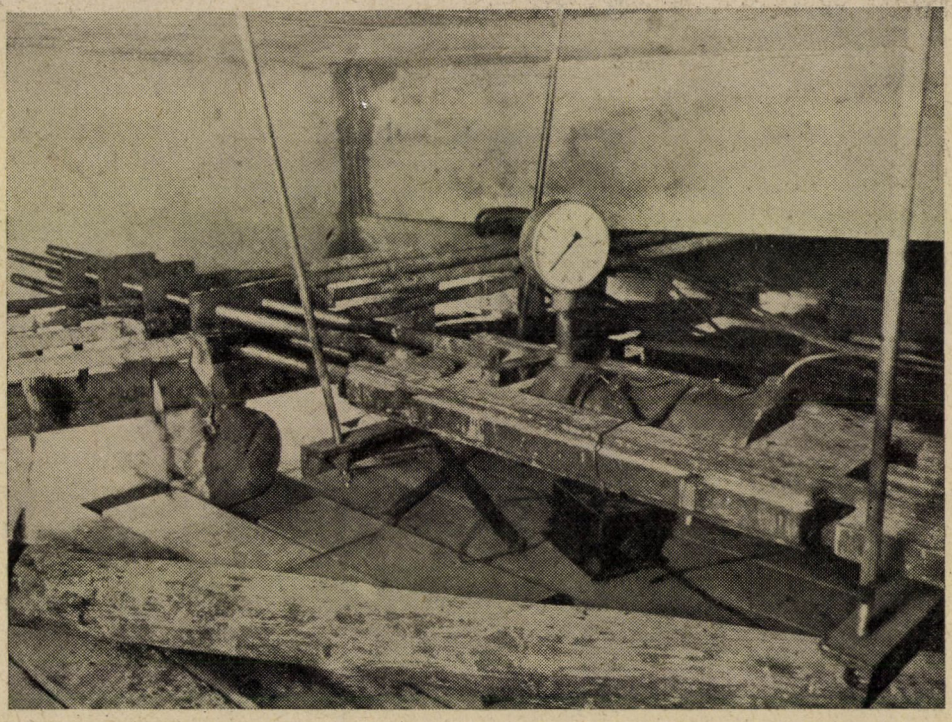
5. A kivitelezés minden részlete egyszerű. A fővasbetétek nagy részét normál beton vas helyett nagyszilárdságú acélkábelek helyettesítik, tehát lényeges vasmegtakarítás érhető el. Ezért gazdaságos.

6. Ferde hidaknál is minden nehézség nélkül alkalmazható.

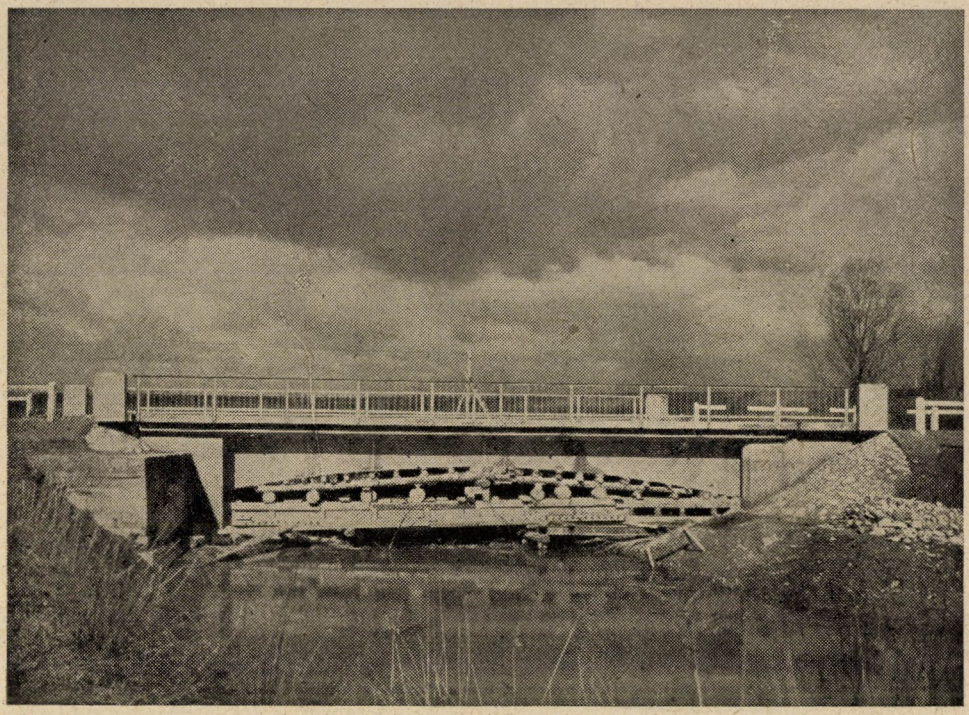
Az ismertetett új feszítési rendszer alapján eddig 4 drb kétfőtartós kéttámaszú vasbeton közúti gerendahídat terveztünk 15,60 m és 21,20 m közötti támaszközökkel. Az összes terveket a Mélyépítési Tervező Vállalat (MÉLYÉPTERV) mérnökei készítették. A 4 híd közül a *B-jelű* híd 1950-ben elkészült, az *S-jelű* híd jelenleg van kivitelezés alatt, míg másik két híd még csak tervezés alatt van, a kivitelezésük még nem kezdődött el.

A 2—11. ábrák a *B-jelű híd* tervét és részleteit ábrázolják. Ez a híd tulajdonképpen egy kísérleti hídnak tekinthető, mert még nem használtuk ki teljes mértékben azokat az előnyöket, amelyeket az új feszítési rendszer nyujt.

A *B-jelű* híd főbb adatai a következők: A támaszköz 15,60 m. A kocsipálya és gyalogjárók együttes szélessége 6,50 m + 2 × 0,75 m = 8,00 m.



6. ábra. Keresztirányú vonószerkezet és erőmérőkeret



7. ábra. B-jelű híd kiállványozása előtt

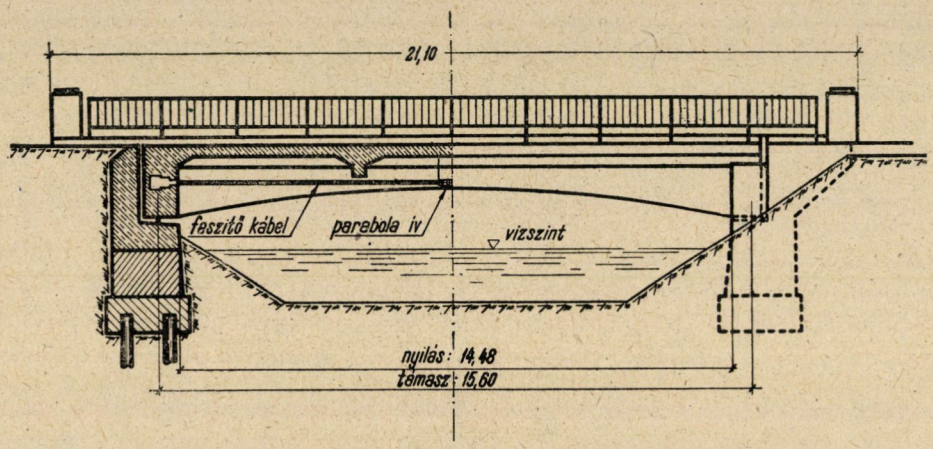
A főtartók magassága a nyílás közepén 1,10 m, a támaszoknál 1,88 m, az alsó él parabolikus. A főtartók szélessége 0,35 m. A főtartómagasság és támaszköz aránya 1/14. Két végső és két közbenső kereszttartó van, az utóbbiak 0,35 m szélesek. A vasbeton pályalemez 22 cm vastag, felette 5 cm-es aszfaltburkolattal. A híd ferde, az út és a pataktengely közötti szög 53°. Betonalépítmény részben a felrobbantott híd megmaradt alapjaira, részben új vasbeton cölöpökre épült. Az egyik hídfőn fix, a másikon gördülő, öntöttacélból készült sarúkat alkalmaztunk. A felszerkezet betonja 350 kg/m³ portlandcement adagolással készült és az előírt 28 napos kockaszilárdság 480 kg/cm² volt. A főtartókra ható legnagyobb nyomaték 30%-át a főtartókban elhelyezett feszítetlen vasbetétekkel, míg a fennmaradó 70%-ot a feszített szabadkábelek segítségével vettük fel. Mindkét főtartó mellett 4—4 drb acélkábelt alkalmaztunk, melyek mindegyike $5 \times 5 = 25$ drb ∅ 5 mm-es, kb. 15 000 kg/cm² szakítószilárdságú acélhuzalokból állott. Az acélkábeleket a végeiken elhelyezett betonblokkokkal együtt gyárüzemben állítottuk elő és onnan szállítottuk a helyszínre. A keresztirányú vonószerkezet 4 drb ∅ 36 mm-es acélrúdból áll, megfelelő csavaranyákkal, erőmérőkerettel, stb. ellátva. A feszítés során az acélkábelekben 8 500 kg/cm² feszültséget idéztünk elő és a statikai számításban 1500 kg/cm² feszültség-

veszteségeket vettünk számításba, a betonzsugorodásra és a beton és vas lassú alakváltozására való figyelemmel. A feszítés alkalmával végzett mérésekből $E_v = 1\,600\,000$ kg/cm² érték adódott és ennek megfelelően a 8 500 kg/cm² feszültség eléréséhez a kábelközepeket 75 cm mérettel kellett eredeti helyzetükhoz képest elmozdítanunk. A feszítés megtörténte után kb. 2 hónappal megtartottuk a híd próbaterhelését, melynél a számított 1,6 mm-es legnagyobb lehajlás helyett 1,7 mm lehajlást mértünk. A próbaterhelés alkalmával a keresztirányú erő nagyságát ismét megmértük és ennek alapján kb. 7 000 kg/cm² kábelfeszültség volt számítható, vagyis a feszítés megtörténte után eltelt 2 hónap alatt, illetve a beton zsugorodására nézve a betonozástól számított 3 hónap alatt 1500 kg/cm² feszültségveszteség keletkezett. Ez utóbbi érték egyezett a számításban feltételezett értékkel. Minden esetre esetleges további feszültségcsökkenés esetén a csavaranyák további meghúzásával a kábelfeszültségeket ismét könnyen lehetne növelni. A felszerkezethez felhasznált főbb anyagok mennyiségei a híd hasznos területére vonatkoztatva: 0,43 m³ beton, 23 kg rendes beton vas, 3,6 kg acélkábel, 1,6 m² zsaluzás.

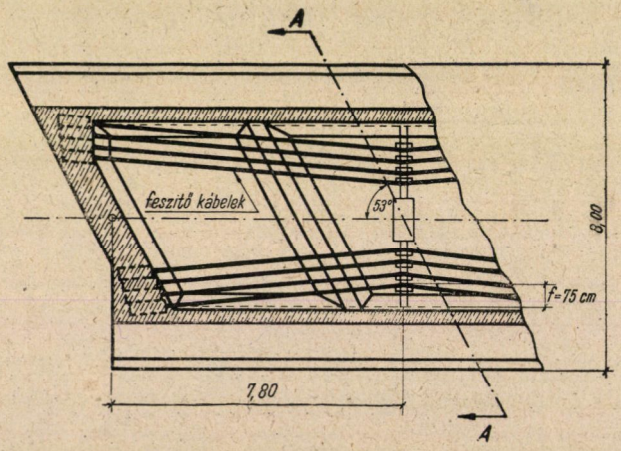
Az *S-jelű* híd már nem kísérleti híd. (12—14. *ábrák.*) Szintén ferde híd 16,80 m támaszközzel. A híd teljes szélessége $6{,}50 + 2 \times 1{,}25 = 9{,}00$ m. A főtartók végig 1,20 m magasak. A *B-jelű* hídhoz képest itt az acélkábelek igény-

8. ábra. *B*-jelű híd kiállványozás után

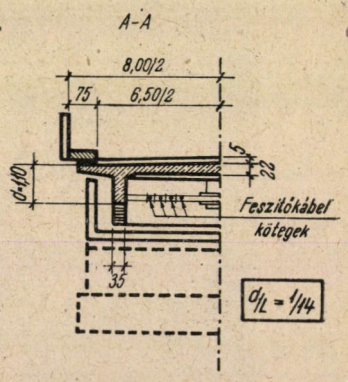
bevételét már jobban kihasználtuk, elhagytuk az erőmérőkeretet is. A leglényegesebb különbség azonban az, hogy a főtartó állandó magasságú lévén, a feszítőkábeleket a függőleges síkban megtörve vezetjük, oly módon, hogy a töréspont kereszttartók helyén van. Ugyanis a feszítésből származó nyomatéki ábrának nagyjából követni kell a terhelésekből származó nyomatéki ábrát, már csak azért is, hogy a főtartó végén keletkező negatív nyomatékokat elkerül-



9. ábra. *B*-jelű híd hosszmetszete és oldalnézete



10. ábra. *B*-jelű híd alaprajza

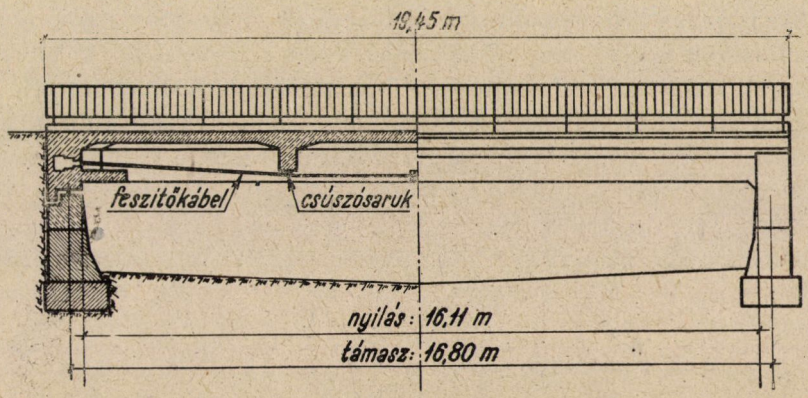


11. ábra. *B*-jelű híd keresztmetszete

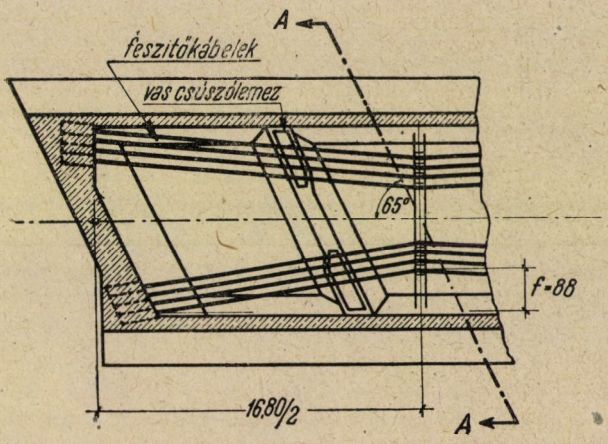
jük. A *B-jelű* hídnál a szükséges mérések elvégzéséhez olyan vízszintes kábelre volt szükségünk, amely nem érintkezik a kereszttartókkal, ezért a főtartót képeztük ki parabolikus alsó éllel. Az *S-jelű* hídnál már megengedhettük azt, hogy a kábelek csúszólemezek közvetítésével érintkezzenek a kereszttartókkal.

Az érintkezésből származó erőhatást természetesen a statikai számításnál figyelembe vettük. Az említett erőhatás a főtartó erőjátékát kedvezően befolyásolja. Ez a híd jelenleg kivitelezés alatt van.

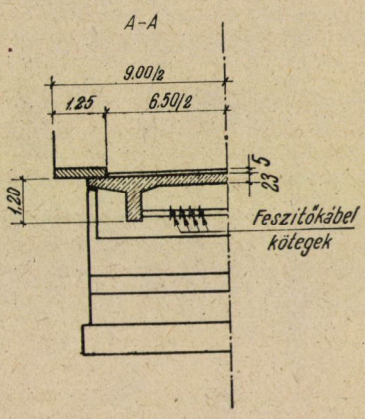
Amint említettem, az ismertetett rendszer alapján még két hidat terveztünk. Ezek közül az egyik 21,20 m fesztávolságú. Ezek a hídak még nem kerültek kivitelezésre.



12. ábra. S-jelű híd hosszmetszete és oldalnézete



13. ábra. S-jelű híd alaprajza



14. ábra. S-jelű híd keresztmetszete

A *B-jelű* híd 1950. év végén történt kivitelezése után, 1951. áprilisában a Travaux c. francia folyóirat egy olyan feszítési eljárásról számolt be, amely lényegileg hasonlít az ismertetett eljáráshoz. Egy 29 m fesztávolságú gyalogjáró híd kivitelezésénél alkalmazták. Véleményem szerint úgy a lehorgonyzás, mint a feszítés és feszítőberendezés nehézkesebb, mint az előzőkben ismertetett berendezés, illetve eljárás.

Előadásom befejezése előtt, szívesen emlékezem meg azokról, akik az újítás kidolgozásában, megvalósításában és kivitelezésében segítségemre voltak. Az újítást magát Thoma József mérnökkel együtt dolgoztam ki. A *B*- és *S-jelű* hidak tervezését MÉLYÉPTERV mérnökök és technikusok végezték, a mi irányításunk mellett. A KM Hídosztálya az újítási gondolat felmerülése óta buzdításaival és tanácsaival támogatta munkánkat, továbbá lehetővé tette az újítás gyakorlati megvalósítását. Itt elsősorban Dr. Széchy Károlynak, a Hídosztály volt vezetőjének tartozunk köszönettel. A részletes kidolgozásnál, a műtárgyak kivitelezésénél, valamint ellenőrzésénél a KM Hídosztály részéről Dr. Haviár Győző volt nagy segítségünkre. A kivitelezési munkát a Hídépítő Vállalat mérnökei, technikusai és munkásai végezték. A feszítő kábeleket a Közúti Hídfenntartási Vállalat dolgozói készítették, Korda István mérnök irányításával és Csölle Endre mérnök közreműködésével. Lehetetlen névszerint felsorolnom az újítás megvalósításában tevékenyen résztvett összes dolgozókat, azonban mindegyiküknek ezen helyről mondva köszönetet fejezem be előadásomat.

HOZZÁSZÓLÁSOK

HAVIÁR GYŐZŐ

A feszített vasbetonszerkezetek sokféle kialakult rendszerénél a kivitelezéshez általában bonyolult és költséges berendezésekre van szükség, még kisebb támaszközű hídszerkezeteknél is. E különleges berendezésen felül a huzalok megfeszítése, lehorgonyzása és a feszítés utáni rögzítése nagy körültekintést és gondos munkát igényel. Az acélhuzalok megfeszítéséhez legtöbbször különleges sajtók szükségesek. Ezeknek kényes szerkezete — különösen a dugattyúk tömítése — állandó, gondos kezelést és felügyeletet kíván. Jó hydraulikus sajtónk kevés van és az ujonnan legyártott hydraulikus sajtók sok esetben nem bizonyulnak üzembiztosaknak.

A huzalok rögzítését sok esetben csak a külföldről beszerezhető Freyssinet-féle vasbeton dugókkal, máskor pedig a költséges Magnel-féle ékekkel végzik. Mindezek a körülmények gátlólag hatnak a feszített vasbetonszerkezetek nagyobb mértékű elterjedésére nálunk.

Újabban a feszített vasbetonszerkezetek fejlődésében a kivitelezés egyszerűsítésére való törekvés észlelhető. A huzalok lehorgonyzásánál, a már megfeszített huzalok rögzítésénél és a feszítés végrehajtásánál is a lehetőséghez képest egyszerű berendezést, szerelést és eljárást keresnek.

A Gnädig-Thoma-féle rendszer ennek az egyszerűsítésre való törekvésnek egy sikerült eredménye, amely minimális berendezést igényel.

A rendszer szabad kábelvezetésű, utófeszített vasbetontartók készítésére alkalmas. Az utófeszítést itt vízszintes síkban, vagypedig a térben általános irányban vezetett kábelek segítségével keresztirányban végzik, amivel kicsiny szerkezeti magasságú vasbetontartók készíthetők. Az acélhuzalok lehorgonyzása feszültségmentes állapotban előregyártott vasbetontömbökbe való befogással történik, ami a befogás megbizhatóságát fokozza. A rendszer előnye, hogy a lapos vezetésű, 1 : 5 hajlású kábelek kézi erővel, tehát hydraulikus sajtók mellőzésével egyszerűen legyártható és felszerelhető berendezéssel csavarkulcs útján feszíthetők meg.

Előnye a szerkezetnek, hogy a beton lassú alakváltozásából és zsugorodásából származó feszültségveszteséget utólag bármikor egyszerűen lehet pótolni, tehát azt nem szükséges tartalékként az acélhuzalokba előre beleadni. A feszültséget a vonóvasba a bőnyrétalapi Bakonyérhídnál külön erőmérő berendezéssel mérték. Ehelyett elektromos ellenállási elv alapján mérő feszültségmérőkkel szintén nagyon egyszerűen lehetne megmérni a feszültségeknek a beton alakváltozása okozta csökkenését.

A Gnädig-Thoma-féle szerkezet előnye, hogy régi, közönséges vasbetonszerkezetek megerősítésére is alkalmas. Így most a közeljövőben ezzel a rendszerrel irányoztuk elő a Szolnok vasúti állomás vágányai felett lévő vasbeton ívszerkezet 12 darab kereszttartójának a megerősítését is. A vonóvasak a kereszttartó mindkét oldalán vízszintes síkban nyernek elhelyezést.

A szerkezetnek hátránya, hogy a szabadon vezetett vonóvasak incidentális hatásoknak, valamint a rozsdásodásnak is jobban vannak kitéve. Ez a hátrány csökkenthető, ha az acélhuzalokat megfelő burkolattal látjuk el, vagy ha rabitz-hálóval és erre vont 4—5 cm vastag betonréteggel a vonóvasakat

a főbordák alsó síkja mentén elzárjuk. A vékony zárófal holt súlyának a hátránya elkerülhető, ha a főtartókat szekrényesen képezzük ki és a vonóvasak keresztirányú megfeszítését egy-egy szekrényen belül többszörösen végezzük. Ekkor a vonóvasak zárt térben helyezkednek el. Ilyen rendszerrel épült legújabban Franciaországban a Szajna felett Vaux-nál egy kétfőtartós 15+26+15 m támaszközű közúti vasbetonhíd.* A megfeszítést itt hydraulikus sajtóval végezték, de elvileg csavaros megfeszítéssel kézi erővel is végezhető.

A Gnädig-Thoma-féle rendszernél a vonóvasaknak térben általános irányú vezetésével a negatív nyomatékok elkerülhetők és a nyomatékok állandó terhelés esetében minimálisra csökkenthetők.

Összefoglalva az előadottakat, a Gnädig-Thoma-féle rendszer hazai körülményeink között igen jól alkalmazható és fejleszthető rendszer, amit bizonyára sokszor fogunk a jövőben alkalmazni és amit külföldi szaklapokban is szükséges lenne ismertetni.

KORDA ISTVÁN

Gnädig kartárs előadásához a betonfeszítés ipari szempontjaiból kívánok hozzászólni és mint kivitelező mérnök kívánok hozzá kritikát fűzni.

Hallottuk, hogy a híd feszítését 4—4 db olyan kábellel hajtották végre, melyekben egyenkint 25 szál, 5 mm ∅ méretű és 150 kg/mm² szakító szilárdságú huzal van. Ezek a huzalok a műből tekercsekben érkeznek ; először tehát hengersoron kiegyengették, majd gondosan és pontosan az előírt hosszúságú darabokra szabták és 25 darabonként bilincsekkel szoros kötegekbe fogták, végül a köteget jutabetétes bitumenréteggel szigetelték és kétszeres miniumréteggel bemázolták.

A bemutatott terven látszanak azok a fogazott bekötő betonblokkok, melyekben a huzalkötegek végeinek lehorgonyzása történik. Ezeken keresztül kapják a főtartók a huzalkötegek útján kifejtett egész feszítőerőt. Érthető tehát, hogy erre a kényes pontra, a kötegek végeinek a betonba való lehorgonyzására a huzalkötegeket készítő üzemben a legnagyobb gondot fordítottuk.

A kötegek végeit szétszedték, a Műegyetemen előzőleg elvégzett kísérletek eredményeinek megfelelően, mintegy 60 cm hosszúságban két fogaskerék között áthúzva meghullámosították és legyezőszerűen széthúzott állapotban a bekötőblokkok zsalúformáiba helyezték.

A bekötőblokkok betonja 6 frakcióra rostált adalékanyaggal és 450 kg/m³ cementadagolással készült. A 28 napos kockaszilárdsága 570 kg/cm³ volt. Az így lehorgonyzott acélhuzalok a kihúzókísérletek során szakítószilárdságukat elérve előbb elszakadtak, de a betonblokkból kihúzhatók nem voltak. Így megnyugtató módon oldották meg a feszítőhuzaloknak a betonblokkban való szilárd lehorgonyzását.

A két végükön most már bekötőblokkal ellátott huzalkötegeket a műhelyből vasúton szállították a helyszínre. A kötegeket teljes hosszukban kiterítve rakták vagonba. A szokásos, hajtű alakra való összehajtást u. i. kerülni kellett, hogy a szorosra fűzött kötegekben túlfeszültségek, vagy az elemi szálak mozgása következtében a betonban repedések ne keletkezzenek. Egy huzalköteg a két betonblokkal együtt kereken 220 kg súlyú volt, tehát könnyen és kényelmesen kezelhető.

Amikor ezek a kötegek kiértek a helyszínre, a híd be volt állványozva, zsaluzva és főtartói be voltak szerelve. A kábeleket a zsaluzások mellett, a fő-

* Travaux 1951. áprilisi szám, 323—330. o.

tartók belső oldalán és azokkal párhuzamosan helyezték az állványzatra. A bekötő blokkokat pedig egyszerű, kis szögvas kerettel rögzítették az erőteljesen kiképzett végső kereszttartók zsaluzatában, tervszerinti helyzetében.

A feszítés akkor következhetett, amikor a kábelek elhelyezése és a hídnak most már szokványos szerelése és betonozása után a beton megszilárdult. A főtartók belső oldalain lévő kábeleket csavarorsós szerkezettel húzták össze keresztirányban és így az előadó által ismertetett módon és mértékben keltették a betonra ható feszítő erőt. Ez az összehúzás több ütemben történt. Először az egymással szemben lévő, legbelső huzalkötegpárt húzták össze 10—10 cm-re, majd fokozatosan és páronként a másik 3 párt. Ezután újból a legbelső párra tértek vissza, de már csak 6—6 cm-re húzták össze és így tovább, folyton csökkenő lépcsőkben érték el a teljes összehúzást. 1—1 kábelpár összehúzása 15—25 percig tartott. Egy ilyen híd teljes utófeszítése kellően gyakorlott személyzettel tehát 1 munkanap alatt végrehajtható.

A huzalkötegekhez használt 5 mm ∅ acélhuzalok rugalmassági együtthatója 1 900 000—2 000 000 körül van. A munkaközben végrehajtott ellenőrző mérésekből azonban ez az érték 1 600 000-re adódott és a teljes keresztirányú összehúzás 66 cm-re számított mértékét munkaközben ennek megfelelően 75 cm-re korrigáltuk.

A kötegekbe egyesített huzalok rugalmassági együtthatójának a kötegeket alkotó elemi szálak rugalmassági együtthatójához képest való ez a csökkenése a külföldi irodalomból is ismert jelenség. Oka az, hogy a kötegekben lévő huzalok feszítés közben egymásközt rendeződnek, az egyes szálak sem teljesen egyforma hosszúak. Ennek következtében a bennük fellépő feszültségek nem egyformák és így az egész köteg jobban megnyúlik. Ezért az alkalmazni kívánt huzalkötegek rugalmassági együtthatójának előzetes megállapítására kísérletsorozatokat kell végrehajtani.

A keresztirányú összehúzás befejeztekor a teljes keresztirányú erő 34 t volt és ezzel a kábelekben kereken 4,5-szer akkora feszítőerőt keltettek. Ez ennek az eljárásnak egyik nagy előnye és ezzel elértem hozzászólásomnak tulajdonképpeni céljához, a Gnädig—Thoma-féle feszítési eljárásnak a kivitelező és a gazdaságosság szempontjából való kritikájához.

Az eljárásnak kétségtelen előnye, hogy éppen a két legbonyolultabb és legkényesebb műveletet, a huzalok lehorgonyzását és feszítését igen egyszerű eszközökkel, megbízhatóan és gyorsan hajtja végre. Mindkét műveletnél elkerüli a többi feszítési eljárásnál szükséges bonyolult és drága berendezések használatát.

Ezek a kétségtelen műszaki és gazdasági előnyök azonban még inkább érvényesülhetnének a rendszer továbbfejlesztésével. Az eddigi kezdeményezések u. i. helyszíni betonozással, drága, valutába kerülő faállványzaton készültek. Az alapvető továbbfejlesztés lehetőségét — a dr. Haviár kartárs által említetteken kívül — abban látom, hogy ezt a rendszert az előgyártással kombinálják. A főtartókat az ismert módon előgyártott tömzsökből kellene készíteni, a helyszínén könnyű, ideiglenes feszítéssel tartóvá egyesíteni és minden állványozás nélkül helyére beemelni úgy, ahogy az nagyobb utófeszített hidaknál amugyis szokásos.

Ezáltal nemcsak az állványzat lenne megtakarítható, hanem különböző fesztávolságú és elrendezésű hidakat lehetne aránylag kevésszámú szabványelemből olcsón és üzemszerűen előállítani. Rá kell mutatni arra is, hogy evvel

az eljárással meglévő vasbetonhidak teherbírását is gyorsan és egyszerűen meg lehet növelni a változott forgalmi igényeknek megfelelően.

A Gnädig—Thoma-féle új betonfeszítési eljárást tehát igen helyes és értékes gondolatnak tartom, melyet kiviteli szempontból nemcsak kívánatos, de érdemes is továbbfejleszteni és erre a betonfeszítéssel foglalkozó kartársak figyelmét nyomatékkal felhívni.

A betonfeszítés nagyfontosságú kérdése ma világszerte még a teljes kialakulás és fejlődés állapotában van. Keleten és nyugaton egyaránt keresik az illető országok viszonyai között legmegfelelőbb, leggazdaságosabb és — hogy úgy mondjam — lehiggadt megoldásokat és típusokat. Az a körülmény, hogy hazánkban új, hatalmas előrefeszítő üzemek vannak megvalósulás alatt és ennek a konferenciának előadásai is megmutatják, hogy ebben a nemzetközileg is úttörő munkában a magyar mérnökök is méltóan kiveszik részüket.

UTÓFESZÍTÉS HUROKBAN VÉGZŐDŐ KÁBELEKKEL

BÖRÖCZ IMRE

Gnädig Béla előadása során megismerkedtünk egy olyan utófeszítési eljárással, mely a kábelek szokásos hosszirányú megfeszítése helyett keresztirányú összehúzással létesíti a szerkezet teherbírásához szükséges feszítőerőt. Az eljárás roppant szellemes, hiszen az utófeszítés két komoly problémáját oldja meg. Az egyik az, hogy a tetemes utófeszítő erőt Gnädig kartárs ötödakkora haránt erő alkalmazásával létesíti, ami egyszerű eszközök használatát teszi lehetővé, a másik pedig, hogy kiküszöböli az elemi szálakból felépített kábel feszítés utáni lehorgonyzását, aminek megnyugtatóan biztonságos megoldása a hosszirányban feszített kábeleknél a legsikamlósabb problémák egyike. A következőkben ismertetendő feszítési rendszer az előbbitől eltérően a kábeleket mégis hosszirányban feszíti, s ennek ellenére sikerült talán egy megnyugtató módot találni a biztonságos lehorgonyzásra.

Mielőtt még a rendszer ismertetésére térnék, pár szót arról, miért nehézkes a megfeszített kábel lehorgonyzása, azaz a feszítőerő állandósítása ? A feszített szerkezetek gazdaságossága abban rejlik, hogy a feszítési eljárással lehetővé tesszük igen nagy szilárdsággal rendelkező acélanyagok felhasználását a vasbetonszerkezetekben. A gazdaságosság kérdése tehát a vasanyag szilárdságának növelését tette elsőrendű feladattá. Hasonlóan a szilárdság növelését indokolja, hogy a feszítés veszteségei nagyobb szilárdságú anyagok alkalmazása esetén kisebbek. A szilárdság növelésének két módja van. Az egyik a vasanyag vegyi összetételének olyan megválasztása, mely mellett a vasbetét alapanyaga már eleve nagyszilárdságú. A szilárdság további növelése érhető el az ú. n. patentirozási és hideghúzási eljárással, mellyel a feszített szerkezetekhez használt különleges betonacél készül. A patentirozás tulajdonképpen edzési művelet, míg a hideghúzási eljárás jellegzetessége, hogy az acélanyag szakítószilárdsága szoros összefüggésben van a gyártott vasbetét átmérőjével, amennyiben az átmérő növekedésével a szilárdság rohamosan csökken. Emellett a hideghúzási művelet nem is végezhető el tetszőlegesen nagy átmérő esetén. Hazánkban a legnagyobb méret ∅ 5 mm. Ennek szakítószilárdsága 15000 kg/cm², szabványosítva van, jele : KB 150—130. E hideg megmunkálással növelt szilárdságú anyag további tulajdonsága, hogy hőkezelés, pl. hegesztés esetén szilárdsága

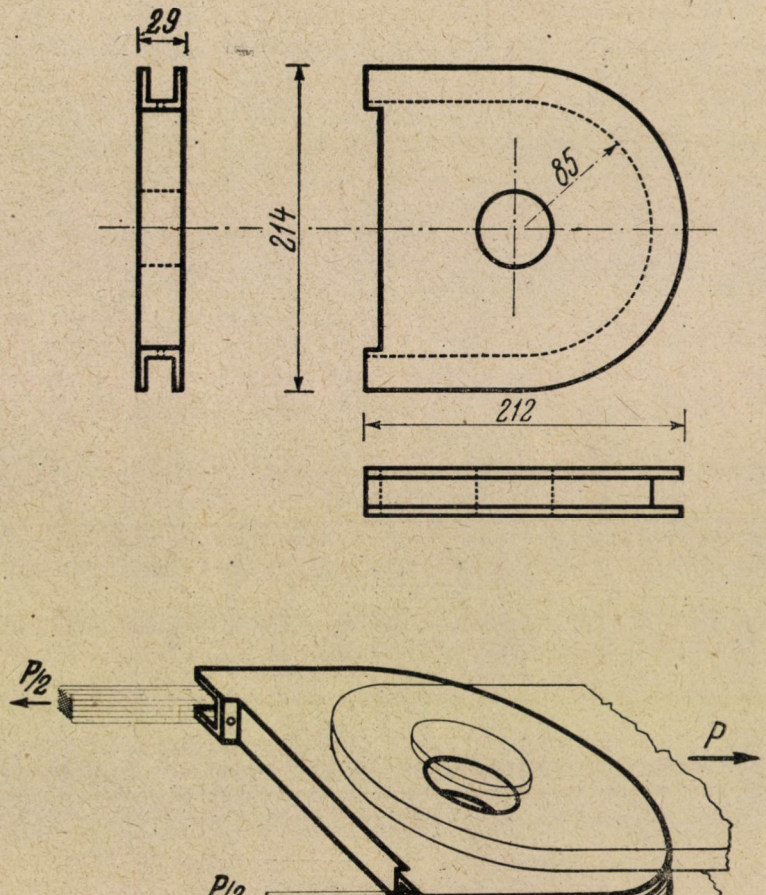
lecsökken és egyenlő lesz az alapanyag szilárdságával. A patentirozott drótok tehát nem hegeszthetők. Világos tehát, miért nehézkes a feszítőkábelek lehorgonyzása. Kívánatos a nagyszilárdságú patentirozott acéldrót alkalmazása, melynek legnagyobb átmérője 5 mm, és így oly nagyszámú drótot kell beépíteni, hogy azok célszerűen kábelekké egyesítendők. A sok elemi szálból álló kábelek feszítésének művelete alatt és az ezt követő lehorgonyzás során minden elemi szálat meg kell fogni, meg kell feszíteni és utána rögzíteni. Emellett a szálak nem hegeszthetők. Nem marad más lehetőség az elemi szálvégek megfogására, mint a surlódásos elékelés. Az eddig legismertebb és legelterjedtebb Freyssinet- és Magnel-féle utófeszítési rendszerek valóban ezt a megoldást választották. Az előbbi az elemi szálakat egy kónikus lyuk kerületén sorakoztatja, az egyes szálakat egy hidraulikus feszítő sajtó kerületén megfogva megfeszíti, majd egy kónikus vasbetondugót nyom a drótszálak közé, mely a szálakat a lyuk felületéhez szorítva rögzíti. Az előregyártott dugónak és foglaló kónusznak márványsímának és pontosnak, a vasbetétnek is állandóan egyenletes vastagságúnak kell lennie, mert különben elkerülhetetlen, hogy egy-egy drótszál, mely lazábban helyezkedett be, a kónikus felületek között meg ne csússzék, s ezáltal a feszítőhatás ne csökkenjen. A Magnel-rendszer ebből a szempontból sokkal megbízhatóbb, mert két-két elemi szálat külön-külön egymásután feszít, s azokat kis Sandwich-lemezkékkel horgonyozza le, miáltal minden szál rögzítése megbízható. Ezzel szemben a feszítés hosszadalmas, hiszen két-két szálanként történik, s a lehorgonyzó szerkezet elkészítése aprólékos munkát igényel.

Fenti nehézségek indokolták azt a körülményt, hogy 1948-ban, midőn az első két hazai feszített hídszerkezet létesítése szóbakerült, nem másoltuk le a külföldön alkalmazott rendszereket, hanem megpróbáltunk új útakon elindulni.

A kísérlet sikerrel járt, a két hidat az ismertetendő új feszítési rendszerrel építettük meg. Most pedig lássuk, mi az új rendszer lényege ?

Tárgyaltuk, hogy a legnagyobb nehézséget a szabad kábelvég megfogása és lehorgonyzása okozza. Egy fix lehorgonyzás létesítése nem olyan probléma, hiszen a vasbetét felületének célszerű kialakításával és a kibontott elemi szálak egyszerű bebetonozásával a lehorgonyzás könnyen biztosítható, amint a Gnädig kartársnál ismertetett rendszernél is láttuk. Könnyen kínálkozik az eddig elmondottak módszeres átgondolása után a megoldási lehetőség : úgy kialakítani a feszítendő kábeleket, hogy ne legyen szabad végük. A kábelszálakat a feszítendő kábelhossz kétszeres hosszúságára szabjuk le, félköralakú feszítőtárcsa körül hajtűkanyarban meghajlítjuk, majd az egymás mellé kerülő szabad végeket a lehorgonyzás céljából bebetonozzuk. A kibontott elemi szálakat a bekötési oldalon célszerű előregyártva bebetonozni, miáltal a műtárgy betonozásakor nem kell a kefeszerű drótköteggel bajlódni, hanem az azt már magábanfoglaló lehorgonyzó tömböt egyszerűen bebetonozzuk. A feszítőtárcsa oldalán

szabad kábelvég nincsen. A feszítés — a beton megkötése után oly módon történik, hogy a feszítőtárcsát a betontest homloklapjától távolítjuk, miáltal a kábelek megnyúlnak és bennük húzófeszültség lép fel. A kellő feszítőerő létesítése után, a feszítőtárcsa és a betontest között megnyílt résbe vaslemezeket,

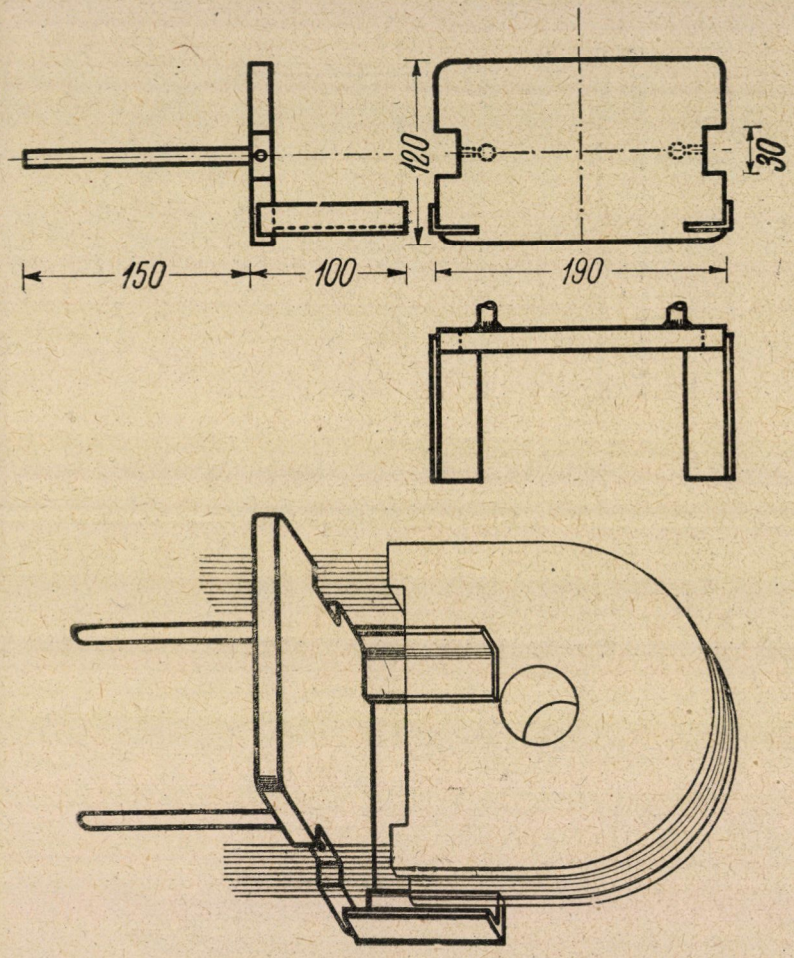


1. ábra. Feszítőtárcsa

vagy vasoszlopocskát helyezünk, mely a feszítőtárcsa visszaútját megakadályozza és így a feszítőerőt állandósítja. A kábelek feszítése egymásután történhet, ugyanazon berendezéssel, csupán a feszítőtárcsa marad beépítve minden egyes feszítési helyen. Egy-egy feszítési helyen minden szál egyszerre kerül feszítésre, a feszítőberendezés felcsatolása egy csapnak egyszerű behelyezésével történik, a feszítési művelet tehát igen gyors. A feszítőerő állandósítása az alátétlemezek

segítségével teljesen biztos, megcsúszások vagy a feszítőerő csökkenése más módon nem lehetséges.

Mivel a feszítés közben a kábel megnyúlik, biztosítani kell, hogy a kábel a már megkötött betonban, hosszirányban könnyen elmozdulhasson. Ezt a

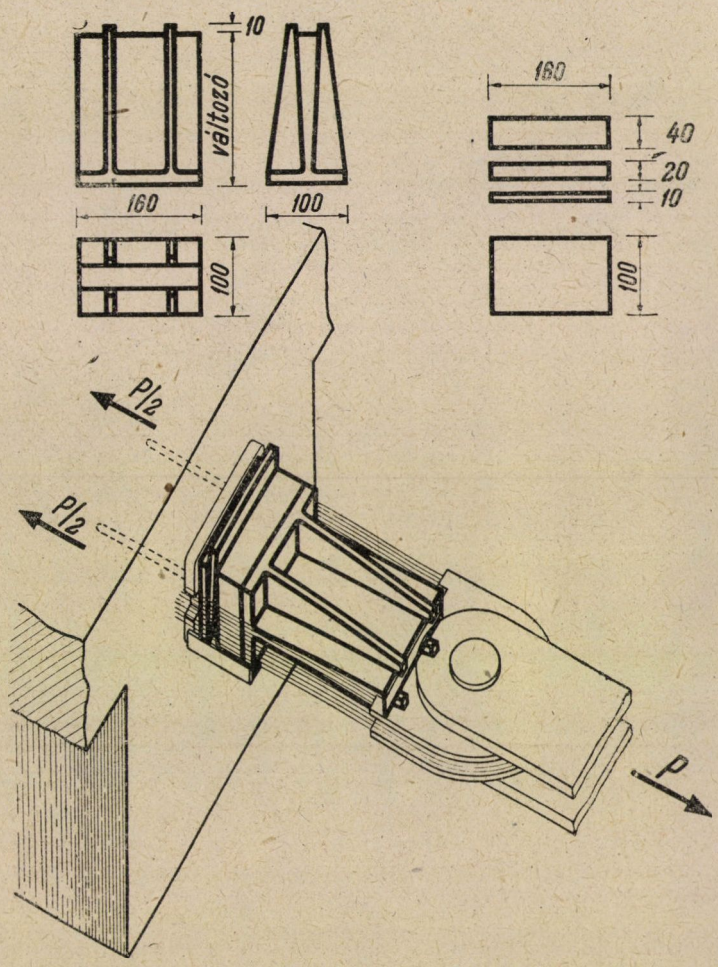


2. ábra. Lehorgonyzó saru

külföldi rendszerek úgy biztosítják, hogy a kábel szálait bádoglemezből készült tokba helyezve betonozzák be, s a szálak a tokban szabadon mozoghatnak. Mi a kábelt képlékeny állapotú olaj-bitumen keverékkel vontuk be, mely — mint sűrű viszkozitású pép — a kábel lassú elmozdulását nem akadályozza. E megoldásnál kétségtelenül a feszítés után sincs a kábel és a beton között felületi tapadás, szemben a külföldi eljárásokkal, ahol a feszítés után a kábeltokba cementpépet injektálnak, többé-kevésbbé hatásos felületi kötés létesítése

céljából. Nincs azonban semmi akadálya annak, hogy a szóbanlévő feszítési eljárásnál is a bitumenes ragacs helyett bádoglemezburkolatot alkalmazzunk, s a felületi kötést utólagos injektálással biztosítsuk. Az erre vonatkozó tervezési munka folyamatban van.

Eddig vázoltam a feszítési eljárás lényegét.* Lássuk most az eljárás részleteit, a használandó alkatrészeket és berendezéseket. Az ismertetendő

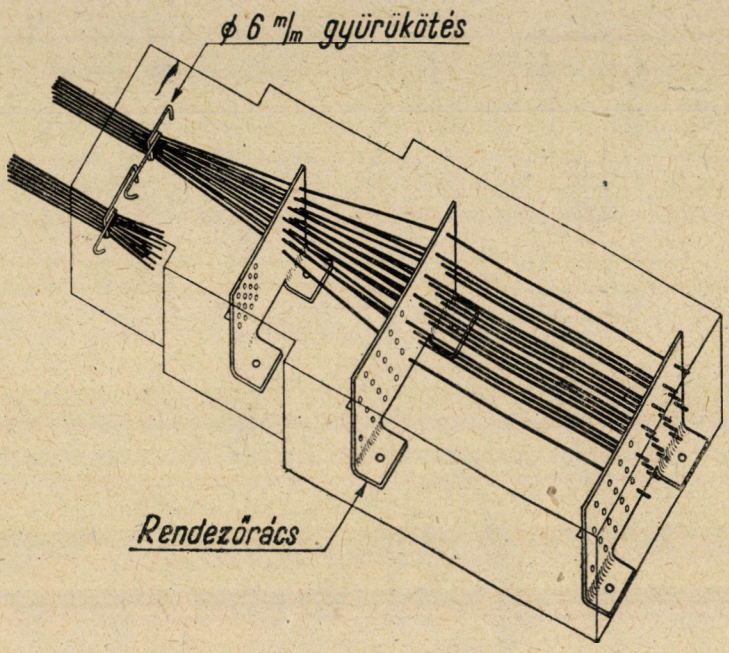


3. ábra. Kiékelő elemek: ékoszlop és alátétek

* Megjegyzendő, hogy újabban külföldön is elterjedt egy alapgondolatában hasonló feszítési eljárás, a Baur—Leonhardt rendszer. Az alapgondolat annyiban egyező, hogy az elemi szálakat ez a rendszer is végteleníti oly módon, hogy a műtárgy két végén íves vasbetontömböket épít be, melyekre a drótszálakat feltekercseli, a betontömböket a beleépített hidraulikus sajtókkal elmozdítja és a drótokat feszültségbe hozza. A beépített hidraulikus sajtók benn is maradnak és vissza nem nyerhetők, szemben az általunk szerkesztett megoldással, ahol az összes kábelt egy berendezés feszíti, s csupán a feszítőtárcsa és a kiékelő elemek maradnak beépítve.

alkatrészek sériagyártásra és raktári tárolásra alkalmasak, mivel a feszítési eljárás alkalmazásánál mindig azonos méretű kábeleket és alkatrészeket használunk.

1. *Feszítőtárcsa.* 30 mm vastag vaslemezből készült, egyik oldalon félköríves, másikon síkvonalozású tárcsa, közepén 50 mm átmérőjű lyukkal. Az íves részen mintegy 2 × 2 cm négyszögkeresztmetszetű horonymarással,

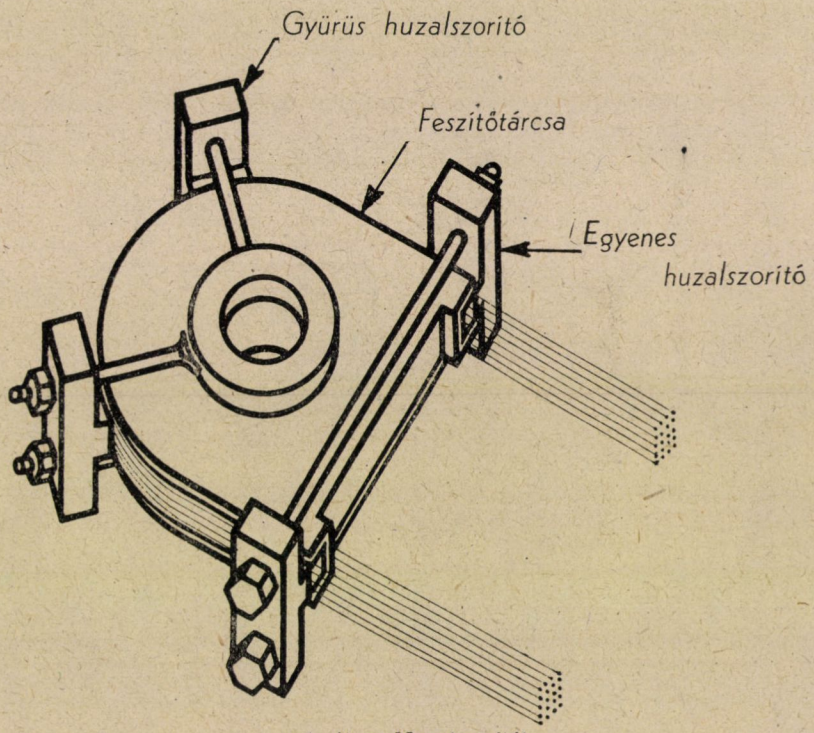


1. ábra. Lehorgonyzó tömb

16 szál ∅ 5 mm acéldrót befogadására. Az acéldrótok behelyezése rendszerezve történik oly módon, hogy minden sor után 1 mm vastag vaslemezből szalagot helyezünk be az egyes sorok elválasztására *(l. 1. ábra)*.

2. *Lehorgonyzó saru.* Sarulemez, a lehorgonyzóerőnek a betonra való átadásához. Feszítés előtt két kis szegeccsel kapcsolható a feszítőtárcsához, mellyel együtt helyezhető el és betonozható. Feszítéskor a szegecsek elnyíródnak, s a feszítőtárcsa eltávolodik a sarutól. Az alátétlemezek tulajdonképpen a feszítőtárcsa és a saru közé kerülnek. A felülről behelyezett alátétek alátámasztására szolgálnak a saru lemezéhez hegesztett szegvaskonzolok, míg a betonba való bekötést célozzák a kampónélküli gömbvastüskék. A feszítőtárcsa síkvonalú homlokfelületén kétoldalt kiálló nyúlványokat látunk, mely a sarulemez megfelelő kivágásaiba illeszkedik, s biztosítja a két alkatrész betonozás alatti kapcsolatát. Ugyanezek a nyúlványok egyúttal vezetősínek az ékoszlop és az alátétek centrikus elhelyezésére *(l. 2. ábra)*.

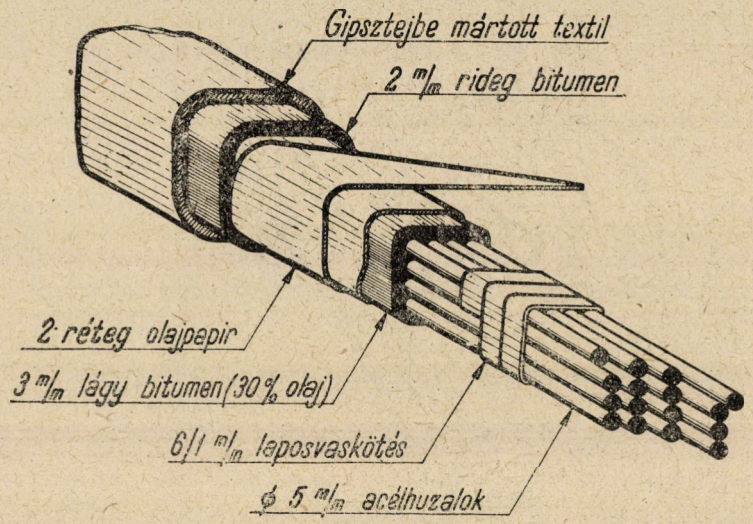
3. *Alátétek és ékoszlop.* Az alátétek különböző, 1, 3, 5, 10, 20 és 40 mm vastagságban legyártott lemezek. Nagyobb kábelnyúlások esetén az alátétek helyett az elékelésnél ékoszlopot alkalmazunk. Az ékoszlop feje a feszítőtárcsához kapcsolódik, talpa a sarulemezre kerül. A kábelnyúlás mértéke általában a kábelhossz minden méterére 0,5 cm körül van, azaz egy 50 m-es műtárgynál cca 25 cm. Hasonló nagyobb nyúlásoknál mindig ékoszlopot alkalmazunk, amely mögé helyezett alátétekkel a kábelnyúlás pontos értéke finoman beállítható *(l. 3. ábra)*.



5. ábra. Huzalszorítók

4. *Lehorgonyzótömb.* A kábel, helyesebben kábelpár fix lehorgonyzású oldalán a feszítőhuzalok a *4. ábrán* vázolt módon szétbontva, rendezőrácsok nyílásain haladnak keresztül. A rendezőrácsok perforált vaslemezek, ezek nyíláskiosztása biztosítja a huzalok megfelelő vonalvezetését, mely a megbizható tapadó lehorgonyzáshoz alkalmas. A huzalköteg szétágazásánál 6 mm ∅ betonvasból gyűrű kerül alkalmazásra, mely a feszítéskor fellépő repesztőhatás elkerülésére szolgál. A lehorgonyzótömbbel kapcsolatban végzett kísérletek teljes sikerrel jártak, amennyiben hullámosított huzalok alkalmazása esetén kihúzódás nem volt észlelhető, a kísérlet a kábel szakadásával nyert befejezést.

5. *Huzalszorítók.* Kábel készítésénél gondoskodni kell arról, hogy a huzalok szorosan feküdjenek a feszítőtárcsa kerületén vezetett horonyban, mert ellenkező esetben a feszítés után az egyes szálak feszültsége nem lenne egyenlő. A külső sorokban lévő huzalok ugyanis — laza felhelyezés esetén — csak a feszítőtárcsa bizonyosmértékű elmozdulása után feszülnének meg, mikor a belső szálakban már jelentős húzófeszültséget létesítettünk. A huzalok szereléséhez ezért az *5. ábrán* látható egyenes és gyűrűs huzalszorítókat használjuk, melyek csavarjait meghúzva a huzalok nagy erővel a tárcsához feszíthetők. A gyűrűs huzalszorító egy csap segítségével kapcsolódik a feszítőtárcsához, s csak a szerelés megindításához szükséges. Az egyenes huzalszorítót a gyűrűs után



6. ábra. A kábel

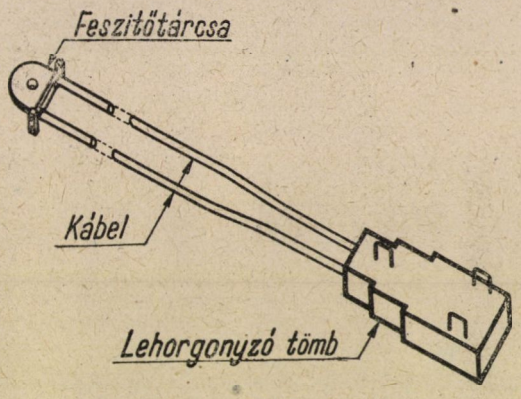
szereljük fel, s csavarjainak meghúzása után a gyűrűs levehető. Az egyenes huzalszorító a feszítőtárcsán marad, egészen a műtárgy kábel köré öntött betonjának megszilárdulásáig.

6. *A kábel* 16 rendezett elemi szálból áll, mindegyik szál 5 mm átmérőjű. A kábel feszítőereje 30 tonna és mivel a kábel kettős, azaz mindig egy kábelpár kerül feszítésre, az összes feszítőerő egy tárcsánál 60 tonna. Hogy a kábelek a betonban elmozdulhassanak, különleges burkolattal készülnek. A burkolat 3 mm vastag belső rétege lágyított bitumen, mely mintegy 70% bitumen és 30% selejtes olaj összefőzésével állítható elő. E réteg kellően képlékeny, hogy a kábel mozgását ne akadályozza. A melegen felkent burkolatot paraffin-papírból kivágott szalagokkal betekercseljük, majd kívül meleg állapotban tiszta bitument kenünk fel mintegy 2 mm vastagságban. Ez a réteg lehülés után kellően szilárd, hogy a kábel betonozásával járó igénybevételeket, vibrálást sérülés nélkül bírja.

Nyári munkánál, mikor a napsütés miatt a bitumen meglágyulása lehetséges, a kábelt még gipsztejbe mártott vászoncsíkokkal tekercseljük be, majd gipsztejjel lekenjük *(l. 6. ábra)*. A fehér burkolat a napsugarakat visszaveri és a bitumenburkolatoknak betonozás alatt további védelmet is nyújt. Az így előkészített kábel mintegy 40 mm átmérőjű és egyszerűen úgy betonozható be, mint egy nagy átmérőjű vasbetét. A kábelek enyhén ívesen, görbe vonal mentén is vezethetők.

A kész kábel perspektiv képét látjuk a *7. ábrán*, betonozásra való beszerelés előtti állapotában.

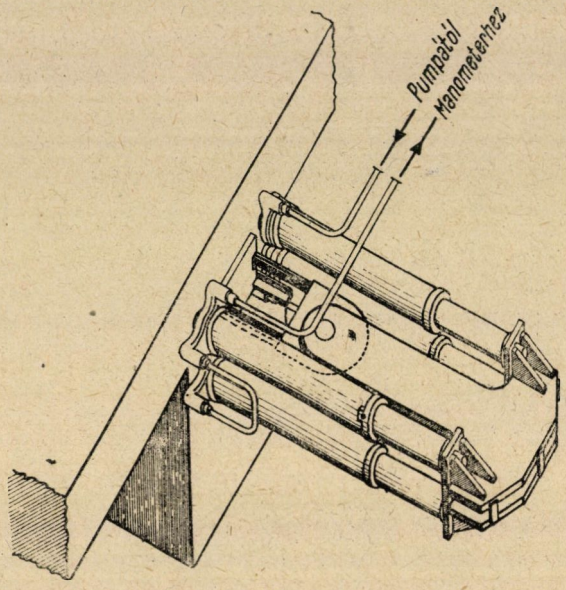
7. *Feszítőberendezés.* A kábeleket úgy szereljük a zsaluzásba, hogy a köré öntött beton homloklapján csak a feszítőtárcsa maradjon a levegőben. Ehhez



7. ábra. A kész kábel

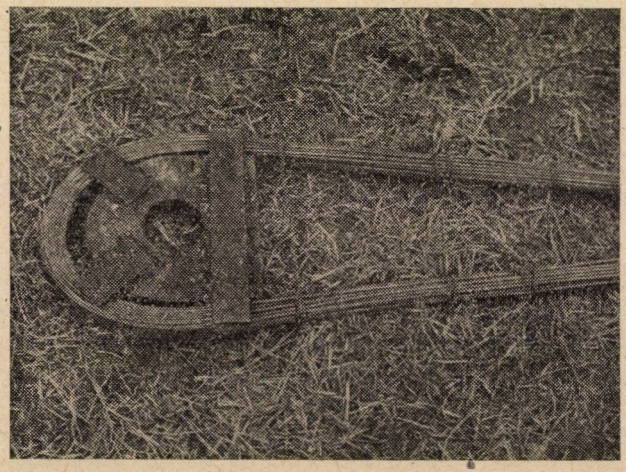
csatoljuk a feszítőberendezést, mely a betontestre támaszkodva a feszítőtárcsát hátrahúzza. A berendezés négy párhuzamos hidraulikus sajtóból és egy tartószerkezetből áll. A sajtók dugattyúi a tartószerkezetre mereven vannak felerősítve. A négy sajtó folyadéktere közös, tehát mindegyik egyforma nyomást kap. A bevezetett 400 atm. nyomás hatására a sajtóhengerek 15 tonna erővel kinyomódnak, mivel azonban nekitámaszkodnak a betontestnek, a tartószerkezetet és a kapcsolócsappal hozzácsatolt feszítőtárcsát 60 tonna erővel hátra húzzák. A sajtóhengerek betonra való fektetésénél a nyomás elosztására és mellékfeszültségek elkerülésére a sajtóhengerek talpa gumilapon »úszik«. A sajtók mindegyikén a nagynyomású folyadéktérhez két csatlakozó van. A sajtókat működtető folyadék az első nyíláson kerül bevezetésre, majd ugyanezen sajtó másik kivezetéséből kerül a második sajtóhoz és így tovább a negyedik sajtóig, melynek távozó vezetékére manométert szerelünk. Az ily módon sorbakapcsolt sajtók azonos nyomása így ellenőrizhető, mert bármelyik vezeték eldugulása esetén a pumpán lévő manométer és az utolsó sajtóra erősített manométer nem mutat azonos nyomást *(l. 8. ábra)*.

Most még néhány szót az ismertetett feszítési eljárás alkalmazásáról hídszerkezeteknél. A hazai első két feszített hídszerkezet — 10 m nyílású közúti kísérleti hidak — ezzel a rendszerrel épültek meg 1949-ben. Azóta egy 20 és



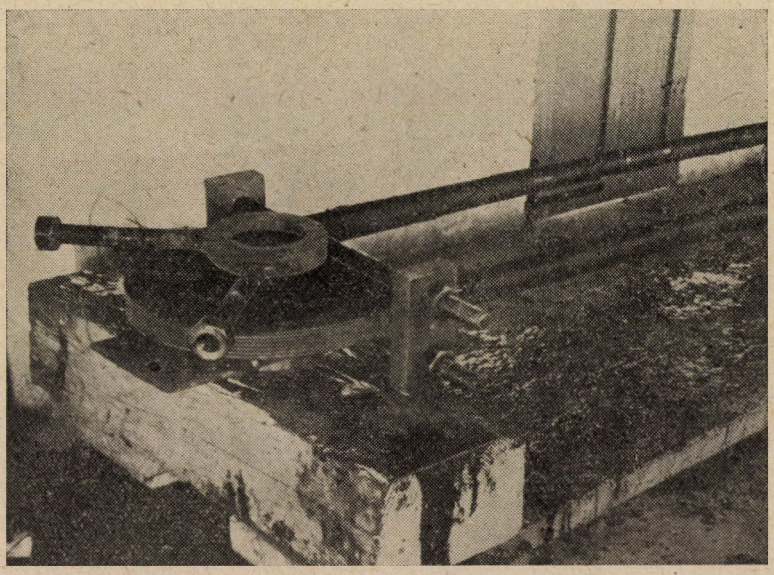
8. ábra. A feszítőberendezés

egy 30 m-es közúti hídnál és négy — csővezetékek átvezetésére szolgáló — hídnál alkalmaztuk. A közúti hidak még nem kerültek kivitelre, a csőhidak kivitele folyamatban van.



9. ábra. A kábelvég a feszítőtárcsával

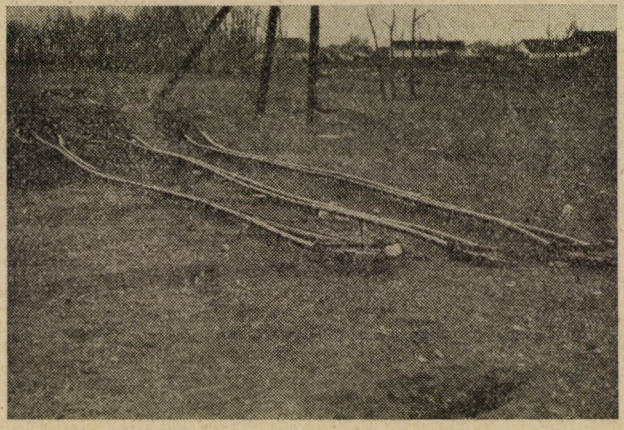
A kísérleti hidaknál alkalmazott alkatrészek méreteikben kissé eltértek



10. ábra. A kábel készítése

az ábrázolt alkatrészektől, s a feszítőberendezés is kezdetlegesebb volt, alapgondolatában azonban a rendszer teljesen azonos.

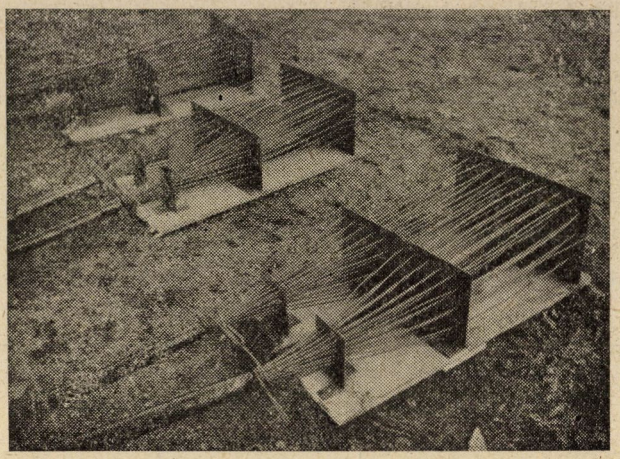
A *9. ábra* a feszítőtárcsát és a köré hurkolt huzalokat mutatja. A kábelek a kísérleti alkalmazásnál 25 szálból állottak, s csak a feszítőtárcsán rendezettek.



11. ábra. A kész kábelek

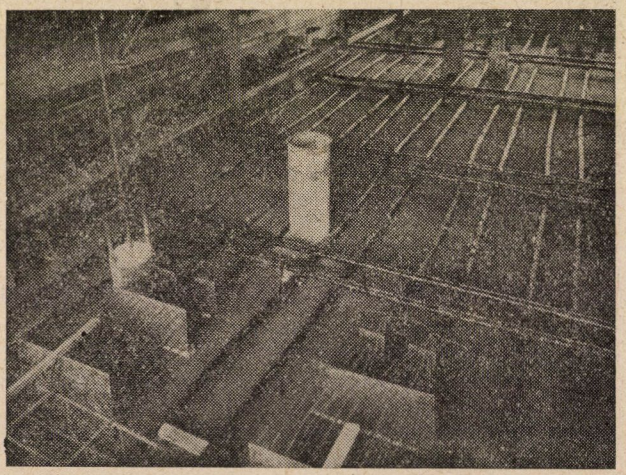
Megfigyelhető az egyes sorok közötti rendező vaslemez. A feszítőtárcsán bemart horony helyett felhegesztett lemezeket látunk. E kábelek mintegy 100 t erővel feszíttettek.

A *10. ábra* a kábel készítését szemlélteti. Az egyenes huzalszorító már fel van erősítve, a gyűrűs tehát már eltávolítható. A képen a felső része még látható. A kábelek papírcsíkokkal már körül vannak tekercselve, de a második bitumenkenés még esedékes.



12. ábra. A kábelek lehorgonyzó részei

A *11. ábra* a kész kábelt mutatja, előtérben a feszítőtárcsákkal, háttérben a lehorgonyzó tömbökbe kerülő kibontott szálakkal. Ez utóbbi részletet látjuk



13. ábra. A kábelek beszerelése

a *12. ábrán*, amint a $2 \times 25 = 50$ szál bebetonozásra elő van készítve. Megjegyzendő, hogy a kísérleti hidaknál a lehorgonyzó részek a műtárggyal egy-

időben betonoztattak, a lehorgonyzó tömbök előregyártása újabb keletű. Mivel a kísérleti hidak téli időben épültek, a kábel külső gipszburkolata is hiányzik, a bitumenfelületet látjuk.

A *13. ábra* a kábelek beépítését mutatja a híd lemezébe. A lemez két irányú feszítés hatása alá került. Az ábra a betonozás előtti stádiumot mutatja. A lemezben a kábeleken kívül semilyen vasszerelés nincsen, kivéve természetesen a híd két végét, ahol a közel koncentráltan átadott feszítőerő elosztására egy-egy szerkezeti gerendát rejtettünk el.

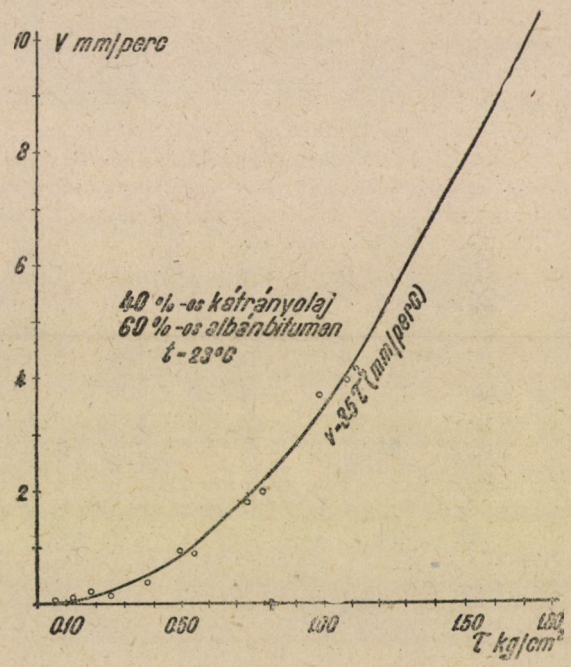
HOZZÁSZÓLÁSOK

THOMA JÓZSEF

Böröcz Imre kartárs előadása során új utófeszítési eljárást ismertetett. A »Böröcz«-rendszer bármely fesztávolságnál gazdaságosan alkalmazható. A kábel hossza tehát a szerkezet kivitelezhetőségét és annak kiviteli költségeit tulajdonképpen nem befolyásolja.

Az előadásban ismertetett utófeszítési eljárás a hallottak szerint több helyen került már kivitelezésre. A kivitelezés során nyert tapasztalatokról és az ott fellépő egyes problémákról kell egy-két szót szólni, mindenekelőtt a rendszer egyik, talán leglényegesebb pontjáról, amely a tervezés során a multban, de még ma is sok vitára szolgáltat okot. Ez a kábelek elmozdulását biztosító olajos-bitumenes burkolat. Az utófeszítés a kábelek megnyúlását és így azoknak a betonszerkezetekben való mozgását vonja maga után. Az említett olajos-bitumenes réteg éppen ezt a mozgást van hivatva biztosítani. A mozgásbiztosítás tehát a feszítés végrehajtásának alapfeltétele. A rendszer alkalmazásával szemben olyan aggályok merültek fel, hogy az előadásban részletesen ismertetett burkolattal ellátott kábeleknek a szerkezetbe való bebetonozása után az alkalmazott feszítőerő legnagyobb részét a burkolat belső súrlódása és kohéziója fogja felemészteni. Ez röviden annyit jelentett volna, hogy a kábeleknek csak a feszítőtárcsával ellátott végén lépett volna fel a kívánt feszítőerő, a bekötőblokkok oldalára pedig a feszítőerőből semmi, vagy csak igen kis érték jutott volna. A tétel helyessége esetén a vázolt utófeszítési rendszer csak igen rövid kábelhosszak mellett lenne alkalmazható. A kivitelezés előtt készült kísérletek, valamint a kivitelezés során nyert tapasztalatok a szerző feltevését igazolták, amennyiben azt mutatták, hogy az olajos-bitumenes anyagnak a keverék merevedési hőfokán felüli hőfok esetén való alkalmazásánál sem belső surlódása, sem kohéziója nincsen. A burkoló anyagnak tehát van egy ú. n. merevedési, leridegedési hőfoka. E hőfok alatt a burkoló anyag rideg és nagy kohézióval rendelkezik. A megfelelő olajadagolás azonban ezt a merevedési hőfokot a fagyhatár alá is képes vinni. A kísérletek során két betonlap közé helyezett kenőcsréteggel különböző függőleges terhelések és különböző vízszintes vonóerők mellett vizsgáltuk a felső, tehát kenőcsrétegen fekvő betonlap mozgásait. Azt tapasztaltuk, hogy a mozgás a felső terheléstől teljesen független. (Természetesen a merevedési hőfok felett.) Tehát nincsen belső surlódás. A vízszintes vonóerő és a vontatott felső betonlap sebessége között az összefüggés négyzetes. A kísérletek eredményét az 1. ábra mutatja. Az eredmények itt derékszögű koordináta-rendszerben vannak felrakva, éspedig a függőleges tengelyre a sebesség mm/perc, a vízszintes tengelyre pedig a fajlagos vonóerő kg/cm² dimenzióban. A kapott pontok közé jó közelítéssel olyan másodfokú parabola szerkeszthető, mely az origóba fut be. A kísérleteket különböző olaj és bitumen keverési arányok és különböző hőfok mellett végeztük. A hivatkozott ábra 40%-os kátrányolaj és 60%-os albán bitumen keverési arányú burkoló anyaggal 23 C° mellett végzett kísérletek eredményeit mutatja. A parabola egyenletét is meghatároztuk: $V = 3{,}5\ \tau^2$ mm/perc, ahol τ kg/cm²-ben értendő. Az eredmények tehát azt mutatják, hogy az anyagnak a ridegedés

hőfoka felett sem belső surlódása, sem kohéziója nincsen, hanem csak viszkozitása. A fenti kísérleti eredményeket a kivitelezés során végzett utófeszítés eredményei is igazolták. Az utófeszítés során a feszítő erő elvétele esetén a kábelvégeken elhelyezett feszítőtárcsa a megnyúlásnak megfelelő módon, de időben cca 5 perc alatt húzódott vissza. Hogy a visszahúzódás nem ugrásszerűen következett be, erre éppen a burkoló réteg viszkozitása ad magyarázatot. Egyébként az elmélet helyességét igazolja az a gyakorlati tény, hogy a kivitelezett hídszerkezeteknél a számított teljes feszítőerő mellett a kábelekre számított nyúlási érték jelentkezett. Meg kell emlékezni arról, hogy a burkoló anyaggal végzett kísérletekre az irodalomban sehol utalást nem találtunk, de ilyen irányú kísérletekről nem is hallottunk. A kísérleteket a MÉLYÉPTERV talajmechanikai laboratóriuma végezte Böröcz Imre szaktárs irányítása mellett.



Lágyított bitumen viszkozitásának jelleg-görbéje

A vázolt új feszítési rendszernek az említett kísérleti és gyakorlati igazolása késztetett minket arra, hogy egy nagyméretű, kis vízmélységű vízmedence tervezése során eme új utófeszítési rendszert alkalmazzuk. A medence mérete 70×60 m, 3 m-es vízmélységgel. A fennálló altalajviszonyok, valamint az egyéb, aránylag elég szigorú követelmények folytán nagy rugalmasságú vékony vasbetonlemez utófeszítéséről volt szó. A nagyméretű lemez feszítése a lemez aránylag nagy mozgásának biztosítását tette szükségessé. A kábelek burkolatául használt anyag az elmondottak alapján, jól bevált módon biztosítja a kábel mozgását. Tekintve, hogy a lemez a talajon fekszik, ennek a mozgását valamilyen alkalmas csúszóréteg közbeiktatásával kell biztosítani. Kézenfekvő volt a gon-

dolat, hogy a jelzett csúszóréteg anyaga a kábelburkolat anyagával azonos legyen. Vízmedencéről lévén szó, úgy a fenéklemezben, mint az oldalfalakban a repedésmentesség volt elérendő. A csatlakozó oldalfalak, amelyek a medencénél mindig egyszerre készítendők a fenéklemezzel, azzal egyenlő mozgást is kell, hogy végezzenek. Így tehát az oldalfalakat hosszirányban szintén utófeszítésnek kell alávetni, mégpedig oly mértékben, hogy a beton átlagos nyomófeszültsége a fenéklemez betonjának átlagos nyomófeszültségével azonos legyen. Az oldalfalakra ható függőleges hajlítónyomatékot, tekintettel a kis vízmélységre, normál vasalással vettük fel. A vonatkozó tervezés a részlettervekig menően készült el, a műtárgy azonban nem utófeszített kivitelben készült el. Tervbe vettük, hogy a jövőben hasonló vízmedencéknél a rendszert feltétlenül alkalmazni fogjuk.

MÉSZÁROS LÁSZLÓ

A Böröcz-féle feszítési rendszer alkalmazására maga az előadó kartárs több hídépítési műtárgyat: közúti és csőhidakat ismertetett. Thoma kartárs pedig hozzászólásában vízépítési műtárgyak, nevezetesen egy aránylag nem magas oldalfalú vízmedencét ismertetett.

Magam most további oly vízépítési műtárgyakat említek, amelyeknél ez a feszítési rendszer alkalmazható. — Magas oldalfalú medencék oldalfalainak függőleges irányú feszítése a najtű alakban meghajlított kábelekkel célszerűen megoldható. A kábel végein előre betonozott lehorgonyzó tömbök a falban, annak alján helyezhetők el; a hurok a fal tetejére (esetleg egy mélyedésbe) kerül és ott a feszítőtárcsák, alátétek és ékoszlopok révén épúgy megfeszíthető és rögzíthető, mint a gerendavégeken. — További példa lehet egy vasbetonpartfal kihorgonyzó rúdja, melynél a feszítés a rúdnak a partfallal ellentétes oldalán eszközölhető. Tudomásom szerint ilyen irányú akalmazás már szóba is került.

Látható e példákból — s ezt előadó kartárs nem hangsúlyozta kellőkép — hogy az ismertetett rendszer nemcsak a hídszerkezeteknél, hanem más szakterületeken is alkalmazható.

Böröcz Imre szaktárs az utófeszített szerkezetek hazai alkalmazásának kezdeményezése során — a méretezési kérdések tisztázása mellett — a felmerült alapvető feladatokat megoldotta. Újított. Úttörő munkát végzett.

A megoldás úttörő jellege, valamint a rendszer alkalmazásának kiterjeszthetősége pedig mindjárt magában hordja a tökéletesítés lehetőségét, szükségességét is. Tökéletesítési lehetőségek:

Az ismertetett feszítő berendezés helyett célszerű lesz kisméretű, könnyen kezelhető, kevésbbé érzékeny szerszám megszerkesztése.

A kábel kialakítása és burkolása még meglehetősen körülményes munka. Célszerűbb lesz a burkolt, megkent, betonhoz nem kötő acélfelületek helyett a betonnal jó összeköttetést biztosító beépítési mód alkalmazása, melyről az előadó is megemlékezett.

A hajtűben meghajlított kábel végeinek lehorgonyzása még meglehetős nagytömegű betontuskót igényel, amelyeknek előregyártása és helyszíni be-

szerelése kényelmetlen munkát, továbbá szerkesztési megkötöttséget jelent. Célszerűbb lenne a lehorgonyzó tuskók méreteinek kisebbítése.

A kábelek a betonra koncentráltan átadott nagy erőket jelentenek, melyek egyes szerkezetekben nem kívánt hatásokat válthatnak ki. Célszerűnek látszik, főleg lemez- és falszerű szerkezetekben, a kábelek helyett egyes vasbetétek alkalmazása.

AZ ELŐREGYÁRTÁS GYAKORLATI ALKALMAZÁSAI MAGYARORSZÁGON

MAJOR SÁNDOR mérnök

Magyarországon az előregyártás csak az utóbbi évek tervgazdálkodási célkitűzései kapcsán fejlődött ki jelentékeny mértékben. A vasbeton-előregyártás úgy a tervezés, mint a kivitelezés eddigi irányait gyökeresen megváltoztatta és módot nyujtott arra, hogy a tudományos kutatás eszközeit a gyakorlat követelményeivel egyeztetve, az építőanyagok nemesítése és az építőipari gépek berendezéseinek korszerű kialakítása kapcsán az építőipar fejlődésének új irányt szabjon.

A tanulmány célja a magyarországi magas- és mélyépítési előregyártási eljárások és rendszerek tárgyalása és azok fejlődési fokozatainak ismertetése egy-egy jellemző példa kapcsán. Egy ilyen lehetőleg átfogó jellegű ismertetésnél elkerülhetetlen a magyar szakközönség által már ismert példák közlése, amelyek nélkül e feladat nem oldható meg maradéktalanul. Az ismertetés az építési módok és a gyakorlati alkalmazás szerinti tárgyalást veszi alapul és csak a helyszíni előregyártásnál tárgyalja külön az ipari és külön a mély- és vízépítési előregyártás példáit.

Az előregyártás gyakorlati alkalmazásának példái olyanok, hogy azokkal építőiparunk maximális gépesítésére törekedtünk és az építőipar kézimunka jellegét a gyáriparhoz hasonlóan gyáripari jellegűre igyekeztünk átállítani. Bár a legnagyobb mértékben törekedtünk mindenütt a gazdaságosság követelményeinek betartására, figyelembe kellett vennünk azt a körülményt, hogy a gazdaságosság szempontjából, a gépesítés folytán nagymértékben felszabaduló munkaerő által elért megtakarítás és az előregyártás alkalmazásával elért anyagmegtakarítás folytán még akkor is előregyártást alkalmazzunk, ha látszólag az építési költségekben többletek is merülnek fel. Ezt az elvet követve, az alkalmazott eljárások tökéletesítése mellett a költségeknek fokozott csökkentését is elérhetjük.

Az előregyártást két nagy csoportra osztjuk:

I. Üzemi előregyártás.

II. Helyszini előregyártás.

Hazai üzemi előregyártásunk fejlődőben van és az előregyártó üzemeink eddigi tapasztalataink alapján kiépítés alatt vannak. Ezideig a következő üzemi

előregyártási feladatok merültek fel, amelyeknek ismertetésénél olyan elemek is sorra kerülnek, amelyek bár alkalmasak üzemi előregyártásra, egyelőre berendezkedés hiányában helyszíni előregyártásban készülnek:

a) Födém-, tető- és egyéb épületelemek.

b) Vasbetonaljak.

c) Beton-, vasbetoncsövek és mélyépítőipari elemek.

d) Hídelemek.

e) Vezetéktartó oszlopok.

Mindezeknél az előregyártási feladatoknál már a feszített betonszerkezetek is részben alkalmazásra kerültek.

A helyszíni előregyártásnál is — bár kis mértékben — szintén sor került feszített betonszerkezetek alkalmazására.

I. Üzemi előregyártás

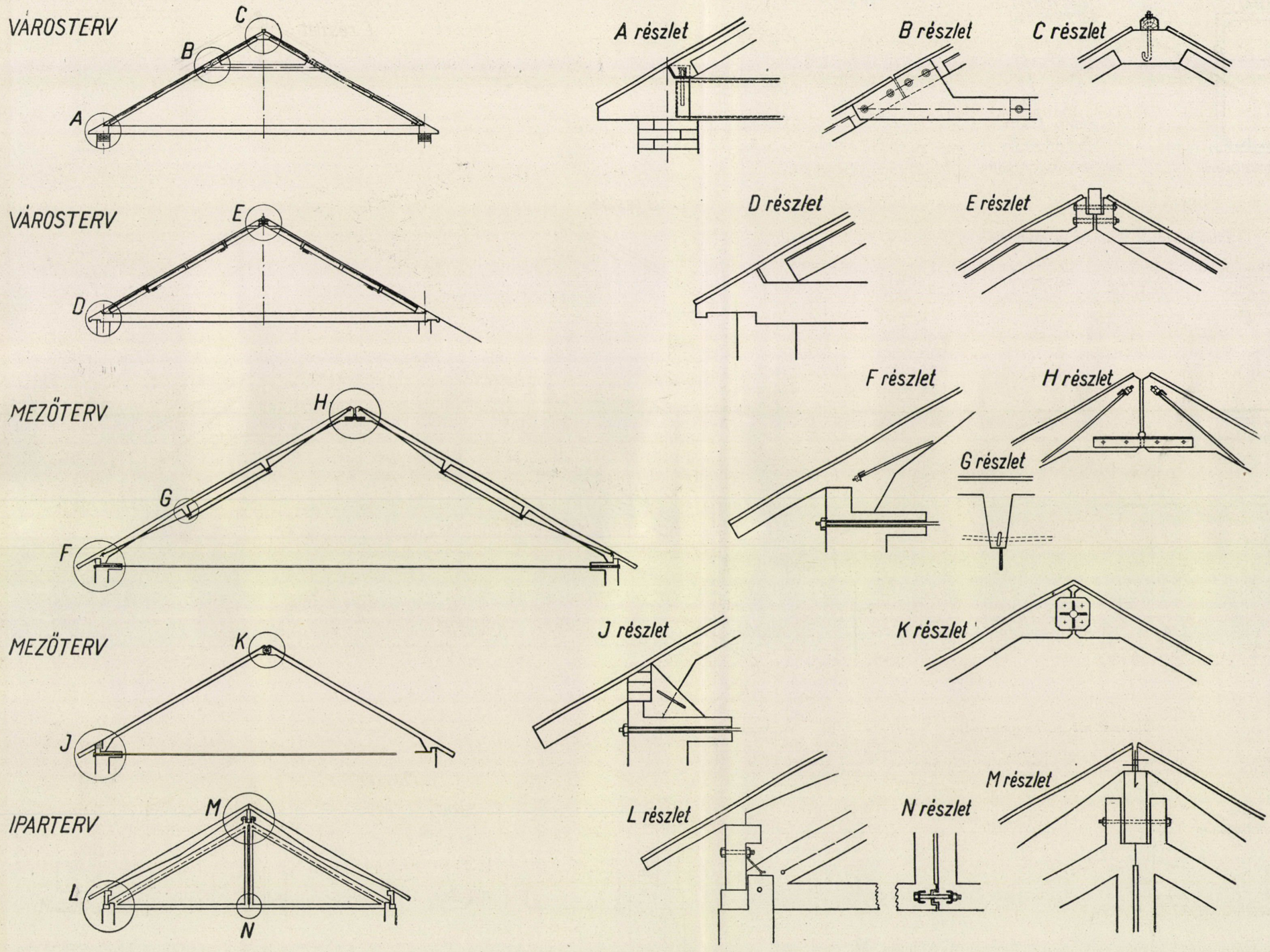
a) Födém-, tető- és egyéb épületelemek előregyártásával legnagyobbrészt az Épületelemgyár foglalkozik, amelyet néhányéves tapasztalat alapján jelenleg fejlesztenek. Az új nagy csarnokban a gyártás teljesen gépesített, az előregyártott gerendákat műkőmintákban készítik.

Az anyagmozgatási technológia odairányul, hogy a készáru csupán egyszer mozogjon a gyártási helyről a tárolási helyre és egyszer a tárolóhelyről közvetlenül az elszállító vagonba, vagy a közúti járműre. A födémgerendák szelvényei a gyártás folyamán nyert tapasztalatok alapján fejlődési folyamaton mentek keresztül *(1. sz. ábra)*.

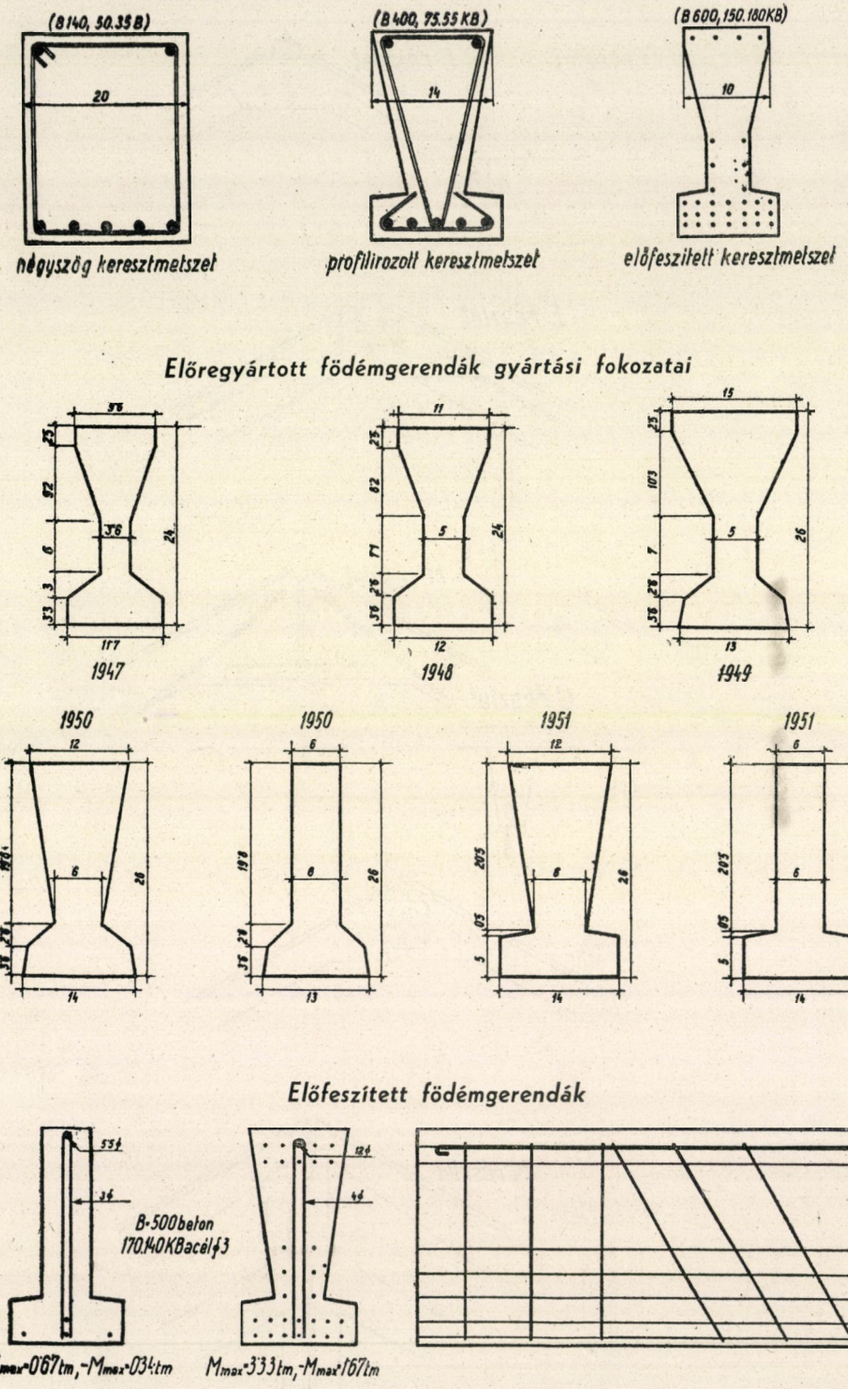
Az előregyártott szerkezetekhez használandó acél- és betonanyag nemesítésével kapcsolatosan az ábrán bemutatjuk az anyagnemesítés gyakorlati kihatásait. Láthatjuk, hogy jobb acél alkalmazásával és jobb betonszerkezet esetén lényeges méretcsökkenés áll be, amikor négyszögszelvényről tagozott szelvényre, illetőleg előrefeszített szerkezetekre térünk át. A födémtípusok alatt évszámok jelzik azok készítési idejét és megállapítható, hogy az 1951-es legújabb típusok már leegyszerűsített szelvényűek és a kialakítás a nyomott öv erőteljesebb kiképzését elhagyta.

Gyártási szempontból a típusok számának csökkentése kívánatos, ami azonban a változó terhelés és változó fesztávolság folytán csak a gazdaságosság rovására lehetséges. Ezért nagyon gondosan kellett összeválogatni azt a néhány típust, amely a várható alkalmazás tekintetében a legnagyobb számban kerül kivitelre.

A külföldi gyakorlattól eltérőleg az anyagtakarékosság szempontjából Magyarországon eléggé kifejlődött az a törekvés, hogy a födémgerendák koszorúba, illetve falba való befogását figyelembevéve, vasmegtakarítást érhessünk el. Ennek a körülménynek figyelembevételével ugyanazon típusszelvényre



2. ábra. Előregyártott vasbeton tetőszerkezetek típusai.



1. ábra. Az anyagnemesítés gyakorlati kihatásai födémgerendák szelvényeinél. Födémtípusok fejlődési folyamatai.

különböző vasalású gerendák csak bizonyos emeletsorokon nyerhetnek alkalmazást.

Megoldás útján van még nálunk a födémgerendák közé iktatott kitöltőelemek kérdése. Könnyűbeton betontestekre, csőbetétes idomokra és rácsos kiképzésű kitöltő idomokra vannak javaslataink. Eddigi tapasztalataink szerint az ú. n. vasbetontálcás kivitel nem vált be és az utóbbi időben sok helyen a tálca és kitöltő idom hiányában a gerendák közé függesztett zsaluzással készítettek helyszíni betonlemez-kitöltést.

A tetőszerkezetek készítéséhez több előregyártott típus van kivitelben. A VÁROSTERV két típusát mutatja be a 2. *ábra*, amelyek egyenként 9 m fesztávolságra készültek. A felső kisebb elemekből van kialakítva, az alsónál pedig az egyes szaruzatok már egy-egy nagyobb elemből készülnek. A kapcsolati módozatokat az ábra jobboldalán láthatjuk. Alatta a MEZŐTERV megoldását látjuk 16 m-es fesztávolságra, amelynél már utánfeszítés alkalmazását is tervbevették. A következő megoldás kétcsuklós, vonóvasas ív, felül mereven kiképzett kapcsolattal. Legalul pedig az IPARTERV egyik megoldását látjuk, amelyet téglaszárítószínek lefedésénél alkalmaztak és amelynél a főtartószerkezet két külön háromszögalakú elemből áll, amelyek alul és felül vannak összeerősítve.

Egy elgondolás szerint, amelyre vonatkozólag jelenleg gyakorlatilag is kísérletek folynak, utófeszített tetőszéket is előregyártottak, amelynél a szaruk és a vízszintes tetőgerendák 80—100 cm hosszú elemekből állanak.

Nagyszilárdságú cement és vas alkalmazásával az üzemi előregyártás költségeit sikerült lényegesen csökkenteni. Az előrefeszítés bevezetésével és az építési anyagok — főleg a cement — nemesítésével úgy a gyártási kapacitás, mint a gazdaságosság további emelkedése várható.

Az Épületelemgyárban eddig egyéb építőelemeket, falazó idomokat, rosacometta idomokat, kerítéselemeket is gyártottak, a jövőben pedig ablaktokok készítését is tervbe vették. Az eddigi gyakorlatunk szerint általában nagymértékben alkalmaztunk vasbetonablakokat és vasbetonfelülvilágítókat is előregyártva, miután azonban tapasztalataink szerint a kis ablakkeretekből összerakott nagy ablakokkal szemben a tipizált formák segítségével előállított nagyméretű önhordó ablakszerkezetek gazdaságosabbak, ezeket a legcélszerűbben már a helyszínen állítják elő, helyszíni előregyártással.

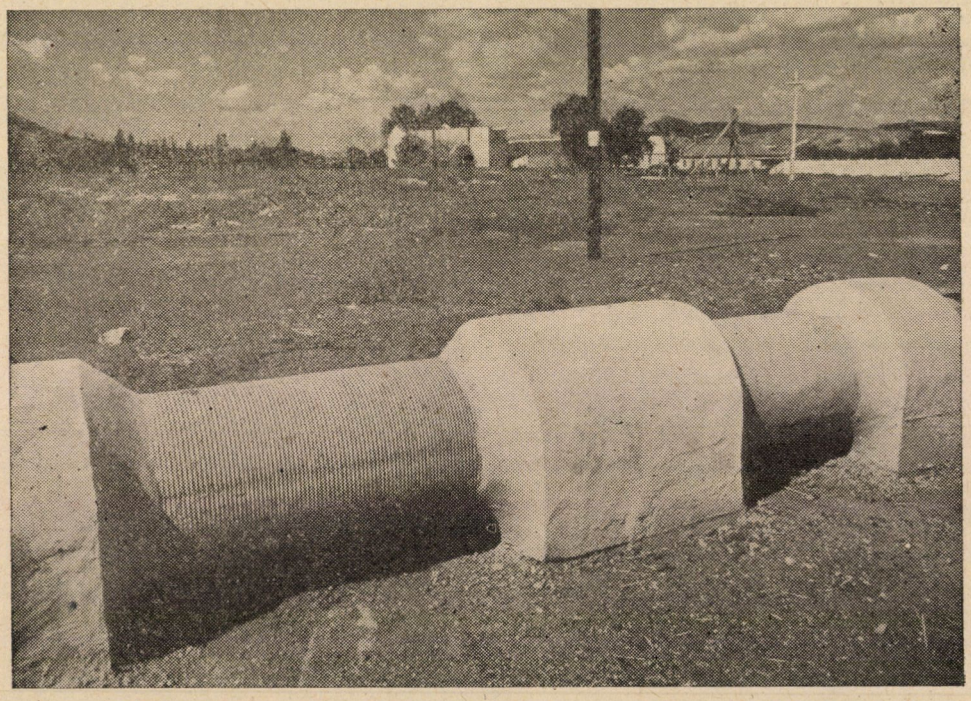
A mezőgazdasági építés terén igen nagy tere van az előregyártásnak és a Mezőgazdasági Tervező Vállalat javaslatai alapján, vasbetontetők és vázelemek, kaputokok, zöldtakarmánysilók, kifutó kerítések, vasbetonkiváltások, egyszerű födémgerendák és szaruelemekből készített tetőszerkezetek egyes elemei igen nagy teret nyujtanak az üzemi előregyártásra, amelyet azonban egyelőre helyszíni előregyártással oldanak meg. Nagy fesztávú építmények szaruelemeinek előregyártását utánfeszítéssel is tervezik.

Újabban előtérbe került annak a kérdésnek a vizsgálata, hogy a szállítás és felállítás szempontjából hol van az üzemi előregyártás gazdaságossági határa.

Csak fokozottabb gépesítés mellett gondolhatnánk arra, hogy nagyelemű, a kitöltőelemekkel egybeépített födémszerkezeteket és vasbeton lépcsőelemeket is alkalmazzunk előregyártva. A nagyelemű üzemi előregyártásra még a hídelemek előregyártása terén is találunk példákat, melyekről később lesz szó.

b) Vasbetonaljak gyártásának kérdése Magyarországon fokozottabb jelentőségű és az ilyenek gyártása már a háború előtt is folyt. Oka ennek az a körülmény, hogy a keményfa talpfáknak nemcsak anyagát, hanem az azok impregnálásához szükséges kátrányt is külföldről hoztuk be és így azok beszerzése komoly valutáris megterhelést jelentett. A háború előtt készült vasbetonaljak könnyen megrepedtek és túlságosan merevek voltak. Ezeknek a hátrányoknak kiküszöbölésére legalkalmasabbnak az előfeszítve, előregyártott vasbetonaljak mutatkoznak, amelyek könnyebbek, rugalmasabbak és amelyeknél a repedésmentesség is sokkal nagyobb mértékben van biztosítva, mint a közönséges vasbetonból készített aljaknál.

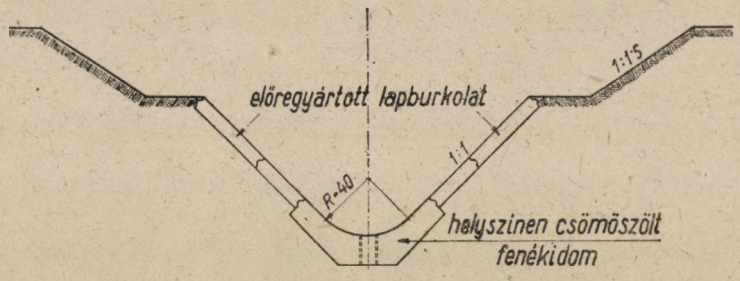
A feszített vasbetonaljakra vonatkozólag többéves magyarországi tapasztalatok vannak, amelynek folyamán úgy a gyártás technológiáját, mint a leggazdaságosabb és a célnak legjobban megfelelő szelvényt sikerült kialakítani. A vasbeton vasúti alj 250 kg súlyához képest a feszített alj súlyát 200 kg, vasanyagszükségletét 12,6 kg-ról 4,8 kg-ra sikerült leszorítani. A külföldi eljárások



3. ábra. Csévéléssel készült feszített vasalású betoncsövek nyomáskísérlet alatt.

tanulmányozása után a hazai kísérletek Rathing kartárs irányítása mellett egy igen gazdaságos gyártási eljárás kialakításához vezettek, amely gőzöléses, érleléssel jól bevált.

c) Beton-, vasbetoncsövek és mélyépítőipari elemek. Nyomócsöveknek feszített betonból való előregyártása jelenleg van kísérlet alatt a Mélyépítőipari Betonelőregyártó Vállalat telepén, ahol 5 cm vastag, 43 cm belső átmérőjű betoncsőre csévéléssel készült feszített vasalást alkalmazunk. (l. 3. ábra). A tartó köré vékony, de nagyszilárdságú acélhuzalokat tekerünk úgy, hogy a forgópadra helyezett vasalás nélküli tartóra a huzalokat a dobról legombolyítva feszítjük rá. Ezután a huzalokat védőbetonréteggel, bitumenes jutával, vagy üvegfona-



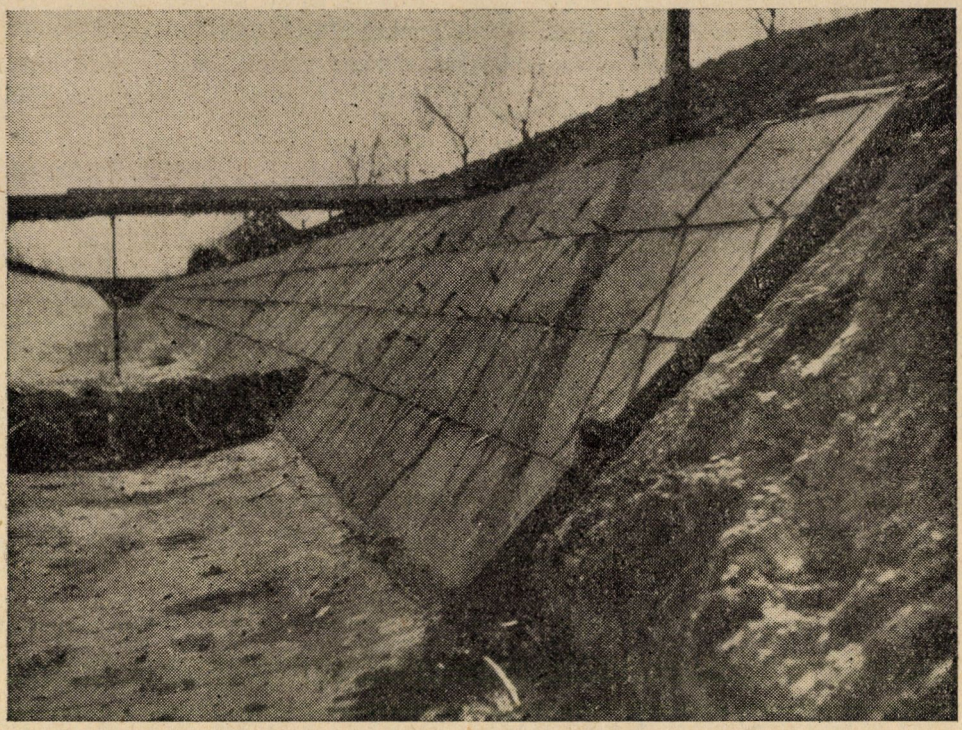
4/a. ábra. Helyszínen csömöszölt fenékidomhoz előregyártott lapburkolat

dékkal védjük meg. Az eddigi kísérletek szerint ez a cső csak 19 atmoszféra üzemi nyomással nyílt meg és a nyomás megszünte után a repedések ismét csukódtak. Ez túlzott biztonságot jelent, ami a gyártás lényeges egyszerűsítését fogja lehetővé tenni.

A mélyépítőipari elemek közül előregyártott burkolóelemek kerültek kivitelre és felszíni vízlevezetésnél hornyolt burkolólapokkal nagymennyiségű rézsüburkolás és fenékburkolás készült. A 4a, 4b. és 5. ábrák a fenékburkolásnak két módszerét mutatják be. A 4a. és b. ábrán helyszínen csömöszölt fenékidomhoz előregyártott lapburkolat csatlakozik. Az 5. ábrán a sóványbetonaljzatra előregyártott idomlapok kerülnek.

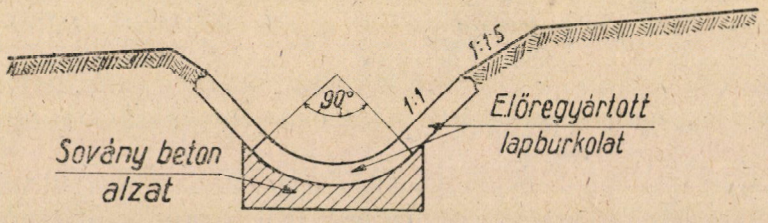
Idesoroljuk még az öntözés területén felmerülő előregyártott elemeket, így csőzsilipeket, bujtatókat, szivattyúaknákat, amelyek azonban nagyrészt már helyszíni előregyártással készülnek.

d) Hídelemek. Az előregyártásnak a hídépítés területén való alkalmazására is számos példát találunk. Előregyártott, előrefeszített főtartóelemek készültek a MÉLYÉPTERV tervezésében 16 m nyílásig. A gyártási eljárás eddig kísérleti jellegű volt, ennek ellenére már 1950-ben 6 db., 1951-ben pedig 10 db előrefeszített híd épült. 1951-ben már a pályaszerkezet egy része is előregyártott, feszített kivitelben készült, úgy hogy itt sincs már szükség helyszíni zsaluzásra. Cél a zsaluzás teljes kiküszöbölése és a helyszíni betonozás elkerülése oly-



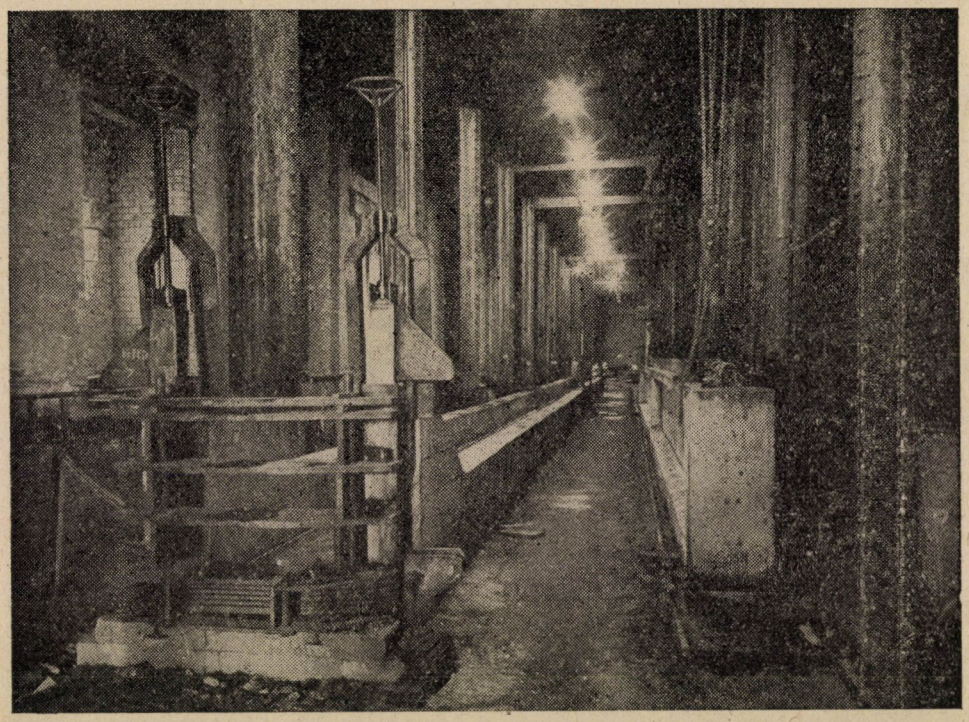
4/b. ábra. Csatornarézsü burkolata előregyártott elemekből

módon, hogy legfeljebb a pályalemez felső részét kell a helyszínen betonozni, de ezt is csak a kész elemek alkotta zsaluzással.



5. ábra. Sóványbetonaljzatra előregyártott idomokból készült lapburkolat

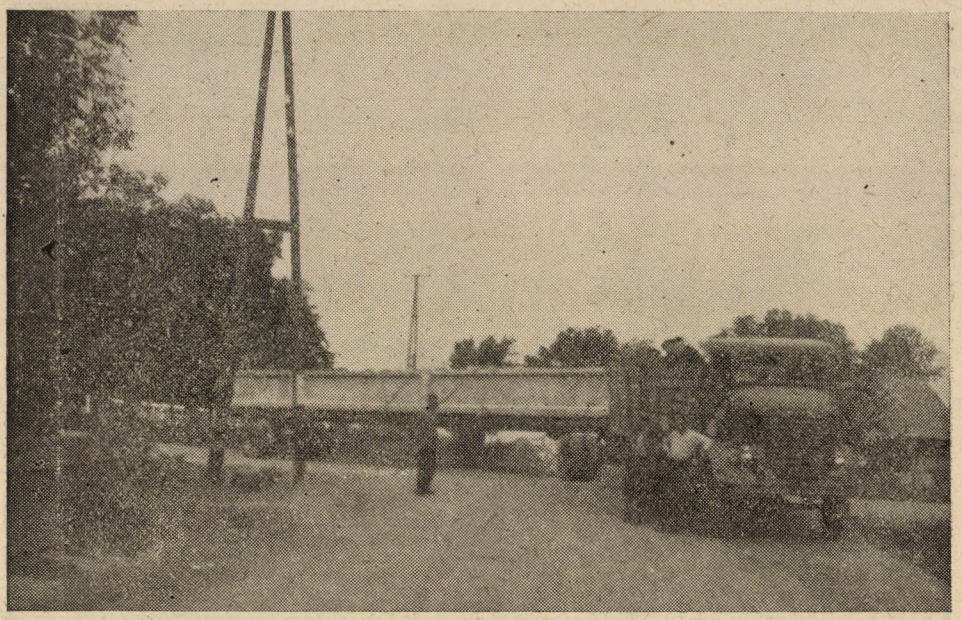
A főtartók előállítása 60 m hosszú fix feszítőpadon történik, Hoyer-rendszerrel, Freyssinet-féle puskával és ékdugóval. A 6. ábrán a feszítőpadot látjuk, mellette egy kész tartóval. Ezeknél 5 mm ∅-ü hullámosított acélhuzalt alkalmaznak. A huzalokat a tapadóképesség biztosítására hullámosítva készítik, amely hullámosítás úgy történik, hogy a huzalokat két egymással szemben levő fogaskerék között húzzák át. A Műszaki Egyetemen lefolytatott kísérletek



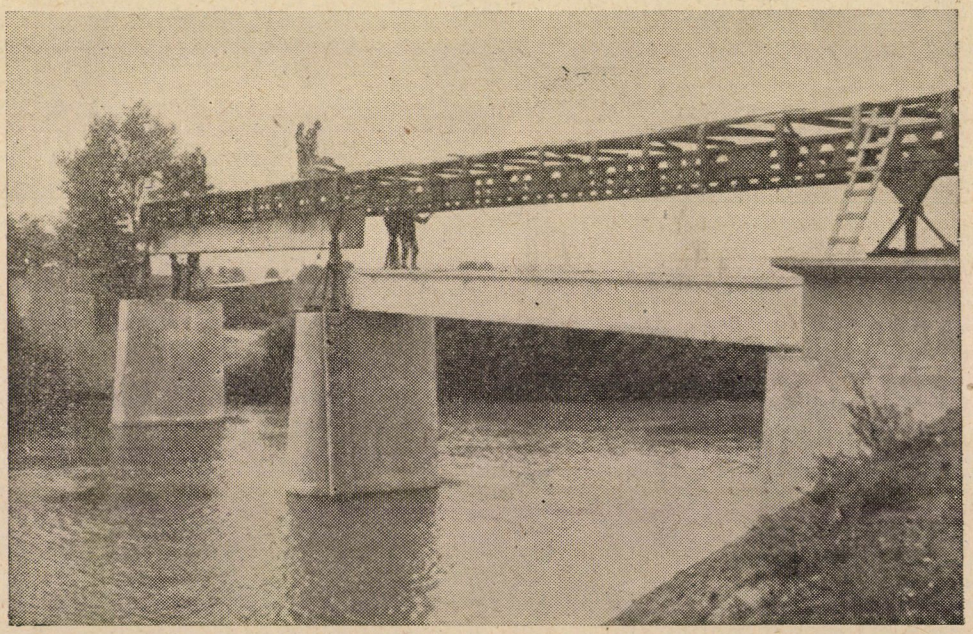
5. ábra. Feszítőpad hídfőtartóelemek Hoyer-rendszerrel való előállítására. Mellette kész előregyártott tartó

eredményei szerint a sima huzal szakítószilárdsága 147,5 kg/mm² a hullámosított huzal szakítószilárdsága pedig 145 kg/mm². Bár fárasztási kísérleti eredmények még nem állnak rendelkezésre, statikus terhelésre a hullámosítás gyakorlatilag nem rontja le a huzal szilárdságát. Miután a hullámosított huzal többet nyúlik, mint a rovátkolt felületű huzal, a feszítés nagyobb nyúlással jár és ezért ahhoz a Freyssinet-féle eljárással kombinált külön feszítőberendezést alkalmaznak. Az előrefeszített huzalok rögzítése 105 kg/mm² feszültség mellett történik és a huzalok rögzítése után az előfeszítést akkor oldják fel, amikor a beton a 360 kg/cm² szilárdságot elérte. A 105 kg/mm² feszültség 100 kg/mm²-re esett vissza és e feszültségcsökkenésnek 70%-a már az első négy órában lejátszódott. A feszített tartók súlya kereken 8 tonna. A hőérlelés gőzzel történik.

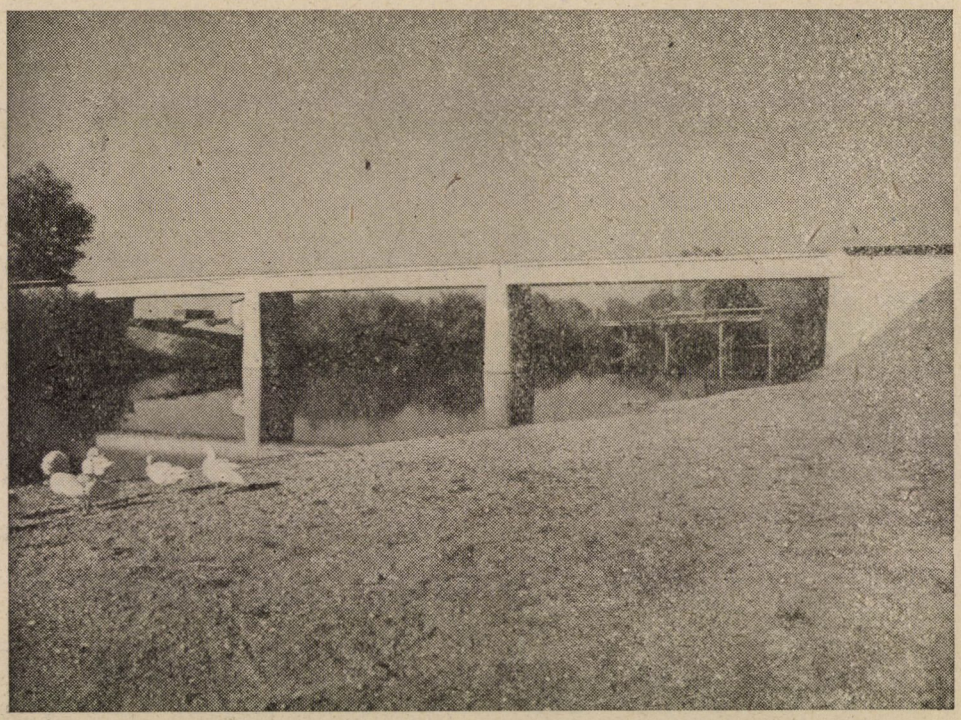
A 8 tonna súlyú tartókat a gyárból való kiszállítás után a leadóállomáson összerakható portáldaruk rakják ki a vagonból. A helyszínre való szállítás erre a célra készített, utánfutóval ellátott gépkocsival történik (7. ábra). A tartót ugyancsak erre a célra szerkesztett szerelőhídon futómacskával viszik a végleges helyére (8. ábra). A hídszerkezetnek az előfeszített tartók alkalmazása folytán feltűnően alacsony szerkezeti magassága alakult ki (9. ábra).



7. ábra. Előregyártott 8 t súlyú hídtartó szállítása utánfutóval ellátott gépkocsival



8. ábra. Előregyártott hídtartó végleges elhelyezése futómacskával, erre a célra szerkesztett szerelőhíd segítségével



9. ábra. Feltűnően alacsony szerkezeti magasságú előfeszített hídszerkezet

Ha felvetjük azt a kérdést, hogy ilyen nagyméretű tartóknak gyárban való előállítása és a helyszínre szállítása gazdaságos-e, akkor amint azt már a bevezetőben említettük, ezt elsősorban hazai szempontjaink figyelembevételével kell megítélnünk. Összehasonlításra leghelyesebbnek az anyagfelhasználás látszik és annak a körülménynek a figyelembevétele, hogy a külföldről behozott fa megtakarítása Magyarországon fokozottabb jelentőségű. Az ismertetett előrefeszített híd faállványanyag felhasználása nélkül épült, miután állványozásra nem volt szükség. Az előrefeszítés révén betonban 15%, vasban pedig 60% a megtakarítás.

Az előregyártott, előrefeszített hidak különösen előnyösek vasúti feljárókhoz. Ebben az esetben ugyanis azáltal, hogy a pályatestre alátámasztás nem kerül, amely a forgalom sebességének csökkentését kívánja meg, az építkezés alatt a forgalomban előálló időveszteségek is kiküszöbölhetők.

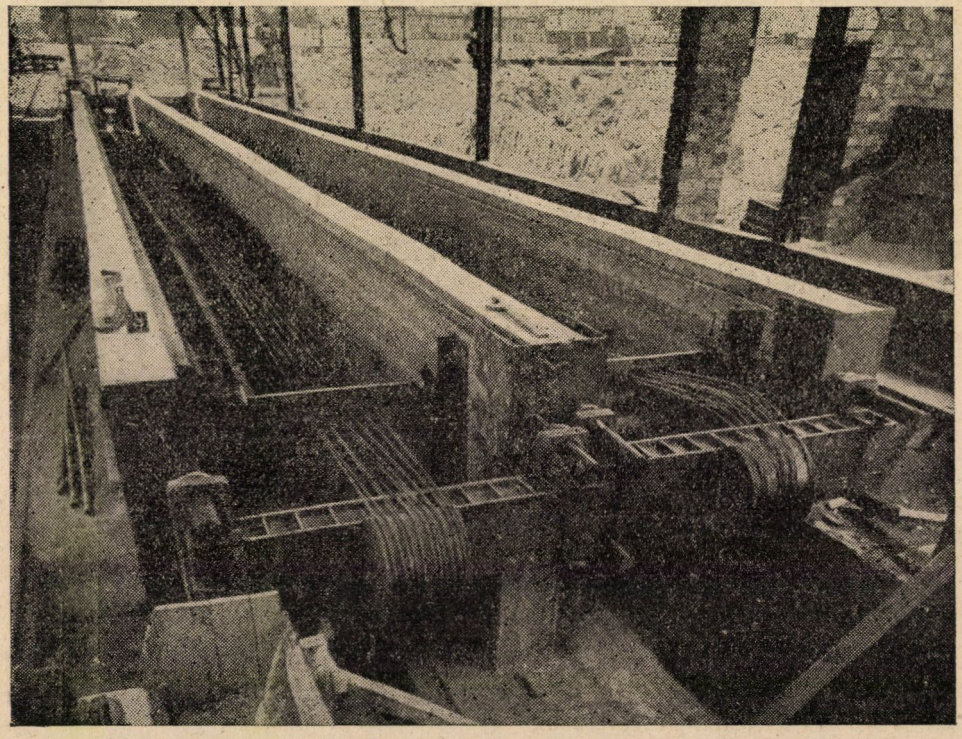
Megemlítjük, hogy készülnek még hídpályáknál felhasznált előrefeszített pallók. Ezeket 2—7 m fesztávolságú szabványosított lemezes hidak részére gyártják és a pályalemez zsaluzását helyettesítik, egyúttal a helyszínen rábetonozott réteggel együtt képezik a lemezt.

Az előrefeszített betonpalló és a rábetonozott beton közötti tapadást legújabban kísérletekkel vizsgálták, amelyek során négyféle felületi kapcsolatot vizsgáltak meg :

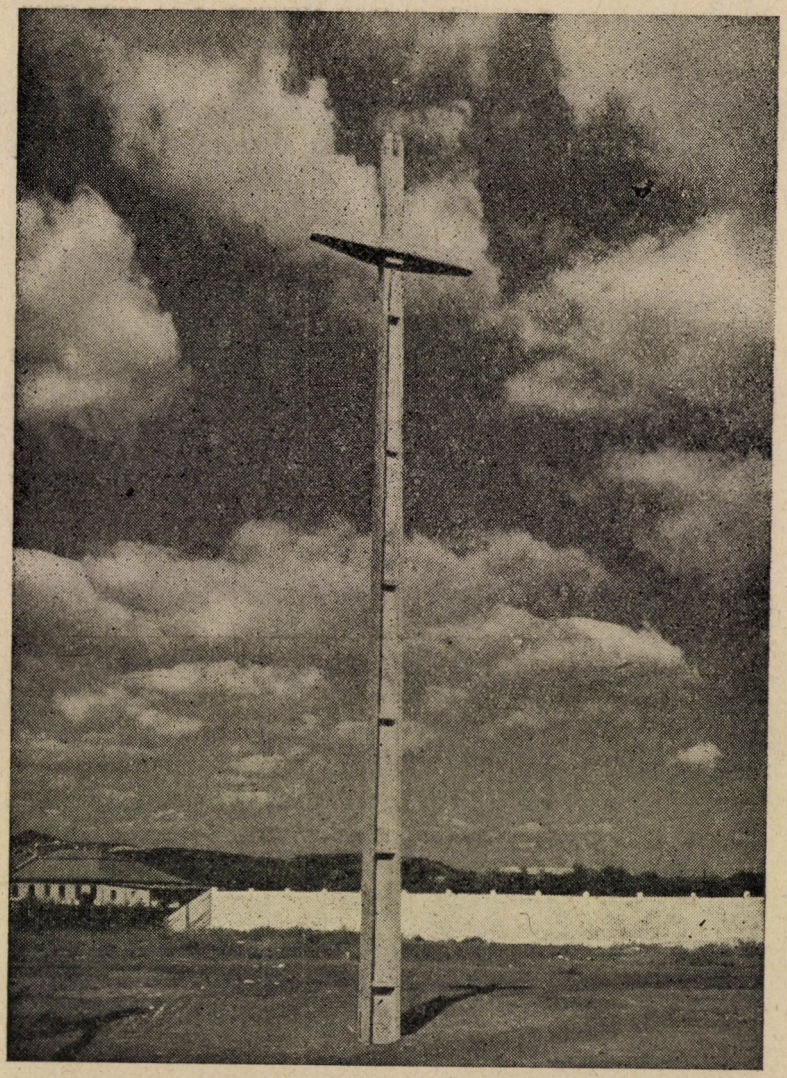
1. tüske és felületi kezelés nélkül ;
2. tüske nélkül, a felület feldurvításával ;
3. függőlegesen álló kengyelekkel ;
4. ferdén vezetett kengyelekkel.

A vizsgálatok eredményei szerint a vizsgált kapcsolatok gyakorlatilag azonos szilárdságot adtak. 1,5—2 m széles kísérleti pályán dinamikus kísérletet is végeztek 2 tonnás fogaslétrán egy-egy zökkenésnél 2 cm-t ugró kerékkel. Ennek eredményei is kielégítőek voltak. A 4—6 cm vastag pallók 20 cm szélességben 6—10 db 5 mm ∅ megfeszített acélhuzallal vasaltak. A vibrálás lapvibrátorral történik és az acélhuzalokat 110 kg/mm² feszültséggel húzzák ki. A Boráros-téri híd részére jelenleg 250 kg súlyú, 10 m hosszú, 4 cm vastag és 25 cm széles pallókat is készítenek.

e) Vezetéktartóoszlopok. Tervgazdálkodásunk egyik fő célkitűzése az ország villamosítása, amellyel kapcsolatosan nagy távvezetékhálózat épül. Vasbeton vezetéktartóoszlopok készítésével a kevésbbé tartós fa és a drága vasszerkezet



10. ábra. Feszített huzalok szerelése előrefeszített távvezetéki oszlopokhoz



11. ábra. 12 m hosszú 35 kw-os távvezetéki előrefeszített oszlop bordás kettős T szelvénnyel

helyettesítésére már a háború előtt is kísérleteztek. Elterjedését azonban a tartóoszlopok nagy súlya miatti nehéz szállíthatóság akadályozta. Legújabban mind nagyobb mértékben áttérünk kiskeresztmetszetű, nagy vasmegtakarítással előrefeszített vasbeton vezetéktartóoszlopok gyártására és az 1952. évben erre a célra egy új gyárüzem is épül. Jelenleg Vajda Pál kartárs terve szerint, 12 m hosszú, 35 kw-os távvezetéki előrefeszített oszlopok készülnek bordás kettős *T* szelvénnyel 5 mm Ø-ü hullámosított acélhuzal alkalmazásával, Freyssinet-rendszer szerint.

A 10. ábrán látható a feszített huzalok szerelése, a 11. ábra pedig egy kész oszlopot ábrázol.

Az előrefeszített tartóoszlopok árelemzés szerint jelenleg 6%-kal drágábbak a fánál, jóval nagyobb élettartamúak, rugalmasabbak és repedésmentesebbek a közönséges fa-távvezetéki oszlopoknál. Az alkalmazási terület kiterjed a kisebb méretű és terhelésű távbeszélő oszlopokra is.

II. Helyszíni előregyártás

A helyszíni előregyártás bevezetésénél magyarországi viszonyaink között különös tekintettel kellett lennünk az említett két körülményre, az anyagmegtakarításra és időmegtakarításra. Ezeknek együttes kihatásai állapítják meg azt, hogy milyen mértékben érdemes helyszíni előregyártást alkalmazni. Itt nemcsak a faanyagmegtakarításra kell figyelemmel lennünk, amivel nagyon szűken rendelkezünk, hanem arra is, hogy a takarékosság elvének szemelőtt tartásával előregyártott szerkezeteinket a leggazdaságosabban, a legkevesebb vas és cement felhasználásával tervezzük meg.

Épületeinket részleges, vagy teljes előregyártással készíthetjük. Teljes előregyártásnak azt nevezzük, amikor az egyes alkatelemek helyszíni összeállításánál már semmiféle falazó, betonozó, vagy általában helyszíni nedves munkára nincs szükség és az épületrészek összeépítése csupán száraz összeszereléssel történik.

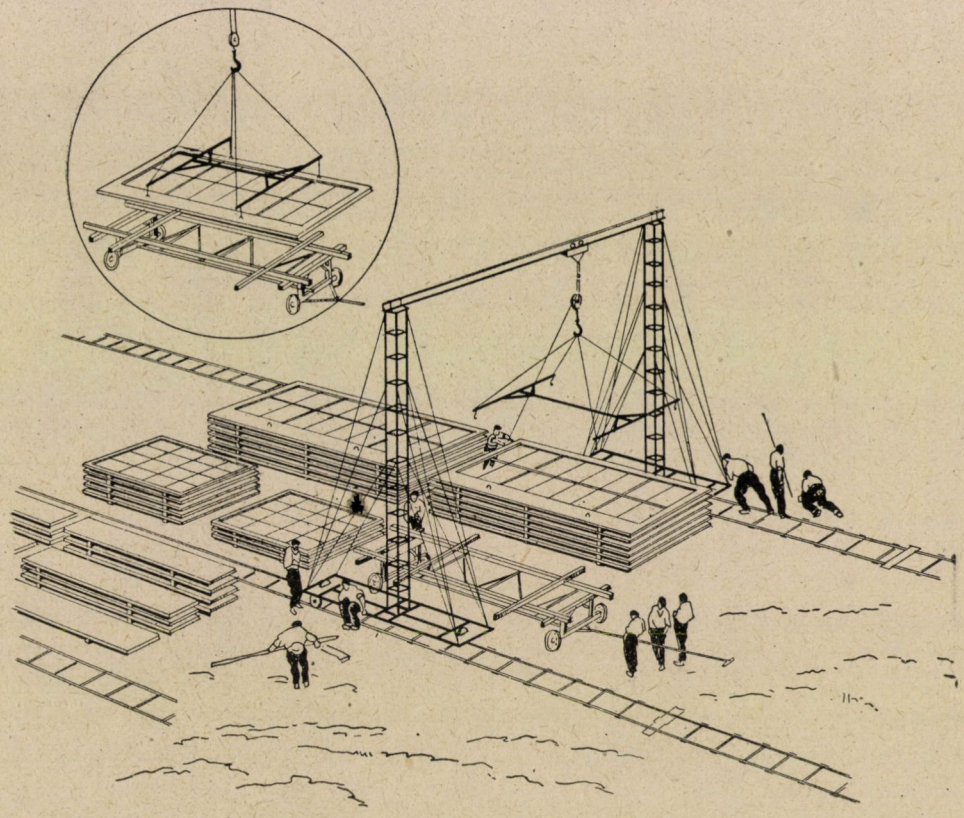
Az Építésügyi Minisztérium 1952-re tervezett irányelveiben a következőkben alakította ki a teljesen előregyártott elemeknek súlyszerinti osztályozását:

1. Nagyelemek egészen 60 tonna súlyhatárig.
2. Középnagyságú elemek, amelyek az emelőszerkezetek teherbírásának megfelelőleg lehetnek:
   a) nagy középelemek 20 tonnáig;
   b) könnyebb középelemek 10 tonnáig és
   c) könnyűelemek 6 tonnáig.
3. Kis térelhatároló és lefedőelemek egészen 3 tonna súlyhatárig.

a) Ipari épületek. A helyszíni előregyártás szükségessége elsősorban csarnokoknál, műhelyeknél és raktáraknál, tehát ipari építményeinknél merült fel. Ezeknek terveit az Ipari Épülettervező Vállalat készíti, amely ebben az évben külön Előregyártó Ipariépület Tervező Irodával bővült ki. Az ipari épületek a jelen gyakorlat szerint részleges, vagy teljes előregyártással készülnek. A részleges előregyártás egyik módja az, amikor az épület vázszerkezete teljesen monolitikusan készül, a váz kiegészítő- és kitöltőelemei azonban már előregyártva. Ilyen kiegészítő- és kitöltőelemek a vasbetonablakok, vasbetonfelülvilágítók és tetőhéjazati elemek, kiváltások stb. Ezeknél a kisebb elemeknél nagy tere van a tipizálásnak és a szabványosításnak. Az ilyen kisebb elemek helyszíni előállításánál célszerűen alkalmazzuk a vasformákat. A vasbetonabla-

kok ismétlődő típusméretei azonos formát kívánnak meg, ami az előállítást gazdaságossá teszi. Az egyéb elemek alkalmazásánál azonban, miután véglegesen kialakult és hosszabb időre szóló szabványelem nehezen képzelhető el, tapasztalataink szerint nem érdemes nagymennyiségű és költséges vasformák gyártására berendezkedni. Miután a fából készült forma szükségmegoldás és csak bádoggal bélelve fogadható el, műkőforma viszont csak üzemi előregyártásnál jöhet szóba, a helyszíni előregyártásnál betonformákat alkalmazunk, amelyek gipszből, pozitív formákban aránylag könnyen és olcsón állíthatók elő. A vasbetonablakoknál gyakorlatilag a kisebb egységekkel szemben általában, az egydarabban készült nagyobb egységű önhordóelemek váltak be. Ezeknek szállítása, emelése és elhelyezése még egyszerű eszközökkel történhet. A héjazatok közül a kis, előregyártott bordáslemezek az ú. n. Hillpallók terjedtek el, kb. 100—200 kg súly között. Ezek azonban ilyen kis súlyhatárig csak szelemenek közbeiktatásával kerülhettek kivitelre.

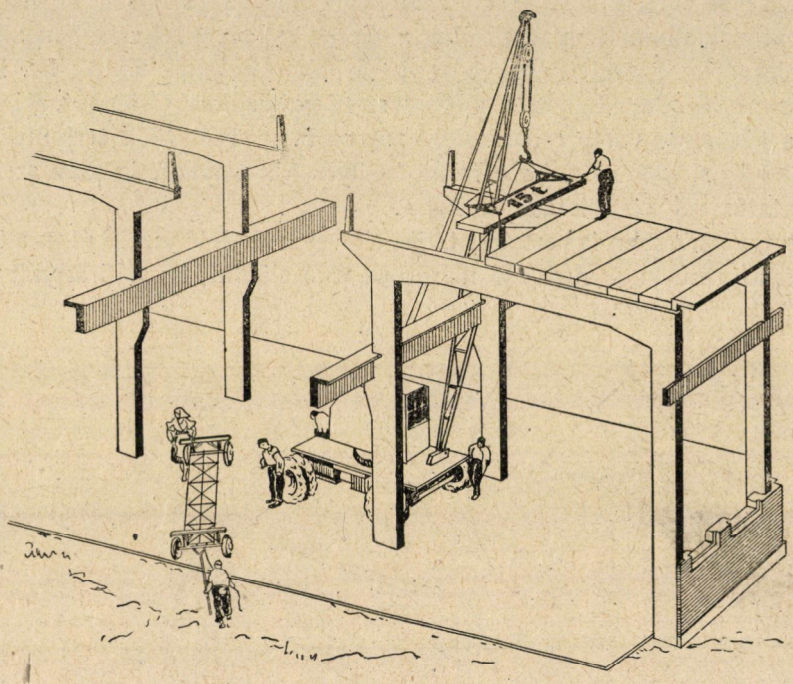
A továbbiakban ismertetett teljes előregyártás felé vezető úton a törekvés ezeknek az elemeknek nagyobb méretben való előállítása felé irányult és ezzel



12/a. ábra. Előregyártott elemek tárolása megadott alátámasztással. Kocsira emelés portál daruval

párhuzamosan megindult a szállító- és elhelyezőberendezéseknek minél nagyobb teljesítőképességű kialakítása is.

A fejlődésnek ugyanezek a fokozatai tapasztalhatók a vasbetonfelülvilágítóknál, ahol a könnyen kezelhető kissúlyú elemek használatáról fokozatosan tértek át nagyobb súlyú és fejlettebb szállító- és elhelyezőberendezéseket igénylő elemek készítésére. Az Ipari Épülettervező Vállalat összehasonlító tanulmányokat végzett a leggazdaságosabb felülvilágító rendszer kialakítására.



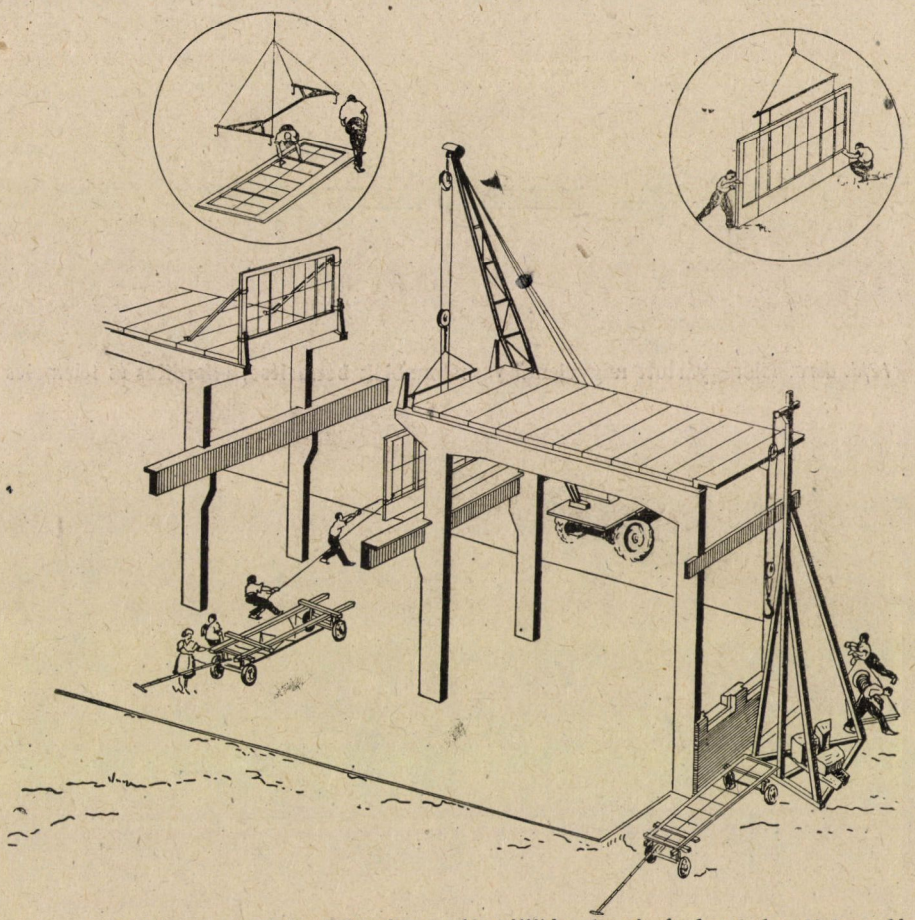
12/b. ábra. Tetőelemek elhelyezése daruval a szállítókocsiról való felemelés után

Ennek eredményeképpen az adódott, hogy az oldalakokkal egybeépített hosszirányú teherbíró fallal kiképzett felülvilágító típus egyike a leggazdaságosabbaknak *(*l. 12/a-t. *ábra)*.

Az elemeket a megadott alátámasztással tárolják és portáldaruval rakják kocsira. Utána a tetőelemeket a helyszínre szállítják és daruval a keretre helyezik. Ezután a felülvilágító oldalrácsot szállítják a helyszínre, daruval leemelik a kocsiról, elfordítják és beemelik és ideiglenesen kimerevítik. Egyidejűleg bikával elhelyezik a vasbetonablakokat, végül a felülvilágító tetőelemet helyezik el.

További felülvilágító típusokat a teljes előregyártás későbbi példáival kapcsolatosan fogunk megismerni.

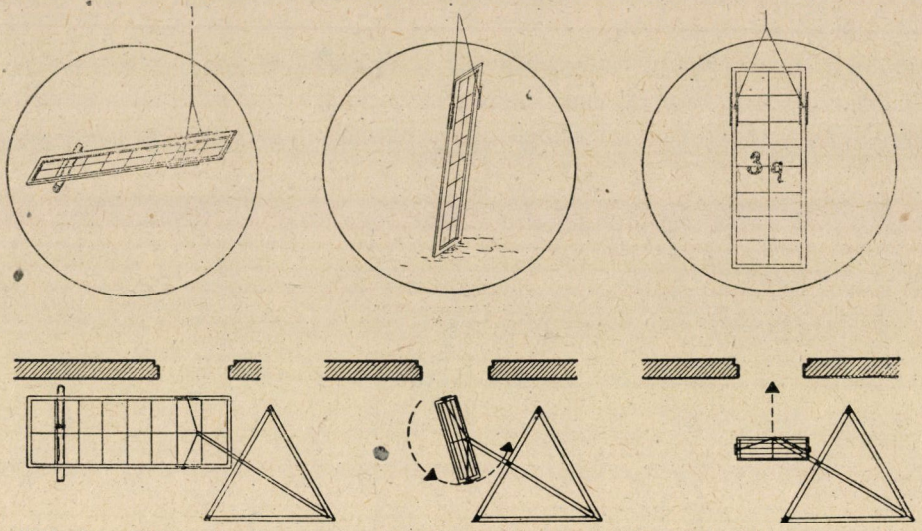
A részleges előregyártásnak egy másik módja — szerző javaslatára — az az eljárás, amelynél a főtartóelemek, nagy keretelemek, ívek stb. helyszíni betonozással készülnek fix, vagy gördülőállvány segítségével, a kitöltő szerkezeti elemek



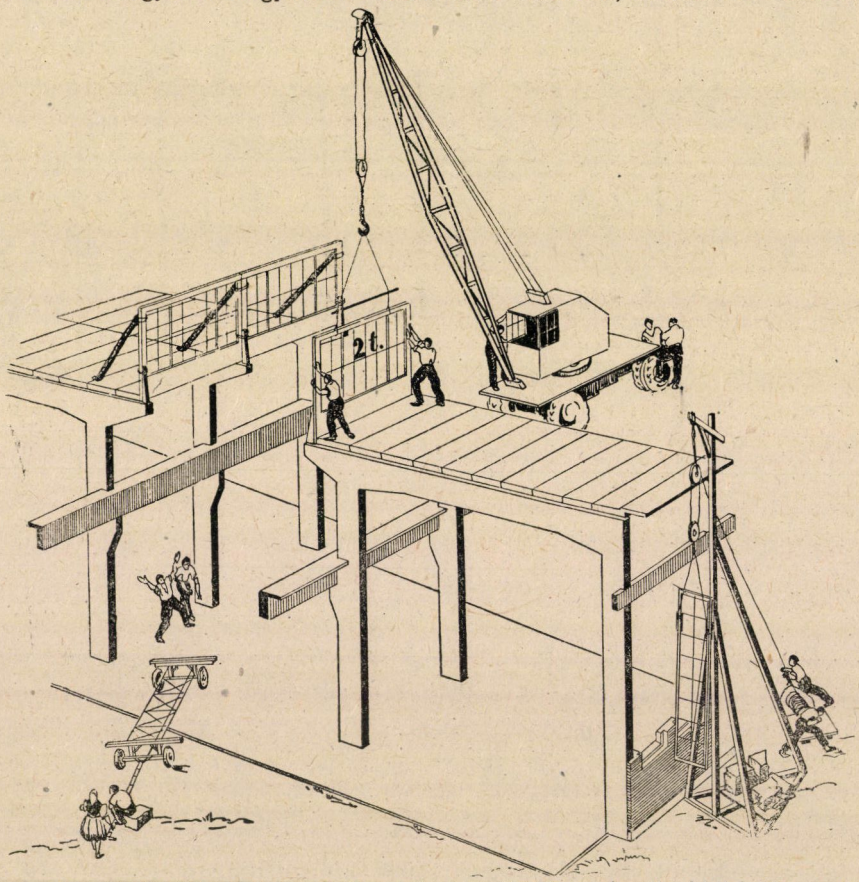
12/c. ábra. Felülvilágító oldalrács helyszínre való szállítása kocsival, daruval való leemelése, elfordítása, beemelése és ideiglenes kimerevítése

— szelemenek, héjazatok stb. — pedig részben, vagy teljesen előregyártva. Emelőberendezés hiányában a szelemeneket is legtöbbször célszerű a keretállásokon túlnyújtva, csuklós konzolos kivitelben — amely gazdaságosnak mutatkozott — szintén a helyszínen elkészíteni a keretekkel együtt és csak a csigákkal és kötelekkel könnyen beemelhető közbenső részt készítjük előregyártva.

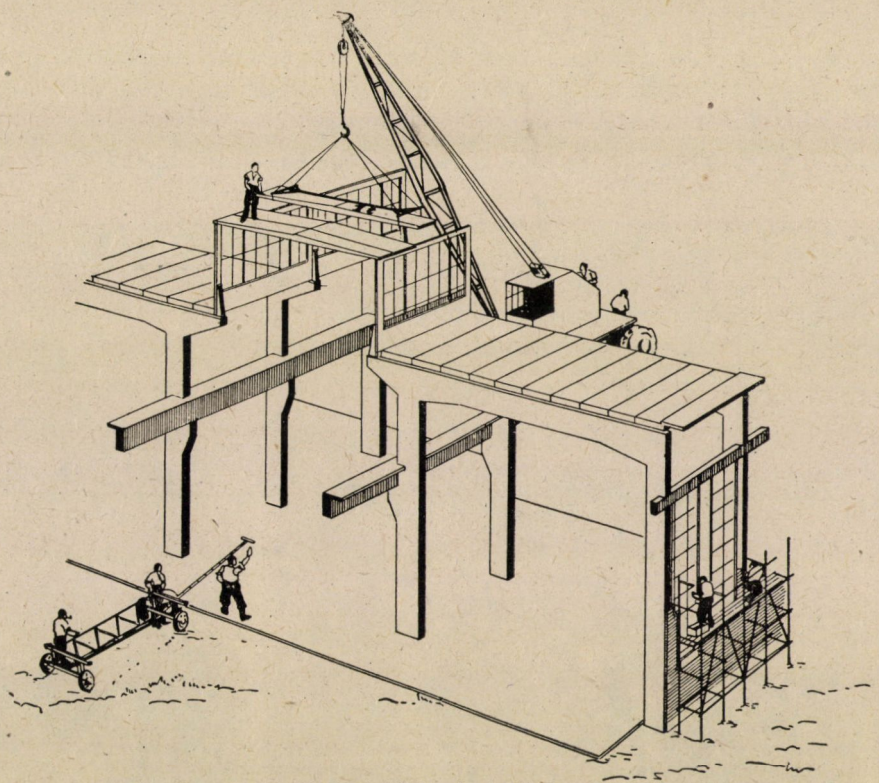
A *13. ábrán* látjuk a mozgóállványt kihúzott állapotban. A *14. ábrán* pedig a csarnoknak már a mozgóállvánnyal elkészült monolit elemei láthatók,



12/d. ábra. Előregyártott nagyelemű vasbetonablak beemelése, elfordítás és felemelés



12/e. ábra. A felülvilágító oldalrács elhelyezésével egyidejűleg helyezik el bikával a vasbeton-ablakokat is



12/f. ábra. Felülvilágító tetőelemének elhelyezése és oldalfal falazása

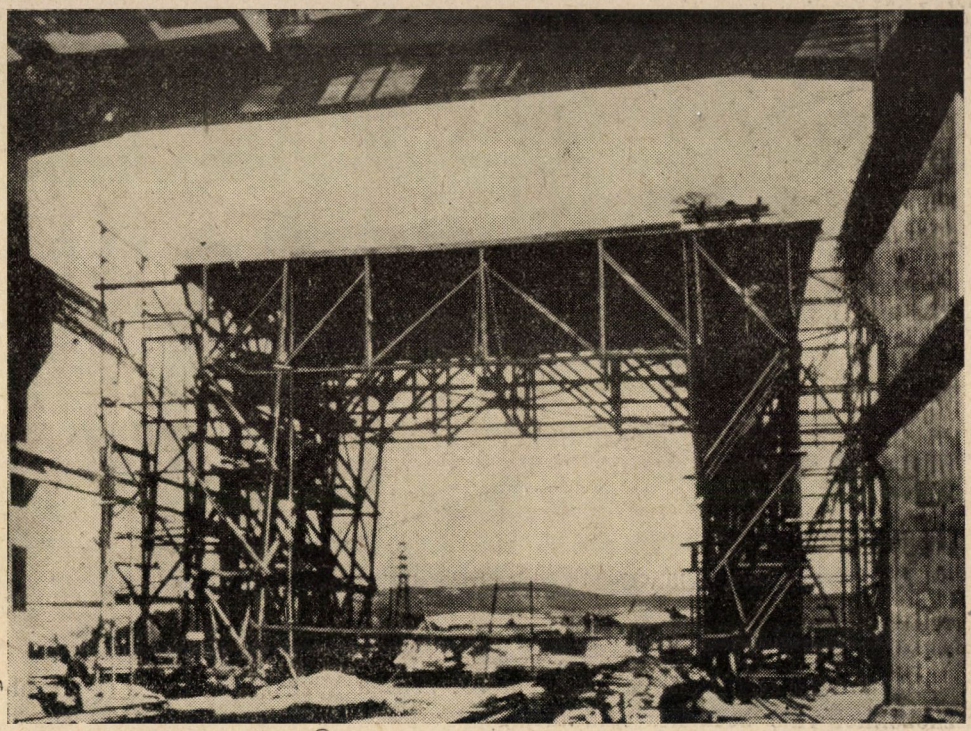
háttérben a mozgóállvánnyal, végül a *15. ábra* a közbenső résznek egyszerű eszközökkel való beemelését mutatja.

Nagyobb terhelésű födémeknél rétegelt lemezes megoldást alkalmazunk. Ennél az alsó lemezréteg előregyártott és tartalmazza azokat a vasbetéteket, amelyek a véglegesen kialakított lemez vasalásához szükségesek. A kiegészítő második réteg utólagos rábetonozással készül. Az alsó és felső lemezréteg közötti együttdolgozásra vonatkozó kísérletek ugyanolyan eredményesek voltak, mint a már említett előfeszített zsaluzópalló együttdolgozására vonatkozó kísérletek.

Épületeink egy részénél, a szállító- és emelőberendezések hiányára való tekintettel, a fenti részleges előregyártási eljárásokat alkalmazzuk és az ismertetendő teljesen előregyártott épületek csak azoknál a nagyobb reprezentatív ipari építkezéseinknél kerülhetnek kivitelre, amelyeknél a kivitelezés részére szükséges teljes gépesítés a megfelelő előregyártó szakemberek mellett, a tervszerű irányítást lehetővé teszi.

A könnyebb középelemek előregyártása — ha legalább 10 tonna teherbírású daruk állnak rendelkezésre — a gördülőállvánnyal készült főtartóállások

közötti főtartórészek előregyártását is lehetővé teszi *(16. ábra)*. Miután ilyen részleges előregyártás esetén — amely egyébként a vasbetonszerkezetek monolitikus tulajdonságainak legnagyobbmérvű kihasználását teszi lehetővé — csak az építmény alapterületének egy része készül előregyártással, az egyébként is kevés rendelkezésre álló daruk nincsenek teljesen kihasználva. A legújabb

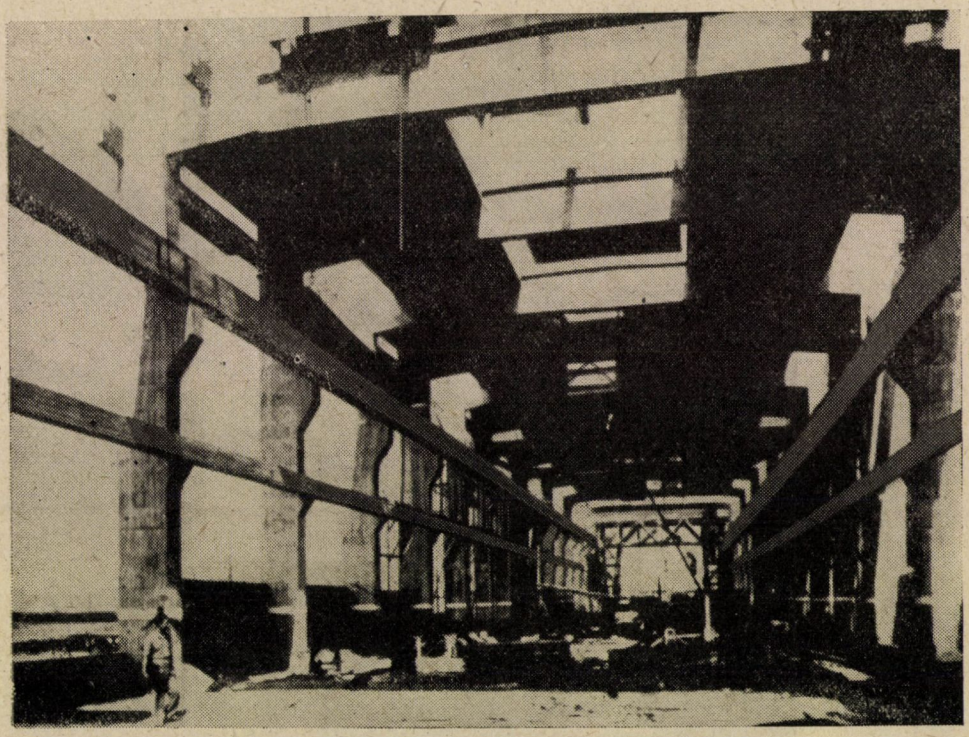


13. ábra. Monolit elem készítésére szolgáló mozgóállvány kihúzott állapotban

tervezési utasítások szerint a közbenső főtartórészek vagy gördülőállvánnyal, vagy pedig a már elkészült darupályára felfektetett mozgóállvánnyal készülnek.

A gördülőállványokkal készült keretelemeknél a szilárdulás meggyorsítására gőzölést alkalmaztunk. Tipizált, különböző fesztávolságokra és magasságokra állítható gördülőállványok kivitelezés alatt vannak. Az egyes építési ütemek szoros egymásutánját és egymáshoz kapcsolódását a fenti megoldásnál gondosan megszervezett munkamenettel kell biztosítani. Az a tapasztalatunk, hogy a részleges előregyártásnál, ahol a munkahely előregyártásra nincs kellőképpen berendezve, a kivitelező az előregyártásnál nehéz feladatokkal áll szemben. Az előregyártott elemek beemeléséhez kellően beütemezett időben kell emelőgépről gondoskodni, ami kis emelőgépállományunk mellett nem mindig lehet-

séges. Ezenkívül a régi megszokott módszerekhez szokott szakmunkásokat a részleges előregyártás által megkívánt pontosságra és a munkálatok kellő ellenőrzésére kell megtanítani. Ezért gépparkunk jobb kihasználása érdekében az előregyártással készülő épületek megoldása inkább olyan irányba terelődik, hogy azokat vagy teljes előregyártással készítik, amelyekhez különleges emelő-



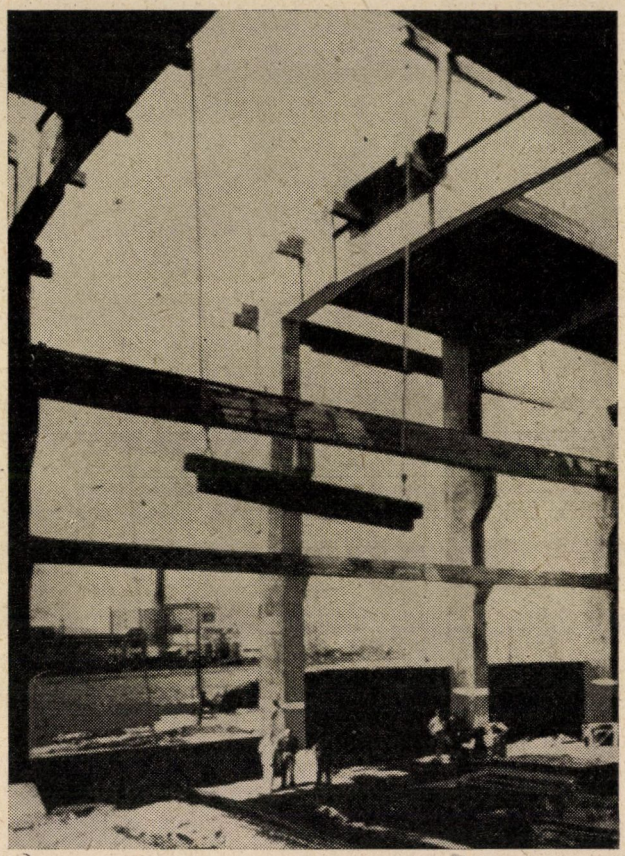
14. ábra. Csarnoképítés előregyártással kombinált monolit elemekkel, háttérben a mozgóállvánnyal

berendezések a szükséghez képest a munkálatok teljes folyama alatt időben állnak rendelkezésre, vagy pedig olyan monolitikus kivitelben, amelynél a kisebb előregyártott elemek beemelése emelőberendezést nem igényel és az emelés egyszerű csigákkal, vagy felvonókkal megoldható.

Az előregyártott szerkezetek fejlődésével párhuzamosan azoknak statikai kialakítása is fejlődésen ment keresztül. A fejlődés olyanirányú, hogy a szerkezeteket az emelendő súlyok minimálisra való csökkentésével állítsuk elő. Míg a monolitikus szerkezeteknek jellemzője általában a négyszögkeresztmetszet volt, az előregyártott szerkezetek alkalmazásával — amint azt a födémgerendáknál is láttuk —, fokozatosan áttértünk a teherhordó keresztmetszeteknek anyaggazdaságos előállítására, a tömörgerincű kettős *T* szelvényre, vagy rácsos vas-

betonszerkezetű szelvényekre. További súlycsökkentést jelent ezeknek előrefeszített kivitele, amely megoldás egyszersmind nagymértékű vasmegtakarítást is eredményez.

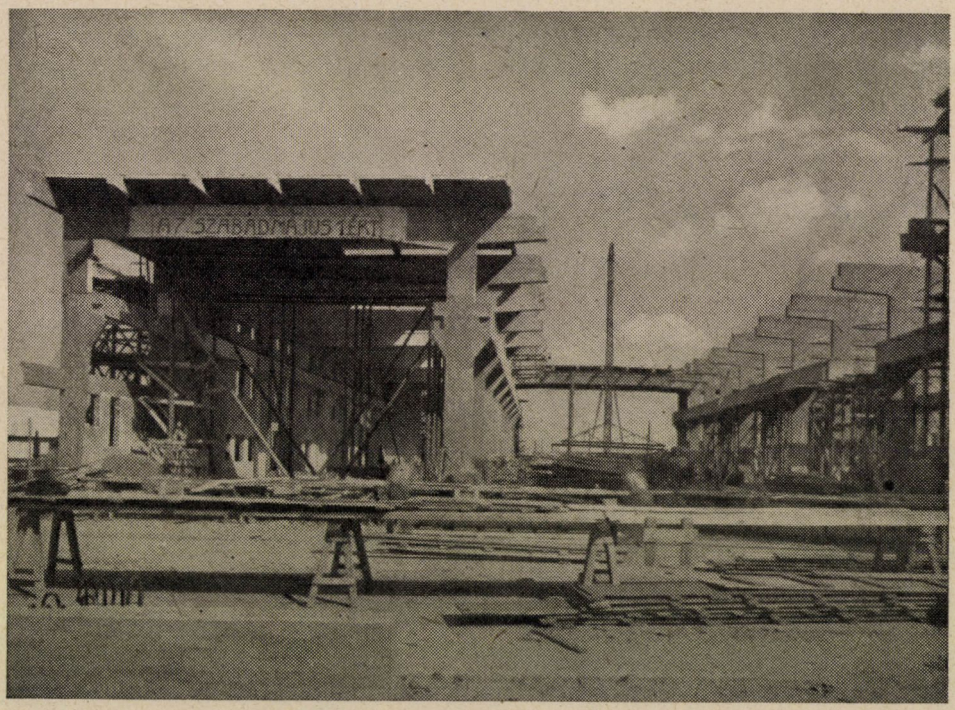
Közeledés a teljes előregyártás felé, egy a következőkben ismertetendő olyan megoldás, Gnädig Miklós kartárs tervezésében, amelynél már csak



15. ábra. Előregyártott elem beemelése a monolit elemek konzolvégeiről egyszerű csigasor segítségével, daru nélkül

a csarnok belső oszlopai készülnek monolitikusan a helyszínen, a teherhordó külső falak téglából épülnek, az összes közbenső elemek azonban már teljesen előregyártva készülnek. Ez természetesen csak kisebb fesztávolságú csarnokoknál, vagy műhelyeknél lehetséges. Ilyen megoldást mutat egy 12 m fesztávolságú, háromnyílású csarnokra a *17. ábra*, amelynél a rácsos főtartók az oszlopfejeken kihagyott villákba vannak fektetve és az oszlopokon túlnyúló konzolos kiképzést nyertek. A konzolos rácsos kereszt-

tartókat az oszlopokon áthaladó hosszirányú vasbeton rácsos tartó váltja ki olymódon, hogy egy a részére kihagyott nyíláson áthaladva túlnyúlik. A kinyúló konzolok közé egyrészt közbeiktatott áthidaló, másrészt egyenlőszárú háromszögalakú előregyártott elemből összeállított monitor felülvilágító kialakítására alkalmas hosszanti vízlevezető csatornának kiképzett vázszerkezet fekszik fel *(18. ábra)*, amely a középen hosszanti gerendával van kimerevítve *(19. ábra)*.



16. ábra. Háromnyílású csarnok mozgóállvánnyal készült monolit elemekkel előregyártással kombinált oldalhajókkal. Konzolok közötti főtartórész beemelése 10 t teherbírású daruval

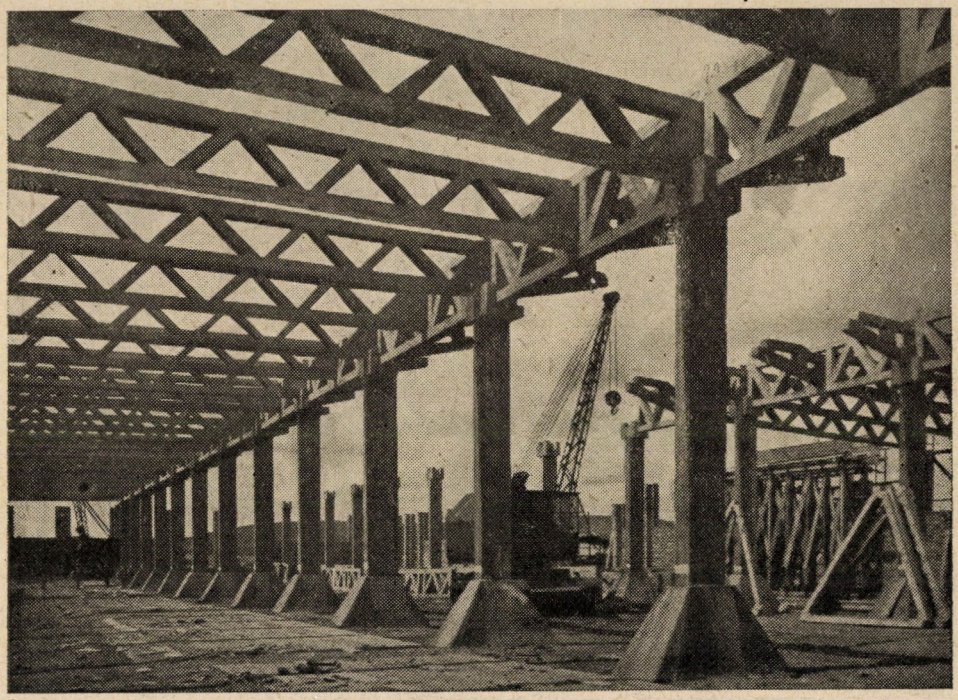
Szigetelés céljából kétrétegű légréses kőszivacs pallókból összeállított tetőhéjalóelem készült. A monitor felülvilágító középső részén a hó- és jégképződést megakadályozandó, melegszivattyús fűtővezeték halad végig.

A rácsos főtartókat fekve, a kereszttartókat függőleges helyzetben gyártották és a vasbetonszerkezetek gőzöléssel készültek. Ezáltal a kötési idő kezdete után 6 órával a zsaluzatok eltávolíthatók voltak. Ezzel az eljárással 1 nap alatt átlagosan 5 db 15 m-es konzolos főtartó volt elkészíthető.

Részleges előregyártást alkalmaztunk Shed-szerkezetű tetőknél is. Ezeknél az oszlopsorok monolitikusan készülnek, előregyártott közbenső ívelemekkel *(20. ábra)*. Egyik legnagyobb középítkezésünknél, a Stadionépítkezésénél is

készültek 3,6—7 tonna súlyú előregyártott tartóelemek beépítésre *(21/a. és b. ábra)*.

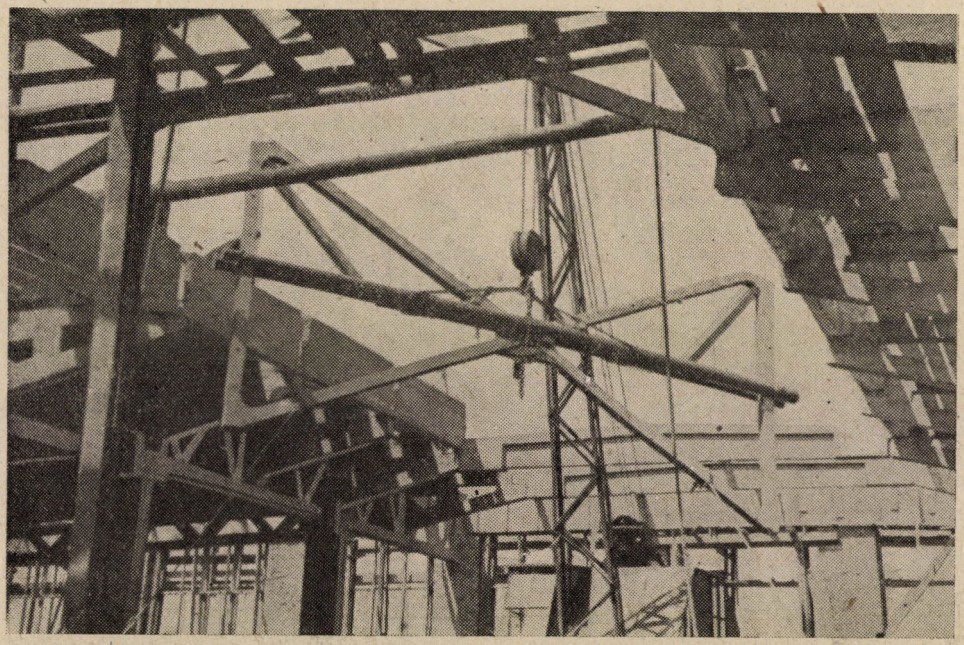
A helyszínen teljesen előregyártott épületek előállítására, amely mellett az üzemi előregyártás hátrányai, így tárolás, belső mozgatás, utókezelés, szállítás, nehezen megoldható kérdései teljesen kiküszöbölhetők, kialakult — Mátrai Gyula kartárs javaslatára, — egy olyan előregyártási eljárás, amely



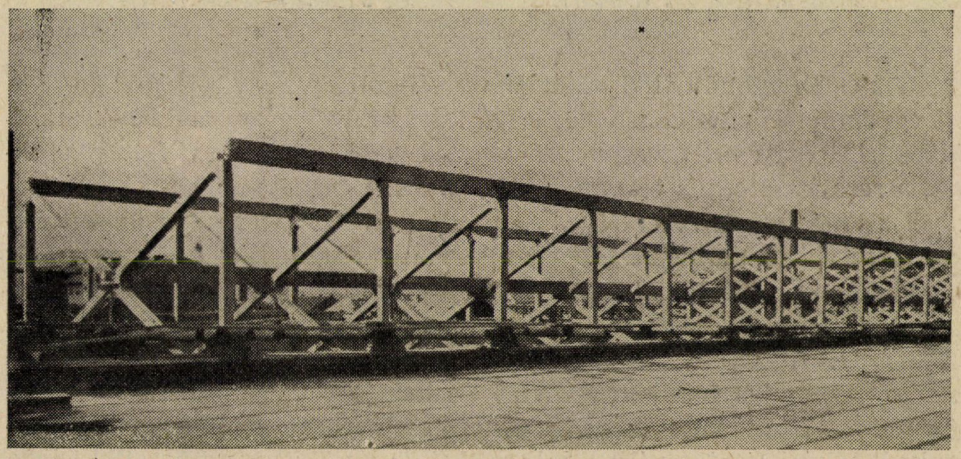
17. ábra. 12 m fesztávolságú háromnyílású előregyártott csarnok teherhordó külső téglafalakkal oszlopfejeken kihagyott villákba fektetett rácsos főtartókkal, konzolosan túlnyúló rácsos kereszttartókkal.

egészen nagyméretű és súlyú elemek helyszínen való elkészítését és bedolgozását tűzte ki célul. Ennek az eljárásnak első próbálkozásai abból a rendszerből indultak ki, amelynél az elemek súlyának és könnyű kezelésének elérésére a keretek egyenes elemekből, oszlopokból és tartókból a keretsarkoknál vannak összeépítve. Erre példa a hajógyári építkezés. Ennél az elemeket áthelyezhető fatornyok segítségével emelték fel és a keretsarkok kibetonozását az átnyúló vasak között helyszíni betonozással végezték el *(22. ábra)*.

Már ennél az első próbálkozásnál is kiderült, hogy függetlenül attól, hogy az előregyártott elemeknek szokatlanul nagyok a méretei, a kivitelezésnél



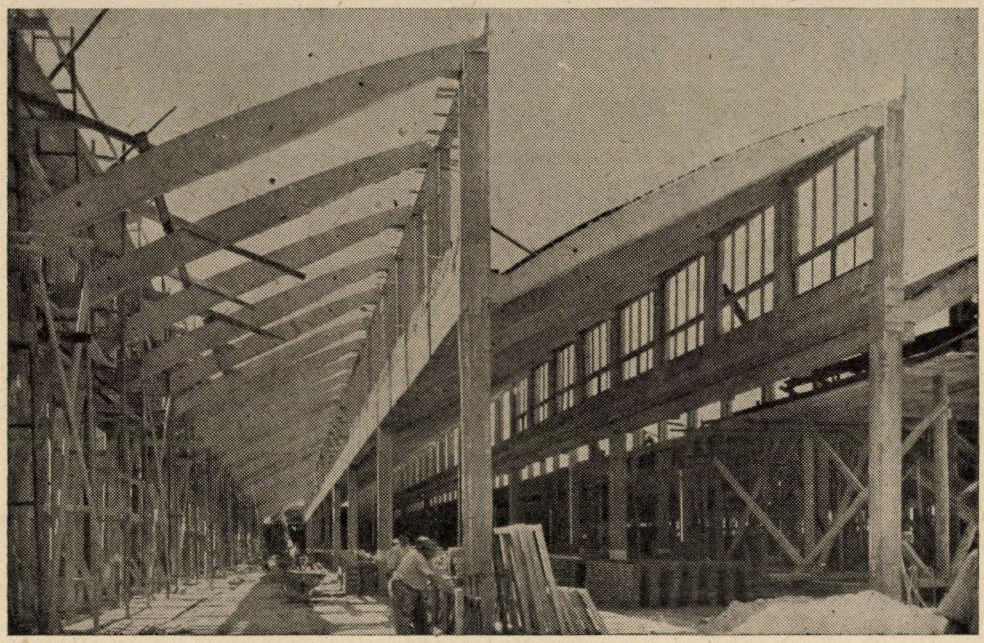
18. ábra. Előregyártott monitor felülvilágító szerkezeti elem felemelése kinyúló konzolok közé való elhelyezésre



19. ábra. Monitor felülvilágító vázszerkezete középen hosszanti gerendával kimerevítve

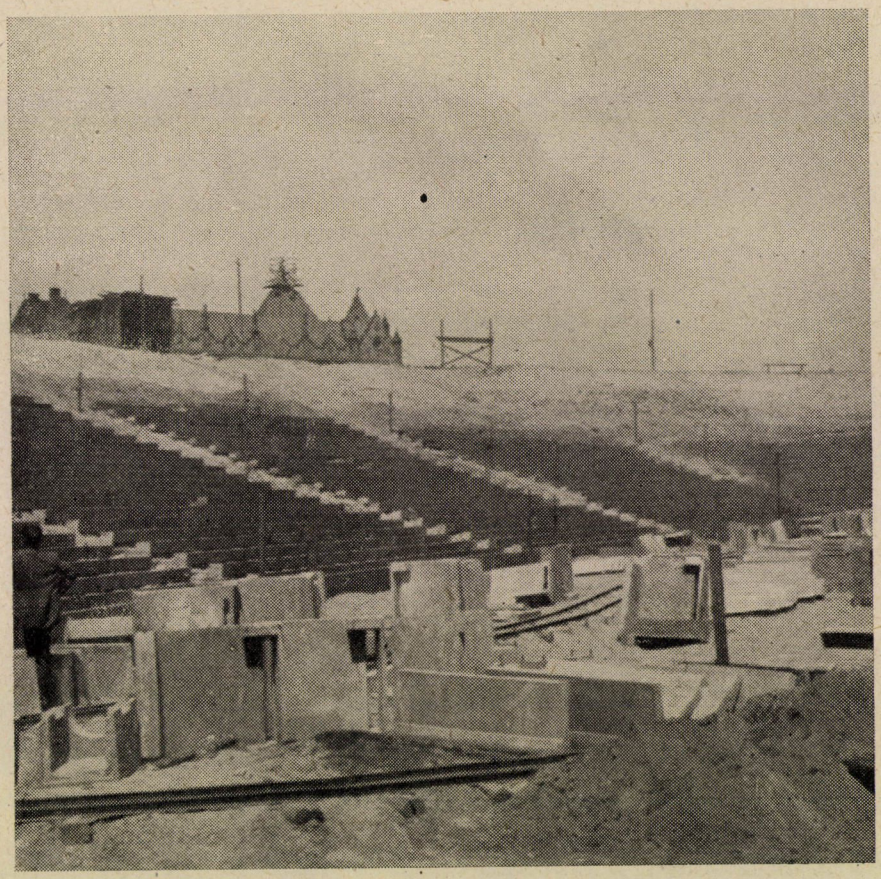
a tervező szempontjai döntő módon kell, hogy érvényesüljenek, mert a kapcsolatok összedolgozásánál centimétereken belüli pontosságot kell megkövetelni.

Az a körülmény, hogy az előregyártott elemekkel kapcsolatos folyamatok, amelyek az elemek legyártásával, mozgatásával és összeszerelésével függnek össze, a legapróbb részletekkel együtt egységes feladatot képeznek, megszabták az egységes szervezés feladatát.

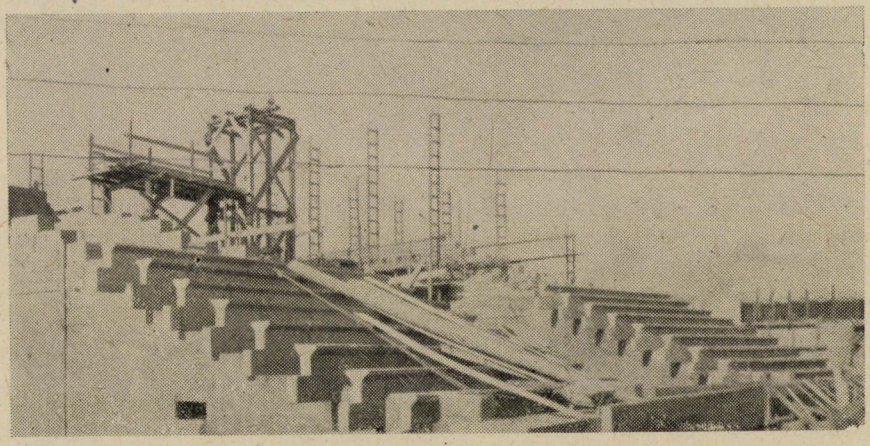


20. ábra. Részleges előregyártás ívelemekkel, Shed-szerkezetű tetőnél

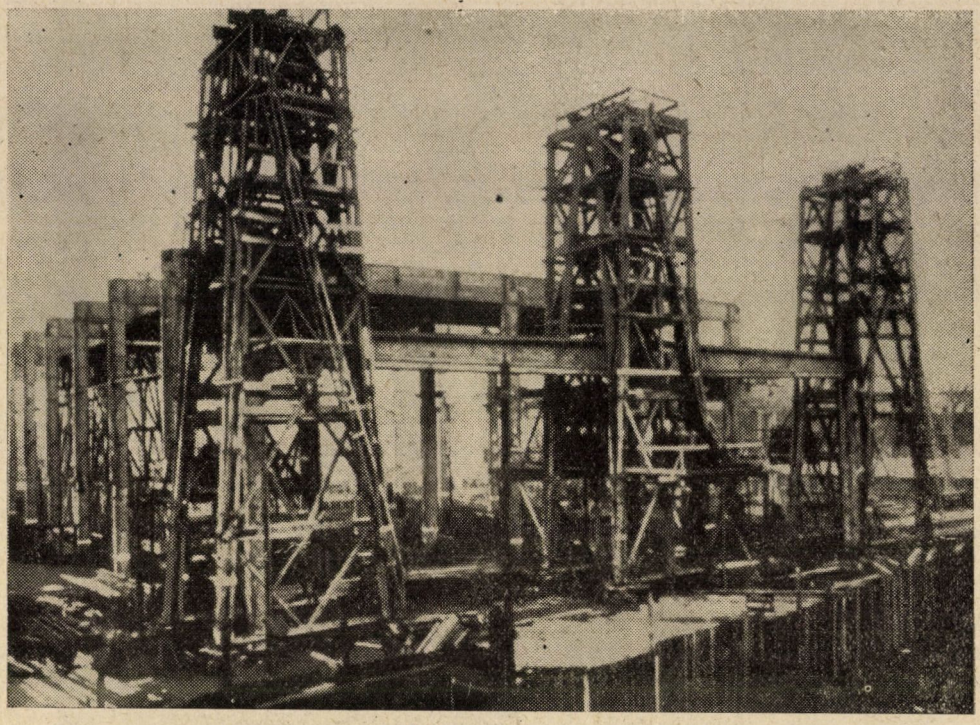
Az előbb említettből kialakult másik változat két- vagy többlábú kereteknek egydarabban vízszintesen való legyártása, amelyeket egydarabban emelnek be. Ennél a rendszernél az elemek száma csökken és miután teljes keretek készülnek, a sarokmerevség is tökéletesen biztosított. Ennek az eljárásnak alkalmazásához különlegesen kiképzett és meghatározott méret- és súlyhatárra méretezett emelődaru szükséges. A jelenleg rendelkezésre álló emelőberendezések teljesítőképessége kb. a 30—40 tonnát éri el és legfeljebb 50 tonnáig emelkedhet. Ezzel a rendszerrel egész kereteket emeltek fel vízszintes helyzetből *(23. ábra)*. A megoldásnak egy másik alkalmazása az, amikor kétnyílású csarnok részére két egynyílású keretet emeltek fel egymás mellett. A keretek közé előregyártott nagyméretű bordáslemezek kerültek fel. Egy másik építkezésnél súlycsökkentés céljából a kereteket kettős *T* keresztmetszettel képezték ki *(24. ábra)*.



21/a. ábra. Előregyártott lépcsőelemek a Stadion építkezésénél



21/b. ábra. Előregyártott konzolos tartóelemek a Stadion építkezésénél



22. ábra. Hajógyári építkezés. Előregyártott nagyelemek beemelése áthelyezhető fatornyokkal

Az előbbiekben leírt előregyártási rendszer egyenes elemekből kialakított megoldására, az elemek méreténél és súlyánál fogva a jelenleg épülő inotai erőmű szerkezeti váza a legjelentőségteljesebb. Ennél az elemek súlya elérte az 58 tonnát és hossza a 45 m-t. Az elemek a felemelés helyén készülnek és beemelésük ikerbikával történik.

A *25. ábrán* látható ikerbikával 24 t súlyú kisebb oszlopot állítják fel olymódon, hogy a megfogási pont függőlegesen halad felfelé, a védővasalással ellátott lábazat pedig az alája helyezett gördítőberendezéssel mozog előre az alap felé.

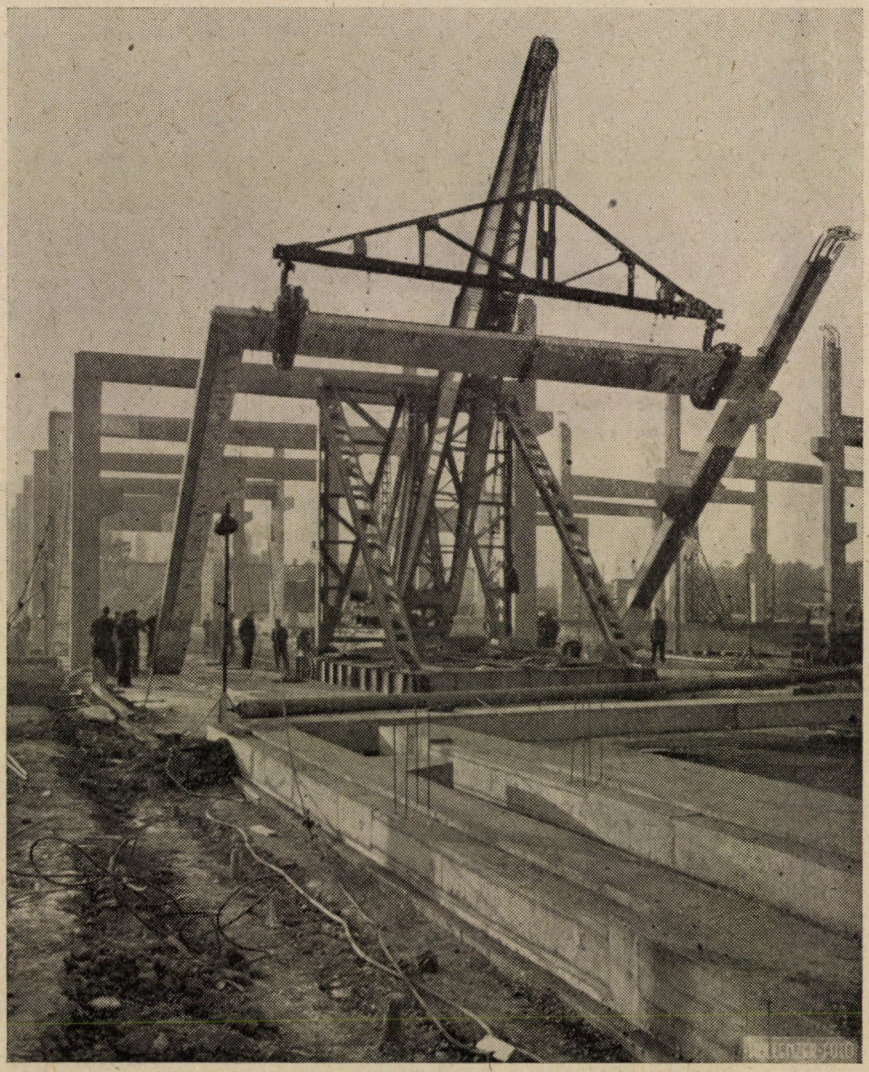
A *26. ábrán* a felállított oszlopsort és kitöltőelem felemelését láthatjuk, könnyű szétszedhető portáldaruval.

A *27. ábrán* az 58 tonna súlyú és 45 m hosszú főtartót helyezik el emelőkétlábbal és ugyanezzel a bikapárral történik a 31 m magas oszlopok elhelyezése is.

Az egyenes elemek kapcsolatainál már fokozottabban alkalmazták a vasbetétek hegesztését. Az oszlopok csatlakozáOa az alapokhoz hegesztett kapcsolatok révén történik, még pedig olymódon, hogy az alapból, illetőleg a keretből kiálló, egymásmellé kerülő betonvasakat hevederes hegesztéssel illesztették.

Az emelésnél fellépő túligénybevételeket ellenkező irányú feszítő kötélerővel egyensúlyozták ki.

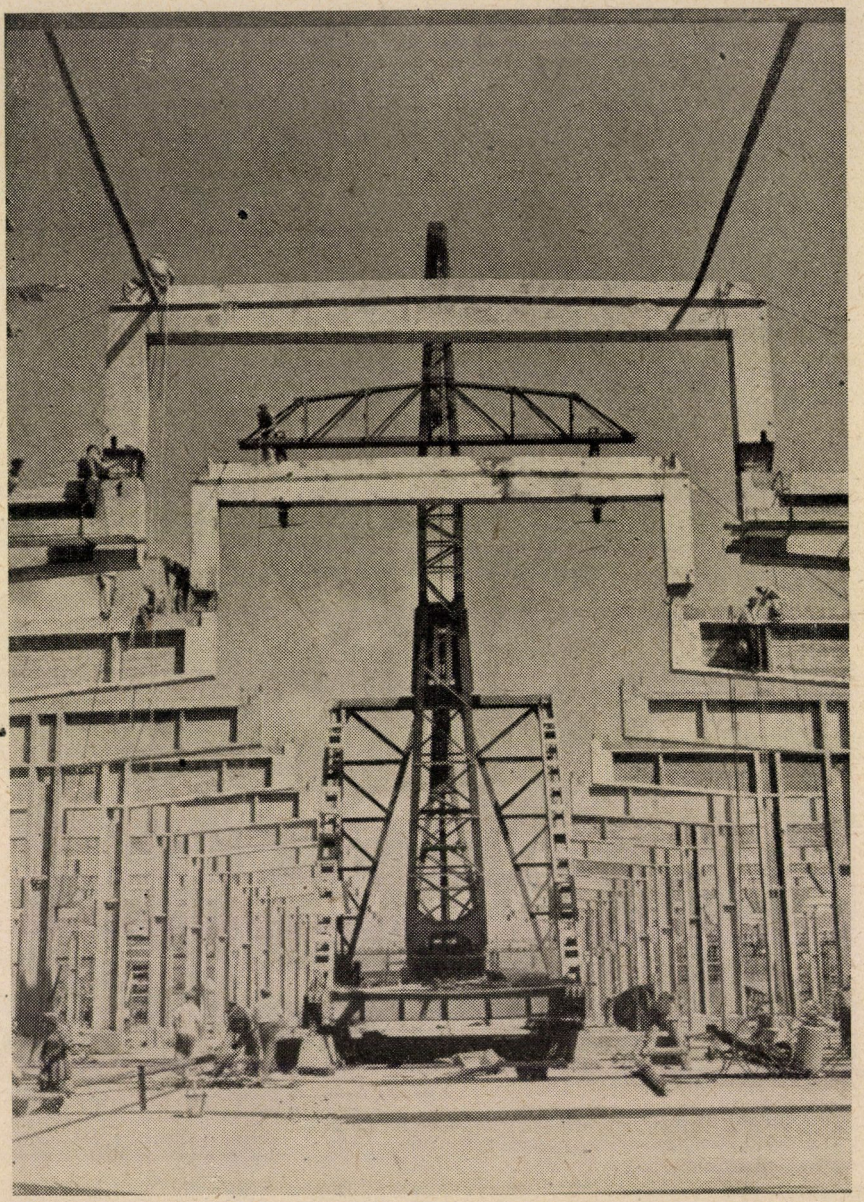
A kitöltőelemek a nagyelemű előregyártásnál szintén olyan irányba fejlődtek, hogy azok minél nagyobb méretben és súlyban, minél kevesebb darabból



23. ábra. Konzolos keretelem felemelése himbával ellátott emelődaruval

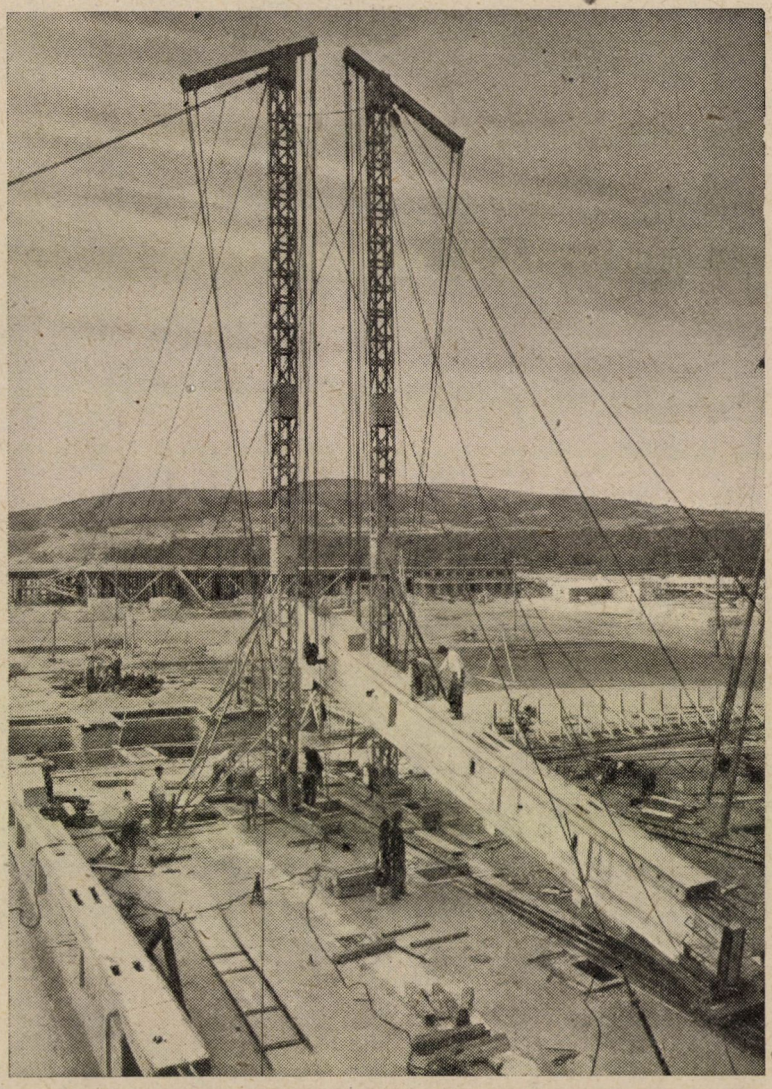
legyenek összeállíthatók. Itt is nagyméretű, kerettől-keretig terjedő vasbeton bordáslemezek kerültek alkalmazásra, amelyek ennél az előregyártási rendszernél ott, ahol hőszigetelésre szükség van, külön hőszigetelőlemezzel vannak ellátva.

Az Ipari Épülettervező Vállalat jelenleg olyan nagyelemeket tipizál, amelyek kőszivaccsal egybedolgozva kerülnek kivitelre és a legkisebb vas- és betonmennyiségeket igénylik.



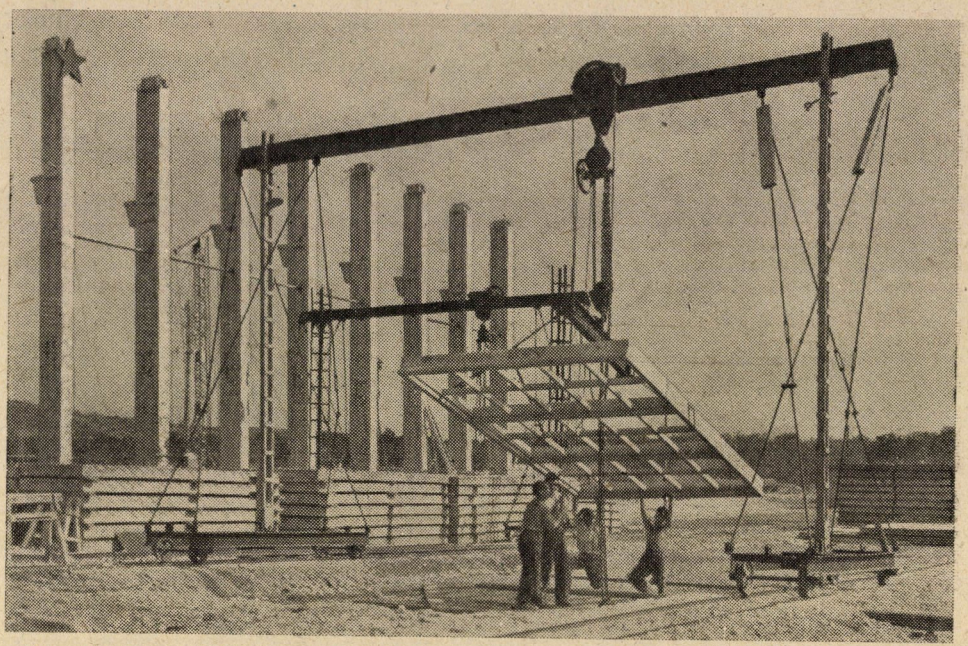
24. ábra. Háromnyílású csarnok előregyártott kettős T keresztmetszetű konzolos keretekkel, közbeemelt U alakú előregyártott elemekkel

A teljes előregyártás során az ablakokon, tetőelemeken és felülvilágítókon kívül még a kitöltő téglafalazatok helyett is előregyártott falelemek készülnek.

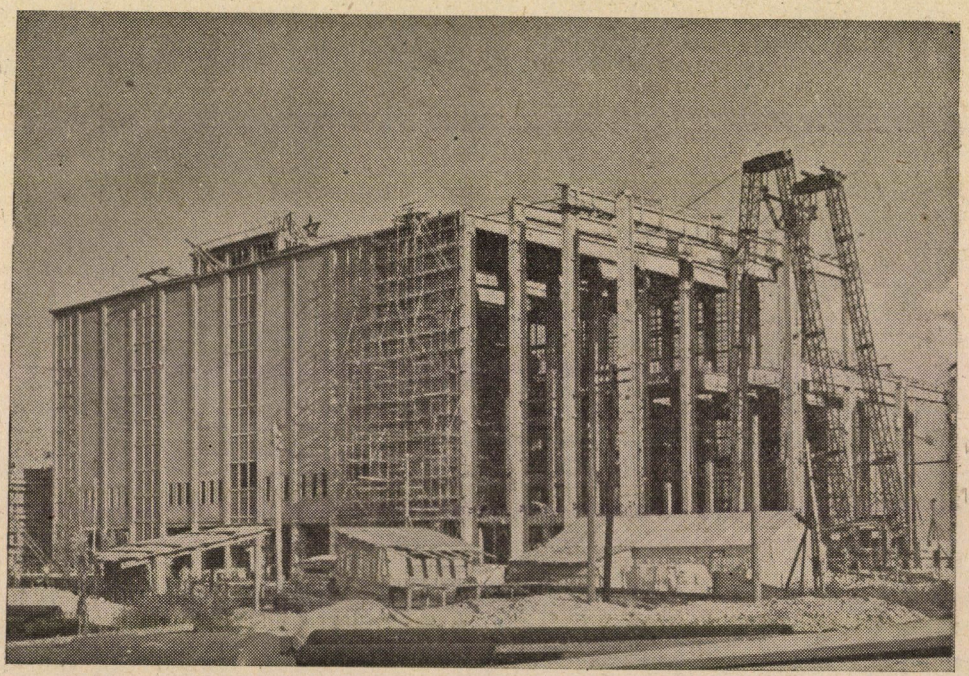


25. ábra. 24 t súlyú oszlop felállítása ikerbikával. A megfogási pont függőlegesen halad felfelé, a lábazat pedig gördítőberendezéssel mozog előre az alap felé

Az anyagtakarékosság érdekében Magyarországon is történtek próbálkozások íves előregyártott szerkezetekkel. Kisebb fesztávolságoknál az ívek körülményes készítési módja és beemelési nehézségei miatt ezek a megoldások gyakorlati okoknál fogva nem terjedtek el. Jelenleg az egyik kohóipari létesítménynél

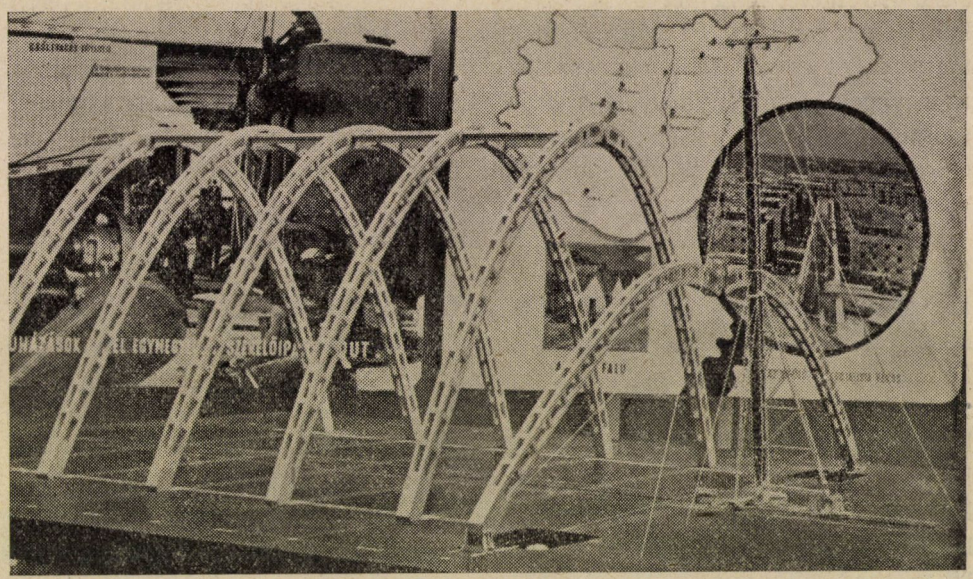


26. ábra. Felállított előregyártott oszlopsor és kitöltőelem felemelése könnyen szétszedhető portáldaruval



27. ábra. 58 t súlyú és 45 m hosszú főtartó elhelyezése emelőkétlábbal az inotai erőműnél

azonban 30 m, sőt 34,5 m fesztávolságú íves csarnokok készülnek előregyártva, amelyeknél az egyes kettős *T* keresztmetszetű félívelemek homokpadon előállított zsaluzással készülnek függőleges helyzetben. A félelemeket a fél vonóvassal az emelés helyén lent szerelik össze és az egymással szemben levő félelemeket az emelés után véglegesen egymáshoz rögzítik. A szerkezetek önsúlyra mint háromcsuklós ívek működnek, a hasznos terhelésre végleges elhelyezés után a középső csuklók bebetonozásával pedig kétcsuklós ívként. Az egyes ívelemek emelési súlya 10—12 tonna és az egyenesvonalú elemekkel szemben lényeges beton- és vasmegtakarítás érhető el.



28. ábra. Előregyártott íves műtrágyaraktár modellje 46,10 m fesztávolsággal, 40—40 t súlyú ívelemekkel. A modelltől eltérőleg az elemek emelése két 40 t emelőképességű A formájú daruval történik egyszerre kétoldalról

Ezzel a megoldással épül egy előregyártott íves műtrágyaraktár is 46,10 m fesztávolsággal és 24,40 m magassággal. A háromcsuklós ív egy-egy felének súlya 40 tonna. Az íveket felül a középső csuklótól jobbra és balra fogja meg egy nagy *A* formájú 40 tonna emelőképességű daru és azokat egyszerre emeli fel. Emelés közben az ívek lábai közelednek az alapok felé *(28. ábra)*.

Az ismertetett teljes előregyártási eljárásoknál megállapítható, hogy a keresztmetszetek csökkentése — figyelembevéve az alkalmazott jobb minőségű beton készítéséhez szükséges cementtöbbletet — végeredményben még mindig 20—30% cementmegtakarítást eredményez, az eddig szokásos négyszögkeresztmetszetű szelvények alkalmazásával szemben. A csökkentett önsúlyok következtében vasban is elérhető 15—20%-os megtakarítás. Természetesen

jóval nagyobb vasmegtakarítás volna elérhető akkor, ha áttérnénk az előrefeszített szerkezetek alkalmazására, amelyekkel, mint az előrefeszített hídelemeknél láttuk, 60%, sőt ennél nagyobb vasanyagmegtakarítás is elérhető. Ami a munkaerőszükségletet illeti, a teljes előregyártott szerkezetek munkaerőszükséglete, ha az építés jól van megszervezve, a monolitikus szerkezetek igényelte munkaerőszükségletnek felét, vagy még annál is kevesebbet tesz ki.

A nagyelemű előregyártás árképzésének vizsgálatánál Mokk László kartárs adatait közlöm:

Ha a monolitikus vasbeton árát 1000 Ft/m²-re vesszük fel, a nagyelemű előregyártás középnagyságú csarnokok megoldásánál általában 1300—1400 Ft/m²-re tehető. Különleges szerkezeteknél pedig, mint pl. Inotán, a köbméterenkénti egységár 1670 Ft volt. Figyelembevéve azonban a csökkentett keresztmetszeteket és a kisebb anyagszükségletet, amely a szabatos előregyártásnál az anyagok jobb igénybevehetősége, a fokozott gépesítés és csökkentett munkaerőszükséglet miatt áll elő, még a nagy egységárkülönbség ellenére is érdemes előregyártott szerkezeteket alkalmazni. Többször ismétlődő elemű nagyarányú munkálatoknál még összforintértékben is elérhetők megtakarítások.

Ha az ipari épületekkel kapcsolatos előregyártási kérdésekből leszűrt tapasztalatokat össze akarjuk foglalni, akkor megállapíthatjuk, hogy minél kevesebb kapcsolással megszerkesztett elemeket kell alkalmaznunk, ki kell használnunk a szerkezetek folytonosságából előálló előnyöket; igyekeznünk kell az előregyártásnak legjobban megfelelő és legkisebb súlyú, leggazdaságosabb, szelvényű keresztmetszetszerkezeteket kialakítani; ki kell választanunk a statikailag leghelyesebb szerkezeti formát, amelynél a kapcsolatok lehetőleg a legkisebb nyomatékok helyein nyerjenek alkalmazást és végül olyan kapcsolatokat kell kiképezni, amelyeknél lehetőleg száraz kötések kerüljenek kivitelre a legkisebb hegesztési munkával és az utólagos helyszíni betonozás lehetőleg teljes kikapcsolásával.

Törekednünk kell ezenkívül még az emelőszerkezetek egyszerű megoldására, azok könnyű és gyors továbbíthatására és a többszöri felhasználás lehetőségének biztosítására is.

Az alábbiakban máris két teljes előregyártási javaslatról számolunk be, amelyek jelenleg kikísérletezés alatt vannak és amelyek közül az egyik javaslat — a Molnár, Miskolczy, Román-féle — amely legfeljebb 20 tonnás elemekkel dolgozik és vagy átállítható tornyok, vagy pedig két, legfeljebb 10 tonna teherbírású hernyótalpas daru beállítását igényli. Ennek lényege, hogy az oszlopok két darabból készülnek. Egy-egy féloszlop 5 tonna súlyú és a vízszintes keretgerendák két oszlopelem közé kerülnek, amelyek súlya legfeljebb 20 t. A kapcsolat csapok segítségével történik, amelyek úgy a nyíróerők, mint a nyomatékok felvételére vannak méretezve és egy-egy bebetonozott alakvasból, vagy pedig spirálvasalású vasbeton dugókból állanak.

A másik előregyártási eljárás — szerző javaslata amely a 29. ábrán van

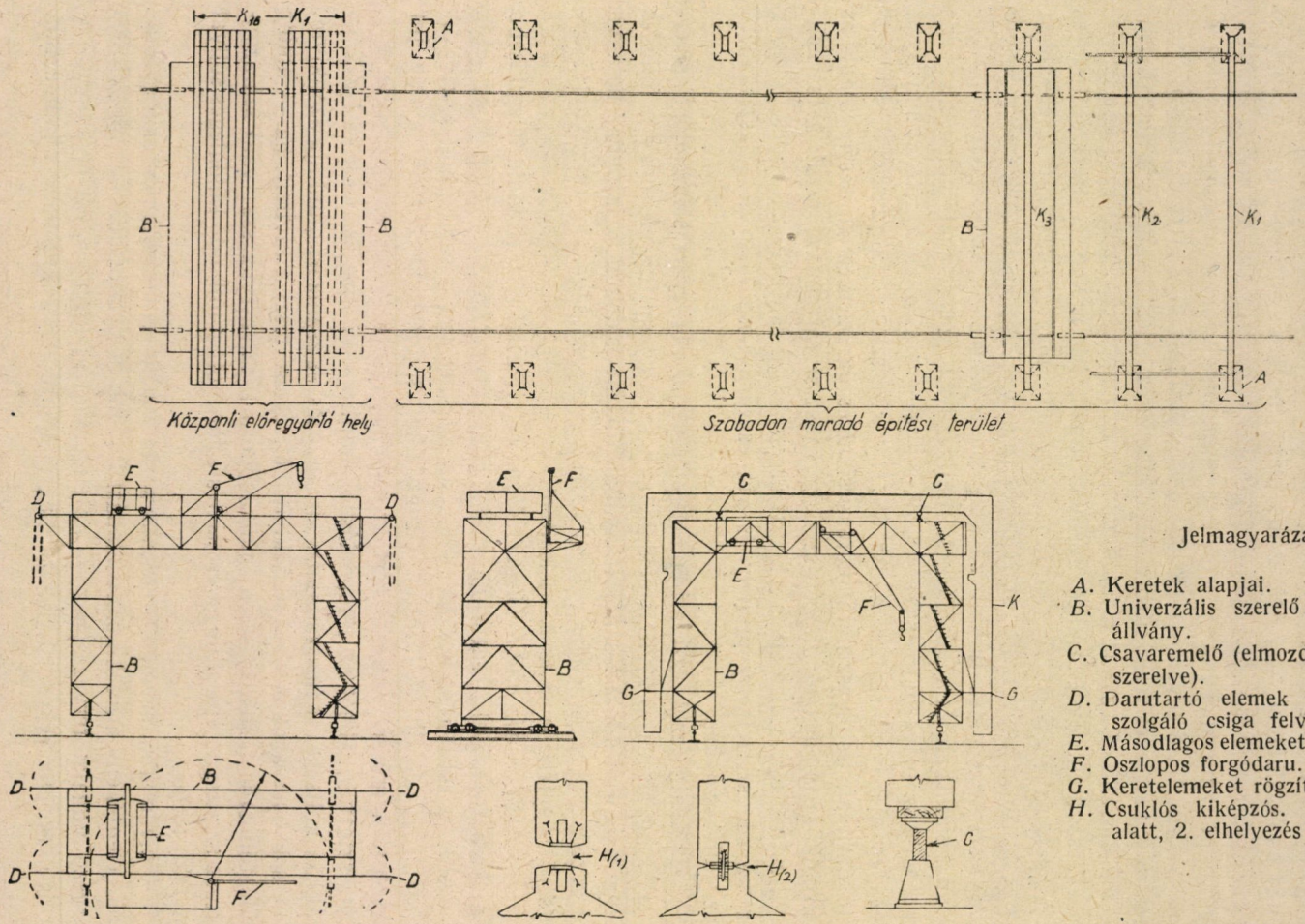
feltüntetve — az előregyártott elemeknek a helyszínen való központos előállításából indul ki és az elhelyezés az elemeknek az alapok fölé való szállításával és beállításával történik. Ennek a javaslatnak a lényege, hogy a földmunkák, alapozás és egyéb előkészítő munkálatok az építkezés helyszínén elkészülhetnek az alatt az idő alatt, mialatt a központos munkahelyen az előregyártott elemeket készítik. Miután a központos munkahely az épületen kívül van, az épület belsejében folyó munkálatok folyamatosságát a még el nem helyezett előregyártott elemek nem hátráltatják. A jelenleg folyó kísérleteknél a kereteket télen fűtött helyiségben közvetlenül egymás mellett függőlegesen készítik el, ezalatt a földmunka és az alapok elkészülnek. Utána az elemeket csavaremelővel szállítóállványra emelik fel, a helyszínére szállítják és az alapokhoz rögzítik. A szállítandó elemek súlyai a 70-80t-t is elérhetik.

Az *ábrán* univerzális szerelő- és szállítóállványt is látunk, amely különböző fesztávolságú és különböző magasságú csarnokok szükségleteinek megfelelően alakítható és amely nemcsak mint állványozás szolgál, hanem alkalmas arra, hogy szabályozható csavaremelők segítségével ráemelt kereteket sínpályán mozogva a helyére szállítson. Az állvány kiegészítőberendezésekkel, lefordítható daruval, lesüllyeszthető platókocsival és daruelemek emelésére alkalmas konzolokkal minden olyan gépészeti berendezést tartalmaz, amely a csarnokszerkezetnek egyéb elemeit is a helyszínre szállítani és elhelyezni képes. Jelenleg ezzel a rendszerrel egy műhely és két csarnok készül, egyelőre faszerkezetű mozgóállványokkal.

Ha végignézzük az ipari épületek helyszíni előregyártásának előbb ismertetett magyarországi kiviteli példáit, akkor megállapíthatjuk, hogy a fejlődés iránya a gépesítés fokozásának irányában történt és ebben az irányban haladva igyekezett a kezdeti nehézségek leküzdésével a gazdaságossági és anyagtakarékossági követelményeket is kielégíteni.

b) Mély- és vízépítési előregyártásunk célkitűzései között eddig főleg kisebb elemek, betoncsövek, csatornaburkoló lapok, árvédelmi vasbetonpallók, beton és vasbeton csőátereszek szerepeltek, amelyeknek egy részét üzemi előregyártással lehet előállítani. Miután vízgazdálkodási tervünkben nagy szerep jut a vízépítési műtárgyaknak, ezért az előregyártás kérdéseit erre a területre is kiterjesztettük. Abból az elgondolásból indultunk ki, hogy a vízépítési műtárgyaknak költséges és hosszadalmas állványozási és zsaluzási munkája azonkívül, hogy sok faanyagot igényel, rendkívül költségessé teszi a kivitelt, ha — amint az legtöbbször történik —, a munkagödörnek szivattyúzással való szárazontartása szükséges. Ilyenkor az elkészítésre fordított munkaidő különleges súllyal jön tekintetbe.

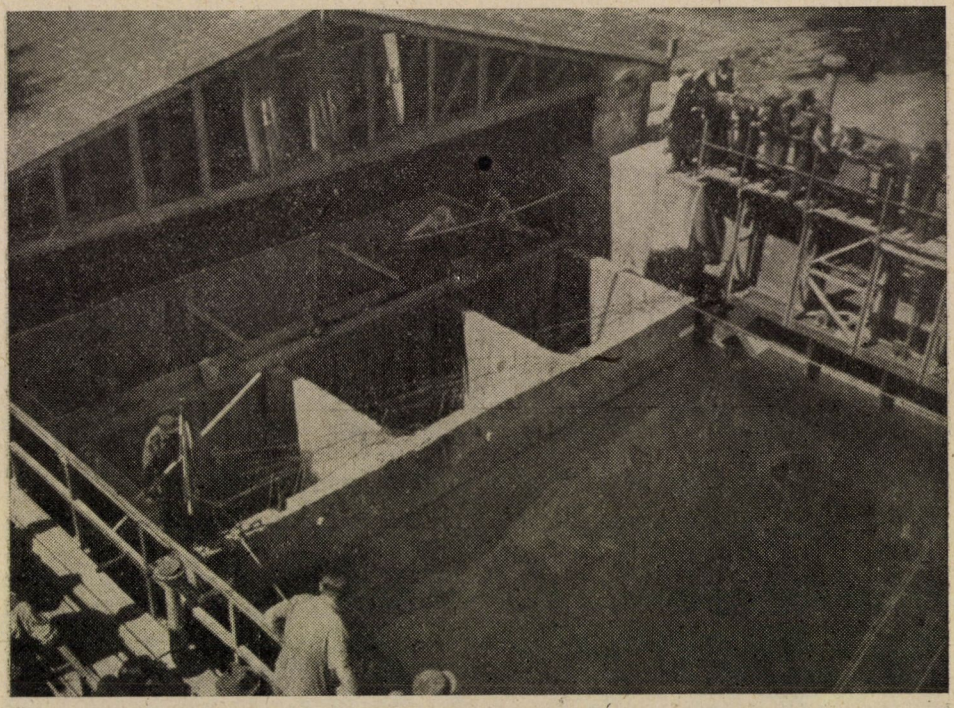
Folyamatban levő építkezéseink során a mély- és vízépítőipari előregyártás terén jelentékeny mértékű előrehaladást tettünk és igyekeztünk — a Mélyépítési Tervező Vállalat tervezésében — az előregyártást kiterjeszteni olyan munkaterületekre, amelyeken eddig kizárólag monolitikus szerkezeteket alkalmaztak.



29. ábra. Teljes előregyártás központos előállítással, univerzális szerelő- és szállítóállvánnyal. — 8-14 m. támaszközű és 8-14 m. magas építményekhez — kiegészítő berendezésekkel. Az elemeket csavaremelővel emelik fel a szállítóállványra és a helyszínre való szállítás után az alapokhoz rögzítik

A Dunai Vasmű kikötőpartfalát vasbetonszekrényes elrendezésben építettük. A szekrények alsó 4,38 m magas része előregyártva készül. A szekrények legnagyobb része a tassi elzárható hajózsilipben ideiglenes tető alatt, szárazon készül és az egyes elemeket a Dunán úsztatva vontatják a helyszínre *(l. 30. ábra)*.

Az előregyártott szekrények kisebb részét a helyszínen készítik és azokat sójapályáról bocsátják a vízre. Erre a két helyen való gyártásra azért volt szükség, mert a hajózsilip befogadóképessége korlátozott.



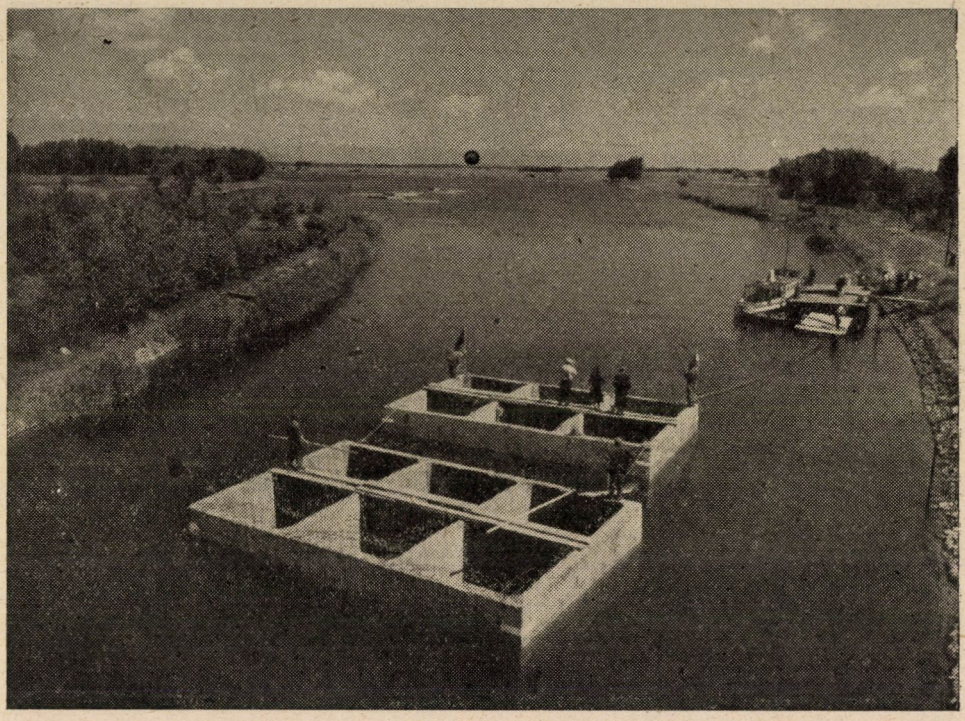
30. ábra. Előregyártott kikötőpartfal-elem kiúsztatása vasbetonszekrényes elrendezésben, elzárható hajózsilipben ideiglenes tető alatt elkészítve

Egy szekrény súlya 235,5 t és az úszószekrények 3,38 m mélyen merülnek a vízbe.

Az előregyártott szekrények betonjának elkészítésénél nemcsak szilárdsági, hanem vízzárási szempontokat is figyelembe kellett venni, mert az úsztatott szekrények egyrészét kizsilipelés után, másrészét pedig a sójapályáról történő vízleeresztés után, huzamos ideig úszva tároljuk *(l. 31. ábra)*.

Vízerőtelepeknél is tervbe vettük az előregyártás fokozott alkalmazását. A csatornák és spirálisok belső körvonalai mentén könnyen készíthető és emelhető előregyártott szerkezeteket terveztünk, amelyeket már a munkagödör elkészítése alatt előre el lehet készíteni. Az előregyártásnál egy csatorna, vagy

spirális egységének ismétlődő elemeit egységesen állítják elő. A létesítmény keresztmetszetének körvonala mentén a rendelkezésre álló emelőberendezések legnagyobb teherbírásának megfelelően, egymásmellett, sávokban elhelyezett előregyártott elemekből összeállított szerkezet készül. Ezekből az előregyártott elemekből vasbetétek nyúlnak ki és azok a később kibetonozott szerkezetekhez csatlakoznak. Általában egy csatorna, vagy spirális előregyártott elemei körül a teherviselésben résztvevő betontömbök alakulnak ki. A nyomatékok szükség-



31. ábra. Előregyártott vasbetonszekrények úsztatása

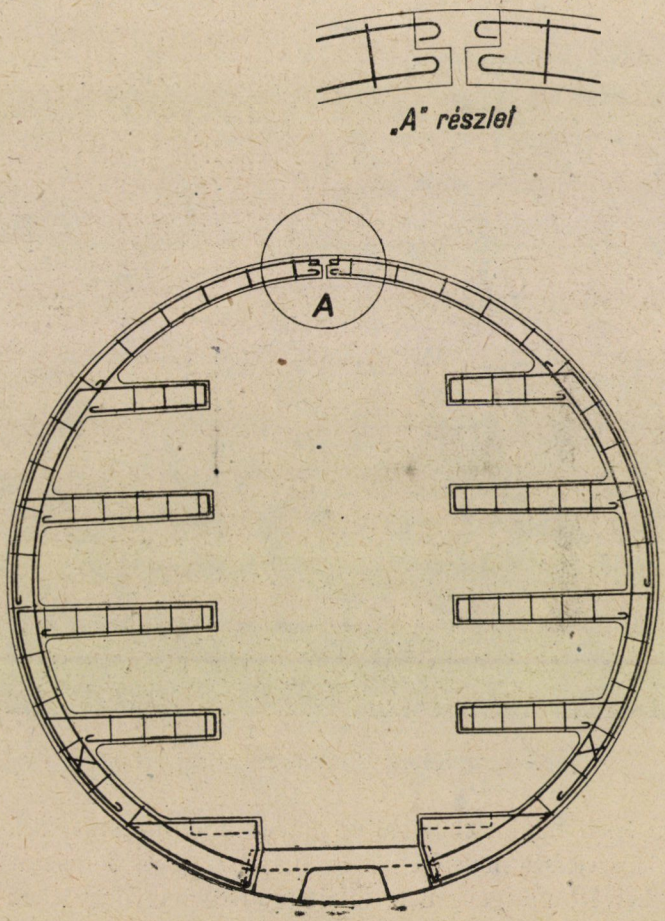
leteinek megfelelő vasalások a teherhordó betontömbök alsó és felső szélei közelében vannak elhelyezve. Az előregyártással itt a szivattyúzási, vagy talajvízsüllyesztési költségek lényeges csökkentését és az építési idő jelentékeny megrövidítését érjük el. Az előregyártás alkalmazása lehetővé teszi — az eddig szokásos módszereknél sokkal megbízhatóbb módon — azoknak a betonrétegeknek kevesebb cement alkalmazásával való beépítését, amelyek a szerkezet szempontjából különleges betont nem igényelnek.

A tiszalöki vízlépcső vízerőművének spirálházainál a fenti elgondolás alapján tervezünk a végleges szerkezettel együttdolgozó előregyártott vasbetongyűrűket.

Egyéb folyamatban levő építkezéseinknél előregyártott mélyépítési szerkezetek a következők :

Egy kábelalagúthoz előregyártott kábeltartó ívek készültek — két egymáshoz csatlakozó félköralakú vasbetonszerkezetből *(l. 32—33. ábra)*.

Bélapátfalván az épülő víztáró alagútszelvénye készül előregyártott kétcsuklós ívelemekből *(l. 34. ábra)*.

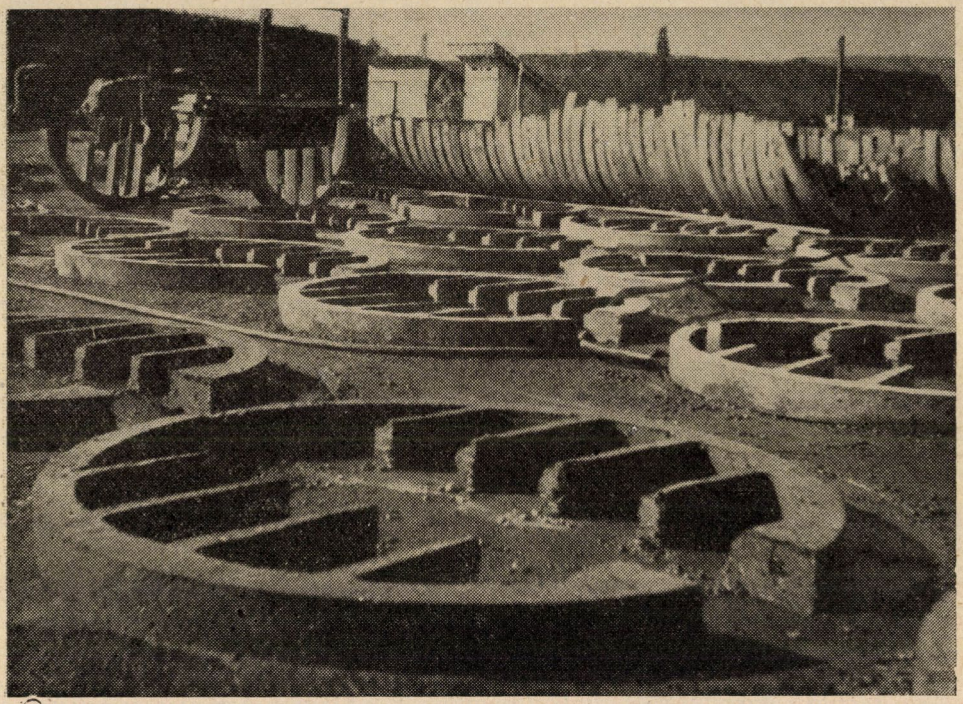


32. ábra. Kábelalagúthoz előregyártott kábeltartó ívelemek keresztmetszete

Tojásszelvény előregyártott lefödését alkalmaztuk csatornaszelvényeknél *(35. ábra)*.

Előregyártott elemek alkalmazására kerül sor a budapesti földalatti vasút építésénél is. Hilvert Elek és György István kartársak javaslatára, ahol öntöttvas tübingek helyett előregyártott betontömböket készítenek. Vasbeton tübingek alkalmazása 1 km alagúthosszon 5200 t öntöttvas helyett csak 400 t betonvas felhasználását igényli.

Tipizálásra és szabványosításra alkalmas előregyártott íves vasbetonpallóelemekkel előregyártott támfalszerkezet is készült Dr. Cserhalmi és Kovácsházi kartársak javaslatára, amelynél helyszínen készült oszlopok közé előregyártott íves vasbetonpallókat helyeznek el *(l. 36. ábra)*. Az új támfaltípus a hozzáfűzött reményeket beváltotta és továbbfejlesztési lehetőségei is vannak. Az előregyártott támfaltípus szerkesztésénél abból az

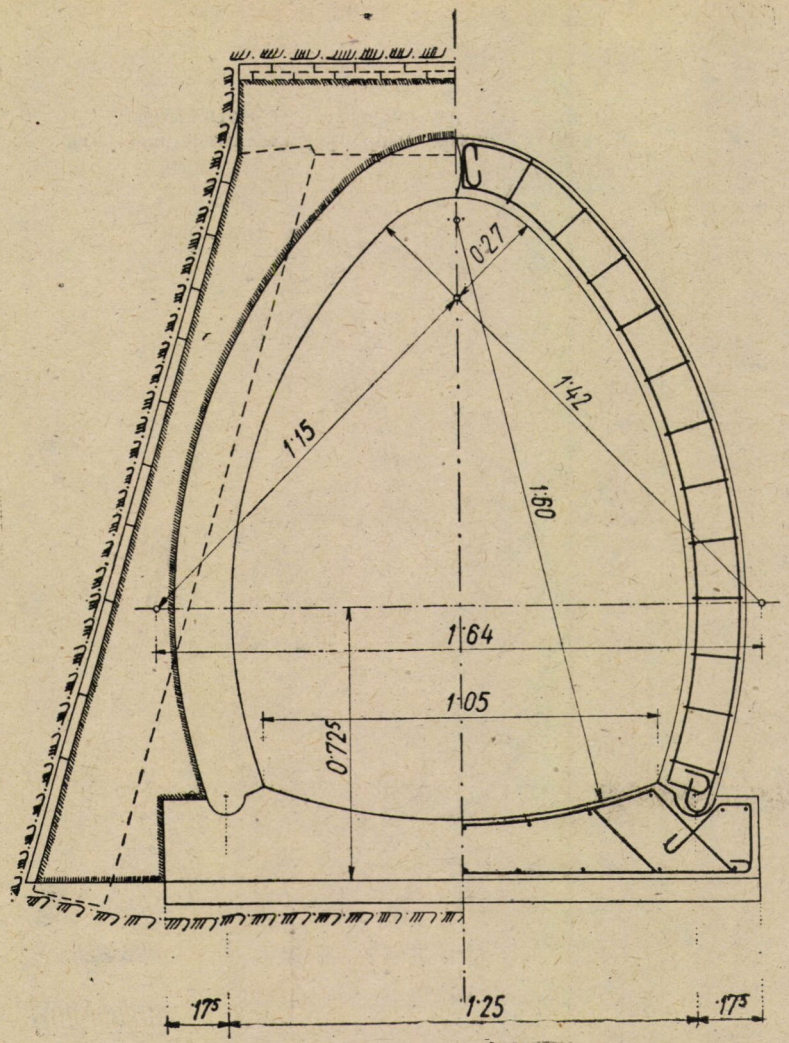


33. ábra. Kábeltartó ívelemek előregyártása

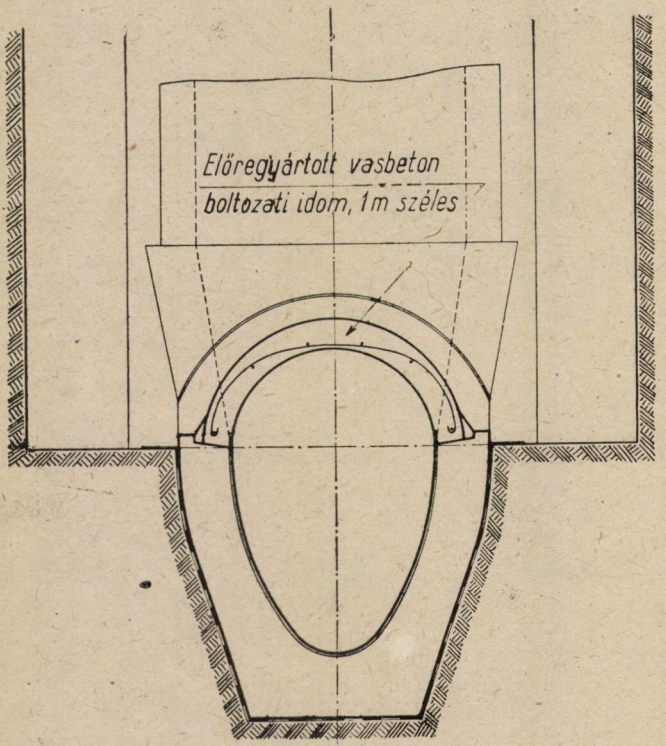
elméleti és kísérleti talajmechanikai eredményekből indultak ki, amely szerint egyrészt az alapszélesség növelése esetén, másrészt egyes alapok alkalmazásával a sávalapok helyett a megengedett talajfeszültség nagyobb lehet. Így alakult ki az egyes alapokra felosztott támfal szerkesztésének gondolata a pillérek közének átboltozásával.

Befejezésül megemlítjük, hogy a tiszalöki vízlépcső vasbetonszerkezeteinél előregyártott vaskötegeket alkalmaztunk. Annak elkerülésére, hogy az emeléshez szükséges merevség elérésére egyébként hasonló megoldásoknál alkalmazott és a statikailag szükséges vasalásnál erősebb méretbeli vasalást igénylő szerkezeteket elkerüljük, a vaskötegeket rácsos himbaszerkezettel függesztettük fel.

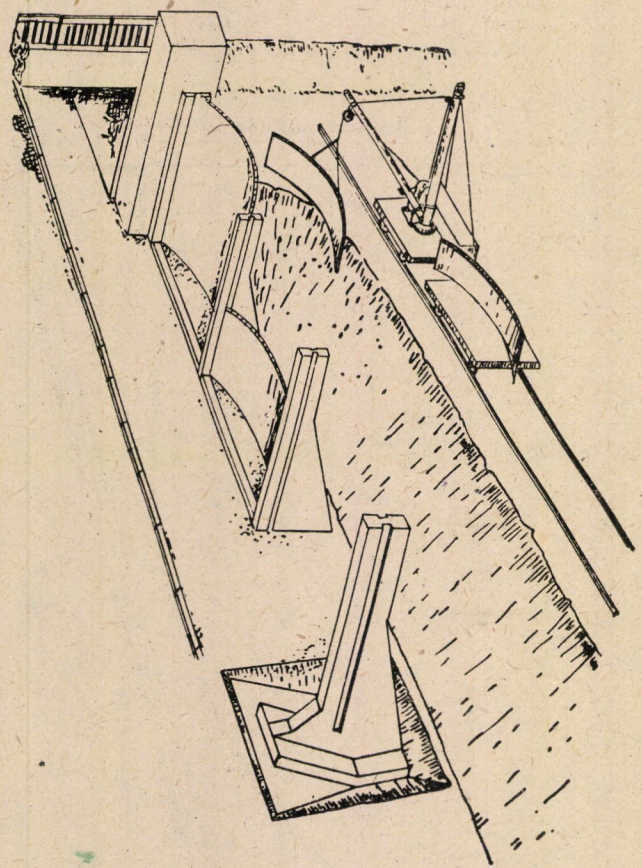
A 37. *ábrán* láthatjuk a tiszalöki erőmű egy részletének alaprajzát és metszetét, amelyen látható az előregyártott vaskötegek elhelyezése. Ezeket



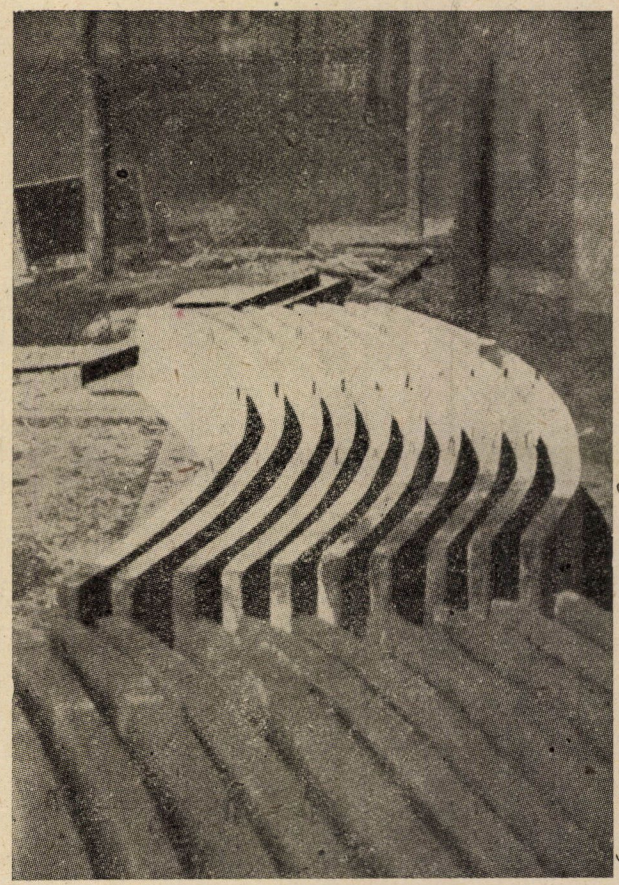
34. ábra. Víztároló alagut szelvénye előregyártott kétcsuklós ívelemekből



35. ábra. Tojásszelvényű csatorna előregyártott lefedése



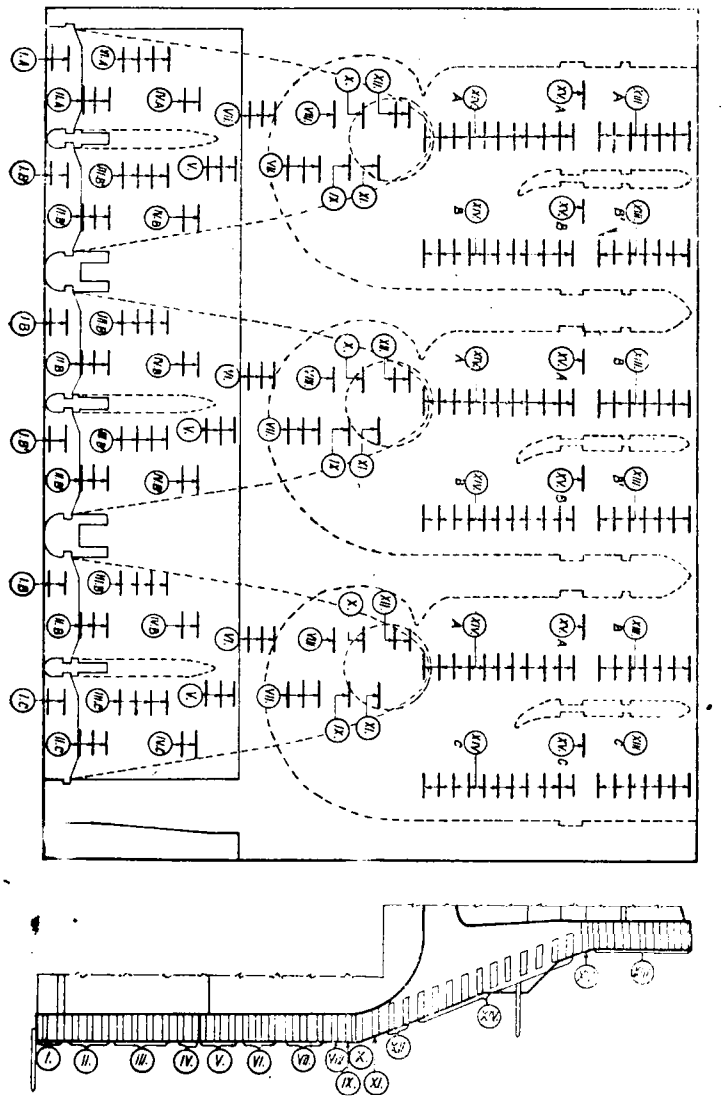
36. ábra. Támfalszerkezet helyszínen készült oszlopok közé előregyártott íves vasbeton-pallókkal



36/a ábra. Támfal előregyártott íves vasbetonpallói

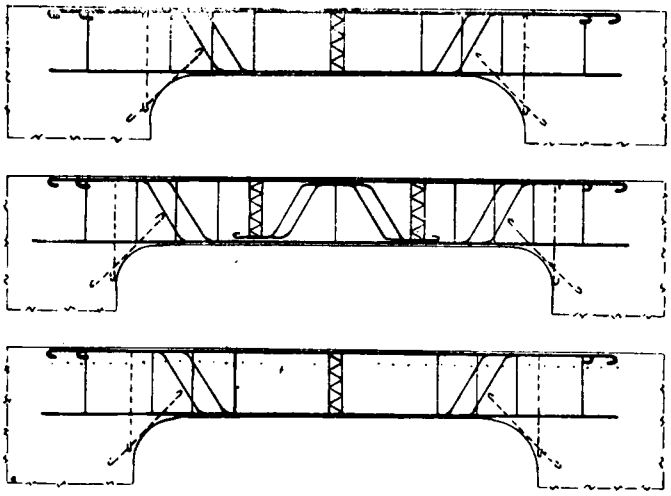
a helyszínen szerelővasakkal erősítik egymáshoz. Az ábrán látható három spirálháznál tervezzük a már említett előregyártott vasbetongyűrűket.

A 38. *ábrán* látjuk a vaskötegek oldalnézetét, a 39. *ábrán* pedig azok felemelését a rácsos himbaszerkezettel.



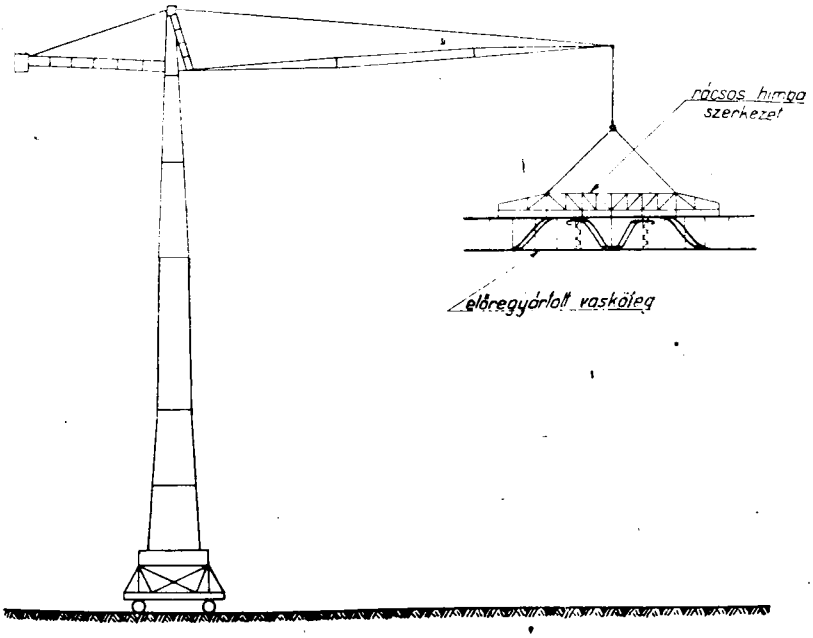
37. ábra. Vízierőmű egy részletének alaprajza és metszete az előregyártott vaskötegek elhelyezésével

A kötegek készítése, szállítása és elhelyezése a helyszínen eredményesen van folyamatban és nagy idő- és munkamegtakarítást eredményezett.



38. ábra. Előregyártott vaskötegek oldalnézete

Az előbbiekben vázoltuk a gyakorlatban Magyarországon alkalmazott előregyártás jelenlegi példái során felhasznált eljárásokat és építési módokat és az egyes példák ismertetésénél igyekeztünk rámutatni a fejlődés legfőbb irányvonalaira is.



39. ábra. Rácsos himbaszerkezet az előregyártott vaskötegek felemelésére, szállítására és elhelyezésére

HOZZÁSZÓLÁSOK

BAKSAY ZOLTÁN

Major Sándor kartársunk beszámolt az üzemi előregyártásunk mostani állásáról; ehhez szeretnék néhány kiegészítő szempontot megemlíteni.

Az építőipar számára jelenleg az általa felsorolt elemekből tömegcikk-ként lényegében csak vasbetongerendákat gyártunk 3,10 m-től 6,90 m hosszig 0,20 m hosszkülönbségekkel, háromféle terhelésre, kétféle gerendavég elrendezéssel, ami végeredményben 126 különböző gerendát jelent.

Az elmult év tapasztalata alapján a gyakorlat a 126-féle típust 25-re csökkentette. Így az üzemi gyártás alapfeltételét, nagytömegben jelentkező kisszámú típust, a gyakorlat megoldotta.

A gerendagyártás a szükségszerű gyors felfejlődés következtében — amihez a szükséges vasformákat biztosítani nem áll módunkban — legnagyobb részben műkőformákban teknős érlelés mellett történik. Ennek a gerendagyártásnak hátrányai azonban már mutatkoznak úgy a gerendák külső felületein jelentkező hibákban — lévén a felületek durvák és szabálytalanok, a műkősablonokra való mészrátapadás miatt — valamint a teknős érlelés folyományaként a nagy gőzfogyasztásban.

A gerendák tömege mellett ugyanis felmelegítésre kerül mindenkor a nagytömegű műkőforma is. Vasformák esetén a teknő kihasználása is legalább 15—20%-kal gazdaságosabb lenne, mert a vasformák kisebb helyet foglalnak el. Ezért a vasformákra mielőbb rá kell térnünk, azonban úgy, hogy azok már az új technológiának is megfeleljenek.

A jelenlegi technológiát, amelyben az anyagmozgatás a betonkeverőtől, valamint a vasszerelő helytől csillepályán kézierővel, a bedolgozás kézi adagolás mellett kézi kardvibrátorokkal történik, a lehetőség szerint mielőbb fel kell számolni. A teknős érleléssel együtt ez utóbbinak ugyancsak hátránya a lezárási tökéletlenségek miatti nagy gőzveszteség, a lezárótáblák nehézkes mozgatása s végül ezek állandó fenntartási költsége is.

A jelenlegi eljárás hátrányai a bevezetés előtt előreláthatók voltak, azonban építőiparunk gerendaszükséglete oly mértékben jelentkezett, hogy azt a rendelkezésre álló eszközökkel és rövid idő alatt másként kielégíteni nem lehetett. Mindössze két hónap állott rendelkezésre, ami alatt gerendagyártásunkat napi 10 000 fm termelésre kellett beállítani. Ezt a műkőformás, teknős eljárással lényegében — bár nem a leggazdaságosabb módszerekkel — sikerült megoldani úgy, hogy ma már minden nehézség nélkül tudjuk az építőipart a szükséges vasbetongerendával ellátni.

A jövőben létesítendő üzemeinknél azonban a jelenlegi gyártási tapasztalatok felhasználásával vasformák alkalmazásának kell sorra kerülnie. A vasformák folyóméterenkint mindössze 14 kg többletvas beépítését teszik szükségessé, mert a jelenlegi folyóméterenkint 26 kg gömbvasat igénylő műkőformákkal szemben fm-ként 40 kg vasanyagot igényelnek.

A 14 kg többletvassal szemben a vasformák élettartama több évre tehető, a műköformák ½—¾ év után tönkremennek. — A vasformák alkalmazása teszi lehetővé azután a teljesen gépesített technológiát, mely mellett az anyag-, szerszám- és munkaerőmozgatás megszűnik és az egyes munkafázisok ugyanazon a munkahelyen végezhetők el.

Az érlelés gőzkamrákban, gazdaságos gőzfelhasználás mellett fog történni. Végül és nem utolsó sorban a méretbeli és minőségi követelmények is csak vasformák alkalmazása mellett tarthatók be.

A vasbetongerendák mellett az építőipar legégetőbb szükséglete a födémkitöltőelem, ami évente többmillió négyzetméter mennyiségben jelentkezik. Tudományos intézeteink az erre vonatkozó kísérleteket elvégezték. Rendelkezésünkre állanak kavicsbetonra, tufabetonra, salakbetonra és végül a pernyéből készíthető kitöltőelemekre vonatkozó forma- és méretadatok. A gyártáshoz szükséges formák, valamint az első kisebb gépegységek, rázóasztalok tervezése és legyártása már folyamatban van s így az 1952. év elején a kísérleti üzemi gyártás két-három gépegységgel meg fog indulni.

Egyhónapos kísérleti gyártás tapasztalatai alapján sor kerül majd a további gépegységek legyártására és azoknak az építőipar számára való rendelkezésre bocsátására.

A kitöltőelem szükségletek mielőbbi kielégítése a jelenlegi — gazdaságosnak egyáltalán nem mondható — födémépítés felszámolása érdekében addig is, amíg e téren az anyagnyerő helyekre telepíthető teljes gépesített kitöltőelem üzemeink megvalósíthatók lesznek, rázóasztalok beállításával kívánjuk a kérdést ideiglenesen megoldani. Ezek vagy telepítve, vagy az egyes építések színhelyén dolgozhatnak attól függően, hogy az egyes építési helyeken melyik gyártási mód mutatkozik gazdaságosabbnak.

A rázóasztalok tervezésénél abból indultunk ki, hogy ezekhez a már rendelkezésre álló tűvibrátorok, amivel az építőiparunk már kielégítő módon el van látva, felhasználhatók legyenek olymódon, hogy a rázólapok aljára a tűvibrátorok egyszerű, oldható kötésekkel erősíthetők fel.

A tervezett 120 db tűvibrátoros rázóasztallal évente 12 millió betéttest gyártását tudjuk elvégezni, ami 3 millió m² födém építését teszi lehetővé.

A rázóasztalok a telepített üzemek beindulása után egyéb építőelemek gyártására lesznek felhasználhatók más formák alkalmazásával, így beruházásaink mindenképpen gazdaságosak.

Az előregyártott födémkitöltőelemek alkalmazása m²-ként mintegy 100 kg-ot kitevő súly- és 5—6 Ft-ra tehető pénzmegtakarítást jelent népgazdaságunknak, figyelmen kívül hagyva a vasbetongerendák méreteiben és súlycsökkenés folytán elérhető további megtakarításokat.

A folyó évben a Betontechnikai Intézet által készített előrefeszített próbagerendák próbaterhelései megtörténtek és azok teljesen kielégítő eredményt adtak. Az előrefeszített gerendák üzemszerű gyártásának alapelveit az Intézet kísérleti üzemében tisztázták. Az eredmények alapján a lágyvasgerenda-gyártás mellett 1952. év elején az Épületelemgyárban megindul az előrefeszített gerendák üzemszerű gyártása is, az Intézetben kikísérletezett fix hosszúpados rendszerrel, az ott készített Épületelemgyárba áttelepítendő gépegységekkel. A gyártás egyelőre két 60 m-es feszítőpadon történik. A feszítő- és vibrátorberendezések, tolópadok, padegységek beállítására a kísérleti üzem tapasztalatai alapján, még ugyancsak 1952. év folyamán fog sor kerülni.

A gyártásnál 2,5 mm-es átmérőjű, 180 kg/mm² szilárdságú hullámosított acélhuzalokat fognak felhasználni. A betonadalékanyagot 6 frakcióból fogják előállítani.

A tervezett üzem teljes beállításával napi 70 m³ mintegy 2100 fm előrefeszített gerendát tudunk az építőipar számára rendelkezésre bocsátani.

Vasbetonalj gyártásunk lágyvasbetétekkel, a vashajlítástól és szereléstől eltekintve, teljes gépesítéssel történik.

Az aljak érlelésére az év folyamán Salamander-rendszerű, 480 db aljat befogadó gőzölőkamra épült a Betontechnikai Intézet tervei alapján.

Az aljak 65—70° hőmérsékletű gőzölőn — az elő- és utókamrában töltött időt is beleértve — 8 óra alatt haladnak át. A formáknak a szalagra való feladagolása és leadása ugyancsak teljesen mechanizálva van. A gőzölő többszöri üzemzavar után, melyek kisebb különböző anyag- és gyártási hibákból eredtek, most már kielégítően működik. Beállításával az eddigi 48 órás érlelési időt sikerült 8 órára leszállítani és egyidejűleg kikapcsolni a nagy fizikai munkát kívánó érlelőbe és érlelőből való szállítási munkát.

A gőzölő és a régi érlelő egyidejű üzemeltetésével, ha a formakészletünket növeljük, az üzem teljesítőképessége — aránylag csekély nagyságú beruházással — tovább növelhető, ami tekintettel arra, hogy az alj szükségletet teljes egészében kielégíteni még nem tudjuk és az előrefeszített aljgyár üzembeállítására csak két év mulva számíthatunk, megfontolandó kérdés.

Az előrefeszített vasbetonaljak kísérleti gyártása napi 100 db alj teljesítményű próbaüzemben történik, amelynek bevált technológiája alapján a próbaüzem félgépesítését teljes szalagrendszerre átalakítva, a végleges üzem kiépíthető. Az érlelés a próbaüzemben is gőzkamrában történik, 6 órán át 60—70° C hőmérsékletű gőztérben. Az alkalmazott betétek 180 kg/mm² szilárdságú hullámosított acélhuzalok. A 6 frakcióból álló adalékanyag 450 kg/m³ cementadagolással 0,30-as vizcement tényezővel kerül bedolgozásra.

A sín leerősítésre úgy a lágyvas mint az előrefeszített aljaknál bebetonozott, impregnált tölgyfa betéttuskók szolgálnak. Az év folyamán megoldást nyert a rugalmas sínleerősítőelem kérdése, valamint az eddigi tapasztalatok alapján kialakult a már végleges előrefeszített alj formája és huzalelrendezése. Így az előrefeszített aljüzem létesítéséhez a műszaki előfeltételek biztosítva vannak. A tervezés során, amelyekre nézve az előtanulmányok már folyamatban vannak, lesz eldöntendő az a kérdés, hogy egy nagyüzem, vagy az ország különböző helyein több kisebb üzem létesítése történjen-e meg.

Beton nyomócsövek gyártására az Épületelemgyár telepén 1952-ben van tervbe véve egy három gépegységet magában foglaló röppbeton lágyvasbetétes csőgyár építése, amely 0,25 m-től 2 m átmérőjű 3,5 m hosszú nyomócsövek gyártására lesz alkalmas, 60 m³ napi kapacitással.

Gravitációs csőgyártással kapcsolatban az É. M. XI. főosztály kezdeményezésére a Gerlei-féle vibrált nyomócső kísérleti eredmények alapján az Épületelemgyárban kísérletek folynak a nagy fizikai munkát igénylő kézi döngölésű csőgyártás felszámolása érdekében, a vibrálással való gyártás bevezetésére. Az eddigi kísérletek, melyek abból a feltételből indultak ki, hogy a feladat a rendelkezésre álló csőmodellekkel és tűvibrátorokkal oldandó meg, hogy nagyobb és új gépegységek beruházására egyelőre ne legyen szükség, biztató eredményeket adtak. Az üzemszerű gyártásra, mely az eddigi szerszámok kismértékű átalakításával jár, a kísérletsorozat befejezése után, remélhetőleg már 1952. év elején fogunk átállni.

Major Sándor kartársunk által felsorolt egyéb elemek gyártása mint tömeggyártás, még nem jelentkezett. Azokra a későbbiek során, amint a típustervek véglegesen kialakulnak és rendelkezésre állnak, lesz módunk berendezkedni.

Az üzemi előregyártásunknak az eddiginél nagyobb méretű kifejlesztése még igen komoly műszaki feltételeket kíván meg és ebben közre kell működnie

a tervező intézeteknek, valamint anyaggyártó iparnak is. A tervező intézetektől várjuk az üzemi gyártásra alkalmas, nagytömegben jelentkező kisszámú építőelemtípus kialakítását, míg az anyaggyártó ipartól a minőségi gyártáshoz szükséges állandó minőségű, gyorsan kötő cementet, a vasműveknek pedig ugyancsak állandó minőségű, nagyszilárdságú vasat kell az üzemi előregyártás számára adnia. Ha ezek a főfeltételek biztosítva vannak, úgy az üzemi előregyártásunk, felhasználva a Szovjetunió adta tapasztalatokat, meg fog felelni mindazoknak a követelményeknek, amit tőle népgazdaságunk megkíván.

VAJDA PÁL

Major Sándor tanulmányában átfogó képet nyujtott a hazai előregyártás felszabadulás óta történt fejlődéséről és jelen állapotáról. Előadását az előfeszített távvezetéki oszlopokra vonatkozóan kívánom néhány adattal kiegészíteni.

Az előrefeszített távvezetékoszlopok kérdésével a Villamosítási Kutatási Bizottság irányítása mellett egy szakértőkből álló munkabizottság foglalkozik 2 év óta. E bizottság tervei alapján készültek el ez év elején a 35 kw-os I keresztmetszetű, előrefeszített távvezetéki oszlopok első kísérleti darabjai a Mélyépítőipari Betonelőregyártó Vállalat Boráros-téri telepén. Ezekkel az oszlopokkal végzett kísérletek az előzetes számításokat jól igazolták, mert a számított és a kísérleti törőnyomatékok közötti eltérés csak néhány %-ot tett ki. A kedvező kísérleti és próbagyártási eredményekre támaszkodva készült el a 35 kw-os távvezetéki oszlop végleges terve, amelynek alapján jelenleg 160 db oszlop sériagyártása folyik a Mélyépítőipari Betonelőregyártó Vállalat óbudai telepén. A folyamatos gyártás általában kielégítő eredményeket nyujtott. Két nehézséget azonban mindezideig nem sikerült leküzdeni. Az egyik az 5 mm átmérőjű acélhuzaloknak megcsúszásmentes megfogása a Freysinnet-féle hidraulikus sajtóval való meghúzás után. Ennek következménye, hogy a feszítőpadon a gyártás ideje az előirányzott 48 órával szemben ennek kb. kétszereséig tart.

A másik nehézség az volt, hogy megfelelő minőségű cementet a gyártáshoz nem lehetett biztosítani, aminek következtében a terv szerint megkívánt 550 kg/cm² 28 napos kockaszilárdság helyett meg kellett elégedni 450 kg/cm²-es betonszilárdsággal.

Remélhető, hogy az 1952-ben meginduló gyártásnál az említett két nehézség már leküzdhető lesz. A kész oszlopok egyébként jelenleg beépítés alatt állanak.

Az ötéves terv keretében a kormányzat egy előrefeszített oszlopgyárat kíván felállítani. A gyár technológiai tervének elkészítéséhez szükséges előtanulmányok elvégzésével a Közlekedésügyi Minisztérium a Közlekedésüzemi Épülettervező Vállalatot bízta meg. A tervező intézet külső szakerők bevonásával részletes előtanulmányokat végzett, melyek legfontosabb megállapításai a következők:

1. Valamennyi távvezeték oszloptípus céljaira a kísérletek és próbagyártások tapasztalatainak figyelembevételével az I szelvényű, tömör, csúcsfelé mindkét irányban csökkenő méretekkel rendelkező előrefeszített oszloptípus látszik a legmegfelelőbbnek. A I szelvény gerinc és talpai 4—6 cm vastagságúak. Az oszlopok mindkét vége, az előrefeszített huzalok lehorgonyzásának biztosítására tömör. Az oszlopfejek négyszögkeresztmetszetűek a kereszttartók és szerelvények megfelelő felerősítése céljából.

Ennek az oszloptípusnak előnyei a következők:

a) Statikai szempontból: A I keresztmetszettel a két irányba fellépő, különböző befogási nyomatékhoz jól lehet alkalmazkodni és így a befogási keresztmetszetet a szükséges legkisebb méretekkel lehet kialakítani. A csúcs felé mindkét irányban csökkenő méretek lehetővé teszik a tartó egyes keresztmetszeteinek a nyomatéki ábrához simuló csökkentését és ilymódon nemcsak a befogási keresztmetszet, hanem az oszlop valamennyi keresztmetszete jól kihasználható.

b) Gazdasági szempontból: A kedvező statikai kialakíthatóság következtében ez az oszloptípus, adott terhelési feltételek mellett, a leggazdaságosabb, mert beton és vasszükséglete és így költségei is a legkisebbek.

c) Kiviteli szempontból: A tapadó húrbetétes, előrefeszített oszlop a rendelkezésre álló hazai anyagokból, ismert és már kipróbált technológiai eljárással készíthető el és különösebb nehézség nélkül alkalmas az üzemi gyártásra.

d) Nemzetgazdasági szempontból: Ennek az előrefeszített vasbeton oszlopnak alkalmazása

a faoszlopokkal szemben kb. kétszeres élettartamot;

a vasoszlopokkal szemben cca. 80% vasanyagmegtakarítást;

az előregyártott vagy pörgetett vasbetonoszlopokkal szemben cca. 40% beton-, vas- és súlymegtakaritást és repedésmentességet jelent.

2. Az oszlop gyártása tapadó, húrbetétes (Hoyer-rendszerű) fix és mozgó pados kivitel kombinációjával mutatkozik a legmegfelelőbbnek, mert így az oszlopok aránylag egyszerű gyártási eljárással együtemben előállíthatók és az előrefeszített acélbetétek erőinek átadására külön lehorgonyzó szerkezetre szükség nincs. A legmegfelelőbb acélbetéteknek az 5 mm átmérőjű, hullámosított, vagy rovátkolt huzalok mutatkoznak.

3. Az eddigi számítások szerint a távvezetéki és postai oszlopok, valamint oszlopgyárnok évi szükséglete cca 20 000 m³ előrefeszített betonra tehető. Ennek a mennyiségnek kb. 85%-a esik távvezetéki oszlopra és 15%-a postai oszlopra.

4. A gyár technológiai megtervezése szempontjából jelenleg még nem vehető ugyan figyelembe, de kikísérletezendők a Betontechnikai Intézet és a Mélyépítőipari Betonelőregyártó Vállalat által a jövő fejlődés szempontjából az alábbi oszloptípusok:

pörgetett előrefeszített oszlopok;

sodrott, csévélt feszített acélbetétes oszlopok;

utánfeszített oszlopok.

A 35 kw-os oszlopnál nyert tapasztalatok alapján folyik tovább a kutatás és kísérletezés a secunder, a 60 kw-os és a postai vezetékoszlopok legmegfelelőbb típusainak megtervezésére. Remélhető, hogy e tervezések is jó eredményre vezetnek, úgyhogy 1953. év végére már az előrefeszített oszlopgyár az ötéves terv keretében végrehajtandó villamosítási programm szolgálatába lesz állítható.

ÓCSVÁR REZSŐ

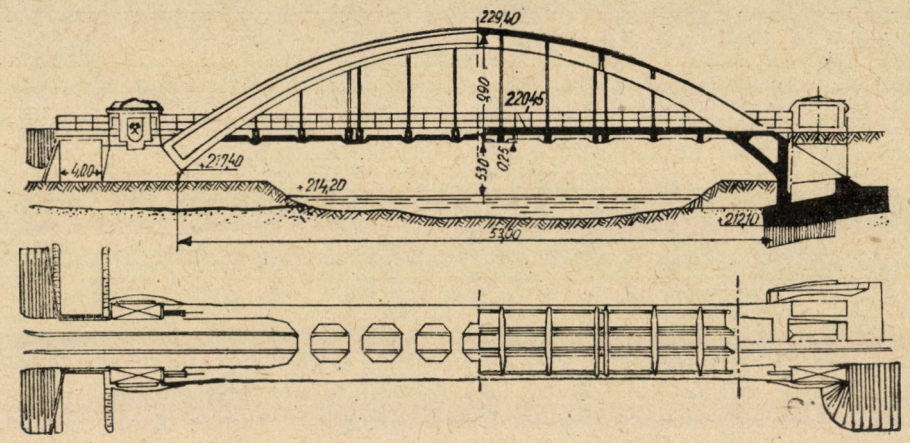
Úgy gondolom, mindnyájan nagy örömmel hallottuk Major kartárs által ismertetett eredményeket, melyeket a magyar építőipar az előregyártás terén mind a magasépítőiparban, mind a mélyépítőiparban elért. Nyugodtan állíthatjuk, hogy bizony kevés szakember hitt abban, hogy az Akadémia színe előtt

az ötéves tervünk második évében már ilyen széles területen elért eredményekről lehet beszámolni.

Hozzászólásomat két csoportra szeretném osztani. Az egyik csoportban az érintetlen területeket sorolnám fel, a másik csoportban pedig a követendő irányokra szeretnék röviden rámutatni az előregyártással kapcsolatban, külön szervezési, tervezési és kivitelezési szempontból.

Többízben elhangzott már illetékes helyen és illetékesek megnyilatkozásaiban, hogy az előregyártás és ezen belül az előrefeszítetten előregyártott, vagy utófeszitetten előregyártott *vasbetonhidak vasúti hídépítés* szempontjából még nincsenek kellően kialakítva, kikísérletezve és ezen a téren várjuk meg még a további tapasztalatokat.

Röviden rá akarok mutatni ez alkalommal arra, hogy a Szovjetunióból most megkapott 1951. évi könyvdokumentációk fényesen rácáfolnak erre a tartózkodó álláspontra. Ezt néhány ábrával tudom is igazolni. Az *1.* és *2. ábra*



1. ábra. 53 m fesztávolságú egyvágányú vasúti híd alaprajza és nézete

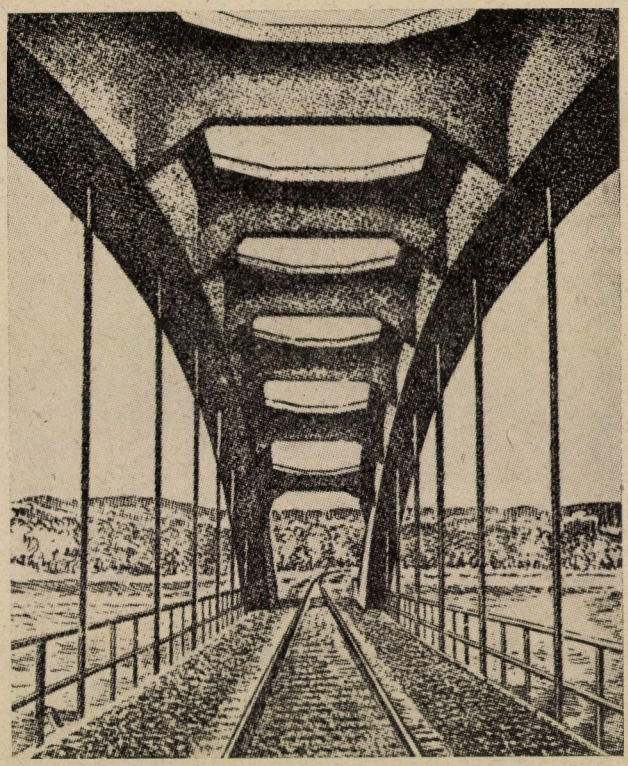
egy 53 m-es fesztávolságú egyvágányú vasúti híd alaprajzi, nézeti és távlati képét mutatja be G. P. Peregyerij Sztálin-díjas akadémikus munkájából.

Ugyancsak jellegzetes a *3. ábra* is, mely egy ötnyílású egyvágányú vasúti hídszakasz jellegzetes hosszmetszetét mutatja be. A nyílások 45 méteresek!

A *4. ábra* az előregyártás egyik legjellegzetesebb felhasználását mutatja be, ahol a kétvágányú vasúti vasbetonhidat kint a parton készített szerelőállványról hajóra eresztve beúsztatták az időközben elkészített mederpillérekre. Az erőteljes pályalemezt keresztkötés nélküli íves főtartók merevítik.

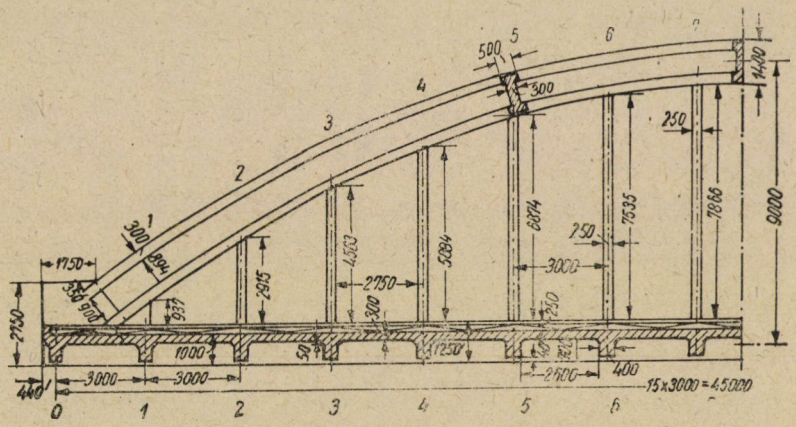
Ezek az ábrák egyébként széles perspektívát mutatnak a vasúti vasbetonhíd és vashíd építéseink terén követendő előregyártási módszerekre. A lényeg az, hogy minden faanyag nélkül a parton elkészített vasbeton- vagy vashidat az időközben felépitett pillérekre készen be lehet úsztatni, ha megfelelő vízmélységünk van.

Említést kell tenni továbbá a *vasbetonaljaknál* arról, hogy a Makadámútépítő Vállalat például Sajóbábonyban igen jól működő és egyszerű eszközökkel helyszíni előregyártó telepet rendezett be keskenyvágányú vasbetonaljak részére.

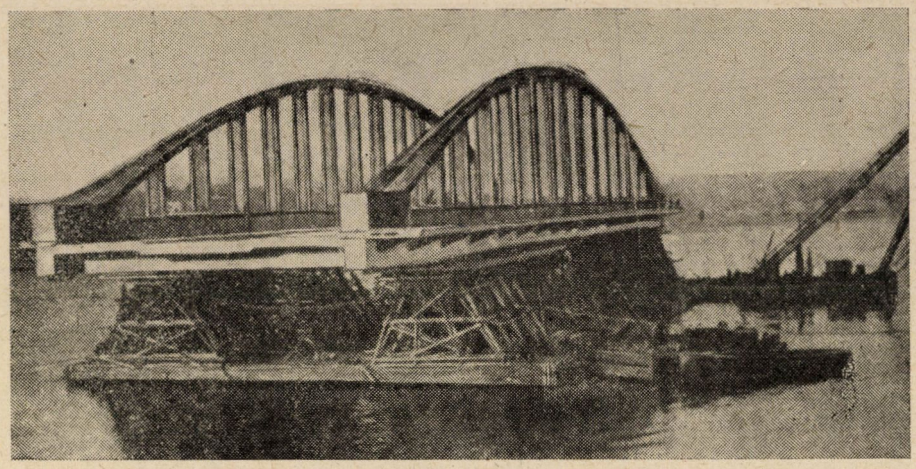


2. ábra. 53 m fesztávolságú vasúti híd távlati képe

Örömmel rögzíthetjük azt is, hogy a postai és távvezetéktartó oszlopok részére *az oszlopgyámok* előregyártása is jelentős mértékben megindult, de az utófeszített típus még kísérletezés alatt van. A tömeges típusgyártásra a berettyóújfalui — szervezés és tervezés alatt álló — gyárunkban kívánunk rátérni.

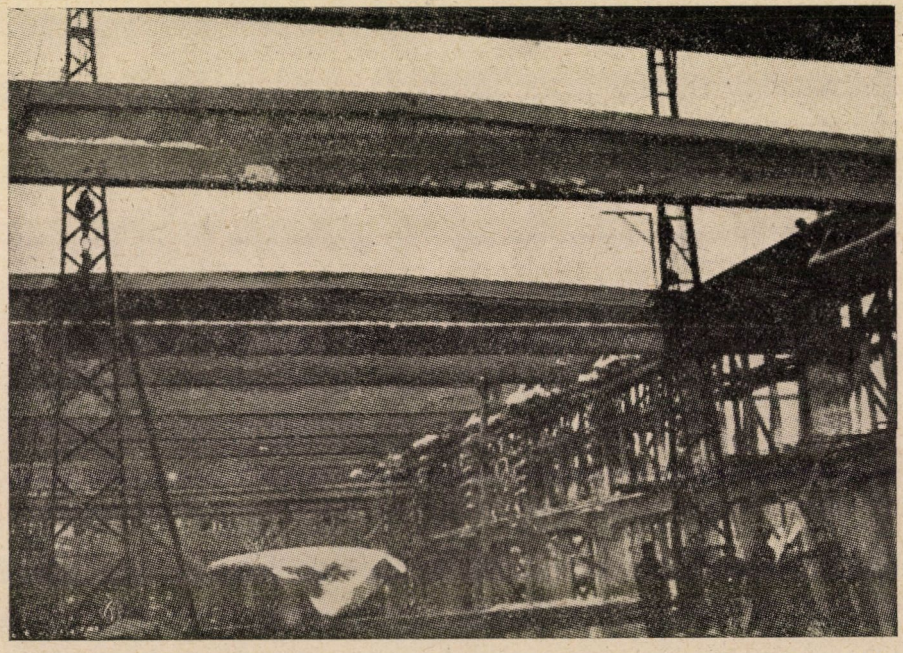


3. ábra. Ötnyílású egyvágányú vasúti hídszakasz jellegzetes hosszmetszete. A nyílások 45 méteresek



4. ábra. Előregyártott kétvágányú vasbeton vasúti híd beúsztatása. Az erőteljes pályalemezt keresztkötés nélküli íves főtartók merevítik

Igen szép eredményeket értek el a Hídépítő Vállalat dolgozói a Fertő-utcai építkezésnél, ahol *vasbetonszerkezetű ablakokat* készítettek előregyártva alacsonyfeszültségű elektromos melegítőberendezés segítségével. Ezzel az új módszerükkel az építési ciklust lényegesen meg tudták rövidíteni.



5. ábra. Ipari csarnok téli szerelése —20°-os hidegben

Nem hagyható figyelmen kívül, hogy a *vasbeton csőgyártásnál* a Mélyépítőipari Betonelőgyártó Vállalat dolgozói milyen szép sikereket értek el. A kísérletek alapján reméljük, hogy a most létesülő új gyáraink népgazdaságunk javára jelentős vasanyagmegtakarítást fognak elérni. Ezek a csövek ugyanis sok helyen majd az öntöttvascsöveket pótolni tudják.

A következőkben — *a második csoportban* — rá szeretnék mutatni Major kartárs tanulmányával kapcsolatban azokra a területekre, ahol a szervezőknek, a tervezőknek és kivitelezőknek még hatékonyabban kellene működni.

Véleményem szerint — elsősorban az építőipar szezonjellegének megszüntetése érdekében — az építményeinket már úgy kell tervezni, hogy *télen lehetőleg csak szerelési munka legyen* és nyáron, vagy ősszel készüljenek minőségi betonból az előregyártott elemek. Ebben az esetben az építési ciklust — tehát a munka megkezdése és befejezése közötti időt — lényegesen csökkenteni lehetne és az építőipari dolgozókat egyenletesen lehetne foglalkoztatni. Jellemző példaként bemutatom az egyik svédországi iparcsarnok téli szerelését —20 fokos hidegben *(l. 5. ábra)*. Maga a konstrukció már nem új a magyar szakemberek számára, de ezen a téren nálunk még nem történtek elhatározó lépések.

Szakítanunk kell továbbá azzal a felfogással (és ez különösen a beruházó szervekre vonatkozik), hogy az *előregyártás sokszor drágább, mint a monolitjellegű építkezés.* Természetesen az első próba és az ehhez szükséges berendezkedés nagyobb költséggel jár, de a beruházó tekintse a távolabbi perspektívát is: a népgazdaság érdekeit! Az előregyártásnak minél nagyobb propagálása egyszersmind a *minőségi betongyártás* eléréséhez is egyengeti az utat, ez pedig a beruházó szervnek is elsőrendű érdeke.

A kivitelezők az előregyártásnál ne csak az építési ciklus megrövidítését lássák, hanem törekedjenek fatakarékossági szempontból az előregyártás alkalmazásával a *vas, beton, tégla és egyéb zsaluzási rendszerek alkalmazására.* Itt elsősorban arra gondolok, amikor egy-egy vasformát érdemes többszáz elem gyártására felhasználni. Kisebb elemeknél a betonformák különösen kifizetődnek.

Rá kell még mutatnom arra is a tanulmány kiegészítéseként, hogy az előregyártás fogalma ne csak a *beton és vasbeton előregyártás* területére terjedjen ki, *hanem minden szerkezeti elemre.* Már a tervezésnél úgy kell felhasználni az előregyártás előnyeit, hogy lehetőleg közös méretű zsaluzóelemeket, vasalásokat alkalmazzanak. Így történt már ez például 1948-ban a Lánchíd és a szegedi közúti híd pályalemez építésénél is. Ezt a vonalat erőteljesen ki kell tovább építenünk.

A szervezés vonalán javasolom, hogy az *előregyártás nagyobb népszerűsítése* érdekében minél nagyobb számmal legyenek olyan *tervpályázati kiírások*, mint amelyet az Építésügyi Minisztérium és a Magasépítési Tudományos Egyesület a felvonulási épületek típusterveire kiírt 1951. december 15-i határidővel. Rendezzünk előregyártási *ankétokat* úgy, mint ahogy azt a Magasépítési Tudományos Egyesület már megrendezte.

Fentiek a ma még nem széleskörben ismert előregyártási eljárások ismertetésének legeredményesebb módját jelentik. Írassunk minél több *szakkönyvet*, de ne csak a mérnökök, hanem a középkáderek és szakmunkások részére is olyan formában, ahogy azt a most a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium kiadásában megjelent könyvek mutatják. Nem osztom — ugyanis — a véleményt azzal a felfogással, mely szerint az előregyártás és ezzel kapcsolatosan az előfeszítés és utánfeszítés még nincsen minden vonatkozásban kellően kifejlődve,

és a tudomány ezen a területen még forrong, tehát ne írjunk még magyar szakkönyveket! Sőt — ilyenkor — amikor a probléma még forrong és egymásután jelennek meg az új gondolatok és megoldások, kell minél több ankétot, folyóiratcikket, brossurákat és könyveket írni, hogy a felvetett téma tisztuljon. Jellemző erre a Szovjetunió példája, ahol az 1951. évben megjelent könyvek tömegeit lehet tanulmányozni ebben a vonatkozásban. Ezek ma már Magyarországon rendelkezésünkre állanak.

Befejezésképpen itt akarok rámutatni arra, hogy célszerű lett volna az előadásokban *néhány gyártási rendszert, gyártelep szervezést, technológiai eljárási folyamatot* is bemutatni. Az előbb említett szovjet könyvek ilyen elrendezések hosszú sorozatát mutatják be. Igaz, hogy ez a téma igen széleskörű, ezért talán valamelyik ankéton érdemes lenne ezzel a kérdéssel a szovjet tapasztalatok alapján részletesebben foglalkozni. Sajnos, ezen a téren Magyarországon igen kevés tapasztalatunk van, márpedig, ha az építőipart tényleg nagyüzemű, gyárszerű üzemmé akarjuk tenni, akkor ezeknek az előregyártó betongyáraknak a működéséhez elengedhetetlen feltétel a jó üzemi, azaz technológiai tervek elkészítése.

Véleményem szerint az építőipari dolgozók csak köszönettel tartozhatnak a Magyar Tudományos Akadémia vezetőségének, hogy az előregyártás területéről 6 előadást iktattak be a Nagyhét programmjába. Ezzel is dokumentálta azt, hogy építőiparunk soha el nem képzelt feladatait csak akkor fogja maradéktalanul népgazdaságunk javára önköltségcsökkentés mellett biztosítani, ha építőiparunk az előregyártás rendszerét minél szélesebb területen bevezeti.

Meg vagyok róla győződve, hogy ezek az előadások és így Major kartárs tanulmánya is igen nagy mértékben előre viszi mindnyájunk közös ügyét, az ötéves tervünk sikeres befejezését, sőt túlteljesítését.

AZ ÉPÍTŐIPAR KOMPLEX GÉPESÍTÉSÉNEK MAI PROBLÉMÁI

NAGY ISTVÁN gépészmérnök

Míg a kapitalista országokban az egyre növekvő gazdasági válság mindinkább az építkezések mértékének csökkentéséhez vezet, hazánkban is, mint minden más népi demokratikus országban, a történelem folyamán még soha nem tapasztalt beruházási építkezések vannak folyamatban, illetve az építkezések mértéke évről-évre nő és biztosítja a szocialista termelés szüntelen növekedését. Az ilyen hatalmas építőmunkának a céljai mellett természetesen a módszerei és eszközei is különböznek a kapitalista építkezéseknél alkalmazott eljárásoktól. A leglényegesebb eltérés: a szocialista munka termelékenységében, a termelékenység emelkedésében: a munkafolyamatok mechanizálásának, az építőipar gépesítésének alkalmazásában és módszereiben van.

Midőn a Szovjetunió nemzetei hozzáláttak saját országukban a szocializmus építéséhez, Sztálin elvtárs a következőket mondotta: »A munkafolyamatok mechanizálása a mi számunkra az az új elhatározó erőforrás, amely nélkül lehetetlen volna lendületünket fenntartani és a termelés egyre újabb és magasabb színvonalait elérni.«

Sztálin elvtárs iránymutatása alapján a szovjet szocialista népgazdaság és mindenek előtt a népgazdaság vezetőágának, az iparnak szakadatlan emelkedése az új, magas minőségű, sokkal fejlettebb technológiai folyamatokra támaszkodó szovjet technika bevezetésével, végbement.

A szocializmus országában a termelőerők fejlődése, a tudomány és a technika magas színvonala lehetőséget adott a szovjet népnek többek között arra is, hogy a világ legnagyobb építkezéseihez hozzáfogjon.

A kommunizmus nagy építkezései a Volgán, a Dnyeperen, a Donon és az Amu-Darján eddig még nem látott rövid határidő alatt készülnek el. A sztálini erőmű például 6 év alatt épül meg. A teljesítőképesség tekintetében lényegesen elmaradó amerikai erőmű a Boulder Dam negyven évig épült. A gigantikus méretű szovjet erőművek és csatornák építésének rendkívüli gyors ütemét a mindenek fölé emelkedő építőipari technika biztosítja.

A munkafolyamatok mechanizálása: az emberi munka helyettesítése a mechanizmusok munkájával, a sok munkaerőt igénylő termelési folyamatok száma csökkentésének és ugyanakkor a termelékenység fokozásának nálunk is

a leghatásosabb eszköze, mert hazánkban is csak ez teszi lehetővé a kellő lendület elérését, termelékenységünk emelkedését és ezáltal termelésünk terjedelmének állandó növekedését. Tekintettel tehát arra, hogy éppen a gépesítés az, amely döntően meghatározza a munkaerőszükségletet, a kiviteli lehetőségeket, az önköltség csökkenésének, a termelékenység emelésének mértékét, építőiparunk hatalmas fejlődésének mai állapotában, amidőn a szocialista társadalmi rendszer országunkban is határtalan lehetőséget teremtett a szakadatlan és gyors technikai fejlődés számára, a gépesítés elvi és gyakorlati kérdései elsőrendű fontosságúak.

Előadásomban, a gépesítésnek, illetve komplex gépesítésnek csak egyes lényegesebb kérdéseivel fogok foglalkozni: így a beruházások elvi szempontjaival, a mechanizálandó folyamatok gyakorlati, komplex gépesítésének egyes időszerű kérdéseivel, illetve a komplex gépesítés népgazdasági síkon mért eredményeinek, hatásainak kiértékelésével.

I. A komplex gépesítés fogalma

Mindenek előtt meg kell határoznunk a komplex gépesítés fogalmát, amely természetesen a termelés más-más síkján ugyan más és más fogalmakat takarhat, de amely mindig az építőipar teljes és részleteiben is megoldott mechanizálását jelenti.

A komplex gépesítés az építőipar globális szempontjából az előforduló különböző munkanemeknek gépesítését jelenti, az építőipar gépesítési fejlesztési tervében felmért fontosságuk és mennyiségi méreteiknek megfelelően és innen kiindulva jut el az egyes munkafolyamatok összefüggő gépesítéséhez. Ebben az esetben a komplex gépesítés az építőipar teljességének gépesítését jelenti. A komplex gépesítés tulajdonképpeni fogalma ezzel szemben az egyes összefüggő munkafolyamatok megfelelő mennyiségi és minőségi mechanizálására vonatkozva a mechanizált munkafolyamatok mennyiségének állandóan fokozódó növekedését jelenti az összes előforduló munkafolyamatoknak minden időben és minden helyen történő gépesítésének eléréséig.

A komplex gépesítés alatt — Naumov szovjet professzor elvtárs fogalmazása szerint — a gépesítésnek azon igen hatásos módja értendő, amellyel a folyamat tárgya: anyag, építőelem, félkész szerkezet mozgásának egész útján, a kitermelés helyéről, vagy előállítási helyétől, a tároló helyéről kiindulva, felhasználási, beépítési, felszerelési helyére gépi úton jut el úgy, hogy közben csak a minimális kiszolgáló személyzetre van szükség.

Ilyen módon: komplex gépesítés mellett minden művelet elvégzése, amely a nyersanyagnak építményszerkezetté való válása folyamán felmerül, gépi úton történik. A komplex gépesítés lényeges elve tehát tulajdonképpen kapcsolat létesítése az egyes géppel elvégzett munkafolyamatok között, vagy azon belül. Ilyen szempontok szerint komplexen gépesíthető az alapozás föld-

munkája, az épület vízszintes térhatároló szerkezeteinek készítése, vakolási munkák, illetve ezek összessége.

Ezek után először magasabb síkon az egész iparág komplex gépesítésének szempontjaival szeretnék röviden foglalkozni.

II. Műszaki fejlesztési terv

Az építőipar gépi felszereléssel való ellátása távlati beruházási tervek alapján történik. Ennek irányelveit az építkezések volumenjére és fajtáira vonatkozó távlati építési tervek alapján elkészítendő gépesítési távlati műszaki fejlesztési tervek szempontjai mutatják meg.

a) *A fejlesztési terv főbb szempontjai*

Ennek a műszaki fejlesztési tervnek főbb szempontjai a következők:

1. Első pontként mindenekelőtt a nagy tömegű és nagy erőfeszítést igénylő munkafolyamatokat kell gépesíteni, mert itt várható a gépesítés következtében a munkafolyamatok meggyorsítása mellett a szakmunkások és segédmunkások nagytömegű felszabadulása.

A legnagyobb munkaterjedelműek a földmunkák. A földmunkákat végző gépek és gépezetek (a talaj megmunkálására, szállítására, kiásására és elegyengetésére), az építési gépek egész parkjának legdrágább részét teszik ki. Annál fontosabb a földmunkálatok végrehajtásának legracionálisabb módszereinek és technológiai terveinek megállapítása, az ezeknek a terveknek megfelelő leghatékonyabb gépezetek kiválasztása és mindegyikük alkalmazására az optimális terület megállapítása.

Ismeretes, hogy a földmunkák gépesítése kotrógépekkel, földnyesőkkel és talajelmosással történhetik. A legegyetemesebbnek a kotrógépek alkalmazását tekintik, de éppen ez a módszer követeli meg a legnagyobb befektetéseket és berendezéseket. Emellett sok esetben, ahol a kotrógépeket alkalmazzák, ott eredményesen lehetne alkalmazni a földnyesőt is. A földmunkák összterjedelmének kb. 40%-át lehetne elvégezni földnyesőkkel. A földnyesőt csupán különlegesen nehéz sziklás talajon és télen nem alkalmazhatjuk, de minden egyéb esetben vitathatatlan előnyei vannak a kotrógépekkel szemben.

Ez a módszer, amelynél egyetlen gép teljesen gépesíti a földmunkák egész komplexumát, kiválik nagy munkaterjedelmével és alacsony költségével. Így, ha egy jól felszerelt kotrógép mutatószámait 100%-nak vesszük, egy földnyeső csoport mutatószámai ugyanolyan termelékenység mellett, a munka átlagfeltételei között, ha a szállítási távolság 200—400 m a következők: munkatermelékenység 200—300%, a berendezés ára 60—70%, a munkaköltség 40—50% az üzemanyag ráfordítás 45—50%.

Az építkezések azonban nincsenek eléggé ellátva traktorokkal, ennek következtében a meglevő földnyesőket még rosszul használjuk ki. A legköze-

lebbi 1—2 év alatt a földnyesőnek kell elfoglalnia a nagyobb helyet a földmunkában, a kotrógépekkel szemben. Ezért a földmunkák komplex gépesítéséhez való berendezési park kiegészítésénél a földnyesők és a hozzájuk tartozó vontató széleskörű elterjedését kell célul kitűznünk.

Az építkezések gépesítése terén egyik legfontosabb feladat az építési gépek meglevő parkjának széleskörű kiegészítése traktorokkal és a traktorokra szerelhető gépekkel, vagyis buldozerekkel, merítőrakókkal ömleszthető anyagok számára, csőlerakó darukkal, amelyek el vannak látva oldalkarral, mélyedésvájókkal stb. Ezek a gépezetek a legszükségesebbek az építési munkák sok fajtájának komplex gépesítéséhez és a standard traktorok alapján készíthetők el.

Nem eléggé alkalmazzuk építkezéseinknél a talajelmosást, bár megfelelő topográfiánál, éppen a hidromechanizáció a munkák elvégzésének leggazdaságosabb módszere. Nagyon hatékony a kotrógépeknek és a vizi szállításnak együttes kombinált alkalmazása, amikor a talajt a kotrótól földszivattyúkkal távolítjuk el. A kotrógép és a földszivattyú együttes munkájának tapasztalata azt mutatja, hogy az egy munkásra eső termelés, amely vasúti szállítás esetén 16 m^3-t tesz ki, a kitermelt talaj vizi szállítása esetén elérheti a 80 m^3-t.

Kedvező természeti körülmények és megfelelő megszervezés esetén a munkálatoknak a komplex hidromechanizálása (a talajnak hidromonitorokkal való kimosása) igen magas hatásfokot nyujt. Így például a földszivattyú termelékenysége elérheti 24 óra alatt a 6000 m^3-t és az egy munkásra eső termelés ötszörösen meghaladja a kotrómunkálatoknál kiadódó termelést és a munkaköltsége 4,5-szer alacsonyabb.

A földmunkálatok komplex hidromechanizálásának főelőnye az ehhez szükséges berendezések kis súlya és elkészítésének nem bonyolult volta. A szivattyúk, hidromonitorok és földszivattyúk súlya, amelyek a munkák hidromechanikus módszerét teljessé teszik, sokszorosan kisebbek a kotrógépek, elektromos mozdonyok és dumperek súlyánál, ugyanolyan termelékenység mellett.

Jelenleg azonban a földmunkák végrehajtásának hidromechanikus módszerének hatékonyságát erősen csökkenti a megfelelő berendezés hiánya. Ezért a gyakorlatban alkalmazott technológiai terveket a meglevő berendezés diktálja és leggyakrabban messze elmarad az észszerűtől.

2. A második szempont, a vízszintes és függőleges szállítások gépesítését teszi súlyponti kérdéssé, mivel az építőiparban ezen munkálatok igénylik az összes munkaerőszükségletnek mintegy 60—70%-át.

Az építkezések jellegzetes sajátossága, az anyagok szállítására való munkáfordítás nagy fajsúlya (részaránya). Minden, az építkezésbe fektetett millió forintra az építkezés fajtájától függően 4—12.000 tonna anyagfelhasználás esik, amelyet az építési területen az építési, szerelési munkáknál használnak fel. Ugyanakkor mindenegyes teher az építkezésnél való áthelyezésekor nem egy, hanem néhány munkaműveletben vesz részt (kirakás, raktározás, felrakás,

emelés és az építési munka helyére való adogatás. (Minden embernapra, amelyet építkezésre fordítanak, 3—4 tonna teher megmunkálása esik, vagyis jelentős mértékben több, mint a feldolgozóiparágak többségében.)

Ha számításba vesszük, hogy a kőből levő tehetetlen anyagok (inertiális) és kötőanyagok az építés helyszínén betonná és oldatokká (habarccsá) változnak át, amelyet mielőtt felhasználnának előzőleg számos kiegészítő szállítási-fuvarozási műveleten mennek keresztül, akkor az építkezésnél a teherforgalom következő végkarakterisztikáit nyerjük: talaj, amelyet a földmunkák végrehajtásánál fejtenek ki és kubikolnak el, több mint 50%, betonok és oldatok (habarcsok) a tehetetlen és kötőanyagokkal együtt 25—30%, tégla és salaktömbök kb. 10%, faanyagok és acél — legfeljebb 5—8%. Az építkezésnél a munkának több, mint 60—70%-át megrakási kirakási és szállítási-emelési műveletekre fordítják és csupán 30—40%-át a sajátosan építési-szerelési és tisztogatási (befejező) munkálatokra.

Az építkezések általános munkaterjedelmének legjelentékenyebb csökkentését elsősorban azon munkálatok munkaterjedelmének erélyes csökkentésével lehet végrehajtani, amelyekben a szakképzetlen munkásoknak legnagyobb létszámú kategóriáját alkalmazzák, ezek pedig a megrakási és kirakási és szállítási-emelési munkák.

3. Feltétlenül mechanizálandók továbbá a téli munkavégzések folyamatai, a fagypont alatti hőmérsékletnél elvégzendő munkálatok elvégzéséhez szükséges módszerek és berendezések megteremtésével, mert ennek az idényjelleg megszüntetése, azonfelül az állandóbb gépterhelés és fokozottabb kihasználás biztosítása, a gépszükségleti csúcsterhelések kiküszöbölése lesz az eredménye.

4. A következő szempont szerint általánosan be kell vezetni a villamosítást az építőipar gépi berendezéseinél. Ennek eredményeképpen: a munkahelyek energiaellátása központosan biztosítható, az erőgépek felesleges mértéke mellőzhető, az üzembiztonság növelhető és az önköltség lényeges mértékben csökkenthető lesz. Ugyanez vonatkozik a sűrített levegő használatára is.

A villamosítás, illetve a sűrített levegővel való működtetés révén lesz azután lehetséges a kis kézi szerszámok széleskörű bevezetése és megfelelő és olcsó energiával való ellátása.

5. Az építőipari gépesítés további fokán döntően rá kell térni az egyes gépek, főleg kisgépek alkalmazására, hogy egyes folyamatok a legáltalánosabban gépi úton legyenek elvégezhetők és ezen gépek nagy számánál fogva az aránylag kis munkahelyek is könnyen gépesíthetők legyenek. Éppen ezek a kisgépek azok, amelyek az egyes munkafolyamatok általánosabb komplex gépesítését lehetővé teszik a leggyakrabban felmerülő folyamatok gépesítése révén, másrészt pedig, a komplex gépesítés elvének megfelelően, az egymással összefüggő külön-külön gépesített folyamatok komplexen történő összefüggésének biztosítására szolgálnak.

6. A legszélesebb körben be kell vezetni az előgyártást és biztosítani kell azokat a felszereléseket, amelyek az előgyártáshoz szükségesek. Idesoroljuk az előkészítésnek azt a módját is, amely az építkezéseken felhasználás alá kerülő anyagoknak a gyártás helyén megfelelő szállító szerkezetben való előkészítésével az anyagok szállításával és bedolgozásával kapcsolatos minden további folyamat gépesítésének megkönnyítését eredményezi.

Az építkezés munkaterjedelme csökkentésének fontos lépése az építkezés legnagyobb lehetséges iparosítása: vagyis a műveletek jelentős részének átvitele az építési térről a gyárakba, üzemekbe, nem csupán egyes építési alkatrészek elkészítése, hanem teljes szerkezetek és házak elkészítése tekintetében is.

Az építkezés munkaterjedelmének csökkentése ezáltal nemcsak az alkatrészeknek és szerkezeteknek a gyárakban való komplex gépesítése útján és azoknak a helyszínen gépesített összeállításával és felszerelésével történhetik; hanem azáltal is, hogy jelentősen csökken a fuvarok és megrakási, kirakási műveletek terjedelme.

A kész szerkezetek súlya kisebb azon anyagok súlyánál, amelyeket ezen szerkezetek elkészítésére oda kell szállítani és ezenkívül rendszerint az ipari szerkezetek és építmények a gyártás racionálisabb módszerei alkalmazásának lehetősége miatt jelentékenyen kisebb súlyúak, mint az ugyanilyen rendeltetésű, de az építési téren emelt szerkezetek és építményeké. Így a szokásos módon készített sokemeletes téglaház súlya kb. 2,8 tonna/m² hasznos laktér, ugyanakkor az alap és a fal súlya m²-ként eléri a 2,0 tonnát. A hasonló, nagyburkolatú szerkezetek súlya fokozott előgyártás alkalmazásával vasbeton burkolatból készült falak esetében, nem haladja meg az 1,2 tonnát m²-ként és az alap súlya nem több 0,7 tonnánál, m²-ként, vagyis 1/3-a az előbbinek. Egy egyemeletes hasított faház súlya belső vakolással együtt kb. 1,8 tonna/m², egy külső falemezekkel és salaktéglafalakkal rendelkező vázház súlya, amelyben a vakolást szárazvakolattal helyettesítették, nem haladja meg a 0,5 tonna/m² súlyt.

Ily módon az építési szerkezetek előgyártásának iparosítása nemcsak jelentősen csökkenti az építkezés teherforgalmát, de tehermentesíti az építkezést a sok előkészítő munkától, amelyek így általában tisztán szerelési folyamatok halmazává fognak változni.

b) *A fejlesztési terv elkészítésének módja*

A tényleges műszaki fejlesztési tervet a fenti szempontoknak megfelelően most már úgy kell elkészíteni, hogy az a fejlesztés során elérendő műszaki és gazdasági értékmutatókat írja elő úgy, hogy azok egy állapotban rögzített helyzethez képest adják meg a szükséges változások mértékét fajlagosan és globálisan is. Másszóval tehát a fejlesztési tervet úgy kell elkészíteni, hogy az a munkanemekre bontott globális építési-, termelési érték egységére eső fajlagos gépi felszerelésállománynak, illetve a különböző munkanemek egységnyi terme-

lési értékének elvégzésére rendelkezésre álló gépi kapacitás növekedésének mértékét írja elő elérendő célként. A műszaki fejlesztési terv ilyen módon történő megállapításánál a komplex gépesítés elvének döntő módon kell érvényesülnie, hogy az egyes folyamatok fontosságuknak megfelelően, mások pedig éppen a folyamatok összefüggésének törésmentes biztosítása céljából, ismét mások pedig akár munkerőgazdálkodási, vagy szociálpolitikai célok elérése miatt kellő súllyal kerüljenek gépesítésre.

Műszaki fejlesztési tervünket ezen a fokon már szorosan össze kell kapcsolnunk építkezéseink üzemesítésének perspektivájával, az építési szervezetnek, a kivitelezés rendszereinek és módszereinek, a komplex gépesítés elvei szerint, annak nézőpontjából kialakított fejlesztési terveivel, miután az üzemesítés az építkezéseknek a jelenleginél is sokkal haladottabb módját jelenti.

III. A komplex gépesítés

a) *Felső tervelés síkján. A komplex gépesítés—teljes gépesítés*

Amennyiben most már az elvégzendő építkezések céljaira az előbb említett alapelveknek megfelelően megszabjuk az egyes építőipari gépek típusait, teljesítmény és méret szerint az erre a célra előirányzott beruházási összegeknek megfelelően, a távoli gépesítési beruházási ütemtervünket kapjuk meg. A gépesítés fenti szempontok szerinti fejlesztési és távlati, illetőleg globális beruházási terve, az építőipar globális szemléletéénél megfelel a komplex gépesítés elveinek.

b) *A komplex gépesítés = A munkafolyamatok gépesítése*

Természetesen a részletes iparági, vállalati, vagy munkahelyi gépesítési beruházási ütemtervek elkészítésénél a komplex gépesítés elvének másképpen és ennél sokkal mélyebben, a komplex gépesítés igazi értelme szerint kell érvényesülnie.

Itt már a komplex gépesítés elve szerint nemcsak az elvégzendő építési volumenben foglalt különböző munkanemek megfelelő arányú gépesítése a cél, mint az építőipar globális gépesítésénél, hanem e mellett a különböző egymást követő és egymással kapcsolatban levő munkafolyamatok megfelelően arányos és egymással szorosan összefüggő gépesítése a feladat. Amennyiben tehát a továbbiakban már részletesen, az egymással összefüggő munkahelyi munkafolyamatok gépesítésének kérdésével foglalkozunk, világos lesz az, hogy komplex gépesítés ezen a síkon nem az építőipar teljes gépesítését jelenti, amely fogalom csak a termelvények fizikai munka hozzáadása nélküli előállítását és mozgatását jelenti, de szükségképpen az összefüggő folyamatok mennyiségi összhangjával is kell már foglalkoznunk.

A munkafolyamatok gépesítési kérdéseinél ezen a síkon jutunk el a komplex gépesítés helyes fogalmához, mert ez az egymásutáni munkafolyamatok mennyiségi összhangnak is megfelelő mechanizálását célozza.

c) *Határos munkafolyamatok gépesítése*

Amidőn a gépesítés aktuális kérdéseivel ilyen szempontból foglalkozunk és ez gépesítésünk mai fejlettségi fokán már feltétlenül kívánatos is, a gépesítendő folyamatokat, illetve azok egymásutánját részletesen kell vizsgálat alá vennünk.

A munkafolyamatok vizsgálata során a határos munkafolyamatok fogalmához jutunk. Határos folyamatok alatt azokat a már gépesített munkafolyamatokkal összefüggő folyamatokat értjük, amelyeknek lefolyásai kihatással lehetnek a már gépesített folyamat termelékenységére, tehát ezeket oly módon kell egymással és a vizsgált folyamattal összhangba hoznunk, hogy az egyes munkafolyamatok eredményeképpen nyert termékek mennyisége egymásnak szigorúan megfeleljen. Az ily módon megszervezett határos folyamatok gépesítése tehát, az előbbiek szerint : a tulajdonképpeni komplex gépesítés.

IV. A gépi berendezések teljesítményi értékei

Ma, amidőn az építkezések gépekkel való ellátása mellett a meglevő technika teljesítőképességének legteljesebb felhasználására való törekvés egyre fontosabb feladat, a fenti szempontoknak megfelelő komplex gépesítés egy-két alapvető, a gépesítéssel kapcsolatos, további munkánk folyamán részletesen megoldandó kérdéssel kívánok foglalkozni.

Ahhoz, hogy a határos folyamatok komplex gépesítése megoldható legyen, feltétlenül szükséges a rendelkezésre álló, vagy beszerezni kívánt gépi felszerelések termelékenységi, illetve teljesítményi adatainak, műszaki jellemzőinek szabatos ismerete. Foglalkoznunk kell tehát elsősorban gépi berendezéseink, illetve az ezekkel gépesített folyamatok termelékenységi, tehát teljesítményi mértékeivel : normáival.

a) *A teljesítményi értékek fajai*

Megkülönböztetünk szerkezeti (elméleti) és műszaki (gyakorlati) teljesítményeket. Az első alatt a gép szerkezetének teljes megterhelése és mozgásának legnagyobb megengedhető sebessége mellett elérhető teljesítményt értjük. Ha ezen szerkezeti teljesítmény mellett figyelembe vesszük a megterhelés reális lehetőségeit és az elkerülhetetlen műszaki tétlenség különböző fajait, a gép műszaki teljesítményét kapjuk. A teljesítményekkel kapcsolatban megkülönböztetünk időteljesítményt : időnormát és darab, vagy mennyiségi teljesítményt : darab, vagy teljesítmény normát, aszerint, hogy : vagy azt az időt kívánjuk megállapítani, amely a jóminőségű termék egy egységének termeléséhez szüksé-

ges, vagy azt, hogy : az időegység alatt a jobbminőségű termékből mennyi állítható elő.

A gépi folyamatoknál általában a gép időnormájának meghatározására törekszünk, tehát azt az időmennyiséget kívánjuk megállapítani, amelyet a jóminőségű termék egységének előállítására fordítanunk kell a gép észszerű kihasználásának és a termelés helyes megszervezésének feltételezése mellett. E célból természetesen a gépet megfelelő időben el kell látnunk üzemanyaggal, tartalékalkatrésszel és a feldolgozandó nyersanyaggal. Idejekorán el kell végeznünk a gép fenntartási munkálatait, a kész termékek oda- és elszállítását. Megfelelően meg kell szerveznünk a gépnél a munkahelyet és a gép munkaidejének észszerű beosztását, illetve feltétlenül ki kell küszöbölnünk a határos folyamatoknak a gép teljesítményére káros befolyását.

b) *A gépek működésszerinti teljesítményeinek meghatározása*

Az építőipari gépek
1. ciklikus, tehát periodikus,
2. folyamatos, illetve
3. szakaszos,

tehát állandó működésűek.

1. Ciklikus működésű gépek

A ciklikus működésű gépek teljesítménye az időegységre vonatkoztatva a termékmennyiség térfogatában a következő módon határozható meg.

$$T_c = \frac{W}{t_c} \cdot 60, \qquad (1)$$

ahol T_c = a keresett termékmennyiség m³-ben,
W = egy ciklus alatt leadott termék, vagy áthelyezendő anyag térfogata, m³-ben,
t_c = a ciklus időtartama percekben.

A ciklus időtartama összetett érték, amely következő egyenletből határozható meg :

$$t_c = t_t + t_n + t_k, \text{ ahol}$$

t_t = a gép megtöltésének időtartama,
t_n = a gép munkaideje, a géptöltés és kiürítés ideje nélkül,
t_k = a kiürítés időtartama.

Ha ugyanezt a T_c termékmennyiséget súlyegységben akarjuk megállapítani, úgy a T_c értéket meg kell szoroznunk a termék, vagy anyag fajsúlyával.

A gép egy ciklusának időtartama, nem számítva a rakodás idejét (töltés, kiürítés) a ciklust alkotó egyes elemek időtartamának összege : tehát a gép által bizonyos egymásutánban végzett mozgások időtartamának összege. Ha a t

mértékét csökkenteni akarjuk törekednünk kell a mozgások egyidejű elvégzésére és ezek időtartamának csökkentésére.

A ciklus egyes elemeinek végrehajtásához szükséges idő megállapításánál három eset lehetséges :

1. A keresett cikluselem időtartamát a gép szerkezetének jellege határozza meg, pl. kanalaskotró karfordulatának időtartama. Ebben az esetben az elemek időtartamának kiszámítása a gép adatainak alapján történik.

2. A ciklus valamely elemének időtartama meg van határozva a termék minőségével szemben támasztott követelménnyel. Pl. a keverőgépnél a keverési idő.

3. a ciklus elemeinek időtartama azok megszervezésétől függ.

Természetesen, ha a gépet ember kezeli, a gép teljesítményének meghatározásánál a gépkezelő szakképzettségét is figyelembe kell vennünk.

Határos folyamatoknak ciklusos működésű gépekkel történő gépesítése esetén a gépi berendezéseknek nemcsak egyforma termelékenységűeknek, de egyforma ciklusidejűeknek is kell lenniök, tehát a határos folyamatokat nemcsak termelékenység, de ritmus szempontjából is össze kell hangolnunk. Ez esetenként a két határos folyamat érintkezésének helyén létesített közbeeső raktár, bunker, sziló stb. alkalmazásával is megoldható.

2. Folytonos működésű gépek

A folytonos működésű gépek által időegység alatt termelt termékmennyiséget a következő módon állapíthatjuk meg, térfogategységekben kifejezve :

$$T_f = 3600 \cdot F \cdot v \qquad (2)$$

T_f = a keresett termékmennyiség m^3-ben,
F = termékfolyam keresztmetszete m^2-ben,
v = mozgás sebessége m/sec.

Ha a T_f mennyiséget súlyegységben kívánjuk kifejezni :
T_f értékét meg kell szoroznunk az illető termék fajsúlyával.

Folytonos működésű gépek teljesítményére döntő befolyással van a feldolgozandó, vagy szállítandó terméknek a folyamatos működésű gépre való adagolása : a rakodás gépesítése is.

A folytonos működésű gépek termelékenysége független a gépkezelő szakképzettségétől, mert ezek a gépek lényegileg automatikusan működnek.

A folytonos működésű gépek termelékenységét két módon állapíthatjuk meg.

1. A gépek adatain alapuló képletek segítségével, pl. vedres kotrónál, vagy a folytonos működésű betonkeverőgépeknél.

2. A gép termelékenységét megfigyelés útján állapíthatjuk meg.

3. Szakaszos működésű gépek

A szakaszos működésű gépek időegység alatti teljesítménye a termék térfogategységében kifejezve az alábbi módon határozható meg:

$$T_{sz} = 3600 \cdot W \cdot \frac{v}{l} \tag{3}$$

ahol, T_{sz} = a keresett termékmennyiség m³-ben,
W = az anyag, vagy termék egy adagjának térfogata m³-ben,
v = az anyag, vagy termék egy adagjának mozgási sebessége m/sec,
l = az anyag-, vagy termékadagok súlypontjának egymástól való távolsága m-ben.

A T_{sz} keresett anyag- vagy termékmennyiségnek a fajsúllyal való megszorzása révén kapjuk annak súly szerinti mennyiségét.

A szakaszos működésű gépek teljesítményére a rakodás módja szintén döntő befolyással van. Feltétlenül gondoskodnunk kell az egyes anyag- vagy termékadagok egyenlő mennyiségéről. Amennyiben a rakodás nem gépesítve történik, szükséges, hogy mindig megfelelő mennyiség álljon a töltőhelyen rendelkezésre.

Az elmondott szempontok szerint megállapított műszaki gépnormáknál az elkerülhetetlen tétlenség rendkívül fontos: az időegységre, vagy műszakra alkalmazandó tényleges normák készítésénél.

Pontos mérésekkel, ennek hiányában alapos megfigyelésekkel kell meghatároznunk azokat a tényezőket és körülményeket, amelyek a tétlenségeket okozzák.

Részletesen tanulmányoznunk kell a gépek állapotát, kezelőinek, kiszolgálóinak szakképzettségét, azok munkábaállását, pihenését, munkamódszerét, a gépek szükséges üzemközbeni javításának gyakoriságát, a gépek átállását, hogy a határos folyamatok megfelelő gépesítése és ezzel a legtermékenyebb munkavégzés biztosítható legyen.

A fentiek alapján kiszámított teljesítményi normaértékeket a gyakorlati felhasználás során azonban az alábbi korrekciók figyelembevételével kell alkalmaznunk.

a) a munkahelyek viszonyai szerint
(1-nél kisebb korrekciós tényező),
b) a talaj, anyag tulajdonsága szerint
(1-nél kisebb, vagy nagyobb tényező),
c) a folytatott üzemszakok szerint
(2 műszak esetében pl. 0,9
3 műszak esetében pl. 0,8),
d) a gép általános tulajdonságai és állapota (elhasználtság) szerint
(1-nél kisebb tényező).

c) *Napi-, havi-, évi teljesítmény értékek*

Az egyes folyamatok komplex gépesítése céljából előbbiek szerint megállapítható óra, illetve egy műszakra eső normák mellett a rendelkezésre álló géppark, illetve a fejlesztés során használatba kerülő további gépi felszerelések globális teljesítőképességnek felmérése céljából meg kell állapítanunk még a gépek havi és évi teljesítményi normáit is, mégpedig idő- és termékegységekben kifejezve.

Ezeknek a normáknak a meghatározásánál a tétlenségek még nagyobb mértékben fognak szerepet játszani. Különös gonddal kell itt foglalkoznunk a munkahelyen, üzemen kívüli állások, a kötelező időszakos és nagyjavítások, az idényjelleg miatti állások kérdéseivel, amelyek szabatos megállapítása mellett előírt normák kiteljesítése a gépegységek részére nemzetgazdasági súllyal bír.

d) *Gyakorlati példa a teljesítmények meghatározására*

Több határos munkafolyamatnak különböző működésű gépi berendezéssel történő mechanizálása esetén a komplex gépesítés elveinek megfelelő helyes gépegységek megválasztását, illetve az alkalmazandó különböző gépi berendezések teljesítményeinek az előadottak alapján történő harmonizálását a következő gyakorlati feladat megoldásával szeretném a mindennapi gyakorlat számára még világosabbá tenni.

A feladat legyen a betonépítés azon összefüggő folyamatainak mechanizálása, amely folyamatokkal a deponiában tároló betonadalék a deponiától távol elhelyezett betonkeverőgéphez kerül, illetve a kész beton az útpályába beépítve, a betonút elkészül.

A munkafolyamat egyes fázisai, illetve az alkalmazható mechanizációk, azok működési módjai az alábbiak :

1. *folyamat.*

A deponiából az adalékanyag folytonos működésű szállítószalag adagolással a további adagolás céljából a magasan elhelyezett tárolóba (bunker) kerül.

2. *folyamat.*

A tároló (bunker) két határos folyamat harmonizálását végzi.

3. *folyamat.*

A tároló (bunker) a szakaszos működésű kisvasúti szállító berendezés csilléibe adagol.

4. *folyamat.*

A csillében szállított adalékanyagnak a betonkeverőgépbe való adagolása szakaszos.

5. *folyamat.*

A betonkeverést a ciklusos működésű keverőgép végzi.

6. *folyamat.*

A megkevert betonnak az útpályába való bedolgozását, a munkafolyamat befejezését, a folytonos működésű finisher végzi.

A különböző folyamatok elvégzésére a határos folyamatok gépesítésének komplex szempontjait kielégítő szükséges gépi teljesítmények az alábbiak (természetesen az előírt kész betonútteljesítmény alapján a méretezést a folyamatsor végén kezdve):

1. *Finisher* (folytonos működésű)

8 órás műszak alatt 100 fm. 6,00 m széles 0,18 m vastag burkolatnak kell elkészülnie.

$$Q = 100\ \text{m} \times 6{,}00\ \text{m} \times 0{,}18\ \text{m} = 108\ \text{m}^3/8\ \textit{óra kész}\ \text{beton}$$

$$v = \frac{100\ \text{m}}{8^h \cdot 3600\ \text{sec/óra}} = \frac{100\ \text{m}}{28\,800\ \text{sec}} = 0{,}00347\ \text{m/sec}$$

$$F = 6{,}00\ \text{m} \times 0{,}18 = 1{,}08\ \text{m}^2$$

$$T_f = 3\,600 \times F \times v = 3\,600\ \text{sec/óra} \times 1{,}08\ \text{m}^2 \times 0{,}0347\ \text{m/sec} =$$
$$= 13{,}5\ \text{m}^3/\text{óra}.$$

$$Q_1 = T_f \times 8_h = 13{,}5 \times 8 \quad 108\ \text{m}^3.$$

2. *Keverő* (ciklikus működésű)

$$Q_2 = 1{,}45\ Q_1 = 1{,}45 \times 108\ \text{m}^3 = 156{,}5\ \text{m}^3/8\ \text{óra}$$

$$t_c = t^{\text{töltés}} + t^{\text{keverés}} + t^{\text{ürítés}} = 3\ \text{perc}$$

$$W = 1000 \cdot 1 = 1{,}0\ \text{m}^3/\text{keverés}$$

$$T_c = \frac{W}{t_c} \cdot 60 = 6 \cdot \frac{1{,}0\ \text{m}^3/\text{keverés}}{3\ \text{perc}} = 20\ \text{m}^3/\text{óra}$$

$$Q_2 = 8 \times T_c = 20 \times 8 = 160\ \text{m}^3/\text{óra}.$$

3. *Adagolás* (csilléből a betonkeverőgépbe, szakaszos működésű). Olyan berendezésre van szükség, amelynek segítségével 3 perc alatt 2—2 csille (1 m³) tartalmát a felvonó puttonyba lehet önteni. (Pl. 2 fordító korong + 2 ember, vagy egy beemelő daru stb.)

4. *Szállítás* (szakaszos)

$Q_3 = 156{,}5\ \text{m}^3/8\text{óra}$

Szállítási távolság 6,0 km.

Szállítási sebesség 6,0 km/óra.

1 vonat = 6 csille à 0,50 m³ = 3,0 m³ = 3 keverés (9')

óránként tehát kell 7 vonat, azaz 8,5'-ként kell 1—1 vonatnak mennie. A vonatok egymástól való távolsága pedig 6000/7 = 850 m.

$$v = 6{,}0 \text{ km/ó} = 1\,666 \text{ m/sec} = 100 \text{ m/perc}$$

$$T_{sz} = 3600 \cdot W \cdot \frac{v}{1} = 3600 \text{ sec/óra} \cdot 3{,}0 \text{ m}^3 \cdot \frac{1666 \text{ m/sec}}{850 \text{ m}} = 21{,}0 \text{ m}^3\text{/óra}.$$

$$Q_4 = 21{,}0 \text{ m}^3\text{/óra} \times 8 \text{ óra} = 168{,}0 \text{ m}^3\text{/8 óra}$$

5. Szállító szalag (folytonos működésű)

$Q_5 = 168{,}0$ m³/óra
$F = 0{,}30$ m $\times 0{,}10$ m $= 0{,}03$ m²
$v = 0{,}20$ m/sec
$T_f = 3\,600 \times F \times v$
$T_f = 3\,600$ sec/óra $\times 0{,}03$ m² $\times 0{,}2$ m/sec $= 21{,}6$ m³°/óra
$Q_5 = 8 \times T_f = 21{,}6$ m³/óra $\times 8 = 173$ m³/8 óra.

Ha a szállítószalag közvetlenül csillébe adagolna, a 6 db csille (3,0 m³) megtöltéséhez

$$\frac{3{,}00 \text{ m}^3}{0{,}03 \text{ m}^2 \cdot 0{,}20 \text{ m/sec} \cdot 60 \text{ sec/perc}} = \frac{3{,}00 \text{ m}^3}{0{,}36 \text{ m}^3\text{/perc}} = 8{,}25 \text{ perc}$$

volna szükséges. A szemszerkezet összeállítása miatt azonban többfajta adalékanyagot kell adagolnunk, amire ez az idő már nem volna elgendő, azért bunkert kell közbe alkalmaznunk.

6. *Bunker* (tároló, szakaszos működésű).

A szállítószalag a különböző szemszerkezetű adalékanyagot a bunker megfelelő rekeszeinek adagolja. A bunker űrtartalma = 1 órai anyagszükséglet = 21,6 m³.

V. A gépi berendezések új, általánosított jellemzői

A komplex gépesítés elvei szerint alkalmazandó gépek teljesítményi, termelékenységi értékeivel kapcsolatos kérdések említése után a határos folyamatok egyre magasabb fokú szempontoknak megfelelő gépesítésének elérése miatt, a rendelkezésre álló gépparkból egy bizonyos feladat elvégzésére legjobban megfelelő gépegység kiválasztása céljából szükséges, hogy az azonos típusú és rendeltetésű gépekre vonatkozóan olyan új, általánosított jellemző adatokat állapítsunk meg és vezessünk be, melyeknek segítségével, az eddig szubjektív és személyhez kötött módszerektől függetlenül, az adott feladat elvégzésére a legmegfelelőbb gép kiválasztható és a géppark foglalkoztatása szabatosan megállapítható lesz.

A határos munkafolyamatok gépesítésénél egyre fokozottabb mértékben szükséges az ugyanazon feladatok elvégzésére szolgáló gépi berendezések különböző műszaki adottságainak figyelembevétele. Egyre inkább előtérbe kerül az

összetett célú munkagépeknek, a gépek munkakészségének azon összetett feladatok elvégzésénél való alkalmazása, amelyekhez az adott gép legjobban megfelel.

Ismernünk kell tehát gépi berendezéseink olyan általánosított műszaki teljesítmény jellemzőit, amelyek adott esetben a kérdéses gép felhasználását indokolttá teszik, illetve a vizsgált gépi berendezést elégtelennek, vagy szükségtelennek mutatják és ezáltal az ilyen kérdések a gépnek a munkahelyen való előzetes üzembeállítása nélkül is eldönthetők lesznek.

Egy példa során, részletesen kívánom ismertetni ennek a kérdésnek a megoldásánál követhető utat, illetve meggondolásokat, hogy ennek alapján más építőipari gépekre vonatkozóan is megfelelő új, általánosított jellemzőket állapíthassunk meg.

Az építőipar gépesítésének a szállítási műveletek mechanizálása egyik súlyponti feladata. N. A. Bolobán mérnök a gémes forgódarukra készített általánosított jellemzőket az elmondottaknak megfelelő célból.

A gémes forgódaruk eddig használatos jellemzői: a maximális teheremelő képesség, a horog emelkedésének maximális magassága, a gém hossza, kinyúlási szöge, az előfordulás szöge, a mozgási sebesség stb., nem adnak világos képet a daru munkaképességéről. Annak megállapítása, hogy az adott daru milyen építési célra alkalmas, csak a műszaki leírásokban megadott ezen jellemzők kombinációinak eredményeképpen lehetséges.

Különböző daruszerkezetek célszerűségének összehasonlítása eddig gyakorlatilag lehetetlen volt. A daruk gazdaságosságának összehasonlítása a daruk G súlyának, a maximális teheremelőképességhez Q-hoz való viszonya alapján, amit eddig számos esetben alkalmaztak, csak bizonyos fokig volt helyes.

a) *Az új jellemzők tulajdonságai*

1. A daruk új jellemzőjének állandónak kell lennie, hasonlóan a daru önsúlyához, külső méreteihez stb.

2. Az új jellemző általánosított kell hogy legyen, amely a daru műszaki jellemzőit egy karakterisztikába egyesíti, tehát a daru teheremelőképességének, a gém hosszának, akciórádiuszának, a horog emelkedési magasságának, a darú forgási szögének és munkasebességének kell, hogy függvénye legyen.

3. A jellemzőnek univerzálisnak kell lennie, mivel az építkezéseknél és az ipar más ágazataiban gyakran felmerül olyan technikai megoldású változatok összevetésének és végleges kiválasztásának szükségessége, amelyek nem mindig vannak közvetlen függvénykapcsolatban egymással.

b) *A daruk új általánosított jellemzői*

A daru teheremelőképessége Q, sok változó függvénnyel rendelkezik, nevezetesen:

$$Q = f\,(L, 1, \alpha, K, K_1, K_2, K_3, K_4 K_5) \qquad (4)$$

ahol Q = a daru megengedett terhelése emelésre ;

L = a gém hossza ;

l = a gém kinyúlása ;

α = a gém vízszintes vetülete és az út tengelye által bezárt szög ;

K = együttható, amely mutatja az autriherek jelenlétét, vagy hiányát ;

K_1 = ellenállási együttható emeléskor ;

K_2 = ellenállási együttható süllyesztéskor ;

K_3 = együttható, amely számításba veszi a tehetetlenségi erő hatását a teher és a gém emelésénél és süllyesztésénél, valamint a daru forgatásakor ;

K_4 = együttható, amely számításba veszi az út elhajlását a terhelés irányától.

Ilyen módon láthatjuk, hogy a daru általánosan elfogadott terhelési karakterisztikája, az úgynevezett »teheremelőképesség«: Q, a daru egyezményes karakterisztikája és ezért a szó általános értelmében nem lehet elismerni a darunak, mind szerelő-, építőgépnek teljesen pontos, kimerítő munkakarakterisztikájául.

A daru másik főjellemzője a horog közepének maximális emelkedési magassága: H. Ugyanúgy, mint a Q teheremelőképesség, a horog közepének maximális emelkedési magassága H is változó nagyságú, mely függ a gém L hosszúságától, annak l kinyúlásától és teheremelő csigarendszer h_{min} minimális hosszától; mely utóbbi a gém és a vízszintes által bezárt szögnek a függvénye, tehát

$$H = f\,(L,\ l,\ h_{\min}),\ \text{ahol}\ h_{\min} = f(\beta). \qquad (5)$$

Ilyen módon a Q teheremelőképességhez hasonlóan, a H nagysága ugyanarra a darura vonatkozóan különböző értékű lehet, azaz változó mennyiség és azért a darunak szintén nem kimerítő munkakarakterisztikája.

Az új karakterisztika megállapításánál azok közül az egyéb karakterisztikák közül, amelyek a szerelő-, építőmunkák szervezetének tervezési gyakorlatába átmentek, külön meg kell állnunk annál a karakterisztikánál, amely meghatározza a daru munkaterének nagyságát. Ez alatt szokásosan csak horizontális F_H munkaterületeket értenek és azt főleg rakterületek grafikus számításainál használják.

A horizontális munkaterület körgyűrűt képvisel, amelyet két koncentrikus kör képez a daru forgási középpontjának megfelelő középpontokkal, nevezetesen : egy nagyobb — r_2 rádiusszal, amely nagyság szerint egyenlő a gém maximális kinyúlásával $x_2 = l_{max}$-al és egy kisebb r_1 rádiusszal, amely a gém minimális kinyúlásával $x_1 = l_{min}$-al egyenlő. Ilymódon ez a karakterisztika általá-

nosított jellemző, mivel a daru két jellemzőjét egyesíti összetett karakterisztikává, nevezetesen : a gém akciórádiuszát és a gém forgási szögét.

Az r_1 sugarú kis kör területe »holt-tér«, mivel a daru állóhelyzetben (az autrihereken) nem tud oda benyúlni.

A horizontális munkaterület F_H nagysága =

$$F_H = \pi (r_2^2 - r_1^2). \tag{6}$$

A daru F_H horizontális munkaterülete és munkasebességei között összefüggés van, amelyet az alábbi képlet fejez ki :

$$F_H = 2\pi n \cdot v_r^2 \int_0^{t_1} dt. \int_{t_2}^{t_3} tdt \tag{7}$$

ahol n = a daru körforgásainak száma egy perc alatt ;

v_r = a teher vízszintes továbbításának (közepes) radiális sebessége a gém emelésekor és süllyesztésekor ;

t_1 = a daru egy körforgásának ideje ;

t_2 = a tehernek v_r sebességgel $x_1 = r_1$ távolságra való továbbítására fordított idő ;

t_2 = a tehernek v_r sebességgel $x_2 = r_2$ távolságra való továbbítására fordított idő.

Még fontosabb karakterisztikája a darunak a v e r t i k á l i s munkaterületen : F_v

Az F_v vertikális munkaterület meghatározza egyrészt az építmény szélességét, amelyet a daru ki tud szolgálni, másrészt pedig annak magasságát. Más szavakkal, ha az F_H horizontális munkaterület szoros összefüggésben áll az épülő építmény alaprajzának méreteivel, akkor az F_v vertikális munkaterület az építmény homlokzatának méreteivel van kölcsönös kapcsolatban.

Az F_v vertikális munkaterület nagyságának meghatározása végett, amelyet a $Z = H_{max}$ maximális emelési magasságnak, mint a gém x kinyúlása függvényének formájában szokás megadni, a $Z = fx$ függvényt analitikus kifejezésbe kell kifejtenünk.

A vertikális munkaterület mint (x_1, x_2) alapú, a $Z = f(x)$ függvénnyel megadott görbe vonal és a z_1 és z_2 ordinátapár által határolt görbevonalú trapéz területét határozzuk meg.

$$F_v = \int_{x_1}^{x_2} f(x)\, dx = \int_{x_1}^{x_2} (a + bx + cx^2 + dx^3)\, dx. \tag{8}$$

A daru F vertikális munkaterülete és munkasebességei között összefüggés van, amelyet a következő formula fejez ki :

$$F_v = v_r \cdot v_z \int_{t_2}^{t_3} dt \cdot \int_{0}^{tf} dt \tag{9}$$

ahol v_r = a teher vizszintes továbbításának (közepes) radiális sebessége a gém emelésekor és süllyesztésekor,

v_2 = a teher emelésének és süllyesztésének sebessége,

t_2 = a tehernek v_r sebességgel $x_1 = r_1$ távolságra való továbbítására fordított idő ;

t_3 = a tehernek v_r sebességgel $x_2 = r_2$ távolságra való továbbítására fordított idő,

t_4 = a tehernek v_z sebességgel $Z = f(x)$, azaz

$$t_1 = \frac{z}{V_z} = \frac{a + b\,x + c\,x^2 + d\,x^3}{V_z} = \frac{a + b\,v_r\,t + c\,v_r^2\,t^2 + d v_r^2\,t^3}{V_z}$$

magasságra való továbbítására fordított idő.

A »holt«-tér területének mind a horizontális, mind pedig a vertikális síkban csak a beépitett daruk számára van jelentősége. Az önjáró daruknak szigorúan véve nincs »holt«-terük, mivel a daru odébbállva minden pontot elérhet, mind a horizontális, mind pedig a vertikális síkban.

Eddig a daru munkájának vizsgálatát a horizontális és vertikális síkra korlátoztuk, azaz síkfeladatot oldottunk meg.

Valóságban mindenfajta forgódaru munkája a gém változtatott kinyúlásával a térben folyik le és ezért a daru munkája lehetőségeinek és feltételeinek teljes és minden oldalról való kitanulmányozása végett megitéléseinket három változó terére kell átvinnünk, azaz térbeli feladatot kell vizsgálnunk.

A daru egyhelyben való munkája mellett a térfogat, amelyet a daru kiszolgál, forgástestet képvisel, amely a vertikális munkaterületnek F_v-nek a z tengely körüli forgatásából adódik.

Általánosságban tekintve a daru munkatere (hatáskörzete) kiterjedésének meghatározása a következő formájú integrál kiszámításához vezet.

$$V = dv = \int_{x_1}^{x_2} dx \int_{y_1}^{y_2} dy \int_{x_1}^{z_2(z)} dz. \tag{10}$$

A térfogatot felülről határoló felület a $Z = f(x) = H_{max}$ görbe forgatásával keletkezik. Alulról a V térfogatot a $z = 0$ horizontális sík határolja ; vertikális irányban a térfogatot két körhenger felület határolja :

$$x^2 + y^2 = r_1^2 \quad \text{és} \quad x^2 + y^2 = r_2^2,$$

ahol r_1 és r_2 megfelelően a gém minimális és maximális kinyúlásai. Ez a két felület átvágja azt a forgásparaboloidot, amelyet a $Z = f(x) = H_{max}$ görbének a Z tengely körüli forgatásával képezünk.

A daru által kiszolgált térfogat V nagyságát a következő, a V térfogat és a daru munkasebességei közötti összefüggést kifejező formula alapján is meg lehet határozni:

$$V = 2\pi n v_r^2 \cdot v_z \int_0^{t_1} dt \int_{t_2}^{t_3} t\,dt \int_0^{t(r)} dt. \qquad (11)$$

Hasonlóan a fentebb említettel megjegyezzük, hogy az önjáró gémdaruk számára a »holt«-tér nagysága nem lényeges, ugyanakkor a beépített daruk számára nagyjelentőségű, mivel jelentékenyen összeszűkítik a daru munkafrontját.

A megvizsgált karakterisztikák új általánosított jellemzők lévén, amelyek a jelenlegi megvilágításban a daru munkalehetőségeit, mind a síkban, mind pedig a térben karakterizálják, érdekesek és egyik, vagy másik darunak külön-külön, ugyanúgy darucsoportoknak is (derrickek, torony-, szállítható daruk stb.) a tanulmányozására szolgálnak.

Azonban ezek a jellemzők nem felelnek a daru munkaképességének kérdésére, amely annak — mint emelő — szállító munkákra hivatott mechanizmusnak egyedül helyes jellemzője. E mellett pl. előfordulhat, hogy két különböző teheremelőképességű daru ugyanazon nagyságú F_H-val, F_V-vel, vagy végül V munkatérrel, vagy mindhárommal együttvéve, rendelkezik. Következésképpen, ezek a jellemzők szigorú értelemben véve nem rendelkeznek az egységesség sajátosságával és azért nem lehetnek univerzálisak.

Eddig a daru munkáját olyan V térben végeztük, melynek teheremelés potenciálja nullával egyenlő.

Vizsgáljuk meg most a darut teherrel való munkája feltételei melletti.

A teheremelőképességi görbéjének analitikus kifejezését a $Z = mx^n$ alakú formula alakjában fogjuk keresni.

Ez a formula a logaritmusokra vonatkoztatva lineáris.

Vizsgáljuk hengerkoordinátákban azt az elemi térfogatot, amelyet az r és $r + \Delta r$ sugarú két hengerfelület, a z és $z + \Delta z$ ordinátájú két vízszintes sík, valamint azok a függőleges síkok határolnak, amelyek a z tengelyen mennek át és az x abszcisszatengellyel φ, illetve $\varphi + \text{fo}\,\varphi$ szöget zárnak be.

Ennek a térfogatnak a differenciálja: dv egyenlő lesz:

$$dv = r\,d\,\varphi\,dr\,d_z.$$

Tegyük fel, hogy a daru ezt a terhet valamilyen anyaggal tölti fel, kihasználva ennél Q_{max} maximális teheremelőképességét.

Nyilvánvaló, hogy a dv térfogat feltöltése ezen feltételek mellett maximálisan lehetséges és egyenlő lesz :

$$\Phi(dv) = Q_{\max} \cdot dv.$$

Összegezve V szerint, megkapjuk a V térfogat, feltöltésének maximumát:

$$\Phi(V) = \int_V Q_{\max} \cdot dv = \int_0^{2\pi} d \int_{r_1}^{r_2} \frac{m}{r^n} \cdot r\, dr \int_{z_1}^{z_2(r)} dz. \tag{12}$$

A fenti kifejezést a daru teherrakodó-térfogatának lehet nevezni és Q_r-vel jelöljük.

A teherrakodó-térfogat karakterizálja az elméletileg lehetséges maximális teret, amely kitölti az egy helyen dolgozó daru által kiszolgált teret, azaz azt a teret, melyet a daru át tud dolgozni munkájának egy integrálciklusa alatt, az összes geometriai és mechanikai lehetőségeinek kihasználása mellett. Ennek a tehernek a súlya változik a V térfogat alapján, a daru teheremelőképessége változásának megfelelően, a gém kinyúlásának változásától függően. A daru tehertérfogatát a következő formula alapján is meg lehet határozni :

$$Q_r = 2 \cdot n \cdot V \cdot r^2 \cdot V_z \int_0^{t_1} dt \cdot \int_{t_2}^{t_3} \frac{m}{r^n} \cdot t\, dt \cdot \int_0^{t_4(z)} dt. \tag{13}$$

A kapott új általánosított, teherrakodó térfogatnak nevezett jellemző, az adott daru részére állandó, hasonlóan olyan jellemzőkhöz, mint az önsúly, hosszúság, szélesség, magasság stb.

Ugyanakkor a teherrakodótérfogat, a daru számos különböző, változó részleges jellemzőjének, mint például: a teheremelőképességének, a horog emelkedési magasságának, a gém kinyúlásának, az elfordulás szögének (teljesen körülforduló, vagy nem teljesen körülforduló) függvénye lévén, összetett, általánosított és univerzális jellemző.

Ez a jellemző a daruk viszonylagos értékelése számára szolgáló kritériumok egyike, mivel lehetőséget ad arra, hogy a darukat — mint szerelő — építő mechanizmusokat, amelyek meghatározott emelő-szállító munkát teljesítenek — minden oldalról megítéljük.

A daruk műszaki-gazdaságossági kutatásainak alapjaira helyezett ezen jellemzője lehetővé teszi számos új kérdés analitikus és gyakorlati megoldását, amelyek a daruk szerkesztési-kihasználási különlegességével, például konstrukciós teheremelőképességükkel kapcsolatosak.

A közöltek alapján egyéb építőipari gépek új általánosított jellemzőit is meg kell határoznunk. Így a különböző kotrógépek, vízszintes és függőleges egyéb szállító berendezések, de természetesen más analitikai meggondolások

segítségével a beton-habarcskeverőgépek és egyéb gépi berendezéseink új jellemzőinek készítésével és felhasználásával a határos folyamatok gépesítését, a komplex gépesítés elvének alkalmazását lényegesen előbbre tudjuk vinni.

VI. A gépkihasználási fok

Nagyon szorosan kapcsolódik a normák kérdéseivel a gépkihasználási fok kérdése, amely a meglevő géppark műszaki teljesítőképességének a gyakorlatban hasznosítható, csökkentett értékének mértékéül szolgál. A két kérdés kapcsolata azért olyan szoros, mert hiszen a kihasználási fok a gépek alkalmazásánál adódó összes tétlenségek értékére jellemző. Az évi globálisan mért tétlenség teljesítmény egyenértékét a műszaki teljesítménynek, a tényleges teljesítménynyel csökkentett értéke adja. Ennek százalékos mértéke az egységnek és a kihasználási fok különbségének százszorosa. De a gépkihasználási fok a határos folyamatoknak a komplex gépesítés elvének megfelelő gépi úton történő elvégzésénél is feltétlenül szem előtt tartandó, azért, hogy a különböző gépegységek ennek figyelembevételével legyenek komplex módon kapcsolhatók. A kihasználási fokot az egész építőiparra, vagy annak ágaira vonatkozóan éves kiértékelésben jellemezzük. A kihasználási fok vonatkozhatik teljesítménykihasználásra az időegységre vonatkoztatva és időkihasználásra napi, havi, vagy évi viszonyításban.

A teljesítményi kihasználási fok

$$\varphi_1 = \frac{T_t}{T_m} \tag{14}$$

$$T_t = \overbrace{f(G_{sz},\ G_d,\ G_f,\ G_i,\ G_{\acute{a}})}^{A} \text{ ahol,}$$

G_{sz} = a gép szerkezeti mérete és teljesítménye,
G_d = a gép darabszáma az egész gépparkban,
G_f = a gép üzemének más gépek üzemétől való függősége,
$G_{\acute{a}}$ = a gép állapota, tartalékkal való ellátottsága.
T_t = tényleges teljesítmény évi globális értéke,
T_m = műszaki teljesítmény évi globális értéke.

Az időkihasználási fok $\varphi_2 = \frac{T_{ti}}{T_{mi}}$ (15)

$$T_{ti} = \overbrace{f(G_f,\ G_d,\ G_{sz},\ G_i,\ G_a,\ G_t,\ M_m)}^{B} \text{ ahol}$$

G_t = a gép fajtája, illetve idényszerű jellege,

M_m = az elvégzendő munka mennyisége

T_{ti} = a tényleges időteljesítmény évi globális értéke (a ledolgozott gépórák),

T_{mi} = műszaki időteljesítmény évi globális értéke (elméleti gépórák).

A kétféle kihasználási fok hatása együtt jelentkezik és így a globálisan mért kihasználási fok

$$\varphi = \varphi_1 \cdot \varphi_2 \tag{16}$$

a gyakorlatban azonban főleg csak az időkihasználást mérjük. A kihasználási fok a műszaki fejlesztési tervben előírt mérték szerint természetesen a géppark mennyiségétől és minőségétől is függően állandóan emelkedik egy optimális felső érték felé. Mivel azonban a kihasználási fok emelése a gépállományunk legjelentősebb akkumulációs lehetősége, a kérdés alapos megvizsgálásával és a kihasználási fok növelésének lehetőségeivel nemzetgazdasági okok miatt is kell foglalkoznunk. Éppen az ismertetett teljesítmény meghatározások segítségével meg kell állapítanunk tehát a kihasználások várható mértékeit, a gyakorlatnak pedig a $T_t = f(A)$ és $T_{ti} = f(B)$ függvények kiértékelésével és ennek alapján a függőség csökkentésével a kihasználási fok emelkedését mindenképpen biztosítania és gyorsítania kell.

Az építőipari gépek kihasználási fokának meghatározása és mérése

Az építőipari gépi felszerelések kihasználásával kapcsolatban a fogalmak helyes megállapítása és a mérési módszerek kialakítása céljából az alábbiak látszanak célszerűnek.

Egy építőipari gép kihasználása az ipar, illetve országos szempontból akkor 100%-os, ha az január 1-től december 31-ig terjedő napokon minden nap 24 óra üzemet teljesít.

Természetesen ezen így meghatározott 100%-os kihasználás nem biztosítható, mert az alábbiak szerinti üzemkiesések mértéke a 100%-hoz viszonyítva, előre meghatározható:

1. Hivatalos munkaszüneti napokon való állás %-os foka.

2. A felszerelések egyik munkahelyről a másikra való szállításához szükséges idő százalékos foka.

3. A téli állásidő százalékos foka.

4. A téli állásidőből külön meghatározandó a generáljavításokhoz szükséges idő százalékos foka.

5. Az üzemközbeni javításokra szükséges idő százalékos foka.

6. Üzemközben szükséges gépápolások (tankolás, kenés, service) százalékos foka.

Az említett pontokon felüli idő az, amely ideálisan az üzemben eltöltött idő lehet.

Meghatározandók tehát a fent megadott 100%-os kihasználáshoz viszonyítva az említettek miatt előálló állások százalékos mértékei, amelyek különkülön globálisan kezelhetők, mint egységek és azok törtrészei önmagukban szintén százalékosan fejezhetők ki.

Fentiek szerint meghatározott mértékű ideális üzemórák felhasználása minden gépről, minden nap kiállítva gépi jelentésen az alábbiak figyelembevételével elszámolható :

a) Tényleges üzemben eltöltött összes órák,

b) anyaghiány miatti állás,

c) üzemközbeni javítás miatti állás,

d) más gép javítása miatti állás,

e) külső okok miatti állás (pl. fagy, eső),

f) üzemenkívüli javításra fordított idő.

A fentiek alapján a gyakorlati kihasználás mértéke a magas- és mélyépítőiparnál más és más százalékos fokként fog kiadódni. Az iparág természetének megfelelően ez az iparra jellemző is lesz, mert hiszen más a magasépítőipar által foglalkoztatott gépek kihasználási lehetősége, mint az ennél szervezettebben működő mélyépítőipari gépi felszereléseké.

A kihasználási fok fentiek szerinti meghatározása azért szükséges, mert megállapítható lesz

a) mennyi a téli állási idő, ebből mennyi a javításra eltöltött idő. Ha ez túl sok, a téli munka bevezetését kell fokozni, vagy ha javítási idő sok, esetleg a gép kiselejtezendő,

b) amennyiben a szállítással eltöltött idő sok, ennek valószínű szervezetlenség az oka,

c) a munkaszüneti napok állási idejét külön kell kezelni, hogy ezen idővel a gyakorlati kihasználás mérésénél visszaélni ne lehessen.

A gépi napijelentések adataiból megállapítható a munkahely szervezetlensége, a gép vagy esetleg más gép esetleges elavult volta, továbbá az elvégzett téli generáljavítás elégtelensége, illetve az elvégzendő téli javítás szükséges mértéke. Annak alapján a beruházási terv az eddigieknél sokkal konkrétebb formában lesz elkészíthető, mivel az egyes felszereléseknél, amelyek gyártása, vagy külföldről történő beszerzése nehézségekbe ütközik, vagy több műszakos üzemeltetéssel, vagy munkaszüneti munkával, vagypedig a szállítások legrövidebb mértékre való lecsökkentésével lehet beruházásokat mellőzni.

VII. Javítások, gépkezelők

A komplex gépesítés mai problémáival foglalkozva a teljesség kedvéért röviden még két kérdést kell megemlítenünk, amelyek ugyan csak közvetve vannak befolyással gépesítésünkre, azonban egy mélyebb vizsgálat alapján döntően befolyásolhatják komplex gépesítésünk eredményeit.

a) *Felújítások, nagyjavítások*

Az ismertetett módon végrehajtott gépesítés eredményeit mint ahogy azt a kihasználási fok vizsgálatánál láthatjuk, lényegesen befolyásolják a géppark állapotának megóvására vonatkozó intézkedések, amelyek a kihasználási fok növekedésére, ezáltal a határos folyamatokat elvégző munkagépek együttes teljesítményének emelésére, tehát komplex gépesítés előmozdítására vezetnek. A felújítások kérdése külön gonddal szervezendő meg: az üzemközbeni javítások kiküszöbölése, megfelelő tartalékalkatrészek és javítóberendezések biztosítása révén, az állandó jellegű, előre beütemezett megelőző karbantartások rendszerének alkalmazása, illetve a nagyjavítások megfelelő időben, megfelelő mennyiségben való elvégzése segítségével. A kérdés hordereje miatt, megérdemli azt, hogy a gyakorlati életben a figyelmet súlypontosan a kérdés helyes megoldására fordítsuk.

Meg kell állapítanunk tehát mindenegyes ugyanolyan igénybevételnek kitett építőipari gépcsoportra (kotrógépek, kompresszorok, betonkeverőgépek, vibrátorok stb.) vonatkozóan azt, hogy az eddigi szokástól eltérően a gépek előre meghatározott idő után kisebb, vagy nagyobb javításra kerüljenek, amely egy tüzetes felülvizsgálat is lehet.

Meg kell állapítanunk a szovjet példa nyomán, hogy az egyes gépcsoportok

a) a napi üzemtől függően milyen természetű és mértékű kezelést kapjanak,

b) az üzemben álló gépek mennyi idő után kerüljenek általános felülvizsgálatra és az itt mutakozó javítások elvégzésére (szervisz),

c) az üzemben álló gépek mennyi idő után kerüljenek nagy és általános javításra, esetleg konkrét szükség nélkül is, amikor a mutatkozó meghibásodások teljes generáljavítás formájában megszüntethetők.

Az eddigi gyakorlat az, hogy egy gépet addig használtak (esetleg még vasárnap is), amíg valami, vagy minden teljesen tönkre nem ment.

Be kell vezetnünk az időszakos kötelező szerviszt és megállapított üzemóra utáni nagyjavítások rendszerét, mert ezzel a javítások időben, költségben sokkal olcsóbbak, ezenfelül pedig a gépek állapota sokkal hatásosabban megóvható.

b) *Gépkezelők*

Tekintettel arra, hogy a géppark egyes gépeit különböző mértékű szakképzettséggel rendelkező gépkezelők által működtetjük, annak ellenére, hogy a gépesítés maga a gépkezelő személyzet technikai színvonalát emeli, a gépesítés eredményei alapján pedig általános képzettsége, politikai és kulturális színvonala folytonosan emelkedik, különös gondot kell fordítanunk megfelelő mennyiségű és szakképzettségű gépkezelőszemélyzetnek időben történő biztosítására.

VIII. Gépesítettségi fok

Amennyiben gépesítésünk eredményeit kívánjuk magasabb, iparági szinten lemérni, hogy ezzel az elért eredményeket globálisan kiértékelhessük, illetve az előadás elején említett műszaki fejlesztési tervben a munkanemek szerinti gépesítés mértékeit meghatározhassuk, befejezésül még a gépesítettségi fok kérdéseivel és a gépesítés egyéb hatásainak numerikus megállapításaival kell röviden foglalkoznunk.

Sok esetben helytelenül számítjuk ki a gépesítés színvonalát, amikor az egész folyamat gépesítéssel való átfogásának %-át a műveletek egyikére vonatkozóan határozzuk meg. Például, ha az alap kiásását exkavátor végzi, de a kiásott alap kitakarítása, planirozása és tömítése kézzel történik, akkor az ásás egész folyamatát gépesítettnek tekintik, annak ellenére, hogy az exkavátorokon és különböző eszközön dolgozó 10—12 emberre sok tíz ember esik, akik kézzel végzik a talaj elszállítását és az ürítés helyén való planirozást (egyengetést).

Sokan úgy vélik, hogy a beton elkészítése teljesen gépesítve van, amikor a valóságban csupán a folyamat egy láncszemét, a keverést végzik betonkeverővel, a többi munkát pedig: odaszállítást, a cement és a tehetetlen anyagok berakását kézzel. A közönséges betonkeverőn az ilyen munkánál egy gépészre, 6—10 olyan munkás jut, akik a gép etetéséhez az anyagokat hordják.

A munkálatok gépesítése százaléka kiszámításának fennálló gyakorlata nem tesz különbséget a betonnak egymagában álló betonkeverőben való elkészítése és a betonnak összetetten (komplexen) gépesített betonüzemben való elkészítése között, pedig az első esetben egy munkás egy váltás alatti termelése legfeljebb 6—10 m^3 beton, a második esetben pedig eléri a 70 m^3-t, sőt annál többet is. Még azon esetben is »gépesítettnek« tekintik a betonmunkálatok végrehajtását, amikor az egész gépesítés csupán a betonbedolgozásra, vibrátorok alkalmazására terjed ki és a folyamatok valamennyi többi láncszemét: a tehetetlen anyagok és a cementnek a betonkeverőbe való szállítását, a kész beton felrakását, szállítását és lerakását kézzel végzik.

A gépesítési fok: az elvégzendő munkanemek elvégzésére rendelkezésre álló, illetve a szükséges géppark műszaki kapacitásának a hányadosa.

$$g' = \frac{\varphi \times G_r}{G_{sz}} \qquad (17)$$

φ = a géppark globális kihasználási foka,

G_r = a munkanem elvégzésére rendelkezésre álló géppark műszaki kapacitása,

G_{sz} = a munkanem elvégzésére szükséges géppark műszaki kapacitása.

Amennyiben az építőiparnak, mint nemzetgazdasági ágnak gépesítettségi fokát kívánjuk meghatározni, meg kell állapítanunk mindazon főbb elvégzendő munkanemekre vonatkozóan a fent közölt gépesítettségi fokot, amelyből a globális építési tevékenység áll és az így kiadandó értékek összege adja az építőiparra globálisan jellemző gépesítettségi fok értékét.

A gépesítettségi fok mérőszáma tehát egy többtagból álló összeg, melynél a tagok száma k, az építési volumenből veendő legfontosabb munkanemek számával egyenlő. A munkanemek száma és megjelölése úgy választandó meg, hogy ezek az összes építési tevékenységet felöleljék, illetve ezáltal az iparág által használt összes gépi felszerelések kapacitása figyelembevehető legyen.

$A = a + b + c + \ldots\ldots + k$, forintértékben, ahol

A = globális építési érték forintban,

a = földmunka értéke Ft-ban,	a' = menny. egys.-ben	=	S_a %	A-hoz visz.
b = alapozás értéke Ft-ben	b' = «	«	= S_b %	A-hoz «
c = vasalás értéke Ft-ban	c' = «	«	= S_c %	A-hoz «
d = betonozás értéke Ft-ban	d' = «	«	= S_d %	A-hoz «
e = falazás értéke Ft-ban	e' = «	«	= S_e %	A-hoz «
f = szerelés értéke Ft-ban	f' = «	«	= S_f %	A-hoz «
.	.			
.	.			
.	.			

k = munkahelyi száll. ért. Ft-ban k' = menny. egységben S_k % A-hoz viszonyítva.

Az S_1, S_2.....S_k %-os értékeket az a, b, c, stb. tényezőknek A-hoz való viszonya adja.

A fentiek szerint k tagból álló összeg egyes tagjai három tényezőnek a szorzatából állanak.

Az egyes munkanemek mennyiségei: a', b', c',.....k' rendeltetési egységekben, vagy mennyiségi egységekben vannak kifejezve.

Legyen φ_a, φ_b.....φ_k a megfelelő munkanemek a'....k'-nyi mennyiségének elvégzéséhez rendelkezésre álló, vagy beruházandó gépi kapacitásoknak,

amelyeket jelöljünk G'_a, G'_b,.....G'_k-nak meglevő, vagy tervezett kihasználási fokai.

Az a', b'.....k' mennyiségű munkanemek teljes gépi kapacitásszükségleteit jelöljük G_a, G_b,.....G_k-nak.

A gépesítettségi foknak g-nek egyes tagjai most már a következőképpen adódnak.

Az egyes tagok első tényezői S_1.....S_2,

a második tényező a különböző munkanemekhez rendelkezésre álló, vagy tervezett gépi kapacitásoknak és a teljes gépesítés mellett szükséges kapacitásoknak a hányadosa :

$$\frac{G_a'}{G_a}, \frac{G_b'}{G_b} \ldots\ldots\ldots \frac{G_k'}{G_k}.$$

A harmadik tényezőket az illető gépfajtákra jellemző, vagy tervezett kihasználási fokok φ_a, φ_b,.....φ_k adják.

Ezzel a globális és komplex gépesítettségi fok

$$g = S_a \frac{G_a'}{G_a} \varphi_a + S \frac{G_b'}{G_b} \varphi_b + \ldots + S_k \frac{G_k'}{G_k} \varphi_k. \qquad (18)$$

Példa a g egy tagjának a = földmunka gépesítettségének kiszámítására

$A = 1\,000\,000$ Ft értékű mélyépítésből a földmunka értéke

$$a = 200\,000 \text{ Ft.}$$

Ez megfelel

$$a' = 40\,000 \text{ m}^3 \text{ földmunkának}$$

$$S_a = 0{,}25$$

van évi

$$G'_a = 20\,000 \text{ m}^3 \text{ kotrógépkapacitás}$$

a szükséges kotrókapacitás

$$G_a = 40\,000$$

a tervezett kihasználási fok $\varphi_a = 0{,}60$.

Tehát a földmunka gépesítettségi foka :

$$g_a = 0{,}25 \frac{20\,000}{40\,000} 0{,}60.$$

A g összeg a szorzási és összeadási műveletek elvégzése nélkül a magasabb tervezés és ellenőrzés céljaira szolgál a gépesítettségi fok mérőszámául.

Ennek alapján megállapítható, hogy melyik munkanem milyen mértékben gépesítendő, illetve melyik munkanem, vagy munkanemek elvégzésére rendelkezésre álló géppark kihasználási fokát kell fokoznunk a többiekéhez viszonyítva.

A nyilvánosság számára a gépesítettségi fok mérőszámául használatos az egy főre eső összes lóerő értéke.

$$g' = \frac{HP_{ö}}{L}, \tag{19}$$

ahol $HP_{ö}$ = a meglevő géppark összes lóerőszáma,

L = az összes termelésben résztvevő fizikai munkavállalók száma.

Szokásos még a gépesítettségi fok megállapításául és mértékéül a ledolgozott összes fizikai munkaórákat, a ledolgozott összes gépórákhoz viszonyítani.

Ezzel $$g'' = \frac{ÜG}{ÜL}, \tag{20}$$

ahol $ÜL$ = az összes ledolgozott fizikai munkaóra,

$ÜG$ = az összes ledolgozott gépóra.

Az utóbbi viszonyszámok azonban tekintettel arra, hogy az elvégzendő, vagy elvégzett építési volumennel semmiféle kapcsolatban nincsenek, nem fejezik ki az összes termelőerő fajlagos nagyságát és a vele elvégezhető építés mennyiségét. Úgyszintén nagy hiányosságuk ezeknek a viszonyszámoknak az is, hogy mivel a gépek lóereje különböző fizikai munkaegyenértékükkel nincsen szoros összefüggésben, tehát a gépesítettség összetétele nincs figyelembevéve, különböző gépesítés mellett és különböző időben nem hasonlíthatók egymással össze.

Hogy ezeknek a numerikus gépesítettségi megjelöléseknek ezeket a hiányosságait kiküszöbölhessük, a globális építési termelési értékhez kell viszonyítanunk a gépesítés elért fizikai munkaegyenértékének és a még szükséges fizikai munkaerőnek az összegét. Így a gépesítettségi fok, ilyen fogalmazásban a mechanizált termelő erők fajlagos értéke.

$$K = \varkappa \frac{L + \lambda \cdot HP_{ö}}{A \text{ mill. Ft}}, \tag{21}$$

ahol $\varkappa$ = az idényjelleg tényezője, 1-nél kisebb szám,

$$\varkappa = \frac{\text{évi ledolgozott munkaórák száma}}{\text{évi összes munkanapok száma}},$$

L = a fizikai munkavállalók átlagos évi száma,

λ = a meglevő géppark globális fizikai munkaegyenértéke fizikai főben, egy lóerőre vonatkoztatva,

A = a globális építési termelési érték mill. Ft-ban.

Ezen összefüggés a gépesítettségi fok ismert fogalma mellett a gépesítettségnek a fizikai munkaerő létszámára vonatkozó hatását is méri.

Természetesen az egyre fokozódó gépesítésnek a termelékenység szempontjából figyelt eredményessége, illetve hatása, vagyis a λ értéke állandóan változik és a szélső értékeire vonatkozóan semmiféle támpontunk nincs.

IX. Technikai termelékenység

A gépesítés hatásának megfelelő kiértékelése, amelynek eredménye az előadás elején elmondottak szerint a fizikai munkaerő helyettesítése, a termelékenység emelése, illetve termelési költségek csökkentése, szükségessé teszi, hogy termelékenység fogalmát is a gépesítés hatásának figyelembevételével állapítsuk meg, mert egészen természetes, hogy a fizikai munkaerő termelékenysége annak politikai, kulturális és műszaki színvonala emelkedése mellett, lényegében a gépesítés eredménye. A tényleges termelékenység változásánál, illetve bármely ok miatt bekövetkező termelékenységemelkedés megfigyelésénél és előírásánál az összes termelőerő, tehát a gépesítésnek és a fizikai munkaerőnek együtt jelentkező termelékenysége vizsgálandó meg. Ebben az esetben a termelékenység ismert általános képletében :

$$t = \frac{A}{L} \tag{22}$$

A = összes termelési érték,

L = a fizikai munkaerő létszáma,

a nevezőben a fizikai munkavállalók számához hozzáadandó azon fiktív fizikai munkavállalói szám, amelynek teljesítményével egyenlő a rendelkezésre álló géppark teljesítménye.

Így jutunk a technikai termelékenység fogalmához :

$$t_t = \frac{A}{L + \lambda \cdot HP_{\ddot{o}}}, \tag{23}$$

λ = egy lóerőnek fizikai munkavállalói teljesítményben kifejezett egyenértéke, a géppark globális teljesítménye alapján,

$HP_{\ddot{o}}$ = a géppark összes lóerőszáma,

L = a fizikai dolgozók átlagos száma HP gépesítés mellett.

A fizikai dolgozók átlagos száma függvénye a munkaversenynek, sztahanovista mozgalmak, szociális, kulturális emelkedés, illetve éppen azon lehetőség hatásának, amely a különböző fokú gépesítés mellett különböző nagyságú lehetőségeket ad termelékenyebb munka végzésére. A λ természetesen a különböző munkagépek esetén különböző értékű, nagyon széles határok között válto-

zik pl.: egy 20 főt helyettesítő szállítószalag meghajtásához 5 lóerős motor szükséges: itt $\lambda' = 2$, a 10 000 fő munkáját elvégző kotrógép meghajtásához 1200 lóerő van alkalmazva, ott $\lambda'' = 8$, míg az elektromos szalagfűrész 0,3 *HP* motorja kb. 0,1 fő munkáját végzi el, tehát $\lambda''' = 0{,}3$.

Az elmondottak alapján, a gépesítés eredményei tehát: a minőségileg jobb termékelőállítás, mennyiségileg kevesebb anyag felhasználásával ugyanazon idő alatt nagyobb tömegnek, vagy ugyanolyan tömegnek az előállítása rövidebb idő alatt, mindkét esetben a ráfordítások csökkenése mellett. Az építkezési határidő lecsökkentéséhez és a beruházások visszatérülésének meggyorsításához a leghatásosabb eszköz, a munka folyamatossá tétele, mechanizálása.

X. A gépesítés költségcsökkentő hatásának mérése

A gépesítés következtében előálló költségek csökkenése az alábbi meggondolások alapján analitikusan is meghatározható. Legyen:

a termelés eredményének értéke 100%-os teljesítmény elérése esetén..... v,

a termelés eredményének értéke p %-os teljesítmény elérése esetén legyen..... V,

a termelés eredményének értékében jelentkező munkabérrész 100%-os teljesítmény esetén..... m,

a többteljesítménytől (a termelés időtartamától) függő költségrész..... r

az r költségek tartalmazzák a gépi felszerelés értékcsökkentését, a gépek jókarbantartási és javítási költségét, tehát a gépesítés mértékétől függő költségeket.

A többi: a teljesítménytől, a termelés időtartamától független költségrészt jelöljük a-val.

ξ = az alkalmazott bérrendszerre vonatkozó állandó, amelynek értéke 1, vagy 1-nél nagyobb szám.

A termelés eredményében jelentkező anyagértéket az egyszerűség kedvéért nem vesszük tekintetbe, feltételezve, hogy a gépesített munkavégzés esetén szükséges anyagfelhasználás a kézi munkaerővel végzett munkafolyamat esetén szükséges anyagmennyiséggel egyenlő. A gépesítés költségcsökkentő hatása, illetve a gépesítés különböző fokán alkalmazandó bérezésre vonatkozó befolyása a fentiekből a

$$V = a + \xi \, x \, m - \frac{(1 - \xi)\, m}{P} + \frac{r}{p} \qquad (24)$$

összefüggés alapján vizsgálható.

Igazolni lehet, hogy r nagyobb, mint 20% esetén, tehát a gépesítettségnek egy magas fokán, bármely bérezési rendszer mellett többteljesítmény esetén, a költségelemek megoszlásától függetlenül, V minden esetben a kisebb

lesz, mint v, vagyis mindig költségcsökkenés áll elő. Ha r kisebb, mint 20%, a v költség csak akkor csökkenthető, ha az m költséget csökkentjük. Ezt azonban természetesen csak úgy érhetjük el, ha r költséget emeljük, tehát gépesítünk.

Fentiekből megállapítható az is, hogy különböző gépesítettség mellett, tehát az m és az r viszonynak megváltoztatása révén, különböző bérrendszerek alkalmazhatók a többtermelés, illetve termelékenység emelése céljából.

XI. 1% gépkihasználási fok emelkedésének a hatásfoka

Röviden igyekeztem az elmondottakban vázolni a komplex gépesítés mai elvi és gyakorlati problémáit. Elnézést kérek tisztelt Hallgatóimtól, hogy a szűkre szabott előadás keretein belül egyes általánosan érdeklődésre számottartó kérdéssel részletesebben nem volt módom foglalkozni. Így nem voltak a komplex gépesítésnek a sajátosságai az elmondottaknál bővebben ismertetve, amelyek különösen a gyorsütemű és folyamatos építési módszereket meghatározzák. Nem foglalkoztam részletesebben a gépesítés tervezésének elkészítésével, a géppark állapotának fokozottabb mértékű megőrzését és az üzemközbeni javítások minél kedvezőbb elvégzését biztosító eljárások ismertetésével, úgyszintén a gépkezelő személyzet biztosításának, nevelésének kérdéseivel sem, nem volt mód, a gépesítettségi fok, a mechanizált termelőerő, a technikai termelékenység részletesebb taglalására és általában a gyakorlatból vett példák ismertetésére, mert hiszen ezek mind olyan kérdések, amelyeknek csak kissé részletesebb tárgyalása is több órát venne igénybe. De, ha a felső tervezés és irányítás szempontjából a kérdések ilyen felvetése a helyesebb módszerek alkalmazásához vezet, vagy amennyiben a munkafolyamatoknak a vázoltak alapján történő komplex gépesítésével az építőipar meglevő gépparkjának kihasználásának emelését csak 1%-kal is fogja a gyakorlat elérni, az előadott szempontok szerint elvégzett számítások szerint a λ és g mai értékei mellett, mintegy 15 millió Ft értékű új beruházást takarítunk meg népgazdaságunknak, illetve 6000 fizikai munkavállaló tehermentesül a nehéz építőipari munkától és szabadul fel a népgazdaság más ágai számára.

HOZZÁSZÓLÁSOK

TAKÁCS ISTVÁN

A gépesített építőipari termelés vizsgálata az alábbi költség és termelékenységi tényezőket tartalmazza, melyeket külön-külön és összességükben kell elemezni.

A Ft. a gép, ill. gépi berendezés ára, befektetési költsége,
F Ft. a gép, ill. gépi berendezés karbantartási és felújítási költsége,
B Ft. a gép, ill. gépi berendezés szervezési és igazgatási költsége,
D Ft. a gép, ill. gépi berendezés munkahelyi telepítési költsége,
$Ü$ Ft. a gép, ill. gépi berendezés összes munkahelyi üzemköltsége,
$ü$ Ft/óra a gép, ill. gépi berendezés egy órai üzemköltsége,
t műszaki óra a gép, ill. gépi berendezése élettartama,
t_0 műszaki óra a gép, ill. gépi berendezés munkahelyi telepítési ideje,
t_0 műszaki óra a gép, ill. gépi berendezés állási ideje,
Q to/óra, m³/óra, db/óra, a gép normál teljesítménye,
Q_a to/óra m³/óra db/óra, a gép átlag teljesítménye
k $k_{A-Ü}$ Ft/óra a gép munkahelyi 1 órai termelési költsége,
k' Ft. a gép munkahelyi összes termelési költsége,
K $K_{A-Ü}$ Ft/to, Ft/db, Ft/m³, a termelés egységére eső költség,
T_k to/Ft, m³/Ft, db/Ft a gépköltség termelékenysége,
T_i to/t_1, m³/t_1, db/r_1 a gép munkahelyi termelékenysége.

A gép t műszaki óra élettartama alatt, a teljesítményének teljes kihasználása mellett, tehát a legkedvezőbb esetben

$$Q_ö = Q \cdot t \tag{1}$$

mennyiségű épületrészt termel, melynek költsége

$$k' = A + F + B + DÜ \tag{2}$$

tehát a befektetés, a karbantartás és felújítás, a szervezési és igazgatási, a telepítési és az üzemi költségek összege.

A gépköltség termelékenysége (az 1 forint termelési költségre eső termelési érték)

$$T_k = \frac{Q \cdot t}{k'} \tag{3}$$

azért a Q teljesítmény, a t élettartam és a k' termelési költség valamennytagja kihatással van a termelékenységre. *A gépköltség termelékenysége annál nagyobb, minél többet és minél kevesebb költséggel termel a gép.*

1. *Befektetési költség* vizsgálata. A gép t üzemóra alatt termel, azután mint termelőeszköz megsemmisül, ezért a gép A beszerzési ára a termelési költség egy részét képviseli. Ennek 1 órára eső hányada:

$$k_A = \frac{A}{t} \text{ Ft/óra.}$$

A gép 1 óra alatt Q to/óra, vagy m³/óra stb. mennyiséget termel, azért a termelés egységére eső befektetési költséghányad

$$K_A = \frac{k_A}{Q} = \frac{A}{t \cdot Q}.$$

2. *Karbantartási és felújítási költség* vizsgálata. A gép élettartama folytán állandó karbantartásra szorul, ezenkívül az elkopott, vagy megrongálódott alkatrészeit ki kell cserélni, a gépet többször meg kell javítani, illetve felújítani. Az F karbantartási és felújítási költség a gép előírt karbantartási hányadából F_1, a kalkulált felújítási részből F_2 és az esetleges szakszerűtlen kezelésből eredő rongálódások javítási költségéből áll F_3.

Az $F_1 + F_2$ karbantartási és felújítási költségek a gép t műszakórára kalkulált élettartamát biztosítják, tehát állandó jellegűek, ezért a gép beszerzési költségének A meghatározott %-ban fejezhetők ki.

$$(F_1 + F_2) = u_F \cdot A,$$

ahol u_F viszonyszám a gyakorlatban 30—60%-os (nehézkivitelű gépeknél kisebb, a könnyebb kivitelű gépeknél nagyobb).

$$F = u_F A + F_3.$$

A felújítási költséget is a gép teljes élettartamára kell vonatkoztatni, tehát az 1 üzemórára eső felújítási költség

$$k_F = \frac{F}{t} = \frac{u_F A + F_3}{t}.$$

A termelés egységére vonatkoztatott felújítási költség pedig

$$K_F = \frac{k_F}{Q} = \frac{u_F A + F_3}{t \cdot Q}.$$

Az előírt karbantartás és felújítás elmaradása részben a gép élettartamát, t üzemóra, s ezzel egyidejűleg a termelést $t \cdot Q$ csökkenti, részben pedig az F_3 javítási költségeket emeli.

3. *Szervezési és igazgatási költségek* vizsgálata. Az építési munkafolyamatok jellegéből következik, hogy egy gépesített építkezés gépszükséglete ütemszerű és az időben egymás után más és más. A gépeket tehát állandóan mozgatni kell, hogy termelhessenek. Egy építkezés keretén belül ezt a munkamennyiség hiánya miatt lehetetlen megoldani, ezért annyi építkezést kell összefogni, hogy a szük-

séges munkaterület biztosítható legyen. A gépeknek ez az állandó mozgatása, valamint a karbantartó szolgálat egy szervezetet igényel, amelynek B költséghányada jut egy gépre. Ez a költséghányad annál kisebb, minél nagyobb a gépállomány, mert azáltal a szervezet teljesítménykihasználása jobb. Adott körülmények között a B költség állandó és a gép A beszerzési árához képest egy u_B viszonyszámmal fejezhető ki:

Az u_B viszonyszám jól működő szervezetnél 40—60%.

Az 1 órára eső szervezési és igazgatási költséghányad

$$k_B = \frac{B}{t} = \frac{u_B \cdot A}{t}.$$

A termelés egységére vonatkoztatott költség pedig

$$K_B = \frac{k_B}{Q} = \frac{u_B A}{t \cdot Q}.$$

4. *Munkahelyi telepítési költségek* vizsgálata. A gépet a munkahelyre ki kell szállítani, a munkahelyet el kell készíteni. A termelő feladat befejezése után pedig a gépet le kell szerelni és el kell szállítani. A vázolt műveletek költsége a gép D telepítési költsége és ezt a gép t_1 munkahelyi idejére kell vonatkoztatni.

Az 1 órára vonatkoztatott telepítési költség

$$k_D = \frac{D_d}{t_1}.$$

A termelési egységre vonatkoztatott költség pedig

$$K_D = \frac{k_D}{Q} = \frac{D}{Q \cdot t_1}.$$

A telepítési költség a gép típusától és a munkahelyi körülményektől függ. Kisterjedelmű mobil, vagy pedig kézi gépeknél a telepítési költség azonos a szállítási költséggel.

5. *Az üzemköltségek* vizsgálata. A gép üzemanyagot fogyaszt és kezelő személyzetet, valamint kezelési időt igényel. Az építkezési munka jellegéből kifolyólag bizonyos mértékű gépállás is elkerülhetetlen, amelynek ideje t_2. Ezek a tényezők eredményezik az $ü$ üzemköltséget, amely az üzemanyagból a, a szociális teherrel emelt munkabérből m, és az építésvezetésnek a gépüzemre eső hányadából z áll.

$$Ü = a + m + z$$

Az 1 órai üzemköltség

$$k_{ü} = ü = \frac{Ü}{t_1}.$$

A termelés egységére vonatkoztatott üzemi költség pedig, miután a gép csak produktív időben termel

$$K_{ü} = \frac{Ü}{Q\,(t_1 - t_0)}.$$

Az üzemköltségek vizsgálatánál meg kell említeni még azt, hogy a munkahelyi gépállási idő t_0 általában leszámítandó a gép t műszakidő élettartamából, tehát a gép összteljesítményét csökkenti. A gép a munkahelyi üzemi és időjárási viszonyok következtében akkor is romlik, ha áll.

A 2. sz. egyenlet alapján a munkaheiyi 1 órára eső termelési költség:

$$k = k_A + k_F + k_B + k_D + k_{Ü}$$

$$k = \frac{A}{t} + \frac{u_B \cdot A + F_3}{t} + \frac{u_B\,A}{t} + \frac{D}{t_1} + \frac{Ü}{t_1}$$

$$k = \frac{1}{t} \cdot [A\,(1 + u_F + u_B) + F_3] + \frac{1}{t_1}\,(D + Ü).$$

A gyakorlatban szakszerű üzem mellett a karbantartási és az igazgatási viszonyszám

$$u_F + u_B = 1$$

ezzel

$$k = \frac{1}{t}\,(2\,A + F_3) + \frac{1}{t_1}\,(D + Ü). \tag{4}$$

A 4. sz. egyenletből következik, hogy az 1 órára eső termelési költség fokozott arányban csökken, minél nagyobb a gép élettartama, valamint a t_1 telepítési idő, továbbá egyenes arányban csökken az A beszerzési, az F javítási, a D telepítési és az $Ü$ üzemi költségekkel. Az F_3 javítási költség akkor csökken, ha szakszerű a gépkezelés és a karbantartás, továbbá ha időben javítjuk a gépet.

A t_1 munkahelyi idő alatt a termelési költség $Ü$—$üt_1$ behelyettesítésével

$$k = k \cdot t_1 = \frac{t_1}{t}\,(2\,A + F_3) + D + t_1\,ü. \tag{5}$$

A gép a munkahelyi gépállások ideje t_0 alatt nem termel, tehát a munkahelyi termelés mennyisége

$$Q_{ö} = (t_1 - t_0)\,Q.$$

A termelés egységére eső költség pedig

$$K = \frac{k'}{Q\,(t_1 - t_0)} = \frac{1}{Q\,(t_1 - t_0)}\left[\frac{t_1}{t}\,(2\,A + F_3) + D + t_1\,ü\right]. \tag{6}$$

A 6. sz. egyenletből következik, hogy a termelés egységére vonatkoztatva annál kisebb a költség, minél kisebb a gépállás ideje t_0 és minél nagyobb a gép teljesítménye Q.

A 6. sz. egyenlet zárójeles tényezője egy adott gépnél, vagy gépi berendezésnél állandó C. A teljesítménytényező

$$Q(t_1 - t_0) = Q_a t_1, \text{ ahol}$$

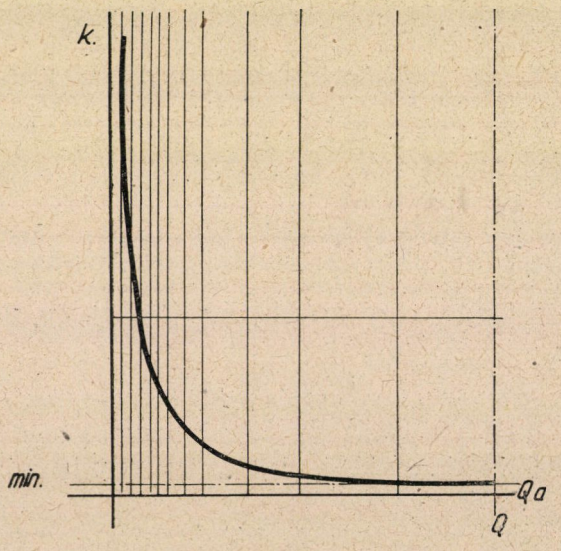
$$Q_a = \frac{t_1 - t_0}{t_1} Q,$$

tehát a gép átlagteljesítménye, amelynek értéke a gépállások csökkentésével t_0 emelkedik és maximumát a folyamatos termelés $t_0 = 0$ esetében éri el, akkor azonos a gép Q normál teljesítményével. A 6. sz. egyenlet egyszerűsített alakja tehát

$$K = \frac{1}{Q_a t_1}\left[\frac{t_1}{T}(2A + F_3) + D + \ddot{u}\, t_1\right] = \frac{1}{Q_a}\underbrace{\left(\frac{2A + F_3}{t} + \frac{D}{t_1} + \ddot{u}\right)}_{= C}$$

$$K = \frac{1}{Q_a} \cdot C$$

törtfüggvény, amelynek grafikonja egy hiperbola



1. ábra.

A gépesített termelés költsége minimális értékét akkor éri el, ha $t_0 = 0$ mellett $Q_a = Q$ tehát ha az alkalmazott gép, vagy gépi berendezés normál teljesítményével folyamatosan dolgozik.

A gépköltség termelékenysége a 3. sz. egyenlet szerint

$$T = \frac{(t_1 - t_0)\,Q}{k'} = \frac{1}{K} = \frac{(t_1 - t_0)\,Q}{\frac{t_1}{t}(2A + F_3) + D + \ddot{u}t_1}. \qquad (7)$$

A következő vizsgálatoknál a gép karbantartását és felújítását hibátlannak vesszük, tehát

$$F_3 = 0$$

ezzel a munkahelyi termelési költség az 5. sz. egyenlet szerint

$$k' \frac{t_1}{t} 2A + D + \ddot{u} \cdot t_1.$$

A munkahelyi termelés egységére eső költség a 6. sz. egyenlet szerint, ha a gépállás ideje

$$t_0 = 0$$

$$K = \frac{1}{t_1 Q}\left(\frac{t_1}{t} 2A + D + \ddot{u}t_1\right) = \frac{1}{Q}\left(\frac{2A}{t} + \frac{D}{t_1} + \ddot{u}\right). \qquad (8)$$

A fenti egyenletben a Q órateljesítmény az A befektetési költség, a gép élettartama t és a gép óránkénti üzemköltsége $\ddot{u}$ mindegyik géptípusra meghatározott és a munkahelyi teljesítési időtől független értékek. A D telepítési költség azonban minden munkahelyen külön-külön felmerül, ezért ennek a termelés egységére eső értéke a munkahelyi össztermelés $Q_{\ddot{o}}$ értékétől függ

$$K_D = \frac{D}{Q_{\ddot{o}}} = \frac{D}{Q \cdot t_1}$$

ezzel a 8. sz. egyenlet szerint

$$K = \frac{2A}{Qt} + \frac{\ddot{u}}{Q} + \frac{D}{Q \cdot t_1}.$$

Ha

$$\frac{2A}{Q \cdot t} + \frac{\ddot{U}}{Q} = \ddot{U}_f$$

a gép állandó és független fajlagos üzemköltsége, akkor

$$K = \ddot{U}_f + \frac{D}{Q \cdot t_1}.$$

Ha egy építkezésnél $Q_ö$ mennyiségű anyagot kell bedolgozni és arra két egyforma teljesítményű, de különböző telepítési és üzemköltségű gépesítési mód áll rendelkezésre (pl. felvonó és daru), amelyeknek adatai

$$\text{a fajlagos üzemköltségek} \quad \ddot{U}_{f1} < \ddot{U}_{f2}$$

$$\text{a telepítési költségek} \quad D_1 < D_2$$

A termelés egységére eső költség a 9. sz. egyenlet szerint

$$K_1 = \ddot{U}_{f1} + \frac{D_1}{Q_ö}$$

$$K_2 = \ddot{U}_{f2} + \frac{D_2}{Q_ö}.$$

A $Q_ö$ mennyiség bizonyos értékénél a D_2 nagyobb telepítési, de $\ddot{U}_{f_2}$ kisebb üzemköltség, kiegyenlíti a D_1 kisebb telepítési, de $_{f_2}\ddot{U}$ nagyobb üzemköltségét és ezen a határon

$$K_1 = K_2$$

$$\ddot{U}_{f_1} + \frac{D_1}{Q \cdot t_1} = \ddot{U}_{f2} + \frac{D_2}{Q \cdot t_1}$$

ebből a $Q_ö$ határértéke

$$Q \cdot t_1 = Q_ö = \frac{D_2 - D_1}{\ddot{U}_{f1} - \ddot{U}_{f2}}. \tag{10}$$

A 10. sz. egyenlet a telepítési és a fajlagos üzemköltségre vonatkoztatott *határérték egyenlet*. Két gépesítési módra vonatkoztatva a telepítési és üzemköltségek különbségének viszonya szerint adja meg annak a bedolgozandó anyagmennyiségnek a határértékét, amelyik alatt az egyik és amelyik felett a másik gépesítési módot kell választani.

A fajlagos üzemköltség $\ddot{U}_f$ a magasabbfokú gépesítésre vonatkoztatva számítandó. A felvonó és toronydaru esetében, tehát a toronydaru teljesítményének megfelelően a felvonó üzemköltségéhez hozzá kell számítani 20—20 m kézi szállítást a földszinten és a födémen is.

A 9. sz. egyenlet

$$K = \ddot{U}_f + \frac{D}{Q_{f1}} = \ddot{U}_f + \frac{D}{Q_ö}$$

szerint az $\quad \ddot{U}_{f1} + \frac{D_1}{Q_ö}$; $\ddot{U}_{f2} + \frac{D_2}{Q_ö}$; $\ddot{U}_{f3} + \frac{D_3}{Q_ö}$ stb.

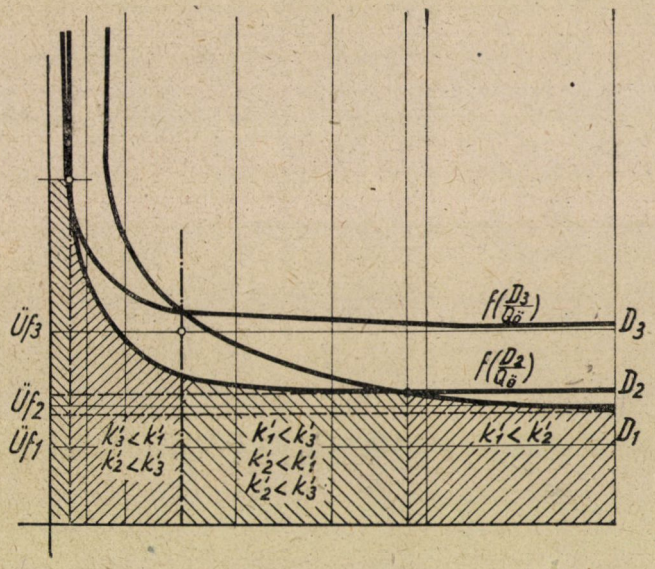
függvénygörbéket megrajzolva, (lásd a 2. sz. ábrát) az egyes hiperbolák metszéspontjai adják a bedolgozandó összes munkamennyiségnek gépesítési határértékeit. A metszéspontok ordinátái által elválasztott területek egyúttal meg-

adják a gépesített munka összköltségeit — k'_1, k'_2, k'_3 stb. és az egyes mezők feltüntetik egymáshoz képest az összköltségek nagyságrendjét is.

A 2. sz. ábra függvénygörbéit vizsgálva megállapítható, hogy a nagyteljesítményű és magas gépesítési fokot jelölő

$$f\left(\frac{D_1}{Q_{\ddot{o}}}\right)$$

függvénygörbe emelkedése meredek, ennek következtében a 9. sz. egyenlet alapján érzékeny a Q teljesítményváltozásokra. A magasfokú gépesítés tehát csak akkor eredményez termelési költségcsökkentést, ha annak Q teljesítménye a maximális fokon ki van használva.



2. ábra.

A magasépítőipari termelés jellegéből következik azonban, hogy sok esetben, az épülettervek, vagy egyéb munkahelyi adottságok következtében, a gépesítés normál teljesítménye nem használható ki teljesen, hanem csak egy Q_a átlag teljesítménnyel, ahol

$$Q_a = Q \cdot \frac{t_1 - t'_0}{t_1} \quad \text{és}$$

$$\frac{t_1 - t'_0}{t_1} = \eta^t$$

a gépesítés teljesítmény kihasználási foka. Ennek bizonyos minimális mértéke a magasabbrendű és nagyobb termelékenységű gépesítés költségcsökkentő

hatását lerontja, sőt a gépteljesítmény kihasználásának meghatározott értéke alatt a magasabbrendű gépesítés a termelési költségeket növeli.

η_t határértéke a 8. számú egyenlet alapján számítható $Q_2 = \eta_t \cdot Q$ behelyettesítéssel

$$K = \frac{1}{\eta_t \cdot Q}\left(\frac{2A}{t} + \ddot{u} + \frac{D}{t_1}\right) = \frac{1}{\eta_t}\left(\frac{2A}{t \cdot Q} + \frac{\ddot{u}}{Q}\right) + \frac{1}{\eta_t} \cdot \frac{D}{Q \cdot t_1}.$$

A fenti egyenlet zárójeles kifejezése a gépesítés fajlagos üzemköltsége $\ddot{U}_f$, míg a $Q \cdot t_1 = Q_{\ddot{o}}$ a munkahely összes munkamennyisége. A kifejezés tehát az alábbi alakjában írható fel

$$K = \frac{1}{\eta_t} \cdot \ddot{U}_f + \frac{D}{\eta_t Q_{\ddot{o}}}.$$

η_t bizonyos értéke mellett a gépesítés termelési költsége annyira emelkedik, hogy eléri az alacsonyabbrendű és kisebb termelékenységű gépesítés termelési költségét. Ezen a fokon a K_1—K_2, tehát

$$\frac{1}{\eta_t} \cdot \ddot{U}_{f1}, + \frac{D_1}{\eta_t Q_{\ddot{o}}} = \ddot{U}_{f2}, + \frac{D_2}{Q_{\ddot{o}}}$$

$$\frac{1}{\eta_t}\left(\ddot{U}_{f1}, + \frac{D_1}{Q_{\ddot{o}}}\right) = \ddot{U}_{f2}, + \frac{D_2}{Q_{\ddot{o}}}.$$

Fenti kifejezésből

$$\eta_t = \frac{Q_{\ddot{o}} \cdot \ddot{U}_{f1}, + D_1}{Q_{\ddot{o}} \cdot \ddot{U}_{f2}, + D_2}$$

a 9. és 6. sz. egyenletek egybevetéséből

$$Q_{\ddot{o}} \cdot \ddot{U}_{f}, + D_1 = k'_1$$

$$Q_{\ddot{o}} \cdot \ddot{U}_{f}, + D_2 = k'_2$$

ezekkel

$$\eta_i = \frac{k'_1}{k'_2}. \qquad (11)$$

A magasabbrendű gépesítés teljesítmény kihasználásának minimális értékét tehát a magasabb és az alacsonyabbrendű gépesítések munkahelyi termelesi költségeinek a hányadosa adja.

Az 5. sz. egyenletben szereplő t_1 munkahelyi termelési idő

$$t_1 = \frac{Q_{\ddot{o}}}{Q}$$

kifejezésből számítandó.

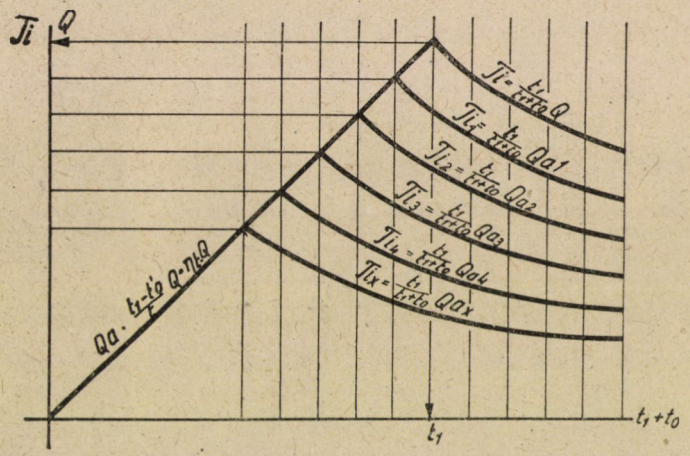
Az idő termelékenysége

$$T_i = \frac{Q_{\ddot{o}}}{\frac{t_1}{\eta_t} + t_0} \tag{12}$$

ahol

$$\eta t = \frac{t_1 - t_0'}{t_1}$$

η_t kifejezésében szereplő t'_0 azt a munkahelyi termelési időtöbbletet jelenti, amelyik a gépesítésnek a normálisnál alacsonyabb teljesítménykihasználásából ered és ezáltal a gépesített munka termelési idejének meghosszabbításához vezet. A T_i kifejezésben szereplő t_0 a gépek, illetőleg a gépesítés állási ideje, tehát amikor a gép nem dolgozik.



3. ábra

A T_i kifejezés η_t és t_0-ra vonatkozó 2 változós függvény, amelynek diagrammját a 3. sz. ábra tünteti fel.

η_t lineáris változásait a $Q_a = \frac{t_1 - t_0'}{t_1} \cdot Q$ egyenes ábrázolja, míg η_t és t_0 változásainak megfelelő T_i termelékenységi változásokat a η_t egyenesből leágazó T_i görbék ábrázolják.

Az elmondottak tartalmát összegezve a gépesített termeléssel kapcsolatban az alábbi következtetések vonhatók le:

1. A gépesített munka minimális termelési költségét teljesítményének Q és termelékenységének T_i maximális kihasználása mellett éri el.

2. A gépesítésnek a munkahely összes és munkanemenként részletezett munkamennyiségétől függő optimális fokozatai vannak, amelyeket mennyiségi határértékekkel lehet meghatározni.

3. A gépesítés teljesítmény kihasználásának η_t alsó határértéke ugyancsak megszabott, mert annak alacsonyabb értéke már a magasabbrendű gépesítés termelékenységi és költségértékeit lerontja.

4. A gépesítés időtermelékenysége T_i lineáris arányban csökken a gépesítés teljesítmény kihasználásával és hiperbolikus görbe arányában csökken az állási idő t_0 növekedésével. A t_0 növekedése a magasépítőipari termelés szakaszos, vagy folyamatos jellegének a függvénye, ezért a Szovjetunió példája nyomán mindenáron arra kell törekedni, hogy gépesítésre alkalmas épülettervek és jó munkaszervezés alapján a munkahelyeken a folyamatos gépmunka előfeltételeit teremtsük meg.

SZÉCHY ENDRE

Nagy István kollégánk értékes előadásában többek között a komplex gépesítésre váró érdemes feladatok gépesítését mint a műszaki fejlesztési terv egyik döntő tényezőjét felsorolja. Legyen szabad ezen felsorolást kiegészítenem egy további szemponttal: a minőségi kérdésnek a gépesítéssel elérhető megoldásával.

A nagytömegű és nagy erőfeszítést igénylő munkák mellett a munkafolyamatok gyorsasága is előtérbe kerül és meg kell állapítanunk, hogy a gépek gyors munkájában sokkal kevesebb hibalehetőség van, mintha az kézierővel történik. A gép minőségi munkát gyorsan és precizen elvégzi, ha jól van szerkesztve és ha jó kezelője van. A komplex gépesítéssel a minőségi kérdés is fejlődik, megjavul; építőanyaggyártó gépeink fejlesztésénél van ennek igen nagy jelentősége, de ezen túl is az inkább munkahelyekhez kötött betonozásnál. A betonozásnál a jóminőségű beton elérését csak a gépesítés komplexen való keresztülvitelével érhetjük el. Ha pl. ezt a kérdést megvizsgáljuk, a következő kérdéseket látjuk:

1. A laboratóriumok felszerelésében.
2. Az adalékanyagok szerinti osztályozásában.
3. Súlyadagolásában, s az ezzel összefüggő előzetes vizsgálatokban.
4. A zsaluzások elkészítésében.
5. A vasszerelésben.
6. A bedolgozásban.
7. Az utókezelésben.

A minőségi munka minden egyes fázisban szükséges, de amíg minden egyes munkahelyen újra és előlről kell kezdeni a technológia — a lebonyolítási folyamat megszervezését, addig a hozzáalkalmazott részletmunkák gépesítésétől várhatunk ugyan eredményeket, de nem várhatunk általánosan kielégítő és főleg eredménybiztos technológiai lebonyolítást.

Építőiparunk egyik legfontosabb problémájának tartom a minőségileg biztos eredményeket adó gépesített technológia kidolgozását.

Ha ebbe a feladatba éppen a betonnál csak egy kissé bele akarunk tekinteni, a következőket tapasztalhatjuk:

Gépesítve lehet a laboratóriumok felszerelése a szükséges előzetes és utólagos vizsgálatokra nézve, gépesítve lehet az adalékanyagok osztályozása, mérlegelése, a szállítás, a bedolgozás, de nincsen gépesítve a zsaluzás és a vasszerelés kérdése. Ezek annyira egyenlőtlen keresztmetszetűek a betonkészítés egyéb fázisaival szemben, hogy visszafogják a betonmunkák gyors és minőségileg pontos és jó kivitelét, okozzák a meglevő gépi berendezések kihasználhatatlanságát és így tovább.

A komplex gépesítésnek a minőségi munkák előírásából eredően, tehát új technológiáját kell megtervezni és azt gépesíteni, ha másképpen nem, egyelőre olyan szervezéssel, amely típusterveken alapulva gyártásszerűen biztosítja a minőségi munkák elérését, ámint ez éppen a betontechnológia fejlődésénél az elő- és utánfeszítés révén folyamatban is van és szépen fejlődik.

Műszaki fejlesztési tervünknek tehát éppen olyan problémája kell, hogy legyen a minőségi kérdést is megoldó gépesítés, mint az egyéb problémák megoldása.

Szólt Nagy István a határos munkafolyamatok gépesítéséről is, amelyek gépesítésének helyesen jelentkező eredménye maga a komplex gépesítés.

A komplex gépesítésnek azonban igen nagy előfeltétele az építkezések területén foglalkoztatott és főleg diszponáló személyzet bizonyos fokú gépészeti és építéstechnológiai képzettsége. Az ilyen feladatok lebonyolításához tehát a gépészeket építéstechnológiára, s az építészeket a gépek használhatóságára külön ki kell képezni, hogy általában megszünjék az az idegenkedés a gépektől, ami ma még fennáll. Az építkezések kivitelezői igen sokszor tapasztalják, ha valamely gépet munkába állítanak, hogy az vagy hamarosan tönkremegy, vagy javításra szorul — ezért idegenkednek a gépektől.

Ma még alig fordul elő komplex gépesítés az építőiparban. A jövőt előre vetítve, sokkal több fog az építkezések lebonyolításában a jó gépészektől, gépkezelőktől, gépektől függni, ezért igen fontos probléma a gépesítésben az oktatási kérdés.

Hasonlóan fontos kérdés a gépek kihasználási kérdése. Akár időbeli, akár teljesítmény szerinti gépkihasználás szempontjából vizsgáljuk meg bármely építési ütemtervet, azt látjuk, hogy az oda beütemezett gépre — ha az építkezés teljesen programm szerint bonyolódik is le — a max. elérhető kihasználás ritkán jut túl a 40%-on és csak a legnagyobb gépek, daruk, — emelők kihasználási foka emelkedik ezen %-ok fölé. És ebből mindjárt le is vonhatunk néhány főbb tanulságot.

1. Jelenlegi gépeink legtöbbje nem alkalmas arra, hogy a másikhoz képest gépláncba beállítsuk. (Pl. egy $3m^3$ űrtartalmú Dumperhez $3m^3$ űrtartalmú kanalaskotró kell stb.)

2. A jelenlegi építőtechnológia csak arra alkalmas, hogy legfeljebb egyes önállóbb munkanemek komplex gépesítését érjük el vele, de az egész munka folyamatos gépesített elvégzésére nem.

3. A gépek és munkaeszközök szabályainak, tipizálásainak kidolgozását meg kell előznie a komplex gépesítés által nyujtott lehetőségek kielemzésének.

4. Olyan gépek beszerzésére kell törekedni, amelyek valamely komplex sorba beleillenek.

5. Az egyes munkahelyekre olyan gépeket kell leküldeni és olyan gépesítést kell előírni, amelyeknek gépteljesítményei összhangban vannak egymással.

A gépjavítási kérdéshez szólva szükségesnek tartanám éppen a kevés számú alkatrész hátrányainak kiküszöbölésére, valamint az egyes munkahelyeken felállított óriás méretű gépjavító műhelyek elkerülésére szerviszkocsik és mozgó műhelyek rendszerének bevezetését, amelyek a leggyakrabban kopó és törő alkatrészekkel felszerelve az egyes munkahelyeken egyúttal a karbantartás munkáját is ellenőriznék. Ezzel elő lehetne segíteni a Gazda-mozgalomnak a gépek szervisz és javítási szolgálatában álló működését, mert egyes alkatrészeket, amelyek a munkahelyen elkallódnak, meg lehetne menteni — természetesen kijavítva őket — egy további felhasználás számára is.

Végül rá kell mutatnom, a kézi munkára és gépi munkára kiadott normák közötti ellentétekre. Egy 0,5 m-es³ kotrógép, — amelynek munkaerő egyenértéke 92—62, aszerint amilyen kemény talajban dolgozik — normaköltsége 1,45 Ft, ugyan-ez a mélyépítőiparban 1,97 Ft kézi munkában 4,13 Ft, 1 m³ földmunkára vonatkoztatva.

Így tehát a kotró fajlagosan sokkal drágábban dolgozik, mint az ember, mert munka-egyenértéke alapján 1 m³ földmunka csak 7 fillérbe kerülhetne. Az is feltűnő, hogy a magasépítési és mélyépítési normák között, ugyanolyan teljesítményű gépeknél különbség van.

Ezek és hasonló ellentétek nem szolgálnak a gépesítés előnyére.

A gépek kihasználásának kérdése még nem rendezett kérdés, pedig a gépesítés minőségi munkává való válásának egyik sarokpillére — mert a gépkezelők díjazása is ettől függ — s mint minőségi kérdés, a komplex gépesítésnek is alapfeltétele.

Ötéves tervünk megvalósítása során a számtalan építkezés lebonyolításában igen sok azonos munkafolyamat van, amelyekhez szükséges teljesítmények felmérése megadja a gépesítés távlati képét, de vigyáznunk kell arra is, hogy gépesítésünk az új építkezések és az új gépszerkesztések által megkívánt új technológia folyamatainak fejlődése folytán idő előtt elavultakká ne váljanak.

Ma még a gépesítés szakaszos és folyamatos működése közé teljesítmény tároló gépeket — felszereléseket iktatunk, mint amilyenek a bunkerek, silók stb., de komplex gépesítésünknek egyik fő célja, hogy munkánkat folyamatossá tegyük.

Az új technológiai irányok, új anyagok adta lehetőségek és a komplex gépesítés egy úton járnak: szocialista építésünk útján.

ÓCSVÁR REZSŐ

Már 1950. novemberében dr. Michalich professzor akadémiai előadásával kapcsolatosan rámutattam »a gépesítés szempontjai a mélyépítésben« című hozzászólásomban arra, hogy hiányzik a gépesítés elméleti, gyakorlati és közgazdasági megtervezése közötti összhang. Már akkor javasoltam, hogy a kérdés megoldása céljából az Akadémia hozza össze az e kérdésekben jártas matematikusokat, gyakorlati gépészmérnököket és tervgazdasági szakembereket.

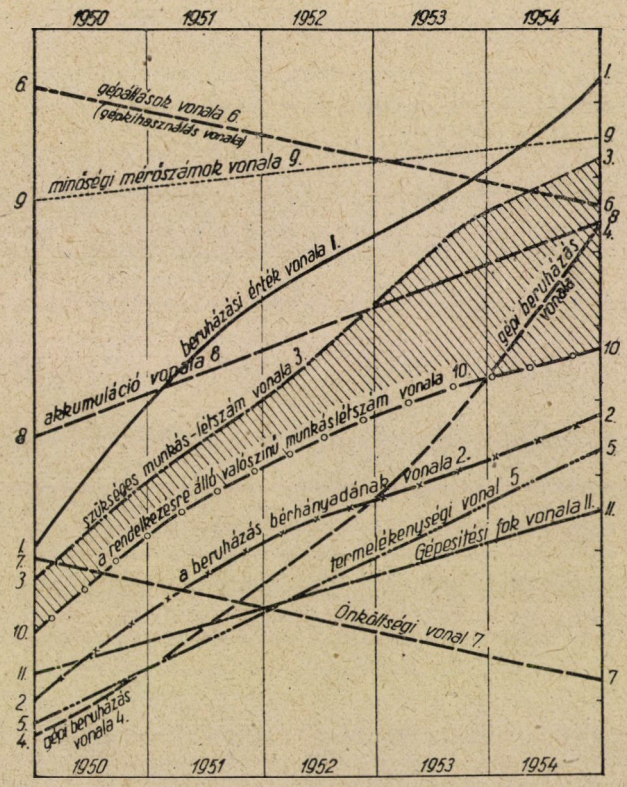
A mostani előadás és a hozzászólások is bizonyítják akkori hozzászólásom helyességét. Nem kell másra utalnom, mint a fogalmak különféle definiciójára és jelölésére.

Ennek ellenére a most hallott előadás témája tervgazdálkodásunk egyik legfontosabb, de ma még mindig meglehetősen elhanyagolt területét érintette: az építőipar gépesítésének gazdasági megtervezését a komplexgépesítés elveinek figyelembevétele mellett.

Véleményem szerint ez a kérdés az alábbi tervgazdasági feladatkörbe tartozik, melyet a mellékelt ábrával lehet szemléltetni:

A beruházási feladatokat és ezek megoszlását ismerjük. Ezek forint összege adja az (1) jelű görbét. Ezen belül ismerve az ágazati felosztásokat (út, vasút, híd, víz és egyéb) megszerkeszthetjük a (2) jelű vonalat, a bér hányad vonalat. Ebből — ismerve az átlag szakmai órabéreket — megkapjuk a (3) jelű: a szükséges munkás létszám vonalat. Azonkívül ismerjük a gépi beruházások lehetséges forint vonalát, ez a (4) jelű vonal. Azonban az előírt (1) jelű vonalnak megfelelő teljesítést, emelt termelékenységgel (5) nagyobb gépkihasználási

fokkal (6) csökkentett önköltséggel (7) emelkedő gépesítési fokkal (11) és ezen felül nagyobb akkumulációval (8) kell elérni. Nem hagyható figyelmen kívül a minőségi kérdés sem, tehát ennek mérőszámai is emelkedjenek a (9) jelű görbe szerint. Ezeket a legfontosabb célokat kell elérnünk. Nehezíti a kérdést az, hogy a rendelkezésünkre álló munkáslétszám nem a (3) görbe szerint fog alakulni, hanem



1. ábra.

a (10) szerint, mert a fejlődő nagyiparosodással a létszámszükségletet nem lehet teljes mértékben kielégíteni. Ezért a vonalkázással ábrázolt területet pótolni kell a következő eszközökkel, ha az előbbi fontos feltételeket mind be akarjuk tartani:

a) fokozni kell a munkások jobb szociális ellátottságát;

b) jobban kell megszervezni a munkákat, az építési ciklust csökkenteni kell;

c) rá kell erősen térni az építőipar komplex gépesítésére;

d) fokozni kell a megfelelő gépkarbantartási rendszer kiépítését;

e) tervszerűen növelni kell a tartalék alkatrészek számát;

f) rá kell térni a típusgépek alkalmazására;

g) fokozatosan kell oktatni a felső, közép és alsó káderekt stb.

Mint látjuk a feladat nem egyszerű! A megoldási módozatok között szerepel a komplex gépesítés problémája is.

Ehhez a tervezési munkához segít hozzá az előadó által ismertetett számítási módszer. Az ilyen természetű tervezési munkához azonban szakkáderek kellenek. Ezen a téren azonban el vagyunk még maradva, mert sem a Műegyetemen, sem a felsőbb tudományos vonalon nem foglalkoznak el ggé ezzel a problémával és így a káderutánpótlás: az építőipar gépesítéséhez értő gépészmérnökök nevelése nincsen kellően biztosítva. A gépészmérnököket ugyanis elszívják a többi iparágak és az építőiparban csak néhány marad meg belőlük. Márpedig nekünk az építőiparban ötéves tervünk végrehajtásához olyan gépészmérnökökre van szükségünk, akik az építőipar szakágaiban is járatosak. Ezért a magyar Műegyetemen ezt a típust feltétlenül ki kell nevelni úgy, ahogy az a Szovjetunióban is történik. A gépészmérnök kartársak segítségével tudjuk majd építőiparunkat a többi iparághoz hasonlóan nagyüzemű iparággá fejleszteni és az ő közreműködésükkel tudjuk majd végrehajtani a komplexgépesítés előbb elhangzott elvi alapján a gazdaságos gépi beruházás megtervezését.

BALASSA MIKLÓS

Nagy István előadásával kapcsolatban, amely rendkívül értékes és úttörő ebben a tekintetben, két célkitűzést állapítok meg.

Egyik az építőipar globális gépesítésére mérőszám megállapítása, másik adott esetekben a munkahely komplex gépesítése, amely lehetővé teszi, hogy ne csak 1—2 szakember tudjon a komplex gépesítés problémájával foglalkozni, hanem adott körülmények között több ember tudjon a kérdésbe belefolyni. Ez a célkitűzés rendkívül fontos és az építőiparban feltétlenül meg kell valósítani.

Ahhoz, hogy ez megvalósítható legyen, rendkívül sok előkészítő munka szükséges. Ismernünk kell a gépekre vonatkozó *teljesítményi* adatokat, ismerni kell, hogy milyen *időkihasználással* tudnak működni és ismerni kell, hogy milyen *emberanyagra* van szükség. Ahhoz, hogy ezek az adatok rendelkezésre álljanak rendkívül fontos és minden részletében megszervezendő műszaki statisztikai adatgyűjtésre lenne szükségünk. Szeretném ha ezt az itt elhangzottak alapján az illetékesek úgy szerveznék meg, hogy az adatgyűjtés alapján katasztert lehetne felállítani a különböző építőipari gépeknek jellemzőire, a teljesítményre, a kihasználásra és az anyag fogyasztására.

Ki szeretnék térni egy lényeges kérdésre éspedig a gépek *tétlenségére*, amely kétféle, tervezett tétlenség és meg nem határozható tétlenség. A tervezett tétlenség a karbantartáshoz szükséges, a meg nem tervezett tétlenség a gépek meghibásodásából ered és a gépek olyan kiesését idézi elő a munkahelyen, amely a tervezett időnél kevesebb ideig való üzembentartását eredményezi. A meg nem tervezhető tétlenség kérdésével kívánok bővebben foglalkozni. Akkor, ha komplex gépesítésről beszélünk, amint azt már Nagy kartárs kimutatta, tökéletes együttműködésre kell gondolni, ahol gépek egymáshoz való kapcsolata tökéletesen illik egymáshoz. Világos, hogy ez csak tervszerűen történhetik, ha ebben kiesések vannak, a tervszerűségnek vége, tökéletlen lesz, nem olyan mint amit meg kell kívánnunk a gépesítésnél. Akkor amikor erről beszélünk nem szabad megfeledkeznünk arról a tényezőről sem, hogy az építőipari gépek mostoha körülmények között dolgoznak, ahol a meghibásodás nem rendkívüli ok, hanem

természetes velejáró. Arra kell törekedni, hogy a gépkiesések a minimumra legyenek redukálhatók, illetve tartalékgép bevetésével gondoskodjunk a komplex folyamat állandóságáról.

Egy gép kihasználását nem az az idő jellemzi, amíg munkában volt hanem a mennyiség, amelyet a vizsgált idő alatt ténylegesen elvégzett. A Szovjetunió példájára kell utalnom az építőipar szűkebb területéről, a földmunka végzésről, a *gépkihasználási mérőszámot* említem meg. Ez alatt azt értjük, hogy 1 m^3 kotróedény egy esztendő alatt hány m^3 földet mozgósított.

A telepített iparoknál ez a szám 1950. végére a Szovjetunióban 140 000 köbméter volt. Nálunk pedig a nem telepített iparoknál, tehát az építőipar földmunkáinál ez évben értük el ugyanezt a számot. Nem tudom megállapítani, hogy most hol áll a Szovjetunió, de azt kell mondani, hogy elég tekintélyes az eredményünk, amelyre büszkék lehetünk. Azt javasolom tehát, hogy a gép kihasználását nem a különböző módon kifejezhető időszerinti kihasználással jellemezzük, hanem a gépek által ténylegesen elért teljesítménnyel. Sokkal jellemzőbb száma ez minden építőipari gépnek, mint az a szám, amely csak bizonyos ideig való üzembentartásra vonatkozik.

Egy kérdésre kell még kitérni. A gépek csak akkor tudnak tökéletes üzemben lenni, ha azoknak tökéletes kiszolgáló személyzetük van. A Szovjetunióban a káderképzés döntő kérdése a gépesítés problémájának, nálunk még nem tértünk rá megfelelő módon.

OLSZAK WACLAW LENGYEL PROFESSZOR ELŐADÁSÁNAK KIVONATA

A professzor beszámolt kísérletekről, amelyeket Lengyelországban a beton szilárdságának jobb hasznosítása érdekében folytatnak. A beton teherbírását a beton oldalirányú tágulásának megakadályozása útján óhajtják növelni, tehát elvben ugyanúgy, ahogy az a csavarvonalas kengyelezés segítségével eddig történt. De nem sűrű, vagy csavarvonalas kengyelezést alkalmaznak, hanem a nyomott betonba, a terhelés irányára merőleges síkokban rostélyszerű vasalást helyeznek el. Ez a vasalás készülhet egymást keresztező, kis átmérőjű betonvasakból, drótfonatokból és jól alkalmazható az úgynevezett »Streckmetall«. A kísérletek során az így vasalt oszlopok teherbírása csak akkor szűnt meg, ha a különleges vasak folytak, vagy a kis szakadónyúlású vasak szakadtak.

Az eddigi kísérletek kedvező eredménnyel zárultak és igazolták az elméletet. Főleg hasábokkal és oszlopokkal folyt a kísérletezés. De a módszer lehetővé teszi gerendák lokálisan erősen nyomott öveinek erősítését is. A módszernek a csavarvonalas kengyelezéssel szemben nagy előnye, hogy az nemcsak kör, vagy a kört jól megközelítő szabályos sokszögű (pl. szabályos nyolcszögű) keresztmetszetekben alkalmazható, hanem a mérnöki gyakorlat szempontjából fontos derékszögű négyszög keresztmetszetekben is. A betétek elhelyezése egyszerű művelet, a betonozás előrehaladásával folyamatosan lesznek a különleges betétek elhelyezve, azokat tehát nem kell előre szerelni. Így a betonozás is könnyű és a betonban a sűrű vasbetétek ellenére sem keletkeznek fészkek.

Az oszlopok, illetve a hajlított tartó lokálisan erősen nyomott betonja teherviselőképességének az ismertetett módon való fokozásával Magnel is kísérletezik Gentben. Magnel felfogásával azonban nem ért tökéletesen egyet, mert Magnel úgy számit, mintha az egész keresztmetszet teherbírása egyaránt megnövekednék. Az új eljárást egyébként mind hatékonyság, mind pedig a költségeket illetően a csavarvonalas kengyelezéssel egyenértékűnek véli.

Előadásának további részében Olszak példákat sorolt fel azzal kapcsolatban, hogy az oldalirányú tágulásokat előrefeszítéssel is lehet csökkenteni. Vasbetonoszlopokat és csöveket tehát nem hosszanti irányban, hanem elsősorban a csavarvonalalakú kengyelek feszítésével kell nagyobb teherbírásúvá és vízzáróvá tenni.

HEGESZTETT HÍDSZERKEZETEK ALKALMAZÁSA KÖZÚTI HÍDJAINK ÚJJÁÉPÍTÉSE SORÁN

SZÉCHY KÁROLY lev. tag

Mint ismeretes, a második világháború Magyarországon 1424 db, összesen 27,5 km hosszúságú közúti hidat pusztított el, melyek helyreállítása gyakorlatilag egy-két kivétellel (Erzsébet-híd, Balsai-híd) ma már megtörtént. Népi demokráciánk egyik kimagasló műszaki teljesítménye kétségkívül a hidak példátlanul gyors újjáépítése volt, melynek érdekében nemcsak a munkások és mérnökök áldozatos és lelkes munkájára, hanem *új munkamódszerek, ötletes újítások egész sorának bevezetésére és a hídépítési technika fejlődésének minden elemére szükség volt.* Nem kis szerepet töltött be ezen a téren a hegesztés, mint a vasszerkezetek kapcsolásának újabb és egyszerűbb módszere.

A hegesztés mint tudjuk, nemcsak tekintélyes súlymegtakarítást (15—20%) tesz lehetővé a szögecselt szerkezetekkel szemben, hanem lényegesen leegyszerűsíti a vasszerkezetek összekapcsolásával járó előkészítő munkát. Elmaradnak a kényes szögecslyukfúrások, heveder és béléslemezek, komplikált övlemez és szögvas illesztések, a vasszerkezeti elemek egész sorának pontos leszabása, megmunkálása és összeállítása. Ezzel szemben fennáll, mint követelmény a varratok gondos elkészítése, a zsugorodási feszültségek, vetemedések kiküszöbölése és mindenekelőtt a hegesztésre alkalmas hídszerkezetek kialakítása.

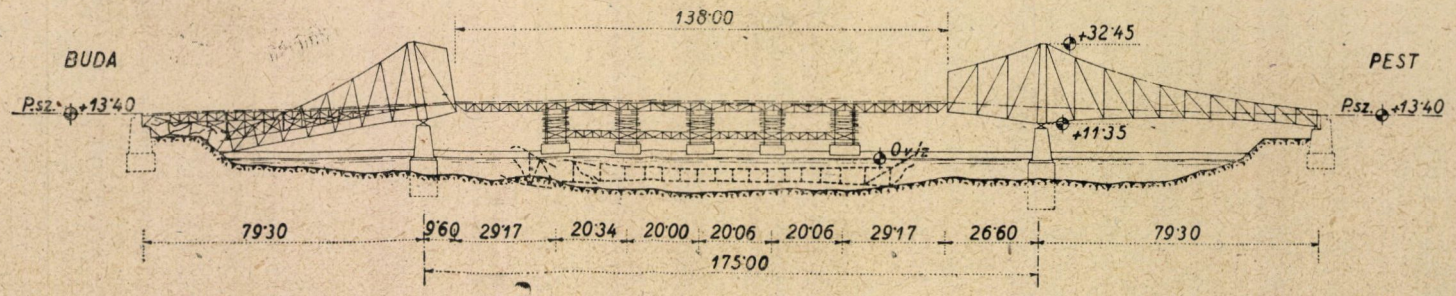
Mindez azonban nem tartozik mai szűkreszabott előadásom keretébe, amikor csak röviden szándékozom érinteni azokat a területeket, amelyeken a hegesztést az újjáépítés során sikerrel alkalmaztuk és leszűrni az ennél a munkánál nyert főbb tapasztalatokat.

1. *Ideiglenes hidak*

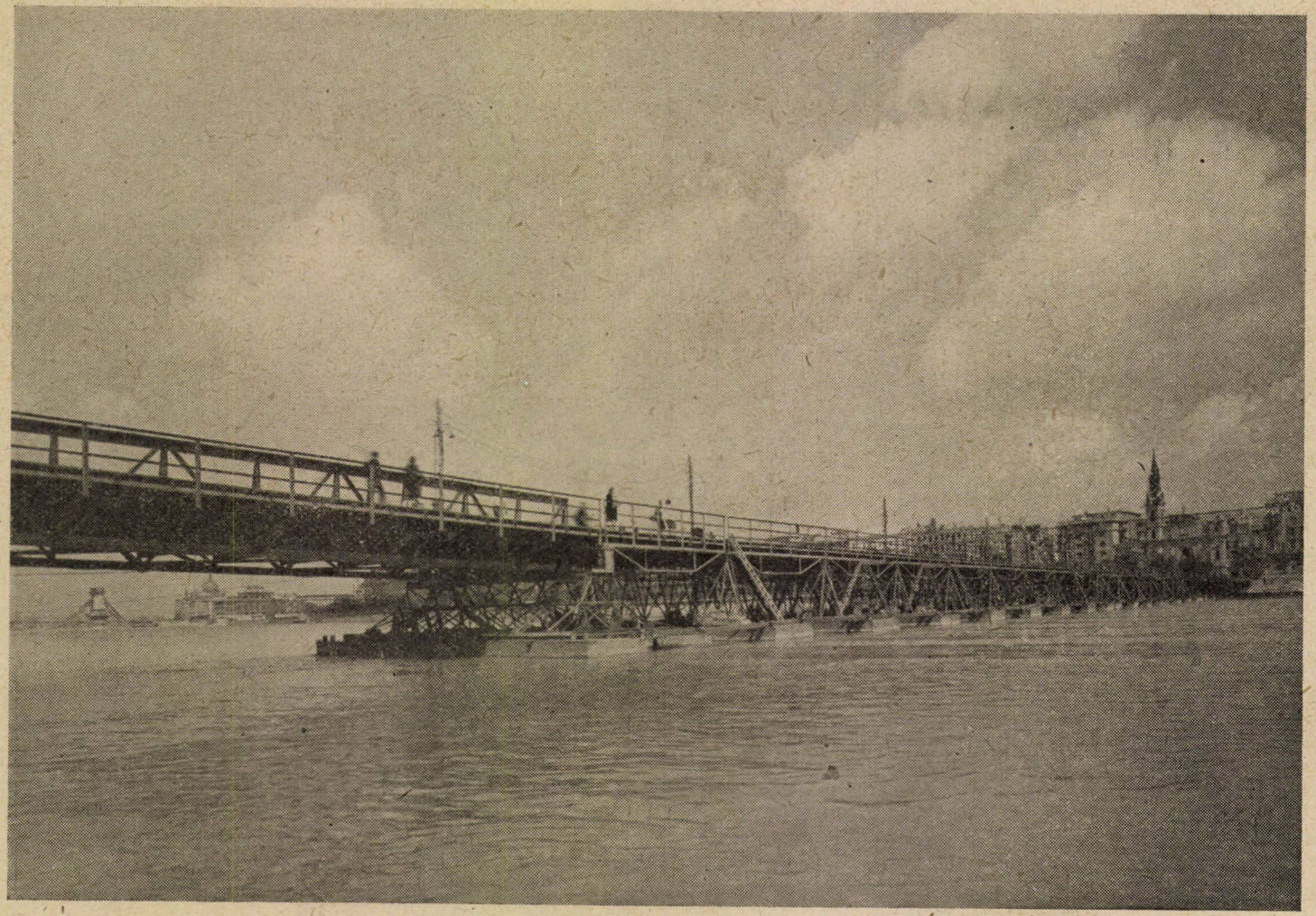
A forgalom azonnali helyreállítása érdekében létesített ideiglenes hajóhidak vasszerkezetének előállításánál nagy szerepet játszott azonnal a hegesztés, éppen azért, mert jóval gyorsabb munkát tett lehetővé, mint a szögecselés.

Így hegesztve készültek 2 és 3 m/m lemezekből a Petőfi-híd, Manci-híd és a szegedi pontonhíd pontonjai, valamint e pontonhidaknak a vízjátékkal emelkedő nyílásai. A hegesztési munka ellenőrzése ebben az időben minimális volt és a munkásellenőrző töretpróbáknál nem terjedt tovább. A hegesztőpálcákban sem igen lehetett válogatni. A megmaradt Rimagil és W. M. pálcák

A FERENC JÓZSEF HIDRA ÉPITETT PROVIZORIUM TERVE



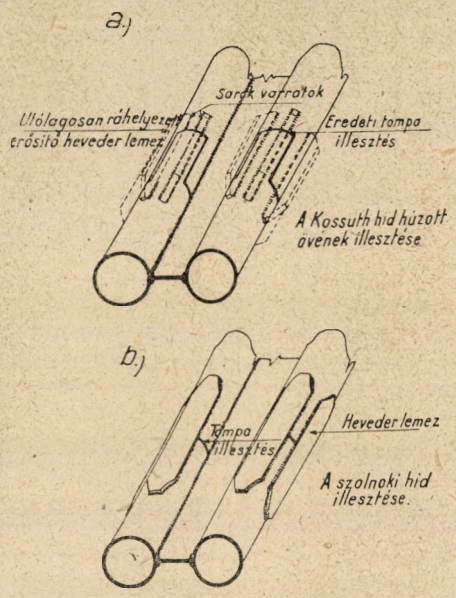
1. ábra



2. ábra

voltak csak felhasználhatók. A mozgóhidak pedig nagy dinamikus terhelésnek kitett és aránylag nagy fesztávolságú rácsos szerkezetek voltak. Így a Szabadság híd rendkívül erős és komoly hadiforgalmat lebonyolító főtartói 3,0 m magas és 27,0 m fesztávolságú rácsos szerkezetek, (l. 1. ábra) a Petőfi-hídéi pedig 35,0 m fesztávolságú és 2,5 m magas rácsos szerkezetek voltak (2. ábra).

A Szabadság-híd övszelvényei szögvasakból voltak összeállítva, akárcsak a rácsrudak, ami munkamegtakarítást jelentett még a Petőfi-híd lemezekből összeállított T alakú öveivel szemben is.



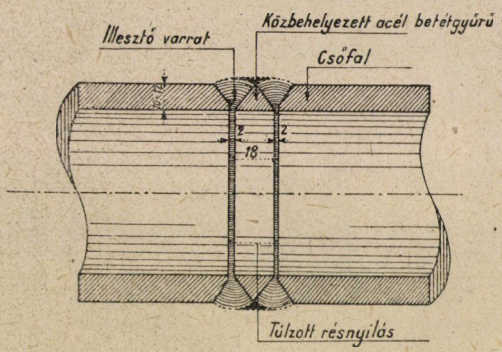
3. ábra

Az övek illesztése 45°-os hajlású tompa illesztésként volt kiképezve, a csomópontok pedig csomólemezekből állottak, amelyekhez a rudak tompán ütköző illesztésekkel kapcsolódtak. A Szabadság-hídnál a varratok legnagyobb része túlméretezett sarokvarrat volt.

2. *Csőhidak*

Hegesztéstechnikai, szerkezeti és hídépítési szempontból egyaránt sokkal komolyabb lépést jelentett a nagyfesztávolságú csőhidak megépítése, amely valóban úttörő lépés volt a legnehezebb körülmények között. Hogy a csőszelvények hegesztett rácsos szerkezetek készítésére igen alkalmasak, arra már a II. Nemzetközi Hídkongresszus rámutatott, azonban abban, hogy az ország, sőt talán az egész világ legnagyobb fesztávolságú rácsos hídját hegesztett csőszerkezettel építettük meg, arra nemcsak ez a tudat, hanem a szükség is

vitt rá annakidején minket. A Kossuth-híd emlékezetes megépítésénél a középső 78 m-es és a két szomszédos 55 m-es nyílás főtartóihoz hengerelt vasanyag nem állott rendelkezésre, csupán háborús anyagkészletből visszamaradt és a csepeli vasműben szabadon gyártható csőanyag. A csőanyagból gazdaságosan pedig csak hegesztett hidat lehetett készíteni. A legkényesebb feladat volt a csőszelvények illesztéseinek és csomóponti kötéseinek kiképzése. A csőszelvények illesztése a varratfelület növelése érdekében ú. n. »ollós kötéssel« készült (3/a ábra), ami azonban nem bizonyult sikeresnek, mert egyrészt a gyártási pontatlanságok és a hegesztési zsugorodások miatt nagyon nehéz volt az ollós kötés egész hosszúságában pontosan illeszkedő felületeket biztosítani és bizony a legtöbb kapcsolatnál a behegesztendő résszélesség egyenlőtlen és túl

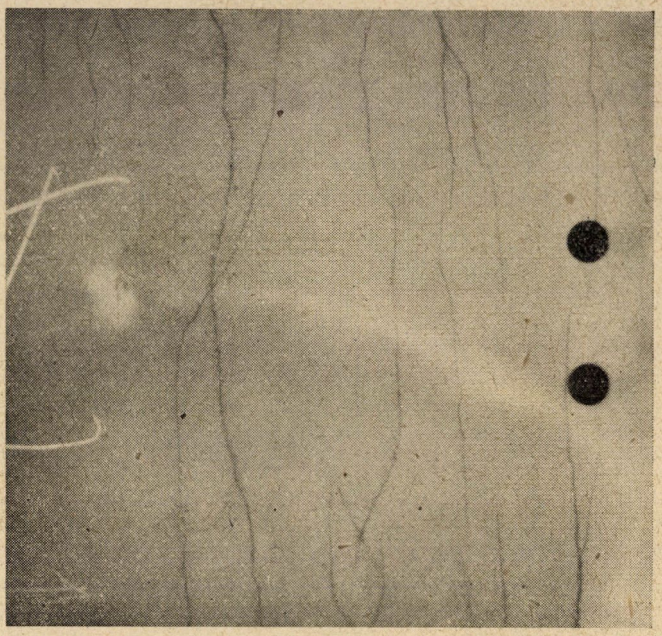


4. ábra

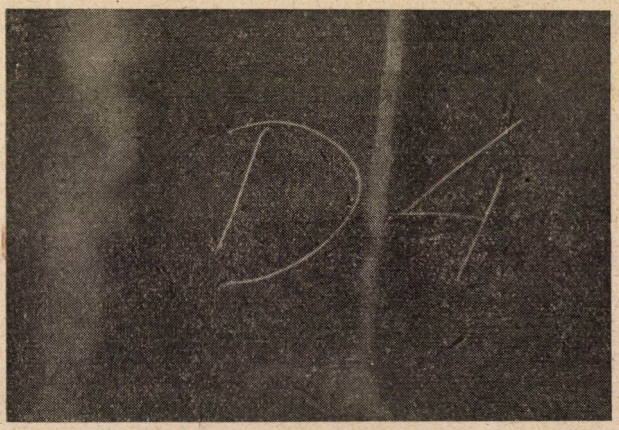
nagy volt. Különösen a keresztvarratoknál mutatkoztak 1—2 cm nagyságrendet is elérő *hézagok*, melyeknek egészséges varrattal való kitöltése rendkívül nehéz volt. Az ennél nagyobb hézagokat *betétgyűrűkkel* csökkentettük és tulajdonképen kettős varratot állítottunk elő (l. 4. ábra). Másrészt a hosszirányú illesztővarrat rugalmassága egészen másnak bizonyult, mint a keresztirányúé és emiatt a varratok együttdolgozása nem volt megfelelő. A ridegebb keresztirányú varrat elrepedt még mielőtt a hosszirányú dolgozni kezdett volna. Végül fokozta még a nehézségeket, hogy a helyszíni varratokat igen kedvezőtlen hideg időben kellett elkészíteni és végül a rendelkezésre álló csőanyag carbon tartalma 0,31%, silicium tartalma pedig 0,28% volt.

A varratok röntgenvizsgálata azután igen súlyos hegesztési hibák egész sorát mutatta ki. Az 5/a és 5/b ábrákon jól láthatók a salakzárványokra jellemző fehér vonalak, sőt az 5/a ábrán az alapanyagban keletkezett repedések egész sora is kivehető. A nagyrészt a helyszíni szerelés közben végzett ellenőrző vizsgálat végül is azzal a rendkívül szomorú eredménnyel zárult, hogy azoknak 12%-át feltétlen azonnal kicserélendőnek, 35%-át pedig mielőbb kicserélendőnek kellett minősíteni. Ennek értelmében az elsősorban hibásnak mutatkozó kereszt-

irányú varratok teherviselését kikapcsoltuk és az így elvesztett keresztmetszetet vertikális átkötő lemezekkel pótoltuk (3/a ábra).



5/a. ábra

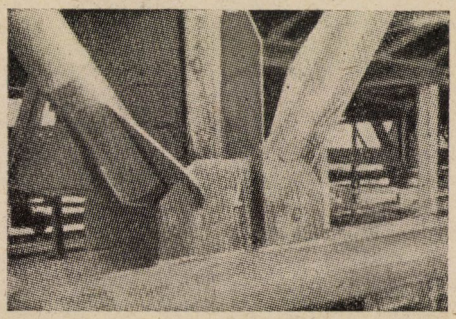


5/b. ábra

A hasonló szerkezettel épített *szolnoki Tiszahíd* övrúdillesztéseit már nem ollós kötéssel, hanem tompa illesztéssel és átkötő hevederekkel oldották meg (3/b ábra). Azonkívül *a hegesztések röntgenezéssel való ellenőrzését már a*

gyártási munkában bevezették és a hegesztést végző munkásokkal hibáikat a röntgenfelvételek megmagyarázásával még a helyszínen kiértékelték. Ennek eredménye az volt, hogy a hibás varratok aránya azonnal 10% alá esett, amit végül sikerült tovább: egészen 3% alá szorítani.

A csomóponti kapcsolatokat csomólemezekkel és a felhasított csöveknek a lemezekre oldalvarrattal való ráerősítésével oldották meg (l. 6. ábra). Ezek a kapcsolatok megfelelőknek bizonyultak és kivitelük, helyszíni hegesztésük kielégítő minőségben biztosítható volt.



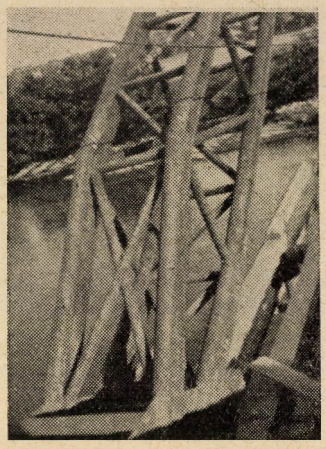
6. ábra

További kiterjesztése volt a hegesztett csőszerkezetek alkalmazásának *a merev vasvázas hegesztett csőszerkezeteknek* hídjaink újjáépítésénél való bevezetése. Eredetileg a Margit-híd újjáépítésénél vetődött fel a csőanyag kedvezőbb beszerzési lehetősége nyomán, hogy a Margit-hidat merev hegesztett csővázas szerkezettel kell újjáépíteni és az első nyílások csővázának összeállítása meg is indult. Amint azonban kiderült, hogy a híd pillérei is el vannak törve, célszerűbbnek látszott a Margit-hidat vasszerkezettel újjáépíteni. A hídhoz biztosított vasvázból 2 db 66 m-es nyílású Rába-híd és 2 db 40—40 m nyílású Rábca-, illetve Zala-híd épült újjá. A Rába-hidakhoz a Margit-hídhoz már részben összehegesztett és ezért ide aránylag kissé túlméretezett kettősfalú csőváz került polygonális alakban felhasználásra, míg a kisebb hidakhoz már pontosan méretezett egyfalú rácsos vasváz készült.

A csőváz illesztései a *repülőgép* csővázához hasonlóan mindenütt *tompa illesztéssel* készültek, miután *az övekben végig nyomófeszültség* keletkezett. Az övek illesztése aránylag igen egyszerű volt, mert azonos átmérőjű és falvastagságú csövek tompa illesztéséről volt szó. A kisebb átmérőjű rácsrúd-csöveknek az övekbe való csatlakozása azonban már komplikált áthatási felületek pontos kiképzését és térbeli áthatási görbe mentén vezetett illesztő varrat elkészítését kívánta meg (7. ábra). Viszont a csomólemezek teljesen elmaradtak, ami kétségtelen súlycsökkentést tett lehetővé. Az újabb hidak csomópontjait azonban a komplikált illeszkedő felületek megmunkálásának nehézségei és költségei

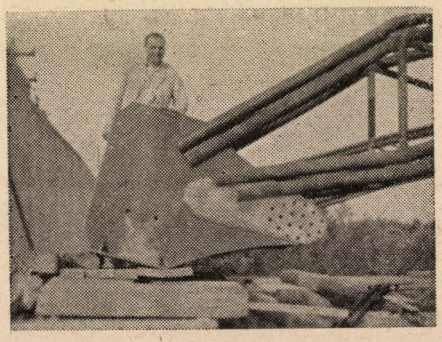
miatt mégis csomólemezekkel és a felhasított rudak rávezetésével oldották meg — amint az pl. a végső bekötés rúdjainál egyöntetűen történt (l. 8. ábra).

A merev vasvázszerkezet hegesztett illesztéseinek és kapcsolatainak vizsgálata csak helyi befúrásokkal és szemrevételezéssel történt, éppen azért,



7. ábra

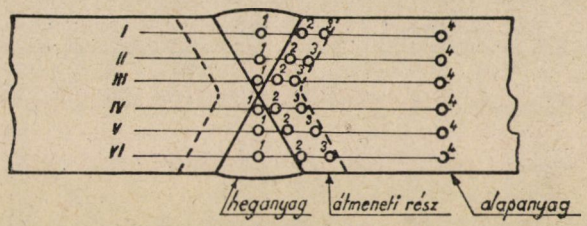
mivel a kapcsolatok túlnyomó része csak nyomóigénybevételt, vagy egészen csekély húzóigénybevételt kapott. A merev vasvázak természetének megfelelően az ilyen szerkezetekben az alapanyag sincsen a megengedett határig kihasználva.



8. ábra

Mind a négy híd vonóvasas ívhíd, amelyek közül háromnak a vonóvasai is hegesztett kivitelben készültek. Míg a *csőváz varratainak ellenőrzése* a fentiekben már említett alacsony igénybevételek miatt csupán *munkásellenőrző és heganyag minősítő próbák vételére*, valamint kémpróbaszerű befúrásokra és

felszíni szemléletre szorítkozott, addig *a vonóvasak 45°-os ferde illesztővarratainak* nemcsak a készítése, hanem az ellenőrzése is igen *nagy gonddal történt.* Minden egyes varrat folytatásában azonos méretű próbadarabok lettek már eleve hozzátéve, melyeket az illesztő varrat folytatásképpen a vonóvassal teljesen azonos körülmények között hegesztettek össze és utóbb lefürészelve próbapálcák készültek belőle. A próbapálcákkal ellenőrizhető volt a varrat folyási határa, szakítószilárdsága és nyúlása. Azonkívül egyes varratokról kémpróbaszerűen csiszolatok készültek a szövetszerkezetek makro- és mikro-felvételek útján való ellenőrzése céljából, továbbá Brinell-próbák az anyag felkeményedésének megállapítása céljából (lásd 9. ábra, amelyen a számértékek az egyes sorok átlagos Brinell-keménységét jelentik).



9. ábra

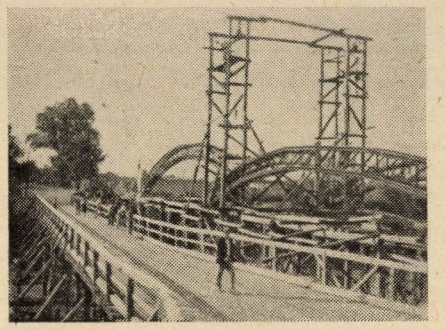
A további vizsgálatok során minden egyes illesztővarratot röntgenvizsgálat alá vetettek és végül az illesztésekből fárasztópróbák is készültek. A vizsgálatok ilyen nagy számát indokolta elsősorban a vonóvasak nagy szerkezeti jelentősége, de indokolta a felhasznált nagyszilárdságú anyagok ötvözete is, mivel a vonórudak általában nagy széntartalmú és nagyszilárdságú acélból készültek, melynek vegyelemzése a következő:

$$C = 0{,}28\%$$
$$Si = 0{,}13\%$$
$$Mn = 0{,}94\%$$
$$P = 0{,}034\%$$
$$S = 0{,}052\%$$

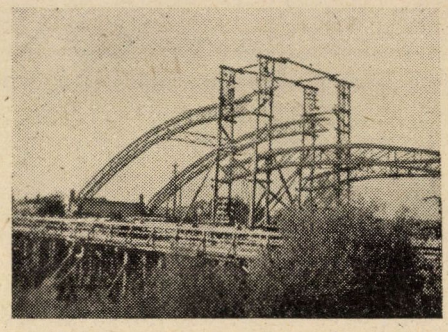
Az abdai és fenékpusztai hidaknál az alapanyag magas karbontartalmára való tekintettel azonkívül a varratokat utólagos feszültségmentesítő (730° C) hőkezelésnek vetették alá. Ezen hidak csomópontjainak kiképzése (l. fent), azonkívül nem tompa illesztésssel, hanem a Kossuth-hídhoz hasonlóan csomólemezekkel és rávezetett felhasított csőszelvényekkel történt, mert a csövek áthatási vonalak szerinti megmunkálása gazdaságtalanabbnak bizonyult, mint a csőszelvények bemarása.

A gondos ellenőrző munka eredménye volt azután, hogy a vonórudak kétségkívül kényes hegesztései kifogástalanul sikerültek és a szerkezetek a próbaterhelés és azt követő forgalom alatt teljesen beváltak.

Az elért szilárdsági eredményeket az alábbi táblázat, a hidak szerelését pedig a 10—11. ábrák tüntetik fel, amelyek jól mutatják, hogy az ívszerkezet



10. ábra



11. ábra

különben szükséges teljes beállványozása helyett csupán két középső emelőtoronyra volt szükség, amelyek segítségével a félhosszúságban teljesen összehegesztett vasvázat felemelték.

	Acél minőség	Folyási határ kg/m²	Szakítószilárdság kg/m²	Nyúlás %	Fajl. ütőmunka (Charpy) mkg/cm²
Sárvár	A $\frac{36}{24}$	27,2 (25,4)	45,0 (41,2)	20,6 (16,5)	—
Rábahídvég .	A $\frac{50}{35}$	40,2 (38,6)	58,1 (57,5)	21,4 (18,9)	6,4 (4,3)
Abda	A $\frac{50}{29}$ (L)	34,0 (32,3)	44,1 (38,7)	—	—

Megjegyzés: A zárójelbe tett értékek a közölt átlagértékekhez képest a sorozat minimális értékét adják.

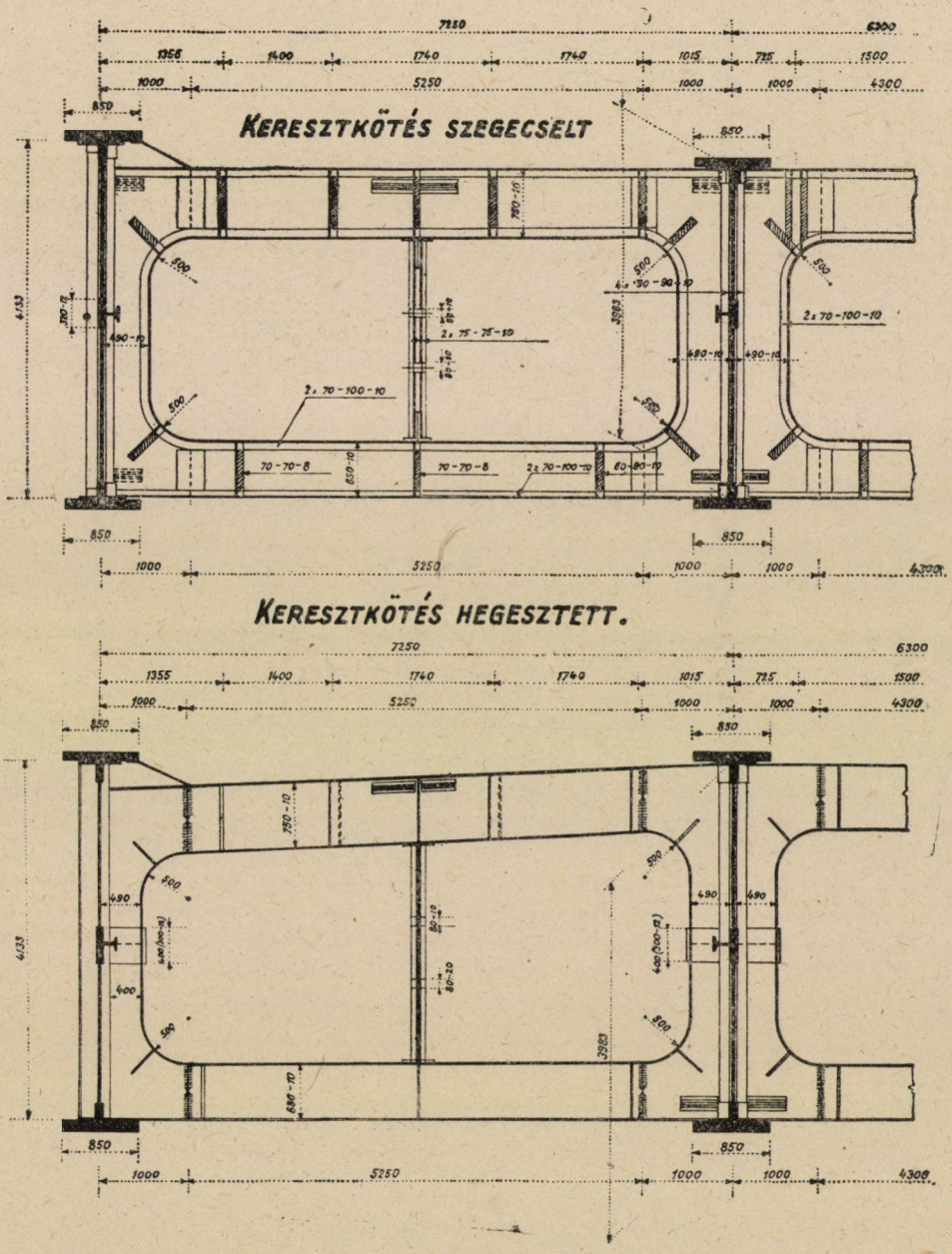
Hajlítópróba

	gyök	
	belül	kívül
Abda	34° (16°)	33,3 (16,1)

Zárójelben a hőkezelés nélküli átlagérték.

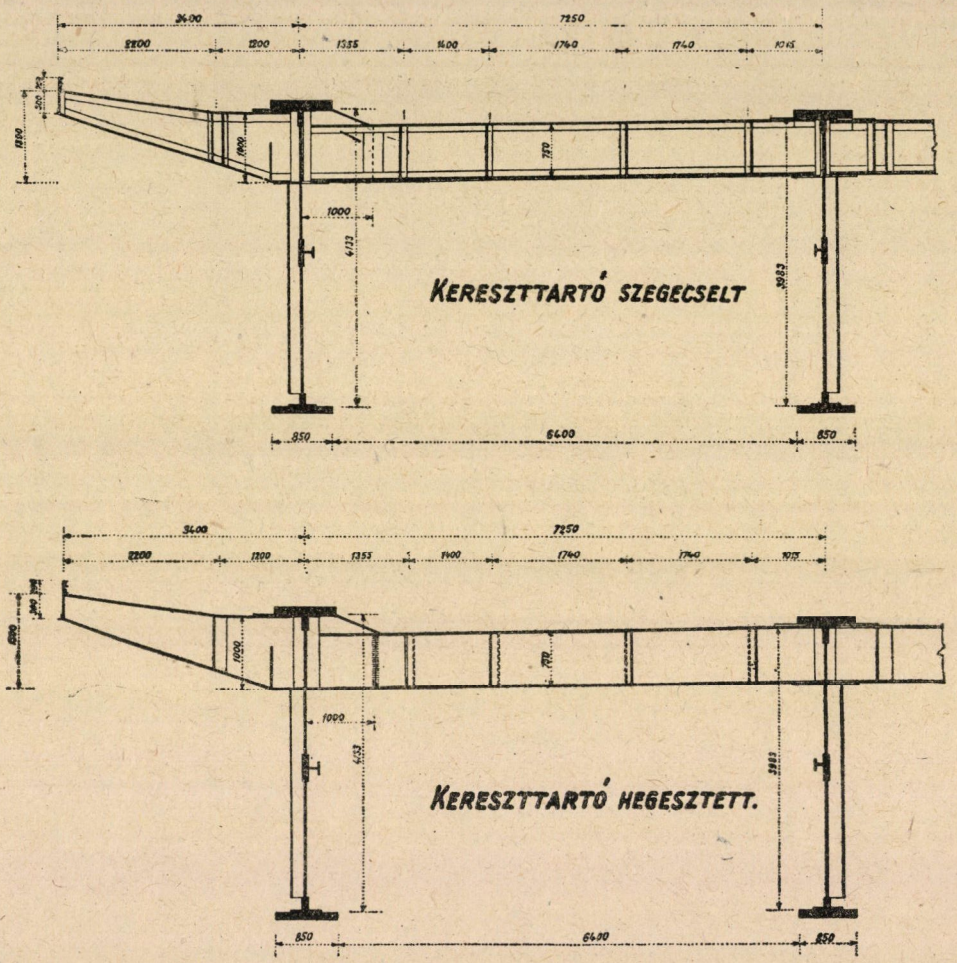
3. *Pályaszerkezetek és vegyestartós hidak*

A nagyobb Duna-és Tisza-hidak pályatartói hossz- és kereszttartók egyaránt úgyszólván kizárólagosan hegesztett kivitelben készültek már az óbudai híd pályaszerkezete óta (1939).



12. ábra

A pályatartók mind aránylag kis fesztávolságú tömör gerinclemezes tartók, melyeket közbenső illesztés nélkül egy darabban lehetett legyártani és csupán az övlemezek nyakvarratainak elkészítésére volt szükség. Ezek a nyakvarratok szilárdságilag és hegesztéstechnikai kivitel szempontjából is kevésbbé érzékenyek, azonkívül igen alkalmasak a sorozatos gyártásra, automatikus hegesztésre.



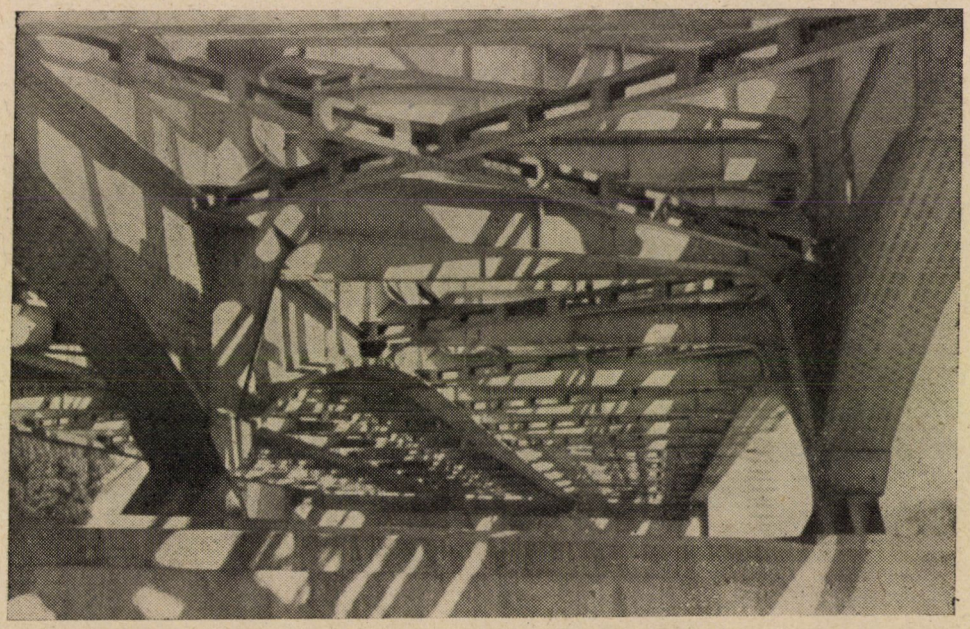
13. ábra

Az 12—13. ábrák mutatják az óbudai híd keresztkötéseinek, keresztartóinak és konzoltartóinak összehasonlítás céljából szegecselt és hegesztett kivitelben elkészített terveit. Már a tervekből is látszik, az alábbi súlyadatokból pedig egyenesen kiugrik, hogy milyen tekintélyes az ilyen szerkezeteknél az elérhető súlymegtakarítás.

A szegecselt keresztkötés súlya: 8449 kg (100%).
A hegesztett « « 6364 kg (75%).
A szegecselt kereszttartó súlya: 3007 kg (100%).
A hegesztett « « 2252 kg (75%).
A szegecselt gyalogjárda konzol súlya: 322 kg (100%).
A hegesztett « « « 262 kg (81%).

Világos, hogy a szögvasak, hevederlemezek és a szögecslyukgyengítések elmaradása elsősorban az ilyen alacsony tartóknál fokozott megtakarításra nyújt lehetőséget.

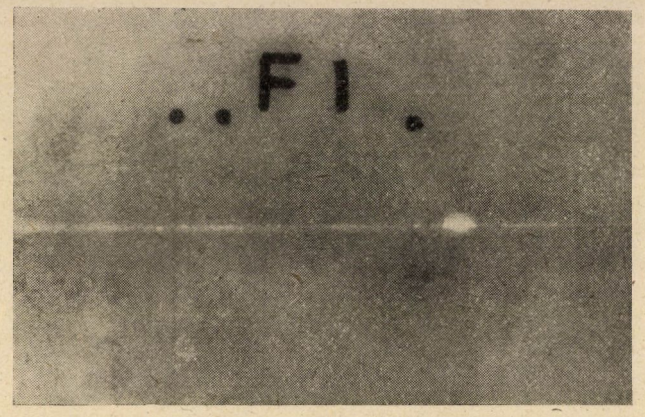
Igen gazdaságos és megbízható munkát tett lehetővé a Hafergut-féle félautomatikus hegesztési eljárás bevezetése is, melynek ismertetése nem ide tartozik. A hegesztett pályaszerkezet azonkívül esztétikailag is igen kedvező látványt nyújt (lásd 14. ábra).



14. ábra

A keresztkötéseknél azonban a helyszíni illesztések elkerülhetetlenek voltak és ezek között bizony az utólagos röntgenvizsgálat számos hibás varratot mutatott ki a függőleges helyzetben készített varratok közül (lásd 15. ábra, amelyen a végigfutó fehér vonal gyökbeolvadási hibát, hézagot mutat). Ez a jelenség ismét arra irányítja a figyelmet, hogy *a helyszíni hegesztési munkát a minimumra célszerű korlátozni és a legerélyesebben kell ellenőrizni.*

Ugyancsak hegesztéssel készültek úgyszólván kizárólagosan a kisebb nyílású hídjaink újjáépítésénél gyakran használt *vegyestartós hídjaink főtartói*, amelyek mint tömör lemezes főtartók szintén igen alkalmasak voltak a hegesztésre. Az övlemezt a gerinclemezhez kapcsoló nyakvarrat készítése itt sem

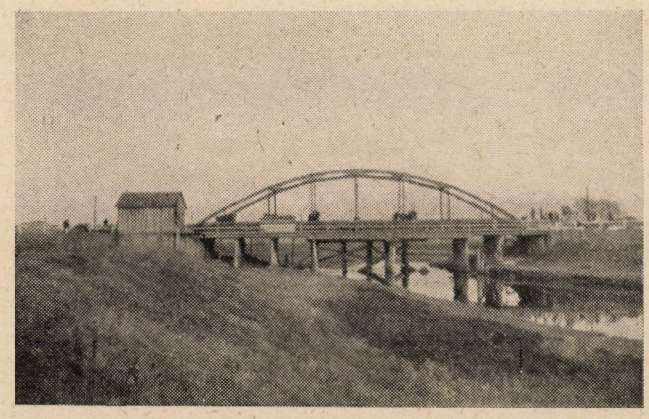


15. ábra

kényes és igénybevétel szempontjából is kedvező helyzetben fekszik. Ezeknél a hidaknál a munkásellenőrző próbákon és kémpróbaszerű befúrásokon kívül más ellenőrzést nem alkalmaztunk.

4. *Merevítőgerendás ívhidak* (Langer-tartók)

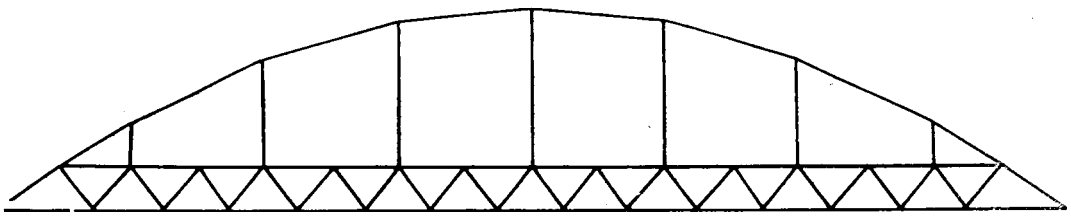
Hídépítési tapasztalataink általában azt mutatták, hogy középnagyságú (30—60 m nyílásig) hidakra a leggazdaságosabb szerkezet a vonóvasas ív, vagy ha az altalaj kedvező, a kétcsuklós, illetve lapokra támaszkodó ív. Az ívszer-



16. ábra

kezetek nagy hátránya azonban a nagymagasságú, sok időt és faanyagot igénylő állványozás és ezért rátértünk az állványozási szempontból kedvezőbb merevítőgerendás ívszerkezetek (Langer-tartók) alkalmazására. A Langer-tartó hegesztésre is alkalmas szerkezet, mert csak nyomott vagy hajlított elemet tartalmaz, tisztán húzott elem — a súlyban alárendelt szerepet játszó függesztő oszlopok kivételével — nincsen benne.

A hegesztett szerkezetek gazdaságosságának egyik igen szép példája a 40 m-es zalahídvégi Zala-híd (lásd 16. ábra). A híd vasszerkezetének teljes súlya : 55 tonna = 1,4 t/fm, ami mintegy 20%-al kevesebb egy azonos nyílású hegesztett rácsos híd és 35—40%-kal kevesebb egy azonos nyílású szegecselt rácsos híd vasszerkezeti súlyánál. Az azonos nyílású vonóvasas ívhíd súlyával ugyan ez az érték éppen egyenlő, de szerelése egyszerűbb és nem kell a hegesztés szempontjából rendkívül kényes húzott vonóvasat alkalmazni. A híd merevítő-



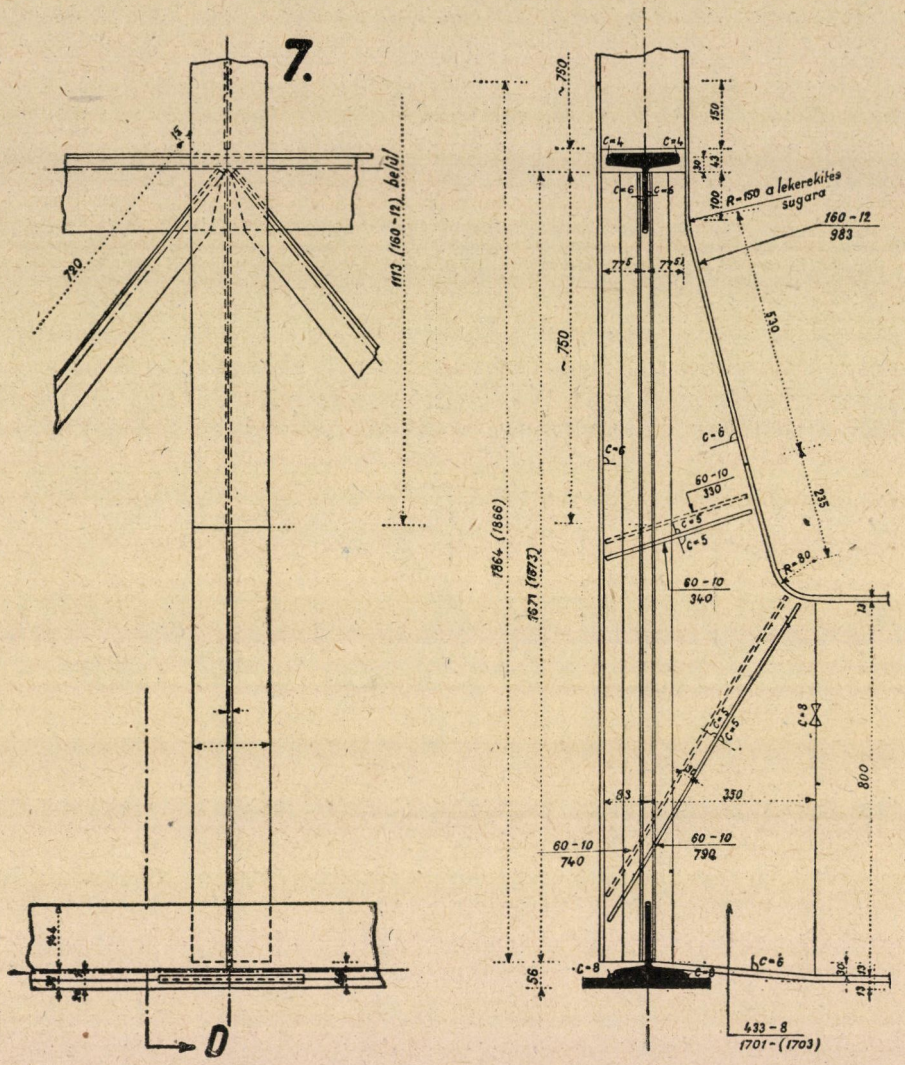
17. ábra

tartója igen egyszerű rácsos szerkezet (l. 17. ábra), melynek övszelvényei félbevágott I gerendák, rácsrudai pedig szögvasak, melyek a csomópontokban a T gerenda falára vannak oldalvarratokkal rávezetve. A csomólemezek ki vannak küszöbölve (lásd 18. ábra). A szerkezet gyártása és szerelése is rendkívül egyszerű. A hegesztési munka ellenőrzése is ennek megfelelően csupán munkásellenőrző és heganyagminősítő próbákból és kémpróbaszerűen végzett befúrásokból állott.

A fentiekben leírt tapasztalatok és gyakorlat után került sor az *ország legnagyobb hegesztett hídjának, a vásárosnaményi Tisza-hídnak 1948/49-ben való megépítésére.* A híd háromnyílású konzolos folytatólagos tömörfalú vasgerenda-híd, melynek középső 101,0 m-es nyílását egy felső ív meregíti (lásd 19. ábra). Terveit *Tantó Pál* és *Hilvert Elek* okl. mérnök kartársak készítették. A híd-pályaszerkezete és főtartói teljesen hegesztett kivitelben készültek A $\frac{36}{24}$ 12-es normális folytacélból, melynek ötvözői :

$C = 0{,}16—0{,}20\%$
$P+S \leqq 0{,}13\%$
$Mn = 1{,}25\%$
$Si = 0{,}35\%$

szakítószilárdsága : $\sigma_{sz} = 36—45$ kg/mm²,
folyási határa min. : $\sigma_f = 24$ kg/mm²,
nyúlása : $\delta_1 = 26—21\%$.

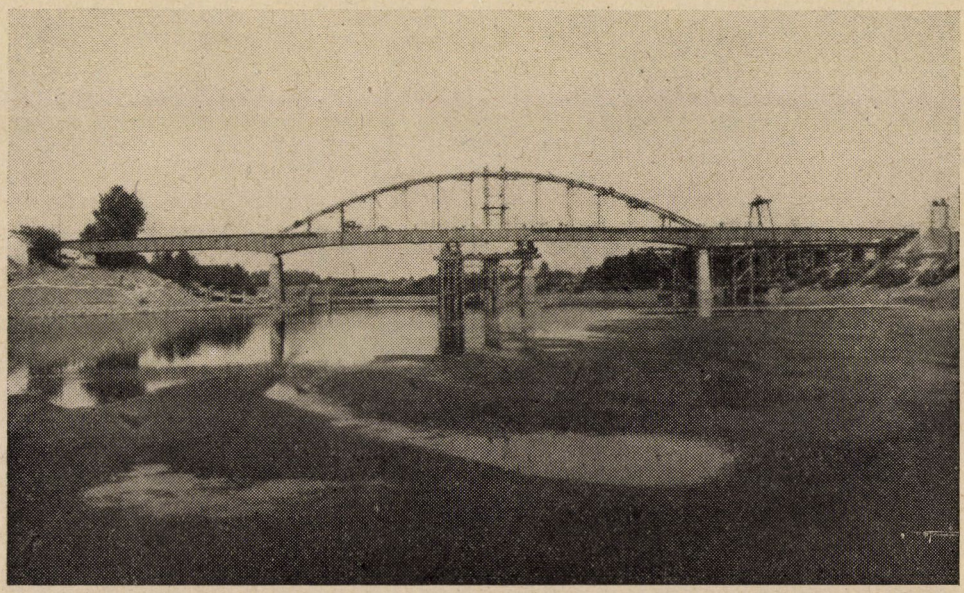


18. ábra

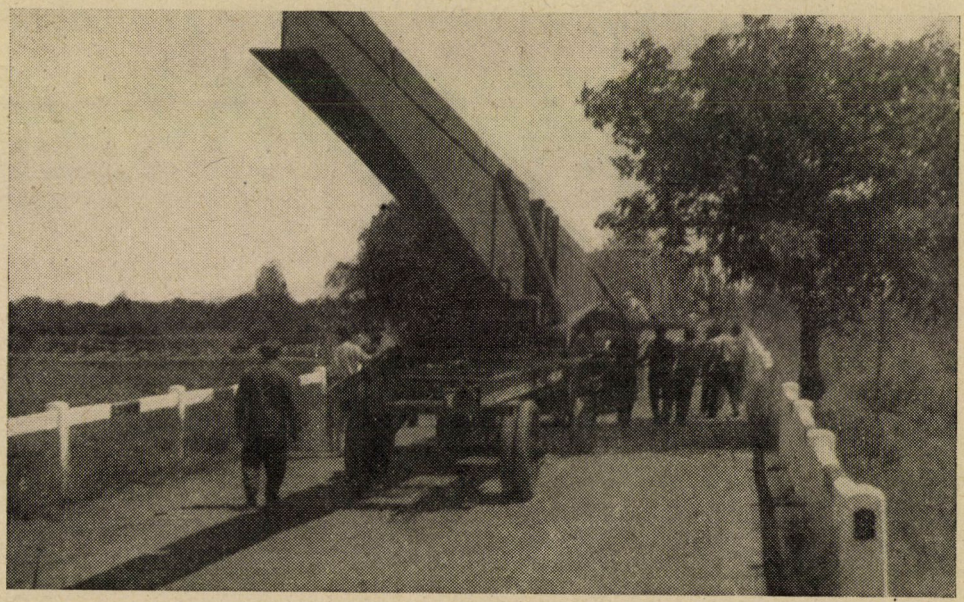
A pályatartókról az előzőkhöz képest nincsen semmi különös mondanivaló. A tömörfalú kereszt- és hossztartók gyárilag teljesen hegesztve készültek, viszont a helyszíni kapcsolataikat szögecselték.

Hasonlóképen nem jelentett különösebb feladatot a merevítő ív és a függesztő oszlopok hegesztése sem, amelyek szelvényei **T**, illetve **I** keresztmetszetűek. A helyszíni kapcsolatokat itt is szögecselték.

A legkényesebb feladat a háromnyílású főtartó hegesztéssel való legyártása volt. A szerkezet *a Magyar Waggon- és Gépgyár* győri hídműhelyében készült



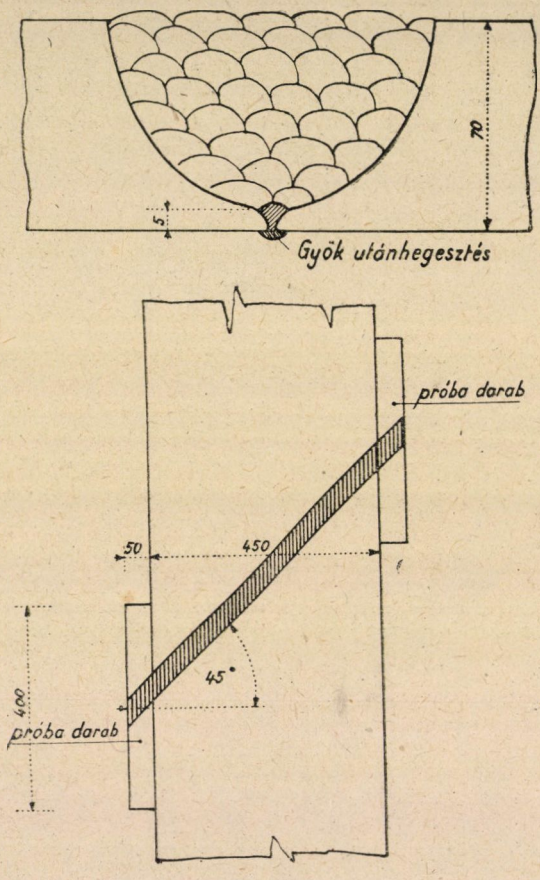
19. ábra



20. ábra

és gyártási feltételeit a *Közlekedésügyi Minisztérium Közúti Hídosztálya* igen gondos előzetes tanulmányok alapján állította össze.

Az alkalmazandó hegesztőpálcákra nézve elsőízben írtuk ki a Charpy-féle bemetszett ütőpróba alkalmazását és kikötöttük, hogy a fajlagos ütőmunka középértéke 12 mkg/cm² legyen, de a legkisebb érték sem lehet kisebb 10 mkg/cm²-nél. Ugyancsak előírtuk a hossz- és keresztirányú fárasztópróbákat, melyek lüktetőszilárdságának (0 kezdésű lengőszilárdságának) legalább 17 kg/mm²,

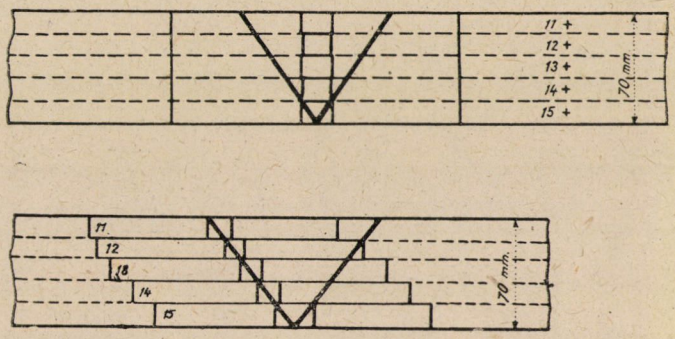


21. ábra

illetve 15 kg/mm² értéket kellett elérni. Ki volt kötve az is, hogy amennyiben a kikötött értékeket nem sikerülne biztosítani, úgy a varratokat *nemcsak le kell munkálni, hanem* 730°-os *feszültségmentesítő hőkezelésnek is alá kell vetni.* Az illesztő varratok résnyílásának átlagos nagysága 1—2 m/m-ben volt előírva és kivételesen, maximálisan 4 m/m volt megengedve. Szigorúan ki volt kötve az összehegesztendő felületek gondosan fémfényűre történő előzetes megdolgozása is.

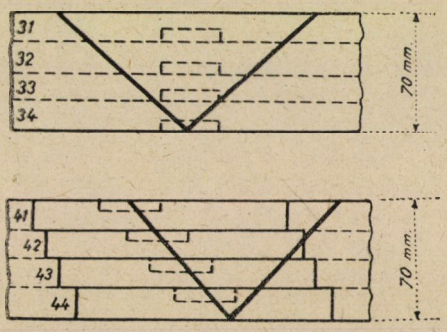
Illesztővarratoknál elő volt írva a *gyök utánhegesztése*, valamint I. osztályúnak minősített hegesztőmunkásokkal való végeztetése, az összes főtartó illesztési varratok röntgenvizsgálata és utólagos feszültségmentesítő hőkezelése is.

A főtartók helyszíni illesztései ugyan szögecseléssel készültek, de a szerkezet 22 m-es darabokban érkezett a helyszínre (lásd 20. ábra), úgy, hogy az egyes gyári darabokon belül teljes illesztéseket kellett alkalmazni.



22. ábra

A legkényesebb volt a 70 m/m vastag és 450 mm széles övlemezek 45°-os ferde illesztése (lásd 21. ábra), ami világviszonylatban is ritka és igen kényes munka. Ennél nagyobb vastagságú lemezt egyáltalában nem hegesztettek és a III. nemzetközi hídkongresszuson az a felfogás alakult ki, hogy 50—52 m/m-t meghaladó vastagságú lemezeket már nem célszerű hegeszteni.



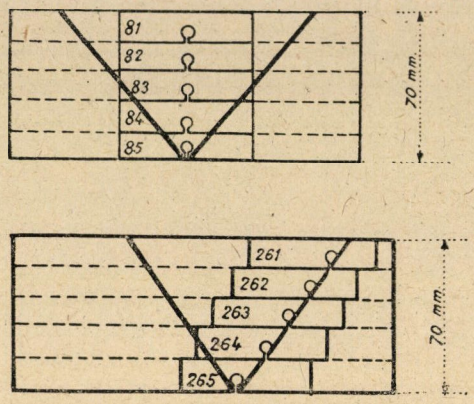
23. ábra

Éppen ezért külön kísérletsorozat előzte meg ezen varratok elkészítését.

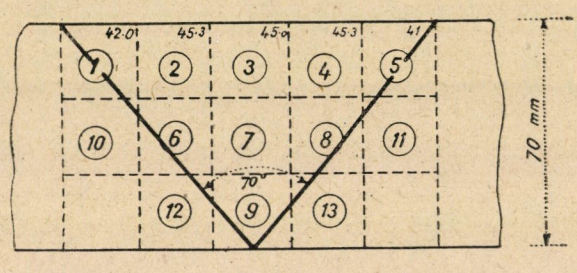
A kísérletsorozat kiterjedt a 70 m/m-es lemez V alakú varratából középső és szélső fekvésben vett szakítópróbákra (lásd 22. ábra). Ugyanígy kétféle fekvésben kivett hajlítópróbákra (lásd 23. ábra) és a Charpy-féle bemetszett

ütőpróbákra (lásd 24. ábra). Készültek azonkívül a varrat különböző helyeiről kivett ömledékpróbák (lásd 25. ábra) és Brinell-féle keménységi próbák (lásd 26. ábra).

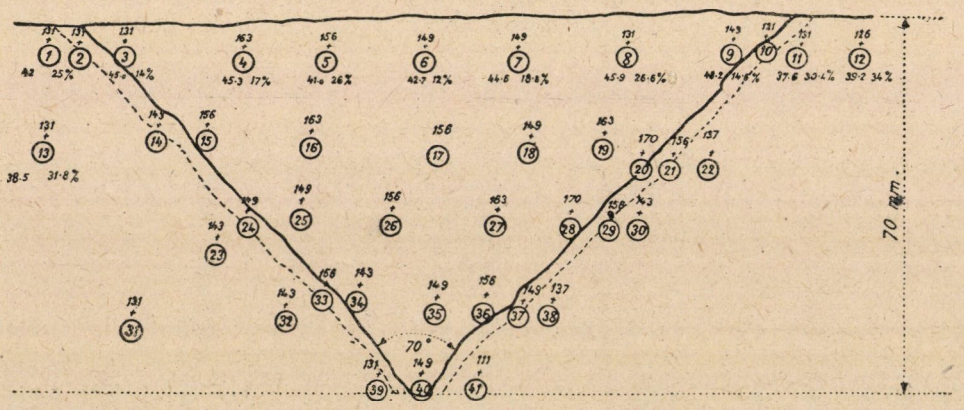
A próbákat hőkezeletlen, előzetesen és utólag hőkezelt állapotban vizsgáltuk és azonkívül nemcsak V, hanem X varratból is vettünk próbákat. Megvizsgáltuk



24. ábra



25. ábra



26. ábra

azonkívül azt is, hogy az *Oerlikon*-gyártmányú svájci vagy a hazai gyártmányú *Niktrod* 50 jelű hegesztőpálcák adják-e a megfelelőbb eredményeket.

A főbb kísérletek összehasonlító eredményeit az alábbi táblázat mutatja:

Szakítópróbák eredményei: kg/mm²

	Középfekvés (11—15)	Eltolt fekvés (11'—15')	
Hőkezeletlen állapot	51,2 (49,4)	40,3 (39,0)	V varrat
Alapanyag előzetesen hőkezelve	44,7 (43,3)	44,3 (42,9)	X varrat
Varrat utólag hőkezelve .	37,0 (31,2)	41,2 (33,1)	X varrat
Előzetes és utólagos hőkezelés.....	50,3 (46,7)	45,7 (44,4)	X varrat

Hajlítópróbák eredményei: %

	középfekvés (31—34)	Eltolt fekvés (41—44)	
Hőkezeletlen állapot	43,5 (39,3)	37,1 (33,5)	V varrat
Alapanyag előzetesen hőkezelve	34,6 (30,0)	—	X varrat
Varrat utólag hőkezelve .	40,4 (38,4)	—	X varrat
Előzetes és utólagos hőkezelés.....	40,4 (38,0)	—	X varrat

Din. 4110. szerinti hajlítópróba

Előzetesen hőkezelt	$\alpha = 114°$
Utólagosan hőkezelt.....	$\alpha = 62{,}6°$
Előzetesen és utólag is hőkezelt .	$\alpha = 123°$

Charpy-féle ütőpróbák: mkg/cm²

	Varratközépből (81—85)	Átmeneti zónából (261—265)
Hőkezeletlen állapot	9,1 (7,75)	8,01 (6,72)
Előzetesen hőkezelve	10,1 (7,0)	8,59 (6,15)
Utólagosan hőkezelve	8,05 (7,6)	6,84 (5,7)
Előzetes és utólagos hőkezelés	9,83 (9,4)	9,42 (7,56)

Amint látható, *a szakítószilárdság a hőkezeletlen kötésből vett daraboknál is megfelelő volt, valamint a MOSz. 110. szerinti nyúlás is.* Az átmeneti zónából vett próbák 20%-os szilárdsági és 15%-os nyúlási csökkenést mutatnak.

Az ömledék szakítószilárdsága (lásd 26. ábra legfelső sor baloldali számértékek!) középen 45,0 kg/mm², az átmeneti zónában 41,0 kg/mm², nyúlása: (lásd a 26. ábra legfelső sor jobboldali számértékek!) középen 12—18%, az átmenetben 25—26%, az alapanyagnál pedig 30—34%.

Ugyanígy a kötésből vett ütőpróba is az átmeneti zóna felé 12—10%-os csökkenést mutat. Ugyanakkor a Brinell-féle keménység ott a legnagyobb (170) és pedig 25—30%-al több az alapanyagénál (v. ö. 26. ábra).

Mindezek a számok azt mutatják, hogy *a kötés legridegebb része az átmeneti zóna*, valamint továbbá azt is, hogy *az ömledék maga is eléggé rideg. A hőkezelés hatása előnyösen nyilvánul meg abban, hogy a varratközép és az átmeneti zóna közötti különbségeket kiegyenlíti és a varrat szívósságára jellemző Charpy-féle ütőmunka értékét emeli. Ugyancsak emelkedik a varrat hajlítási értéke, tehát nyúlóképessége is.*

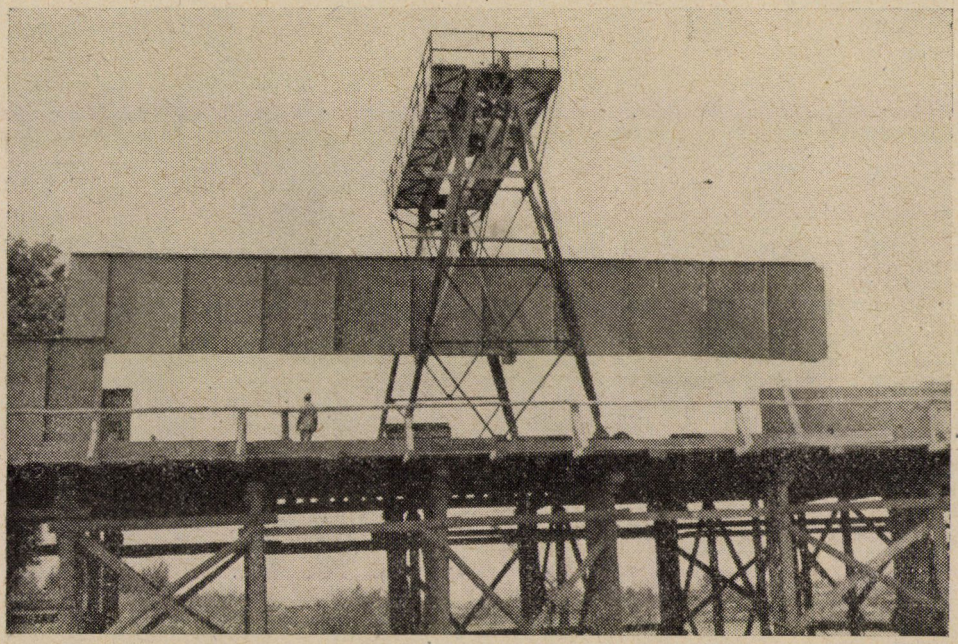
Igen érdekes, hogy *az alapanyag előzetes hőkezelése kedvezőbb eredményeket adott, mint a varrat utólagos hőkezelése*, de a legjobb és az átmeneti zóna ridegségét legjobban kiegyenlítő eredményeket az előzetes és utólagos hőkezelés *együttes* eredménye szolgáltatta.

Abszolút mértékkel mérve *a vizsgálatok során nem érték el az előírt ütőmunka értékeket*, hanem még hőkezelés után is az átlag 30%-kal az előírás alatt maradt. Mivel azonban az alapanyag ütőmunka értéke is csak 9,0 mkg/cm² átlagértéket adott, a kapott eredményekkel megelégedhettünk.

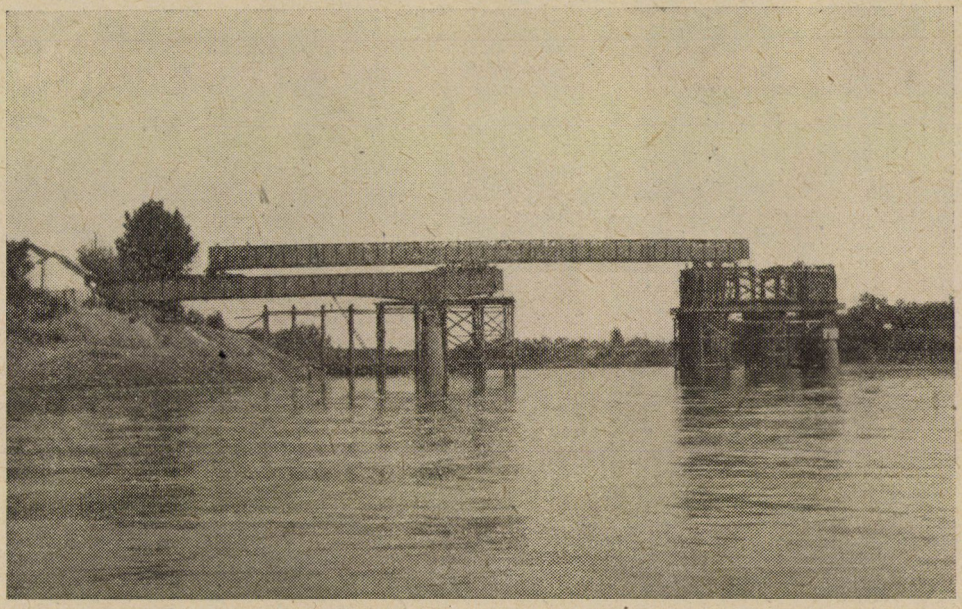
Hasonlóképpen nem adták meg az előírt eredményt a keresztirányú fárasztópróbák sem, amelyek az előírt 2 milliószoros ismétlés helyett az előzetesen hőkezelt darabon 690 000—2 200 000-szeres ismétlést adtak az utólagosan hőkezelt darabok pedig 1 800 000 és 2 231 000 ismétlés után szakadtak. Mivel a hosszirányú fárasztópróbák megfeleltek és a befogási bizonytalanságok miatt általában az összes fárasztópróbáknál az alapanyag szakadt, a hőkezelt próbák fáradási szilárdságát szintén elfogadhatónak kellett minősíteni.

Érdekes eredménye volt a kísérleteknek, hogy a *kézi hegesztés minden esetben jobb eredményt adott, mint a Hafergut-féle félautomata eljárás*, ami a vastag elektródákkal előállított Hafergut-féle varrat természetesen tökéletlenebb beolvadásának volt tulajdonítható. Továbbá *a Niktrod 50-es elektróda jobb eredményt adott, mint a svájci Oerlikon-féle*, ami a Niktrod 50-es elektródák jó minőségét bizonyítja. *A Niktród 55-ös elektródákkal viszont igen szóródó és gyönge eredményeket kaptunk.*

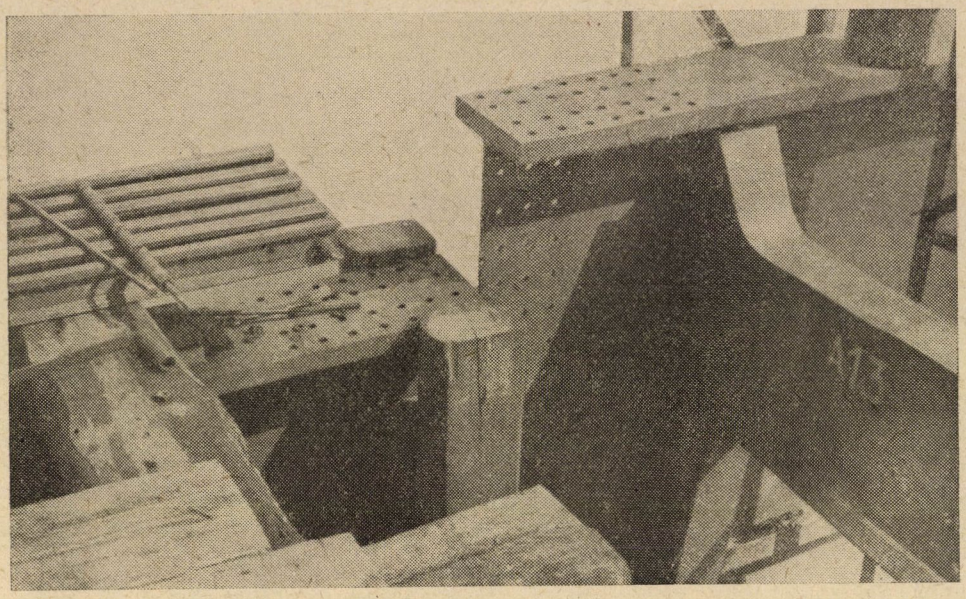
Az illesztő varratok kivitelét a 21. ábra mutatja. Látható az egyes rétegek felhordási sorrendje, valamint a krátervégen túl vezetett odatett lemezek, melyek minden egyes varrat próbapálcáinak kimunkálásához szolgáltatták egyúttal az anyagot. A röntgenvizsgálatok általában kielégítő eredményeket adtak és a nehéz és kényes hegesztési munkát a Győri Waggongyár dolgozói a Közúti Hídosztály mérnökeinek és a Műszaki Egyetem Mech. Techn. Tanszék



27. ábra



28. ábra



29. ábra

30. ábra

röntgenológusainak állandó ellenőrzése mellett jól teljesítették. A hibás kötések aránya 3% alatt maradt.

A 27.—30. ábrák a híd helyszíni szerelését, a főtartók szögecselt helyszíni illesztését és elkészülte utáni képét mutatják.

6. *A hegesztéshez felhasználható acélanyagok*

A hegesztés nagy gazdasági előnyei megkövetelik azt, hogy a vasipar olyan acélanyagokat és elektródákat bocsásson a vasszerkezeti ipar rendelkezésére, amelyek kellő biztonsággal hegeszthetők. A Szovjetunió és számos külföldi állam példamutatása nyomán a Magyar Szabványügyi Intézet is foglalkozott a kérdéssel és elvben egy normálszilárdságú és egy nagyszilárdságú hegesztendő acélanyag szabványosítását fogadta el — bár meg kell mondani, hogy igen erős harcok után. Gyakorlatilag azonban ma sincsenek a hegeszthető acélanyagok a gyártásba bevezetve és még ma is kénytelenek vagyunk a hegesztésre általában alkalmas alacsonyszilárdságú A 36/24—12-es acélanyagunkat használni. A Vaskutató Intézet azonban tervbevette a nagyszilárdságú hegeszthető acélanyagnak igen gazdaságos úton való előállítási kérdését és reméljük, hogy sikeres eddigi előkísérletek után a magyar vasszerkezeti ipar megfelelő anyag birtokába fog jutni.

Az egyes külföldi hegeszthető acélok vegyi összetételét az I. sz. táblázat mutatja.

Ha a táblázat adatait összehasonlítjuk, elég változatos képet kapunk. A legegyöntetűbb aránylag a széntartalom korlátozása 0,20 alá. *Si* és *Mn* elég tág határok között ingadoznak különösen a nagyszilárdságú hegeszthető acélnál. Feltűnő egyes amerikai acélfajták magas foszfortartalma. Természetesen nemcsak a kémiai összetételt írják elő a hegeszthető acélanyagokra kidolgozott szabványok, hanem különleges próbákat is. Ilyenek a következők:

a) Bemetszett darabokkal végzett hajlítópróbák s hossz- és keresztirányú felszíni varrattal ellátott hajlítópróbák (Kommerell).

b) Hőkezelési és öregbítési próbák.

c) Az edzett anyaggal végzett hajlítópróbák.

d) 50 m/m-nél nagyobb vastagságú anyagra még ezeken felül különleges próbákat is írnak elő.

Az előírások szigorúsága mutatja a hegeszthető nagyszilárdságú acélokkal szemben megnyilvánuló bizalmatlanságot, amelyet több súlyos szerencsétlenség tett indokolttá.

De nemcsak az alapanyaggal, hanem a hegesztőpálcákkal szemben is egyre fokozódó igényeket kell támasztani. Nemcsak az ömledék tulajdonságaira, a hegesztőpálca kémiai összetételére, hanem a pálcákkal végrehajtható *hegesztési eljárás automatizálására nézve is.* Nagyban fokozná a hegesztéssel szemben a hídépítők bizalmát, ha nem a hegesztő egyén diszpozicióján és lelkiismeretességén függene a szerkezet biztonsága. A Hafergut- és az Union—Melt-rendszerű

I. SZ. TÁBLÁZAT

Hegeszthető acélok kémiai összetétele

	Rendes folytacél (St. 37.)							Nagyszilárdságú acél (St. 52.)								
	C	P	S	P+S	Si	Mn	Cu	C	P	S	P+S	Si	Mn	Cu	Cr	Ni
Belga	0,15 (0,13)	0,06 (0,08)	0,06 (0,06)	0,20 (0,13)	0,20 —	—		0,20	0,05	0,05	0,09	0,25	1,50			
Csehszlovák								0,20	0,06	0,06	0,10	0,60	1,20	0,2—0,6	0,6	
Osztrák	0,20	0,06	0,06	0,10				0,20	0,06	0,06	0,10	0,60				
Szovjet (szegecselt szerkezetekre)								0,32	0,04		0,08	0,45	1,48		0,2	0,50
Amerikai (Mayari. R.)								0,12	0,08 0,12	0,05		0,50— 0,10	0,50— 1,00	0,50— 0,70		
Mn—Ni—Cu								0,25	0,045	0,05		0,25	1,4	0,30— 0,60		0,50— 1,00
Otiscoloy								0,15	0,08— 0,13	0,04		0,10	0,90— 1,40	0,30—		
Magyar (tervezet)	0,20	0,06	0,06	0,11	0,30	0,70	0,35	0,22	0,06	0,06	0,10	0,50	1,20	0,6	0,6	
Német (Din. 1665)								0,25— 0,35				0,40	1,2 — 1,5			
Nemzetközi Bizottság előírása III. hidkongr.	0,18— 0,20	0,08	0,06	0,13	0,25	1,25 1,50										

eljárások mellett a Nyikityin-féle automatikus hegesztés mielőbbi gyakorlati bevezetésére kellene vasszerkezeti üzemeinknek törekedni.

A fentiekben csak röviden kívántam rámutatni arra a fejlődésre, amelyet hídjaink újjáépítésénél a hegesztett szerkezetek alkalmazása terén sikerült elérni. *A fejlődést a hegesztési munka egyre fokozottabb ellenőrzése és a hibáknak a hegesztőmunkások előtt való tudományos feltárása tette lehetővé.* Biztosan merem állítani, hogy a rendszeres röntgenellenőrzés nélkül a vásárosnaményi hidat nem lehetett volna hegesztett kivitelben megépíteni.

A hegesztéssel tudományosan foglalkozó mérnök és anyagvizsgáló elsőrangú feladata, hogy a hegesztőmunkást nevelje és munkája hibáit vele együtt az okok feltárásával együtt kitárgyalja. *A hegesztési hibák legnagyobb része ma is gyökbeolvadási hiba, amit kellő gondossággal, megfelelő vastagságú pálca alkalmazásával és elsősorban a gyök utánhegesztésével feltétlenül ki lehet küszöbölni. A hibák másik oka a hegesztendő felületek nem megfelelő előkészítése. Autogénnel vágott nyers, rozsdás felületeket összehegeszteni nem szabad.*

Sajnos a vásárosnaményi híd elkészülte óta a hegesztett szerkezetek minőségében bizonyos visszaesés mutatkozik, ami a sokszor lelkiismeretlenül rossz és nem eléggé ellenőrzött munka következménye. Ismét vissza kell térni ahhoz a módszerhez, hogy a röntgenkészülék munkáját vezető anyagvizsgáló mérnöknek személyesen kell a hegesztőmunkásnak hibáinak okát elmagyaráznia és azok egyszerű kiküszöbölésére megtanítania. Nem szabad a minőséget a mennyiségi termelés áldozatául odadobni. *A hegesztés igen hathatós eszköze a vasanyagtakarékosságnak, de csak akkor nyerheti el az osztatlan bizalmat, ha a tudomány a megfelelő anyagok biztosításával és a legszigorúbb ellenőrzésen keresztül segítséget nyújt a kényes és felelősségteljes munkát végző fizikai dolgozótársaknak.*

HOZZÁSZÓLÁSOK

TANTÓ PÁL

Dr. Széchy Károly előadása során többízben megemlítette a húzott elemeknek 45°-os tompavarrattal való illesztését. A vasúti és közúti hídszabályzat egyaránt úgy minősíti ezt a kapcsolatot, hogy az dinamikus igénybevétel esetén is egyenlő szilárdságú az alapanyaggal, ennélfogva azt külön számítani nem kell. Ennek azonban az a feltétele, hogy a varrat gyökben utánhegesztett, sima felületű, tökéletes minőségű és a hasonló tulajdonságú merőleges varrat lüktető szilárdsága folytacél esetén legalább 18 kg/mm², hegeszthető ötvözött acél esetén pedig legalább 26 kg/mm² legyen.

Az így készülő 45°-os tompavarrat azonban nemcsak a tervezést könnyíti meg, hanem rendkívül fontossága főképpen abban nyilvánul meg, hogy egyszerű dinamikus hatásoknak is ellentálló szerkezeti megoldásokat tesz lehetővé. Ma már általánosan alkalmazott tervezési szabály, hogy statikus vagy dinamikus igénybevétel esetén a nyomóigénybevételt merőleges (90°-os), a húzóigénybevételt pedig 45°-os tompavarrattal kell átadni. A statikus igénybevételre még az a követelmény áll fenn, hogy a merőleges tompa varrat szakító szilárdsága legalább $\sigma = 36$ kg/mm², illetve $\sigma = 50$ kg/mm² legyen.

A varrat minőségének fontosságát az előadó szaktárs már kellőleg kihangsúlyozta, rövid felszólalásomban csak azzal kívánok foglalkozni, hogy az említett merőleges (90°-os) varrat, az alapanyag és a 45°-os varrat szilárdsága miként viszonylanak egymáshoz.

A magyar hídszabályzatok szerint a tömör tartókra megengedhető lüktető határfeszültségeket a következő táblázat tünteti fel:

Acélanyag	Határigénybevétel kg/mm²		Különbség	
	alapanyagra	merőleges tompavarratra	kg/mm²	%
A 36 · 24 · 12 S	19,5	15,6	3,9	20
A 50 · 35 · 12 S	24,8	17,1	7,7	31

A végzett kísérletek szerint a különbség a 45°-os és 90°-os tompavarrat között:

Dr. Gállik István kísérletei szerint *A* 36.24.12 *S* anyagnál 21—22%, a német Kuratórium kísérletei szerint *St.* 37 anyagnál 22% a 45°-os varrat javára.

Ebből az tűnik ki, hogy folytacél anyagnál a 20%-nyi hegesztési veszteség fedezetet talál a 45°-os varratnál jelentkező nagyobb szilárdságban.

Az ötvözött acélra vonatkozó fenti értékek külföldi adatokon alapszanak, elegendő hazai adat még nem áll rendelkezésre, mert bár nagyobb szilárdságú anyagokkal (a Lánchíd-i és Erzsébethíd-i láncanyaggal) készült hegesztésekkel idehaza is végeztek fárasztó kísérleteket, azok a fenti ötvözött acéltól eltérő minőségük miatt nem alkalmasak a táblázat adatainak igazolására.

A merőleges és 90°-os tompavarrat között mutatkozó jelentős és igen nagyfontosságú szilárdságnövekedés részben a kedvezőbb erőelosztásban, részben pedig abban találja magyarázatát, hogy a még röntgentömörnek nyilvánított minőségű varratnál is előforduló kis hegesztési hibákból ferde varrat esetén legfeljebb egy hibahely esik egy keresztmetszetbe, míg a merőleges varratnál valamennyi hiba egy keresztmetszetet gyengít.

Az előadó szaktárs megemlítette, hogy az *A* 50.35.12 *S* jelű anyag gyártása is tervbe van véve, de azok még nincsenek rendszeresen bevezetve. Reméljük hogy ez az igen fontos szerkezeti anyag is rövid időn belül rendelkezésre fog állani, és ennek folytán a magyar hegesztőtechnika újból egy jelentős fejlődéssel lesz gazdagabb.

Végül örömmel kell megállapítanunk, hogy a Magyar Tudományos Akadémia jövő évvel induló nagyszámú tudományos kutatási ösztöndíjat létesített. Reméljük, hogy ennek keretében megoldást találnak majd mindazok a hegesztési kérdések is, amelyekre dr. Széchy Károly szaktárs előadásában rámutatott.

LENGYEL JÓZSEF

Annak a nagyterjedelmű tárgykörnek, amely hídszerkezeteknek villamos ívhegesztéssel való előállítására vonatkozik, dr. Széchy előadása egy szorosan körülhatárolt szűk területet tárgyal éspedig a hegesztés alkalmazását, hazai közúti hídjainknál az újjáépítés során.

Hozzászólásomban érdemlegesen ugyancsak ennek a témának főleg a gyártási, hegesztéstechnológiai részére térek ki, természetesen nem a normális hegesztési folyamatokra, hanem a gyártásnál előforduló néhány érdekesebb momentumra és néhány észrevételre.

Az újjáépítés során a villamos ívhegesztés három területen talált alkalmazásra éspedig:

1. Egyes szerkezeti elemeknek — mint gerinc- és övlemezeknek, övszögvasaknak — hegesztéssel való illesztése, szegecselt szerkezeteknél.

2. Robbantással részben tönkretett hegesztett hidak egyes részeinek pótlása.

3. Új hegesztett hídszerkezetek.

Az 1. eset önmagában nem jelent hegesztéstechnológiailag kényesebb problémát.

A második esetre, vagyis robbantással részben tönkretett, eredetileg hegesztett híd helyreállítására csak egy példával rendelkezünk, a győri közúti Rábahíd, a Petőfi-híd esetével. Ez az 53,0 m fesztávolságú elsőrendű rácsos közúti híd — mint ismeretes — 1928-ban teljesen hegesztéssel készült, tehát a helyszíni szerelési kötések, illesztések is. A hidat két keresztmetszetben robbantották fel a németek, úgyhogy a híd tíz keretéből a középső három keret jórészt tönkrement, míg a híd többi része lezuhant. Mint érdekességet meg kell említenünk, hogy a kb. 7—8 m-nyi zuhanás után a szerkezet nem szenvedett alakváltozást és az összes varratok egyetlen kapcsoló kötési hely kivételével sértetlenek, épek maradtak. A híd helyreállítása úgy történt, hogy felemelés után, illetőleg azt megelőzőleg a tönkrement rudakat újból elkészítettük. Hegesztési szempontból a probléma itt abban állott, hogy ezen új rúdelemeket úgy helyezzük el, úgy kapcsoljuk az épen maradt hídrészhez, hogy kezdeti

feszültségek ne keletkezzenek. A megoldás: a helyes hegesztési sorrend, amely a következő volt. A híd középső részét beállványoztuk. Az épen maradt két hídrészt — egyik oldalon három, másik oldalon négy keretet — a terv szerinti helyre helyeztük és először az új felső rudakat fektettük be és kapcsoltuk egy illesztési hely kivételével a meglévőhöz, majd elhelyeztük a rácsrudakat és az alsó övrudakat, elkészítettük sorra a rácsrudak és a felső övrúd kapcsolatát, lezártuk a felső öv nyitvahagyott illesztési helyét, azután a rácsrudak alsó öv-kapcsolata jött sorra, végül az új alsó övkapcsolata a régihez. Utoljára tehát az alsó övet zártuk egy illesztési hely behegesztésével. A helyreállított híd alakjának eltérése a tervtől milliméter-rendű.

A harmadik csoportból az új hegesztett hidak közül kettőről kívánok megemlékezni. Az egyik a csőhidak, az 1945. év végén, 1946 elején épült, provizóriumnak indult Kossuth-híd és a szolnoki Tisza-híd. A gyártásnál és a szerelésnél — amit az elképzelhető legsúlyosabb körülmények között hajtottunk végre — csőszerkezetnél nem okozott különösebb problémát a csomólemezek és a cső kapcsolata. A csövek réselését autogén-vágással és utánfaragással készítettük. Problémát jelentett a Kossuth-hídnál az ujjasan egymásbatolt csődarabok illesztési varratainak készítése. Az ujjasan kiképzett illesztés alkalmazása a varrathossz növelése miatt történt. De ezen megoldásnál nemcsak az következett be, hogy a hossz- és keresztvarratok az illesztésen belül nem működtek együtt, hanem az is, hogy az autogénvágásnál, amit az illesztési ujj-kivágások előállításához alkalmaztunk, a hengerlési feszültség megszüntetése folytán a csővégek deformálódtak. Természetesen a két csővég nem egyformán deformálódott és azok egymásbahelyezése kifogástalanul nem volt elvégezhető. A helyes megoldás vagy egyszerű tompa illesztés merőleges csővégekkel, vagy — amint ez javaslatunkra a szolnoki hídnál történt — hevederekkel biztosított tompa illesztés lett volna. Különösen nehéz problémát jelentett a szerelés. A főtartókat vízszintesen fektettük, először az egyik oldalát, majd forgatás útján a másik oldalát hegesztettük. A szerkezetnél előfordult nagyszámú varrathibának az oka egyrészt, hogy nem állt kellő számú megfelelő hegesztőgárda rendelkezésre, minősítés, válogatás nélkül be kellett vetnünk a jelentkezőket; másrészt a téli időjárás.

A csőszerkezetekkel kapcsolatban fel kell hívnom a figyelmet arra, hogy e két merész és úttörő szerkezettől eltekintve ezen a téren el vagyunk maradva, csőhengerdénknek és tervezőinknek a mulasztottakat rövidesen pótolniok kell, a csőszerkezetek előnyei miatt.

A másik új hegesztett hídszerkezet a merész kiképzésű vásárosnaményi Tisza-híd. Itt új problémát jelentett a nagy magasságú gerinclemezek és a vastag övlemezek gyári hegesztett illesztése. A helyszínre szállított merevítő gerenda egyes darabjai ugyanis 22,0 m hosszúak voltak, így tehát a terv szerinti hosszúságú egyes elemeket, külön a gerinclemezt és külön az övet, először 22,0 m hosszra kellett összeállítani. A gerinclemez magassága átlagban 2,800 mm, vastagsága 14—16 mm. A gerinclemezek illesztéséhez olyan forgató készüléket készítettünk, amelyen rögzítve egy síkot alkotott a 22,0 m hosszú gerinclemez. Az illesztési X-varrat 3 forgatással készült. A 70 mm vastag 450 mm széles övlemezek illesztése a bevezető kísérletek után nem okozott további nehézséget, csupán a legszigorúbb ellenőrzést kellett gyakorolni a hegesztési sorrend és a kiviteli előírások betartásánál. A vastag övlemez hegesztésénél alkalmazott hőkezelést kell még említeni. Ezt a célnak legjobban megfelelő villamos hevítő berendezés hiányában faszénnel való melegítéssel oldottuk

meg. Az illesztési varrat körül szétszedhető vaslemezből készült nagy dobozszerű hevítőkályhát helyeztünk el olyan méretben, amely a szükséges mennyiségű faszén felvételére alkalmas volt. A faszén ízzítását sűrített levegő hozzávezetésével eszközöltük, a hőfokot pirométerrel, illetőleg a felhevített darab színárnyalatából állapítottuk meg. A gerenda összeállítása a következő módon történt. Az övlemezre rövid szögvasdarabokat helyeztünk fűző hegesztéssel, olymódon, hogy két-két szögvas közé a gerinclemez elhelyezhető volt. A fűzővarratok elhelyezése után a nyakvarratokat 6 mm erősségben a gerinclemez függőleges helyzete mellett jobbról és balról egyidejűleg raktuk fel. Az ilymódon összehegesztett gerendát elhelyeztük a forgató berendezésben. Az alkalmazott forgató berendezés nem a szokványos nagysugarú körgyűrűkből állott, hanem egy merev, Vierendeel-tartószerűen kiképzett sík szerkezetből, amelyet helyenként alkalmazott támaszokkal a szükséges ferde helyzetbe helyeztünk. A hegesztő berendezésre erősített gerenda-szerkezetet többszöri forgatással, amit két darab 10 tonna hordképességű darúval végeztünk, hegesztettük meg.

Ami a szerkezet konstruktiv megoldását illeti, célszerűbb lett volna a 450 mm szélesség helyett kb. 600 mm széles övlemezeket alkalmazni kisebb vastagsági mérettel. A 22,0 m darabhossz helyett szintén rövidebb darabhosszak alkalmazása a célszerűbb megoldás. Ugyanis két illesztési hely beiktatásával kb. 14—15 m darabhosszak adódnának, ami úgy hegesztéstechnikai, mint szállítási okokból indokolt, míg a 22,0 m-es darabhosszak alkalmazása indokolatlan többletköltséget jelent úgy a szállitás, mint a hegesztés lebonyolításánál.

A hegesztett szerkezetek Röntgen-vizsgálatának helyes kiértékeléséhez feltétlenül kívánatos volna egy kísérlet-sorozatot indítani, amit a következőképpen képzelek : próbagerendákat készítünk hegesztéssel. A hegesztési varratok teljes hosszáról Röntgen-felvételeket kell készíteni, azután a gerendát fokozatosan a törésig terhelni és összevetni a terhelésnél, illetőleg törésnél észlelt jelenségeket a Röntgen-felvételek adataival. Ezen az alapon kellő számú próbagerenda eltörése után. megfelelő támpont állana rendelkezésünkre arra vonatkozólag, hogy a hegesztésnél fellépő salak és gáz-zárványok, továbbá hegesztési gyökhibák milyen kihatással vannak a tartó törőszilárdságára.

A hegesztésnél alkalmazott rendszabályok hatását a következő számok igazolják. Kereken 210 ellenőrző Röntgen-felvétel készült. Ebből 8 felvételt kellett kiértékelni az észlelt hiányosságok miatt és a kiértékelés eredményeképpen összesen csak 4 helyen bontottuk fel a varratokat.

A hegesztés frontján a fejlődés útja az automatikus hegesztő eljárások. A szükséges berendezéseket ma a Szovjetunióban is gyártják, az Union-Melt-féle eljárásnak Nyikityin professzor által javított alakjában. — A fejlődés másik vonala a hazai iparban még gyártott tapadó és mély leégésű félautomata pálcák olyan helyek hegesztésére, ahol automata nem használható. — Tudomásom szerint a Szovjetunióban is gyártanak kontakt elektródákat.

HEGESZTÉSSEL KAPCSOLATOS ÁLTALÁNOS KÉRDÉSEK

PÉTER LAJOS

Dr. Széchy Károly »Hegesztett hídszerkezetek alkalmazása közúti hídjaink újjáépítése során« c. előadásához »Hegesztéssel kapcsolatos általános kérdések« címmel kívánok hozzászólni.

A hozzászólásban a gyártás-kivitelezés adottságára való hivatkozással az alapacél és a fémeskötés szövezeti, illetve szilárdsági értékei között vonunk párhuzamot. Rámutatunk továbbá az acélszerkezetbe beépített és ettől függetlenül előállított fémkötések vizsgálati módozataira, azaz a vizsgálati eredmények közötti különbségekre. Továbbá kifejtjük, hogy az acélszerkezetbe beépített fémeskötések vizsgálatánál a röntgenfelvételek kielemzett eredményét ki kell egészíteni a beépített kötésekkel szorosan előállított próbadarabok számszerű szilárdsági értékeivel. Végül az elhangzott előadás összefoglaló részére támaszkodva kísérletek végzését javasoljuk, annak megállapítására, hogy a szerkezetbe beépített és vele szorosan előállított fémeskötések szilárdsági értékei között van-e különbség, és ha van, annak milyen a nagyságrendje.

Az acélszerkezetek előállításához szükséges szilárdságú, szövezeti szerkezetű alapacélanyagot az acélmű a berendezésével nagy tömegben gyártja. A jól beállított és a tökéletesen végrehajtott gyártással kikészített alapacélanyag szövezeti szerkezeti hiányossága a gyártott tömeghez viszonyítva elenyésző kicsi. Az acélgyártással ellentétben a kézi elektromos ívhegesztéssel, vagy a kézi hegesztést utánzó automata-hegesztéssel létesített fémeskötés kis tömegben készül. A varratot a hegesztőpálca leolvasztásával úgyszólván grammos, vagy ennél kisebb súlyú cseppekből állítjuk elő. Ilyen gyártási adottságok mellett záródmánytól mentes, azonos állapotú szövezeti szerkezet előállítása nehéz feladat. A hegesztéssel előállított fémeskötés szövezeti szerkezetében keletkezett hibák mennyiségének valószínűsége a létesített tömeghez viszonyítva sokkal nagyobb, mint az acélgyártásnál.

Az alapacélgyártásnál nem, de a fémeskötés előállításánál erősen fennáll a szilárdsági értékre károsan kiható szövezet-szerkezeti hibák keletkezésének lehetősége. Ezért biztonsági szempontból fontos az acélszerkezetbe beépített fémeskötés szövezeti szerkezetében keletkezett hibák felderítése.

Az acélszerkezetek építésekor, vagy annak befejezése után a kiegyensúlyozott erőjáték megzavarása nélkül az acélalkatrészek összefogására szolgáló fémeskötésekből a szilárdsági vizsgálatok megejtésére próbatesteket forgácso-

lással kivésni nem lehet. Az acélszerkezetben levő fémeskötés szilárdsági értékét tehát közvetlenül megállapítani nem tudjuk.

Az acélszerkezetben létesített fémeskötésektől függetlenül, vagy azokkal szorosabban előállított próbatestek vizsgálati értékei nem vehetők azonosnak az acélszerkezetbe beépített fémeskötések szilárdsági értékeivel. Ezért olyan eljárásra volna szükség, amellyel a fémeskötés szövezeti szerkezeti hibák helyét, nagyságát, milyenségét és egyben a kötés számszerű szilárdsági értékét is meg lehetne állapítani.

Az acélszerkezetbe beépített fémeskötéstől függetlenül természetesen a kísérleti sorozatok egész tömegével bizonyítható, hogy bármilyen alapacél elektromos ívvel jól hegeszthető és hogy a létesített fémeskötés szilárdsági és tömörségi szempontból teljesen azonos, vagy közelfekvő értékű az alapacélhoz.

Az előadottakat összefoglalva az acélszerkezetbe beépített fémeskötésekkel közvetlenül csak *anyagroncsolás nélküli* vizsgálat végezhető. Anyagroncsolással járó statikus és dinamikus szilárdsági, továbbá metallurgiai vizsgálat azonban nem vihető keresztül. Ezen a vonalon — amint látjuk — a közvetlen számszerű szilárdsági kiértékelés még megoldatlan feladat.

Mielőtt az acélszerkezetbe beépített fémeskötéseknek röntgenvizsgálattal megállapított eredményeit bemutatnánk, az acélszerkezetbe beépített fémeskötéstől teljesen függetlenül készített kísérletsorozatokkal kívánjuk bizonyítani, hogy a fémeskötés azonos vagy közelfekvő szilárdsági értékű az alapacéllal.

Az elektromos kézi ívhegesztéssel előállított kísérletsorozat próbapálcáihoz $C = 0{,}40—0{,}60\%$, $Mn = 0{,}90—1{,}20\%$, $Si = 0{,}08—0{,}12\%$ és normál szennyezőket tartalmazó 70—90 kg/mm² szakító szilárdságú kemény alapacélanyagot használtunk. A hegesztés céljára az *I. táblázatban* feltüntetett vegyi összetételű bevont és csupasz hegesztőpálcákat alkalmaztunk.

I. TÁBLÁZAT

Heg. pálca jele	Heg.-pálca milyensége	Ellenőrzés tárgya	*C* %	*Si* %	*Mn* %	*P* %	*S* %	Megjegyz.
A	Csupasz	Huzal Ömledék	0,09 0,07	0,18 0,13	0,50 0,33	Ny. —	0,020 —	
B	Vastagon bevont	Huzal Ömledék	0,14 0,10	0,10 —	0,99 0,46	0,015 —	0,019 —	
C	Csupasz	Huzal Ömledék	0,87 —	0,47 —	1,60 —	Ny. —	0,023 —	
D	Vékonyan bevont	Huzal Ömledék	0,87 0,68	0,47 0,34	1,60 1,15	Ny. —	0,023 —	
E	Vastagon bevont	Huzal Ömledék	0,12 0,11	0,16 0,09	0,81 1,96	0,14 —	0,017 —	

II. TÁBLÁZAT

Tétel-szám	Próbapálca jele	Folyási határ kg/cm²	Szakítószi-szilárdság kg/cm²	Nyúlás		Kontrakció %	Fajlagos ütőmunka		Hajlító fárasztó igénybevétel		Megjegyzés
				δ^{20}%	δ^{100}%		ömledék	átmenet	Terhelés kg/mm²	Igénybevétel száma	
							mkg/cm²				
1	A/1	32,50	50,10	27,00	6,30	35,30			14	409000	
2	A/2	37,00	52,10	21,50	6,60	31,20			10	5373400	
3	A/3	26,60	51,50	38,50	9,70	59,10	6,84		12	3046000	
4	A/4	38,60	51,30	19,00	1,40	18,80	10,04				
5	Középérték	34,00	51,00	24,00	8,00	37,00	9,00				
6	B/1	47,10	57,30	28,00	8,70	40,00			10	5000000	
7	B/2	31,20	51,20	22,00	7,70	27,50			11	5000000	
8	B/3	36,20	52,00	22,00	7,40	32,40	5,82	4,14	14	5000000	
9	B/4	36,90	52,00	38,50	8,40	49,60	3,20	5,00			
10	Középérték	38,00	53,00	28,00	8,00	37,00	5,00	5,00			
11	C/1	53,30	73,00	8,50	5,70	6,40			12	11360000	
12	C/2	54,80	77,40	10,00	5,80	11,70			14	4233400	
13	C/3	51,00	72,40	5,00	3,00	7,30	4,78	0,98	14	9570000	
14	C/4	54,60	75,80	23,50	8,00	42,10	2,14	1,79	16	10898300	
									18	9001895	
15	Középérték	53,00	75,00	12,00	6,00	17,00	4,00	2,00			
16	D/1	51,00	76,30	10,00	9,00	11,70			16	4931200	
17	D/2	51,00	79,20	12,00	8,50	9,80			18	1310000	
18	D/3	54,00	69,00	15,00	7,80	13,50	5,66	2,52	18	5310900	
19	D/4	53,50	78,00	15,00	7,10	13,50	5,60	2,45	20	1602000	
20	Középérték	53,00	76,00	13,00	8,00	12,00	6,00	3,00			
21	E/1	41,20	81,00	24,00	9,80	45,00					
22	E/4	48,40	81,70	4,50	5,00	17,20					
23	E/3	45,90	81,70	16,50	8,00	26,20	2,74	0,94			
24	E/2	54,70	83,00	8,50	4,80	7,90	4,22	4,08			
25	Középérték	48,00	82,00	13,00	7,00	24,80	4,00	3,00			

Az *A*-jelű hegesztőpálca szénszegény csupasz huzal. A *B*-jelű vastagon bevont, a huzala szénszegény. A *C*- és *D*-jelű hegesztőpálcák nagy széntartalmú huzalai azonosak. A *C*-jelű hegesztőpálcát csupasz, a *D*-jelűt pedig vékonyan bevont állapotban használtuk. A *C*-jelű csupasz hegesztőpálca ömledékét nem elemeztük, csak a vékonyan bevont *D*-jelűét. Az *E*-jelű hegesztőpálca vastagon bevont, huzala szénszegény és az *Mn*-tartalma nagy.

Az *I. táblázatban* feltüntetett különböző hegesztőpálcák ömledékével előállított fémeskötések szilárdsági értékét a II. táblázatban állítottuk össze.

A *II. táblázatban* feltüntetett szilárdsági értékekből kiviláglik, hogy a lényegében egymással összhangban levő értékek közül egyes esetekben éles kiugrások állapíthatók meg.

Az *A*-jelű fémeskötés folyási határértékei között megtaláljuk az összhangot, igaz ugyan, hogy az *A*/3-jelű próbapálcánál a *26,6 kg/mm²* legkisebb érték a legnagyobb *38,6 kg/mm²*-hez viszonyítva 30%-kal kisebb. A szakító szilárdsági értékeknél szórás nincs. A δ_2-re, illetve az ömledék hosszára eső nyúlás %-ok között a szórás nagy. A két véglet közül az egyik 19- a másik kereken 39%. Hasonló az eset a kontrakciók értékénél is, ahol a legkisebb 19- a legnagyobb pedig 59%. A két érték közötti különbség igen tekintélyes, 59%.

A *B*-jelű fémeskötés folyási határértékei közelfekvőek, talán a *47 kg/mm²*-érték a többi közül kissé kiemelkedik. Szórás mutatkozik továbbá a kontrakció értékeinél. A legkisebb érték kereken 28, a legnagyobb 50%. A két érték között a különbség 22%.

A *C*-jelű fémeskötés szilárdsági értékeinél a varrathosszra vonatkoztatott nyúlásnak és a kontrakció értékeknél találkozunk szóródással. Az előbbinél a szélső értékek közötti különbség 19, az utóbbinál 35%.

A *D*-jelű fémeskötésnél szembeötlő szóródással, nagy értékkiugrással nem találkozunk.

Az *E*-jelű fémeskötésnél a varrat hosszára vonatkoztatott nyúlás 4,5 és 24% között mozog, a kontrakció pedig 7,9 és 45% között. Az első esetben 20, az utóbbinál majdnem 40% a különbség.

III. TÁBLÁZAT

Tételszám	Próbapálca jele	Folyási határ kg/mm²	Szakító szilárdság kg/mm²	Nyúlás		Kontrakció %	Fajlagos ütőmunka		Fárasztó terhelés kg/mm²	Megjegyzés
				δ_2 %	δ_{10} %		Ömledék	Átmenet		
							mkg/cm²			
1	*A*	34,00	51,00	24,00	8,00	37,00	9,00	—	12,00	
2	*B*	38,00	53,00	28,00	8,00	37,00	5,00	5,00	14,00	
3	*C*	53,00	74,00	12,00	6,00	17,00	4,00	2,00	18,00	
4	*D*	53,00	76,00	13,00	8,00	12,00	6,00	3,00	20,00	
5	*E*	48,00	82,00	13,00	7,00	24,00	4,00	3,00	—	

A *II. táblázatban* közölt szilárdsági értékek középértékeit a könnyebb áttekintés és a végleges kielemzés céljából a *III. táblázatban* összefoglaltuk.

Az *A*- és *B*-jelű fémeskötéseket szénszegény huzalú hegesztőpálcával állítottuk elő. Az *A*-jelű hegesztőpálcát csupasz, a *B*-jelűt vastagon bevont állapotban használtuk. A két *50 kg/mm²* szilárdsági értékű fémeskötések között lényeges különbséget megállapítani nem lehet. A *C*- és *D*-jelű fémeskötések előállításához, mint már említettük, nagy karbontartalmú huzalt használtunk. Az előbbit csupasz, az utóbbit vékonyan bevont állapotban. A *70 kg/mm²* szakító szilárdsági érték felett mozgó fémeskötés szilárdsági értékei úgyszólván azonosnak mondhatók.

Az *E*-jelű *80 kg/mm²* szilárdság körül mozgó fémeskötés értékeit mint érdekességet mutatjuk be annak igazolására, hogy a kézi hegesztéssel előállított fémeskötés szilárdsági értékei a mindenkori alapacélanyag szilárdsági értékéhez beállíthatók, illetve a szilárdsági értékek szórásának ellenére azokkal azonosak, vagy azokhoz közelfekvőek.

A fárasztási értékek nagysága a *III. táblázat* adatai szerint a szakító szilárdsági értékek nagyságrendjéhez igazodik. Ez a kísérlet helytelen beállításának eredménye, mert *50 kg/mm²* szakítószilárdságú fémeskötéssel is elérhető a *18—20 kg/mm²*-es fárasztási érték.

A már felsorolt fémeskötések keresztmetszeteiről felvett fényképeket és az azokról készített keménységi diagrammokat az *1. ábra* mutatja. Az összes fémeskötésekről készült felvétel az alapacél és az ömledékanyag között tökéletes *kohéziós kapcsolatot* mutat. Az ömledékek pedig tömör záródványmentes szerkezetek. A csupasz és a vékonyan bevont hegesztőpálcával előállított fémeskötések fényképén kis területű, a vastagbevonatú hegesztőpálcával előállított fémeskötések felvételén pedig nagyterületű átmeneti zóna, illetve hőbehatás látható.

Az *1. ábrán* az *A*-jelű fémeskötésről készült keménységi vizsgálat eredménye az alapacélhoz viszonyítva *kisebb keménységű* ömledékre mutat. Az átmenetben kiugró keménységek nem észlelhetők. Az átmenet fokozatosan emelkedő, illetve süllyedő.

A *B*-jelű fémeskötés ömledéke és az átmeneti zónája az alapacéllal azonos keménységű.

A *C—D*- és *E*-jelű fémeskötéseknél az ömledék nagyobb keménységű, mint az alapacél. Az alapacél és az ömledék között éles ugrás nincs, az átmenet fokozatos.

A fémeskötések *szövezeti szerkezeteit* a *2. ábrán* mutatjuk be. Az *A*-jelű fémeskötés *A*/a-jelű ömledéke *lágy anyagra* jellemző, tiszta szemcsés *ferrit*. Az ömledék egyenletes és fokozatos átmenettel csatlakozik az alapanyaghoz (*A*/b mikrofelvétel). Az *A*/c jelű mikrofelvétel azonos az alapacéllal.

A *B*-jelű fémeskötés *B*/a-jelű mikrofelvétele az ömledék tiszta *ferrit* szövezetét mutatja. A *B*/b-jelű átmenet emelkedő mennyiségű *perlit*-tartalom-

mal tökéletesen csatlakozik az átmeneti zónához. A fokozatosan emelkedő perlittartalom arra mutat, hogy az ömledék az alapacél csatlakozásánál a szénben gazdag alapacélból felötvöződött. A *B*/c-jelű mikrofelvételen a szövezetre jellemző a ferritszemcsék megnövekedett száma.

A *C*-jelű fémeskötés ömledékéről felvett *C*/a-jelű mikrofelvételből megállapítható, hogy a nagy széntartalmú ömledéket a megfelelő hőmérsékleten állították elő, a szövezeti szerkezet finom eloszlású *ferrit-perlit*, azaz *sorbit*. A *C*/b-jelű átmenet, a megszaporodott ferritmennyiség mellett megtartotta a finomelosztású szemcse szerkezetét. Az átmenet a legtökéletesebb *kohóziós kapcsolatra* jellemző. A *C*/c-jelű mikrofelvételen, ami az alapacélanyag felé eső átmenetről készült, a hőhatás következtében előállott *ferritszaporulat* állapítható meg.

A *D*-jelű fémeskötés *D*/a-jelű ömledéke nagy széntartalmú homogén *sorbit*, ami egyenletes átmenettel olvad az alapacél anyagába (*D*/b és *D*/c mikrofelvételek).

Mind a *C*-, mind a *D*-jelű fémeskötések mikrofelvételei igazolják azt, hogy nagy széntartalmú hegesztőpálca ömledékével tökéletes hegesztés végezhető.

Az *E*-jelű fémeskötés *E*/a-jelű mikrofelvételén látható, hogy a kedvezőtlen *hülési* viszonyok miatt a szövezeti szerkezet *nem egyenletes*. A *sorbitos* alapanyagban *ferrit*-foltok találhatók. Az átmeneti zóna élesen határolt, de tökéletesen egybeolvadó. A külső átmeneti hőzóna finom szemcsés ferrit-perlit szövezet (*E*/b és *E*/c mikrofelvételek).

A beépített fémeskötésektől függetlenül előállított próbadarabokkal végzett statikus, dinamikus és metallurgiai vizsgálatok eredményei ékesen igazolják, hogy a fémeskötés szilárdsági értékei azonosak, vagy közelfekvők az alapacélhoz. Egyben bizonyítják, hogy az acélalkatrészek és szerkezetek elektromos ívvel hegeszthetők és a hegesztett szerkezetek fémeskötései az igénybevételek felvételére éppúgy alkalmasak, mint a mechanikus kötések, illetve mint maga az alapacélanyag.

A bevezetésben említettük, hogy az acélszerkezetek összekapcsolására szolgáló fémeskötésekből a szilárdsági vizsgálatok megejtésére próbatesteket kivésni nem lehet, ennek következményeként az acélszerkezetbe beépített fémeskötésekkel anyagroncsolással járó szilárdsági vizsgálat nem végezhető. Az acélszerkezetbe beépített fémeskötések vizsgálatánál főként anyagroncsolásmentes *röntgenvizsgálatra* vagyunk utalva.

Ha az acélszerkezetbe beépített fémeskötés értékét röntgenvizsgálattal mérjük, úgy a róla készült felvételt ki kell értékelni. A kiértékelés eredménye dönti el, hogy a varrat elfogadható-e és hogy az minőségi hegesztés-e.

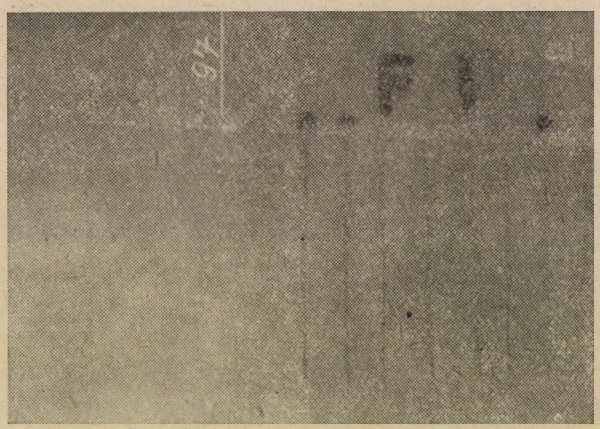
A minőségi hegesztésnek *0,8*-érték a legkisebb jósági foka. A jósági fok nagyságát a leggyengébb varrat és az ép alapacéllemez szilárdságának a viszonya szabja meg.

Egy nagyobb fesztávú, komolyabb hegesztett acélhíd fémeskötései közül nehéz feladat megállapítani azt, hogy melyik a leggyengébb értékű varrat.

Ezen az alapon nyert jósági fok értéke — ha egyáltalán megállapítható — a megközelítő pontosságtól is távol áll.

A röntgenfelvétel kielemzésének alapján azon varratnak a jósági foka jobb 0,8-nál, illetve az a varrat elfogadható ahol a záródmány 1/3 »*a*«-nál kisebb (»*a*« a varrat vastagsága). A záródmányok *között* legalább 6 *L* hosszúságú ép varrat van, (*L* a leghosszabb záródmány hosszát jelenti) és a záródmánynak összhossza 12 »*a*« távolságon nem több, mint »*a*«. A kielemzés vonalán is valamivel közelebb jutnánk a számszerű szilárdsági érték érzéséhez, ha a varrat kritikus keresztmetszeti területe és ezen területre eső záródmányok összterülete között vonnánk párhuzamot.

A fentiek előrebocsátása után vizsgáljuk meg, hogy a gyakorlatban miként oldható meg egy fémeskötésről felvett röntgenfelvétel kielemzése.



3. ábra

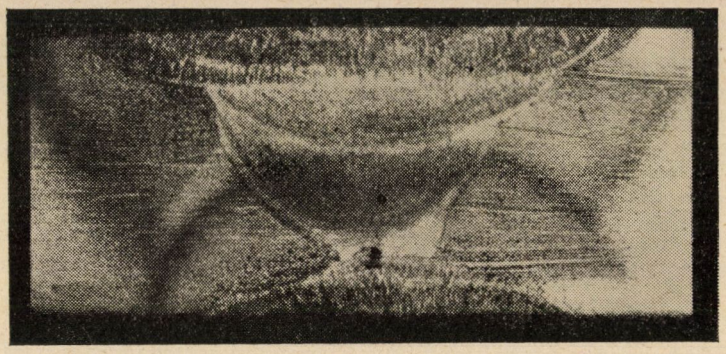
A vizsgálat anyaga nagy széntartalmú 8 *mm* vastag alapacél, amiket *V* varrattal gyök után hegesztéssel kötöttünk egymáshoz. Az 1025., 1027., 1028. és az 1029. sz. röntgenfelvétel alapján megállapítást nyert, hogy a fémeskötések nem fogadhatók el. Az el nem fogadott fémeskötéseket az acélszerkezetből teljes egészében kivágtuk. Ezen kivágott hibás részből próbadarabokat készítettünk és azokkal makro- és hajlító vizsgálatokat végeztünk.

Egy *350 mm* hosszú fémeskötésről készült 1025 számú röntgenfelvételen, a varrat kiindulási pontjától *97* és *232 mm*-es távolságon *gyökhibákat* állapítottunk meg.

A *97 mm* távolságra levő gyökhibák röntgenfelvételét a *3. ábrán* mutatjuk be. A kilenc darab gyökhiba *15 mm* hosszon egymás után sorakozik. A hibák *0,5* × *0,5* és *0,5* × *1,0 mm* nagyságúak. A záródmányok a *8 mm*-es lemezvastagság egyharmadánál, azaz *2,7 mm*-nél kisebbek. Az egyes záródmányok között *6 L*, azaz *6 mm* hosszú ép varrat nem lelhető fel. A záródmányok összhossza

12 »a«, tehát *96 mm*-hosszon a megkövetelt *8 mm* helyett *15 mm*. A kielemzés eredménye szerint a fémeskötés a követelményeket nem elégíti ki s így nem fogadható el.

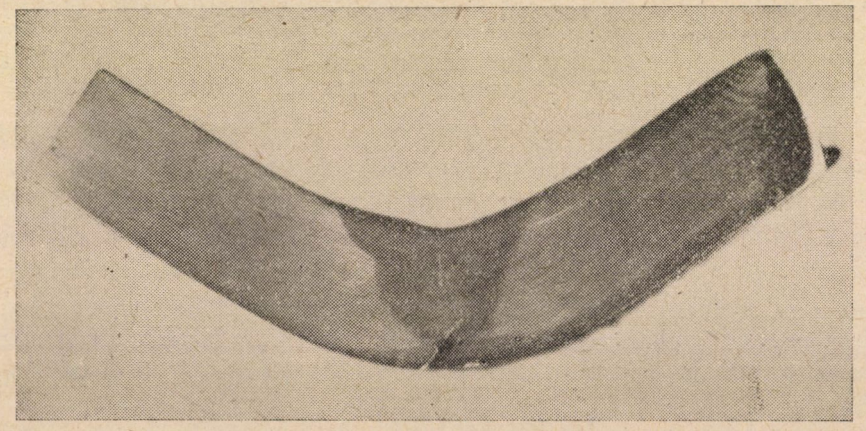
Az anyaghibák további közvetlen megállapítása céljából a kivágott hibás fémeskötésekből a próbapálcákat úgy metszettük ki, hogy a próbadarabok



4. ábra

keresztmetszeti felületén a hibák láthatók legyenek és a próbadarabok olyan mérettel készüljenek, hogy azokkal a hajlító vizsgálatot is el tudjuk végezni.

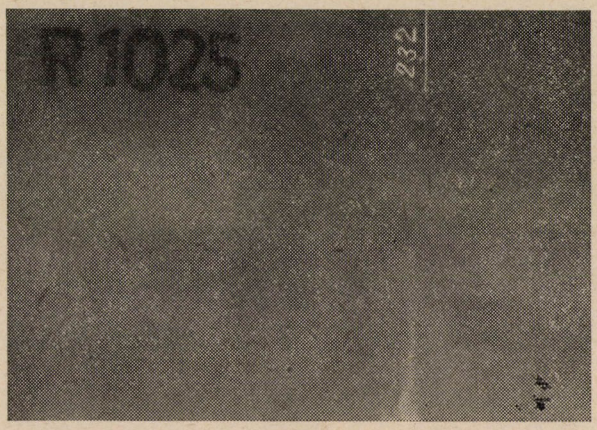
Az 1025. sz. fémeskötésből a megjelölt 97 mm távolságon kimetszett próbadarab makrofelvételét a *4. ábrán 4-szeres nagyításban* mutatjuk be. A felvételen a gyökhiba tényleg megállapítható.



5. ábra

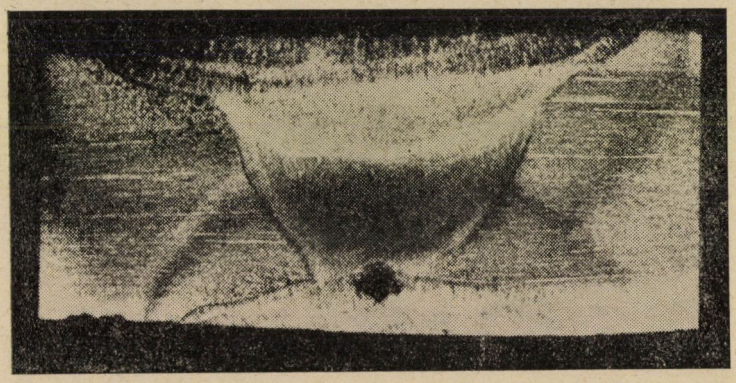
Az *5. ábrán* a próbadarabok hajlításának nagysága látható. A próbadarab hajlítási szöge *67°*. A gyökhibából a húzott felület felé durva *repedés* indul. A repedés természetesen az ömledék felé is kihat.

Ugyanezen a röntgenfelvételen 232 mm távolságon a *6. ábrán* bemutatott 1,5 × 1,3 mm méretű gyökhibák láthatók. Ismétlések elkerülése céljából a kielemzéstől, azaz a jósági fok megállapításától eltekintünk.



6. ábra

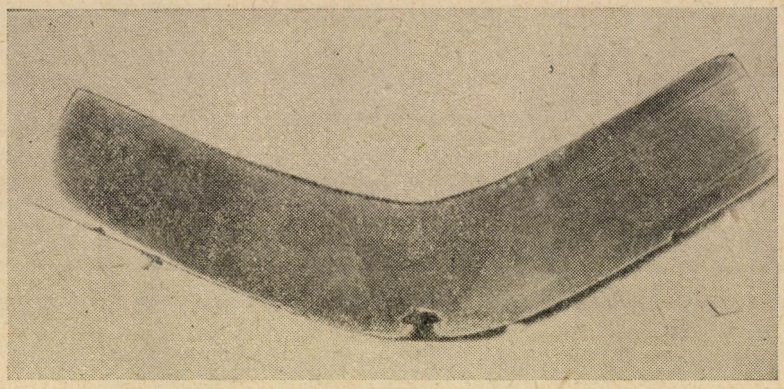
A 232 mm-es távolságon kimunkált próbapálca többszörös nagyítású makrofelvételét a *7. ábrán* mutatjuk be. Az ábrán a gyökhiba kitűnően látható.



7. ábra

A záródmány következtében a próbadarab hajlítási szöge 50°. A hajlított, azaz a tört próbadarab felvételét a *8. ábra* szemlélteti, ahol a húzott felületen a gyökhibából kiinduló bőszájú repedés látható.

A hegesztés folyamán a gyökhibákon kívül természetesen más hibaforrások is keletkeznek. Az alábbiakban különböző záródmányok és végkráterhibák ismertetésével foglalkozunk.



8. ábra

Az 1027. sz. fémeskötésről felvett röntgenfelvételen a varrat kiindulási pontjától mért 28,5 mm-es távolságra elszórt *gázzáródmányok* állapíthatók meg

9. ábra

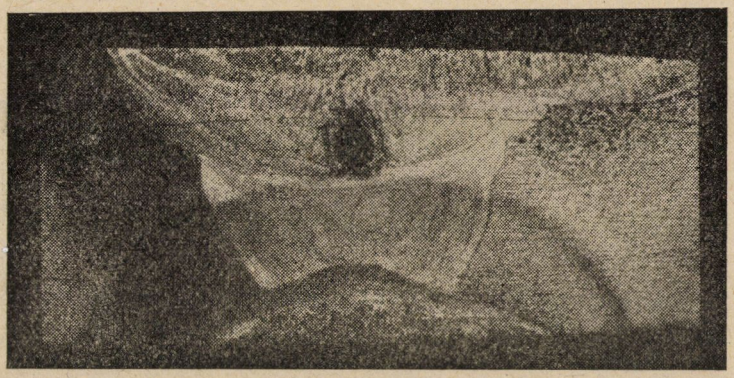
(9. ábra). A megjelölt helyről kiforgácsolt próbadarab mikrofelvétele a *10. ábrán* látható.

A 2,0 × 1,5 mm-es méretű záródmány a *V*-varrat felső záróvarratában helyezkedett el.

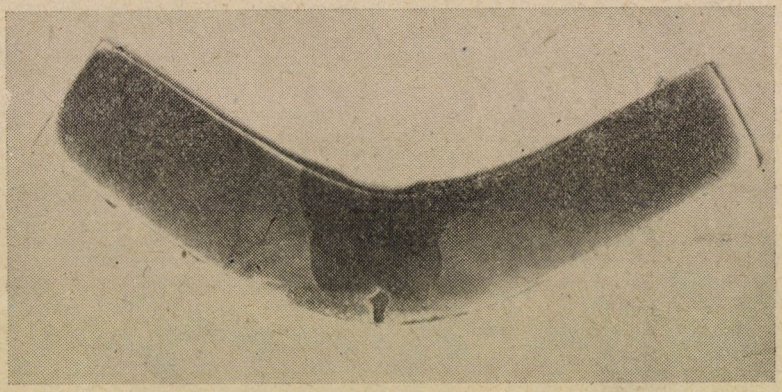
A hajlításnál (11. ábra) a gyökoldalt vettük nyomottnak.

A hajlítás eredménye 60°.

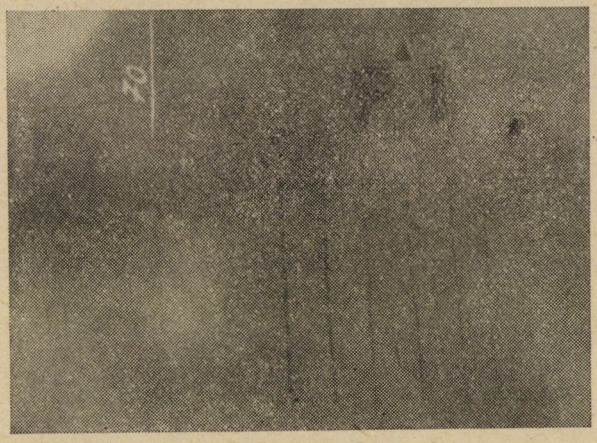
Az 1029. sz. röntgenfelvételen a varrat kezdetétől *70 mm*-re salakzáródmány állapítható meg (12. ábra). A megjelölt helyről vett keresztmetszeten a hiba *1,5 × 3,5 mm* méretű.



10. ábra

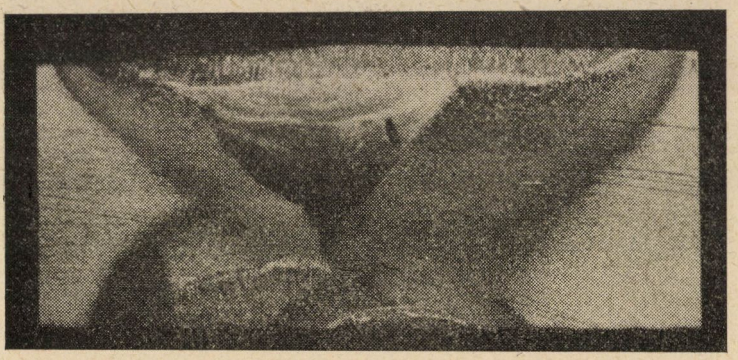


11. ábra



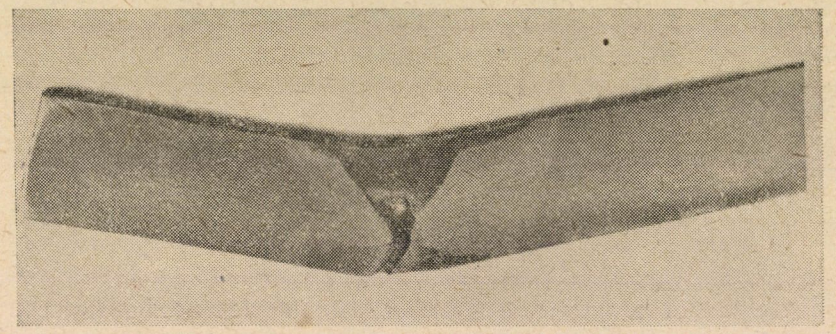
12. ábra

A salakzáródmány a *13. ábrán* kitűnően látható. A salakzáródmány az alapvarrat helyét foglalja el és a fedővarrat magán a salakon ül.



13. ábra

A meghibásodás oly nagymérvű, hogy a próbapálca felületén már 21° hajlításnál megjelent a repedés (14. ábra).



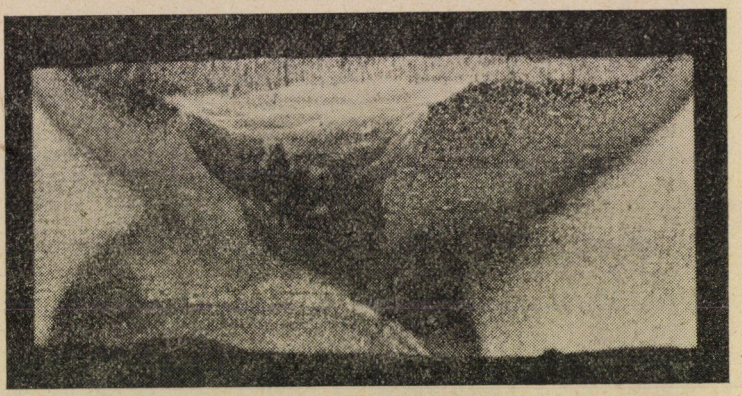
14. ábra

A 1029. sz. felvételen a varrat végétől *165 mm*-es távolságra végkráterhibák láthatók (15. ábra). A *16. ábrán* 5 db kisebb és 1 db nagyobb méretű varrathiba mutatkozik. Hajlítási vizsgálatot nem végeztünk.

Az 1028. sz. röntgenfelvétel, azaz a *17. ábra* határozottan nem, de sejtet hibát. A *18. ábra* a hibagyanús helyről kimetszett próbadarab makrofelvételét mutatja.

A metszeten tényleg kisméretű rövid záródmányok láthatók. A próbadarabokból a hibás részt kimunkáltuk. A hibamentes ép fémeskötés, mint a *19. ábrán* látható a repedésig 90° hajlítást bírt.

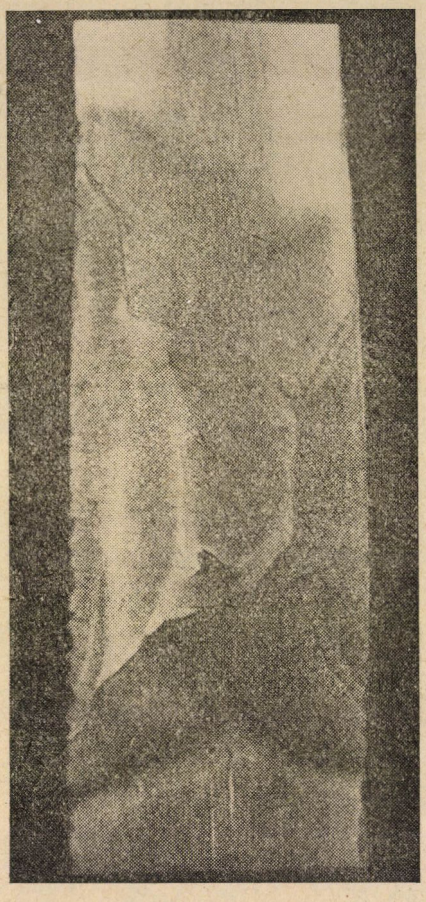
15. ábra



16. ábra

17. ábra

A vizsgálati eredmények igazolják, hogy a kézi hegesztés kiviteli adottságai miatt az elektromos ívhegesztéssel előállított fémeskötés szövezeti szerkezete nem minden esetben teljesen egynemű. Ezen állítást alátámasztja a beépí-

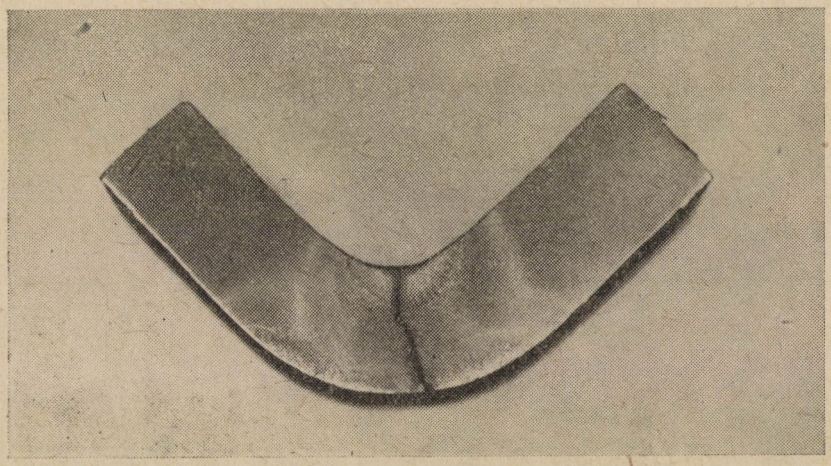


18. ábra

tett fémeskötésektől függetlenül kikészített próbadarabok kiugró szilárdsági értékei, illetve az eredmények szórása.

A varrat szövezetében a hegesztéssel létesített tömegekhez viszonyítva több hiba keletkezésének lehetősége áll fent, mint a jól beállított és nagy tömegben gyártott alapacélanyagban. Ezt az állítást a röntgenfelvételek alapján kimutatott gáz, továbbá salakzáródmányok, gyök- és végkráterhibák igazolják. Az acélszerkezettől függetlenül előállított fémeskötések vizsgálatánál másjellegű hibákat mutattunk ki, mint az acélszerkezetben létesített varratok vizsgálatánál. Ez természetes, mert az első esetben kivételes figyelemmel készített úgynevezett parádés próbadarabokon klasszikus szilárdsági és metallurgiai vizsgálatokat,

míg az utóbbi esetben a szerkezetbe beépített, tehát a napi munka folyamán előállított fémeskötésen az előbbitől teljesen eltérő irányú, tisztán röntgenvizsgálatot végeztünk. A klasszikus szilárdsági vizsgálatoknál számszerű értékeket nyertünk, ezen az alapon az acélszerkezetben keletkező feszültségek egyensúlya számítással ellenőrizhető.



19. ábra

A röntgenvizsgálattal az adott keretek között ki lehet elemezni a fémeskötés minőségi fokát, de arra nem ad számszerű felvilágosítást, hogy a fémeskötés az igénybevételt kielégíti-e, vagy sem.

Elvitathatatlan, hogy a röntgenvizsgálat lehetősége az acélszerkezetbe beépített fémeskötések vizsgálatainál nagyjelentőségű, de a követelményt teljes értékkel nem oldja meg, mert számszerű szilárdsági értéket nem ad. Ezért a röntgenvizsgálattal párhuzamosan a beépített fémeskötések megközelítő számszerű szilárdsági értékeinek meghatározása céljából, az acélszerkezet építésekor a kézi hegesztéssel előállított fémeskötésekkel szorosan egyidőben, ugyanabban a helyzetben, a varrat folytatásában, a varrattal fémesen kötve a számszerű szilárdsági és metallurgiai értékek megállapítása céljából a próbadarabok előállítását szükségesnek véljük.

A bevezetőben említést tettünk arról, hogy az acélszerkezetben létesített fémeskötéstől függetlenül, vagy azokkal szorosabban előállított próbadarabok vizsgálati értékei nem vehetők azonosnak az acélszerkezetben levő fémeskötés szilárdsági értékével. Ezért Széchy Károly dr. előadásának összefoglaló részére támaszkodva tisztánlátás céljából javasoljuk egy olyan irányú kísérleti sorozat megejtését, aminek alapján számszerűen megállapítható az acélszerkezetbe beépített és vele szorosan készült fémeskötések közötti szilárdsági értékkülönbség.

A SZABADSZÁLLÁSI ALUMÍNIUMHÍD ÉPÍTÉSÉNÉL SZERZETT TAPASZTALATOK

HAVIÁR GYŐZŐ

A Magyarországon lévő hatalmas bauxit kincs arra késztet bennünket magyar mérnököket, hogy az alumínium ércnek nagyobb mértékű felhasználására előkészítő munkánkkal megfelelő alkalmazási területeket biztosítsunk. Hídépítési vonalon ezt célozta a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium közúti hídosztályának és a Magyar Alumíniumkutató Intézetnek az az együttes elhatározása, mellyel az első magyar alumíniumhidat Szabadszálláson megépítette. Ez a híd időrendi sorrendben az ötödik az egész világon, amely tisztán alumíniumötvözetből készült, úgyhogy a szabadszállási alumíniumhídnak igen előkelő helyezése van az alumíniumhidak világranglistáján. A hídszerkezet terveit a Mélyépítési Tervező Intézet készítette el a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium közúti hídosztályának, illetve a Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Egyesület által felállított munkabizottságnak az irányítása mellett.

A tervezés megindítását megelőzőleg a Magyar Alumíniumkutató Intézet széleskörű tanulmányokat és kísérletsorozatokat végzett a hídhoz alkalmazandó nagyszilárdságú alumíniumötvözetű alapanyagnak, valamint a kapcsolathoz szükséges szegecsek anyagának kiválasztására.

Ami a hídszerkezeteknél szóbajöhető könnyűfémanyagot illeti, tiszta alumíniumfém nem alkalmazható, mert szilárdsága alacsony. A hídszerkezetekben minimálisan alkalmazni szokott 36—38 kg/mm² szilárdságnak ugyanis csak felét éri el, nyúlása kicsiny, az anyag ridegsége miatt forgácsolással nehezen megmunkálható.

Hídszerkezeti célokra ezért olyan anyag előállítására van szükség, amely az alumíniumérc egyébként kitűnő tulajdonságainak megtartása mellett lényegesen magasabb szilárdsággal rendelkezik és a tiszta alumíniumércnél lényegesen jobban megmunkálható, amellett a korrózióval szemben ellenálló. Ez az alumíniumércnek más fémekkel való ötvözése útján, másrészt olyan ötvözetfajták előállításával lehetséges, amelyeknél a szilárdsági érték bizonyos hőkezelési eljárásokkal még fokozhatók.

A Magyar Alumíniumkutató Intézet a hazai gyártási viszonyok szemelőtt tartásával a hídszerkezet és kapcsolószegecseinek alapanyagául az úgynevezett durál típusú, vagyis alumínium-cuprum magnézium ötvözetet hozta javaslatba

a szabadszállási hídhoz, mint amelyiknek az adott körülmények között viszonylag a legjobb mechanikai tulajdonságai vannak. Ezek a mechanikai és fizikai tulajdonságok bizonyos szempontból még a folytacél mechanikai tulajdonságain is túltesznek. A szabadszállási alumíniumhídhoz az Alumíniumkutató Intézet javaslatának megfelelően alapanyagként 4% cuprumtartalmú, szegecsanyagként 2% cuprumtartalmú durálanyag került beépítésre.

Az alkalmazott szerkezeti alapanyagra előírt minimális szilárdsági határok a következők voltak: Szakítószilárdságra 34 kg/mm², a folyási határra, illetve a kétezrelékes maradó nyúlásnak megfelelő feszültségre 23 kg/mm², a tízszeres lemezvastagságra vonatkoztatott nyúlás legalább 10%. A szegecsek anyagára 19 kg/mm² minimális nyírószilárdságot írtak elő.

A megengedett igénybevételek voltak: húzásra 13 kg/mm², nyírásra — műhelyhőmérsékletű szegecsanyaggal történő szegecselés esetén — 800 kg/mm².

A nyomott rudakra megengedett igénybevételek, zömök rudak esetében $\lambda < 70$ karcsúságú rudakra $\sigma_k = 1300 - 11{,}5\,\lambda$, karcsú rudak esetében

$$\sigma_k = \frac{2.400.000}{\lambda^2}$$

A fáradási szilárdságot illetőleg az alapanyag 1 és 14 kg/mm² közötti lüktető igénybevételt 2,5 milliószor kellett kibírjon, a szegecsekre nyírásra 1 és 900 kg/mm² közötti lüktető igénybevétel mellett a megkívánt minimális ismétlési szám 2,3 millió volt.

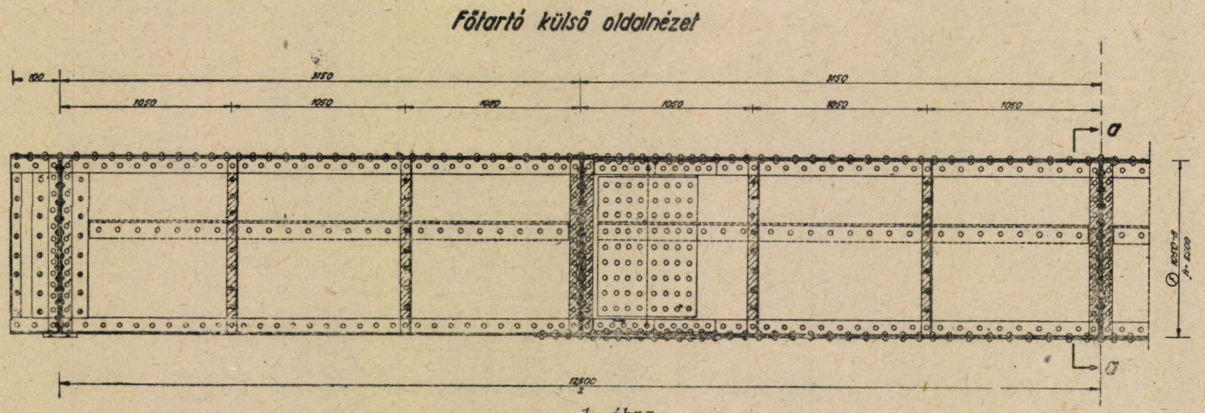
Az alkalmazott durálanyag nemesítésnek és öregbítésnek nevezett hőkezeléssel érte el ezeket a tulajdonságokat. A nemesítés 500 fok Celsius hőmérsékletre való felhevítésből és vízzel való hirtelen lehűtésből, az öregbítés az így edzett anyagnak műhelyhőmérsékleten való 8 napos pihentetéséből állott.

A hídszerkezet tervei

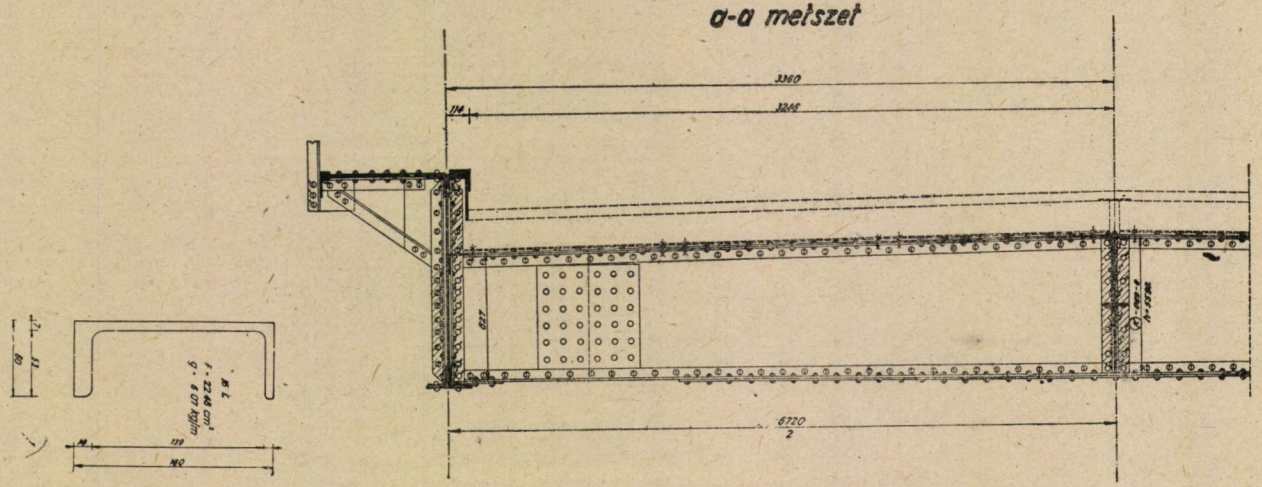
A szabadszállási alumíniumhíd 12,60 m támaszközű kétfőtartós tömörgerinclemezes gerendahíd (1—6 ábra), amelyet a közúti hídszabályzatban előírt elsőrendű terhelésre méreteztek. A hidat nagyjából a világ első tiszta alumíniumötvözetéből készült hídjának — a Grasse folyó felett épült hídnak — szerkezetéhez hasonlóan tervezték.

Azért esett a választás ilyen szerkezetre, mivel a cél az volt, hogy először az alumíniumanyag technológiáját kísérletezzük ki és az észleléseket lehetőleg egyszerű szerkezeten akartuk végezni.

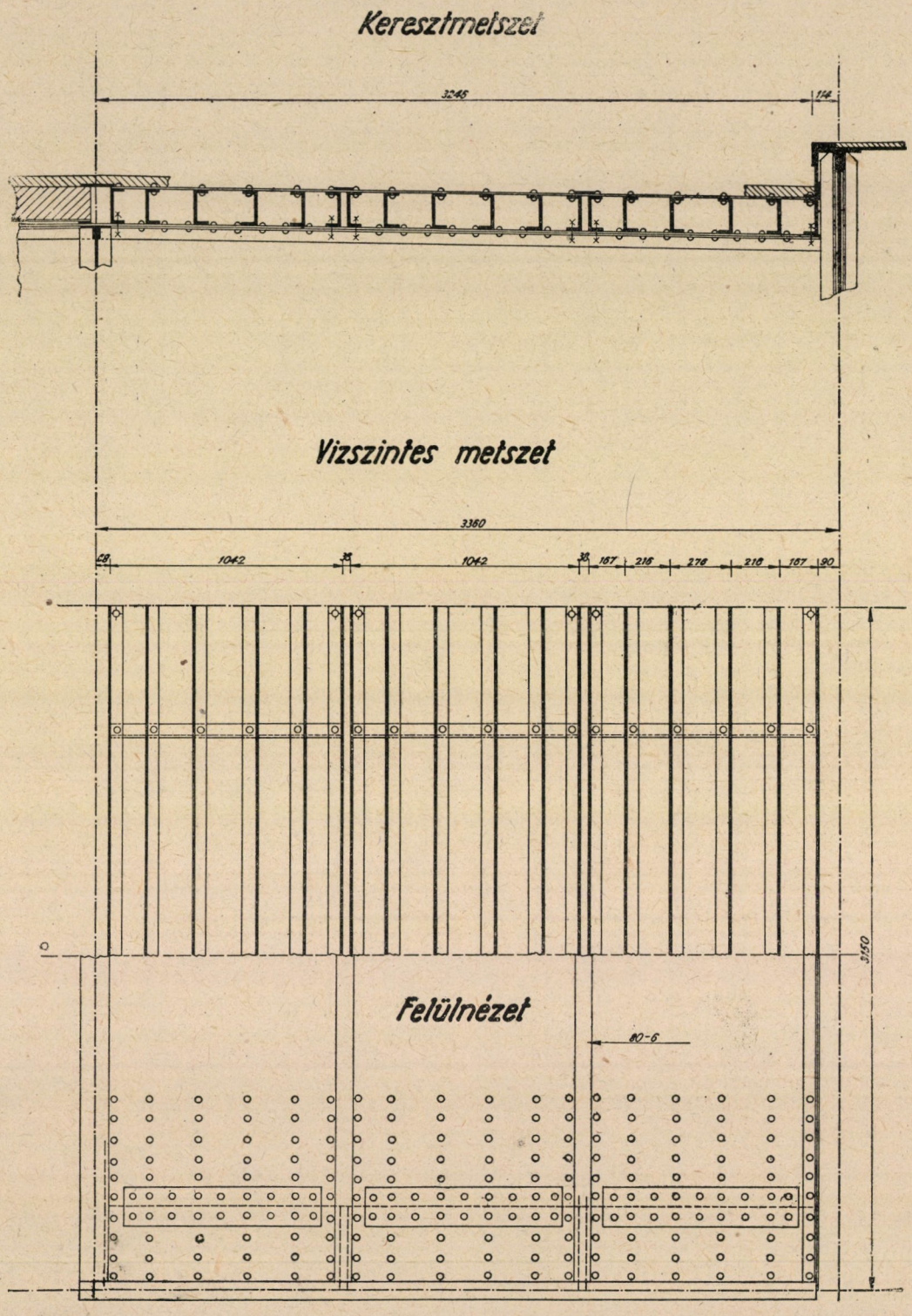
A szokásos vashídszerkezettől csak a pályatábla egy része különbözik (4. ábra), amely fél hídhosszban 8 mm vastag alumíniumlemezre helyezett aszfaltburkolatból áll. Az alumíniumlemez nagy hőtágulási együtthatójára tekintettel méterenként meg van szakítva és közvetlenül támaszkodik az alumínium U-idomokra. A híd pályatábláját háromnegyed részben előregyártott



1. ábra

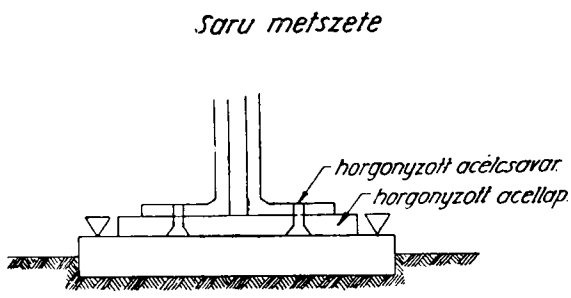


2. és 3. ábra


Keresztmetszet
3245
114
Vizszintes metszet
3360
68
1042
38
1042
38
187
216
276
216
187
90
3150
Felülnézet
80-6

4. és 5. ábra

vasbetonlemezre helyezett aszfaltburkolattal tervezték. A vasbeton lemeztáblái is le vannak kötve a hossztartók és kereszttartók tetején beépített és kellőképpen szigetelt vaslemezen keresztül. A főtartó 1080—8 gerinclemezből, 100 × 10 × 13 méretű szögidomokból és egy fejlemezből áll.



6. ábra

A híd teljes szélessége 8,00 m, hossza 13,0 m; ezért nem lehetett azt a műhelyben összeszegecselni s egy darabban kiszállítani. A helyszíni illesztéseken kívül az aránylag rövid gyártási hosszak miatt még műhelyillesztésekre is szükség volt. Az összes műhelyillesztés hidegen fejelt alumínium szögecsekkel készült, elektromosan működtetett patkós szegecselőgép segítségével. A helyszíni illesztések horganyzott csavarokkal készültek.

A saruk acélból készültek és az alumínium szerkezettől horganyzással vannak szigetelve.

Az anyag gyártása

A hídhoz szükséges alumíniumötvözet hengerlési- és préstömbjeit a Rákosi Mátyás Művek készítették el. Ezeket a tömböket a tervek alapján készült anyagmegrendelésben megadott felkerekített hosszakban ugyancsak a Rákosi Mátyás Művekben hengerelték, illetve préselték ki lemezekké és idomdarabokká. Úgy a hengerlés, mint a préselés 425 C° melegen történt. A lemezek és az idomdarabok nagyságára a következő korlátozások álltak fenn.

Lemezeknél a gyár az előírt szilárdsági feltételeket csak 8 mm vastagságig szavatolta. A lemezek 6,000 mm hosszban és 1,200 mm szélességben voltak előállíthatók, illetve nemesíthetők. A préselés útján előállított idomdarabok szelvényeinek nagyságára pedig az a korlátozás volt, hogy szelvényük 300 mm átmérőjű körbe kellett beírható legyen.

Maximális gyártási hosszukat a nemesítő kemence hossza 7,000 mm-ben, maximális súlyukat pedig a préstömb 70 kg-os súlya szabta meg. A szerkezetbe beépített legnagyobb préselt idomdarab a 100—100—13 mm méretű főtartó övszögidom és 160 mm idom volt. Az aránylag rövid gyártási hossz

mintegy kétszerannyi illesztést tett szükségessé, mint amennyi egy hasonló vasszerkezeten szükséges lett volna : A többletillesztés a műhelymunkát növelte meg. Ez a hátrány a prés, illetve hengerlési tömbök növelése, másrészt a nemesbítéshez és a mesterséges öregbítéshez szükséges kemencék méretének a megnövelése útján kiküszöbölhető lenne.

Kezdetben a hídanyagok átvételénél minőségbeli ingadozások voltak észlelhetők. A nemesbítés és öregbítés gondos ellenőrzésével azonban ezek a hibák kiküszöbölhetők voltak. Az anyagok átvétele rendszeres szakító- és fárasztópróbák végzése alapján történt. A szelvényegyenetlenségeket gépi nyújtással és fakalapáccsal való egyengetéssel igazították ki. Itt nagyon éreztük a hengersoros egyengetőgép hiányát, amely a nagyobb szelvényeknél nehézkesnek bizonyult, fakalapácsos egyengetés helyett lett volna szükséges. A meglevő hengersoros vasegyengetőgép használata alumínium elemekhez nem volt megengedhető, mert az a vas revét az alumíniumba benyomta volna és korróziót idézett volna elő.

A Csepelen elkészített anyagot a műhelygyártási munkákat végző győri Magyar Vagon- és Gépgyár műhelyébe nemesítve szállították le a szegecsek kivételével, amelyeket nemesítés nélkül szállítottak Győrbe, ahol azokat csak közvetlenül a szegecsek beverése előtt nemesítették.

Műhelymunka

A műhelymunka csak fő vonásaiban egyezik a vasszerkezet műhelygyártási munkáival, egyébként azonban azokétól lényegesen eltérő, számos új szempont figyelembevételét is szükségessé teszi. Ezek a szempontok az alumíniumötvözetek különleges mechanikai, kémiai és technológiai tulajdonságaival vannak összefüggésben, amelyeknek figyelembevétele az anyag műhelyben való megmunkálhatóságát, valamint a kész szerkezeteknek állékonyságát illetőleg döntő fontosságúak.

A különleges mechanikai tulajdonságok :

1. Az alumíniumötvözet felülete karcolásra érzékeny. Minden karcolás kiindulása lehet kristálymenti korróziónak és fáradási törés okozójává válhat (Kerbwirkung, réshatás). Általában az alumíniumötvözetű anyag feszültségcsúcsokkal szemben sokkal érzékenyebb, mint az acél, ezért bemetszést, beugró sarkokat, gyártási pontatlanságokat, hirtelen keresztmetszetváltozást kerülni kell.

A könnyűfém ötvözetnek karcolásra érzékeny volta miatt a gyári műhelyben azt a szerelő padozatot, ahol az alumíniumszerkezetet összeállították, puhafadeszkázattal vonták be, nagyobb darabok emelésénél a lánc alá puhafaalátétet, vagy lánc helyett kenderkötelet alkalmaztak, szerelésnél a hévér alá vastagon terített rongyot helyeztek.

A szerkezeti elemeknek a műhelyben történt előrajzolását nem a vasszerkezetnél szokásos karcolással, hanem puha ceruzával való előrajzolással végezték. Kirnerrel legfeljebb csak a vágási végeket jelölték.

Az alumíniumanyag lényegesen drágább volta miatt pontosabb előrajzolást kíván, mint a vas, mert itt nem szabad hibának előfordulnia. Ezért a pontosság fokozására nemcsak a szegecsek középpontját, hanem a furat körvonalát is ceruzával szokták körülrajzolni, ami a fúrószár centrikusságának ellenőrzését fúrás közben is lehetővé teszi.

Megemlítem, hogy repülőgépgyártásnál, ahol az alumínium-műhelygyártás nagy tökéletességet ért el, az előrajzolást a pontos részlettervek 1 : 1 arányú lefényképezése után az előrajzolandó alumíniumanyagra annak fényérzékeny réteggel való bevonása után rávetítik, úgyhogy a szegecslyukak középpontjai és körei, valamint a határvonalak egyszerűen és pontosan jelentkeznek ; az átrakásból nem keletkezhetnek hibák.

2. Az alumíniumötvözetek *alacsony rugalmassági modulusa* — mely a vasénak körülbelül egyharmada — a szerkezeti elemek lényegesen nagyobb hajlékonyságát okozza, ezért például fúrás közben a darabokat jobban alá kell támasztani, mint a vasidomokat, mert különben a lyuk tengelye nem lesz a tervszerinti irányú, illetve a lengésekből szerszámtörések állhatnak elő.

3. Az alumíniumötvözeteknek *kétszer akkora hőtágulási együtthatójuk van, mint a vasnak.* Ezért a hosszabb darabok nagyobb hidegben, vagy nagyobb melegben való leszabásánál már a műhelyhőmérsékletet figyelembe kell venni, minthogy az számottevő különbséget okozhat. Tehát a középhőmérsékletnek megfelelően leszabott fa- vagy vas-sablon hosszhoz képest korrigálni kell a leszabási hosszat, legjobb alumínium sablont alkalmazni.

4. Minthogy a nagy terhelések viselésére hivatott alumíniumötvözetek szilárdságukat a nemesítésnek és öregbítésnek nevezett hőkezelésnek köszönhetik, azért azokat *sem hegeszteni, sem pedig lángvágással vágni nem szabad.* Mind a két művelet az anyagnak a környezetben való erős felmelegítésével jár, ami szükségképpen szilárdságcsökkenést idéz elő. A hegesztés helyett szegecselést alkalmaztak, az autogénvágást pedig a szalagfűrésszel való fűrészeléssel pótolták. A hegesztés hiánya bizonyos szempontból előnyt jelent a műhelygyártási munkáknál, mert a drága alumíniumötvözet vasénál is pontosabb és gondosabb kezelésére, pontos gyártásra kényszeríti a műhelyt. Míg a vasszerkezetnél a kissé hibás, vagy elrontott szerkezeti részt hegesztéssel ki lehet javítani, itt ez a lehetőség nem állott fenn. A nagyobb pontosság a helyszíni szerelési munkák egyszerűsödését és gyorsítását vonta maga után.

5. Az alumíniumötvözetek vágása 8 mm vastagságig ollóval való nyírás útján is elvégezhető lett volna, mert eddig a vastagságig az olló határozott, szép vágási éleket ad, — óvatosságból azonban minden vágást szalagfűrésszel végeztek.

A fúrás laposabb menetű és széles forgácselvezető csatornával rendelkező fúróval történt és gyorsabban volt végrehajtható, mint az acélnál. Általában az alumíniumötvözet a vasnál könnyebben és gyorsabban megmunkálható, úgyhogy a pontosabb előrajzolás és megmunkálás okozta időveszteséget ellensúlyozza a gyorsabb megmunkálás időnyeresége.

Szegecselés

Az egyes szerkezeti részeket, — lemezeket, idomdarabokat (szög- és U-idomokat), az alumíniumötvözetek technológiájának mai fejlettsége szerint, megbízhatóan csakis szegecseléssel (illetve csavarok alkalmazásával) lehet kapcsolni. A műhelymunkák közül a szegecselés igényelte a legtöbb tanulmányt, kísérletet. A nagy terhelésű, könnyűfém szerkezetek, amelyekhez elsősorban a hídszerkezetek tartoznak, aránylag vastag lemezekből, idomdarabokból állnak, melyeket nagy átmérőjű szegecsekkel kell összekapcsolni. A szabadszállási hídnál is alkalmazott 16 és 20 mm átmérőjű, alumíniumötvözetéhez hasonló, nagy átmérőjű alumíniumszögecsek anyagának minőségéről és a szegecselés végrehajtásának módjáról nálunk a híd elkészítésének időszakában még külföldi irodalmi adatok sem voltak ismeretesek, ezekre vonatkozólag tehát részletes tanulmányokat kellett végezni. Csak műhelyhőmérsékleten készített alumíniumszegecseléséről lehetett szó, mert melegszegecs az alapanyagot kilágyította volna. A Magyar Alumínium Kutató Intézet széleskörű előzetes vizsgálatokat és kísérleteket végzett. A feladat többirányú volt. Meg kellett keresni a duráltípusú alumíniumötvözetek közül azt, amely hídszerkezetekhez szükséges, nagy átmérőjű szegecsek hidegen való kifogástalan fejelésére alkalmas. Meg kellett állapítani a szilárdsági tulajdonságokat a tervezés részére és a szegecselés technológiáját a műhelygyártást végző győri hídműhely részére.

A Magyar Alumínium Kutató Intézet által végzett kísérletsorozatok során összesen 12 durál ötvözettípus került vizsgálat alá, melyek közül 6 mangántartalmú és 6 mangánnélküli volt. A vizsgálat 16, 20 és 24 mm átmérőjű szegecseknek szakítás, nyírás és fárasztás útján való törésével történt. A nyírásvizsgálat a kapcsolatoknak szegecsnyírás útján való elszakítása útján folyt. A vizsgálat szerint legmegfelelőbbnek a 2% Cu-tartalmú, mangánnélküli szegecsanyag bizonyult. A szegecsanyag pontos hőkezelése 495 C°-ra való felmelegítésből és utána 20 percig e hőfokon való tartásból, majd pedig hideg vízben való gyors lehűtésből állott. A szegecseket a vasszegecsekhez hasonlóan egyik végükön félgömbalakú fejjel és a másik fej kialakításához szükséges hosszúságú orsóval, nemesítetlenül szállították le Csepelről.

Eleinte a szegecseket félgömb alakúra fejelték. Itt kezdetben többféle hiba állott elő.

Először az átellenes fejek nem kerültek pontosan szembe egymással, özöttük néhány milliméteres eltolódás volt. Ez az eltolódás a szegecselőpatkó

pontatlan beállításának volt a következménye, részben pedig a présdugattyú kotyogásából származott. A pontosabb beállítás és a préspatkó dugattyújának kijavítása után ez a hiba minimálisra csökkent. Egy további hiba volt kezdetben a szegecselőkalapács fejelőjének karimabenyomódása, mely néhol az alumínium felületén nyomot hagyott. Mélyebb bevágódás szintén réshatást idézett volna elő, ezért ennek kiküszöbölésére a fejelőt megfelelően átalakítottuk.

Az alumíniumszegecseknél a fej hidegen való kialakításához tekintélyes *erő szükséges*. Ez az erő a szegecsátmérő négyzetével arányos. Kis átmérőjű szegecseknél, mint amilyet a repülőgépgyártásban alkalmaznak, az erő kicsiny és nem okoz komplikációt. A hídépítésnél előforduló vastagabb elemek összekapcsolásához 16 és 20 mm átmérőjű szegecseknél azonban már igen nagy erő szükséges, pl. 20 mm-nél a fejkialakításhoz szükséges erő 95 tonna. Az ú. n. hideg szegecselésnél a legnagyobb nehézséget az okozza, hogy a fej kialakításával egyidejűleg a szegecselőpatkó présdugattyúja az orsót is megduzzasztja és ezzel a szegecslyuk falára nagy nyomást ad tovább. Az alapanyag ettől a palástnyomástól az alumíniumötvözet kicsiny rugalmassági modulusa és képlékenysége miatt alakváltozást szenved.

A szabadszállási híd 16 és 20 mm-es szegecseinek fejelésénél a szegecsek vert fejének félgömbalakú formával való kialakításakor a vert fej alatt levő elem környékén egyrészt az elem síkjában, másrészt arra merőlegesen is hullámosodás volt észlelhető, ami az egymáshoz kapcsolandó elemek relatív eltolódását idézte elő. Az elemek relatív eltolódása kezdetben olyan nagymértékű volt, hogy a vert szögecs melleti 0,2 mm átmérő különbséggel kifúrt szegecslyukakba már nem lehetett az orsót átdugni ; egy szegecs elkészítésekor az egész összefurt lyuksor elemeinek illeszkedése elromlott.

Az alapanyagnak ezt a hullámosodását elősegítette az a körülmény is, hogy a szegecseket mindenütt a szögidomok gyöktávolságába tervezték, ami a híd kicsiny támaszközére tekintettel alkalmazott kisebb szögidomok esetében kisebb volt, mint a lemezszéltől mért minimálisnak előírt távolság. Ahhoz, hogy úgy az előírt minimális távolságot, mint pedig a gyöktávolságot be lehessen tartani, lényegesen nagyobb szögidomokat kellett volna alkalmazni, ami viszont az anyagmennyiséget növelte volna meg, ez pedig költségekben viszonylag a legnagyobb tétel.

A hullámosodás és szegecslyukeltolódás kezdeti hibáján kétféle körülménynek a figyelembevételével lehetett segíteni. Először a fej kialakításához szükséges erőt kellett a fejforma alkalmas kialakításával csökkenteni, másodszor a lyuk és az orsó különbségét kellett megfelelően megválasztani úgy, hogy a fej kialakításához szükséges nyomás az orsót csak éppen abban a mértékben duzzassza meg, ami a lyuk kitöltéséhez szükséges, de a lyuk palástját már ne feszítse széjjel.

A szegecsfej kialakításához szükséges erő csökkentése céljából az eredetileg félgömbalakú fejekről laposfejű és kúposfejű szegecsek alkalmazására tértünk

át. Ezeknél ugyanis csak 35 tonna erőre volt szükség a fej kialakításához 90 tonna helyett. A pogácsa és kúpalakú fej éppen olyan jól megfelel alumíniumszerkezetnél, mint a félgömbfej. Ennek oka az a körülmény, hogy a hidegen préselt könnyűfém szegecs orsójában az elkészítés után nincs erő. A szegecsfejet tehát hosszirányú erő lepattintásra nem veszi igénybe, mint az izzított állapotban vert vasszegecs fejét, ahol a lehűlésből származó húzófeszültség az orsóban marad. Igaz, hogy ez más szempontból bizonyos hátrányt is jelent. Az alumíniumszegecsnél nincsen súrlódás az összekapcsolt elemek érintkező felületei között, mely csökkenti a nyírást és palástnyomást. Itt az orsóra merőleges nyírás és palástnyomás a szegecsorsót és a lyuk palástját teljes értékével terheli.

A lyuk- és az orsóátmérő különbségének helyes értékére végzett kísérletek azt eredményezték, hogy 1 mm-rel nagyobbra kifúrt lyuk esetében az orsó megduzzasztása az orsót éppen kitölti anélkül, hogy a palástfelületet lényegesen széjjelfeszítené.

A lapos- és kúpalakú fejekre való áttérés és az 1 mm-re nagyobb átmérőre való lyukfúrás után a szegecselésnél már nem merült fel nehézség; eltolódás nem mutatkozott és a hullámosodás megszünt.

Mivel a nagy átmérőjű szegecsekhez szükséges 35 tonna erőt csak a hídműhelyben felszerelt préspatkóval lehetett előállítani és pneumatikus kalapács már nem volt elegendő a lapos és kúposfejű szegecs kialakításához, ezért a helyszíni szegecsek helyett ideiglenesen acélcsavarokat helyeztettünk el.

A szegecslyukak fúrása és a műhelyszegecselés a következőképpen történt:

A szegecslyukak középpontjainak ceruzával való kijelölése után az összekapcsolandó elemeket külön-külön 3 mm-rel kisebbre kifúrták. A fúrt lyuk peremén keletkező éleket a réshatás elkerülésére levésték. Azután az összekapcsolandó elemeket tüskékkel és csavarokkal összefűzve a végleges átmérőnél 1 mm-rel nagyobbra, egyszerre átfúrták. Közben vigyáztak, hogy az alumíniumfelületet az acéltüskékkel és csavarokkal sehol meg ne sértsék. A lyukfúráshoz szappanosvizet használtak kenőanyagnak.

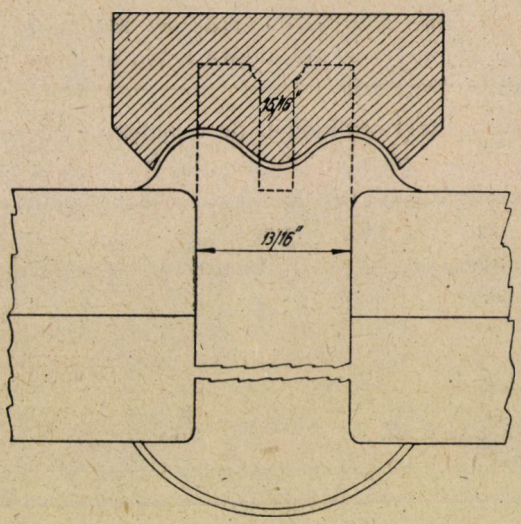
A műhelyben valamennyi szegecset villamosüzemű szegecselőpatkóval szerelték. A szegecselőpatkó pontos beállítására ügyelni kellett.

Az összefúrt és a műhelyillesztések helyén összeszegecselt részeket egymáshoz terv szerint összeillesztették; a helyszíni illesztések helyeit tüskékkel és csavarokkal összefűzték és ezeket a helyszíni szegecslyukakat is teljes átmérőre összefúrták. Az egész szerkezetnek a műhelyben való összeállítása útján sikerült elérni, hogy a helyszínen a szerelés, illetve a szerkezet összeállítása igen gyorsan volt végrehajtható.

A híd elkészítése és felszerelése óta az Alumíniumkutató Intézet alumíniumszegecsekkel úgynevezett gyűrűsfejű a helyszínen szegecselő pisztollyal végzett eredményes kísérleteket (7. ábra). Ezeket a helyszínen készíthető 20 mm átmérőjű

alumíniumszegecseket először az arvidai 88 mm-es alumínium ívhídnál alkalmazták, amely a mult évben készült el. A gyűrűsfejű alumíniumszegecsek technológiáját először a quebecki alumíniumlaboratórium kísérletezte ki. A 20 mm-es szegecslyuknál az orsó átmérője 0,4 mm-rel kisebb volt, úgyhogy a lyuk kitöltéséhez a szegecseléskor az orsónak minimális felduzzasztása volt csak szükséges.

A gyűrűsfejű alumíniumszegecs gyárilag elkészített szegecsfeje olyan, hogy az orsónak abban a végében, amelyből a fejet kialakítják, egy 5 mm átmérőjű és 9 mm mélységű lyuk van, amelybe a szegecselőpisztoly alakítófeje



7. ábra

beleilleszkedik. A szegecselőpisztoly olyan erejű, mint amilyeneket a 30 mm átmérőjű acélszegecsek helyszíni szegecseléséhez szoktak alkalmazni.

Az orsóban levő lyukgyengítés a gyűrűs fejnek szegecselőpisztoly ütéseivel való kialakítását megkönnyíti, mert a szegecselőpisztoly verőfejének forgatásával mintegy elkenődik az orsó legyengített végének anyaga és gyűrűs forgásfelület lesz formálva. Az ilyen szegecselőpisztollyal vert alumíniumszegecs készítése több időt és nagyobb fizikai munkát is igényelt, mint a meleg szegecselés. A szegecselő csoport embereit gyakrabban kell cserélni, mint az acélszegecsek készítésénél szükséges. Egy-egy szegecselőcsoport, amely négy emberből állott, naponta 100—150 szegecset tudott az arvidai hídnál elkészíteni attól függően, hogy a szegecskészítőállvány áthelyezéséhez mennyi időre volt szükség.

A szabadszállási alumíniumhídhoz ilyen gyűrűsfejű alumíniumszegecsek utólagos elhelyezését tervezték, a helyszíni illesztések jelenlegi csavarjai helyett.

Festés

A szabadszállási alumíniumhíd felületének védelmére a győri Magyar Vagon- és Gépgyár különleges festékanyagot alkalmazott a győri hídműhelyben. Először úgynevezett alapkezelést végeztek. Ezt a felület zsírtalanítása céljából puha ronggyal triklóretilénnel való bedörzsöléssel hajtották végre. Ezután motoros meghajtású finomszálú flekszibilis acélkefével az alumínium felületét feldurvították, utána pedig kémiai felületkezeléssel látták el. Az alapmázolás cinkkromátos mázolás volt; a hossz- és kereszttartókon és korlátokon kísérletképpen bauxitvörös alapmázolást alkalmaztak. Ezekre az alapmázolásokra hordták fel szórópisztollyal az alumíniumbronz fedőmázt. A hídnak egynegyedrészén semmiféle mázolást sem alkalmaztak az anyagkorrózió ellenállásának megállapítása céljából. Másfél év óta, mióta a híd áll, a felületeken semmiféle káros elváltozás nem mutatkozik.

A hídszerkezet műhelymunkáinál, de a helyszíni szerelésnél is rendkívül előnyös volt annak kicsiny térfogatsúlya, úgyhogy az egész 8500 kg súlyú összeszerelt hidat állványozás nélkül, drótkötelek segítségével egyszerre lehetett beemelni az egyik partról. Ehhez a győri Magyar Vagongyár, amely a szerelési munkát is végezte, egy-egy bikket állíttatott fel a két parton, amelyeket drótkötelekkel hátra horgonyoztak (8. ábra).

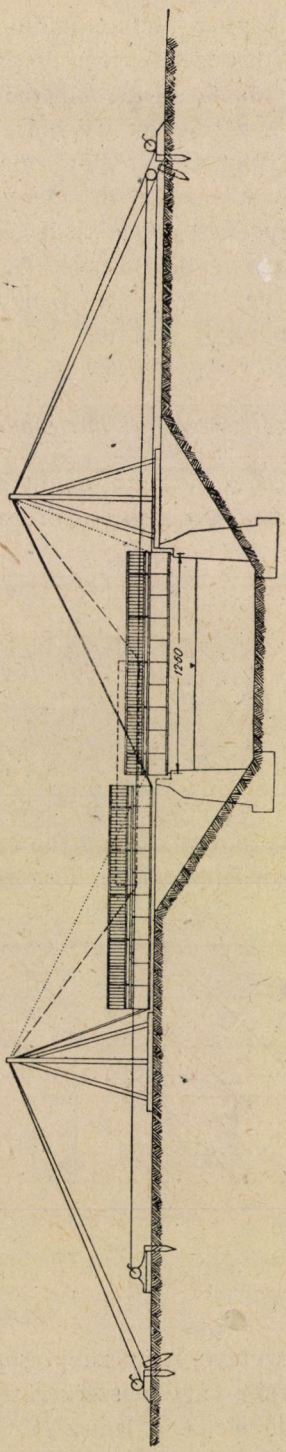
A híd költségei:

Az alumínium ára 8500 kg × 29,41 Ft/kg	250.000 Ft
műhelygyártási munkák költsége 8500 kg × 1 Ft	8.500 «
helyszíni szerelés ára 8.500 × 54 Ft/kg	12.700 «
Összesen :	271.200 Ft

Egy ugyanilyen támaszközű, teherbírású és pályaszélességű közúti vasfelszerkezet 18 700 kg súly lenne. Ennek előállítási ára:

folytvasanyag ára 18700 × 2	37.400 Ft
műhelygyártás 18 700 × 2	37.400 Ft
helyszíni szerelés 18 700 × 1.50	28.050 «
Összesen :	102.850 Ft

Az alumíniumhíd ugyanolyan vashídnál 2,63-szor kerül többe. Az árban túlnyomó szerepe van az anyag árának, a gyártás és szerelés ára elhanyagolható. Ha tehát az alumíniumszerkezetet az acélszerkezethez képest versenyképesebbé akarjuk tenni, úgy elsősorban anyagmegtakarításra kell törekednünk.

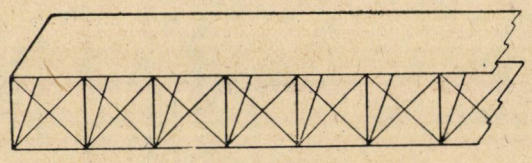


8. ábra

A szabadszállási első magyar alumíniumhíd építésénél személy szerint irányítólag közreműködtek: dr. Széchy Károly a Közlekedés- és Postaügyi Minisztérium hídosztályának főnöke és dr. Gillemot László műegyetemi tanár az Alumíniumkutató Intézet vezetője, akik a híd építését elhatározták, a tervezést és kísérletezést irányították. Buray Zoltán dr., aki az anyag- és műhelygyártásra vonatkozó kísérleteket végezte, dr. Menyhárd István az alumíniumötvözetekre megengedett igénybevételek előírását készítette elő, Deniflé Sándor, aki az anyag gyártását hajtotta végre, Bölcskey Elemér a Mélyépítési Tervező Intézet csoportvezetője a tervezést végezte, Lengyel József a győri Magyar Vagongyár műhelygyártási munkáit vezette.

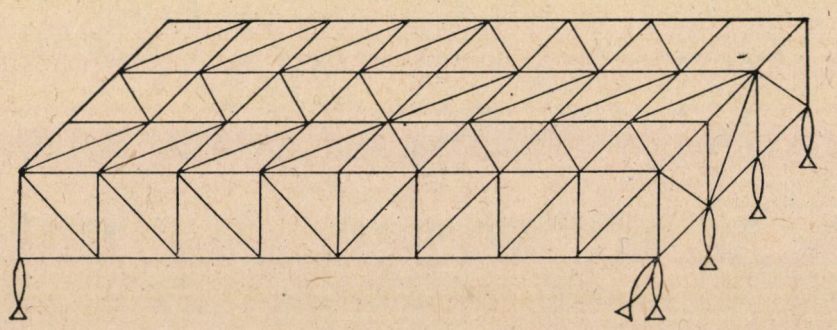
Alumíniumhidak tervezésénél mértékadó szempontok

Nagyobb terhek viselésére hivatott könnyűfémszerkezetek felépítésük szerint két csoportba oszthatók: Az első csoportba tartoznak a híd és daru-



9. ábra

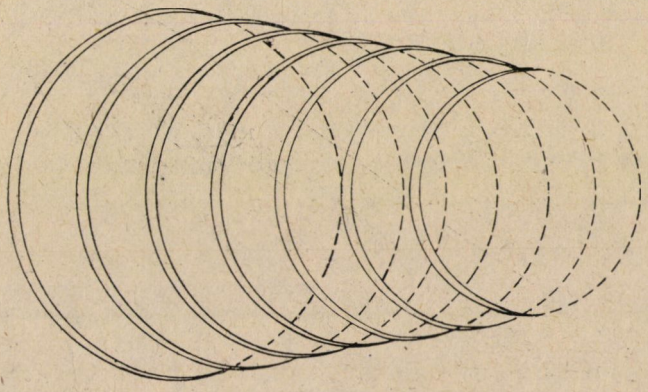
szerkezetek, állványszerkezetek, a másik csoportba repülőgépvázak, kocsivázak, úszótestek. Az első csoportot jellemzi, hogy főleg rúdszerű elemekből állanak



10. ábra

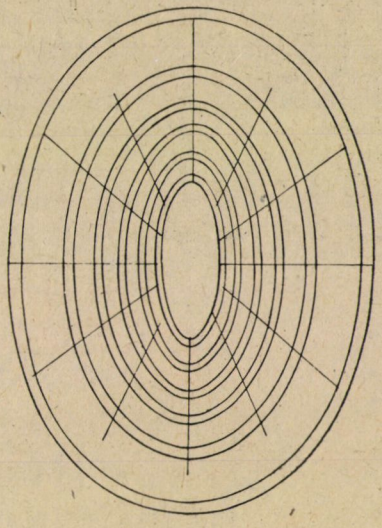
és síkbeli tartókból vannak összetéve. A második csoportot jellemzi, hogy ú. n. cellarendszer szerint (9. 10. ábrák), vagy héjszerkezettel (11—16 ábrák) épülnek. Ennek a rendszernek uralkodó eleme a lemez.

A rúdszerű elemekből felépített szerkezetek elemei alumínium idomdarabokból állanak. Ezeket az alumíniumszerkezeteknél alkalmazott idomdarabokat főleg préseléssel, a lemezeket főleg hengerléssel készítik.



11. ábra

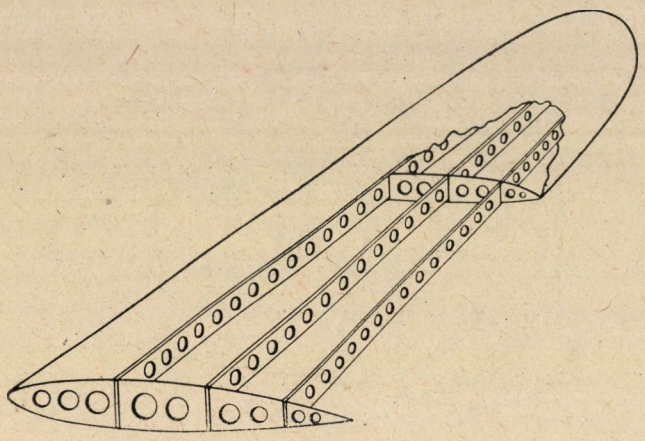
Vasszerkezetnél a szerkezeti anyagot csakis hengerléssel gyártják. Minthogy csak egyszerű szelvények alkalmasak arra, hogy forgó hengerek között kialakít-



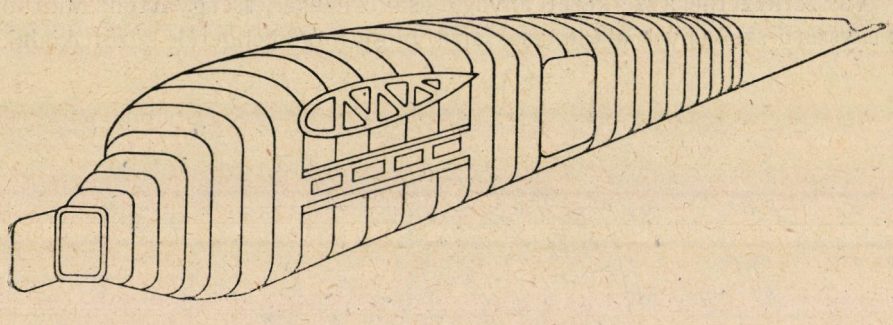
12. ábra

hatók legyenek, ezért itt csak lemezeket, laposvasakat, szögvasakat, I- és U-idomdarabokat lehet készíteni. Sajtolással ezzel szemben tetszőleges zárt (pl. csőalakú vagy négyszögletes), vagy összetett szelvényű rúd (pl. 25. ábra) gyártható.

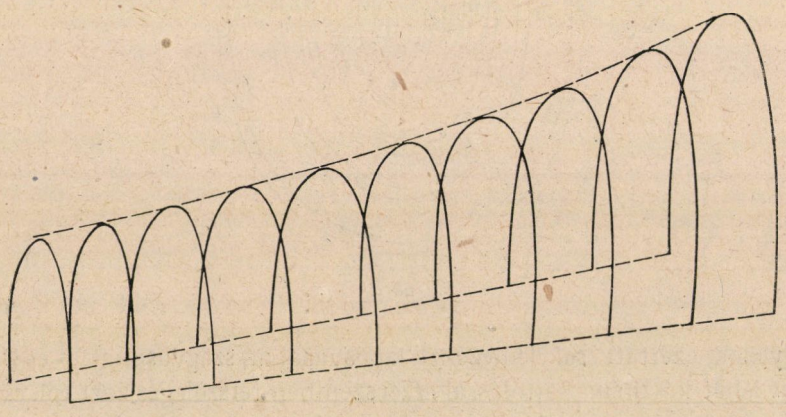
Zártszelvényű rudak olyan teherviselő szerkezetnél gazdaságosak, ahol a tartó, illetve rúd hajlításra vagy nyomásra van igénybevéve. Viszonylag kevés anyag-



13. ábra

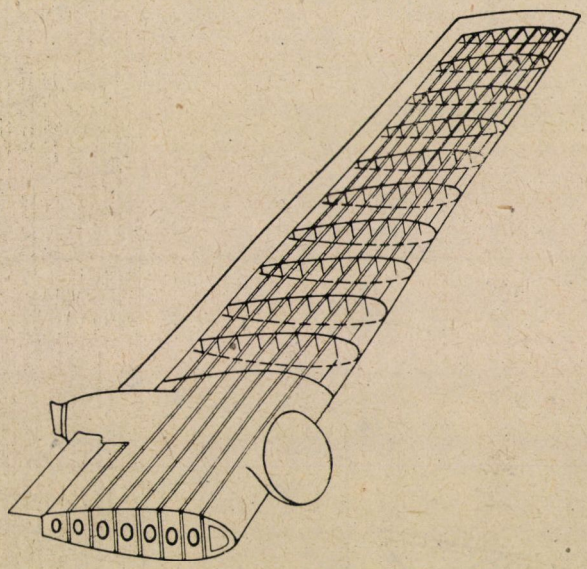


14. ábra



15. ábra

gal nagy inertianyomaték és keresztmetszeti modulus eléréséhez az anyagot a súlyponttól lehetőleg távol kell elhelyezni. Zárt szelvénynél ez a lehetőség a legjobban van meg. Zárt szelvénynek a merevsége is jóval nagyobb, mint a nyitott szelvényé. A zárt szelvénynek a megjelenése esztétikailag is jól hat.



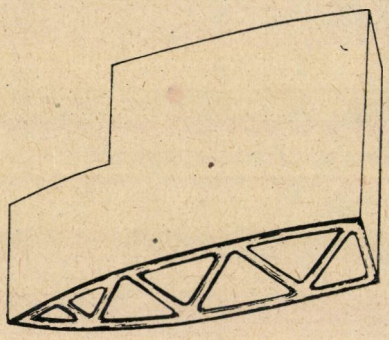
16. ábra

A zárt szelvények fokozottabb alkalmazása az alumíniumszerkezeteknél az alumínium alacsony rugalmassági modulusával is összefüggésben van, ami nagymértékű hajlékonyságot jelent, az élek könnyen görbülnek és így merevítésre szorulnak. Zárt szelvénynél azonban szabad élek nincsenek, úgyhogy itt az élek egyenessége biztosítva van. Ugyancsak préseléssel állíthatók elő göbös szelvények alumíniumból, amelyek például gerinclemezes tartó gerincmerevítésének céljára különösen alkalmasak.

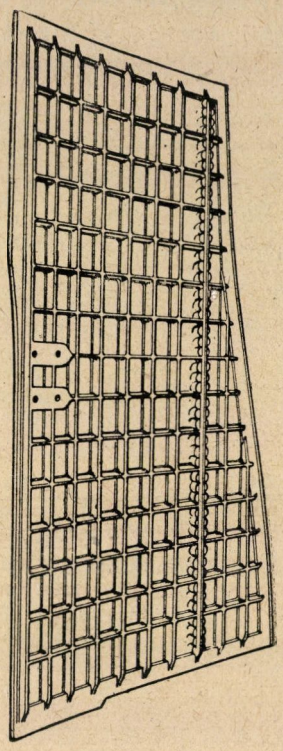
A teherviselő könnyűfémszerkezetek második csoportját a cella- és héjszerkezetek alkotják. A cellaszerű rendszernél egymásra merőleges tartók térbeli rendszere talál alkalmazásra, melynél vékony lemezhéjalás van a két átellenes oldalon.

A héjrendszernél az uralkodó elem a vékony lemez, amely merevítőbordával van merevítve. A merevítések lehetnek hossz- vagy keresztirányúak. Ugyanilyen az úszótestek felépítési rendszere. A lemezt merevítő tartók rendesen préseltek. Általában az alumíniumnál igen nagy jelentősége van a préselt és sajtolt szerkezeteknek. Egész rácsos tartók (17. ábra) egy darabban állíthatók elő, amivel elkerülhető nagy szegecselési munka, merevített lemez (19—20. ábra),

oszlop (21. ábra) és az erők átvezetése is a legjobb. Ehhez azonban többezer tonnás présre (27. ábra) van szükség. Ilyen módon egyelőre csak kisebb szer-



17. ábra



18. ábra

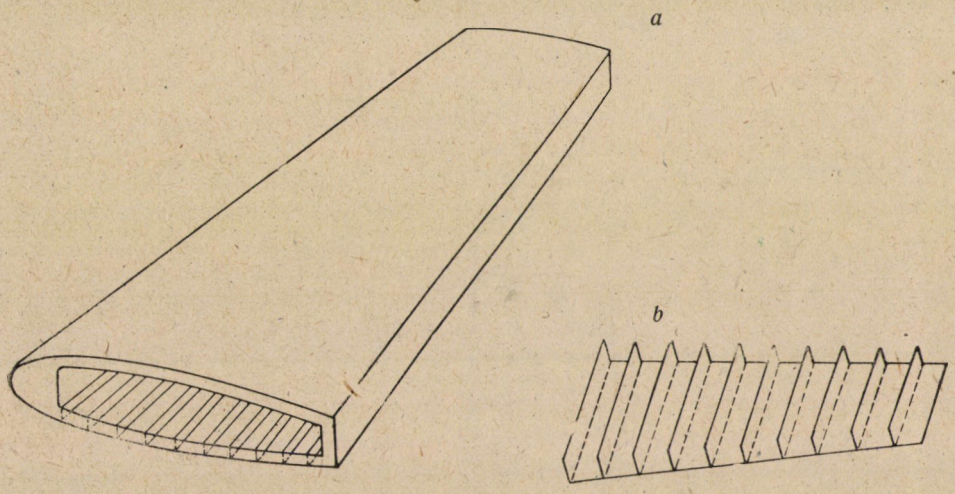
kezeteket készítettek, a repülőgépek építésénél azonban ezek igen kiterjedt alkalmazásra találnak.

Újabban a hídépítésnél, még vasszerkezetű hidaknál is ú. n. könnyű, vagy feloldott építési módszert kezdenek alkalmazni.

19. ábra

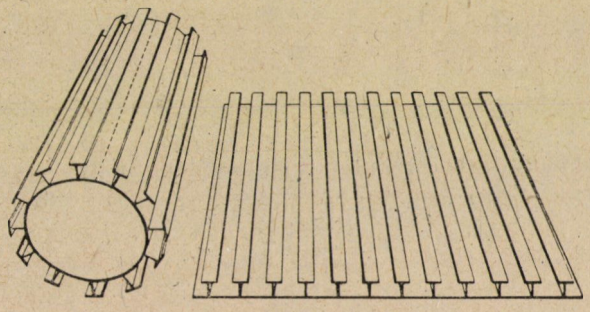
Ez lényegében a cellás rendszer alkalmazása (23—27. ábrák), ahol rácsos, vagy tömör főtartókat építenek egymással párhuzamosan és azokat fent, vagy alul-felül lemezzel kötik össze.

A feloldott vagy könnyű építési módszernek egyik fontos alapelve az, hogy ugyanezt az elemet két vagy többféle szerepben egyidejű teherviselésre vonja be. Ez az elv érvényesül pl. a vasbetonhidak lemezbordás szerkezeténél,



20. ábra

ahol a lemez egyrészt a pályalemez szerepét, másrészt a hossztartó vagy főtartó övét képezi. Ez alkalmazható alumínium pályaszerkezeteknél is, (28, 29. ábrák)

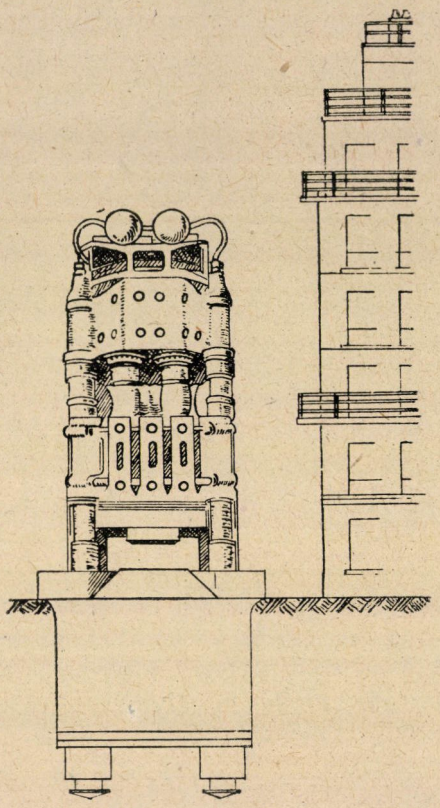


21. ábra

ahol a lemez keresztirányban és hosszirányban is ki van használva. Ugyanez az elv érvényesül a 30. ábrában feltüntetett hídrendszereknél is.

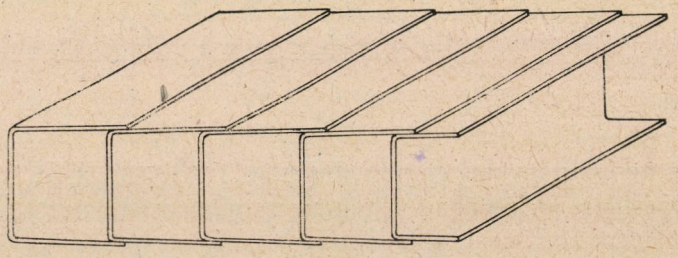
A repülőgép építésénél alkalmazott tiszta héjrendszer a hídépítésben legfeljebb a pontonhidak pontonjainál nyerhet alkalmazást. Repülőgép építésénél ugyanis az erők megoszlóan jelentkeznek, illetve a légcsavar által átadott húzóerő fix helyen hat, ahol megfelelő merevítőbordák helyezhetők el, nem úgy, mint a hídszerkezetnél, ahol a koncentrált keréksúly bárhol működhet.

Repülőgépnél még a szárnyak bekötési helyén van nagy koncentrált erő. Ezt megfelelő karon merevítésekkel lehet felvenni.



22. ábra

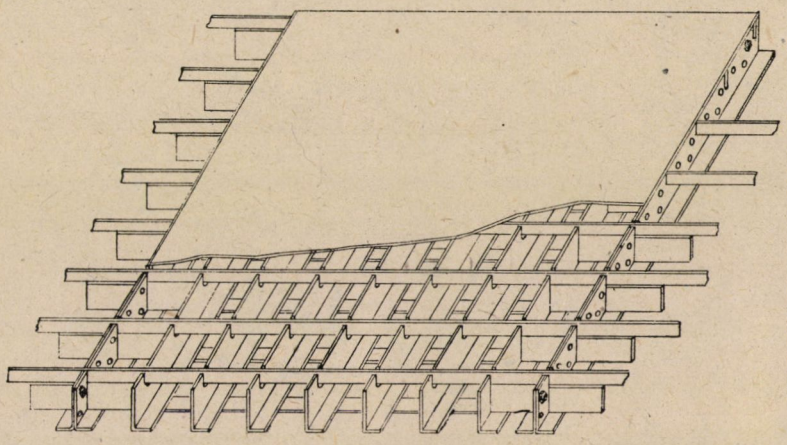
A zárt-, illetve cellarendszert úgy kell készíteni, hogy a szegecselés belülről egyen elkészíthető. Ha ez nem érhető el, úgy vagy megfelelő alakítással, vagy



23. ábra

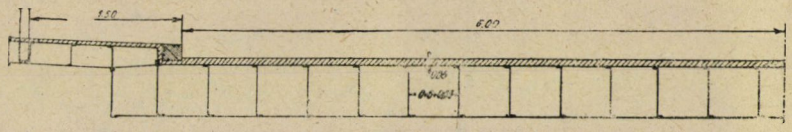
robbanófejes szegecsekkel, vagy ékkel kitámasztott ellentartós szegecsekkel kell a zárt szelvény szegecselését megoldani.

A gazdaságos tervezés szabályaihoz egyébként még egy igen fontos tényező figyelembevétele tartozik, az alumíniumötvözetű szerkezet anyagának az ára, továbbá a műhelygyártás és szerelés költségei.



24. ábra

Az alumíniumötvözetből készített szerkezet a szabadszállási hídnál 2,63-szor drágább volt, mintha vashidat építettünk volna. Nagyobb támasz-



25. ábra

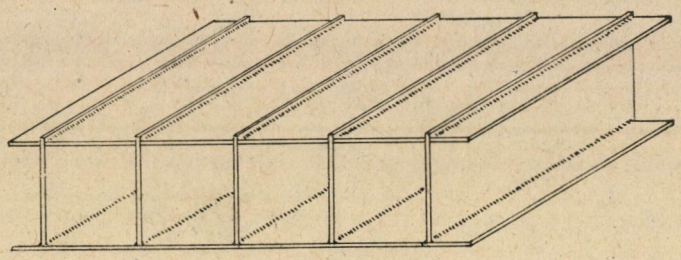
közöknél az arány valamivel kedvezőbb, ott az állandó terhelés hatása viszonylag nagyobb, de 2,0 alá nehezen megy.

Ha az egységárak összetevőit hasonlítjuk össze, úgy az anyagárban több mint tizennégyszeres az eltérés : a gyártási és szerelési egységárakban az eltérés elhanyagolható.

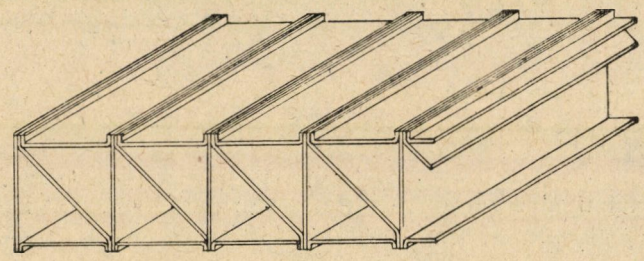
A 2,63-szoros árkülönbség azonban úgynevezett hatásos alkalmazásokkal csökkenthető.

Mindenekelőtt anyagmegtakarításra kell törekedni még akkor is, ha ezáltal a szerkezet munkásabb lesz, mert a műhelygyártási munka elhanyagolható az anyagár mellett.

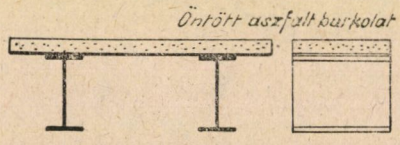
Tömör főtartók helyett rácsos szerkezetű főtartókat, sőt rácsos pályatartókat is kell építeni. Az alacsony rugalmassági modulust nagyobb tartómagasság felvételével lehet ellensúlyozni. További szabály a folytatólagosság alkalmazása



26. ábra



27. ábra

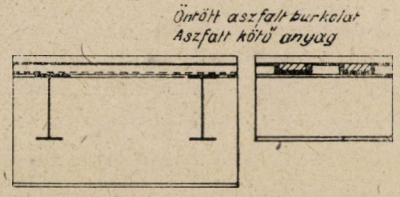


28. ábra

a főtartóknál, pályatartóknál, szélrácstartóknál. A nyomott szerkezeti eleme ket, oszlopokat, sarukat acélból tervezhetjük. Itt az alacsony rugalmassági modulus hátrányt jelent.

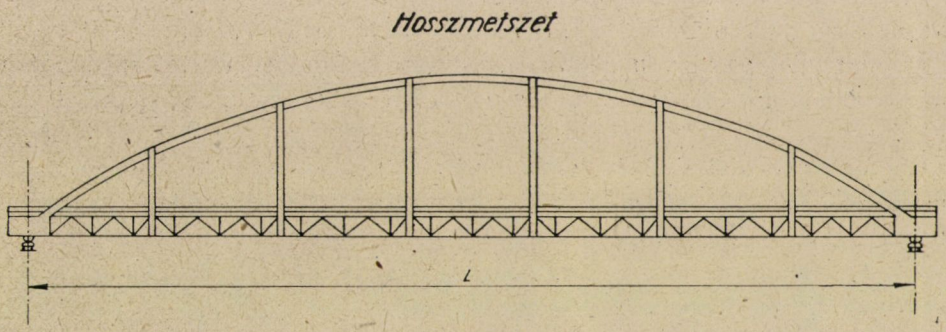
Az alumíniummal elérhető súlymegtakarítás hatása annál nagyobb, minél távolabb van az alumínium beépítve a támaszoktól. Ekkor ugyanis a súlymegtakarítás a közbeiktatott teherviselő szerkezet súlyát is közvetve befolyásolja,

Például Gerber tartó befüggesztett részét gazdaságos alumíniumból készíteni, mert ez a konzol és a kéttámaszú konzolos főtartórész szelvényeit is előnyösen befolyásolja, a súlycsökkentő hatás tehát egyidejűleg többfelé érvényesül.

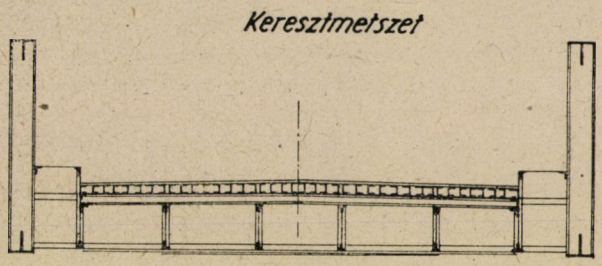


29. ábra

Ugyancsak gazdaságos lehet az alumínium pályaszerkezet alkalmazása nagy támaszközű hidaknál, mert a pályaszerkezetben nyert minden kg súlymegtakarítás a főtartó súlyában is külön jelentkezik.



30/a. ábra



30/b. ábra

Kimagasló előnye van az alumíniumnak mozgatható hidaknál. Emelhető hidaknál a megtakarítás 1 : 1, csapóhidaknál 1 : 3, a gépi berendezésben pedig még ennek is többszörösét teheti ki a súlymegtakarítás hatása.

Nyomott elemeknél $\lambda > 60$-nál nagyobb karcsúság esetében már nem gazdaságos az alumínium, mert az Euler-régióban az E háromszor nagyobb lévén, háromszor annyi anyag kell alumíniumból, mint kellene vasból.

Hajlított tartóknál lehetőleg vékony gerinclemezt és inkább több gerincmerevítést alkalmazzunk. Ez csökkenti ugyanis a gerincnek aránylag kevéssé kihasznált anyagát, viszont a gerincet biztosítja a kihajlással szemben. A könnyű fémelemek minimális vastagsága, tekintettel a korrózióra, azonban 7—8 mm-nél vékonyabb ne legyen, mert akkor már incidentális károk állhatnak elő.

Közvetlen érintkezés betonnal, nedves fával, azbeszttel nem engedhető meg.

Ívhidaknál az alumínium alkalmazása kevésbbé előnyös, tekintettel arra, hogy ott a nyomási feszültség az uralkodó. Függő hidaknál a merevítőtartó a feszültségek növelése nélkül magasabbra emelhető, mint az acéltartók esetében. Függő hidak esetén a leglényegesebb anyagmegtakarítás az acélkábeleknél jelentkezik. Ez ugyanis a függőhíd legdrágább része és nagy nyílás esetében a pályatartókban és merevítő tartókban elért súlymegtakarítás a kábelnél szintén sokszorosan jelentkezik.

Előnyös az alumínium alkalmazása olyan esetekben, ahol a megtakarítás a többszöri alkalmazásnál a kisebb súly szállítási költségében mutatkozik. Ez fordul elő provizóriumoknál, csőállvány-szerkezeteknél, jól alkalmazható még többfőtartós hídrendszernél és préselt táblás könnyű pályaszerkezeteknél. Például előnyösen lenne alkalmazható az alumínium az Erzsébet-híd újjáépítésénél a gyalogjárdák vasbetonlemeze helyett. Itt a súlycsökkenés előnyös hatása nemcsak a láncnál, hanem a lehorgonyzó erők csökkenésével a lehorgonyzó falazatokban is jelentkezik.

Az alumíniumércnek hídépítési vonalon leendő szélesebb körű alkalmazásához szükség lenne a következő előkészítő munkára.

1. Alumínium pályaszerkezetek tervezésére és kikísérletezésére. Ezeket nagy támaszközű hidakra lehetne alkalmazni olyan esetekben, amikor a híd erősítése nem lehetséges és az erősítést könnyű pályaszerkezet alkalmazásával lehet elkerülni. A könnyű alumínium pályaszerkezetekre vonatkozó kísérleteket dinamikus terheléssel kellene végezni, amihez egy fárasztó-berendezés létesítésére volna szükség.

2. Olyan műhelyt kellene felállítani, amely kizárólag alumínium hídszerkezeteket gyárt modern műhelyberendezéssel, nagy teljesítőképességű présekkel ellátva. Jelenleg csak mellékesen foglalkoznak a műhelyek alumínium szerkezetekkel, ami egyrészt nem előnyös a fejlődésre, másrészt a vas közelsége sem előnyös az alumíniumra.

3. El kellene készíteni az alumínium hídszerkezetek tervezésére vonatkozó irányelveket.

4. Meg kellene vizsgálni azokat a lehetőségeket, amikkel az alumíniumnak jelenleg igen magas 29.50 Ft/kg árát le lehetne szorítani.

Ezekkel az intézkedésekkel lehetővé kellene tenni az alumínium hídszerkezetgyártás további fejlődését Magyarországon, ami fontos nemzetgazdasági érdek.

IRODALOM

1. *Buray Zoltán dr.:* Kísérletek nagy átmérőjű könnyűfém szegecsek előállítására Alumínium, II. 5., 6., 7., 8.

2. *Deniflé Sándor:* Hazai használatos alumíniumötvözetek, azok tulajdonságai és nemesítési módjai. Alumínium, 36. o.

3. *Dr. Feimer László:* Alumínium felhasználása épület- és tartószerkezeteknél.

4. *D. B. Steimann:* How to Design Aluminium Bridges. Engineering New Record, 143. 1949.

5. *Fritz Leonhardt:* Leichtbau, Die Bautechnik, 1940.

6. 23. *S. Moiself:* Design Specifications for Bridges and Structures of Aluminium Alloy 27. Pittsburgh, 1940.

7. *R. Gresilon:* Une Presse à Forger de 50.000 t et une Presse de Filer de 20.000 t. Revue de Aluminium 1935. Mai No. 177.

8. *Maurice Viktor:* Un pont en Duraluminium de 95 Mètres de Portre sur la Rivière Tummel. Revue de Aluminium, 1951. Febr. No. 174.

9. A Magyar Közlekedés- és Mélyépítéstudományi Egyesület által kijelölt Munkabizottság jelentése.

HOZZÁSZÓLÁSOK

MIHAILICH GYŐZŐ

A hatalmas magyar bauxit kincs kötelességévé tette a magyar mérnököknek, hogy az alumíniumötvözeteknek hídépítés céljára való felhasználását alaposan tanulmányozzák.

Az alumíniumötvözet alkalmazása hídépítés terén elég régi keletű, 1933-ban Pittsburgban egy nagy híd pályaszerkezetét készítették belőle, amikor is a híd teherbírásának szükséges növelését úgy lehetett biztosítani, hogy a régi vas pályaszerkezetet könnyű alumíniumszerkezettel helyettesítették. Azóta igen kevés híd készült alumíniumból. — Amint az előadásból hallottuk, a szabadszállási kis próbahíd az ötödik alumíniumhíd a világon.

Elsősorban is legyen szabad fölhívnom a figyelmet egy a dural alumíniumötvözetek veszedelmesnek látszó hibájára. Ez a felületi karcolással szemben való érzékenysége. Előadó szerint a karcolások kristálymenti korrózionak és fáradási törésnek lehetnek okozói.

E különös érzékenység miatt az alumíniumszerkezetek gyártását, szerelését, szállítását különös gonddal kell végezni és a munkához még különleges szaktudás is szükséges úgy, hogy erre a vasszerkezeti dolgozókat is át kell képezni.

A gyártás, a szerelés és a használat közben felületi karcolások könnyen lehetségesek, ezért véleményem szerint ezt a kérdést még tovább alaposan meg kell vizsgálni avégből, hogy a híd kellő biztonsága tekintetében ne merülhessen föl semmiféle aggály.

Igen érdemes munkát végzett az Alumíniumkutató Intézet, midőn a hidegszegecselés módszerét önállóan kidolgozta, miután külföldi irodalom nem állott rendelkezésére.

Mindenesetre sajnálatos, hogy az alumínium előállításának költséges volta miatt az alumíniumhíd jóval többe kerül, mint a vashíd. A költségek csökkentésére meg lehetne kísérelni a szabadszállási hídnál alkalmazott anyag helyett nagyobb szakító szilárdsággal, folyási határral és fáradási határral rendelkező anyagot használni.

Ezenkívül pedig az alumíniumötvözet alkalmazása oly esetben jöhetne elsősorban szóba, ahol a kis súlya érvényesíthető. Így pl. az Erzsébet-híd újjáépítése alkalmat nyujthatna alumínium pályaszerkezet létesítésére. Ilykép jól lehetne hasznosítani az alumínium kis súlyát, aminek révén a merevítőtartó és a láncok súlyában megtakarítás érhető el, valamint a hídfők stabilitása is kedvezőbbé válna.

Ez a kísérleti híd szép példája különböző tényezők — a közúti hídosztály, az Alumíniumkutató Intézet és a gyári műhely — harmonikus együttműködésének.

Az értékes eredmények mutatják, hogy a felszabadulás óta a tudományos munka — az építőipar szolgálatában — minő nagy mértékben fejlődött.

BURAY ZOLTÁN

Haviár dr. elhangzott előadásában szisztematikusan beszámolt az első kontinensi alumíniumhíd tervezéséről és építéséről. A beszámoló olyan hiánytalan és alapos volt, hogy egy a munkában résztvevőnek nehéz vele akár vitába

szállni, akár azt kiegészíteni. Hozzászólásomban ezért inkább csak egy-két megjegyzést óhajtok tenni alumínium szempontból, másrészt a helyszíni szegecseléssel kapcsolatos kérdéshez szeretnék pár szóval a Fémipari Kutató Intézetnek e tárgyban végzett kísérleteiről beszámolni.

Az alumínium, mint azt Haviár dr. is több helyen említette, a rováshatással szemben érzékeny. Azonkívül a vasanyagokkal ellentétben nem rendelkezik olyan jól meghatározható kifáradási határral. Ez azt jelenti, hogy egy alumíniumötvözet, amely 2×10^6 igénybevételt törés nélkül kiállotta, egyáltalán nem biztos, hogy ugyanazt az igénybevételt 10×10^6, vagy 50×10^6-szor is kiállja. Ezért a fárasztó vizsgálatoknál és a kifáradási határ megadásánál mindig meg kell említeni, hogy az hány milliószoros igénybevétel-változásra és milyen felületi állapotú anyagra vonatkozik. A hídanyag vizsgálatánál éppen a valóság jobb megközelítésére, a fárasztások minden megmunkálás nélküli, hengerelt anyaggal történtek és a kifáradási határt 2×10^6 igénybevétel-ismétlésig állapították meg. Azért elégedtünk meg az aránylag alacsony ismétlési számmal, mert egy közúti híd a maximális igénybevételt 2×10^6-szor nagy forgalom esetén sem éri el 50 év alatt.

A másik kérdés, amihez hozzá szeretnék szólni, a hídszerkezetek helyszíni szegecselése. Ez a kérdés az alumíniumötvözetű szerkezeteknél nem a legegyszerűbb feladat. Köztudomásúan az alumínium szegecselése hideg állapotban történik és így nagy átmérőjű szegecseknél a fej nagy tömegének kialakítása — mint az előadás során is hallottuk —, igen tekintélyes fejezőerőt igényel. A szegecselőpatkó 70—100 tonnájának, de még a 35—40 tonnájának megfelelő energiát sem lehet pneumatikus kalapáccsal olyan rövid idő alatt kifejteni, ami a szegecsfej kialakításához szükséges volna. Ezért kellett egy olyan fejformát keresni, amelynél a deformálandó tömeg lényegesen kisebb.

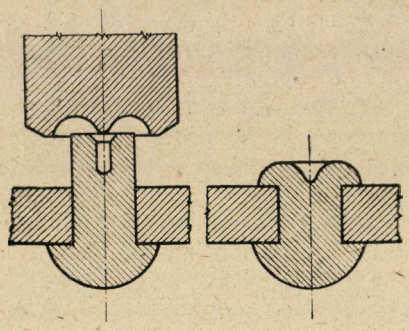
A külföldi szakirodalomban az elmult hónapokban kétféle fejformáról adtak hírt. Az egyik az, amelyiket mi köldökfejűnek, a másik, amelyet gyűrűsfejűnek próbáltunk elnevezni. Itt meg kell jegyeznem, hogy a Haviár dr. által gyűrűsfejűnek nevezett szegecs az, amit mi köldökfejűnek kereszteltünk és az általunk gyűrűsfejűnek nevezett egy lényegében más forma, mint azt a továbbiakban bemutatjuk. Mind a kettőnél a fej kialakítására szolgáló szegecsszárat megfúrják, de míg az előbbinél csak aránylag vékony furatot készítenek és ez főleg a fejezőszerszám vezetésére szolgál, az utóbbinál a furat a szegecsszár átmérőjéhez képest igen nagy és célja a szár tömörítésének elősegítése.

A köldökfejű szegecsnél a fejezés a fejezőszerszám kisszögű mozgatásával történik, míg a gyűrűsfejű szegecsnél a pneumatikus kalapáccsal a szokott szabályos fejező mozgást végzik. A két rendszer közötti különbség az 1. és 2. ábrából jól látható. A köldökfejű szegecseléshez természetesen több fejező energiára van szükség, mint a lényegesen kisebb anyagmozgatású gyűrűsfejű szegecseléshez.

Egy acélanyaghoz szokott hídszerkesztő első pillanatban joggal megdöbben, ha ezeket a szegecsfejeket meglátja. Figyelembevéve azonban az alumíniumszegecselésnek az acélhoz képest lényegileg más voltát, ezek a fejek már nem tünnek olyan hihetetlenül vakmerőeknek.

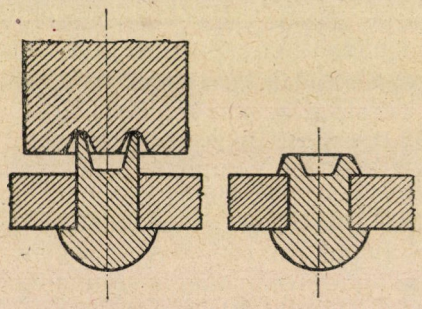
Az alumínium szegecselésénél, annak hideg állapotban való végrehajtása miatt, nem lép fel a meleg vasszegecsek zsugorodó hatásából származó szorító erő, ami a fejet lepattanásra veszi igénybe. Az erőátvitel kizárólag a szegecsszáron és lyukpaláston át történik. A fontos tehát az, hogy a szegecsszár a lyukat

jól kitöltse, oda betömörödjön. Ezt a köldökfejű szegecsnél azzal érik el, hogy a légszerszámmal való fejelésnél még mindig olyan tekintélyes erőt kell közölni a fejjel, ami a szegecsszárat is a folyási határon felül veszi igénybe, ami által az a lyukat jól kitölti, mint azt az Intézetben végzett kísérletek is igazolták.



1. ábra

Ezzel szemben a gyűrűsfejű szegecsnél a fejezőszerszám lapos középső vége egyenesen feltámaszkodik a szegecsszárra és így azalatt, míg a fej kialakítása folyik, a szegecsszár közvetlenül olyan mérvű nyomást kap, amely azt folyásra kényszeríti. A szegecsfej tehát, különösen az utóbbi esetben, csaknem



2. ábra

kizárólag egy a kiesés elleni biztosításra szolgál, mint azt Whitman tanulmányában ki is fejtette. Alumíniumszerkezeteknél ugyanis a szegecset húzásra igénybevenni különben sem szabad.

Bár elvileg Whitman-nek igaza van, mégis ismétlődő igénybevételnél nem látjuk teljesen megnyugtatónak a gyűrűs szegecseket és így a szabadszállási híd helyszíni szegecseléséhez a köldöktípusú szegecseket választottuk.

A köldöktípusú szegecsekkel kapcsolatos kísérletek igen kedvező eredménnyel fejeződtek be. A szabadszállási híd szegecsanyagával 20 mm ∅ mellett MÁVAG MS 55 típusú légpuskával a köldöktípusú szegecsfej 20—25 mp alatt volt kialakítható. A szegecsszár 0,3—0,9 mm lyuk toleranciát tökéletesen kitöltött. Sem sztatikus, sem fárasztó igénybevételnél a fej nem pattant le, akár egy, akár kétnyírású vo t is a kötés. A pontos fejező méretet és furatmélységet

is kikísérleteztük, úgyhogy a technológiai utasításokat ezek alapján az üzemnek meg tudjuk adni. A kísérletek szerint tehát a szabadszállási híd helyszíni szegecselésénél alkalmazott provizorikus vascsavarok kicserélhetők lesznek köldöktípusú alumínjumszegecsekre.

Az alumíniumhidak problémájának egyik nem elhanyagolható pontja még a gazdaságosság kérdése. Az alumínium felhasználásának mérnöki szerkezetekhez pillanatnyilag — mint azt Haviár dr. is kifejtette — két akadálya van. Az egyik a fémnek igen magas ára, a másik pedig a nagyméretű lemezek és profilok előállítási nehézsége. Az árvonalon komoly csökkenéssel egyhamar nem igen lehet számolni, mivel az előállítási költségek lényeges csökkentése csak egy újfajta előállítással és a melléktermékek — mint pl. titán, vanádium, vas — kinyerésével és felhasználásával oldható meg. A Fémipari Kutató Intézetben mindegyik irányban igen előrehaladott és kedvező eredményekkel kecsegtető kísérletek folynak, de az üzemi megvalósításuk természetesen még távoli.

A nagyobb méreteknek és a magasabb szilárdságú ötvözetek előállításának viszont a jelenlegi, aránylag kisméretű henger- és présművek, valamint hőkezelőkemencék szabnak határt. Remélhetőleg a régóta vajúdó új, nagyméretű alumínium félkészárugyár felállítása a közeljövőben megvalósul és ezzel nemcsak a darabméretek növelhetők meg, hanem a szilárdsági értékek is az eddigi 36—38 kg/mm²-ről, 42—46 kg/mm²-ig felvihetők. E kettős hatás újabb súlycsökkentésre, valamint a nagyobb fesztávolságú szerkezetek előállítására ad lehetőséget. Ezáltal az anyagmennyiségben adódó megtakarítást az alumínium műhelygyártási költségében jelentkező lényeges megtakarítást szembeállítva az acéltakarékossággal, az alumíniumszerkezeteknek szélesebbkörű felhasználása válhat lehetővé.

IRODALOM

1. Structural Light-Alloy Riveting With the High-Tensie Alloys. *J. G. Whitman.* The Engineer, 1951. VIII. 24.

2. Developments in the Cold Riveting of Aluminium. *E. Anders* and *D. G. Elliot.* Engineering, 1950. VIII. 11.

BÖLCSKEY ELEMÉR

Dr. Haviár Győző könnyűfémszerkezetekkel kapcsolatos előadásához a tervezés szempontjából szeretnék néhány megjegyzést fűzni.

Elsősorban megemlítem, hogy az előadó által ismertetett szabadszállási könnyűfémhíd a második hazai könnyűfémszerkezet volt. E híd tervezését és kivitelezését ugyanis megelőzte a Kossuth-híd, ugyancsak könnyűfémszerkezetű, vizsgáló kocsijainak elkészítése.

E vizsgáló kocsik aránylag könnyű terhelésre méretezettek, mégpedig egy hegesztőberendezés súlyára és minimális mozgó terhelésre. Ebből következett, hogy ennek tervezésénél és kivitelezésénél az előadásban ismertetett nehézségek — pl. a szegecseléssel kapcsolatban — kevésbbé jelentkeztek. Ez a körülmény tette lehetővé azt is, hogy a kocsik anyagául antikorodál típusú ötvözetet választhattunk, bár ennek szilárdsági tulajdonságai valamivel kedvezőtlenebbek, mint a hídszerkezetnél alkalmazott duraltípusú ötvözeteké. Lényegesen jobb azonban ezeknek az ötvözeteknek korróziós ellenállóképessége. A nagyobb korróziós ellenállásra pedig feltétlenül szükség volt, hisz e kocsik a dunai hajók füstgázainak közvetlenül vannak kitéve.

Az előadás tulajdonképpeni tárgyára, a szabadszállási alumíniumhídra térve megemlítem, hogy a tervezés során számos — a feladat újszerűségéből folyó — nehézséget kellett leküzdeni, bár a szerkezet megjelenésében hasonló egy szegecselt vasszerkezethez. Lényeges különbség van ugyanis a két anyag rugalmassági modulusa között. A könnyűfémszerkezetek rugalmassági modulusa cca. egyharmada a vas rugalmassági modulusának, s így azonos, vagy közel azonos lehajlási viszonyok elérése céljából jóval nagyobb szerkezeti magasságokkal kell dolgozni. Szóbanforgó feladatnál a rendelkezésre álló szerkezeti magasság aránylag alacsony volt, s ez indokolta, hogy a főtartókat a kerékvetők alatt helyeztük el. Így a kerékvető magasságának és a pályaburkolat vastagságának megfelelő, cca. 25 cm-es magasságtöbbletet kihasználhattuk. Ugyancsak a rugalmassági modulus alacsonyabb voltából következik, hogy a könnyűfémszerkezetek kihajlással szemben lényegesen érzékenyebbek. Erre a körülményre a tervezés során természetesen figyelemmel kellett lenni.

Az elhangzottak alapján megállapíthatjuk, hogy az első hazai könnyűfémszerkezetek tervezése és kivitelezése során mutatkozott műszaki nehézségeket általában sikerült leküzdeni. E szerkezetek elterjedésének útjában még egy igen súlyos akadály áll, a könnyűfémszerkezetek költséges volta. Mint hallottuk, a kész könnyűfémszerkezetek · ára kg-ként 32 Ft, melyből műhelymunkára 1 Ft, a szerelésre pedig mintegy 1.50 Ft esik. A fennmaradó cca. 29 Ft az anyag költsége, melyből jóval több mint a fele esik az előállításhoz szükséges elektromos áramra. Lényeges árcsökkentést tehát elsősorban akkor érhetnénk el, ha az eddigi — hőerőművek útján termelt — viszonylag költséges áram helyett, olcsóbb vízierőművek útján termelt áramot használhatnánk fel az alapanyag előállításához. Bízunk abban, hogy akár saját vízierőműveink felépítése, akár import útján hamarosan olcsó elektromos áramhoz juthatunk, s így a könnyűfémszerkezetek szélesebb körben való elterjedésének útjából a gazdasági akadály is elhárul.

ADALÉKOK A KIHAJLÁS ELMÉLETÉHEZ

CSONKA PÁL

1. A rugalmas kihajlás esete

A szilárdságtan egyik legérdekesebb és egyes vonatkozásaiban ma is nyitott kérdése a nyomott rudak kihajlása.

A szilárdságtan eme problémájával először *Leonhard Euler*[1] foglalkozott. Ő 1744-ben megjelent híres munkájában, a *Methodus*-ban a központos nyomásra igénybevett, két végén csuklós, prizmatikus rúd kihajlását tárgyalván, a kihajlást előidéző feszültségre a

$$\frac{\pi\pi E k k}{a a} \tag{1}$$

képletet vezette le. Ez az ú. n. *Euler-féle képlet*, a technikai irodalomban ma szokásos betűjelekkel ekként írható:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E i^2}{l^2} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}. \tag{2}$$

Az Euler-féle képlet azon a feltevésen alapszik, hogy a rúd anyagának alakváltozási tényezője állandó: $E = \text{konst}$. Minthogy acélanyagokra ez a feltétel csak akkor teljesül, ha a kihajlás a σ_p arányossági feszültséget nem haladja meg, vagyis $\sigma \leqq \sigma_p$, így az Euler-féle képlet csak

$$\lambda = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_p}} = \lambda_p \tag{3}$$

rúdkarcsúság esetén alkalmazható.

2. Engesser eredeti elmélete (1889.)

A kihajlás problémájának elméleti megoldása a $\lambda < \lambda_p$ szakaszon sokáig megoldatlan maradt. Csak mintegy 150 évvel Euler képletének közzététele után *Fr. Engesser* kísérli meg a feladat megoldását (1889). Szerinte[2] a kihaj-

[1] *L. Eulerus:* Methodus inveniendi lineas curvas maximi minimive proprietate gaudentes. Lausanne-Geneve, 1744, Bousquet.

[2] *Fr. Engesser:* Über die Knickfestigkeit gerader Stäbe. *Zeitschrift des Architekten und Ingenieur-Vereins zu Hannover*, 35 (1889), pp. 455—462.

lást előidéző feszültség a $\lambda < \lambda_p$ szakaszon is az Euler-féle képlethez hasonló szerkezetű képlettel fejezhető ki, csak a kezdeti E alakváltozási tényező helyére a kihajlást előidéző σ' feszültségi értéknek megfelelő E' alakváltozási tényezőt kell tenni. Ez a képlet az ú. n. *Engesser*-képlet. E szerint a kihajlást előidéző átlagos nyomófeszültség

$$\sigma' = \frac{\pi^2 E'}{\lambda^2}, \tag{4}$$

ha t. i.

$$E' = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}. \tag{5}$$

3. Engesser módosított elmélete

Közvetlenül Engesser képletének közzététele után. az 1889. párisi kongresszuson, melynek vitaanyaga csak 1891-ben közöltetett, *A. Considére*[3] kimutatta, hogy Engesser képlete téves. Engesser u. i. képletének levezetésekor nem vette tekintetbe azt, hogy a rúd azon szálaiban, melyek a kihajlás során feszültségcsökkenést szenvednek, az E' alakváltozási tényező helyett az eredeti E alakváltozási tényező érvényes (8. ábra). Considère egyúttal arra is rámutatott, hogy a kihajlás-képletben az E' tényező helyett valamely olyan $\bar{E}$ tényezőnek kell szerepelnie, mely az átlagos nyomófeszültségtől függ, s értéke az E és E' értékek közt foglal helyet.

Engesser a Considère-féle kritikáról csak később (1895), a többszörös rácsozatú hidak nyomott rácsrudainak kihajlása kérdésében közte, F. Jasinski és G. Mantel közt a Schweizerische Bauzeitung hasábjain lefolyt vita[4] során szerzett tudomást. *F. Jasinski*[5] e vita kapcsán rámutatott arra, hogy Engesser levezetése nem kifogástalan, felhívta a figyelmet Considère korábbi megállapításaira, de az E tényező elméleti úton való meghatározását kilátástalannak minősítette.

Jasinski kritikája nyomán *Engesser*[6] módosította elméletét (1895) s arra a megállapításra jutott, hogy az alakváltozási diagramm emelkedő, illetve süllyedő ágának megfelelően, kétféle alakváltozási tényezővel számítva, a kihajlást előidéző feszültség

$$\sigma'' = \frac{\pi^2 E''}{\lambda^2}. \tag{6}$$

[3] *A. Considére:* Congrés internationale des procédés de construction (1891) p. 371.

[4] *G. Mantel:* Knickfragen. *Schweizerische Bauzeitung*, **25** (1895) pp. 15—16, 24—26. *F. Jasinski:* Zu den Knickfragen. *Schweizerische Bauzeitung*, **25** (1895) pp. 63—64. *Fr. Engesser:* Knickfragen. *Schweizerische Bauzeitung*, **25** (1895) pp. 88—90, 90—91. *Fr. Engesser:* Reber Knickfragen. *Schweizerische Bauzeitung*, **26** (1895) pp. 24—26.

[5] *F. Jasinski:* Noch ein Wort zu den Knickfragen. *Schweizerische Bauzeitung*. **25** (1895), p. 172—174.

[6] *Fr. Engesser:* Widerstandsmomente und Kernfiguren bei beliebigem Formänderungsgesetz (Spannungsgesetz). *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*. **42**. (1898), pp. 903—907, 927—931.

E képletben szereplő E'' mennyiség az úgynevezett *kihajlási modulus*, melynek értéke derékszögű négyszög keresztmetszet esetén az oldalfelező irányában végbemenő kihajlásra

$$E'' = \frac{4EE'}{(\sqrt{E}+\sqrt{E'})^2}, \quad \text{illetve} \quad \frac{1}{\sqrt{E''}} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{\sqrt{E}}+\frac{1}{\sqrt{E'}}\right). \tag{7}$$

Viszont két végtelen vékonyfalú övből álló szimmetrikus keresztmetszet esetén az övekre merőlegesen végbemenő kihajlásra

$$E'' = \frac{2EE'}{E+E'}, \quad \text{illetve} \quad \frac{1}{E''} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{E}+\frac{1}{E'}\right). \tag{8}$$

Az E'' értéke általában az E és E' értékek közt foglal helyet:

$$E' \leqq E'' \leqq E. \tag{9}$$

Ennek megfelelőleg a σ'' kihajlási feszültség általában a σ' feszültségnél nagyobb, de viszont az Euler-féle σ_E értéknél kisebb, vagyis

$$\sigma' \leqq \sigma'' \leqq \sigma_E. \tag{10}$$

Engesser módosított elméletét *Kármán Tódor* végesmértékű alakváltozások esetére általánosítja. Ezért a módosított Engesser-féle elméletet *Engesser-Kármán*-féle elméletnek is szokás nevezni.[7]

A kihajlás kérdésének felderítése terén jelentősek *E. Chwalla*[8], *M. Roš* és *J. Brunner*[9], valamint *K. Ježek*[10] és *Szécsi András*[11] tanulmányai is. Ezek a tanulmányok a Kármán Tódor által megjelölt utat követve, a képlékeny kihajlás kérdésének eddig kellőképp meg nem világított számos részletét tisztázták.

4. Shanley új elmélete

Újabban *F. R. Shanley*[12] az Engesser—Kármán-féle elmélettel foglalkozva, kimutatta, hogy ez az elmélet ellentmondást tartalmaz s mint ilyen,

[7] *Th. v. Kármán:* Untersuchungen über Knickfestigkeit. *Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens*, **81** (1910).

[8] *E. Chwalla:* Die Stabilität zentrisch u. exzentrisch gedrückter Stäbe aus Baustahl. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien*, Math. naturwiss. Kl. Abt. IIa, **138** (1928), 8. füzet.

E. Chwalla: Schlussbericht des I. Intern. Kongresses für Brücken- und Hochbau, Paris, (1932), p. 53—71.

[9] *M. Roš—J. Brunner:* Die Knickfestigkeit von an beiden Enden gelenkig gelagerten Stäben aus Konstruktionsstahl. *Bericht der Gruppe VI. der T. K. S. V. B.* Zürich, 1926.

[10] *K. Ježek:* Die Festigkeit von Druckstäben aus Stahl. Wien, 1937, Springer.

[11] *A. Szécsi:* Flambage par compression axiale. Application de la théorie de la plasticité. *Bulletin Technique de la Suisse Romande*, **75** (1949), pp. 45—52.

A. Szécsi: Flambage excentrique. *L'Ossature Métallique* **16** (1951), pp. 235—248.

[12] *F. R. Shanley:* The Column Paradox. *Journal of the Aeronautical Sciences* **13** (1946), p. 675.

F. R. Shanley: Inelastic Column Theorie. *Journal of the Aeronautical* Sciences. **14** (1947), pp. 261—8. (Kármán Tódor hozzászólásával.)

revízióra szorul. Shanley egyben meg is jelölte a kihajlás tanulmányozásának helyes útját.

Shanley az Engesser—Kármán-féle elméletre vonatkozó kritikáját 1946-ban tette közzé, új elméletét pedig 1947-ben közölte. Erről az új elméletről a hazai műszaki körök *dr. Korányi Imréńek* egy az elmúlt hetekben megjelent tanulmányából[13] szerezhettek tudomást.

Shanley új elmélete, mely a klasszikusnak vélt Engesser—Kármán-féle elméletet egy csapásra megdöntötte, elméleti szempontból alapvető jelentőségű. Ez a körülmény tette időszerűvé, hogy Szerző jelen tanulmánya tárgyául a kihajlás Shanley-féle új elméletét válassza.

A kihajlás jelensége az Engesser—Kármán-féle elmélet szerint oly módon megy végbe, hogy az eredetileg egyenes rúdtengely egészen a kritikus σ'' feszültségi határig egyenes marad, majd ekkor *hirtelen* görbül ki. Ezzel szemben Shanley szerint a rúdtengely kigörbülése az eredeti Engesser-féle σ' feszültségi határon indul meg s az erő növekedtével *fokozatosan* fejlődik ki.

Az eredeti Engesser-, illetve a módosított ú. n. Engesser—Kármán-féle elméletnek Shanley által kimutatott ellentmondásai igen szemléletesen jelentkeznek, ha — *S. R. Shanley* illetve *Ch. Massonet*[14] nyomán — a rúd igénybevételi állapotát a különböző terhelési lépcsőknek megfelelő feszültségi ábrákkal jellemezzük. Ez az ábrázolásmód egyúttal lehetőséget nyújt a Shanley-féle új elmélet elveinek ismertetésére is.

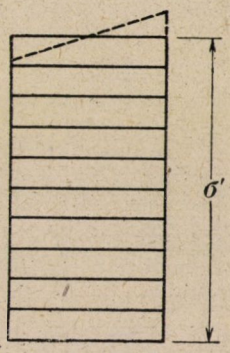
Az összehasonlítás lehetővé tételére először az *eredeti Engesser-féle elmélet* feszültségi lépcsőit mutatjuk be (1. ábra). Ezen elmélet szerint a nyomóerő növekedtével a feszültségek a rúdkeresztmetszet egész terjedelmében fokról-fokra egyenletesen növekednek mindaddig, amíg az általagos feszültség el nem éri az E′ alakváltozási tényezőnek megfelelő σ' határt. Ekkor a rúd a nyomóerő növekedése nélkül *hirtelen* görbül ki, s ennek megfelelőleg a feszültségek a pontozottan jelzett megoszlásúak lesznek. Ez az elképzelés azonban — mint tudjuk — ellentétet rejt magában. Ha ú. i. a kigörbülés valóban ily módon menne végbe, akkor a kigörbülés alkalmával a szálak egy részén feszültségcsökkenés állna be, tehát az E' alakváltozási tényező helyett az E'-nél nagyobb E alakváltozási tényező jutna szerephez. Így a kihajlító feszültségnek σ'-nél nagyobbnak kellene lennie, holott a szóbanforgó elmélet azt állítja, hogy a kihajlító feszültség értéke σ'.

De ellentmondást tartalmaz Engesser *módosított* elmélete, az ú. n. *Engesser-Kármán-féle elmélet* is (2. ábra). Ha ugyanis, miként azt ezen elmélet állítja, a rúdtengely egészen a σ'' feszültségi határ eléréséig *egyenes* maradna, akkor a σ' és σ'' feszültségi lépcsők közt az eredeti 1889. évi Engesser-elméletnek

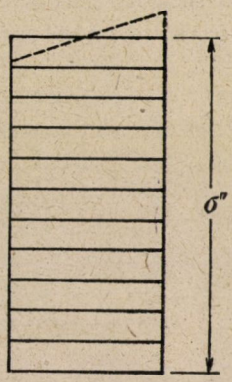
[13] *Dr. Korányi Imre:* Nyomott rudak vizsgálata kihajlásra. *Mélyépítéstudományi Szemle*, 1 (1951), pp. 553—562 és pp. 620—632.

[14] *Ch. Massonet:* Réflexions concernant l'établissement de prescriptions rationelles sur le flambage des barres en acier. *L'Ossature Métallique*, 15 (1950), pp. 358—378.

kellene érvényben lennie, mert a terhelés fokozása során σ'' eléréséig nem következnének be feszültségcsökkenés. Ilyenkor tehát a rúd a σ' feszültségi lépcső elérése után már nem lehetne stabilis állapotban, vagyis kigörbülne, holott a szóbanforgó elmélet szerint a rúdtengelynek egészen a σ'' feszültségi lépcső eléréséig egyenesnek kellene maradnia.



1. ábra. A feszültségi lépcsők Engesser eredeti elmélete szerint



2. ábra. A feszültségi lépcsők Engesser módosított elmélete szerint

A fentiekkel szemben a *Shanley*-féle elmélet szerint a feszültségi lépcsők másként alakulnak. Mindaddig u., i. amíg az átlagos nyomófeszültség a σ' határt nem haladja meg, a rúdtengely egyenes marad. Amint azonban a nyomóerő fokozatos növekedtével az átlagos nyomófeszültség eléri a σ' határt, a rúdtengely a növekvő erő hatására fokozatosan meggörbül.

Ily módon a feszültségi lépcsők tekintetében csak a 3/a. illetve a 3/b ábrán feltüntetett lehetőségek állnak fenn. Arra nézve, hogy ezek közül valóban melyik jön létre, a különféle szerzők különbözőképp vélekednek. Egyesek, így *F. Schleicher*[15] és *D. C. Drucker*[16] az *a)* alatti feszültség megoszlást legalább is a kigörbülés kezdő szakaszában lehetségesnek vélik, mások meg, így pl. *Ch. Massonet*[17] az *a)* alatti feszültségmegoszlást lehetetlennek minősítik. Magának *F. R. Shanleynek*[18] e kérdésben vallott állásfoglalása sem világos,

[15] *F. Schleicher:* Zur Theorie der plastischen Knickung. *Der Bauingenieur* **26** (1951) pp. 139—141.

W. Cornelius: Zuschrift zu dem Aufsatz von F. Schleicher: Zur Theorie der plastischen Knickung. Bauingenieur, **26** (1951), S. 139. *Der Bauingenieur*, **26** (1951), pp. 255—256.

F. Schleicher: Erwiderung. *Der Bauingenieur*, **26** (1951), p. 256.

F. Schleicher: Zur Theorie der plastischen Knickung (II.). *Der Bauingenieur*, **26** (1951), pp. 197—201.

[16] *D. C. Drucker:* Plasticity of Metals — Mathematical Theory and Structural Applications. *Proceedings American Society of Civil Engineers*, **76** (1950), Separate No. 27. pp. 7—9.

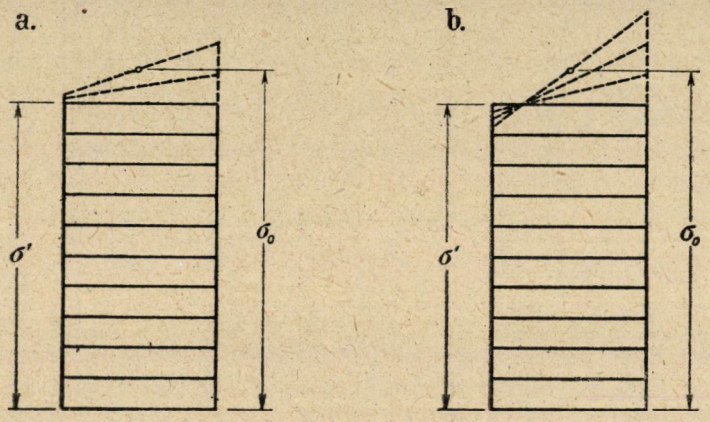
[17] *Ch. Massonet:* Réflexions concernant l'établissement de prescriptions rationelles sur le flambage des barres en acier. *L'Ossature Métallique*, **15** (1950), pp. 358—378.

[18] *F. R. Shanley:* The Column Paradox. *Journal of the Aeronautical Sciences*, **13** (1946), p. 675.

F. R. Shanley: Inelastic Column Theory. *Journal of the Aeronautical Sciences*, **14** (1947), pp. 261—268. (Kármán Tódor hozzászólásával.)

legalább is a cikkének bevezetésében mondottak a későbbiekben előadottakkal szöges ellentétben vannak. Félreérthető cikkének összefoglalásában a 4. pont értelme is, mert nincs világosan megmondva, hogy e pont állításai mely keresztmetszetre, vagy keresztmetszetekre vonatkoznak.

A különféle szerzők téves, vagy legalább is bizonytalan megállapításaival szemben Szerző véleménye szerint a 3/a illetve 3/b ábrán feltüntetett kétféle lehetőség egymástól függetlenül nem is jöhet létre, nevezetesen a rúd bizo-



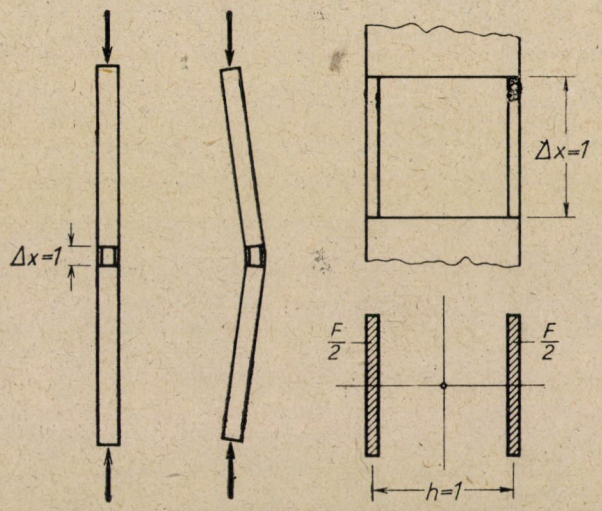
3. ábra. A tényleges feszültségi lépcsők

nyos szakaszán az *a)*, más részein viszont a *b)* alatti feszültségi állapotnak kell jelentkeznie. Az az eset u. i. elképzelhetetlen, hogy a rúd egész hosszában csak az *a)* illetve csak a *b)* alatti feszültségi lépcsők alakuljanak ki. Az első esetben u. i. a rúd egész terjedelmében az eredeti Engesser-féle elméletnek megfelelő állapotok uralkodnának, s így az átlagos nyomófeszültség legfeljebb σ' értékű lehetne, a második esetben viszont a rúd egész terjedelmében a módosított Engesser-féle elméletnek megfelelő viszonyok keletkeznének, s így a kigörbülés nem indulhatna meg a σ' határon. Szerző szerint tehát csak az az eset képzelhető el, hogy a rúd domború oldalán a kigörbülési folyamat alatt egyes rúdszakaszokon *feszültségnövekedés*, másutt pedig *feszültségcsökkenés* áll elő. E korrekció szükségessége azonban semmit sem von le Shanley új elméletének jelentőségéből.

5. Az új elmélet alkalmazása a Ryder-féle rúdmodellre, egyenesvonalú alakváltozási diagramm esetén

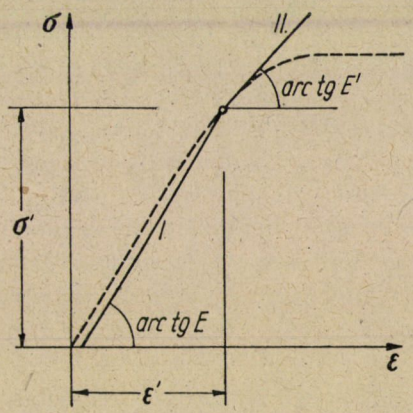
Az új kihajlási elméletnek gyakorlati feladatokra való alkalmazása igen súlyos matematikai nehézségekbe ütközik. E nehézségek elkerülése végett Shanley

az új elmélet ismertetésére az *E. I. Ryder*-féle »*rúdmodellnek*«, nevezetesen olyan rúdnak a kihajlását tárgyalja, melynek csupán középső — egységnyi



4. ábra. A Shanley-féle modell

hosszúságú — szakasza hajlékony, egyéb szakaszai pedig tökéletesen merevek. E rúd keresztmetszeti idomául két végtelen vékony övből álló szimmetrikus



5. ábra. A Shanley-féle modell feltételezett alakváltozási diagrammja

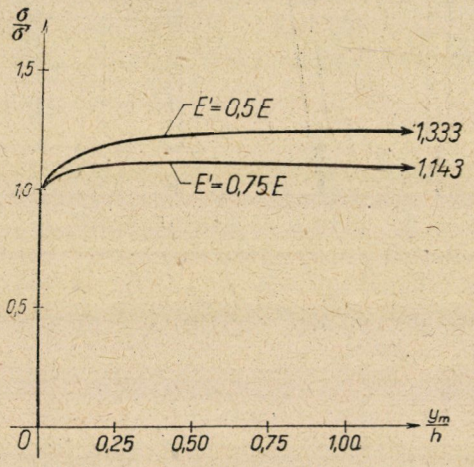
keresztmetszetet választ, olyat, melynek övsúlypontjai egymástól egységnyi távolságra vannak (4. ábra). A rudat központos nyomás esetében vizsgálja.

Felteszi, hogy a rúdvégek csuklósak, a kihajlás pedig az övek síkjára merőlegesen megy végbe. A rúdanyag alakváltozási diagrammját a σ' feszültség környezetében egyenes vonallal helyettesíti (5. ábra).

Shanley a fent említett modellen végzett számítások alapján arra a következtetésre jut, hogy a σ' feszültségi határ átlépése esetén az átlagos σ nyomófeszültség fokozásával a rúd kigörbülése rohamosan növekszik (6. ábra), nevezetesen

$$y_m = \frac{h}{2\left(\frac{\sigma}{\sigma - \sigma'} - \frac{E + E'}{E - E'}\right)}.$$

Számítása szerint a rúd teherbíróképességének felső határát az Engesser — Kármán-féle σ'' feszültség szabja meg, megjegyzi azonban, hogy ezen érték



6. ábra. A nyomófeszültség és kigörbülés összefüggése. (Shanley, 1947.)

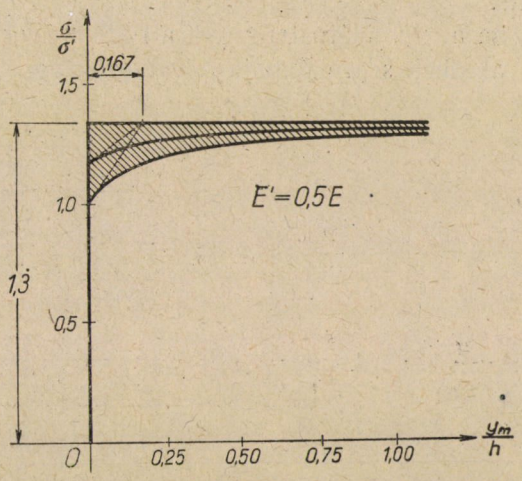
létrejöttét az a körülmény korlátozza, hogy a szerkezeti anyagok alakváltozási tényezője a feszültség növekedtével fokozatosan csökken.

Shanley nevezetes tanulmányában arra is rámutat, hogy abban az esetben, ha az erő növekedése során a rúd kigörbülését megakadályozzuk, a rúd a támasztás eltávolítása után is egyenes marad. Ha azonban az erőt a támasztás eltávolítása után ismét tovább növeljük, vagy ha az átlagos nyomófeszültség a σ'' határt eléri, a rúd kigörbül.

Shanley cikkéhez csatlakozóan *Kármán Tódor* kifejti, hogy Shanley elmélete azért is nagyjelentőségű, mert a kihajlás kérdésének általánosabb fogalmazását teszi lehetővé. Rámutat arra, hogy a kihajlás nemcsak a σ' határtól indulhat el, hanem bármely $\sigma' < \sigma < \sigma''$ nyomófeszültségtől, ha t. i. a rúd kigörbülését a feszültség növekedés közben meggátoljuk. A $\sigma = \sigma(y_m)$ görbe emelkedési szöge a σ' határtól elinduló kigörbülés esetén a legmeredekebb.

Ez a szög a kihajlást megindító feszültségnek a σ'' határhoz való közeledése esetén egyre laposabbá, a $\sigma = \sigma''$ határhelyzetben pedig teljesen vízszintessé válik.

F. Schleicher[19] a Shanley-féle cikket ismertetve, részletesen foglalkozik a Kármán Tódor által említett esettel is, de vizsgálatait szintén csak a leegyszerűsített Shanley—Ryder-féle modellen végzi el. Ezek a vizsgálatok Kármán



7. *ábra.* A nyomófeszültség és kigörbülés összefüggése. (Schleicher, 1951.)

említett megjegyzéseit igazolják. Ezek szerint a különféle mértékű ideiglenes megtámasztásnak megfelelő $\sigma = \sigma(y_m)$ görbék mind a 7. ábra diagrammjának vonalkázott területébe esnek. Az ábrán feltüntetett diagramm az $E' = 0{,}5\ E$ esetre vonatkozik. Hasonló a helyzet egyéb E' értékek esetén is.

6. Az új elmélet alkalmazása teljes hosszában hajlékony rúdra, egyenesvonalú alakváltozási diagramm esetén.

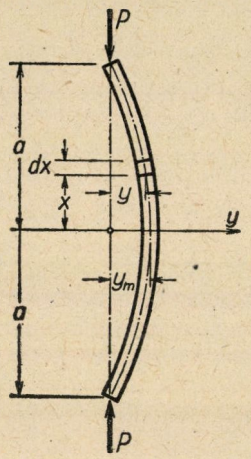
A kihajlás kérdésének a leegyszerűsített Ryder-féle modellen való tanulmányozása szellemes, de nem szerencsés. Ez a tárgyalásmód alkalmas lehet ugyan arra, hogy a régi és új elmélet között mutatkozó különbségeket megvilágítsa, azonban a számítás alapját alkotó modell természetellenes volta számszerű következtetésekre nem nyújt lehetőséget. Különösen az a körülmény kifogásolható, hogy a Ryder-féle rúdmodell egyetlenegy középső, hajlékony szakasztól eltekintve, teljes egészében *merev* anyagú.

A fenti okokból Szerző megkísérelte a kihajlás problémájának az új elmélet alapján való megoldását teljes egészében hajlékony oly rúd esetére, melynek

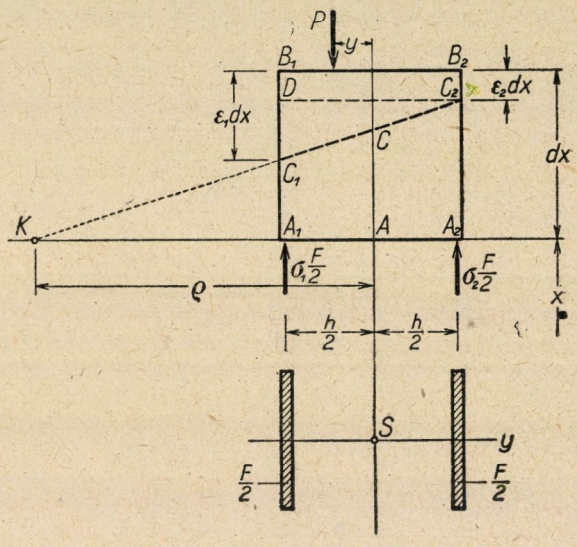
[19] *F. Schleicher:* Zur Theorie der plastischen Knickung. II.) *Der Bauingenieur* 26. (1951), pp. 197—201.

keresztmetszeti idoma két végtelen vékony övből álló szimmetrikus keresztmetszet. Feltette, hogy a rúd eredetileg sík keresztmetszetei az alakváltozás után is síkok maradnak, s a rúd meggörbült tengelyére merőlegesen helyezkednek el. Számításait az Euler-féle elméletben szokásos feltevésekre alapozta, de Shanleyhez hasonlóan a rúdanyag alakváltozási diagrammjában a σ' feszültségi határ közelében *a diagramm emelkedő ill. süllyedő ágait egyenes vonalakkal helyettesítette.*

Ez esetben, ha a koordináta tengelyek a rúdhoz képest a 8. ábra szerint helyezkednek el, a kihajlás problémája következőképp fogható meg.



8. ábra. A koordinátarendszer



9. ábra. A vizsgált rúdelem

Először is Shanleyhez hasonlóan összefüggést állapítunk meg a rúdtengely görbülete és az övek ε_1, ε_2 fajlagos hosszváltozásai között. A vizsgálat céljaira a rúd valamely

$$\overline{AB} = dx$$

hosszúságú elemi szakaszát ragadjuk ki, s annak alakváltozásait vizsgáljuk (9. ábra). E rúdszakasz $B_1 B_2$ keresztmetszeti lapja, mely eredetileg az $A_1 A_2$ keresztmetszeti lappal párhuzamos volt, a kigörbülés során a $C_1 C_2$ helyzetbe kerül. Minthogy a $C_1 C_2$ D $\triangle$ a KAC $\triangle$-höz hasonló, nyilvánvaló, hogy

$$\overline{DC_1} : \overline{DC_2} = \overline{AC} : \overline{AK}.$$

Ámde ha a fajlagos hosszváltozást nyomás esetén tekintjük pozitívnak,

$$\overline{DC_1} = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2)\, dx,$$
$$\overline{DC_2} = h,$$
$$\overline{AC} = dx - \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} dx,$$
$$\overline{AK} = \varrho,$$

miért is az előbbi aránylat így is írható:

$$(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)\, dx : h = \left(dx - \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2}\, dx\right) : \varrho.$$

Innen

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{h}{\varrho}\left(1 - \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2}\right).$$

Ha azonban vizsgálatainkat kis alakváltozások esetére korlátozzuk, az ε_1 és ε_2 hosszváltozások az egységhez képest kicsinyek, s így az előbbi képlet a következő egyszerű alakra hozható:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 \sim \frac{h}{\varrho} = -h\, y''.$$

Eszerint

$$y'' = \frac{1}{h}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) = 0. \tag{11}$$

Térjünk most át az egyensúlyi feltételeknek, nevezetesen a tengelyirányú erőalkotókra vonatkozó vetületi feltételeknek, valamint a rúdkeresztmetszet súlyponti tengelyére vonatkozó nyomatéki feltételeknek a felírására:

$$\frac{\sigma_1 F}{2} + \frac{\sigma_2 F}{2} - P = 0,$$
$$\frac{h}{2}\frac{\sigma_1 F}{2} - \frac{h}{2}\frac{\sigma_2 F}{2} - y\, P = 0.$$

Ezekből a

$$\sigma_0 \equiv \frac{P}{F}$$

jelöléssel

$$\sigma_1 + \sigma_2 = 2\sigma_0, \tag{12}$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{4\sigma_0}{h}\, y. \tag{13}$$

Az utóbbi két egyenlet σ_1 illetve σ_2-re megoldva így alakul:

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \frac{2\sigma_0}{h} y, \tag{14}$$

$$\sigma_2 = \sigma_0 = \frac{2\sigma_0}{h} y. \tag{15}$$

Ha a σ_1 illetve σ_2 nyomófeszültségeknek megfelelő ε_1 illetve ε_2 fajlagos összenyomódásokat meg akarjuk határozni, figyelembe kell vennünk a rúd anyagának alakváltozási diagrammját (5. ábra). E diagramm feltevésünk szerint két egyenes vonalszakaszból áll. A $\sigma \leqq \sigma'$ értékek esetén az alakváltozási tényező értéke E, a $\sigma \geqq \sigma'$ értékek esetében pedig E'. Ezen két egyenes diagrammszakasznak megfelelőleg a $\sigma \leqq \sigma'$ esetben

$$\varepsilon = \varepsilon' + \frac{\sigma - \sigma'}{E}, \tag{16}$$

a $\sigma \geqq \sigma'$ esetben pedig

$$\varepsilon = \varepsilon' + \frac{\sigma - \sigma'}{E'}. \tag{17}$$

Minthogy feltevésünk szerint a rúd akkor kezd csak kigörbülni, amidőn az átlagos nyomófeszültség a σ' határt meghaladja, a kigörbült rúd homorú oldalán keletkező σ_1 feszültség nem lehet σ'-nél kisebb:

$$\sigma_1 \geqq \sigma'.$$

Így a kigörbült rúd homorú oldalán a fajlagos hosszváltozás mindenkor a (17) képlettel számítható, mégpedig oly módon, hogy a (17) képletben szereplő σ_1 érték helyébe a (14) alatti értéket helyettesítjük be. Ezek szerint a σ_1 feszültségnek megfelelő fajlagos hosszváltozás a $\Delta\sigma \equiv \sigma_0 - \sigma'$ helyettesítéssel így írható:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon' + \frac{\Delta\sigma}{E'} + \frac{2\sigma_0 y}{E' h}. \tag{18}$$

Más a helyzet a kigörbült rúd domború oldalán. Itt a fajlagos hosszváltozások szempontjából élesen meg kell különböztetnünk azt a rúdszakaszt, — az *I-jelű* rúdszakaszt — melyen kigörbülése után

$$\sigma_2 \leqq \sigma',$$

és azokat a rúdszakaszokat, — a *II-jelű* rúdszakaszokat, — melyeken a kigörbülés után

$$\sigma_2 \geqq \sigma'.$$

A fajlagos hosszváltozás az I-jelű rúdszakaszon a (16) képlettel, a II-jelű rúdszakaszon pedig a (17) képlettel számítható. Ha e képletekben σ helyébe a σ_2 feszültség (15) alatti értékét helyettesítjük be, s egyúttal a $\triangle\sigma \equiv \sigma_0 - \sigma'$ helyettesítést végezzük, a σ_2 feszültségnek megfelelő fajlagos hosszváltozásra az

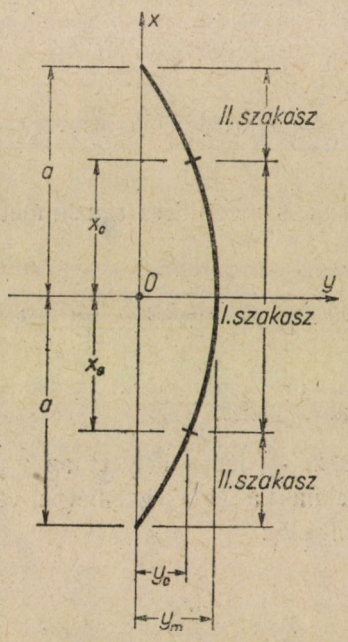
$$\varepsilon_2 = \varepsilon' + \frac{\Delta\sigma}{E} - \frac{2\sigma_0 y}{E h}, \tag{19}$$

illetve az

$$\varepsilon_2 = \varepsilon' + \frac{\Delta\sigma}{E'} - \frac{2\sigma_0 y}{E' h} \tag{20}$$

értékeket kapjuk. Az I.- és II.-jelű rúdszakaszok csatlakozási helyein, tehát ott, ahol $\sigma_2 = \sigma'$,

$$\varepsilon_2 = \varepsilon'.$$



10. ábra. Az I., illetve II. jelű rúdszakaszok

E keresztmetszetekben tehát akár a (19), akár a (20) egyenlet szerint a rúdtengely kigörbülése (10. ábra)

$$y_0 = \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \cdot \frac{h}{2}.$$

Ezt tudván, az I.- és II.-jelű rúdszakaszokat könnyűszerrel elhatárolhatjuk egymástól.

Ezek után térjünk vissza a (11) összefüggésekhez, s helyettesítsük be abba az ε_1 és ε_2 fajlagos hosszváltozások imént talált értékeit. E művelet során természetesen külön-külön kell foglalkoznunk a rúd I.-jelű, illetve II.-jelű szakaszaival.

Az *I.-jelű rúdszakaszokon* — itt y helyett y_1-et írunk, — a (18) és (19) alattiaknak a (11) egyenletbe való behelyettesítésével a következő differenciálegyenleteket kapjuk:

$$y_I'' + \frac{2\sigma_0}{h^2}\left(\frac{1}{E'} + \frac{1}{E}\right) y_I + \frac{\Delta\sigma}{h}\left(\frac{1}{E'} - \frac{1}{E}\right) = 0.$$

Innen az

$$\alpha^2 = \frac{2\sigma_0}{h^2}\left(\frac{1}{E'} + \frac{1}{E}\right), \quad \beta = \frac{\Delta\sigma}{h}\left(\frac{1}{E'} - \frac{1}{E}\right) \tag{21}$$

jelöléssel

$$y_I'' + \alpha^2 y_I + \beta = 0.$$

E differenciálegyenlet általános megoldása a szimmetriaviszonyok figyelembevételével

$$y_I = A \cos \alpha x - \frac{\beta}{\alpha^2}, \tag{22}$$

ha t. i. α valamely állandót jelent.

A *II.-jelű rúdszakaszon* — itt y helyett az y_{II} betűjelet használjuk — a (18) illetve (20) alattiaknak a (11) egyenletbe való behelyettesítése után ez a differenciálegyenlet áll elő:

$$y_{II}'' + \frac{4\sigma_0}{h^2 E'} y_{II} = 0.$$

Ebből a

$$\gamma^2 = \frac{4\sigma_0}{h^2 E'} \tag{23}$$

jelöléssel

$$y_{II}'' + \gamma^2 y = 0. \tag{24}$$

A szóbanforgó differenciálegyenlet általános megoldása

$$y_{II} = B \cos \gamma x + C \sin \gamma x,$$

ha t. i. B és C állandókat jelentenek. Ámde B és C nem függetlenek egymástól, hiszen a rúdvégeken $y_{II} = 0$ tartozik lenni. Ebből a kezdeti feltételből az $x > 0$ rúdfélén a következő összefüggés nyerhető:

$$C = - B \frac{\cos \gamma a}{\sin \gamma a}.$$

Így aztán

$$y_{II} = B \cos \gamma x - B \frac{\cos \gamma a}{\sin \gamma a} \sin \gamma x, \tag{25}$$

vagy némi átalakítás után

$$y_{II} = B \frac{\sin \gamma (a - x)}{\sin \gamma a}. \tag{26}$$

Mindezideig nem voltunk tekintettel arra, hogy a kigörbült tengelyvonal I.- és II.-jelű szakaszai az $x = x_0$ helyen szakadás, törés, illetve görbületváltozás nélkül tartoznak egymáshoz csatlakozni. Ez a követelmény három feltételt jelent:

$$y_I(x_0) = y_{II}(x_0), \quad (a)$$

$$y_I'(x_0) = y_{II}'(x_0), \quad (b)$$

$$y_I''(x_0) = y_{II}''(x_0). \quad (c)$$

Használjuk fel e három feltétel közül először a *c)* alattit. E szerint

$$- A \alpha^2 \cos \alpha x_0 = - B \gamma^2 \frac{\sin \gamma (a - x_0)}{\sin \gamma a}.$$

Innen

$$B = A \frac{\alpha^2 \cdot \cos \alpha x_0 \cdot \sin \gamma a}{\gamma^2 \sin \gamma (a - x_0)}. \tag{27}$$

Fenti érték figyelembe vételével az y_{II} elmozdulások képlete ekként alakul:

$$y_{II} = A \frac{\alpha^2 \cdot \cos \alpha x_0 \cdot}{\gamma^2 \sin \gamma (a - x_0)} \sin \gamma (a - x).$$

Térjünk most át az *a)* alatti feltétel tárgyalására. E feltétel szerint

$$A \cos \alpha x_0 - \frac{\beta}{\alpha^2} = A \frac{\alpha^2 \cos \alpha x_0}{\gamma^2}.$$

Innen

$$A = \frac{\beta}{\alpha^2} \frac{\gamma^2}{(\gamma^2 - \alpha^2) \cos \alpha x_0}.$$

Az utóbbi érték felhasználásával az y_{II}, illetve y_I elmozdulásordináták képletei így írhatók:

$$y_I = \frac{\beta}{\alpha^2} \frac{\gamma^2}{(\gamma^2 - \alpha^2) \cos \alpha x_0} \cdot \cos \alpha x - \frac{\beta}{\alpha^2},$$

$$y_{II} = \frac{\beta}{(\gamma^2 - \alpha^2) \cdot \sin \gamma (a - x_0)} \sin \gamma (a - x).$$

Végül vegyük sorra a *b)* alatti feltételt. A szóbanforgó feltétel azt fejezi ki, hogy

$$-\frac{\alpha\beta}{\alpha^2} \cdot \frac{\gamma^2}{(\gamma^2 - \alpha^2)} \cdot \frac{\sin \alpha x_0}{\cos \alpha x_0} = -\frac{\beta\gamma}{(\gamma^2 - \alpha^2)} \cdot \frac{\cos \gamma (a - x_0)}{\sin \gamma (a - x_0)}.$$

Ebből egyszerűsítés és rendezés után a

$$\operatorname{tg} \alpha x_0 \cdot \operatorname{tg} \gamma (a - x_0) - \frac{\alpha}{\gamma} = 0$$

követelmény adódik, utóbbi pedig az

$$m = \frac{\alpha}{\gamma}$$

egyszerűsítő jelöléssel így is írható:

$$\operatorname{tg} m \gamma x_0 \cdot \operatorname{tg} \gamma (a - x_0) - m = 0. \qquad (28)$$

Itt m értéke a (21) és (23) alattiak folytán csak az alakváltozási tényezőktől függ

$$m = \sqrt{\frac{E + E'}{2E}} = \sqrt{\frac{E'}{E''}},$$

a γ tényező pedig a (23) alattiak szerint csak σ_0 függvénye:

$$\gamma = \frac{2}{h} \sqrt{\frac{\sigma_0}{E'}}.$$

A (28) egyenletet célszerűen felhasználhatjuk arra, hogy adott a, h, E és E' értékek esetén a rudat egyensúlyban tartó σ_0 feszültséget, mint az x_0 változó függvényét kiszámítsuk. Ha a számítást elvégezzük, az $x_0 \to 0$ esetben azt tapasztaljuk, hogy

$$\operatorname{tg} 0 \cdot \operatorname{tg} \gamma a = m \neq 0,$$

tehát

$$\operatorname{tg} \gamma a = \infty.$$

Innen

$$\gamma a = \frac{2}{\sqrt{E'}} \frac{a}{h} \sqrt{\sigma_0} \to \left(k + \frac{1}{2}\right) \pi, \qquad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots, \tag{29}$$

úgyhogy a $k = 0$ értékkel számítva

$$\sigma_0 \to \frac{\pi^2 h^2 E'}{16 a^2} = \frac{\pi^2 E'}{\lambda^2} = \sigma'; \qquad \gamma = \frac{\pi}{2a}.$$

Az $x_0 \to a$ esetben pedig azt kapjuk, hogy

$$\operatorname{tg} m \gamma a : \operatorname{tg} 0 = m \neq 0,$$

azaz

$$\operatorname{tg} m \gamma a = \infty.$$

Ezek szerint

$$m \gamma a = \sqrt{\frac{E'}{E''}} \cdot \frac{2}{h} \sqrt{\frac{\sigma_0}{E'}} \cdot a \to \left(k + \frac{1}{2}\right) r, \qquad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots,$$

vagyis a $k = 0$ értékkel

$$\sigma_0 \to \frac{\pi^2 h^2 E''}{16 a^2} = \frac{\pi^2 E''}{\lambda^2} = \sigma'', \qquad m \gamma = \frac{\pi}{2a}. \tag{30}$$

Mint láthatjuk, az említett két határhelyzetben a σ_0 feszültség az Engesser-, illetve Engesser—Kármán-féle σ', illetve σ'' feszültségi értéknek felel meg. Mindkét esetben a kigörbülés egyszerű szinusz-görbe szerint megy végbe. Az $x_0 \to 0$, vagyis $\sigma_0 \to \sigma'$ határesetben

$$\Delta\sigma = 0, \quad \text{tehát} \quad \beta = 0,$$

s így a legnagyobb kigörbülésordináta:

$$y_m = y_I(0) = 0.$$

Ezzel szemben az $x_0 \to a$, vagyis $\sigma_0 \to \sigma''$ határesetben

$$\cos m \gamma x_0 = \cos m \gamma a = \cos \frac{\pi}{2} = 0,$$

úgyhogy

$$y_m = y_I(0) = \infty .$$

Ezek szerint az említett két határhelyzetben a legnagyobb kigörbülés-ordináták ugyanolyan értékűek, mint a Shanley-féle modell esetén. Közbenső értékekre azonban a kétféle megoldás egymástól eltérő eredményeket szolgáltat (lásd I. táblázat).

I. TÁBLÁZAT

y	$\frac{E'}{E}$	$\frac{x_0}{l}$	$\frac{y_m}{h}$	$\frac{\sigma_0}{\sigma''}$	
				hajlékony rúd	merev rúd (Shanley)
53,7	0,3002	—	—	1,0000	1,0000
		0,1	0,0032	1,0062	1,0064
		0,2	0,0201	1,0339	1,0375
		0,3	0,0862	1,1149	1,1306
		0,4	0,3313	1,2667	1,2970
		0,5	∞	1,5382	1,5382
81,1	0,6246	—	—	1,0000	1,0000
		0,1	0,0013	1,0026	1,0027
		0,2	0,0110	1,0181	1,0200
		0,3	0,0464	1,0583	1,0663
		0,4	0,1807	1,1276	1,1410
		0,5	∞	1,2310	1,2310
102	0,8349	—	—	1,0000	1,0000
		0,1	0,0010	1,0019	1,0019
		0,2	0,0041	1,0067	1,0075
		0,3	0,0216	1,0261	1,0292
		0,4	0,0811	1,0531	1,0579
		0,5	∞	1,0900	1,0900

A kétféle számítás eredményeit a 11. ábrán diagrammal is szemléltetjük. Mint látható, a hajlékony és merev rúd diagrammvonalainak egymástól való eltérése nem jelentős.

A 11. ábra tanúsága szerint a vizsgált példák esetén σ értéke az y_m növekedtével monoton módon nagyobbodik. Igazolható, hogy hasonló a helyzet egyéb rudak esetén is. Ezen állítás bizonyítására vizsgáljuk meg a γ és x_0 értékek kapcsolatát kifejező

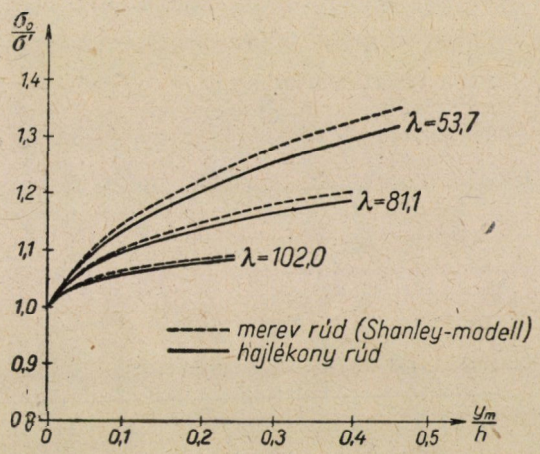
$$f(\gamma, x_0) \equiv \operatorname{tg}\ m\gamma x_0 \cdot \operatorname{tg}\ \gamma(a - x_0) - m = 0 \qquad (31)$$

függvényt, s állapítsuk meg először is azt, hogy lehet e γ-nak a $0 < x_0 > a$

közön szélső értéke. Ahhoz, hogy itt szélső érték egyáltalán létre jöhessen, az volna szükséges, hogy

$$\frac{d\gamma}{dx_0} = -\frac{\dfrac{\partial f}{\partial x_0}}{\dfrac{\partial f}{\partial \gamma}}, \quad \text{illetve} \quad \frac{\partial f}{\partial x_0} = 0$$

legyen. Szélső érték esetében tehát fenn kellene állania a



11. ábra. A nyomófeszültség, mint a kigörbülés függvénye

$$-\gamma \cdot \operatorname{tg} m\gamma x_0 [1 + \operatorname{tg}^2 \gamma (a - x_0)] + m\gamma [1 + \operatorname{tg}^2 m\gamma x_0] \cdot \operatorname{tg} \gamma (a - x_0) = 0$$

összefüggésnek. Innen

$$\operatorname{tg} m\gamma x_0 + \operatorname{tg} m\gamma x_0 \cdot \operatorname{tg}^2 \gamma (a - x_0) = m \operatorname{tg} \gamma (a - x_0) + m \operatorname{tg}^2 m\gamma x_0 \cdot \operatorname{tg} \gamma (a - x_0),$$

illetve a (31) alattiak figyelembe vételével

$$\operatorname{tg} m\gamma x_0 + m \operatorname{tg} \gamma (a - x_0) = m \operatorname{tg} \gamma (a - x_0) + m^2 \operatorname{tg} m\gamma x_0.$$

Ezek szerint

$$(m^2 - 1) \cdot \operatorname{tg} m\gamma x_0 = 0,$$

vagyis

$$\operatorname{tg} m\gamma x_0 = 0.$$

Ámde ez az egyenlőség a (31) egyenlet szerint csak akkor következhetnék be, ha

$$\gamma (a - x_0) = \left(k + \frac{1}{2}\right) \pi$$

volna, ez pedig (29) jelű összefüggés értelmében csak a tárgyalásból kirekesztett $x_0 = 0$ esetben volna lehetséges. Ily módon a γ érték a $0 < x < a$ szakaszon nem lehet szélső értékű, s ezért aztán a (23) összefüggés folytán σ sem érhet el a szóbanforgó szakaszon szélső értéket.

7. az új elmélet alkalmazása teljes hosszukban hajlékony rudakra, görbevonalú alakváltozási diagramm esetén.

Az előzőekben a központosan nyomott rúd kihajlásának különlegesen egyszerű esetét tanulmányoztuk. Feltételeztük, hogy a rúd egyenes tengelyű és prizmatikus, keresztmetszeti idoma pedig szimmetrikus kettős övkeresztmetszet. Feltettük, hogy a rúd teljes hosszában hajlékony és alakváltozási diagrammja a kigörbülési állapot környezetében egyenes vonallal helyettesíthető. E feltevésekből elindulva, azt találtuk, hogy a rúd kigörbülése a σ' feszültségi határ elérésekor indul meg. Innét kezdve a kigörbülés az erő növekedésekor monoton módon nagyobbodik, a σ'' feszültségi határ elérésekor pedig végtelen naggyá lesz. E két feszültségi határ között tehát indifferens egyensúlyi állapot nem jöhet létre.

Az előző vizsgálat ezen eredménye azonban nem megnyugtató, mert vizsgálatainkban a rúdanyag alakváltozási diagrammjának felmenő ágát a σ' feszültség körzetében *egyenes vonalúnak* tekintettük, holott a valóságban ez a vonal mindig görbevonal. Ez a körülmény indokolttá teszi, hogy vizsgálatainkat a valóságot jobban megközelítő feltevések alapján megismételjük. E célból az alábbiakban megkíséreljük az új elméletet *görbevonalú alakváltozási diagrammal bíró rúd esetére* alkalmazni. Vizsgálatainkhoz dr. Korányi Imre egyetemi tanár által 1950-ben végzett kísérletsorozat egyik próbapálcáján mért alakváltozási adatokat használjuk fel. Ezen adatokért Szerző ezúton is hálás köszönetét fejezi ki.

Az említett kísérleti adatok megközelítéseként a számítások alapjául a 12. ábrán feltüntetett alakváltozási diagrammot fogadjuk el. Ezen az ábrán a mért kísérleti értékeket kis körökkel jeleztük. A szóbanforgó diagrammvonal két egyenes szakaszból és egy szinuszgörbe alakú részből áll. A feszültség értéke kg/cm²-ben kifejezve,

az $E \leqq 0{,}000\,388$ szakaszon : $\sigma = 2\,183\,000\ \varepsilon$;

a $0{,}000\,388 \leqq \varepsilon \leqq 0{,}00\,166$ szakaszon :

$\sigma = 845 + 1735 \sin 1258\ (\varepsilon - 0{,}000388)$;

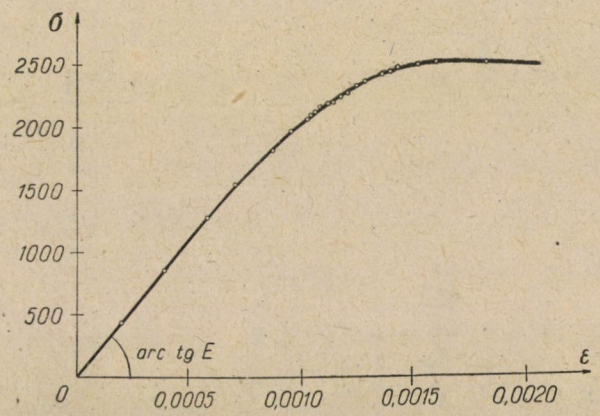
a $0{,}00\,166 \leqq \varepsilon$ szakaszon : $\sigma = 2580$.

A rúdanyag alakváltozási diagrammját ismervén, Kármán gondolatmenetét követve, érdekes kapcsolatot állapíthatunk meg a rúd görbülete,

valamint a rúd két szélén ébredő σ_1, illetve σ_2 feszültségek közt. Minthogy a (12) egyenlet szerint

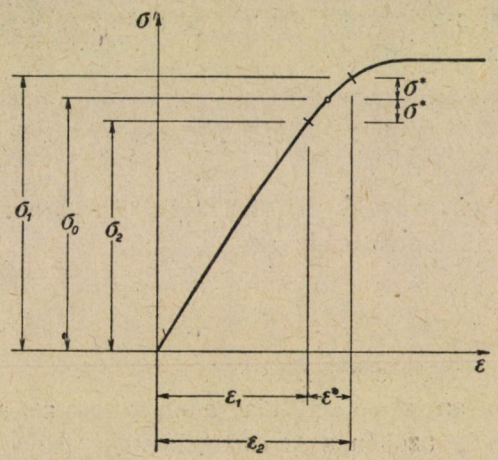
$$\sigma_1 + \sigma_2 = 2\sigma_0,$$

a $2\sigma_0$ érték pedig a kigörbült rúd minden keresztmetszetén állandó, a σ_0 feszültségtől felfelé és lefelé azonos σ^* értékkel eltérő feszültségek összetar-



12. ábra. Acélanyag alakváltozási diagrammja

tozó σ_1, σ_2 értékpárt alkotnak. Ha az összetartozó σ_1 és σ_2 értékeket az alakváltozási diagrammon szerkesztjük meg (13. ábra), ezen feszültségeknek megfelelő ε_1 és ε_2 értékeket ott azonnal leolvashatjuk.



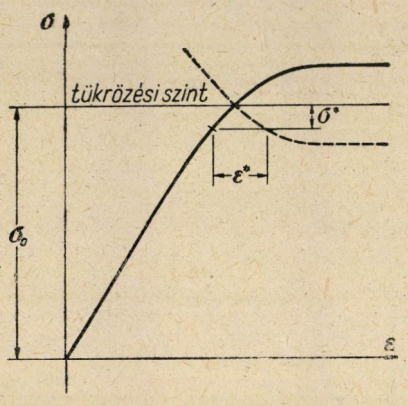
13. ábra. Összetartozó σ_1 és σ_2 illetve ε_1 és ε_2 értékpárok szerkesztése

Különösen szemléletesen jelentkeznek az összetartozó σ_1, σ_2 illetve ε_1, ε_2 értékek, ha az alakváltozási diagramm vonalát a σ_0 szintre nézve tük-

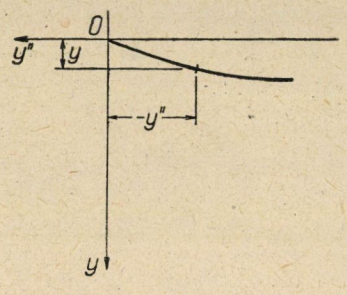
röztetjük (14. ábra). Ez esetben t. i. a tetszőleges σ^* feszültségkülönbözetnek megfelelő

$$\varepsilon^* = \varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

összenyomódási különbözet az ábrából közvetlenül leolvasható.



14. ábra. Összetartozó σ^* és ε^* értékek



15. ábra. Az $y'' = \varphi(y)$ függvénykapcsolat

Minthogy az általános érvényű (13) illetve (11) összefüggések szerint

$$y = \frac{h}{2\sigma_0}(\sigma_1 - \sigma_0), \quad \text{illetve} \quad y'' = -\frac{1}{h}(\varepsilon_1 - \varepsilon_2),$$

az előbbi szerkesztés egyúttal kapcsolatot állapít meg az összetartozó y és y'' értékek közt is. Ugyanis

$$y = \frac{h}{2\sigma_0}\sigma^*, \quad \text{illetve} \quad y'' = -\frac{1}{h}\varepsilon^*.$$

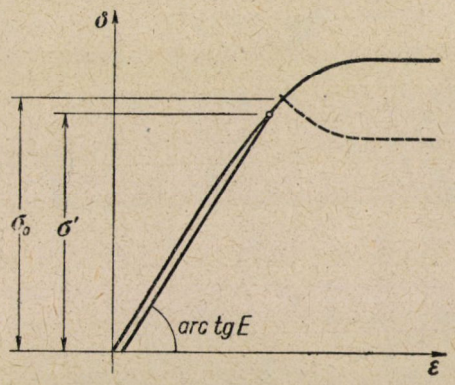
Ha az ekként összetartozó y és y'' értékeket külön ábrába rakjuk át, oly diagrammot kapunk (15. ábra), mely az

$$y'' = \varphi(y)$$

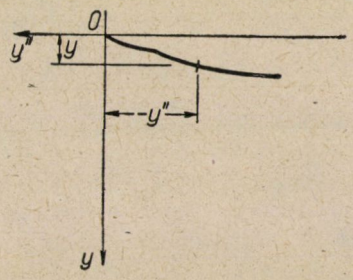
függvénykapcsolatot világosan érzékelteti.

A fentiekben az $y'' = \varphi(y)$ diagramm megrajzolásakor nem voltunk tekintettel arra, hogy azokon a keresztmetszeteken, melyekben a kigörbülés során feszültségcsökkenés következik be, az alakváltozási diagramm egyenes vonalú. Ha erre is tekintettel akarunk lenni, akkor az alakváltozási diagrammot ennek megfelelőleg módosítanunk kell. Ezáltal a 16., illetve 17. ábrán látható diagrammhoz jutunk.

A fenti $y'' = \varphi(y)$ diagramm birtokában adott y_m maximális kihajláshoz tartozó rúdhosszúság numerikus vagy grafikus módszerekkel már meghatározható. A számítás illetve szerkesztés során az $y'' = \varphi(y)$ diagrammvonalat egyenes szakaszokból álló törtvonallal célszerű helyettesíteni, mert ez esetben — amint az már előző vizsgálatainkból is következik, — minden egyenes szakasznak a kihajlási görbe egy-egy szinuszvonal alakú ívrésze felel meg. Ezek a szinuszvonal-alakú ívrészek érintőlegesen csatlakoznak egymáshoz, sőt az



16. ábra. Az $y'' = \varphi(y)$ függvénykapcsolat



17. ábra. Az $y'' = \varphi(y)$ függvénykapcsolat

érintési pontokban nemcsak az $y = f(x)$ kihajlási ordináták, hanem azok első és második deriváltjai is megegyeznek.

A kihajlási ordináták meghatározása többféle módon történhetik. Ezek közül számításunkban a Kármán által ajánlott egyik módszert alkalmaztuk. Adva lévén az

$$y'' = \varphi(y)$$

differenciálegyenlet, először is a kihajlási görbe első deriváljait állapítottuk meg. Ezek értéke a szokásos módon számítható:

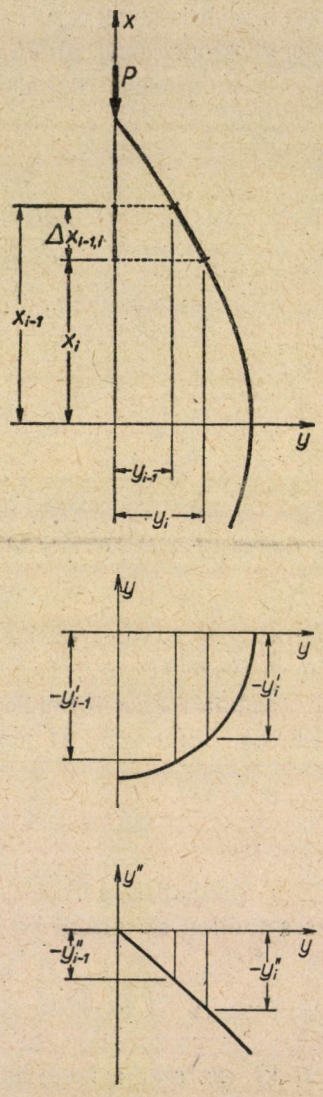
$$y' = \sqrt{2 \int \varphi(y)\, dy + C_1}. \tag{32}$$

A C_1 integrálási állandó értékét az szabja meg, hogy a rúd közepén, vagyis a legnagyobb kigörbülés helyén, szimmetriaokokból $y' = 0$ tartozik lenni. Az integrálást numerikusan célszerű elvégezni. E végett az $y'' = \varphi(y)$ függvény diagrammot helyettesítő törtvonalat úgy célszerű felvenni, hogy annak sarokpontjaihoz tartozó y értékek 0-tól y_m-ig egyenletesen növekedjenek.

Az egyes szakaszhatárokhoz tartozó y' értékeket ismervén, e diagrammszakaszoknak megfelelő rúdszakaszok hosszát egyszerűen számíthatjuk.

Ha például az egymással szomszédos y_{i-1} és y_i pontokban az első derivált értéke (18. ábra)

$$y'_{i-1}, \text{ illetve } y'_i,$$



18. ábra. Az y kihajlás ordináták, valamint az y' és y'' értékek összefüggése

akkor az $y_i - y_{i-1}$ osztályköznek megfelelő rúdszakasz hosszúsága

$$y_{i-1} - y_i = \frac{1}{\mu}\left[\operatorname{arctg}\frac{y''_i}{\mu\, y'_i} - \operatorname{arctg}\frac{y''_{i-1}}{\mu\, y'_{i-1}}\right],$$

ahol

$$\mu = \left(-\frac{y_i'' - y_{i-1}''}{y_i - y_{i-1}} \right)^{1/2}.$$

Egyes esetekben a fordított úton célszerű elindulni, vagyis oly módon ajánlatos eljárni, hogy egyelőre felvesszük a rúd kigörbült tengelyvonalának az egyenletét

$$x = f(y),$$

s ehhez határozzuk meg visszafelé a neki megfelelő

$$y'' = \varphi(y)$$

összefüggést. Ez igen könnyen lehetséges, hiszen a (32) egyenlet szerint

$$\frac{1}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \int \varphi(y)\, dy + C_1,$$

s így

$$\varphi(y) = \frac{1}{2}\frac{d}{dy}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{1}{2}\frac{d}{dy}\left(\frac{dx}{dy}\right)^{-2} = -\left(\frac{dx}{dy}\right)^{-3}\cdot\frac{d^2x}{dy^2} = -\frac{\dfrac{d^2x}{dy^2}}{\left(\dfrac{dx}{dy}\right)^3}.$$

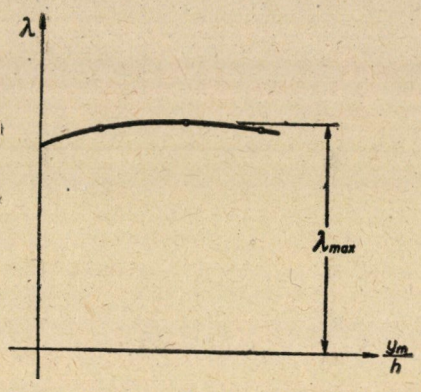
Ha tehát az $f(y)$ függvényt úgy vesszük fel, hogy benne kellő számú szabad paraméter szerepeljen, akkor ezek értékét alkalmas módon megállapítva, általában elérhetjük, hogy a

$$-\frac{\dfrac{d^2x}{dy^2}}{\left(\dfrac{dx}{dy}\right)^3}$$

hányados tetszőleges számú pontban az $x = f(y)$ értékekkel egyezzék.

Adott esetben a számítás során a következőképp célszerű eljárni. Adottnak tekintjük a σ_0 átlagos feszültséget, valamint megbecsüljük azt a $\sigma' < \sigma_0$ feszültségi határt, amelynek eléréséig a terhelés növelésekor a rúdtengely egyenes marad. (Ez az érték az első Engesser-féle képletnek megfelelő feszültségi érték.) Ezután megállapítjuk, hogy valamely előre felvett legnagyobb y^m kihajlásértéknek az adott esetben mekkora rúdhosszúság, illetve karcsúság felel meg. Ha ehhez a karcsúsághoz valóban ugyanaz a σ' feszültségi érték tartozik, amelyet becslésszerűen előre felvettünk, akkor a számítás eredményeként nyert kigörbülés-ordináták a rúd lehetséges egyensúlyi állapotának felelnek meg. Olyankor viszont, midőn az eredményül nyert σ' érték nem egyezik a számítás elején feltételezettel, megfelelőkép módosított σ' értékkel a számítást megismételjük mindaddig, amíg a megkövetelt egyezés be nem következik.

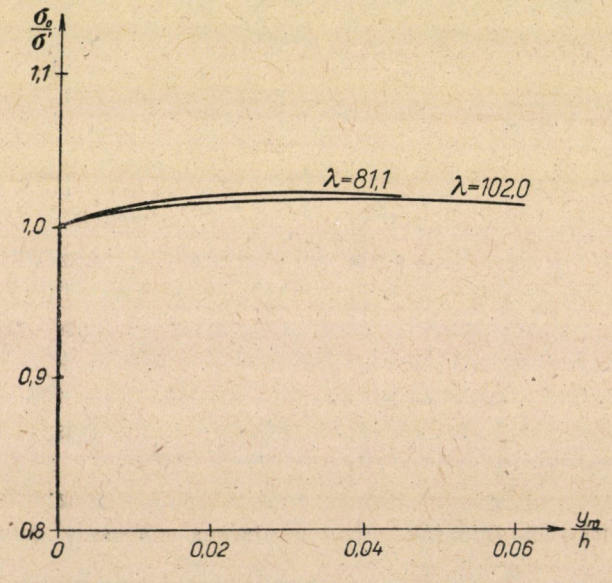
A fent vázolt számítási eljárás módot nyújt a különböző y_m értékekhez tartozó λ értékek meghatározására (19. ábra). Az így nyert kihajlásgörbék mindegyike megvalósítható. Ha a számítást kellő számú y_m esetében elvégez-



19. ábra. A karcsuság és kigörbülés összefüggése állandó értékű nyomófeszültség esetén

zük, a különböző y_m értékekhez tartozó λ értékeket diagrammban ábrázolhatjuk. E diagramm egyúttal megjelöli a legnagyobb lehetséges λ értéket is. A szóbanforgó λ_{max} érték az adott körülmények között a legnagyobb lehetséges karcsúság. Ily karcsúság esetén a rúd teherbíró képessége

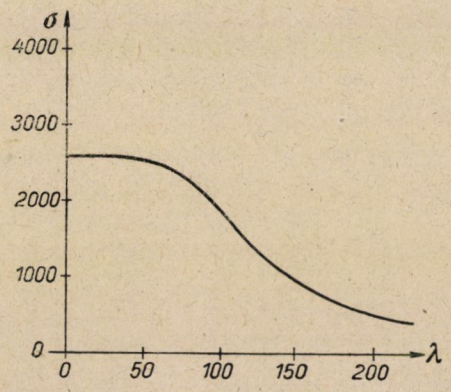
$$P_k = \sigma_0 F .$$



20. ábra Az átlagos nyomófeszültség és a kigörbülés összefüggése.

Érdekes megállapítást tehetünk, ha azonos rúdkarcsúság esetén a különböző σ_0 nyomófeszültségeknek megfelelő y_m kigörbüléseket hasonlítjuk össze

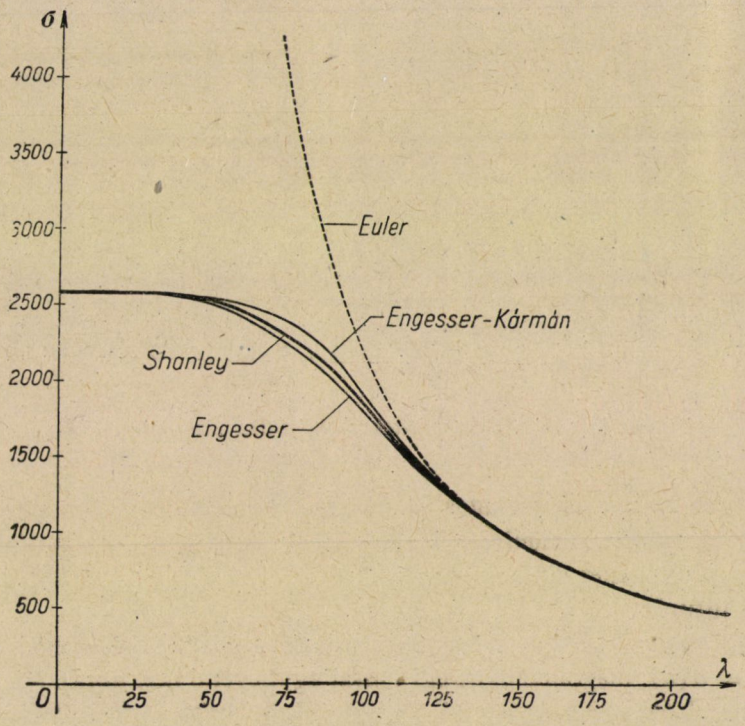
egymással (20. ábra). Ez esetben mindaddig, amíg $\sigma_0 < \sigma'$, a rúdtengely egyenes marad, tehát $y_m = 0$. Ha azonban a terhelés fokozásával σ_0 eléri a



21. ábra. A rúd kritikus nyomófeszültsége, mint a karcsúság függvénye

σ' határt, az addig egyenes rúdtengely a terhelés növekedtével egyre fokozódó kigörbülést szenved.

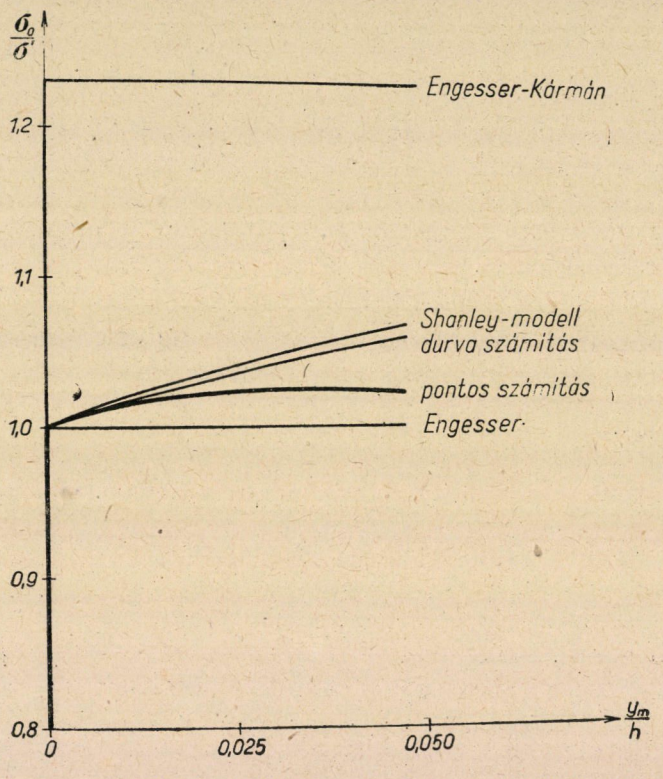
Mindaddig, amíg a diagrammvonal emelkedik, a rúd kigörbülésének fokozásához erőtöbbletre van szükség, tehát a rúd még *stabilis* egyensúlyi



22. ábra. A kritikus nyomófeszültség, mint a karcsuság függvénye

állapotban van. Azonban a kigörbítés fokozását előidéző feszültségtöbblet a terhelés növekedtével egyre kisebbé válik, s egy bizonyos feszültségi érték elérésekor zérus értékűvé lesz. A rúd ekkor *indifferens* egyensúlyi állapotba kerül, s egyben teherbíró képességének határára jut. Ha a kigörbülést még tovább fokozzuk, a rúd csak egyre csökkent erővel tartható egyensúlyban, tehát a rúd egyensúlyi állapota *labilissá* válik.

Az eddigiekben adott rúd esetén összefüggést állapítottunk meg a rúdra ható átlagos nyomófeszültség és a kihajlás mértéke közt, s meghatároztuk,



23. ábra. A különféle elméletek szolgáltatta kigörbülési értékek

mekkora az a legnagyobb átlagos nyomófeszültség, amit a rúd még éppen elbír. Ha ezt a vizsgálatot különböző karcsúságú rudak esetén megismételjük, s az összetartozó értékeket diagrammba rakjuk, a 21. ábrán feltüntetett diagramm-vonalhoz jutunk.

Végül nem lesz érdektelen a különféle számításmódok eredményeként nyert $\sigma = \sigma(\lambda)$ diagrammokat egymással egybevetni (22. ábra). Mint látható, a rúd teherbíróképességének felső határát jelentő kritikus feszültség az eredeti Engesser-féle képletnek megfelelő σ' feszültségi határnál alig nagyobb. Ezért,

a teherbíróképesség felső határául *F. R. Shanley* javaslatát követve a

$$\sigma' = \frac{\pi^2 E'}{\lambda^2}$$

feszültségi érték fogadható el annál inkább, mert a σ' feszültségi határ túllépése esetén a rúdon már maradó alakváltozások jönnek létre.

Érdekes összehasonlításra nyújt alkalmat a különféle elméletek szolgáltatta legnagyobb kigörbülés — értékek egybevetése is (23. ábra).

8. A teherbíróképesség fokozása előzetes túligénybevétellel.

Gyakorlati szempontból nem érdektelen, hogy a központos nyomásra igénybevett rúd teherbíróképessége a rúd anyagának alakváltozási tényezőjével szoros kapcsolatban áll. Ha tehát valamely rudat a felhasználás előtt *túlnyomásnak* vetünk alá, s egyben gondoskodunk arról, hogy a rúdon az előzetes igénybevétel során ne jöhessen létre kihajlás, akkor az ily módon „*előnyomott*" rúd teherbíróképességét *lényegesen fokozhatjuk.*

Az utóbbi megállapítás más olyan szerkezetekre is vonatkozik, melyek tönkremenetelét kihajlási, kibicsaklási jelenségek idézik elő. Ily szerkezetek esetén is a használati igénybevételhez hasonló jellegű előzetes túligénybevétellel a szerkezet kihajlási-kibicsaklási veszélye csökkenthető s ezzel a szerkezet teherbíróképessége jelentősen növelhető.

* * *

Nem fejezhetem be tanulmányomat anélkül, hogy e helyen is hálás köszönetemet ne fejezzem ki munkatársaimnak: *Somogyi László* docensnek, valamint *Mentes Endre, Visy Zoltán* és *Gyökér István* tanársegédeknek az előadás előkészítése kapcsán végzett hosszadalmas és fárasztó számításokért, valamint az ábraanyag megszerkesztésében való szíves közreműködésükért. De köszönettel tartozom a Magyar Tudományos Akadémiának is, hogy módot nyujtott arra, hogy tanulmányomat a Nagygyűlés nyilvánossága előtt tartott előadásban ismertethessem.

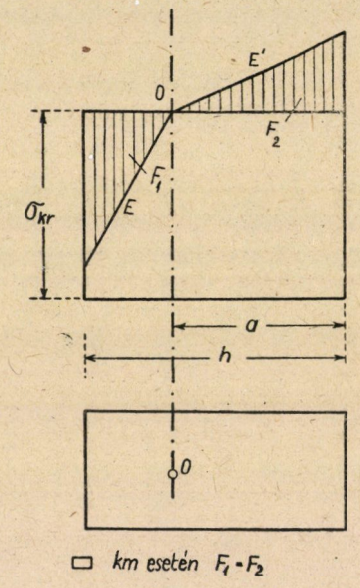
HOZZÁSZÓLÁS

KORÁNYI IMRE

Tisztelt Konferencia!

Örömmel ragadom meg az alkalmat, hogy a most elhangzott előadáshoz több szempontból hozzászóljak.

1. Minthogy a hallgatóság között valószínűleg többen vannak, akik a kihajlás kérdésével nem foglalkoztak olyan mélyrehatóan, hogy első hallásra

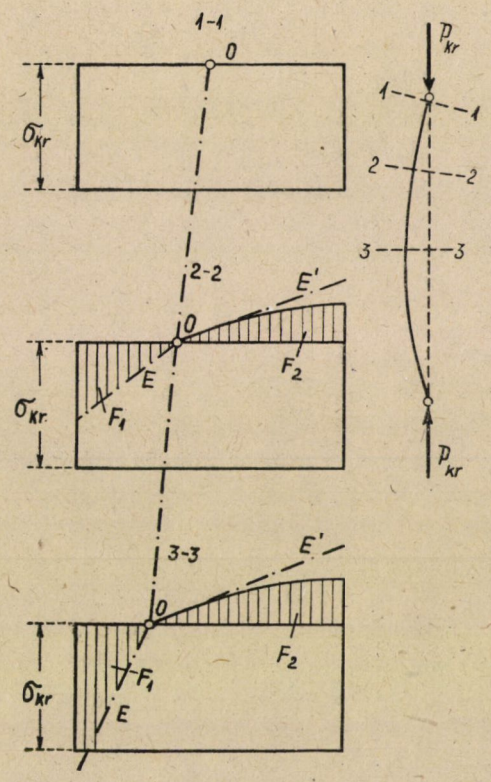


1. ábra

felismerhették volna a tárgyalt kérdésnek lényegét, először is fel akarom hívni a figyelmet a kérdésnek és ezzel kapcsolatban az elhangzott előadásnak jelentőségére.

Egy, évtizedek óta megdönthetetlennek hitt elméletnek a megrendüléséről van szó, melyet Shanley olyan egyszerű logikai okfejtéssel cáfolt meg, hogy az ember első pillanatban azon csodálkozik, hogy 1895 óta, mióta Engesser Jassinskij orosz mérnök hozzászólása nyomán javított — s most látjuk tulajdonképpen elrontott kihajlási elméletét nyilvánosságra hozta, senki sem akadt, aki erre rájött volna. De ez csak a kérdés nagy jelentőségét mutatja. Csonka prof. előadásának nagy jelentősége az, hogy — legalábbis az általam ismert

irodalomban — először nyúl a kérdéshez úgy hozzá, hogy nem tételezi fel szükségszerűnek azt, hogy a kihajló rúd egész hossza mentén hasonló rugalmassági ill. plasztikus viszonyok uralkodnak. Egyedül Jezek volt erre tekintettel, aki azonban a kihajlás vizsgálatánál ideálplasztikus, tehát nem valóságos anyagot vett alapul. Engesser és Kármán egész levezetésének egyik gyönge pontja,



2. ábra

hogy feltételezték, hogy E', illetve a domború oldalon a tehermentesülés, tehát a T kihajlási modulus a rúd egész hosszán állandó és a

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{P_y}{TI} = 0$$

differenciálegyenlet megoldásánál T-t állandónak vették fel.

Ez csak a mellett a feltételezés mellett igaz, hogy — mint Engesser és Kármán feltételezték — a homorú, tehát erősebben nyomott oldalon is *lineáris*nak tételezzük fel a feszültségeloszlást (1. ábra), tehát állandó E' alakváltozási tényezőt tételezünk fel.

Ennek következménye, hogy ezzel rögzítjük a nyomatékból származó eszültségek semleges vonalának a helyét valahol a szelvény súlyvonalától

eltérő helyen a rúd egész hosszán, vagyis s-t és ezzel T-t állandóvá tesszük Márpedig nyilvánvaló, hogy a rúd végén, ahol $y = 0$, tehát $M = 0$ bármekkora P esetén is, nyomatékból származó feszültség nincs. A rúd vége felé a nyomatékból származó feszültségek semleges vonala tehát fokozatosan közeledik a szelvény súlyvonalához, hogy a rúd végén azzal éppen összeessék (2. ábra.) A 0 pontok a tartó hosszán tehát nem a tartó tengelyével párhuzamos egyenes vonalon, de egy a rúd két végén a tartó tengelyébe befutó vonalon (2. ábra: 0—0) helyezkednek el, mely a tartó középső szakaszán lehet, hogy egyenes és a rúd tengellyel párhuzamos, de a vége felé a tengely felé görbül. Ebből következik, hogy a T modulus, melyben a semleges vonal által ketté osztott szelvényrészek inercia nyomatékai szerepelnek, *nem állandó.* Ernek változása nem nagymértékű, ezért nem jelentkezett talán a kísérleti eredményekben az ellentmondás, de amint elméletről van szó, *fontos. Ha pedig T nem állandó, a differenciálegyenlet nem oldható úgy meg, miként azt Engesser és Kármán tették.*

Engesser és Kármán e mellett egy pillanatnyilag lehetséges egyensúlyi helyzetből indultak ki, kiragadva azt időbelileg a környezetéből és nem oldották meg azt a kérdést, miként, milyen egyensúlyi állapotokon áthaladva juthat el a rúd a kérdéses egyensúlyi helyzetbe.

Csonka prof. számításai során a kihajló rúd tengelyét két szakaszra (I és II) osztotta s ezzel — mint említettem — első ízben volt figyelemmel arra hogy a rúd vége felé csökkenő nyomaték miatt a rugalmassági, vagy ha úgy tetszik plasztikussági viszonyok a rúdon nem állandóak s ezzel utat mutatott a helyes elméleti megoldás felé. S ebben találom előadásának nagy jelentőségét.

Mert amint végre elérkeztünk addig, hogy $E'I$ ill. TI állandósága a rúd hosszán végig nem tételezhető fel, hanem annak értéke nemcsak a nyomó erőtől, de a keresztmetszet helyzetétől is függ, megtaláltuk a helyes utat a megoldás felé, de ezzel a differenciálegyenlet megoldása olyan nehézségbe ütközik, ami egyelőre majdnem megakadályozza a Shanley hatás elméleti kutatását.

Az elhangzott előadás is éppen ezért csak egy egész különleges esetre: csupán két övből álló szelvény esetére tartalmaz megoldást. S ez a megoldás is még egyelőre inkább csak helyes iránymutatás, mint teljes. Csonka prof. ugyanis *elhanyagolja a nyíró erő hatását.* Márpedig ez — osztott szelvényű rúdról lévén szó — nem hanyagolható el, éspedig annál kevésbbé nem, mert *a felvett félszelvény a nyíró erő nélkül nincs egyensúlyban,* hiszen nyíró erő nélkül a félszelvény hosszán feltételezett feszültségváltozás nem képzelhető el, annál kevésbbé, mert az előadásban feltételeztetett, hogy a félszelvényen belül a feszültség egyenletesen oszlik el, az tehát nincs hajlítva.

A megoldás e mellett más fajta szelvényre nem is általánosítható, mert a megoldás kiindulási alapjául szolgáló feltételezés, mely szerint

$$\sigma_1 + \sigma_2 = 2\,\sigma_0$$

csakis és kizárólag a két övből álló osztott szelvényre vonatkozóan igaz.

Az előadás ennek a szelvénynek a felvételénél a Ryder-modellből indul ki; a modellnél azonban ez az osztott szelvény csak a rúd közepén egy egész kis szakaszon van feltételezve, amelynek hosszában feltételezhető a feszültségek változatlansága, tehát nyíró erő nélkül is fenntartható az egyensúly. Viszont a Ryder-modell erőjátéka a tényleges rúdéhoz egyáltalán nem hasonlít és a modell csak teoretikus okoskodásra való: az erőeloszlást csak egy keresztmetszetben: a rúd közepén adja vissza helyesen, de a rúd hosszában azt meghamisítja és e miatt a rendes rúddal való összefüggése teljesen áttekinthetetlen.

Természetesen a kérdésben való mélyebb elmerülés nélkül nagyon nehéz ilyen elméleti kérdésben állástfoglalni, annál kevésbbé, mert Shanley eredeti tanulmánya egyenlőre még számunkra hozzáférhetetlen volt s azt valamennyien csak másodkézből ismerjük.

Éppen ezért nem értek teljesen egyet Csonka prof. előadásának azzal a végkonklúziójával, hogy téves Shanleynek s ő utána Massonet- és Schleichernek az a megállapítása, hogy a rúd domború — tehát tehermentesített — oldalán a nyomófeszültség nem haladhatja meg az eredeti Engesser-féle képletnek megfelelő σ_1 értéket. Shanley eredeti cikkét nem ismerem, Massonet és Schleicher cikkéből pedig nem tudok többet kiolvasni, minthogy ők ezt a megállapítást csak a rúd középső szakaszára tették, már pedig erre a szakaszra — Csonka által I-el jelölt szakaszra — vonatkozóan előadó is feltételezte ugyanezt, mikor feltételezte, hogy $\sigma_2 \leqq \sigma'$. A középső szakaszon tehát köztük sincs ellentmondás. A szélső szakaszokról ők nem beszélnek, bár Schleicher kissé zavaros levezetésében fentieket mintha a szélső szakaszokra is feltételezné, de egy legújabb hozzászólásában hangsúlyozza az ET tényezőnek a rúd hosszában való változását s ezzel tulajdonképpen a szélső szakaszoknak a középsőtől eltérő viselkedésének lehetőségét. A felhozottak miatt nem lehet tisztán látni s ezért Csonka prof. említett végkonklúzióját csak feltételesen tudom elfogadni.

Mindez, amiről eddig beszéltünk, a kérdés elméleti oldala volt. Szeretnék még utoljára a kérdéshez a gyakorlati mérnök szempontjából hozzászólni.

A Shanley-hatás eredménye, hogy megállapíttatott, hogy a centrikus rúd törő erője az első Engesser-féle és az Engesser—Kármán-féle törő erő között van, tehát kisebb, mint amellyel számoltunk. A kettő közti különbség pedig — mint Csonka prof. számpéldájánál láttuk — $\lambda = 50$ körül a 35%-ot is eléri. Ez önmagában igen súlyos megállapítás.

Az, hogy az eddigi kísérleteknél — különösen Kármán mintaszerű, híres kísérleteinél — a Shanley-hatás zavaró körülményként nem jelentkezett, mindenesetre feltünő és különös és azzal is nehezen magyarázható, hogy az elméleti feltételeknek tökéletesen megfelelő ideális rudat még nem igen sikerült előállítani s a kezdeti görbeségek megzavarják a jelenség tiszta lefolyását, mert logikus az lenne, hogy ennek következtében a kritikus erő csökkenjék

s ne emelkedjék fel a Kármán-féle erőig. Lehet, hogy a folyás fellépésének körülményeiben található meg a magyarázat, amit mutat az, hogy míg kifejezett folyási határral bíró anyagoknál a Shanley-hatást nem igen sikerült kimutatni, addig az aluminiummal Amerikában végzett kísérletek eredményei *rendszeresen* és *lényegesen* eltérnek a Kármán-féle elmélettől, ami — magának Kármánnak beismerése szerint — a Shanley-hatásra vezethető vissza.

Mindezekből következik, hogy »semmi esetre sem szabad a Shanley-hatás felett elnézni, vagy teoretikus és gyakorlati jelentőségét lekicsinyelni«. (Schleicher. Der Bauigenieur 1951. 8. szám. 256. oldal.)

Ami végül a magyar szabályrendeleteket illeti, megnyugtató, hogy legújabb szabályrendeleteink előírásai eltértek a centrikus rúd elméleti alapjától és kiindulásul kezdeti görbeséggel bíró és ideálplasztikus acélból készült rudat vettek alapul. Az excentrikus rúd pedig fokozatosan hajlik ki, tehát a Shanley-által módosított centrikus kihajláshoz hasonlóan s így szabályrendeleteink tulajdonképpen előre tekintetbe vették a Shanley-hatást. Ez és az a körülmény, hogy a gyakorlatban szereplő rudak távolállanak az idealizált rúdtól, *erősen lecsökkenti a kérdés gyakorlati jelentőségét*, ami azonban nem jelenti azt, hogy felette napirendre térhessünk.

Felszólalásomat befejezve, még egyszer hangsúlyozni szeretném az elhangzott előadás jelentőségét s örömömet fejezem ki afelett, hogy az éppen itt hangzott el Budapesten, a Magyar Tudományos Akadémia Nagygyűlésén.

KÉTIRÁNYBAN TEHERBÍRÓ VASBETON LEMEZEK MÉRETEZÉSE A KÉPLÉKENYSÉGTAN ELVEI SZERINT

MENYHÁRD ISTVÁN

Ismeretes, hogy a kétirányban teherbíró vasbeton lemezeket általában többé-kevésbbé az izotróp lemezekre vonatkozó rugalmassági elmélet alapján méretezik. A legtöbb szabályzati rendelkezés is ezen az alapon készült, habár a legutolsó két évtized kutatásai már irányt mutattak a plasztikus elmélet alkalmazása felé. Kétségtelen, hogy a homogén és izotrop, vagy akár anizotróp lemezek elmélete csak erőltetve alkalmazható a vasbeton lemezekre, mert a teherbírás határa közelében az anizotrópia bizonytalanná válik, s a lemez teherbírását a töréskor a rugalmas lemez eiméletétől eltérő körülmények szabják meg. A vasbeton keresztmetszetek méretezésére a korszerű szabályzatok ma már sokhelyütt nem a rugalmas elmélet, hanem a töréskori határállapotot veszik alapul és ugyanígy a vasbeton tartószerkezetek erőjátékának a megállapításánál megengedjük a plasztikus alakváltozások figyelembevételét. Indokolt tehát, hogy kétirányban vasalt lemezeknél is alkalmazzuk a képlékenységtan elveit annál is inkább, mert az előbb említetteknél fogva a vasbeton lemezek rugalmas működése a törés előtti határállapotban felmondja a szolgálatot.

Éppen ezért az épületek teherhordó szerkezeteinek méretezésére vonatkozó szabályzatok kidolgozásánál az ÉTI egyik feladatul azt tűzte ki, hogy a plasztikus számítási mód alkalmazását a vasbeton lemezek méretezésénél is bevezessük. Előnye e számítási módnak, hogy lényegesen egyszerűbb, s a tervezők kezét kevésbbé köti meg, mint rugalmas számítási mód. Kutatásaink eredményéről, melyet részben Rostás László okl. mérnök akadémiai ösztöndíjas végzett, a következők számolnak be.

Kiindulásul szolgáltak azok a feltevések, amelyeket Ingerslev, Craemer, és Johansen mérnökök állítottak fel, de amelyeknek legnagyobb részét mindenki, aki kétirányban teherbíró lemezekkel kísérletezett, vagy azokkal foglalkozott, ismeri. Ezek a feltevések a következők:

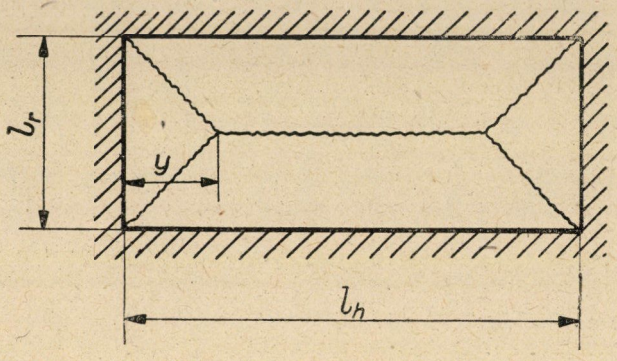
a) A lemezek törési keresztmetszeteiben az acél folyik és ebből kifolyólag az alakváltozás olyan nagy, hogy a többi keresztmetszet alakváltozása ezekhez képest elhanyagolható.

b) A lemez a töréskor síklapokra osztható, mely síklapok metszésvonalai — a törésvonalak — egyenesek. Így pl. egy négyszögalakú, négy oldalán fel-

fekvő lemez törési képe egyenletesen megoszló teher hatására az *1. ábrán* feltüntetett fordított nyeregtető alakot mutatja.

c) A folyási határon túl a vasbetét megszilárdul, a megszilárdulást azonban csak tartaléknak tekintjük és nem vonjuk be a számításba.

d) Feltesszük, hogy ha a vasalás egyenletesen elosztott és a lemez állandó vastagságú, a törésvonalak mentén a fajlagos nyomaték állandó, mert a folyásban



1. ábra

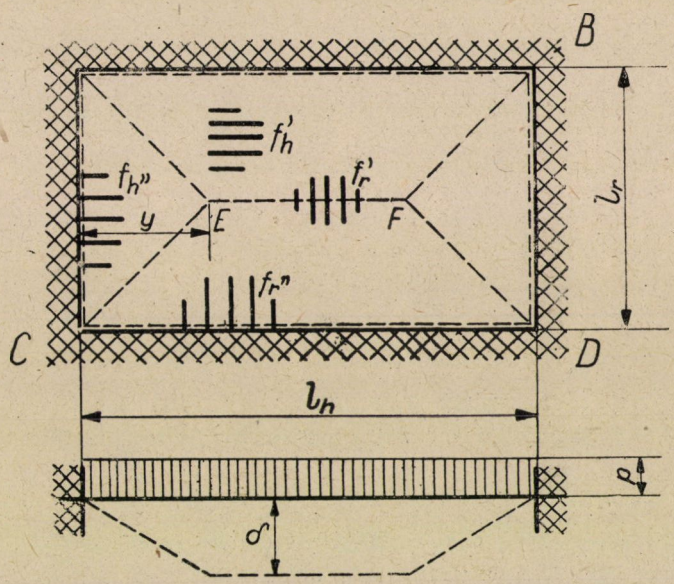
lévő vas állandó lemezvastagság mellett igen nagy közelítéssel állandó nyomatékot vesz fel. A törésvonalak mentén a törőnyomatékot vasalásirányú komponensekre bontva, a komponensek is állandók.

e) A törésvonalak mellett nyíróerőket számításba nem veszünk, mivel ott a nyomatéknak szélső értéke van. Azok a helyek, ahol két törésvonal találkozik, vagy a törésvonal a szabad szélre ér ki, kivételes helyek, a számítás azonban úgy rendezhető be, hogy az itt fellépő csomóponti erők szerephez nem jutnak.

Ha ismerjük a törésvonalakat, a teher intenzitása munkaegyenlettel határozható meg abból a tételből, hogy a külső erők, tehát a terhek munkája a belső munkával egyenlő. A belső munka az előbb említett feltevések szerint a rugalmas alakváltozások teljes elhanyagolásával számítandó és így az a törőnyomatékok és a törésvonal mentén fellépő szögforgások szorzatának vonalintegrálja. A törésképet általában csak alakhelyesen ismerjük és annak tényleges adatai végesszámú ismeretlent tartalmazhatnak. Így pl. az *1. ábrán* feltüntetett töréskép a tapasztalat szerint alakhelyes, de bármely speciális esetben ismeretlen a törésvonalak metszéspontjának a lemez rövidebb oldalától való távolsága. Ha a lemez méretei, vasalása és az anyag-állandók (prizmaszilárdság, folyási határ stb.) adottak, s így a törőnyomatékok is adottak, a törőteher intenzitása mint a töréskép geometriai méreteit meghatározó y_1, y_2 . . . . . y_n n ismeretlent tartalmazó függvény fogható fel a következő alakban :

$$p_t = \varphi(y_1, y_2, \ldots y_n).$$

A törési elmélet most már azt mondja, hogy a lehetséges törésképek között az a tényleg fellépő, amelynél a törőteher a *legkisebb*. Ez a feltétel másként is megfogalmazható. Ha ugyanis a terhelést és a törésvonalak mentén fellépő törőnyomatékok viszonyát (a fajlagos vasmennyiség arányszámát) tekintjük adottnak, akkor a tényleg fellépő töréskép az, amely mellett a keresett törési nyomatékok a legnagyobbak. Ezek szerint adott esetben relatív szélső érték létezésének lehetőségét kell megvizsgálnunk, hogy a törésképet meghatározó ismeretlenek birtokába jussunk. E relativ szélső érték probléma gyakran — mint pl. az alantiakban tárgyalandó 2. *ábrán* feltüntetett esetben is — egyszerű szélső érték problémává redukálódik.



2. ábra

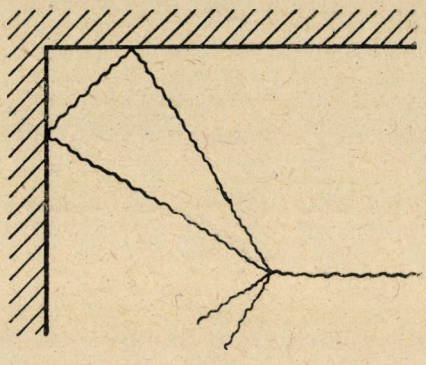
Vegyük szemügyre a 2. *ábrán* feltüntetett derékszögű négyszögalakú vasbeton lemezt, melyre p intenzitású egyenletesen megoszló teher nehezedik és melynek egyenletesen kiosztott vasalása az alsó felületen f_r' és f_h', felső felületen pedig f_r'' és f_h'' fajlagos értékű. Legyen a vasbetétek mennyisége úgy megválasztva, hogy a keresztmetszetek tönkremenetele feltétlenül a vasbetétek folyása következtében álljon elő és legyen a lemez a szélein legalább olyan mértékben befogva, hogy a felső vasbetétek a befogás helyén folyásba juthassanak. Az ábrán szaggatott vonallal feltüntettük a számításba vett törésképet. Meg kell jegyeznünk, hogy ha a lemez a sarkok felemelkedése ellen is biztosítva nincs, a töréskép sokszor a 3. *ábrán* feltüntetett villás alak szerint alakul ki. E villás töréskép felvétele Johansen vizsgálatai szerint mintegy 10% teherbírás

csökkenést jelent, amit azonban most vizsgálat tárgyává nem teszünk, mert ezt elégséges a méretezési szabályok megalkotásánál figyelembevenni.

Ha a töréskor valamely törésvonal a vasbetétek irányára merőleges, akkor e törésvonal mentén fellépő fajlagos törési nyomaték az

$$m_i = \sigma_f f_i z_i \tag{1}$$

képlettel megszabott, mely képletben f_i a törésvonalra merőleges vasbetétek fajlagos keresztmetszete (cm²/m), σ a vasbetét folyási határa, z_i a belső kar.



3. ábra

Ha a törésvonal a vasbetétek irányára nem merőleges, a törőnyomaték két, a vasbetétek irányára merőleges komponensre bontandó, melyek mindegyikére az (1) képlet érvényes.

A következőkben célul tűzzük ki, hogy adott lemezalak esetében a p egyenletesen megoszló teher és a törési nyomatékok között gyakorlati célokra alkalmas összefüggést találjunk.

Ha a vízszintes síkú lemez a nyeregtető alakú ferde síkokból és egyenes törésvonalakból álló tört lemezalakot felvette, s a rugalmas alakváltozásokat elhanyagoljuk, a külső és belső erők munkája felírható. Esetünkben, ha az EF él δ értékkel süllyed le az eredeti vízszintes síkhoz képest, a külső erők munkája a terhelésnek és a lemez eredeti síkja, valamint a törés utáni síkok által bezárt test térfogatának szorzata :

$$L_k = p\, l_r\, (l_h/2 - y/3)\, \delta . \tag{2}$$

Ez a külső munka azzal a belső munkával egyenlő, melyet a törésvonalak mentén a törőnyomaték és a szögforgás szorzataként állíthatunk elő. Így pl. az EF él mentén a belső munka

$$L_b^{EF} = \frac{4\,(l_h - 2\,y)\, m'_r}{l}\, \delta \tag{3}$$

képlettel fejezhető ki, mely képletben m_r' a lemez rövidebb irányú (EF él mentén működő) fajlagos törőnyomatéka.

Vegyük a lemez hosszirányában működő m_h' pozitív fajlagos törőnyomatékot alapul és legyen a 2. *ábra* értelmezése szerint

a rövidebb irányú pozitív fajlagos törőnyomaték $m_r' = \nu\, m_h'$
a hosszabb irányú negatív fajlagos törőnyomaték $m_h'' = \nu_1\, m_h'$
a rövidebb irányú negatív fajlagos törőnyomaték $m_r'' = \nu_2\, m_h$ (4)

Ha most a (3) egyenlet mintájára az összes törésvonal menti belső munkát felírjuk, azokat összegezzük, a (4) alattiak behelyettesítése után a külső és belső munka egyenlősége a következő alakot nyeri:

$$\frac{1}{2}\, p\, l_r \left(\frac{l_h}{2} - \frac{y}{3}\right) \delta = m_h' \frac{2\, l_h\, y\,(\nu + \nu_2) + l_r^2 (1 + \nu_1)}{l_r\, y}\, \delta, \tag{5}$$

melyből

$$m_h' = \frac{2}{3}\, \frac{p\, l_r^2}{8}\, \frac{y\,(3\, l_h - 2\, y)}{2\, l_h\, y\,(\nu + \nu_2) + l_r^2 (1 + \nu_1)}. \tag{5a}$$

Ha továbbá az

$$\eta = y/l_h: \quad \varphi = l_r/l_h; \quad \varkappa = \frac{\nu + \nu_2}{1 + \nu_1};$$

$$M_{ro} = p\, l_r^2/8; \quad M_{ho} = p\, l_h^2/8$$

jelöléseket vezetjük be,

$$m_h' = \frac{2}{3}\, M_{ho}\, \frac{\eta\,(3 - 2\,\eta)\,\varphi^2}{(1 + \nu_1)\,(2\,\varkappa\,\eta + \varphi^2)} \tag{5b}$$

alakhoz jutunk, mely képlet szerint adott terhelés, oldal- és vasalásviszony esetében minden η értékhez egy törésnyomaték csoport tartozik. Mivel ν, ν_1 és ν_2 adottak, s így állandók, az elképzelhető végtelen sok töréskép közül a bevezetőben említett tétel értelmében az a tényleg fellépő, amelynél a törésvonalak mentén fellépő nyomatékok a legnagyobbak, tehát ahol

$$\frac{dm_h'}{d\eta} = 0.$$

A differenciálást (5/b.) képletünkön végrehajtva, az eredményt zérussal egyenlővé téve és rendezve a maximum feltételeként a

$$\varkappa = \frac{\varphi^2\,(3 - 4\,\eta)}{4\,\eta^2} \tag{6}$$

összefüggést kapjuk.

Ha e képletből $\varkappa$-t (5/b)-be helyettesítjük

$$m'_h = \frac{4}{3} M_{ho} \frac{\eta^2}{1 + \nu_1} \tag{7}$$

(7)-ből (4) segítségével m''_r, m'_h és m''_r törőnyomatékok kifejezhetők.

Ezek után általános érvényű, egyszerű szabályt kaphatunk a következő meggondolással:

Legyenek $m_{ho} = m'_h + m''_h$ ill.

$$m_{ro} = m'_r + m''_r$$

a támaszfeletti és mezőnyomatékok abszolút értékének összegei a két irányban s helyettesítsük e képletek jobboldalába az előbbiek szerint meghatározott m'_h, m''_h, m'_r és m''_r értékeit. Ekkor a lemez ú. n. összes nyomatéka a hosszabb irányban

$$m_{ho} = \frac{4}{3} \eta^2 M_{ho} \tag{8a}$$

a rövidebb irányban pedig (6) figyelembevételével

$$m_{ro} = \left(1 - \frac{4}{3} \eta\right) M_{ro} \tag{8b}$$

Ennek az eredménynek rendkívül egyszerű statikai tartalma van: m_{ho} és m_{ro} ugyanis nem más, mint azok az összes nyomatékok, amelyek a törési kép fölött elhelyezett megoszló teherből a mindkét irányban függetlennek képzelt tartókon keletkeznek (4. *ábra*).

Az előbb előadottak alapján az egyenletesen megoszló erőkkel terhelt, szélein felfekvő, befogott lemezek — melynek speciális esete a kéttámaszú lemez ($\nu_1 = \nu_2 = 0$) — törési elméleten alapuló méretezése a következőképpen történhetik:

A lemezt mindkét irányban, mint egységnyi szélességű gerendatartót képzelve meghatározzuk a nyomatéki ábrákat, s a törésképet alakhelyesen, de tetszés szerint felvéve a lemez fajlagos nyomatékait e képzelt gerendák M_r és M_h nyomatékaiból a rövidebb irányban az

$$m_r = \left(1 - \frac{4}{3} \eta\right) M_r = \alpha_r M_r \tag{8a}$$

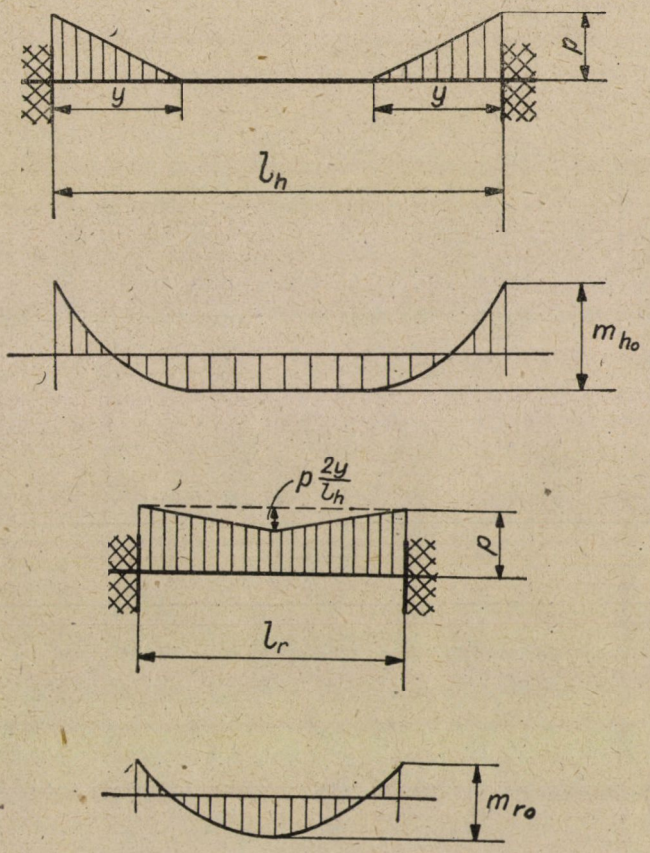
a hosszabb irányban pedig az

$$m_h = \frac{4}{3} \eta^2 M_h = \alpha_h M_h \tag{8b}$$

képletek szerint kiszámítjuk és a lemez keresztmetszetét a megfelelő irányokban

e redukált nyomatékokra méretezzük. m_r és m_h képleteiben $\eta = y/l_h$ az ábra szerinti töréskép csúcsának viszonylagos távolsága.

Adott esetben a lemez vasalásához szükséges összes vasmennyiség a megtámasztás módja és az oldalhosszak arányától függően η különböző fel-



4. ábra

vételével változik. A leggazdaságosabb vaskiosztás meghatározása általában próbálgatással történhetik.

Ha azonban a vasmennyiség felhasználására főleg a mezőközép vasbetéteinek az összege mérvadó (pl. szabadon felfekvő lemezek esetében), akkor a leggazdaságosabb vasalást adó η alanti módon határozható meg:

A mezőközép fajlagos vasbetéteinek összege (1) és (9/a-b) képletek szerint

$$f_{vr} + f_{vh} = F_v = \frac{1}{\sigma_f}\left(\frac{1 - {}^4/_3\,\eta}{z_r} M_r' + \frac{4\,\eta^2}{3\,z_h} M_h'\right),$$

ahol M'_r és M'_h az alapul szolgáló képzelt gerendatartók legnagyobb pozitív nyomatékai.

$dF_v/d\eta = 0$ minimum feltételből

$$\eta = 0{,}5\,\frac{z_h}{z_r}\,\frac{M'_r}{M'_h} = c\,\mu\,,$$

ha a $0{,}5\,\frac{z_h}{z_r} = c$ és $M'_r/M'_h = \mu$ jelölést használjuk.

Ezek alapján adott esetben a legkedvezőbb vasalást adó η meghatározható.

Szabályzati előírások szerint a lemez fővasalására merőlegesen az ú. n. elosztó vasalás mennyisége általában előírt; így pl. a magyar előírások szerint az elosztóvasak mennyisége nem lehet kevesebb a fővasbetétek 20%-ánál, ami gyakorlatilag azt jelenti, hogy az m'_r/m'_h viszony 5-nél nagyobb nem lehet. Ha az $\alpha = f_r/f_h$ arányszám adott, η az

$$\eta^2 + \frac{2\,\mu\,c\,\eta}{\alpha} - \frac{1{,}5\,\mu\,c}{\alpha} = 0$$

másodfokú egyenlet gyökeként számítandó.

E teoretikus eredmények igazolására felhasználtuk a »Deutscher Ausschluss für Eisenbeton« 30-as, 56-os és 70-es füzeteiben leközölt kísérleteket. E kísérletek egy kivétellel szabadon felfekvő 1 : 1, 1 : 1,5 és 1 : 2 oldalirányú lemezekre vonatkoznak és az egyes aránycsoportokon belül a kétirányú fajlagos vasalás mennyisége is változott.

A törőerő meghatározását a szokott plasztikus elmélettel hajtottuk végre, a beton prizmaszilárdságát és a vasbetétek folyási határát véve alapul. A számszerű eredményeket az I. táblázat adja.

A kísérleti eredmények kiértékelése azt mutatja, hogy a törési elméletből számított nyomatékok 14 esetből átlagosan 1,5%-kal nagyobb értéket adnak, mint a beton morzsolódását előidéző nyomaték, a törőnyomatékok átlaga pedig 6,6%-kal nagyobb a számítottnál. Mindkét kísérletsorozat négyzetes középhibája 8%, ami hasonló kísérleti és elméleti eredmények összehasonlításánál igen jó eredmény és alátámasztja az alkalmazott elmélet jogosultságát. További kísérletek feldolgozását is folyamatba tettük, főleg befogott szélű lemezekre.

Az új magyar vasbetonszabályzat a fenti kutatásainkon nyugvó számítási mód használatát ajánlja.

I. TÁBLÁZAT

A DAFE lemezeken végzett számítások összeállítása

Sorszám	DAFE füzet	jel	m méret	vastagság cm	cm²/m vasalás		$\frac{fr\,z_r}{fh\,z_h}$	kg/cm²		Elméleti törőteher Pe	kísérleti törőteher		eltérés %	
					fr	fh		σ_f	σ_b		törés kezdetén P_t'	törés végén P_t	$\frac{Pe-Pt'}{Pe}$	$\frac{Pe-Pt}{Pe}$
1	70	715 716	2×2	12	3,85	3,85	1,00	3400	195	8,10 t/m²	—	8,37 t/m²	—	— 2,5
2	30	1	2+2	12	3,85	3,85	1,07	4080	210	386,^{t}	36^t	40^t	+7,2	— 3,5
3	30	4	2×2	8	3,85	3,85	1,13	4080	210	23,7^t	24^t	26,3^t	— 1,2	— 9,8
4	30	5	2×2	12	3,85	4,14	1,00	4080	210	8,6^t	38^t	42^j	+ 1,5	— 8,2
5	30	6	2×2	8	3,85	4,37	1,00	4080	210	23,7^t	24^t	26^t	— 1,1	— 8,8
6	30	11	2×2	12	7,85	8,81	1,00	3486	210	64,6^t	56t	58^t	+15,2	+11,5
7	30	12	2×2	8	7,85	9,46	1,03	3486	210	38,4^t	34^t	—	+13,0	—
8	30	15	2×3	12	3,85	3,85	1,07	4279	210	43,1^t	40^t	44^t	+ 7,5	— 2,2
9	30	16	2×4	12	3,85	3,85	1,07	4279	210	47,5^t	45^t	50^t	+ 5,5	— 5,0
10	30	17	2×2	12	fr= 3,85 $f'r$= 6,36	3,85	1,07	3632	210	97^t	95^t	98^t	+ 2,2	— 1,0
11	30	1077	2×4	12	3,85	3,85	1,07	2900	250	32^t	33^t	35^t	— 3,1	— 8,6
12	56	1079	2×4	12	3,85	1,92	2,12	2900	250	27,6^t	28^t	31^t	— 1,5	—11,0
13	56	1081	2×4	12	3,85	0,96	4,21	2900	250	24,6	27^t	29^t	— 9,0	—15,3
14	56	1083	2×4	12	3,85	0,44	9,20	2900	250	22,5	26^t	28^t	—13,5	—19,7
15	56	1085	2×4	12	6,92	0,72	10,10	2900	250	39,2	42^t	48^t	— 6,6	—18,3
							Közepes eltérés				%		+ 1,5	— 6,6
							Négyzetes középhiba				%		8	8

HOZZÁSZÓLÁSOK

PELIKÁN JÓZSEF

Dr. Menyhárd István előadásában kétirányban teherbíró vasbeton lemezek méretezésére egy rendkívül egyszerű és szellemes számításmódot javasolt. Az elhangzott előadásban láttuk, hogy adott töréskép esetén az egyik vagy másik irányban működő pozitív és negatív nyomatékok összege milyen imponáló egyszerűséggel állapítható meg. A kapott nyomatékösszeg felbontása pozitív és negatív nyomatékra tetszőleges lehet, ugyanúgy, mint az egydimenziós gerendafeladat esetében is a gazdaságos szétosztás az ott szokásos módszerekkel lehetséges. A lemezfeladatnál azonban nem csak a nyomatékösszeg szétosztása lehet tetszőleges, hanem a töréskép felvételében is szabadságunk van. Természetesen olyan törésképet akarunk választani, ami mellett a vasalás a lehető leggazdaságosabb.

Az előadás ezzel a kérdéssel is foglalkozott és ehhez szeretnék néhány megjegyzést fűzni. Nevezetesen szeretnék a leggazdaságosabb vasalást adó töréskép felvételére javaslatot tenni, ami ugyan dr. Menyhárd javaslatától lényegében nem különbözik, de alakjában annál egyszerűbb és áttekinthetőbb.

A javaslat a következő:

a) Ha a lemez mindkét irányban azonos módon megtámasztott, akkor

$$\eta = \frac{1}{2}\,\varphi^2$$

b) ha a lemez a rövidebb irányban befogott és a hosszú irányban szabadon támaszkodik, akkor

$$\eta = \frac{1}{4}\,\varphi^2$$

c) ha a lemez a hosszú irányban befogott és a rövid irányban támaszkodik szabadon, akkor

$$\eta = \varphi^2, \quad \text{de} \quad \eta \leqq 0{,}5$$

értéknek megfelelő törésképet kell felvenni a leggazdaságosabb vasaláshoz.

A javaslat indokolása a következő:

Elfogadjuk azt a feltevést, hogy a vasaláshoz szükséges összes vasmennyiség a mezőközépen szükséges vaskeresztmetszetek összegével arányos. Ha eltekintünk attól, hogy a belső erők karja a két irányban kis mértékben különböző lehet, a vasmennyiségek a mezőközép nyomatékösszegeivel is arányosak. Szabad támaszkodás esetében a mezőközép nyomatéka határozott, a befogás esetében pedig azt a nyomatékösszeg felére vesszük fel. Ilyen módon egy a vasmennyiséggel arányos V mennyiséget kapunk, aminek minimumát kell keresnünk.

a) Mindkét irányban szabadon felfekvő lemez esetén

$$V = m_r + m' = \left(1 - \frac{4}{3}\,\eta\right)\frac{q\,l_r^2}{8} + \frac{4}{3}\,\eta^2\,\frac{q\,l_h^2}{8},$$

illetve mindkét irányban befogott lemez esetén ennek a fele.

Ez a 0,5-es faktor azonban a minimum problémát éppen úgy nem érinti, mint a mindkét tagban közös $\frac{1}{8}$ faktort. Ezért a mindkét irányba azonos módon megtámasztott lemez vasmennyisége a következő V kifejezéssel arányos :

$$V = \left(1 - \frac{4}{3}\eta\right) l_r^2 + \frac{4}{3} l_h^2 \eta^2.$$

A minimum ott lesz, ahol

$$\frac{dV}{d\eta} = -\frac{4}{3} l_r^2 + \frac{8}{3} l_h^2 \eta = 0,$$

Ebből

$$\eta = \frac{l_r^2}{2 l_h^2} = \frac{1}{2} \varphi^2.$$

b) A rövid irányban befogott és a hosszú irányban szabadon támaszkodó lemez esetén

$$V = \frac{1}{2} m_r + m_h$$

m_r és m_h értékeit behelyettesítve és a mindkét tagban közös tényezőket elhagyva

$$V = \left(1 - \frac{4}{3}\eta\right) \frac{l_r^2}{2} + \frac{4 l_h^2}{3} \eta; \quad \frac{dV}{d\eta} = -\frac{4}{6} l_r^2 + \frac{8}{3} l_h^2 \eta = 0$$

$$\eta = \frac{l_r^2}{4 l_h^2} = \frac{1}{4} \varphi^2.$$

c) A rövid irányban szabadon támaszkodó és a hosszú irányban befogott lemez esetén

$$V = m_r + \frac{1}{2} m_h,$$

azaz

$$V = \left(1 - \frac{4}{3}\eta\right) l_r^2 + \frac{2}{3} l_h^2 \eta^2$$

$$\frac{dV}{d\eta} = -\frac{4}{3} l_r^2 + \frac{4}{3} l_h^2 \eta$$

$$\eta = \frac{l_r^2}{l_h^2} = \varphi^2.$$

Nagy φ esetén η most 0,5-nél nagyobbra is adódhat. Ez természetesen lehetetlen és ezért kell az

$$\eta \leqq 0{,}5$$

megszorítás. Ha $\eta = 0{,}5$, vagyis $\varphi = 0{,}707$, akkor a lemez közepén lévő törésvonalat a rövidebb oldallal párhuzamosan kell felvenni, vagyis l_r és l_h szerepet cserél. Ebben az esetben a hosszú irányban menő vasakat kell alul vezetni.

A nyomatékszámítás tehát a következő képletek alapján történhet:

Mindkét irányban szabadon feljekvő lemez

$$m_r = \left(1 - \frac{2}{3}\,\varphi^2\right) M_{ro}\,; \quad m_h = \frac{1}{3}\,\varphi^4\, M_{ho}.$$

Ha $\varphi \leqq 0{,}654$, akkor $m_h \leqq 0{,}2\ m_r$, tehát a hosszabb irányú vasalást elosztóvasalásként kell számítani.

Mindkét irányban befogott lemez

$$m_r' = m_r'' = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{2}{3}\,\varphi^2\right) M_{ro}\,; \quad m_h' = m_h'' = \frac{1}{6}\,\varphi^4\, M_{ho}.$$

Ha $\varphi \leqq 0{,}654$ a hosszabb irányú vasalást elosztóvasalásként kell számítani.

Rövidebb irányban befogott, hosszabb irányban szabadon támaszkodó lemez

$$m_r' = m_r'' = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{3}\,\varphi^2\right) M_{ro}\,; \quad m_h = \frac{1}{12}\,\varphi^4\, M_{ho}$$

Ha $\varphi \leqq 0{,}926$ a hosszabb irányú vasalást elosztóvasalásként kell számítani.

Rövidebb irányban szabadon támaszkodó, hosszabb irányban befogott lemez

$$\varphi \leqq 0{,}707$$

$$m_r = \left(1 - \frac{4}{3}\,\varphi^2\right) M_{ho}\,; \qquad m_h' = m_h'' = \frac{2}{3}\,\varphi^4\, M_{ho}.$$

Ha $\varphi \leqq 0{,}463$ *a hosszabb irányú* vasalást elosztóvasként kell számítani.

$$\varphi > 0{,}707 \quad \text{esetben}$$

$$m_r = \frac{1}{12}\,\varphi^4\, M_{ro}\,; \qquad m_h' = m_h'' = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{3}\,\varphi^2\right) M_{ho}.$$

Ha $\varphi \leqq 0{,}970$ a rövidebb irányú vasalást elosztóvasalásként kell számítani.

Ezzel a kiegészítéssel talán sikerült még egyszerűbbé és áttekinthetőbbé tenni dr. Menyhárd István által javasolt rendkívül szellemes, egyszerű és gazdaságos számításmódot.

GNÄDIG BÉLA

Az elhangzott előadás a magas- és mélyépítés területén egyaránt fontos kétirányban teherbíró lemezekkel foglalkozik. — A megoldás módja egyszerű és gazdaságos. — A megoldás módszertani része pedig külön figyelmet érdemel.

A vasbetonszerkezetek statikája a Bernuilli—Navier-féle feltevésre és a Hooke törvényre épült fel. Az utóbbi azonban, különösen nagyobb szilárdságú betonok esetén, a valóságot nem közelíti meg eléggé. A Hooke törvény helyett a valóságot jobban megközelítő feltevések alkalmazása a vasbeton keresztmetszetek méretezésénél az ú. n. *n-mentes* méretezési eljáráshoz vezetett. Kétirányban teherbíró lemezeknél, megoszló terhelés esetén, a törésvonalak egyenesek és az alakváltozás a törés pillanatában a lemez fölé rajzolható tetőidomhoz hasonló alakú. E tapasztalati tény segítségével, a feladat Hooke törvénye nélkül is megoldható. A rugalmasságtani megoldásnál a lemez egységnyi szélességére ható nyomaték a lemez geometriai adataitól (G) és a terhelésektől (T) függött. Szimbolikus jelöléssel

$$m_r = f\,(G,\ T).$$

A képlékenységtan alkalmazásával levezetett új megoldásnál a vasszerelés elhelyezése (V) is lényegesen befolyásolja a nyomatékot és így szimbolikusan a hajlító nyomaték a következő függvény alakjában írható fel:

$$m_k = f\,(G,\ T,\ V).$$

A két függvény között lényeges különbség van, amennyiben az előbbi két változós, az utóbbi három változós függvény. Ez a különbség világosan mutatja hogy a két számítási módszer között alapvető elvi különbség van és nemcsak arról van szó, hogy egy már megoldott statikai feladatot most másképpen, egyszerűbben, vagy gazdaságosabban oldunk meg.

A lényeges elvi különbség azonban nem jelenti azt, hogy a gyakorlati eredmények számértékei között is nagy különbségek lesznek. Hasonlítsuk össze a *négyzet alaprajzú*, kerületén szabadon felfekvő, egyenletesen terhelt lemez nyomatékait, egyrészt a rugalmasságtani számítás (m_r), másrészt az előadás tárgyát képező képlékenységtani számítás (m_k) figyelembevételével: Mint ismeretes eredményt bizonyítás nélkül felírhatjuk, hogy

$$m_r = q\,l^2/27{,}4$$

Az előadásban közölt jelölések mellett négyzetes lemeznél $\varphi = 1$. Mindkét irányban azonos alsó vasszerelést tételezve fel $\nu = 1$. A felső vasszerelés hiánya miatt $\nu_1 = \nu_2 = 0$. E mellett az értékek mellett $x = 1$ és $\eta = 0{,}50$. Tehát a törésvonalak metszéspontja a négyzet közepére esik, vagyis a lemez átlói egybeesnek a törésvonalakkal. Az előadásban hallottak alapján azonban a törésvonal a sarkoknál villaszerűen kétfelé ágazik és ezért a nyomaték számításnál 0,90 csökkentő faktort kell alkalmaznunk. Az egyirányban felfekvő lemez egységnyi szélességére eső nyomaték pedig $m_0 = q\,l^2/8$. — Ezeket figyelembevéve

$$m_k = 0{,}9\,\frac{4}{3}\,m_0\,\varphi^2 = q\,l^2/26{,}7.$$

A két eredmény között csak kb. 3%-os különbség van.

Gazdaságosság szempontjából ez a példa nem előnyös. Ugyanis az új számításnál feltételeztük, hogy a lemez egész szélességében azonos vasszerelés van. A rugalmasságtani számításnál a szélek felé a vasszerelés ritkítható és így

közel azonos nyómatékok mellett az új számítás ennél a példánál kevésbbé gazdaságos eredményt ad. Más esetekben azonban a helyzet kedvezőbb.

Az új számítási módnak nagy előnye az, hogy segítségével oly lemezszámítási feladatok is megoldhatók, amelyeket eddig gyakorlatilag nem lehetett kellő pontossággal megoldani. A háromszög és trapéz alaprajzú lemez egyszerűen számítható. Továbbá medencéknél, lépcső szerkezeteknél, süllyesztett szekrényeknél stb. gyakran szerepel a három oldalán felfekvő négyszög alakú lemez számítása egyenletesen megoszló, vagy háromszög alakú terhelés mellett. Ezt a feladatot is könnyen meg lehet oldani az új számítási mód segítségével. Magasépítési szerkezeteknél pedig gyakori feladat a két szomszédos oldala mentén befogott, négyszög alakú, konzolos lemez számítása. De gyakran előfordul a két szomszédos oldala mentén szabadon felfekvő és a szemben lévő sarokpont környékén egy pontban alátámasztott lemez számítása is előtereknél és erkélyeknél. Ezt a feladatot is könnyű lesz megoldani.

Hátránya azonban az új számítási módszernek, hogy összetett terhelések esetén nem lehet a feladatot úgy tárgyalni, hogy a terhelést részekre bontva a számítást több részletben végezzük el. Ugyanis a Hooke törvény érvényességének hiányában a superpozició elve sem érvényes. Lehetséges azonban, hogy ezt a nehézséget is gyakorlatilag át lehet hidalni azáltal, hogy a repedés helyének és alakjának meghatározásánál elkövetett kisebb hiba a nyomaték számításnál nem ad nagy eltérést és így két különböző terhelés esetén is azonos törési ábrából lehet indulni. Mindenesetre ez a kérdés még behatóbb elméleti és kísérleti vizsgálatot igényel.

Koncentrált terheléseknél sok esetben a törésvonal nem egyenes, hanem görbe. Kérdés, hogy ilyen esetekben a számítást mégis egyenes vonalú törési ábra feltételezésével végezzük-e, valamely kísérletileg meghatározott szorzó tényező figyelembevételével, vagy pedig a számítást alakítsuk-e át oly módon, hogy a görbe törésvonalat valamely matematikailag egyszerű görbével helyettesítjük. Az utóbbi eset elvileg helyesebb, keresztülvihető, de mindenesetre az eddigi egyszerű számítást bonyolultabbá teszi. Ezen a téren is tág tere van még a kutatásnak úgy a számítás, mint a kísérletezés vonalán.

Az új számítási eljárásnak nagy előnye az, hogy egyszerű és gyors. Nehezebb feladatok megoldását eddig leggyakrabban a Marcus-féle rugalmas háló módszerével végeztük. Ez a módszer a differenciál egyenletek helyett lineáris diffencia egyenletek megoldásával járt és lényegesen egyszerűbb volt, mint a régebben alkalmazott módszerek. Azonban a számításnak ez a leegyszerűsített módja is még mindig hosszadalmas volt, ezért az új módszer bevezetése jelentős könnyebbséget fog jelenteni a vasbeton szerkezetek számításánál.

Az ÉTI az *n*-mentes módszer bevezetésével fontos lépést tett a vasbeton statikai tudomány tökéletesítésének irányában. Az elhangzott előadás nem kevésbbé jelentős második lépést jelent ugyanebben az irányban. Véleményem szerint helyes, hogy az ÉTI, illetve dr. Menyhárd István behatóan foglalkozik ezzel a problémával és örülök, hogy éppen ezt a kérdést hozta az Építési Konferencia elé. Az elhangzott előadás alapján a Mélyépítési Tervező Vállalatnál megoldásra váró számos méretezési feladatot a jövőben egyszerűbben és gyorsabban fogjuk megoldani. Szükséges volna azonban, hogy az említett megoldatlan problémákat az ÉTI megfelelő kutatásokkal úgy kísérlet, mint az elmélet vonalán tisztázza és a további eredményeket tervező mérnökök rendelkezésére bocsássa.

Fontos, hogy a statika tudománya ne öncélú legyen, hanem mindig alkalmazkodjon a legújabb kísérleti eredményekhez, még akkor is, ha ez az alkalmazkodás több évtized óta alkalmazott és bevált módszerek módosításával jár. Dr. Menyhárd István előadását annak bizonyítékául tekintem, hogy az ÉTI ilyen értelemben dolgozik. Az említett irányzat, úgy vélem, igazolást jelent a Tudományos Akadémia mai, haladó szellemű tudományos irányzatához.

SCHWERTNER ANTAL

Első hallás után az előadás levezetéseihez hozzászólni nem lehet. Azok beható tanulmányok eredményei és csak gondos tanulmány után lehet róluk bírálatot mondani. A levezetések alapelveit illetően azonban felmerülnek kételyek, amelyeket szóvá kell tenni.

A kételyek lényege jó megvilágítást nyer, ha a levezetett elveket a négyzetes alaprajzú lemezre alkalmazzuk. Ilyen lemezt a közölt elvek szerint úgy is lehet vasalni, hogy az egyik irányban az összes vasbetétnek csak 20%-a lesz, míg a vasbetétek 80%-a másik irány vasalása. Ez esetben pedig nem valószínű, hogy a lemez a feltételezett módon, az átlók irányát követve törik, hanem a gyengén vasalt sáv a lemez közepén, a felfekvés oldalaival párhuzamos keresztmetszetben fog törni.

Reá kell mutatni arra is, ami Dr. Gyengő Tibor előadásának a lényege volt, hogy a vasbetonszerkezetnek nemcsak a töréssel szemben kell biztonsággal rendelkeznie, hanem a hasznos teher alatt a repedéseknek sem szabad bizonyos értéket meghaladniok. Az előbbi példa esetében azonban valószínű, hogy a gyengén vasalt irányra merőlegesen már a hasznos teher alatt is lesznek csúnya, meg nem tűrhető mértékű repedések.

De kétséges az is, hogy a vasalásnak a két irányra való többé-kevésbbé önkéntes felbontása nem befolyásolja-e a törőterhelést. A külföldi kísérleteknek bemutatott kiértékelése és azok kedvező eredményei nem elegendő bizonyítékok a felállított elmélet mellett, mert a kísérleti lemezek a rugalmasságtan alapján volak számítva és ennek megfelelően vasalva. Ezért ezek a kísérletek csak azt igazolják, hogy a rugalmasságtan alapján méretezett lemezek törőterhét a képlékenységtan segítségével meg lehet határozni, vagyis, hogy a képlékenységtan a rugalmasságtant jól kiegészíti.

Nem kétséges, hogy például az irányok szerint 20% és 80% arányban vasalt négyzetes alaprajzú lemez teherbírása meg nem szűnik, ha a gyengébb irány vasai a folyás állapotába jutnak. A kétirányban teherbíró lemez erőjátéka ugyanis sztatikailag határozatlan, mint a két végén befogott tartóé, amelynek teherbírása ismeretesen meg nem szűnik, ha a befogás keresztmetszeteiben a vasbetétek folyásig terheltek, de a legnagyobb pozitív nyomaték keresztmetszete még teherbíró állapotban van. A képlékenységtan szerint ilyen gerendának a teherbírása független attól, miképpen lesz egy megadott vaskeresztmetszet a legnagyobb pozitív és negatív nyomatékok keresztmetszeteire felbontva. E tényt a kísérletek kellőképpen igazolják, azt mégsem lehet a méretezés céljára hasznosítani, mert a méretezésnél — mint már említést nyert — a megengedhető repedés nagyságára is tekintettel kell lenni.

De ettől eltekintve, kísérletek nélkül nem látszik bizonyítottnak, hogy a kétirányban teherbíró lemez és a két végén befogott gerenda közötti erőjáték hasonlóság a teherbírásra is áll, vagyis, hogy a kerületén alátámasztott lemez teherbírása független attól, miképpen van egy bizonyos vaskeresztmetszet

a két irányra szétosztva. Megítélésem szerint a tétel nem helyes, de ez a vélemény szubjektív és kísérletekkel alátámasztva nincsen.

Javaslom, hogy a kétirányban teherbíró lemeznek az előadó által bemutatott módon való számítása szabályzatainkba fel ne vétessék, amíg a felvetett kételyek kísérletekkel nem tisztázódnak.

CSONKA PÁL

A képlékenységtannak és a rugalmasságtannak összeütközését látjuk a felszólalásokban. Természetes, ez ütközet a két hasonló súlyú bajnok között és nem dönthető el úgy, hogy az egyik két vállra fektethető legyen. Ha a dolgot lényegében nézzük, láthatjuk, hogy mind a két félnek igaza van és az igazság a kettő között van.

Igazuk van azoknak, akik a régi méretezési elveket elvetve, új nyomokon indulnak el. Így lényegesen egyszerűbb módszerek alakulnak ki. Evvel szemben megvan több hiba elkövetésének is a lehetősége. Nem hiszem azonban, hogy valaki is a Menyhárd-féle elméleteket úgy akarná alkalmazni, hogy a megoldást a másik végletbe viszi, hanem az egésznek a gondolata abban foglalható össze, hogy a tervező megszabadul az eddigi megkötöttségektől.

A plaszticitással a tervező szabadságot kapott, hogy eltérhessen az eddigi rugalmassági keretektől és szabadabban tud mozogni. Ezzel a szabadságával nem fog visszaélni csak azért, hogy olyan megoldásokat hozzon, amelyek lényegesen eltérnek a rugalmasságtan megoldásaitól.

Ha a kettő között keressük a helyes utat, akkor a megoldás könnyen adódik.

GÁBORI PÁL

A lemezelméletnél, ugyanúgy, mint a síkbeli tartószerkezetek méretezése során, a képlékenységtan eredményeit csak bizonyos megkötésekkel vezethetjük be, miáltal egyes kétséges pontok kiküszöbölhetőkké válnak. Különösen ott kell alkalmazni megfelelő előírásokat, ahol a túlzottan kevés vasmennyiségek repedésekre vezethetnek.

A bemutatott módszer új utakra vezet a lemezek méretezése szempontjából. Már Johansen bemutatta, hogy a teherbírást töréselméleti úton meg lehet állapítani. Ha többet foglalkozunk a kérdéssel, különlegesebb esetekre is sikerül megoldást találni. Az elhangzottakat indulásnak kell tekinteni és további fejlesztési módok és lehetőségek vizsgálatát kell folyamatba tenni.

MENYHÁRD ISTVÁN válasza

Az előadást 30 perces akadémiai előadásnak szántam és nem térhettem ki az alkalmazásokra is. Elméleti mechanikai előadást akartam tartani. Szó se volt róla, hogy az itt közölt képleteket minden korlátozás nélkül szabályzati rendelkezésként szeretném bevezettetni.

Ha egy teoretikus kérdést megoldunk, más kérdés annak alkalmazása és az, hogyan vezessük be azt a gyakorlatba.

A kutatási eredményekből csak nagyon kis részt tudtam ismertetni.

A rugalmas elméletet csak akkor lehetne védelmezni, ha a beton rugalmassági modulusa tényleg állandó volna és a keresztmetszetek tehetetlenségi nyomatékát nem befolyásolná lényegesen a repedések fellépte.

ÚJ TAPASZTALATOK A TALAJSZILÁRDÍTÁS ALKALMAZÁSA TERÉN AZ ALAPOZÁSI MUNKÁKBAN

CEBERTOWICZ ROMUALD
a gdanski Politechnikum professzorának előadása 1951. december 12-én
a Magyar Tudományos Akadémia Nagyhete alkalmával
Ismerteti: *Ocsvár Rezső*

Cebertowicz professzor 1951. augusztus 14-én a Magyar Tudományos Akadémián tartott előadásában részletesen ismertette az elektromos áramnak finom szemcséjű talajokra való hatását és tárgyalta az általa bevezetett talajszilárdítási eljárást, mely az említett elektrokinetikus jelenségek alkalmazásán alapul.* Jelenlegi előadásában ezért az eljárás elvi kérdéseivel nem foglalkozik, mert a magyar szakemberek részben az említett előadásból, részben annak a szaklapokban megjelent ismertetéséből a kérdéseket már ismerik, inkább a legújabb lengyelországi gyakorlati tapasztalatokat mutatja be.

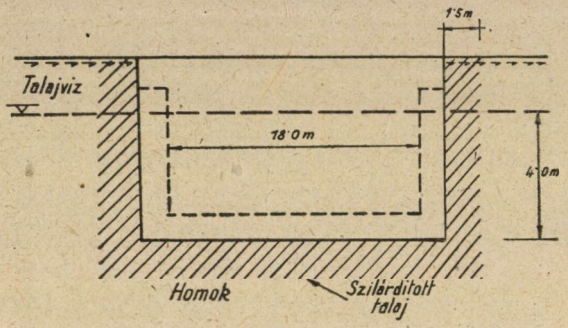
Mindenekelőtt néhány laboratóriumi vizsgálati eredményt mutat be, melyek jól szemléltetik az elektromos szilárdításnak a talaj fizikai jellemzőire való hatását. A telítés előtt és után mért jellemzők számértékét az I. sz. táblázat mutatja be: a térfogatsúly értéke a telítés hatására a hézagtérfogat csökkenése miatt lényegesen megnövekedett, a víztartalom viszont állandó maradt, ezért a relatív nedvesség értéke természetszerűleg szintén megnőtt; s a talaj csaknem telített állapotot mutatott ($r \approx 1$).

Talajfizikai jellemző	Jel	Szilárdítás előtt	Szilárdítás után
Térfogatsúly.....	γ t/m³	1,7	2,1
Víztartalom.....	w%	13,8	13,8
Hézagtérfogat.....	n%	42,2	29,2
Relatív nedvesség.....	r	0,502	0,988

A továbbiakban Cebertowicz professzor a következő gyakorlati példákon mutatta be az eljárás széleskörű alkalmazhatóságát.

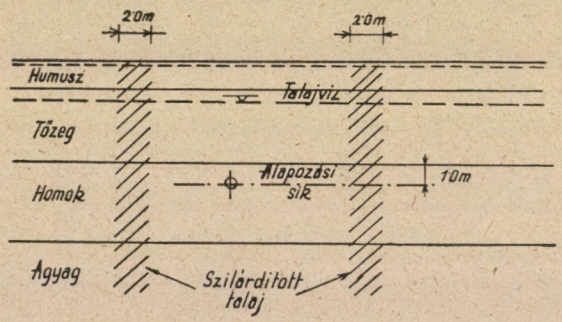
* Az akkori előadás részletes ismertetése a Mélyépítéstudományi Szemlében és a Bányászati Lapokban található. (*Cebertowicz Romuald:* Elektrokinetikus jelenségek alkalmazása a talajszilárdításnál. Ismerteti: *Ocsvár Rezső.* Mélyépítéstudományi Szemle, 1951. 10. szám.)

1. Az egyik munkahelyen egy vasbeton szerkezetű 18,0 m belső szélességű *medencét* kellett alapozni a talajvíz szintje alatt *4,0 m* mélységben, homoktalajban. A kivitel úgy történt, hogy a talajt a medence körül *1,5 m* mélységben vegyi anyagokkal elektromos úton telítették, s így vízzáróvá tették, úgy hogy csaknem teljesen vízmentesen lehetett a medencét megépíteni *(l. 1. sz. ábra)*



1. ábra. Vízmedence körülzárása talajszilárdítással

2. Egy gdanski építkezésnél a vízzárás biztosítására *szádfalat* kellett volna alkalmazni, e helyett a talajt a munkagödör körül 2 m szélességben az agyagrétegig megszilárdították. A rétegszelvényt a *2. sz. ábra* mutatja. A talaj szilárdításához *110 V* feszültségű, *15 A* erősségű egyenáramot használtak. A víz-



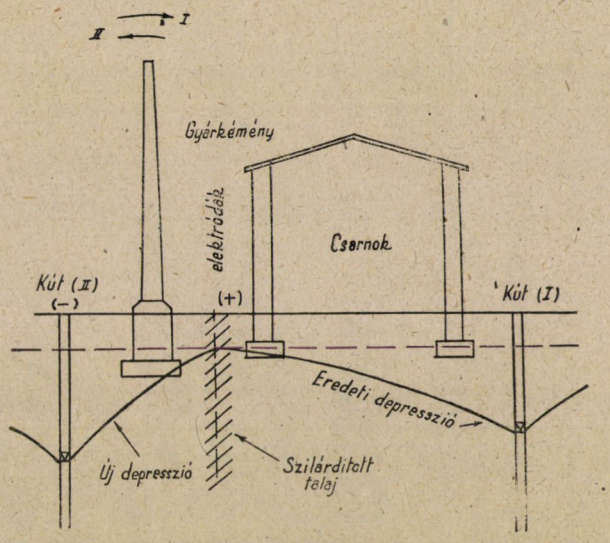
2. ábra. A talajszilárdítás szádfalat helyettesít

zárás oly jól sikerült, hogy az alapsíkig való földkiemelés után a vízhozzáfolyás mindössze *5 l/perc* volt. Naponta *30—40 m³* talajt szilárdítottak, *100—130 Zloty/m³* költséggel.

3. A *3. sz. ábra* egy barnaszénakna víztelenítését és süllyesztését mutatja. A süllyesztést iszapos homok alajban a *— 16,5 m* szintig a szokásos módon végezték, itt azonban *homoktalaj* jelentkezett, s a vágóél alatt *— 1,0 m* mélységben volt a talajvíz szintje. A homokréteg vastagsága kb. *5 m* volt, alatta

ödométerben — csak függőleges összenyomódás miatt következett be. A szilárdított talaj összenyomódása az eredeti talajhoz képest annak kb. *negyedrészére* csökkent.

6. A cebertálás egyik legszellemesebb alkalmazását a *6. sz. ábra* mutatja be. Egy nagy ipari csarnok melleti, síkalapozással épült magas *kémény* a csarnok felé dőlni kezdett, mert az *I*-jelű gyári kút okozta depresszió folytán a talajvíz a csarnoképület és a kémény alapjai alól a finom talajszemcséket *kimosta*.



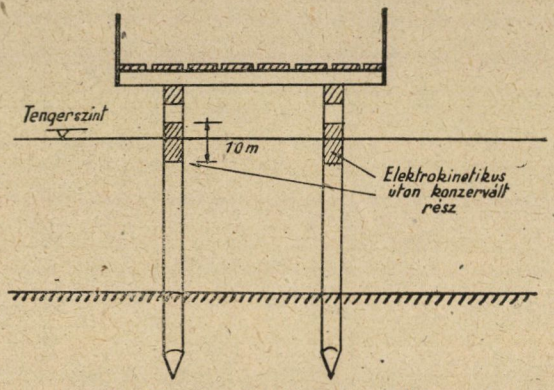
6. ábra. Gyárkémény elferdülésének megszüntetése

Így a csarnok süllyedt, a gyárkémény pedig elferdült. A már veszélyesnek induló mozgásokat a talajszilárdítási eljárással a következő módon sikerült megállítani. A csarnok és a kémény között elektródákat vezettek le, a kémény másik oldalán pedig egy negatív elektródaként is szolgáló *új kutat* fúrtak. Így a pozitív elektródák körül cebertálással egy vízzáró köpenyt létesítettek, mikor ez megszilárdult, a *II*-jelű kútban megindították a szivattyúzást. Az ennek következtében beálló depresszió, mely az eredeti helyzethez képest ellentétes esésű volt, itt is talajkimosást s így süllyedést okozott ; az eredmény pedig az volt, hogy a gyárkémény visszabillent eredeti függőleges helyzetébe. Ennek elérése után a *II*-jelű kútból a szivattyúzást megszüntették s a kutat bebetonozták. A további káros mozgásokat azután a pozitív elektródák körüli szilárdított földfal már hatásosan megakadályozta.

7. Egy új alkalmazási területe az eljárásnak *repülőterek gurulópályáinak* szilárdítása. Erre ott volt szükség, ahol az altalaj vizenyős, homokos volt, viszont a gurulópályát más helyre telepíteni egyéb okok miatt nem lehetett. A kiegyengetett felső talajréteget fellazították és különböző sókkal keverték:

majd az így kezelt talajréteget lehengerelték, miközben az egész réteget egyenáram alá helyezték. A hengerlés kemény, érdes felületet adott, mely repülés céljaira alkalmas volt. A tapasztalatok szerint ezzel a módszerrel földutak építése szempontjából is érdemes foglalkozni.

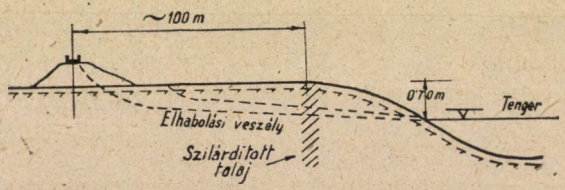
8. A cebertálást — mint arról már az augusztus 14-i előadásban is szó volt — *fák konzerválására* is fel lehet használni. Az első nagyobb kísérletet a szopoti fürdő fa mólóján végezték. Itt a függőleges cölöpöket a *7. sz. ábra* szerint 1 m



7. ábra. Facölöpök konzerválása

hosszban elektrokinetikus eljárással konzerváló sókkal telítették ; így a cölöpök a tenger hullámzásának is jobban ellenállnak.

9. A gdansk-gdyniai tengerparttól kb. 100 m távolságra haladó vasútvonal töltésének épségét a tenger állandó hullámzása *elhabolással* fenyegette *(l. 8. sz. ábra)*. Ezért a part közvetlen közelében 70 cm-rel a nyugalmi tenger-

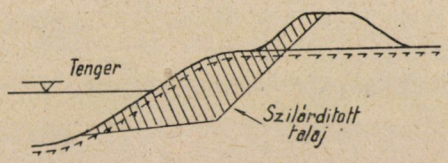


8. ábra. Talajszilárdítással kialakított vízzáró függöny, a töltés elhabolásának meggátlására

szint fölé nyúló szilárdított *földfalat* alakítottak ki, mely a töltés további elhabolását meggátolta, s mint szádfal működik. A munka már nyolc hónapja elkészült s azóta további bomlást nem lehetett tapasztalni. Az itteni alkalmazás során az is bebizonyosodott, hogy a szilárdított talaj *fagynak* is ellenáll.

Egy másik hasonló esetben, midőn a töltés majdnem a tenger szélén volt *(l. 9. sz. ábra)* nem szádfalszerű függönyt építettek, hanem magát a rézsüt szilárdították meg kémiai anyagokkal. A kísérlet teljes sikerrel járt, így máshol is alkalmazható.

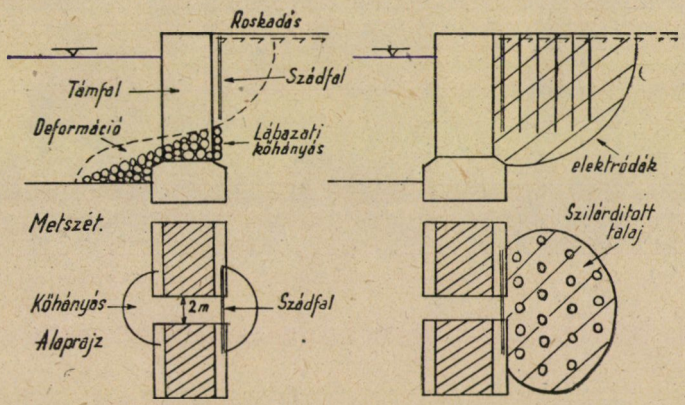
10. Jellemző példát mutat be a cebertálási eljárásra a *10. sz. ábra*. Egymástól *2,0 m* távolságban elhelyezett partfalszekrényekről van szó, ezek között kőhányással biztosított fa-szádfalat alkalmaztak. A vízszintváltozások természetesen roskadást idéztek elő, csúszások következtek be, a kőhányás a tenger felé kitért, a szádfal mögötti feltöltés megroskadt. A feltöltés állandó utántöltésének s a süllyedéssel járó kellemetlenségeknek a cebertálási eljárás vetett



9. ábra. A töltésrézsű szilárdítása az elhabolás meggátlására

véget. A kőhányást a szádfal mögül eltávolították, talajszilárdításra alkalmas talajjal töltötték ki és kémikáliákkal talajszilárdítást hajtottak végre. Így a szádfal mögött egy egységes talajtömb alakult ki, mely a szekrények között már nem tudott a tenger felé becsúszni.

Az elektromos talajszilárdítással kapcsolatban gyakran felvetődik az a kérdés, miként viselkedik a vasbetonszerkezet vasalása az elektromos áram



10. ábra. Partfal biztosítása

hatásra, vajjon fellép-e a gömbvasbetéteken *korrózió*. E kérdés tisztázására a gdanski laboratórium 3 hónapja kísérleteket végez: vizes homokba, pozitív és negatív elektródák közé vasszerelést helyeznek s mérik ennek méret- és súlyváltozásait.

A fenti igen érdekes és színes gyakorlati példákban mutatta be Cebertowicz Romuald gdanski egyetemi professzor azokat az új alkalmazási területeket, ahol eljárását Lengyelországban az utóbbi hónapokban bevezették.

Az igen értékes előadáshoz Méhes, dr. Széchy, Biczók, Czeke és Marosszéki kartársak szóltak hozzá, kiknek a professzor konkrét válaszokat adott.

Az értékes előadást a Magyar Tudományos Akadémia és a hallgatóság nevében dr. Mihailich Győző köszönte meg. Cebertowicz professzor ígéretet tett arra, hogy a továbbiakban is a legnagyobb készséggel áll rendelkezésére a magyar kartársaknak, hogy a Lengyelországban széles területen bevezetett eljárást hazánkban is alkalmazni tudjuk.

TARTALOMJEGYZÉK

Gábory Pál: Előregyártott és feszített vasbeton épületelemek teherbírásának vizsgálata a valószínűségelmélet alapján 1
Hozzászólás: Menyhárd István 21

Gáspár Géza: Nyomás alatti gőzöléssel kezelt beton 23
Hozzászólás: Popovics Sándor 35

Gyengő Tibor: Az acél és beton szilárdságának gazdaságos felső határai előregyártott — nem feszített — hajlított vasbetonszerkezetekben 39
Hozzászólások: Rosivall Ferenc 46
Somogyi László 46

Schwertner Antal: Az előrefeszítésnél alkalmazott acélokkal és betonokkal szerzett laboratóriumi tapasztalatok 49
Hozzászólások: Rosivall Ferenc 61
Mohay Kálmán 62
Weiss György 63

Gnädig Béla: Újrendszerű utófeszített vasbeton hidak 67
Hozzászólások: Haviár Győző 79
Korda István 80

Böröcz Imre: Utófeszítés hurokban végződő kábelekkel 83
Hozzászólások: Thoma József 96
Mészáros László 98

Major Sándor: Az előregyártás gyakorlati alkalmazásai Magyarországon 101
Hozzászólások: Baksay Zoltán 143
Vajda Pál 146
Ocsvár Rezső 147

Nagy István: Az építőipar komplex gépesítésének mai problémái 153
Hozzászólások: Takács István 184
Széchy Endre 194
Ocsvár Rezső 196
Balassa Miklós 198
Olszak Waclaw lengyel professzor előadásának kivonata 201

Széchy Károly lev. tag: Hegesztett hídszerkezetek alkalmazása közúti hídjaink újjáépítése során 203
Hozzászólások: Tantó Pál 230
Lengyel József 231

Péter Lajos: Hegesztéssel kapcsolatos általános kérdések 235

Haviár Győző: A szabadszállási alumíniumhíd építésénél szerzett tapasztalatok 251
Hozzászólások: Mihailich Győző 276
Buray Zoltán 276
Bölcskey Elemér 279

Csonka Pál: Adalékok a kihajlás elméletéhez 281
Hozzászólás: Korányi Imre 310

Menyhárd István: Kétirányban teherbíró vasbeton lemezek méretezése a képlékenységtan elvei szerint 315
Hozzászólások: Pelikán József 324
Gnädig Béla 326
Schwertner Antal 329
Csonka Pál 330
Gábory Pál 330
Menyhárd István válasza 330
Cebertowicz Romuald: Új tapasztalatok a talajszilárdítás alkalmazása terén az alapozási munkákban 331

Ára: 44.— Ft

Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 17041/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK KÖZLEMÉNYEI

VI. KÖTET 3—4. SZÁM

SZERKESZTI

HEVÉSI GYULA

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA 1951. DECEMBER 9—15-I NAGYGYŰLÉSÉN A KÖNNYŰIPARI FŐBIZOTTSÁG ÁLTAL TARTOTT ELŐADÁSSOROZAT ANYAGA

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

BUDAPEST, 1952

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
MŰSZAKI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
KÖZLEMÉNYEI

SZERKESZTI
HEVESI GYULA

VI. KÖTET 3—4. SZÁM

SZERKESZTŐSÉG: BUDAPEST, V., GÉZA-UTCA 2.
KIADÓHIVATAL: BUDAPEST, V., ALKOTMÁNY-UTCA 21.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei változó terjedelmű füzetekben jelennek meg. Négy füzet alkot egy kötetet. Évenként általában egy kötet jelenik meg.

Kéziratok a következő címre küldendők:

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei
Budapest, V., Géza-u. 2.

Ugyanerre a címre küldendő minden szerkesztőségi levelezés.

Minden szerzőt ötven különlenyomat illet meg megjelent munkájáért. Közlésre el nem fogadott kéziratokat a szerkesztőség lehetőleg visszajuttat a szerzőhöz, de felelősséget a beküldött kéziratok megőrzéséért, vagy továbbításáért nem vállal.

A Közlemények előfizetési ára kötetenként belföldi címre 20 forint, külföldi címre 30 forint. Belföldi megrendelések az Akadémiai Kiadó (Budapest, V., Alkotmány-u. 21. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 04-878-111-48), külföldi megrendelések a «Kultúra» Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5. Magyar Nemzeti Bank egyszámlaszám: 45-790-057-50-032) útján eszközölhetők.

A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztályának kiadványa az

Acta Technica

című idegennyelvű folyóirat.

E lap hivatott a magyar műszaki tudományok eredményeinek legjavát a külföld felé tolmácsolni. A cikkek orosz, német, angol, vagy francia nyelven jelennek meg lehetőleg a szerző kívánsága szerint, összefoglaló pedig a cikk nyelvén és azonkívül oroszul. Cikkeket magyar, vagy a szerző választotta idegen nyelven a következő címre kell beküldeni:

Acta Technica szerkesztősége, Budapest, V., Géza-utca 2.

KISS ÁRPÁD könnyűipari miniszter:

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA 1951. ÉVI NAGYGYŰLÉSÉN A KÖNNYŰIPARI ÁLLANDÓ BIZOTTSÁG ELSŐ ÜLÉSÉNEK MEGNYITÓJA

A Magyar Tudományos Akadémia 1951. évi nagygyűlése tudományos életünk jelentős eseménye. Ez a nagygyűlés számot ad arról, mennyire használta fel tudományos életünk a Párt és a kormányadta hatalmas segítséget, mennyire haladt előre a szocialista tudomány megteremtésének útján.

A kapitalizmus rendszerében szabad tudomány nem fejlődhet. A kapitalizmus a tudományt is eszközül használja fel a dolgozó nép elnyomására, kizsákmányoláson alapuló osztályuralmának fenntartására. Ma szemtanúi lehetünk annak, hogy a tőkés országokban hogyan formálja át az imperializmus a tudományt termelőerőből rombolóerővé, a háborús pusztítás eszközévé. A nyugati tudományos intézetek azzal foglalkoznak, hogy a gyilkolás, a rombolás új pusztító eszközeit találják fel s kisérletezzék ki. Ugyanakkor szemtanúi lehetünk annak is, hogy a szocializmus hazájában, a Szovjetunióban, a felszabadult tudomány az emberi haladás, a békés építés, a természet átalakításának eszközévé, igazi népi erővé vált. Marx megállapította: »Csak a munkásosztály alakíthatja át a tudományt a tőkésosztály uralmának eszközéből népi erővé s magukat a tudósokat a tőke szövetségeseiből a gondolat szabad alkotóivá.« E szavak igazságát igazolják a szovjet tudomány hatalmas eredményei s a népi demokráciák tudományos fejlődésének nagy lendülete is. A kommunizmus hatalmas építkezései, amelyek ma a Szovjetunióban megvalósulnak, nemcsak a Szovjetunió politikai és gazdasági győzelmének bizonyítékai, hanem annak is, mire képes a tudomány és az emberi munka azokban az országokban, ahol többé nem von határt néhány ezer kiváltságos érdeke a szabad kutatásnak, ahol a tudomány dolgozói egyek a néppel s milliók jólétének, az egész nép felemelkedésének ügye sarkalja őket hatalmas alkotásokra.

A kapitalizmus idején a könnyűipar ágainak Magyarországon *nem volt* tudományos kutatásuk, nem voltak olyan tudósaink, akik munkásságukat annak szentelhették volna, hogy a könnyűipar fejlesztésének tudományos eszközeit dolgozták volna ki. Voltak jól képzett szakembereink, akiknek működése azonban a társadalom szerkezeténél fogva a tőkések profit-érdekének szolgálatában állott, de nem volt lehetőség arra, hogy a tudósok teljes idejüket elmélyedt, rendszeres tudományos munkával tölthessék.

Alapvetően megváltozott a tudomány helyzete népi demokráciánkban. A Párt kezdeményezésére népi demokratikus államunk hatalmas összegeket fordít a tudomány fejlesztésére, s tudósainknak társadalmi és anyagi téren is minden támogatást megad ahhoz, hogy tudásukat minél eredményesebben állíthassák a dolgozó nép szolgálatába. A kutatás céljaira fordított összegek ez évben a könnyűiparban jóval meghaladták a 20 millió Ft-ot s ez az összeg 1952-ben még sokkal jelentősebb lesz.

Pártunk kezdeményezésére a könnyűiparban is megalakultak a kutatóintézetek. Ezek az intézetek hivatottak arra, hogy a könnyűipar élenjáró szakembereit összefogják és az új, szocialista típusú tudományos szakemberek nevelőivé váljanak.

Népi demokráciánkban a tudomány hatalmas fejlődését nemcsak s nem elsősorban a nagy anyagi támogatás, a nyugodt munka feltételeit biztosító szervezeti intézkedések biztosítják, hanem az, hogy a szocializmus győzelme egyesíti a tudomány munkásait a néppel.

A könnyűipari kutatóintézetek ezen a téren is értek el eredményeket, segítették a dolgozókat a szocializmus építése terén végzett hatalmas munkájukban.

A Textilipari Kutató Intézet kidolgozta a mongol gyapjú optimális feldolgozási módszerét, a hazai gyapot minősítésének módszerét, s az intézet komoly segítséget nyujt az iparnak a fonódai és szövődei gyorsüzem-mozgalom kifejlesztésében.

A Bőripari Kutató Intézet új szulfitszennylúg alapú műcserzőanyagot állított elő, azonkívül további kutatások folynak a műcserzőanyagok minél szélesebb bevezetése és elterjesztése terén.

A Papíripari Kutató Intézet új eljárást dolgozott ki a szalmacellulóz főzési idejének megrövidítésére, új enyvezési eljárást dolgozott ki, amely a külföldi kolofonium (gyanta) felhasználásának csökkentésére alkalmas.

A Faipari Kutató Intézet kidolgozta az alumínium furnírlemezzel történő borítását, ami nagy mértékben elősegítette az exportképes áruk gyártását.

A Nyomdaipari Kutató Bizottság megvalósította a diagramm papír hazai gyártását és eredményes munkát végez az üzemek problémáinak megoldásában.

Az akadémiai nagygyűlés keretében a Tudományos Akadémia könnyűipari bizottsága hat előadást rendez. Ez a tény is bizonyítéka annak, hogy a könnyűipar tudományágai egészségesen fejlődnek. Az e téren dolgozók munkájának elismerése, hogy az Akadémia keretében megalakult a könnyűipari bizottság. E bizottságnak nagy feladatai vannak. A tudományos előadások rendezésén kívül foglalkoznia kell a műszaki felsőkáderek képzésével, meg kell szerveznie a felsőoktatás tankönyveinek megírását, a tudományos színvonalú könyvkiadást, meg kell teremtenie az egészséges tudományos kritikai szellemet, tömö-

rítenie kell a legkiválóbb szakembereket a legfontosabb tudományos problémák elvi tisztázására s összefoglalására.

E feladatok megoldásánál Pártunk II. Kongresszusának útmutatásait kell követnünk. *Méginkább összeforrni a néppel az alkotó munkában, a béke védelmében, még szorosabbra fűzni a termelés és a kutató tudomány kapcsolatait, sokkal nagyobb mértékben, mint eddig, átadni a tudományt a népnek, bevonni az az ifjúságot a tudományos munkába, követni mindenben a Szovjetunió nagyszerű példáját, ez a mi feladatunk.* Ennek sikeres megvalósítása fejlődésünk záloga.

A Magyar Tudományos Akadémia könnyűipari bizottságának első reprezentatív ülését abban a reményben nyitom meg, hogy ez az ülés a kitűzött feladatok megoldását jelentősen előre fogja vinni. Kívánok a bizottság munkájához sok sikert.

FÁRADÁSI ELMÉLET ÚJ SZEMPONTJAI SZÁLASANYAGOKON

DISCHKA GYŐZŐ

A textiláruk nemzetgazdasági szempontból vett fő követelménye a tartósság. Az a textiláru mondható jobbnak, amely használat közben tovább tartja meg eredeti tulajdonságait, mert az ilyen textiláru élettartama hosszabb. A szabványos vizsgálati módszerek nem adnak olyan minősítő értékeket, amelyek a textilanyagok használat közbeni viselkedését és a normális használat melletti élettartamát közvetlenül számszerűen jellemeznék. Eddig sem elméletileg, sem gyakorlatilag nincs tisztázva, hogy az egyszerű szakítókísérlettel megállapított szakítóerő és szakító-nyúlás, továbbá a textiláruk élettartama között minő törvényszerűség áll fenn.

A textiláruk általában azon ismételt húzás, nyomás, hajlítás, csavarás következtében mennek tönkre, melynek használat közben főleg száraz, esetleg nedves állapotban vannak kitéve.

A használati értékre és élettartamra vonatkozólag értékes felvilágosításokat adnak azok a különböző ismételt igénybevételekkel történő fárasztási kísérletek, melyek a gyakorlati viszonyokat megközelítő, de egyúttal meghatározott, vagyis szabatosan körülírt viszonyok között veszik igénybe a vizsgálandó nyersanyagot, fonalat, vagy készárut. Ezen kísérletekkel szemben az a követelmény, hogy a deformáció és a feszültség egyértelműen definiált és megfelelő pontossági határon belül számszerűen megállapítható érték legyen. Ilyen vizsgálatok az ismételt húzás, hajtogatás, csavarás. A koptatás egyesíti az előbbi igénybevételi módokat, azonban a feszültségek és deformációk összetartozó értékei nem állapíthatók meg. A felsorolt vizsgálati módok között az ismételt húzóigénybevétel a legalkalmasabb a textilanyagok kifáradásának tanulmányozására, mert e vizsgálatnál megfelelő pontossággal mérhetők a külső terhelésnek és a megnyúlásnak összetartozó értékei. Ezen jellemzők segítségével behatóan vizsgálhatjuk azt a belső folyamatot, melynek végeredménye a vizsgált anyag kifáradása.

Az ismételt igénybevételi kísérletek gyakorlati és elméleti célt szolgálnak. A gyakorlatot a textiláruk kifáradása az ezzel szorosan összefüggő élettartam kérdése szempontjából érdekli. Az elméleti cél pedig a szálasanyagok rugalmas és képlékeny (plasztikus) alakváltozására vonatkozó törvényszerűségek kutatása.

Ennek ismerete természetesen a gyakorlat szempontjából is rendkívül fontos, mert ezek alapján következtetni tudunk a nyersanyagok feldolgozás közbeni viselkedésére. A fárasztási kísérletek tehát a textil-anyagvizsgálat terén új és hálás kutatási területet jelentenek.

Textilanyag kifáradásának problémájával hazánkban elsőnek Rejtő professzor foglalkozott. Ő a fémek kifáradásának vizsgálatánál kialakult felfogásához hasonlóan úgy magyarázta a szálasanyagok kifáradását, hogy az ismételt igénybevételek, éppúgy, mint az egyszerű szakítókísérlet, felemésztik az anyag szívós alakváltozási munkaképességét. Ez a felfogás közel áll a műszaki mechanikában Huber-Mieses-Hencky által kidolgozott elmélethez, mely szerint az alakváltozási energia az anyag mechanikai jellemzője.

A Textilipari Központi Kutató Laboratóriumban pamutfonallal végzett fárasztási kísérletekből a rendelkezésre álló rövid idő alatt leszűrhető szempontokkal kívánunk foglalkozni.

Ha a textilanyagot húzóigénybevételnek vetjük alá, a pillanatnyilag beálló nyúlást hosszabb időn át növekvő nyúlás követi. Az első komponens a pillanatnyi rugalmas megnyúlás, a második komponens két részre osztható: úgymint egy rugalmas részre, amelyik eltűnik a terhelés megszűnte után bizonyos idővel, ezt nevezzük késleltetett rugalmas nyúlásnak (elsődleges csúszás) és egy maradó megnyúlásra, amelyik nem tűnik el a terhelés megszűnte után tetszőleges pihentetéssel sem. Ez nem reverzibilis, hanem maradó nyúlás, melyet képlékeny megnyúlásnak, folyásnak, vagy másodlagos csúszásnak neveznek. Textilanyagok húzóigénybevételénél általában mindhárom alakváltozás egyidejűleg — de különböző mértékben — lép fel.

Textilanyagoknál a nyúlás (λ) nemcsak a külső terheléstől *(P)*, hanem a terhelési időtől *(t)*, a hőfoktól *(τ)*, nedvességtartalomtól, illetve általánosságban a duzzadást okozó idegen anyagtartalomtól függ. Matematikailag kifejezve:

$$dl = \frac{\partial l}{\partial \sigma} d\sigma + \frac{\partial l}{\partial t} dt + \dots$$

Fenti kifejezésben $\frac{\partial l}{\partial \sigma}$ az alakváltozási ellenállás, $\frac{\partial l}{\partial t}$ a deformáció sebessége állandó feszültségnél.

Rendes minősítő szakítóvizsgálatnál a kísérleti időtartamot, hőfokot, relatív nedvességet közel állandó értékben tartjuk és ily körülmények között vizsgáljuk a nyúlás-feszültség összefüggést:

$\sigma = f(\lambda)$ függvényt.

Ha állandó értékben tartjuk a σ-t, azaz a külső terhelésből eredő feszültséget, valamint a többi tényezőt, úgy a

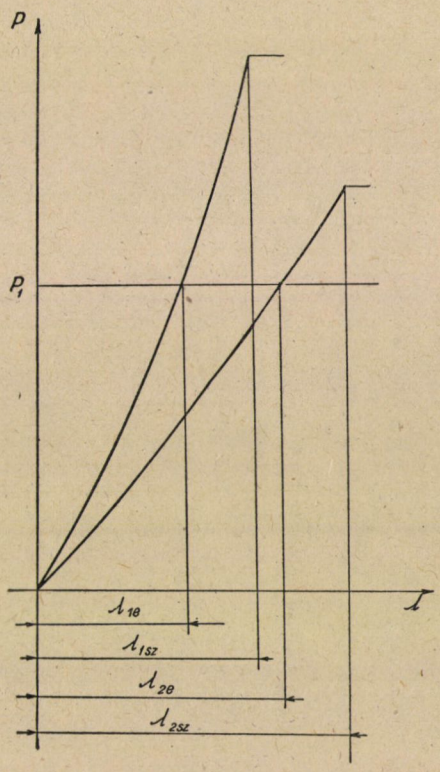
$\lambda = f(t)$ függvényt, vagyis az állandó terhelés melletti nyúlás időfüggvényét vizsgáljuk.

A terhelés következtében fellépő feszültség bármely pillanatban

$$\sigma = \frac{P}{K}$$

ahol P a külső terhelés (húzóerő) és K a keresztmetszet.

Fonalaknál, de elemi szálaknál is, a keresztmetszet az igénybevett hosszon belül változó, de változik a húzóerő növekedésével is. Textilanyagok keresztmet-



Pamutfonal szakító diagrammja

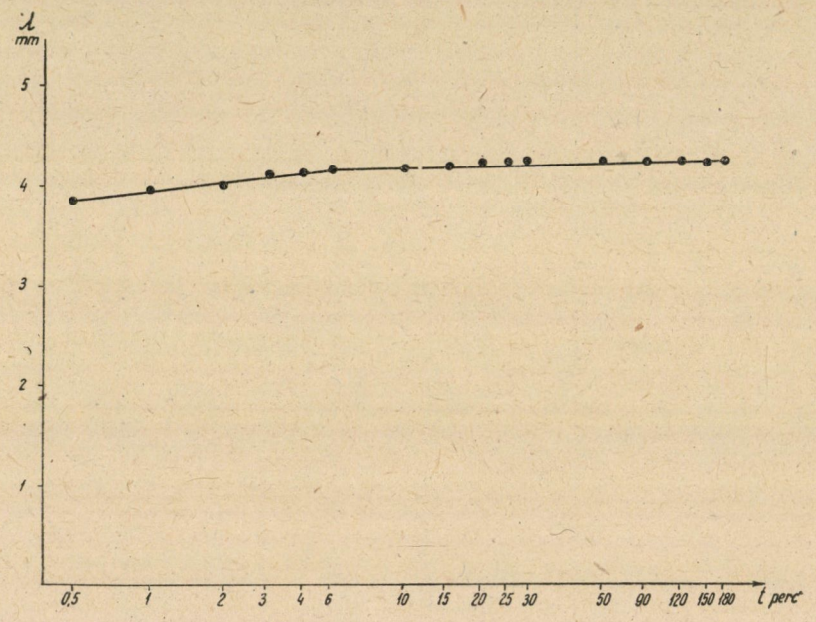
1. ábra

szetének egyenlőtlensége miatt általában mellőzik a feszültség-nyúlás diagrammok megszerkesztését és megelégszenek az erő-nyúlás diagrammok vizsgálatával. Az 1. ábra az $Nm = 50$ finomságú pamutfonal szakítási diagrammja, melyből minősítő értékek gyanánt a szakítóerőt, a szakítónyúlást és a szakítási munkát állapítjuk meg.

Ha a nyúlásnak időfüggvényét akarjuk megállapítani, úgy az elemi szálat, vagy fonalat állandó terhelés hatásának tesszük ki és megállapítjuk egyes időpontokban a terhelt szál hosszát, illetve annak növekedését. Ezeket a nyúlás-

értékeket az időfüggvényben felrajzolva az ú. n. folyási görbét kapjuk. A 2. ábra mutatja egy 200-as metrikus finomsági számú pamutfonal folyási diagrammját. Az abscissa az idő logaritmusa, az ordináta a nyúlás %-os értéke. Az első öt percben a nyúlás gyorsabban nő, míg az 5. perc után a nyúlás-értékek egy kisebb hajlásszögű egyenes mentén fekszenek. A diagramm ezen része megfelel Leadermann által a Maxwell-Weichert-féle modellre vonatkozólag elméletileg megállapított logaritmikus összefüggésnek.

Az elemi szálban lejátszódó folyás következtében az állandó nyúlásnak kitett szál, vagy fonal feszültsége csökken. Állandó megnyúlás mellett a

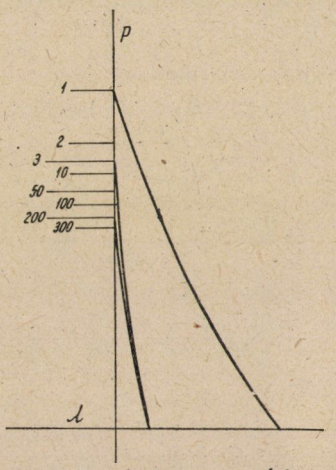


Pamutfonal nyúlásának időfüggvénye állandó terhelés mellett

2. ábra

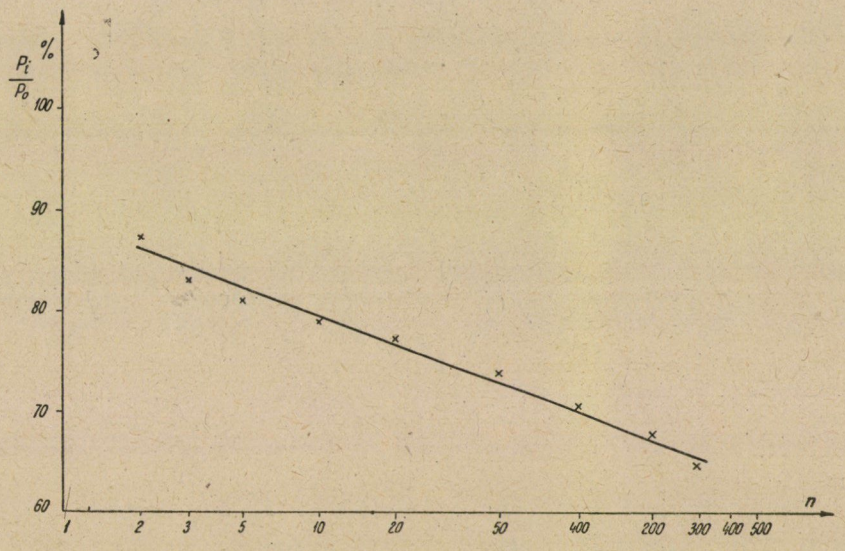
fonal feszültségének csökkenése csak oly szerkezettel állapítható meg, mely a két befogófej helyzetváltozása nélkül alkalmas a szálban fellépő feszültség, illetve ennek megfelelő külső erő mérésére. Ilyen műszer hiányában az állandó nyúlás melletti feszültség csökkenést, vagy másszóval feszültség-*feloldódást*, ismételt igénybevételek segítségével állapítottuk meg. Ezen kísérleteket a Defraine-féle fonalszakítókészüléken végeztük. A Defraine-féle készüléknél 500 mm-es fonaldarabot egy kétkarú mérleg egyik karjának végére erősített befogófejbe fogunk be. A terhelést a mérleg másik karján elhelyezett állandó G súlynak a mérleg forgópontjától való eltávolításával hozzuk létre. A súly húzása állandó sebességgel történik és így a külső terhelés egyenletesen növekszik és minden pillanatban arányos a tolósúly karjával. Az adott terhelési

határ elérésének pillanatában a higanyátkapcsoló két fázis váltásával a motor ellenkező irányú forgását kapcsolja be, aminek következtében a súly terheléssel ellentétes irányban mozog a mérleg forgási pontja felé. Az alsó terhelési határ



Ismételt igénybevétel azonos nyúlás mellett

3. ábra



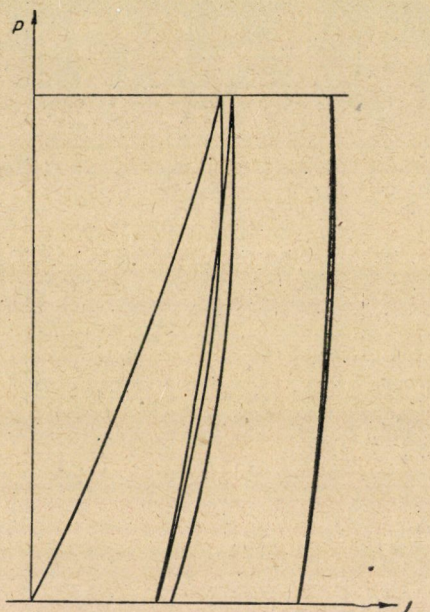
Pamutfonal feszültség/feloldási diagrammja azonos nyúlás mellett

4. ábra

elérése pillanatában a higanykapcsoló újra átváltja a motor forgási irányát. A feszültség-*feloldási* kísérleteket $Nm = 50$ finomságú pamutfonallal végeztük olyképpen, hogy mindig a kijelölt nyúláshatár elérésekor változtattuk a motor

forgási irányát. Ezen állandó nyúláshatárig terjedő ismételt igénybevételek diagrammját a 3. ábra szemlélteti. Az egyes diagrammok legmagasabb pontjai jellemzik a folyás következtében beálló feszültség-feloldódás mértékét. A vizsgálati eredmények szerint $100 \frac{P_i}{P_o}$ viszonyszám az ismétlések számának, vagyis az időnek logaritmusa arányában csökken.

Ismételt húzóigénybevételi kísérleteinknél a vizsgálati eljárás abban állott, hogy a pamutfonalat egy bizonyos terhelési határig igénybevettük



Állandó erőhatárig végzett ismételt igénybevétel

5. ábra

és ezt elérve fokozatosan csökkentettük a terhelést, gyakorlatilag a tehermentes állapotig. Ezeket a terhelési és tehermentesítési körfolyamatokat, ú. n. ciklusokat, a fonal elszakadásáig ismételtük. Ennél a vizsgálatnál az egyes ciklusok közé nem iktattunk várakozási időt, vagyis ezeket a fárasztási kísérleteket az anyag közbeeső pihentetése nélkül végeztük. A lépcsőzetesen növekvő erőhatárig terjedő ciklusokkal végzett vizsgálatok egyrészénél egy-, illetve ötperces pihentetést iktattunk közbe.

Az 5. diagramm a pihentetés nélküli, állandó erőhatárig terjedő ismételt húzóigénybevételt, a 6. diagramm pihentetés nélkül növekvő erőhatárig terjedő, a 7. diagramm pedig az ötperces pihentetési idő közbeiktatásával, növekvő erőhatárig végzett húzóigénybevételt szemlélteti.

Pihentetés nélkül növekvő erőhatárig ismételt igénybevétel

6. ábra

Pihentetéssel növekvő erőhatárig ismételt igénybevétel

7. ábra

A pihentetés nélküli ciklusok 0 terhelésnek megfelelő vonalán mutatkozó vízszintes szakaszokat maradó megnyúlásnak szokás tekinteni, habár abban a késleltetett rugalmas nyúlás egyrésze is bennfoglaltatik. A terhelés és a tehermentesítés folyamatát ábrázoló görbék közötti terület a hiszterézis nagyságát jellemzi és ez megfelel a késleltetett rugalmas megnyúlás munkahányadának.

Az ismételt húzóigénybevétellel fárasztott pamutfonal $Nm = 50$ finomsági számú volt, melynek egyszeri szakítással nyert vizsgálati adatai a következők: szakítóerő 274 g, szakító-nyúlás 8,8%, szakítási munka 528 cmg, fajlagos szakítási munka 0,501 mkg/g. A fárasztási vizsgálatokat 5 igénybevételi határig végeztük egyenként 10—10 fonaldarabon. Az 5 terhelési lépcsőt, az átlagos nyúlási értékeket és az ismétlések átlagos számát a következő táblázat tartalmazza:

Az igénybevétel határa (P)		Teljes (λ)	Rugalmas (λ_R)	Maradó (λ_m)	Ismétlések száma (N)
g	%	nyúlás %			
140	51,0	8,76	0,92	7,84	6506
158	57,5	8,82	1,04	7,78	947
175	64,0	8,80	1,22	7,58	424
193	70,5	8,96	1,26	7,70	183
210	76,5	8,76	1,40	7,36	113

A fárasztási kísérletet általában a fonal szakadásáig végeztük. Alacsony terhelési határnál az ismétlések száma igen nagy volt és a fárasztási vizsgálat egyes esetekben a rendes napi munkaidőn belül nem volt befejezhető. A 140 g-os terhelési határig folytatott fárasztási kísérletek közül az egyiknél 31.500 igénybevételi ciklus után sem következett be szakadás. Az 50 kísérlet közül három esetben nem fejeztük be a fárasztási kísérleteket, hanem többezer igénybevétel után elszakítottuk a fonalat — növekvő terheléssel — és megállapítottuk az utolsó terhelési ciklusnál, továbbá a fonal elszakadásánál mutatkozó teljes nyúlási értékeket. Az azonos terhelési határig végzett kísérleteknél az ismételt igénybevételek száma igen nagy szórást mutatott. Így a 140 g-os határig terjedő fárasztási kísérleteknél az ismétlések száma 289 és 31.500 között változott. Ez utóbbinál azonban a szakadás még nem következett be.

Az ismétlések számának átlagértékei a terhelési határ növekedésével csökkennek, azonban a nagy szórás miatt ezen értékek nem elegendők az ismétlések számában mutatkozó törvényszerűség számszerű kimutatására.

Az igénybevételek száma és a nyúlás közötti összefüggés vizsgálata azon érdekes eredményt mutatta, hogy a fonal a különböző terhelési határig terjedő fárasztási kísérletek alkalmával gyakorlati értelemben véve mindig azonos nyúlásnál szakadt el. A nyúlás és az ismétlések száma közötti összefüggés vizsgálata arra az eredményre vezetett, hogy az ismétlések számának a logaritmusa, továbbá a $k = 100 \frac{\lambda_e}{\lambda_{sz}}$ ill. a $k_m = 100 \frac{\lambda_{me}}{\lambda_{msz}}$ tényező közötti vonatkozási

(korrelációs) koefficiens $r_k = -0{,}82$, $r_{km} = -0{,}87$, ahol »e« index az első terhelési ciklusra, »m« index a maradó nyúlásra vonatkozik. Mindkét vonatkozási tényező igen szoros korrelációra mutat.

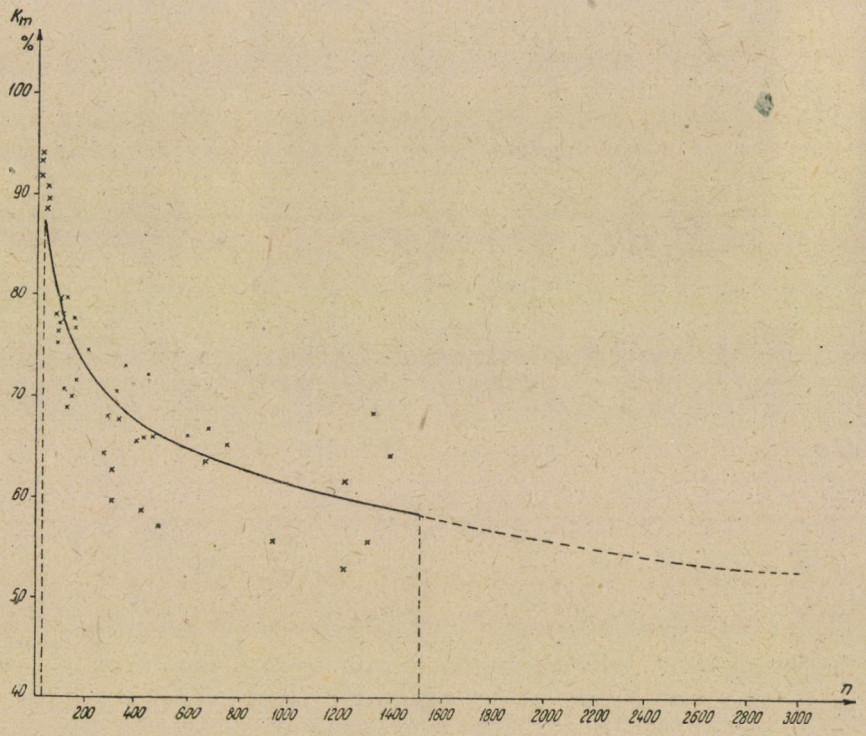
Az ismétlések számának logaritmusa és k_m tényező közötti összefüggés a

$$k_m - \overline{k_m} = R_m (\log n - \overline{\log n})$$ egyenlettel fejezhető ki. Ez utóbbi a visszatérési (regressiós) egyenes egyenlete, melyben az egyenes iránytangense a visszatérési együttható: $R_m = -15{,}5$. Ezen iránytangenssel és a súlypont koordinátáival, $-\overline{\log n} = 2{,}45$ és $-\overline{K_m} = 69{,}6$ a visszatérési egyenes egyenlete:

$$k_m = -15{,}5 \log n + 107{,}6 \text{ vagy } \log n = \frac{107{,}6 - km}{15{,}5}$$

vagy exponenciális alakra áttérve: $n = e^{\frac{107{,}6-km}{6{,}73}}$

Ezen egyenlet alapján számított ismétlések száma gyakorlatilag elég jól megközelíti a kísérleti értékeket. Ez az összefüggés a vizsgálati tartományra, azaz $n = 20$—1500 között érvényes.



Kifáradási diagramm

8. ábra

Elemi gyapotszál vizsgálatánál ugyancsak azt tapasztaltuk, hogy a szakadás, illetve a kifáradás gyakorlatilag azonos nyúlási értéknél következett be. Ugyanezt pamutfonallal növekvő terhelés mellett végzett ismételt igénybevételi kísérletek is igazolták, melyeknél gyakran előfordult, hogy a fonal nem a maximális terhelés elérésekor, azaz nem a ciklus terhelési szakaszán, hanem a tehermentesítés folyamata, vagyis a maximálisnál kisebb teher alatt szakadt el. Ez esetben a fonal alakváltozása tovább folytatódott a tehermentesítés alatt és elérte a szakítónyúlás által megszabott határértéket.

Vizsgálat tárgyává tettük azt, hogy minő befolyással van a szakítóerőre és a szakítónyúlásra, ha a fonalat előbb bizonyos számú igénybevételnek vetjük alá.

Ezen vizsgálatok azt mutatták, hogy az előző ismételt igénybevétel nem csökkenti a pamutfonal szakítóerejét az esetben, ha a nyúlás egy bizonyos értéken belül marad. Abban az esetben, ha az ismételt igénybevétel következtében a nyúlás olyan értéket ér el, hogy a szakítási folyamatnál már az átlagos szakítóerő alatti terhelésnél elérjük a szakítónyúlást, úgy a fonal kisebb terhelésnél szakad el. Egyszerűsítés céljából bizonyos terhelési határnak megfelelő ismétlések számát a gyakorlat részére a teljes nyúlásra vonatkozó k és az ismétlések száma közötti összefüggés alapján állapítjuk meg. A kívánt P_e terhelésnek megfelelő λ_e és a λ_{sz} nyúlások hányadosa (k) alapján akár diagrammból, akár az

$$n = e^{\frac{107{\cdot}2-k}{5{\cdot}64}}$$

exponenciális kifejezésből számítjuk ki.

Ezt az összefüggést használhatjuk fel arra, hogy egyszeri szakítás diagrammja alapján előre kiszámítsuk a várható ismétlések számát, ha ismerjük azt a nyúlási értéket, amely a gyakorlati igénybevételnél fellép, vagy ismerjük azt az erőhatárt, ameddig az anyagot a gyakorlatban igénybe vesszük.

Az ismertetett vizsgálati eredményekből a textilanyagok fárasztási vizsgálataira vonatkozólag az alábbi szempontokat szűrjük le.

Elméleti reológiai meggondolások alapján az állandó terhelés melletti megnyúlás időbeli változása logaritmikus törvényt követ. A pamutfonalra, valamint az elemi pamutszálra vonatkozó kísérleti eredmények szerint a folyási folyamat kezdeti szakában a nyúlás sebessége nagyobb, mint aminő a folyamat további szakára vonatkozó logaritmikus összefüggésnek megfelelne. Ebből arra következtethetünk, hogy a teljes nyúlás azon két komponense, amely az időtől függ, nem azonos sebességgel változik. A maradó megnyúlásnak megfelelő része gyorsabban éri el gyakorlati határértékét, míg a késleltetett rugalmas nyúlás csak hosszabb idő után közelíti meg az egyensúlyi állapotnak megfelelő határértékét. A vizsgálati adatokat szemléltető 2. ábra határozottan mutatja a kétféle nyúlás-növekedés különböző sebességét. A kétféle sebes-

séggel végbemenő nyúlási folyamat egyidejűleg indul és így a kettő között folytonos az átmenet.

A feszültségfeloldódási folyamat vizsgálata — azonos nyúlási határig végzett ismételt igénybevételekkel — az erő (feszültség) változására a folyási függvényhez hasonló összefüggést eredményezett, azaz:

$$\frac{p}{p_0} = a \log n + b$$

A három folyamat, ú. m. a folyás, a feszültség-feloldódás és a kifáradás időbeli lefolyása azonos törvényt követ. Megjegyezzük, hogy a kísérleti eredmények alapján felállított logaritmikus összefüggés gyakorlati célokat szolgál. Egyszerűsítő feltevések mellett ezen folyamatra elméletileg hiperbólikus sinus függvényt nyertek.

Vizsgálati eredményeink szerint akár egyszeri, akár ismételt húzóigénybevétellel szakítjuk el a pamutfonalat, vagy elemi pamutszálat, a nyúlás szélső értéke — a szakítónyúlás — átlagban azonos. A kifáradás oka tehát a maradó deformációképesség teljes kimerülése. A rugalmas alakváltozás határain belül az anyag végtelen nagyszámú igénybevételt kibír, a maradó alakváltozási energia ellenben korlátolt. Az ismételt igénybevételek maradó deformációi összegeződnek és olyan határértéket érnek el, amelyen túl a szálasanyagot, vagy a fonalat nyújtani nem lehet.

A textilanyagok húzóigénybevételével kapcsolatos jelenségeket azok szerkezete alapján a következőképpen magyarázhatjuk.

A textilanyagok általában hosszú láncmolekulákból álló polimerek. A láncmolekulák mellékvegyértékekkel kapcsolódnak össze. A láncmolekuláknak egyes szakaszai párhuzamos tengelyűek és ezek a részek kristályos tulajdonságokat mutatnak. A kristályos szakaszok tengelyei a szál tengelyéhez különböző szög alatt hajolhatnak, egy részük tengelye párhuzamos a szál tengelyével, ezek rendezett kristályos szakaszok. Vannak viszont olyan szakaszok, ahol a láncmolekulák nem párhuzamosak, hanem összekuszálódtak. Ezek a szakaszok az amorf anyagok tulajdonságait mutatják. A rugalmas nyúlás mindkét összetevője a kristályos szakasz jellemzője, ahol a molekulák megnyúlhatnak (pillanatnyi rugalmas nyúlás), de emellett egymáshoz képest is elcsúszhatnak. A terhelés megszüntével a mellékvegyértékek megint eredeti helyzetükbe hozzák vissza az elcsúszott molekularészeket.

A nyúlás másik összetevője, a maradó megnyúlás, az amorf szakaszban levő molekularészek elmozdulásának, kiegyenesedésének és elcsúszásának következménye.

Míg a rugalmas nyúlásra bizonyos megközelítéssel a Hooke-törvény, addig a maradó megnyúlásra a viszkózus anyagok folyására vonatkozó törvények érvényesek.

Ismételt igénybevételeknél két eset következhet be:

1. Kis terhelésnél az első terhelési ciklus okozta megnyúlás maradó része csak kis hányada a maradó nyúlás határértékének. Ez esetben nagyszámú igénybevétel folyamán molekularészek kis elcsúszásával az amorf rész rendeződik anélkül, hogy a molekularészek elcsúszása következtében egyes keresztmetszetekben a láncmolekulák száma bizonyos, a terheléstől függő határérték alá csökkenne. A rendeződés utáni terhelési ciklusoknál a szál gyakorlati értelemben csak rugalmas nyúlást szenved és elméletileg végtelen számú, gyakorlatilag igen nagyszámú igénybevételt bír ki.

2. A második esetben már az első igénybevételnél a maximális maradó nyúlás jelentős hányadának megfelelő maradó nyúlás lép fel. Az igénybevétel ismétlésével az amorfszakasz molekularészeinek nagy elcsúszása következtében az elemi szál bizonyos keresztmetszetén csökken a teherviselésben résztvevő láncmolekulák száma és a kisebb számú molekulák terhelése eléri a molekulák közötti kohéziót, bekövetkezik tehát az elemi szál szakadása. A kohézió csökkenése elképzelhető oly módon is, hogy az amorf molekularészek elcsúszása folytán elszakadt mellékvegyértékek helyett kisebb számú, vagy gyengébb új kötések keletkeznek, melyek bizonyos számú igénybevétel után elszakadnak és a láncmolekulák elcsúszása folytán beáll a szakadás.

A szálasanyagok komplikált belső szerkezete következtében — mely többé vagy kevésbbé rendezett kristályos láncrészekből és összekuszált amorf láncrészekből áll — a nyúlás és a belső feszültségek közötti összefüggések jóval komplikáltabbak, mint a fémekre vonatkozó összefüggések. Így a szálasanyagok külső erő hatására történő alakváltozásaira vonatkozólag elméleti megfontolások alapján levezetett bonyolult sínus hiperbólikus függvény több állandót tartalmaz, melyeknek meghatározása a kísérleti nyúlás-feszültségi és ismételt igénybevételi diagrammok nagy variációja folytán nehézkes és bizonytalan.

Az előzőkben ismertetett, kísérleti úton megállapított összefüggésekből kitűnt, hogy mind az állandó terhelés melletti folyás, mind az állandó nyúlás melletti feszültség-feloldódás időbeli lefolyása azonos törvényszerűséget követ, mert mindkettőnél ugyanaz az energia-átalakulási folyamat megy végbe, csak az első esetben az alakváltozási munkának egyik komponense, a feszültség állandó és a nyúlás változó, míg a második esetben a nyúlás állandó és a feszültség változó. Azonos törvényszerűséget követ az ismételt igénybevételeknél bekövetkező deformáció, azaz nyúlás is, mert ennél a kísérletnél szintén ugyanaz az energia-átalakulás megy végbe, mint az előző két esetben.

A szálasanyagok húzóerő hatása alatt bekövetkező deformációja nagy mértékben függ a szál állapotától, különböző fizikai és kémiai tényezőktől, így pl. a higroszkópos víztartalomtól, illetve általánosságban a duzzadást és szálzsugorodást okozó anyagok behatásától, melyek lényegesen fokozzák a szálasanyagok deformációképességét. Így pl. vízfelvétel a natív cellulóz-szálaknál kisebb mértékű, regenerált cellulóz-műszálaknál lényegesen nagyobb mér-

tékű nyulásnövekedést okoz. Ezzel szemben a vízfelvétel — bizonyos határokon belül — a nativ cellulóz-szálaknál szakítóerő-növekedést, regenerált cellulózszálaknál szakítóerő-csökkenést okoz. Ez a különböző viselkedés a vízfelvétel kétféle hatásának tulajdonítható, ugyanis a vízfelvétel gyengíti a mellékvegyértékek kötéseit és megkönnyíti a láncrészek elcsúszását, másrészt a láncrészekre jutó feszültség eloszlását egyenletesebbé teszi. Az előbbi hatás nyilvánul a regenerált cellulózszál kisebb nedves-szilárdságában, az utóbbi a pamutszál nagyobb nedves-szilárdságának okozója. Mindenesetre érdekes lesz a duzzadást előidéző anyagok befolyásának tanulmányozása textilanyagok ismételt igénybevétel okozta kifáradására. Az eddigi fárasztási kísérletekből a gyakorlat számára azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a nyúlás döntő jelentőségű jellemző az anyagok kifáradása szempontjából. Éppen ezért textilanyagok és textiláruk nyúlása fontos minősítési tényező. Első kísérleteink kimutatták, hogy textilanyagok kifáradása az anyag alakváltozási energiájának felhasználásával járó jelenség, mely a maradó megnyúlással szoros összefüggésben áll. Ezért minden szálasanyagra nézve ismételt húzóigénybevételekkel meg kell állapítani a maradó nyúlás és a teljes nyúlás viszonyát, amiből következtetni tudunk textilanyagaink kifáradására.

A gyakorlatnak szemelőtt kell tartania a nyúlás nagy befolyását a textilanyagok használati értéke és élettartama szempontjából és gyártási folyamatoknál el kell kerülni minden olyan behatást, amely a textilanyagok nyúlását hátrányosan befolyásolná (túl hosszú ideig tartó főzés, túlszárítás, huzamos ideig tartó, vagy gyakran ismételt húzóigénybevétel). Ugyancsak károsak a textiláruk élettartama szempontjából azok a kezelések, amelyek az elemi szálaknak kémiai károsodását, vagy felületi sérülését idézik elő, mert ezek a szálak ismételt igénybevétel hatására már kisebb terhelésnél, ill. kisebb nyúlásnál elszakadnak. Egyoldalú tehát csak a szakítóerő szempontjából való minősítés és a feldolgozási folyamatok hatásának kizárólag a szakítóerő szempontjából való vizsgálata.

A gyártási folyamatok okozta károsodás, kifáradás csökkentésére régebben az anyag gyártásközbeni pihentetését használták. Az újabb technológiai fejlődés a gyártási folyamatok lerövidítését célozza. Ez utóbbi nemcsak gazdaságosság, hanem az anyag gyártásközbeni kifáradása szempontjából is helyesebb, mert pihentetéssel csak az ismételt igénybevételek okozta késleltetett rugalmas alakváltozás, nem pedig a maradó megnyúlás tűnik el. A maradó alakváltozás csak magasabb hőmérséklettel (hőenergia közlésével), vagy duzzadást okozó anyagokkal való kezeléssel fordítható meg.

Fárasztási kísérleteink alapján tehát azt az útmutatást adhatjuk iparunknak, hogy lerövidített, kiméletes gyártási eljárás alkalmazásával óvják meg a textilanyagokat a mechanikai és kémiai károsodástól, hogy azok ne »kifáradva« kerüljenek használatba, hanem eredeti értékes tulajdonságaik révén minél ellenállóbbak legyenek mechanikai igénybevételekkel szemben.

IRODALOM

1. *Reiő Sándor:* Az elméleti mechanikai technológia alapelve. II. és IV. kötet.

2. *A. Föppl:* Drang und Zwang. I. 1925.

3. *Eyring és munkatársai:* Mechanical properties of Textiles (Textile Research Journal 1945—46—47—48.).

4. *V. I. Budnikov:* A szálasanyagok sodrási elméletének néhány kérdése. 1939.

5. *A. P. Rakov:* A fonás alapjai. 1945.

6. *N. Vaszilјev:* A fonal szerkezetének hatása a fonal fáradására. (Textiln. Promyslennosty, 1950.)

7. *H. P. Zoeppritz:* Dauerprüfung und Ermüdung von Gespinste. (Melliand Textilberichte, 1936.)

8. *Dr. Dischka Győző:* A gyapot szakítóerejének és nyúlásának vizsgálata egyes elemi szálak és szálkötegek szakítása útján. (T. K. K. L. 1950.)

HOZZÁSZÓLÁSOK

BÁTORI FERENC

Dr. Dischka előadásához két szempontból kíván hozzászólni — az egyik az alakváltozások kísérleti vizsgálata. Rámutat, hogy az anyagban molekuláris erők vannak, amelyek egyensúlya megszabja a test alakját és térfogatát. Alakváltozás esetén a molekulák elmozdulnak egyensúlyi helyzetükből. Tehát új egyensúlyi helyzet lép fel. Amint az előadásból hallottuk, bizonyos határok vannak, melyeken belül a molekuláris erők hatására a test visszanyeri alakját. Ezt az alakváltozást nevezzük rugalmas alakváltozásnak.

Egy bizonyos határon felül a molekuláris elrendeződés nem nyeri vissza eredeti alakját, ez a maradó alakváltozás. Ha tovább terheljük az anyagot, bekövetkezik a szakadás. A plasztikus, vagy képlékeny anyagok állandó erők hatására alakváltozást mutatnak. A szilárd testtől a viszkózus anyagig, a belső súrlódást figyelembevéve, átmenet van.

A textilanyagok részben rugalmas, részben képlékeny anyagok. Fentiek alapján rámutat arra a további szempontra, hogy máskép viselkednek az elemi szálak, a fonalak és a szövetek. Az elemi szálaknál a belső felépítés szabja meg, hogyan viselkedjenek a fárasztási igénybevétel során. A fonal nyúlásánál az elemi szálak kezdenek tömörödni, tehát van még egy jelenség, ami bekövetkezik a rugalmas nyúláson és a kifáradáson kívül is: az egymáshoz való tapadás nő és ha elérte határát, akkor következik a rugalmas és maradó nyúlás. A tanulmány gyakorlati alkalmazása szempontjából tudnunk kell, hogy a gyártás menetében az elemi szálak hol mutatnak fáradási jelenséget. El ősorban vizsgáljuk meg a gyártás menetében az előkészítési műveleteket, tépést, kártolást. Ezeknél a műveleteknél a fonalnak nyúlása van, ennek van egy maradó része is, tehát ennél a folyamatnál a fonalban elhasználódott bizonyos energiamennyiség. A műveletek elvégzésénél erre figyelemmel kell lennünk, egyrészt a további technológiai folyamatok sikeres elvégzése, másrészt a minőség bizosítása szempontjából.

BOJTÁR PÁL

Dischka dr. mélyreható elemzést adott a fonalak olyan tulajdonságainak vizsgálatáról, amelyre a gyakorlati szakemberek semmi, vagy legalább is igen kevés figyelmet fordítanak.

Nem maradhatunk meg az egyszerű gyári laboratóriumokban végzett vizsgálati módszereknél, ha képet akarunk alkotni a textilanyagok gyakorlati használati értékéről. A hallottak szerint már most több figyelmet kell fordítani a nyúlás kérdésére fonalaink kiértékelésénél. Második megjegyzésem, hogy alakítsák ki a kutató és az ipari szervek azt a módszert, esetleg a meglevő szakítógépek kisebb átalakításával, amellyel az azon mért szakítási értékek (erő, de főképen a nyúlás) korrelációba hozhatók az anyag tartósságára jellemző számokkal.

Megállapíthatjuk, hogy a fonal kifáradása a laboratóriumban a következő ismételt igénybevételi kísérletekkel közelíthető meg:

a) igénybevétel állandó terhelésig,

b) igénybevétel állandó nyúlásig,

c) fokozódó terheléssel,

d) fokozódó nyúlással való új igénybevétel.

Ezek a kísérletek pihentetéssel, vagy anélkül végezhetők.

Döntő következtetés még az, hogy a fonal szakítóerejét nem csökkenti az ismétlés akkor, ha az igénybevétel és az ismétlések száma egy bizonyos határ alatt marad.

Efelé menve a terheléssel és az ismétlések számával, feltétlenül csökken a szakítóerő, mert a szakítónyúlást alacsonyabb feszültségnél érjük el.

A laboratóriumi vizsgálatokat alkalmazni kell gyakorlati esetekre.

Néhány gyakorlati példa :

1. Gyűrűsfonógépen 38 ∅ 10 000 orsófordulattal fonunk. Legyen egy kis kopás a gyűrűn, ahol a futó minden fordulatnál egy pillanatra, tételezzük fel 0,01 mp-re megáll. Ezalatt — ha 38 ∅-re csévélek — kb. 20 cm. csévélődik fel. A cilinder ezalatt csak 1,7 mm-t táplál, tehát elhanyagolható. Ez a 20 cm a traveller és a cilinder közötti rész rovására kell hogy nyúljon. Egy fonaldarabka a lefutás ideje alatt 300 ilyen igénybevételt kap, tehát egy ilyen traveller akadás gyakorlatilag a fonás alatt 300 ilyen rángatást jelent.

2. Gyűrűsfonógépen a fonal megnyúlása kedvezőtlen esetben 3—6% között lehet.

3. Szövőszék. A lánc 3—4000-szer van igénybevéve, amíg a lánchengertől az irányító hengeren át eljut a beszövésig, illetőleg a szövet kialakulásáig.

4. A feszítő ráma a vetülék fonalak, az irezés a láncfonalak állandó nyúlásra való igénybevételét jelenti. Tehát a feszültség feloldás esetével összhangban vizsgálandó.

Meg kell vizsgálni a vasalással való nyújtást, valamint a kalanderezést, amely magasabb hőmérsékleten való megmunkálást jelent.

Összefoglalva : új ismereteket meríthetünk az előadó által ismertetett vizsgálatokból, melyek segítségével anyagainkat tartósabbá és a céloknak megfelelőbbé tehetjük.

VARSÁNYI GYULA

Az elhangzott előadás olyan témakörrel foglalkozott, mely elsősorban a textilgyáralkat, de közvetlenül utána a textilanyagokat felhasználó üzemeket s itt is a nehéz műszaki szöveteket felhasználókat érdekli legjobban. A gumiiparnak számos területen a textilanyag a legfontosabb segédanyaga, mely kedvező adottságai folytán jelenleg még semmi más anyaggal nem pótolható. Ezért különös érdeklődés nyilvánul meg a gumiipar részéről minden olyan tanulmány iránt, mely a textilanyagok szilárdsági és kifáradási jelenségeivel foglalkozik.

Az utóbbi években a figyelem az egész világon e kérdés felé terelődött s különösen a legutóbbi időben számos igen értékes tanulmány jelent meg a külföldi szaklapokban, melyek a pneumatikba beágyazott cordfonalak, illetőleg szíjakban és hevederekben alkalmazott nehéz műszaki szövetek kifáradási jelenségeivel, illetőleg a fáradékonyság javításával foglalkoznak. Ezeknek a tanulmányoknak túlnyomó része azonban csupán sorozatos kísérletek eredményeinek regisztrálására szorítkozik és nem foglalkozik a jelenség okaival. Dr. Dischka kartársunk most ismertetett tanulmánya éppen abban különbözik ezektől, hogy a regisztrált értékekből további alapvető, matematikailag is levezethető következtetéseket von le, olyan következtetéseket, melyek alkalmasak arra, hogy hosszú kísérletek elvégzése nélkül, csupán egy gyors eredményt adó szakítási

vizsgálat alapján máris következtetni lehessen az anyag fáradékonyságára. Ebben látom én dr. Dischka vizsgálatainak különös értékét, mert ezáltal az egész kérdést új, és szerintem egyedül helyes irányba tereli.

Dischka kartársunk a vizsgálatokból elsősorban azt a megállapítást tette, hogy a fonalaknál háromféle nyúlás mutatkozik: rugalmas, késleltetett rugalmas és maradó nyúlás. Bebizonyítja, hogy a rugalmas nyúlás nagysága a fáradékonyság szempontjából a legfontosabb tényező. Nagyon helyesen mutat rá arra, hogy a fonal nemcsak akkor szakad el, ha a szakítóerő nagyságával terheljük, hanem ismételt igénybevétel esetén ennél lényegesen kisebb erő hatására is bekövetkezik a szakadás, ha az igénybevételek alatt a fonal nyúlásából már annyit vesztett, hogy megközelíti a szakadási nyúlás határát.

Mindezeket az eredményeket saját kísérleteimmel is alátámaszthatom.

A Ruggyantaárugyárban már évtizedek óta vizsgáljuk a cordfonalak fáradékonyságát, azonban az erre a célra szolgáló gép kis erőfeszítés mellett a cordfonalakat csupán igen erős állandó hajtogatásnak veti alá. A legutóbbi években azonban mi is rájöttünk arra, amire dr. Dischka vizsgálatai rámutattak, hogy nem a hajlítgatás iránti érzékenység az egyedüli tényező, mely az anyagok fáradékonyságára jellemző, hanem figyelembe kell venni az anyagok ismételt húzási igénybevételét is, mely mind a pneumatikoknál, mind a szíjféleségeknél fellép.

Fárasztás után a cordot szakadásig terhelve, az eredeti és fárasztás utáni szakítási diagrammok értékeiből arra a következtetésre jutottam, hogy a rugalmas nyúlás és a maradó nyúlás visszaalakuló része a cordfonalak kifáradása szempontjából a leglényegesebb tulajdonság.

Sajnos, nem áll még annyi eredmény rendelkezésemre, hogy azokból számszerű adatokkal dr. Dischka matematikai eredményeit ellenőrizhetném, azonban az előadásában ismertetett elvek helyessége nálam is beigazolást nyert.

Rá kell mutatnom arra, hogy a műszaki célokra szolgáló fonalak rendszerint többszörös cérnázás következtében nyerik el végleges alakjukat. A cérnázás pedig olyan gyártási művelet, mely különösen sokban járulhat hozzá a nyúlási viszonyok kedvező kialakításához, ugyanakkor azonban előidézheti a szálak túlzott igénybevételét, a szálak eltörését s így a kifáradási érték leromlását. Kérnem kell tehát, hogy a vizsgálatokat terjesszék ki párhuzamosan a legkedvezőbb cérnázási tényezők kikutatására s az így nyert cérnák fáradékonyságának kivizsgálására is. A Ruggyantaárugyár nevében minden segítséget örömmel felajánlok, akár a cérnázási minták rendelkezésre adásával, akár az eddigi és további vizsgálatok eredményeinek átadásával kapcsolatban.

RUSZNÁK ISTVÁN

Olyan szempontra kíván rámutatni, amely új összefüggést ad a kémiai és mechanikai tulajdonságok között. Ez az összefüggés a cellulózszálaknál lehet elsősorban érdekes és a cellulózláncok átlagos hosszúságára és nyúlási értékére vonatkozik. Régi megállapítás, hogy a szakítószilárdság és a cellulózláncok közötti összefüggés nem elég érzékeny és a mérőműszerek elégtelen teljesítménye következtében nem egyértelmű. A húzóigénybevétel által a cellulózszálakban bekövetkező változásokért az amorf részbe eső láncszakaszok felelősek, mert ezekben nyílik lehetőség a cellulózláncok szabad mozgására.

Az amorfrészben bekövetkező változások mértéke attól függ, hogy az átlagos lánc hosszúságának megfelelő cellulózszálak hány amorfrészen mennek keresztül.

A mellékvegyérték-erők, amikor a szabadabban mozgó cellulózláncok egymásmellé kerülnek, rögzítik a megnyújtott állapotot. Ezt alátámasztja az a tapasztalat, hogy nedves kezelések ezt a maradó nyúlást vissza tudják állítani.

A natív cellulózban a duzzadás a kialakulóban levő hidrogén kötések visszafordítását okozza, ami a rendszertelen amorfrész zsugorodását eredményezi.

Az előadásban elhangzottak és ilyen típusú elméletek összetevéséből úgy látszik, hogy egyértelmű összefüggés várható a cellulózlánc átlaghosszúsága és a különböző fárasztási nyúlásadatok között és ez nemcsak a cellulózlánc átlaghosszúságára fog világosságot deríteni, hanem az amorf rész kristályosodására is.

Ez a kutatási irány a színezés és kikészítés terén jelentkező gyakorlat számára, a cellulóz szerkezetében bekövetkező változások felderítésével szintén hasznos eredményekkel kecsegtet. Tehát nemcsak a textilmechanika, hanem a festő- és kikészítőüzemek is örömmel várják azokat az eredményeket, amelyeket a fent jelzett irányú kutatások számukra hozni fognak.

HAJMÁSI TIBOR

Az előttem elhangzott két felszólalás azt a feladatot tűzte ki, hogy az előadásban elhangzottakat a gyakorlat számára hasznosíthatóvá tegye.

Az előadásban szerepelt az ismételt igénybevételek száma és a »k_m« közti összefüggés. Az üzemeknek rendszerint nem áll rendelkezésükre olyan felszerelés, melynek segítségével a maradó nyúlást és ezzel a k_m hányadost meg tudnák állapítani. Ezért számításokat végeztünk annak megállapítására: van-e szoros összefüggés az első igénybevételkor fellépő teljes és a szakadáskor fellépő teljes nyúlás hányadosa *(k)* és az ismételt igénybevételek száma között. Ez az összefüggés elég szoros korrelációt mutat és ebből már a gyakorlatban sokkal jobban felhasználható következtetéseket vonhatunk le. Ha ezt figyelembe vesszük, akkor az üzemi laboratóriumokban rendelkezésre álló műszerek segítségével is következtetni tudunk a fonalak fáradására.

Azoknál a gyakorlatban előforduló igénybevételeknél, melyeknél a terhelés határát állandónak tételezhetjük fel, a terhelés határát ismerve, úgy számítjuk ki az elszakadás pillanatában mutatkozó ismételt igénybevételi számot, hogy egy egyszerű szakítógépen a fonalat adott erőhatárig terheljük, leolvassuk az ehhez tartozó nyúlási értéket, majd fonalszakítás segítségével megállapítjuk a fonaltétel szakítónyúlását. A két nyúlásérték hányadosa a »*k*« tényező, amelyhez tartozó ismételt igénybevételi számot a megadott összefüggésből minden további nélkül kiszámítjuk.

A gyakorlatban sokkal gyakrabban fordul elő az az eset, amikor ismerjük az ismételt igénybevételek számát és azt a terhelési határt akarjuk tudni, ameddig a fonalat kifáradás nélkül igénybe vehetjük. Ebben az esetben a számítás az előbbinek a megfordítottja.

Ilyen számításokat végeztünk szövőgépekre vonatkozóan, melyeknél a láncfeszesség a gyakorlatban szokásos 20—25%-os értékkel praktikusan megegyezően 21%-os értéket adott.

FEHÉR ISTVÁN

Hozzászólásaként megjegyzi, hogy a bőriparban a szovjet szakirodalom már régen bevezette a szakítómunka fogalmát a koptatás meghatározására. A koptatott felületből egyes rostokat akarunk kiszakítani súrlódással. Ha egyes

rostvégeknek megfelelő súrlódásuk, fóleg rugalmas nyúlásuk van, akkor ezek koptatás közben kissé megnyúlnak, utánaengednek, a koptatási hatás megszűnik, szakadás nem jön létre. Ugyanez vonatkozik a textilszövetek koptatására is. Hogy ez mennyire így van, tudják a kartársak, hogy például a gumitalpú cipőknél, amelyeknek szakítószilárdsága igen kicsi, a nyúlása 10%, a cipőtalpat nem lehet elkoptatni, míg a talpat védő acélvédő, bár annak szakítószilárdsága a gumiénak 100-szorosa, nyúlása azonban századrésze, igen hamar, a guminál jóval hamarabb elkopott. Ebből látjuk, hogy mennyire fontos a nyúlás.

ZILAHI MÁRTON

Az a vizsgálati módszer, amit dr. Dischka ismertetett és amelynek első eredményeit itt látjuk, komoly reményt nyujt arra, hogy ezen kérdéshez a magyar tudományos kutatás önállóan hozzáfoghasson. A kérdéssel kapcsolatosan egy-két dologra akar rámutatni: a kifáradási vizsgálatok jelentőségét elsősorban a nehéz műszaki szöveteknek az ismételt igénybevételénél látja — amire Varsányi kartárs hívta fel a figyelmet. A másik szempont, amire előadó mutatott rá, az üzemi anyagkímélés. A gyártási folyamat elsősorban az ismételt igénybevétel hatásaként veszi igénybe az anyagot, bár itt is véleménye szerint az időhatás az, ami igen jelentős, még jelentősebb, mint a fáradás. Ha valamelyik kartársunk elvégezné azt a kísérletet, hogy a szombaton leállított szövőszéket nyitott szádda! hagyja, úgy hétfőn azt tapasztalná, hogy a szövet 25—30%-os gyengülést szenvedett a szád nyitvahagyása következtében. Ezért dr. Dischka előadásának folyási görbéjére szeretne rámutatni, itt ilyen tartós alakváltozások mennek végbe hosszú időn át tartó terhelésnél.

Felhívja a figyelmet Vasziljev szovjet mérnöknek a Kutató Laboratórium által dokumentált cikkére — amely a következő megállapításokat teszi: a legdöntőbb ismételt igénybevételeknél nem a szakítószilárdság és nem a nyúlás, hanem a fonal szerkezete, nevezetesen, hogy hogyan helyezkedik el a kordban az elemi szál a kord tengelyéhez képest. A vizsgálatok szerint egy kord 6000 fárasztást bírt ki, míg egy másik kord, amelyik valamivel gyengébb és kisebb nyúlású volt, 8000 fárasztást bírt ki, azért, mert szerkezete olyan volt, hogy az elemi szála nem volt nyírásnak kitéve. További megjegyzése, hogy az elemi szálak nyírási ellenállása még kevésbbé tisztázott terület és ha nem a műszaki szövetet és az üzemi kímélést helyezzük előtérbe, hanem a használati szövetek kopását, akkor a nyírási kísérletekre, a kopásra kell a hangsúlyt helyezni.

Felhér kartárs azt mondotta, hogy a nyúlás dönti el a kopást (amikor a gumi cipőtalpról és a talpvédő acélról beszélt). Véleménye szerint a nyúlást a kopással ilyen összefüggésbe állítani nem lehet, mert különböző anyagokról van szó.

Igen érdekes dolgot említett dr. Dischka akkor, amikor példán mutatta, hogy bizonyos esetekben a fonal nem akkor szakad el, amikor terheljük, hanem amikor tehermentesítjük. Ez igen érdekes. A szovjet kutatók ezzel foglalkoznak az anyag emlékezésével, amire mások is rámutattak. Miben áll ez az emlékezés: Ha egy anyagot hosszú ideig teszünk ki nyúlásnak, a nagymolekúlájú anyag nem eredeti alakjára tér vissza, hanem megnyúlik. Emlékszik, hogy hosszú ideig nyújtva volt.

Ezeket akarta megjegyezni és véleménye szerint igen nagy eredményekkel kecsegtet a téma és várja, hogy a további kutatás az ipar és a tudomány számára ujabb eredményeket fog produkálni. Azonban az anyag viselkedését és a szerkezet viselkedését külön kell választani. Bátori kartárs is említette

az anyag szerkezeti viselkedését, a különböző sodratok más és más eredményeket mutatnak. Ezért ezt különválasztva kell vizsgálni, úgyszintén amit Bojtár kartárs mondott, hogy meg kell vizsgálni a dinamikus hatásokat is, nemcsak a statikus hatást, mert az igénybevételek rendszerint dinamikusak.

Ez a kutatás további feladata.

A kérdést összefoglalva, már az első kísérletek is biztosítják az eredményeket, azt, hogy a tudományos kutatás a gyakorlat számára is hasznos eredményeket hoz.

CZEGLÉDI GYULA

Zilahi elvtárs megemlítette a szovjet irodalom azon részét, amely a szakító szilárdsággal ellentétben azt állítja, hogy a fonal szerkezete, elhelyezkedése, determinálja a cérna jóságát. Tekintve, hogy a cérnagyártás szempontjából nem közömbös, hogy milyen sodratokat alkalmaznak a cérnánál, ha tehát nem a sodratszám befolyásolja a cérna tartósságát, hanem a cérnaszerkezet által meghatározott elemiszál igénybevétel, úgy megfontolandó, hogy mennyivel csökkenthető a cérna sodrata anélkül, hogy a cérna tartósságát csökkentenénk. Fontosnak tartja tehát a kérdés kidolgozását, mely a gyakorlat számára jelentős eredményeket adhat.

KISS ÁRPÁD könnyűipari miniszter zárószavai

Az előadás értékét tudományos jelentőségén kívül növelte annak aktualitása. A textilipar legdöntőbb feladata, hogy tartós árucikkekkel lássa el a fogyasztókat. Ezen nagy feladat elvégzéséhez ad segítséget ez az előadás és ezzel igen nagy lépést tettünk a tudomány és gyakorlat egységének kialakításában

BENTONITFÉLESÉGEK EGYES KOLLOIDKÉMIAI SAJÁTSÁGAINAK FELHASZNÁLÁSA A KIKÉSZÍTŐ IPARBAN

RUSZNÁK ISTVÁN

A textiliparban lejátszódó reakciók és egyéb folyamatok mind a nyersanyagok, mind pedig a felhasznált segédanyagok következtében kolloidkémiai és kolloidfizikai jelenségek. Ennek viszont az a következménye, hogy a végbemenő folyamatok tanulmányozásához a kolloidika törvényszerűségeinek ismerete és alkalmazása szükséges. Lépten-nyomon találkozunk e jelenségek során adszorpcióval, duzzadással, viszkozitással, membrán-egyensúllyal és elektrokinetikus potenciállal.

A bentonit textilipari felhasználásakor is hasonló jelenségek vizsgálatával és régről, vagy újabban megismert törvényszerűség alkalmazásával van dolgunk. Ezek a jelenségek általában a bentonitnak két tulajdonságát használják ki. Az egyik a duzzadóképesség, a másik az adszorbeálóképesség. A duzzadóképesség a különböző nagyviszkozitású textilipari gélek előállításánál döntő fontosságú, az adszorbeálóképesség pedig a tisztító hatások kiaknázásánál. Vannak a textiliparnak olyan területei, ahol nagy viszkozitású és nagy adszorbeálóképességű bentonit-víz rendszerekre van szükségünk, vannak azonban olyanok is, ahol csak az egyik, vagy másik tulajdonság maximuma szükséges, lehetőleg úgy, hogy egyéb tulajdonságok minimális hatást mutassanak. Igy pl. a textilnyomásban nyomósűrítőként alkalmazott bentonit akkor jó, ha aránylag kis szárazanyagtartalommal nagy viszkozitású sűrítőt ad, úgy azonban, hogy adszorbeálóképessége a lehető minimális legyen. Irezéskor a felhasznált bentonittól hasonló tulajdonságokat várunk, de nagy adszorbeálóképesség nem akadály.

A bentonit speciális problémáinak további tárgyalása előtt azonban szükségesnek látszik az alkalmazási területek eddig megismert, de még nem teljesen tisztázott tulajdonságainak ismertetése.

Az első az irezés, ami alatt a szövésre kerülő láncfonalak olyan ragasztását értjük, melynek során az elemi szálak a fonal belsejében egymáshoz ragadnak, a fonal felületét pedig egy síma védőburok veszi körül. Elsősorban a viszkozitás függvénye az, hogy az irezőpép mekkora mennyisége jut a fonalra és annak hányad része hatol a fonal belsejébe. Szerepe van továbbá az irező pép szálasanyag határfelületén fellépő felületi feszültségnek is és minél nagyobb ez, annál kevésbbé remélhető, hogy az irező pép a fonal belsejébe hatoljon. Általában

akkor, amikor a fonalak az irező masszán keresztül haladnak, az iranyag csak a fonal felületére kerül, de nem hatol annak belsejébe. A behatolás a kinyomó hengerek között való áthaladás után következik be először. Ez a behatolás annál kisebb mértékű, minél nagyobb a felületi feszültség és minél nagyobb az irező fürdő viszkozitása. A legtöbb iranyag esetében, ahol a diszpergált részecskék mérete nem egyenletes, megadható az a részecskeméret-határ, melynél nagyobb részecskék a szálak üregeibe már nem tudnak behatolni és amelynél kisebbek a belső ragasztás céljait szolgálják.

A bentonit esetében, ha pusztán bentonit-víz rendszerrel kívánunk dolgozni, a fenti követelmények nem elégíthetők ki. Az első és talán legleküzdhetetlenebb akadály az, hogy az irező gép szárítóterében a bentonit kiszáradásakor a visszamaradó ragasztóképesség kevés ahhoz, hogy egyrészt a belső ragasztást, másrészt pedig a külső védőburkot a bekövetkező mechanikai behatásokkal szemben tartani tudja. A megoldás felé tehát olyan utat kell választanunk, amelynél a bentonit szuszpenzió célnak megfelelő viszkozitásához az iranyagtól megkívánt ragasztóképesség is járul. Ez a ragasztóképesség konkrét esetben elérhető pl. pektin-anyagokkal, amelyek hozzáférhető nagyüzemi mennyiségben nem állíthatók elő az irezésnél megkívánt szárazanyagtartalom alkalmazásakor a megkívánt viszkozitásban. Ha tehát az irezőfürdő ragasztóképességét pektinnel, viszkozitását pedig bentonittal biztosítjuk, kezünkbe kerül a célnak megfelelő megoldás. Az ilyen módon kapott irezőfürdő mutatja a bentonitnál megszokott tixotropiát, de a belőle képezhető filmek szilárdsága döntően nagyobb a rugalmassággal együtt, mint pusztán bentonit alkalmazásakor. Vonatkozik ez a megállapitás az alkáli-, vagy földalkáli-bentonitokra. Igen jól kihasználható az irezésben az ilyen fürdő tixotrop tulajdonsága. Az irezőteknőben a keverőmotollák és az állandóan áthaladó fonalak mozgató hatására a fürdő kisebb viszkozitást mutat és ebből folyóan nagyobb behatolóképességű, mint a fonal felületére kerülve megnyugodott állapotban. A nyomóhengerek közé jutva, a nyomás hatására ismét a kisebb viszkozitás és az ezzel együtt járó tulajdonságok érvényesülnek. Mindezeknek következtében egy aránylag nagy behatolóképesség mellett a kívánalmaknak megfelelő vastagságú védőburok is biztositható. A bentonit közismert hidrofilitása következtében az egyenletes nedvesedőképesség is biztosítottnak látszik.

Ugyanezen a területen mutatkozik a bentonitnak még egy előnye. A tisztán pektin-oldatokkal irezett fonalak a szövődékbe kerülve, állás közben lepuhulnak, azaz a pektin nagymérvű nedvszívóképessége a levegőből felvett nedvesség behatására a fonálnak kölcsönzött rugalmas szilárdságot elveszíti. Már aránylag kis nedvességfelvétel esetén is jelentős mértékben csökken a fonalak szilárd rugalmas bevonatának keménysége. A bentonittal együtt alkalmazott pektin nedvszívóképessége sem csökken, azonban a felvett víz a bentonit másodrendű felületeire kerül és ennek következtében azonos vízfelvétel esetében is gyakoratilag változatlan marad a fonal pektintől nyert merevsége.

Mindezekből megállapíthatjuk, hogy irezési célokra olyan bentonit alkalmas, amelynek igen nagy a duzzadóképessége és amely minél nagyobb mértékben mutatja vizes diszperzióban a tixotrop tulajdonságokat. Az adszorbeálóképesség ezen a területen egyik irányban sem befolyásolja a felhasználhatóságot.

A textilnyomás területén a bentonit felhasználása nyomósűrítőként volt eredményes. A nyomósűrítő feladata az, hogy a benne egyenletesen diszpergált színezéket a nyomóhengerek vájataiból a szövet felületére átvigye, arra ragassza és azon éles határú minták kialakulását biztosítsa. Az ilyen módon felvitt sűrítőt a szöveten megszárítják. A színezőhatás akkor következik be, amikor az ilyen módon előkezelt szövet túltelített gőz-atmoszférába kerül, ahol magasabb hőfokon bekövetkezik a színezékrészecskéknek a cellulózra való adszorbeálódása, illetve annak belső üregeibe való diffúziója.

A sűrítő első feladatának tehát egyszerűen az látszik, hogy a színezéket a szövet felületére vigye és megakadályozza annak a színezés lefolyása előtt a szövet felületén való szétfutását. A kérdés azonban ennél sokkal szövevényesebb. Mindenekelőtt számolnunk kell a színezékrészecskék megoszlásával a különböző állapotjelzők megfelelő értékeinél a szálasanyag és a sűrítő között. Azonos diszperzitásfokú és felhúzóképességű színezéket feltételezve, a nyomósűrítő használhatóságát jelentősen befolyásolja a sűrítő anyagának és a cellulóznak adszorbeálóképességében megmutatkozó különbség. Minél nagyobb a szálasanyag aktív felülete a sűrítőéhez képest, annál inkább várható az, hogy a sűrítő a tőle várt feladatot maradéktalanul teljesíti. Ezen a ponton mutatkozik a bentonit felhasználásának legnagyobb akadálya. Színezékoldatokban általában megfigyelhetjük, hogy az alkálikusan előkezelt nátrium-bentonitok duzzadóképességében maximum észlelhető. A megfelelő előkezelésű nátrium-bentonit tehát azonnal tixotrop géllé duzzad és a nyomásnál szükséges színezék és esetleges egyéb vegyszermennyiség diszpergálva benne, illetve a rendszerben levő vízben feloldva, technikailag a nyomásra alkalmas pasztát szolgáltatja. Gyakorlati tapasztalat azonban az, hogy a legkülönbözőbb színezékféleségeknél a szálasanyagra kerülő színezék mennyisége, különben azonos körülmények között, bentonit alkalmazásakor kisebb lesz, mint egyéb sűrítők, pl. keményítő, vagy tragant alkalmazása esetén. A jelenség magyarázata igen egyszerű és abban adható, hogy a színezék mennyiségének jelentős része a bentonit duzzadásakor, annak belső felületeire jutott és megkötve maradt abban a vízmennyiségben, ami a bentonit másodrendű felületei között található. Ezzel magyarázható az a tény is, hogy a nyomás kivitelezése után kimosott sűrítő-maradványok vizes diszperziójának színe nem mutatja azt a különbséget bentonit és keményítő esetében, mint ami a szálasanyagon visszamaradt színek között ellenkező irányban megmutatkozik. A megfelelő nyomósűrítők kialakításához tehát a feladat olyan bentonit előállítását célozza, amelynek duzzadóképessége nem csökken jelentős mértékben a megszokott nátrium-bentonitéhoz képest, a jelentkező adszorpció azonban vagy csökkenthető, vagy visszaszorítható legyen.

Az alkalmazás itt is megmutatta, hogy a bentonit mellett pektint használva, a sűrítő javítható, de egyértelműen és minden esetben jó eredmény ezen az úton sem volt elérhető.

Az eddigi alkalmazási lehetőségek között a legpozitívabbnak az a felhasználás bizonyult, amelynél a bentonit nagy adszorbeáló képességét, illetve a duzzadáskor az oldószerrel együtt egyéb oldott anyagok felvételének lehetőségét használjuk ki. Ez az alkalmazás a pamut lúgos főzésekor a legcélszerűbb.

A pamut lúgos főzésének célja a pamut szennyezéseinek, elsősorban a pamutviasznak eltávolítása. A régi felfogás a lúgos főzést a pamutviasz elszappanosításának tekintette. Ma azonban tudjuk már, hogy a pamutviasz csak kis mennyiségben tartalmaz elszappanosítható, tehát valóban viasznak nevezhető anyagokat, 70%-ban pedig alkoholokból, sterolokból és szénhidrogénekből, tehát el nem szappanosítható alkatrészekből áll. Csilikin szovjet kutató és munkatársai vizsgálták először a pamutfőzőlében szereplő anyagokat szisztematikusan. Vizsgálataik célja egyrészt ezeknek az anyagoknak minőségi és mennyiségi analízise volt, másrészt pedig a lejátszódó folyamatok felderítése. Vizsgálataik alapján megállapították, hogy a lúgos főzés során a főfolyamat emulgeálás, melynek folyamán az összes el nem szappanosítható és kémiailag oldatba nem vihető szerves anyag emulzióba megy. Emulgeátornak részben az elszappanosítható részből a nátriumhidroxid hatására keletkező szappanok tekinthetők, részben nagy szerepet játszanak a pamut nitrogéntartalmú anyagaiból keletkező lebomlási termékek. Csilikin nagy jelentőséget tulajdonított egy, a főzőléből savval kicsapható, szerves oldószerekben oldhatatlan, de alkáliákban oldható nagy nitrogéntartalmú anyagnak, amely minden bizonnyal a pamut fehérjetartalmából keletkezett a lefőzés során, aminek kémiai szerkezete bizonytalan és amit színe után »fekete sav«-nak nevezett el. Az eddigi kutatások alapján ez az anyag az aminosavakhoz, vagy a dipeptidekhez sorolható és részben emulgeátor, részben védőkolloid tulajdonságokat mutat. Jóllehet a pamutban levő fehérjeanyagok csak 1—1½%-át képezik a nyers pamutnak, említett tulajdonságaik miatt nagy szerepük van a pamutfőzésben. Eltávolításuk igen fontos, mert különben a főzést követő hipokloritos fehérítésnél klóraminok képződnek; ez nem okoz azonban problémát, mert a fehérjeanyagok a forró főzőlúgban kolloidálisan oldódnak. Ez a kolloid proteinoldat kifejezett emulgeáló hatással bír. Jelentős emulgeáló hatást mutatnak a keletkezett szappanok is és így a főzésnél alkalmazott magas hőmérsékleten és nyomáson szükségtelen a főzőlúghoz külön emulgeálószereket adagolni.

A pamutfőzés hőmérséklete 120° C körül van. Ha a főzőlé lehűlése a pamut jelenlétében történik, figyelembe kell venni azt, hogy 70° C alatt rohamosan csökken a főzőlé emulgeáló ereje és a kolloid oldatban levő anyagok újra rácsapódnak a szálra, amit a főzőlé kihűlésével párhuzamosan felvett szorpcióképesség esése is igazol.

Figyelembe véve az elmondottakat, megállapíthatjuk, hogy a nátronlúgos lefőzés hatására a pamut szennyezései a következőképpen viselkednek:

1. A viasz egy része elszappanosodik és így oldatba megy, legnagyobb része azonban emulgeálódik.

2. A fehérjék és pektinanyagok a forró lúg hatására kisebb molekulájú vegyületekké bomlanak és részben valódi, részben kolloid oldatba mennek.

3. Az ásványi anyagok, a kis molekulasúlyú szerves savak és a cukrok molekulárisan oldódnak.

A főzőlúg vizsgálatából azonban csak az derül ki, hogy ezek a lebomlási termékek az oldatban milyen arányban vannak jelen, arra vonatkozóan azonban nem kaptunk felvilágosítást, hogy magán a pamutszálon a lefőzés után a szennyezésekből mi és mennyi marad vissza.

Megállapítást nyert, hogy a lefőzés során a jelen volt viaszfélék 60—65%-a, a nitrogéntartalmú anyagoknak pedig 90—95%-a kerül az oldatba, ami ez utóbbiakra nézve majdnem tökéletes eltávolítást jelent. A visszamaradó rész adszorptíve kötődik a pamutszálhoz és így vagy csak ismételt lefőzéssel vagy az adszorpciós egyensúly valamilyen módon történő eltolásával távolítható el a szövetről. Ezen a ponton látszott megfoghatónak a bentonit alkalmazása. Ha ugyanis valamilyen nagy adszorbeálóképességű anyag bevitelével gondoskodunk arról, hogy az emulgeált rész koncentrációja a főzőlében erősen csökkenjen, akkor az adszorpciós egyensúly a lefőzési effektus optimuma felé tolódik el. A bentonit nagy adszorbeálóképességének előnye azonban nemcsak abban mutatkozik, hogy a már emulgeált viaszt adszorbeálja a főzőléből, hanem abban is, hogy fölöslegessé teszi a főzéshez eddig használt magas nátronlúgkoncentráció alkalmazását. Az eddig felhasznált nátronlúg nagyrésze az emulzió stabilitásának biztosítására kellett. Ez a lúgfelesleg a bentonit hozzátétes lefőzéskor elveszti eddigi szerepét és jelentőségét, hiszen a főzőlében levő emulgeált rész mennyisége lényegesen kisebb lesz, mint az eddig megszokott esetekben.

A szükséges lúgkoncentráció csökkentésének jelentősége nemcsak abban keresendő, hogy ezáltal az eljárás önköltsége csökken, hanem abban is, hogy a lúgos főzés során mutatkozó cellulóz-károsodások az alkalmazott nátriumhidroxid koncentrációjával nőnek. A lúgos főzés kivitelezésénél használt berendezések ugyanis a legtöbb esetben nem tökéletesen légteleníthetők és a szövet felülete, valamint a nátriumhidroxid oldat mindig tartalmaz adszorptíve, illetve oldva annyi oxigént, amely a forró alkálikus közegben kisebb, vagy nagyobb mértékű oxicellulóz képződéséhez elegendő. Ha tehát a bentonit alkalmazásával a főzőoldat nátriumhidroxid-koncentrációja felére csökkenthető, ezáltal a pamutkikészítés első kémiai művelete során kisebb a károsodás és ebből eredően jobb minőséget kapunk.

Különösen jelentős a bentonit szerepe a folyamatos fehérítésben, ahol a lúgos telítés után az emulgeálás maximálisan 1 : 1,5 fürdőarány alkalmazása mellett történik, ahol egyrészt a lúg-adszorpció, másrészt a nagymennyi-

ségű levegő jelenléte miatt megnőtt károsodási veszély kiküszöbölése jelenti a segítséget. Ez a módszer tehát alkalmas a nagyüzemi folyamatos fehérítés megoldására is.

A károsodás mértékének csökkenése azonban nemcsak abban keresendő, hogy csökkenthetjük az alkalmazott nátriumhidroxid mennyiségét, hanem abban is, hogy a bentonit stabilizálóan hat akár a levegő oxigénjének, akár egyes oxidálószereknek a cellulózra való hatásakor. Közismert tény az, hogy pl. a hidrogénperoxidos pamutfehérítés során magnéziumszilikátot alkalmazva, az a hidrogénperoxid bomlási sebességét csökkenti és így a szennyezések oxidálását eredményezi anélkül, hogy az oxidálószer különösebben károsítaná a cellulózt. A bentonit alkalmazása során szintén kimutatható bizonyos stabilizáló hatás a hidrogénperoxidos fehérítésre, a szisztematikus vizsgálat azonban ezen a területen még további feladatunk.

A pamutfőzésben elért eredmények már nagyüzemi méretekben is jelentkeznek és amennyiben a nagyüzemi alkalmazás során eddig még nem látott nehézségek a továbbiakban sem mutatkoznak, akkor segítségükkel jelentős önköltségcsökkentés és minőségjavítás válik majd lehetővé a pamutfehérítésben.

Ezeknek az eredményeknek alapján további feladatok nyílnak a bentonit ipari alkalmazása előtt, pl. a mosóda, a háncsrost-fehérítés és a cellulózgyártás terén. A háncsrostok fehérítésénél különösen jelentős lehet az alkalmazott alkáli koncentráció csökkentése, hiszen ezzel a jó fehérítő hatás megtartása mellett csökkentjük, vagy kiküszöböljük a rostkötegeket összetartó ragasztóanyagok kioldását és ezáltal növeljük az így kezelt textiliák tartósságát.

Látható az elmondottakból, hogy a bentonit alkalmazása a textiliparban megkezdődött, de még pályája elején van. Néhány eredmény arra enged következtetni, hogy új fejlődést jelentő eljárások születnek majd az iparban ezekből a próbálkozásokból. Látszik az is, hogy a felmerült problémák megoldásához a legszorosabb együttműködésre van szükség a tudomány és az ipar között. Nem a textilipar feladata pl. megkeresni a nyomósűrítő céljára legalkalmasabb bentonitot. Az ipar feladata a tudomány által szolgáltatott különböző hatású bentonitféleségek kipróbálása és alkalmazása. Amennyiben ez az együttműködés ezen a területen is megfelel majd mindazoknak a követelményeknek, amelyeket mindkét fél joggal elvár egymástól, akkor ez az együttműködés mind a tudomány, mind pedig az ipar előnyét, továbbhaladását fogja szolgálni.

IRODALOM

1. *Buzágh A.:* Bentonit szólok és bentonit gélek sajátságairól. Magy. Kém. Folyóirat. (1950.) 7. oldal.

2. *P. Antonov:* Irfőzés a textiliparban (1950.) 70—77. oldal.

HOZZÁSZÓLÁSOK

GARAI IMRE

Az előadás első része dr. Komárominé és Garai által javasolt újítással foglalkozik, mégpedig az aktivált bentonit irezésre való alkalmazásával, illetve textilnyomósűrítőként történő felhasználásával. Az a tény, hogy most az irezésnél jól, a nyomásnál — még problémákkal küzdve bár, de jó úton haladva — megoldhatónak látszik a keményítő részbeni pótlása ; hogy a Textilipari Kutató Laboratórium bentonittal való foglalkozása közben dr. Rusznák és Bercsényi munkája jelentős megtakarításra vezethet a pamut lúgos lefőzésénél — ez mind arra mutat, hogy a tudomány és az ipar együttműködése mennyire elősegíti a szocializmus építését.

Buzágh akadémikus érdeme, hogy a bentonittal évek során át foglalkozván, az elméleti kutatás mellett felfigyelt minden gyakorlati kérdésre és az ipar rendelkezésére bocsátotta a hazai bentonit nagymértékű minőségjavításának módszerét. Ezáltal a hazai bentonit minő égét a kitűnő külföldi bentonitfajták fölé emelve, az öntődéktől a földalatti gyorsvasút építkezésein keresztül a textiliparig az ipar jelentős problémáinak megoldásában nyujtott segítséget. Ahhoz, hogy ez a segítség hatékonyabb legyen, hogy az ipar tényleg realizálhassa, szükség van az aktív bentonit nagymennyiségű előállítására.

Előadó ismerteti az irezéssel kapcsolatban azt a követelményt, hogy a fonal felületét az iranyagból képezett sima védőburok veszi körül. A továbbiakban beszél arról, hogy a bentonit használata irezésre azért nem kielégítő, mert a ragasztóképessége kevés, úgyhogy a bentonit csak az irezőfürdő viszkozitásának növelésére szolgálhat. Ezen elgondolásnak ellentmond a Kolloidkémiai Intézet korábbi vizsgálatának az a megállapítása, miszerint az elektrolit-tartalomtól függően a bentonitból igen nagy szilárdságú hártyák, u.n. bentonitfilmek állíthatók elő. Ezek a tükörsima, szilárd filmek a lemezes részecskék zsindelyszerű rendeződése folytán állnak elő és nem lenne célszerű az irezésnél megkívánt sima védőburok előállításánál a bentonitnak ezen tulajdonságait kihagyni a számításból. Hiszen ezáltal az effektus : a védőburok simasága és szilárdsága erősen fokozható. Erre vonatkozóan igen kedvező lett volna, ha elméleti elgondolások helyett kísérletsorozattal tudunk választ adni a kérdésre. Úgy képzelem, hogy ez a vizsgálódás, valamint a bentonit viselkedé ének egyéb vizsgálata az irezésben, a textilipari kutatóknak is igen érdekes és gyakorlatilag felhasználható megállapításokra fog alkalmat adni. Természetesen csak akkor, ha az aktivált bentonit-féleségek széleskörű előállítása módot nyujt arra, hogy a kísérleti eredményeket nem egy vagy két mintakészítmény alapján, hanem egész sorozat bentonitfajta rendszeres vizsgálata alapján jellemezhetjük. Igen helyesnek tartom azt, hogy a Textilipari Kutató Intézet elsősorban a pektin-bentonit kombinációt vizsgálta a keményítő pótlására, azonban miután nem csupán a maximális keményítő megtakarítás, hanem amellett cél az optimális irezési effektus elérése is, a továbbiakban szükségesnek tartom a keményítő-bentonit kombináció tanulmányozását is.

Az eddig még meg nem való ítható rendszeres vizsgálatok szükségszerű ége vonatkozik egyébként az előadásnak a bentonitnak, mint nyomó ű ítőnek alkalmazásáról szóló részére is. Az előadás megállapításai még nem támaszkodhattak sem megfelelően elkészített alapanyagokon elvégzett, sem pedig meg-

felelő számú kísérletekre. Ezzel kapcsolatban nem lenne helyes az előadót elmarasztalnom, de határozottan megállapíthatom, hogy az a közlése, miszerint: »Gyakorlati tapasztalat azonban az, hogy a legkülönbözőbb színezékféleségeknél a szálasanyagra kerülő színezék mennyisége, különben azonos körülmények között, bentonit alkalmazásakor kisebb lesz, mint egyéb sűrítők, pl. keményítő, vagy tragant alkalmazása esetén«, nem helytálló, mert a Goldberger gyárban és a Kispesti Textilgyárban kapott eredmények a bándi akt. bentonittal a színkiesés tekintetében kielégítőek voltak. Így tehát előadó megállapításai csupán azokra a kisszámú bentonitkészítményekre korlátozódhatnak, amelyeknek megfelelő aktiváltsága, illetve a nyomás céljaira való helyes kiválasztása nagyon is kétségbevonható.

Azok az egyelőre főleg elméleti alapokon nyugvó megállapítások, amelyeket előadó a színkiesés és a bentonit adszorpciós tulajdonságainak összefüggéseiről közöl, valószínűvé teszik, hogy a további kísérletek helyes irányba terelődnek. Ezeket a megállapításokat ugyanis eddigi ismereteink szerint alátámasztja az a tény, hogy a jóval kevésbbé adszorptív tulajdonságú bándi akt. bentonittal jó volt a színkiesés, míg a legutóbbi időkben készült erősen adszorpcióképes bentonittal ellenkező a tapasztalat. Azonban ezen a téren is számos kísérletre van szükség, éspedig a különböző minőségű, tehát különbözőképpen adszorpcióképes bentonitok vizsgálata adhat csak megfelelő döntést.

Annak a megállapításnak, hogy a sűrítő nagy belső felületei azok, amelyek miatt a bentonit nem lenne megfelelő, bizonyos mértékben ellentmond az, hogy a keményítő esetében is megvannak a nagy belső felületek. A keményítő is kolloid-részekből áll, amelyek duzzadásra éppúgy alkalmasak. Belső felületeibe a festékoldatok éppúgy bejutnak. A bentonit és keményítő eltérő viselkedésében e tekintetben a lényeget talán inkább a gőzölés folyamata alatt találhatjuk meg. Azok a feltevések, amelyek a sűrítőknek a gőzölésnél tapasztalt nagyfokú duzzadására és a micellák szétválására következtetnek, nyilván megmagyarázhatóvá teszik ennél a folyamatnál a keményítők és bentonit különböző magatartását.

További vizsgálatok sorozata szükséges annak tisztázásához, hogy a sokféle tényező (pH, duzzadás, adszorpció, gőzölés körülményei, montmorillonittartalom, szárazanyag-tartalom, bentonitféleségek általános viselkedése és különböző kölcsönhatások) milyen szerepet játszik az akt. bentonit nyomósűrítőként való alkalmazásában.

Az előadó továbbiakban a bentonit nagy adszorbeáló képessége alapján a pamut lúgos főzésekor felhasználható igen előnyös tulajdonságait ismerteti. A Textilipari Kutató Laboratórium munkatársai, dr. Rusznák és Bercsényi kartársak, az irezési és nyomósűrítő bentonit-felhasználás vizsgálata közben ezt az alkalmazási területet kézenfekvően pozitív értelemben aknázták ki, ami szerencsésen növelte a bentonit textilipari hasznosításának lehetőségeit. Igazat adok Rusznák dr-nak, hogy: »az eddigi alkalmazási lehetőségek között ez bizonyult a legpozitívabbnak«, miután ebben az időszakban a rendelkezésre álló bentonitkészítmények túlnyomórészt jellegzetesen az e célra való felhasználhatóság tulajdonságait mutatták. Ezen felhasználási móddal kapcsolatos fejtegetésekhez úgy érzem, nem sokat tehetek hozzá.

Megemlíti még a további textilipari alkalmazási területekkel kapcsolatban az impregnálásnál az akt. bentonit felhasználásának lehetőségét.

CSŰRÖS ZOLTÁN

Dr. Rusznák a textilipar kémiai műveleteit és különösen a kikészítés műveleteit túlnyomórészt heterogén reakcióként fogja fel, illetőleg ismerteti és heterogén rendszerből kiindulva adja meg a lehetőségeket a bentonitféleségek alkalmazására is. Vizsgálja az alkalmazási lehetőségeket az irezésben, az appreturában, sőt eddig ismeretlen alkalmazási lehetőségeket tár fel a pamutfőzéssel kapcsolatban.

A különböző bentonitok aktivált, illetőleg nem aktivált állapotban kisebb, vagy nagyobb mértékben jellemezhetők duzzadóképességükkel, illetőleg a vizes szuszpenzió tixotropiájával. Rusznák előadásában tárgyalja a bentonit adszorpcióját, a duzzadóképesség és tixotropia változását, a pH és különböző hozzátétek hatását. Megállapítja ezeknek a tulajdonságoknak alapján a különböző textilipari alkalmazási lehetőségeket.

Az előadás részletesen ismerteti a bentonitnak azokat a tulajdonságait, melyeknek alapján a textilipar keményítő pótlására, irezőanyagként, vastagítószerként és lúgos főzésnél adszorbensként alkalmazni tudja.

A pamutfőzésben az előnyös tulajdonságok az alábbi pontok szerint vázolhatók :

1. Megfelelő bentonit-féleségek kis mértékű adag olásával elérhető a pamutfőzésben általában használatos lúg nagy részének elhagyása ugyanolyan emulgeálás biztosításával. Ennek megállapítása azon alapszik, hogy a bentonit szuszpenziót stabilizáló, védőkolloid • hatás szerencsésen kapcsolható össze a felületen adszorbeált lúgmennyiség aktív hatásával.

2. A kisebb molekulájú szervetlen és szerves anyagok oldódása éppolyan teljes, mint amilyent előzőleg nagyobb lúgmennyiséggel értek el.

3. A keletkező kolloidrendszer védő, stabilizáló hatása változatlan.

4. A kutatás legfőbb érdeme, hogy ugyanolyan tisztasági fok elérését biztosítja a pamut, illetőleg a cellulóz kisebb károsodása mellett.

Mindezek alapján a munka értékét nemcsak a lúg mennyiségében elérhető megtakarításban, hanem méginkább az ugyanolyan főzési effektus mellett jelenlevő kisebb cellulózkárosodásban kell látni, ami az elméleti alapok tisztázásának köszönhető.

Az előadottak szerint a bentonit felhasználásának további előnye, hogy alkalmazható a folyamatos pamutfőzés megvalósítása esetében is.

Rusznák dr. kísérleteiben, illetőleg eddig elért eredményeiben különlegesen értékesnek kell tartani, hogy az ezirányú szovjet szakirodalom tudományos megállapításai alapján elméletileg értékelte ki a bentonit alapvető tulajdonságait, ezek befolyásolhatóságát különböző körülmények között és ennek alapján máris értékes eredményeket ért el a textilipar több fontos területén. Az eredmény értékelésében egyrészt az elméleti tudás és a gyakorlati alkalmazás szerencsés összefogását kell értékelnünk, másrészt azt, hogy aránylag olcsó és nagy mennyiségben rendelkezésre álló anyagnak, a bentonitnak segítségével lúg, keményítő, keményítőszármazékok jelentős megtakarítását éri el. Nem kevésbbé jelentős, hogy egyes alkalmazási területen a pamut, illetőleg a cellulóz eddig szokásos károsodását jelentős mértékben csökkenteni tudta.

Kívánatosnak tartja, hogy az ezirányú kísérletek és vizsgálatok hasonló aktivitással folyjanak tovább a bentonit kellő felhasználására a textiliparban szokásos egyéb műveletek (pl. appretura) területén, de továbbmenve kívánatos az is, hogy hasonló elméleti és gyakorlati felkészültségű vizsgálatok állíttassanak be a textilipar egyéb területein is.

Csürös professzor ezután megemlíti, hogy a bentonit felhasználása területén régebben is folytak kutatások, melyeknek eredményei a kapitalizmus viszonyai között nem voltak és nem lehettek olyan termelékenyek mint ma. Akkor egy 40—50 millió pengő évi haszonnal dolgozó kapitalista gyár laboratóriumában dolgoztunk olyan körülmények között, hogy még egy Ullmann Enzyklopädia, de még egy szárítószekrény sem állott rendelkezésünkre, nem beszélve más hiányosságokról. Ezt az időt a mai lehetőségekkel összehasonlítani nem lehet, mert most kormányzatunk minden támogatást megad, hogy a kutatómunka megfelelő helyen és megfelelő eszközökkel, megfelelő munkatársakkal legyen folytatható.

Ezen túlmenően, a kolloidkémia azóta elért eredményei is bővítik a kutatás irányait. Így tudjuk eredményeinket valóban hasznossá tenni egész népgazdaságunk érdekében.

KESZEG GÉZA

Az üzemi kísérletek tapasztalatairól számol be. Az irezésben az eredmények jónak mondhatók. A bentonit alkalmazásával a Textilipari Kutató Intézetnek sikerült kiküszöbölni a pektin nedvszívó tulajdonságát és ezzel a pektin irezésben való alkalmazását lehetővé tenni.

A pektin-bentonit iranyag nagy finomságú fonalaknál egyenértékű a keményítő-irezéssel.

Ez a felhasználás a lefőzéshez és a folyamatos fehérítéshez kapcsolódik, mert ez az anyag vízoldható.

A kutatás további feladata lesz, hogy foglalkozzék az egyes bentonitféleségek tulajdonságainak vizsgálatával.

POLGÁR JÁNOS

Felszólalásában a bentonit nyomóipari felhasználásáról beszélt. Megemlítette a színkiesésben és a hengerre és nyomókésre gyakorolt mechanikai behatásoknál megmutatkozó hibákat. A bentonit quarcmentesítése és optimális elektrolit tartalma pektinnel, vagy más sűrítőkkel kombinálva várhatóan jobb eredményt fog adni.

ZILAHI MÁRTON

Az előadás és a hozzászólások azt mutatták, hogy új utakról van szó a magyar textiltechnológiában. Ezek az eredmények elsősorban a tudományos kutatás jó metodikájára voltak építve. Amint a vitából látjuk, vannak bizonyos ellenvélemények a bentonit festéksűrítő szerepét illetőleg, de az irezés és a lúgos főzés eredményei egyértelműek.

KISS ÁRPÁD könnyűipari miniszter zárószavai

Pártunk a közelmultban megbírálta a könnyűipar területén 1951. évben végzett munkát és két fontos tényezőre hivta fel a figyelmet. Az egyik: hogy a tudományos kutatások célja a gyártmányok tartósságának növelése, megjavítása, másik: a tudományos kutatás irányítása hazai alap- és segédanyagbázisok feltárására.

Örömmel állapítja meg, hogy a hallottak ennek a két szempontnak eleget tesznek, mert azon túlmenően, hogy hazai segédanyagok feltárásával kapcsolatosak, még a termelt áruk tartósságát is növelik. Ez az eddigi tudományos eredményeket nagy mértékben emeli.

ÚJ MÓDSZEREK NAGY PEKTINBONTÓ-KÉPESSÉGŰ BAKTÉRIUM KULTÚRÁK KITENYÉSZTÉSÉRE ÉS KÖZVETLEN ALKALMAZÁSÁRA A HÁNCSROSTOK NAGYIPARI FELTÁRÁSÁBAN

LAKNER KÁLMÁN

Új pektinbontó baktérium kultúrák kitenyésztését és főleg felhasználását az iparban kétirányú kísérletsorozat tette lehetővé. Az első a hazánkban meghonosítás alatt levő kenaf (Hibiscus cannabinus) növénnyel kapcsolatos kutatások voltak, amelyek arra irányultak, hogy mint ipari rostnövényt használhassuk fel.

Ebből a célból nagyszámú kísérletsorozatot végeztünk el. Megállapítottuk a növény rosthozamát, rostjának feltárási módszerét megvizsgáltuk textilipari szempontból, előírásokat adtunk az aratás időpontjára és a tárolásra vonatkozólag. Ezeknek alapján megállapítottuk, hogy a hazai termesztésű kenaf a jutával egyenértékű.

A növény biológiai feltárása során tett megfigyelések alapján nyilvánvaló lett, hogy a hazai termesztésű kenaf áztatásánál más jelenségek lépnek fel, mint a kender-len áztatásánál. Az erjedés gyorsabban indul meg, a kiázottság hamarabb következik be, a rosthozam mennyiségileg és minőségileg jobb; kézenfekvő volt, hogy itt valami más baktériumflórával állunk szemben, mint a kender-len áztatásánál. Szükségesnek mutatkozott ezt a jelenséget megvizsgálni.

A kutatás másik irányát azok a kísérletek képezték, amelyeknek célja az volt, hogy — hasonlóan az erjedési iparokhoz — a kender-len kikészítőipar részére is dolgozzuk ki a tiszta kultúrával való áztatási eljárást. Ez a törekvés nem újkeletű és a Szovjetunióban elért eredmények ismerete előbbre vitt feladatunk megoldásában.

A kenaf áztatásánál észlelt rendkívüli jelenségek — amelyek egy hatékonyabb pektinbontó baktériumflóra jelenlétére mutattak — önként szabták meg a két kutatási irány egybekapcsolását olyan módon, hogy ezt a kenafon vegetáló aktívabb flórát tenyésszük ki.

Az eredmények azt hozták magukkal, hogy sikerült egy, a kenafon — és ezidőszerint csak a kenafon — élő baktériumflórát kitenyészteni. Ez az új, tiszta baktériumflóra igen erélyes pektinbontó, amely sikeresen alkalmazható a kender-len áztatásában, nagyüzemi körülmények között, szabadtéri áztatókban is. Ezek a tiszta kenafról kitenyésztett pektinbontó baktériumok kender

és len feldolgozásnál is meggyorsítják az áztatás folyamatát és minőségben kiválóbb rostot eredményeznek.

A kenaf (Hibiscus cannabinus) a mályvafélék családjába tartozó egynyári növény. Kórója egyenes, elágazás nélküli. Virágai a levéltövekben ülnek, színük sárga, kénsárga, rózsaszín, vagy bíborvörös. A rostrész a belső fás gyűrű és a kéreg kambiumja között fekszik. A rost több elemi szálból áll, melyeknek hosszúsága 5—10 mm, vastagsága 20 mm. A zöld kóró súlyára vonatkoztatott rosthozam 5—6%. Művelése egyszerű, terméshozama 30—40 q/kat. hold. Legmegfelelőbb aratási ideje akkor van, ámikor az első beérett magtokok felpattannak.

Feltárása biológiai úton történik, ekkor kapjuk a legnagyobb értékű rostot. Ennél az eljárásnál a rostok felszabadítását élő szervezetek, mikroorganizmusok, baktériumok végzik el. A baktériumok életműködésük, táplálkozásuk folyamán emésztik meg azokat a vegyületeket, vegyületcsoportokat, amelyek a rostnövényekben, mint az elemi szálakat összeragasztó anyagok szerepelnek. A baktériumok ugyanis életműködésük folyamán két jellemző tevékenységet fejtenek ki: erőteljes bontó (analitikus) és építő (szintetikus) tevékenységet. A mikroorganizmusok a nagy molekulájú anyagokat nagy hányadban leépítik, lebontják. A vajsav-baktérium azonban pl. szintetizál akkor, amikor a három szénatomos tejsavból négy szénatomos vajsavat termel. Az áztatásnál jelenlevő baktériumok elsősorban lebontanak: a növényi rostokat összeragasztó kötőanyagot, a pektint bontják le.

A baktériumok analitikus tevékenysége vagy aerob módon, azaz oxigén jelenlétében, vagy anaerob módon, tehát oxigén kizárásával történik. Ennek megfelelően ismerünk aerob, valamint anaerob baktériumokat. A két csoport között számos, fokozatos átmenet van, melyeknek képviselőit azelőtt mint fakultatív anaerobokat, illetőleg aerobokat jelölték meg. Az áztatásnál fellépő és az áztató vízben található baktériumok túlnyomóan anaerobok: Clostridiumok és Plektridiumok.

Az áztatásban fellépő folyamatok Ruschmann szerint három csoportba sorolhatók:

1. A kóró megnedvesedik, a víz kioldja a kóróból az oldható részt.

2. Biológiai előfázis. A baktériumok elszaporodnak, megindul az erjedés, CO_2 és H_2 gázok távoznak. Szerves savak keletkeznek, főleg vajsav és ecetsav. Ennek az előfázisnak a táplálék csökkenése vet véget. Jellemzője az áztatóvíz pH-jának csökkenése.

3. Biológiai főfázis. A klasszikus pektinbontó baktériumok elszaporodása és a rostokat összekötő lágy szövetek lebontása.

Ezen folyamatok lefolyása a hőmérséklettől és a pektinbontó baktériumok mennyiségétől függően, 6—14 nap alatt megy végbe szabadtéri áztatásban.

A kenaf laborafóriumi áztatásánál azt tapasztaltuk, hogy az egészséges egyszínű kórók áztatási ideje rövidebb, mint a kender-len áztatási időtartama.

Az áztatásnál semmiféle kellemetlen szag nem észlelhető. Mikroszkóp alatt vizsgálva, alig találtunk a kender-len áztatásánál fellépő jellegzetes baktériumalakokat. A tipikus orsóalakú Clostridiumok, vagy a dobverő formájú Plektridiumok közül igen kevés volt jelen. A fürdő pH-ja sem az áztatás második, sem a harmadik fázisában nem csökkent, sőt állandó lassú emelkedésben volt.

A kenaf áztatásánál fellépő különleges jelenségek az irodalom mélyreható tanulmányozására ösztönöztek. Kenaf áztatására vonatkozó adatokat bőven találunk a szovjet irodalomban. Főleg *K. M. Mironov* foglalkozott ennek a növénynek a feltárásával. A mi tapasztalatunkkal ellentétben a zavar, amelyre felfigyelt, a növény hosszantartó kiázása volt. Ennek a jelenségnek az okát a rossz agrotechnikai műveletekben meg is találta. Jacsevszkijjel együtt mindjárt eljárást is dolgoztak ki az áztatás meggyorsítására. Jacsevszkij aktív proteolitikus fermenteket termelt ki, továbbá bizonyos cserzőanyagokat megbontó tenyészeteket készített. Foglalkoztak a kóró gombásodásával (Kukina). Mironov megállapította, hogy abban az esetben, ha a kóróban nagymennyiségű a kondenzált cserzőanyag és a nehezen oldódó pektin és ha kevés a nitrogéntartalom, akkor nehezen fejlődnek ki a pektinbontó baktériumok. A hosszas napfénynek kitett kóró, a talajnedvesség hiánya, a rosszúl megmunkált talaj, mind az áztatási időtartam növekedését jelenti.

Erélyes, új pektinbontó baktériumról azonban a rendelkezésre álló, áttanulmányozott irodalmi adatokban csak egy helyen van utalás, ugyancsak szovjet kutatók azon megállapításáról, hogy mégis van a kenafon egy erélyes pektinbontó organizmus, a Bac. cannabicus. J. A. Makrinov és A. M. Csisne közölték ezt és szerintük jellemző erre a baktériumra, hogy 28-30 óra alatt a rost feltárását eredményezi. Jellemző rájuk az erős gázfejlesztés. A szerzők a B. amylobakterhez közelálló törzshöz tartozónak tartják. Közelebbi, részletes adatokat azonban nem közölnek.

J. G. Thieme a sisal áztatásánál a kenaf áztatásánál fellépő hasonló jelenségeket tapasztal. Szerinte a sisal áztatásánál a szénabaktériumok csoportjába tartozó aerob baktériumok fejtik ki hatásukat. Az áztatóvíz kezdő pH-ja 4,5, lassan 6,5—6,7-re emelkedik, különösen kedvező körülmények között 7,5—8,0-ra. Az áztatás mértéke arányos a pH-val:

Minél jobb az áztatás, annál nagyobb a pH.

Az áztatásban csak két fázis van:

1. Az extrakció, melyben a cukrok, sók stb. oldódnak ki; 2. az aerob, vagy szemiaerob baktériumok pektinbontó hatásának megindulása.

Ennél az áztatásnál a folyadékot áramoltatják, miáltal egy bizonyos fokig tiszta kultúra tenyésztődik ki.

A kenaffal megismételt kísérleteinkben — melyeket először laboratóriumban, majd középüzemi méretben hajtottunk végre — az említett sajátos, a kendertől, lentől eltérő áztatási folyamatok kivétel nélkül újra mutatkoztak.

Lefolytatott kísérleteink konkrét adatai a következők:

Laboratóriumban 50 g kórót közönséges vízvezetéki vízben áztattunk. Az áztatóvízben — melynek hőmérséklete 18—20° C volt — az élet már 4—6 óra után megfigyelhető volt, amikor megjelentek az első gázbuborékok. Ezután az áztatás első fázisa erős habzás kíséretében rendkívül gyorsan megindult. 48 óra elteltével megindult a második fázis, melyet mindig erős hártyaképződés kísért. A 72. óra után a kórók kiázottaknak mutatkoztak. A megejtett mikroszkópi vizsgálatokban hosszúkás, vékony, gyorsan mozgó élőlényeket figyeltünk meg, amelyek jódtól színeződtek. Kísérleteinkben vadélesztő típusok is észlelhetők voltak, de a bunkó, vagy dobverő alakú Plektridiumok és az orsóformájú Clostridiumok hiányoztak. A kép ugyanaz az áztatóvíz felszínén és a folyadék belsejében.

A fürdő pH-ja, melynek kezdeti értéke 6 körül volt, gyengén emelkedő tendenciát mutatott egészen a 7 pH-ig. Sem hőmérsékletemelkedés, sem az áztatásra jellemző kellemetlen vajsavszag nem volt észlelhető. Az ázási idő 25%-kal megrövidült.

Középüzemi kísérleteinket, melyeket a Juta- és Kendergyárban végeztünk hasonló feltételek mellett, ugyanezek a jelenségek kísérték.

Tapasztalataink és észleléseink ellenőrzésére Intézetünk felkérte a Műszaki Egyetem Mezőgazdasági Kémiai Technológiai Intézetét. Sándor professzor beszámolójában megállapította, hogy:

1. a kenaf áztatóvízében az első napon túlnyomó számú élesztősejt mellett kis számban pálcika alakú, élénken mozgó baktériumok vannak,

2. a kenderáztatásnál általában jelenlevő Plektridiumok hiányoznak,

3. a 2—3. napon a pálcika alakú mikroorganizmusok tömegesen elszaporodnak és 48—60 óra alatt a feltáródás befejeződik,

4. a pálcika alakú baktériumok mérete 3—10 μ, sőt némely esetben 20 μ hosszúságig is terjedt, szélességük ½—1 μ közötti,

5. feltevéseik szerint az aktív mikrobák anaerob viszonyokat kívánnak.

Az eredmények után kézenfekvő volt a gondolat, hogy kenafot kenderrel együtt áztassunk. A kender, ilyen módon, hasonló jelenségek mellett, gyorsabban kiázott, mint kenaf hozzáadása nélkül. A nyert rost jobb volt. A kísérletek folyamán a pH, a hőmérséklet, az ázási idő ugyanolyan értékű volt, mint a tiszta kenaf áztatásánál.

Közép- és nagyüzemi kísérleteinkben hasonló jó eredményeket kaptunk. Ezen kísérletek kivitelezésénél úgy jártunk el, hogy a kenderkóróhoz, súlyára számított 2—4% kenafkórót kevertünk és ezzel együtt áztattuk. Az ázási idő itt is lerövidült. A feldolgozás folyamán pedig kiderült a nagyobbmérvű minőségi emelkedés, szemben az ellenpróbaként kiázott kóróéval. Az egyik üzemben a kenaffal együtt ázott maglenszalma pozdorjatartalma 27,8% volt, az ellenpróba tételében 35,3% pozdorját találtak. Az ugyancsak üzemi méretekben kiázott kender feldolgozásakor a tilolt kenderből 82% bizonyult I. osztályú-

nak. Az I. osztályú kenderből 43% lett gépkender és a II. osztályúból is a hazai kender átlagának megfelelő 33% gépkendert lehetett kihozni. Megjegyezzük, hogy a felhasznált nyersanyag semmiképpen sem volt az átlagosnál jobbnak tekinthető.

Ezen eredményes kísérletek most már arra ösztönöztek, hogy valamely módon tisztább formában tenyészetet létesítsünk a kenafról, amely bármely helyen, bármely időben, bármely víznek gyors áztatás céljaira való beoltására alkalmas.

Munkánkhoz a szovjet irodalom adott útmutatást és példát. Megismertük G. L. Szeliber és munkatársa, Markova eljárását, amellyel tiszta tenyészetet készítettek, hogy a len gyorsabb kiázását lehetővé tegyék.

A Szovjet Rostos Anyagok Tudományos Kutató Intézetében kidolgozták az aerob Bact. Felsineus és kísérő flórájának tiszta tenyészetét. Eredményesek voltak azok a feltárási módok, melyeket Mironov, B. N., Tokin és társai dolgoztak ki és adtak át az iparnak. Ezek az u. n. fermentációs eljárások. A Sztálin-díjas Tokin fermentációs eljárásával ma már nagy gyárak dolgoznak.

Kurt Strömer fakultatív anaerob Plektridium tiszta kultúrájával, megfelelő mellékorganizmusok alkalmazásával, dolgozott sikeresen.

Rossi tiszta kultúrát készített a Bact. Comesii, Rossi és Carbone a Bact. Felsineus fajtákból és Olaszországban eredményesen dolgoznak velük az iparban.

A. L. Peszkin, a Fehéroroszországi Tudományos Akadémia Mezőgazdasági Intézetének munkatársa ugyancsak kidolgozott egy eljárást aerob tiszta tenyészettel. Az eljárást a dubrovenszki lengyárban alkalmazzák sikeresen.

A mi feladatunk tehát az volt, hogy kenafról olyan tiszta kultúrát állítsunk elő, melyben az uralkodó elem az erélyesebb pektinbontó baktérium. Ebből a célból kenaffőzetet készítettünk és ebbe oltottunk az áztató fürdőből 16—18° C-on. Ismételt átoltás után olyan kultúrát szelektáltunk, amelyben mikroszkóp alatt is ellenőrizhetők voltak a hosszúkás, állandó mozgásban levő baktériumok, amelyek az ismert kenderáztató lében nem voltak felismerhetők.

Akár lent, akár kendert áztattunk az ezzel a tenyészettel beoltott áztatóvízben, ugyanolyan kísérőjelenségek mellett, ugyanolyan gyors kiázáshoz jutottunk. Az alkalmazott 18—20° C hőmérsékleten a kiázási idő 72—92 óra. A nyert rost szakítóhossza 40—45 Rkm. Ez a lényegesen nagyobb érték (15—25%) kétségtelen bizonyítéka annak, hogy savas erjedés nem következett be.

Felkérésünkre egyidejűleg a Műszaki Egyetem Mezőgazdasági Kémiai Technológiai Intézete is foglalkozott tiszta tenyészetből való oltóanyagok előállításával. Első eljárásuk szerint folyékony táptalajon tenyésztették ki a baktériumokat anaerob körülmények között. Ezt a módszert azonban elvetették, mert az előállítás csak kis koncentrációban sikerült. De elvetették az eljárást azért is, mert azt tapasztalták, hogy a mikrobák pektinbontó enzimkonstitúciója erősen adaptív, tehát pektinmentes táptalajon szaporítva, pektinbontóképességükből veszítenek. Egyéb táptalajon, glükóz mellett szénhidrátok,

kender- és kenaffőzet, továbbá ipari pektin alkalmazása mellett mindig gyengébb flórát kaptak, mint az eredeti kenaf-áztatóvízben tenyésztett készítményben.

Abból a megfigyelésből — közli Sándor professzor — hogy az ázó kenderkóró rostjainak belső felületén található a legtöbb baktérium, arra következtet, hogy jobban fejlődnek a mikrobák olyan oldatban, mely szilárd anyagot tartalmaz, amire a baktériumok rátelepedhetnek. Ezt a következtetést mikroszkópi megfigyelések is megerősítették. A kidolgozott eljárással olyan oltóanyagot készítettek, amely szürkés, nyálkás mikroorganizmus tömeg; ezt vízzel tetszés szerint higítani lehet. Az ezekkel a készítményekkel lefolytatott laboratóriumi és középüzemi kísérletek, főleg magasabb hőmérsékletű 25—30° C áztatóvizekben jó és gyors kiázást adtak.

Az eredményes laboratóriumi munka után kísérleteinket üzemi méretekben folytattuk. Mind az Intézetünkben, mind Sándor professzor eljárásával készített tiszta kultúrákkal nyílt, szabadtéri áztatómedencéket oltottunk be. Egyidejűleg egy oltatlan medencében is folyt az áztatás összehasonlítás végett.

A beoltott medencékben az áztatás első fázisa 12—24 órával gyorsabban következett be, ezekben a felhabzás erélyesebb volt és általában 20—25%-kal hamarabb ázott ki a kóró. A kellemetlen szag nem volt érzékelhető, javult a rosthozam, növekedett a szakítószilárdság.

Az eljárás, mely szerint dolgoztunk, a következő :

A telep áztatómedencéinek alapos tisztítása után a tiszta tenyészetet elszaporítottuk úgy, hogy a medence méretéhez viszonyítva a törzstenyészetet kádakban négyszázszorosára hígítottuk. Ez olyan vízben történt, melyben a hígítás alatt és szaporítás közben is kenderkórót helyeztünk el, hogy a kender tápanyagai mindjárt jelen legyenek. 4 óra eltelte után a szaporodás már olyan mérvű lett, hogy alkalmasnak mutatkozott a medence beoltására. Ezt úgy eszközöltük, hogy a felszaporított kultúrát a medence különböző helyein közvetlenül az áztatóvízbe öntöttük.

A tisztaság és beoltás körülményeinek betartásával az eljárás 25—30° C-ú áztatóvízben a várt áztatási idő csökkenését mutatta. De jó eredményeket kaptunk 16—20° C-ú áztatóvizekben is. Így az őszi áztató idényben, amikor az erős reggeli lehűlés következtében reggelenként már jéghártya fedte az áztatómedencéket, a kiázás mégis rövidebb ideig tartott, mint a be nem oltott medencékben.

Összefoglalva : megállapíthatjuk, hogy eddigi ismereteink alapján az áztatásnál a pektinbontást a rostnövényeken fakultatív anaerob Plektridiumok és Clostridiumok végzik. Kísérleteinkből kiderült, hogy a kenafról és csak a kenafról, egy erélyesebb pektinbontó baktérium tenyészthető ki, mely kísérő flórájával együtt a rostnövényeket minőségi és mennyiségi szempontból egyaránt jobb eredménnyel tárja fel.

Az áztatás lefolyása anaerob körülmények között a leggyorsabb. Ezeket a körülményeket a kísérő organizmusok (gombák és baktériumok) biztosítják.

A pektinbontáskor H_2 és CO_2 gáz keletkezik, de elmarad a rostra károsan ható ecet-, vaj-, valerián- és tejsav keletkezése. Ennek tudható be a jobb rosthozam és a nagyobb értékű fonóanyag.

Az új, erélyesebb pektinbontó a Bact. Cannabinushoz áll legközelebb. Feltevések szerint egy a Bact. Felsineushoz közelálló anaerob is jelen lehet. Mindkettő szimbiozisban él más aerob mikrobákkal, elsősorban kokkuszokkal.

Tiszta tenyészet készíthető belőlük és tiszta tenyészetük gyakorlatilag eredményesen használható fel.

Élettevékenységüket 30—35° C-on fejtik ki legjobban, de célunk az, hogy a természetet irányítani tudjuk — mint azt a szovjet tudósok teszik — és alacsony hőmérsékleten is aktív tenyészethez jussunk.

A kenafról tenyésztett baktériumkultúrák alkalmazása kender és len áztatásánál a rostkikészítő ipar eddigi áztatási módszerének megváltoztatását jelenti.

A módszer várható gazdasági eredményei:

1. Az áztatótér kapacitásának növekedése.
2. Préselt áztatással karöltve hatalmas lépés az áztatás mechanizálására.
3. Mennyiségi és minőségi javulás.
4. Haladás az áztatás idény-jellegének megszűntetése irányában.

Mindezeket az általános és részleteredményeket a szovjet tudósoknak köszönhetjük, mivel ők dolgozták fel az áztatás módszereinek üzemi problémáit és tőlük tanuljuk a tudomány és gyakorlat szoros egységére való törekvést, ami számunkra azt is jelentette, hogy a mikológiában elért eredményeket merész lendülettel alkalmazzuk céljaink elérésére, a kender- és lenfeldolgozó ipar problémáinak megoldására.

IRODALOM

Varga és *Csókás:* »Mikológiai tanulmány a kender és len áztatásáról.« Kísérletügyi közlemények XIII. k.

Hoffmeister: Unsere gegenwärtigen Kenntnisse über die Flachsröste. Flachs und Leineni 1905. 140. szám.

Dr. G. Ruschmann und *Dr. W. Bavendamm:* »Zur Kenntnis der Rösterreger Bac. Felsineus Carbone und Plectridium pektinovorum.« Zentralblatt für Bakt. 64. kötet, 341. oldal.

K. M. Mironov: »Oszobennoszti i metodü uszkorenija biologucseszkoj mocski kenafa.« Szovjet tud. kut. munkák, 1948. II. kötet 12. oldal.

K. M. Mironov: »Faktorii vlijajuscsie na obrazovanie gibkoj dreveszinu kenafa poszle mocski.« Szovjet tud. kut. munkák, 1950. IV. kötet, 16—19. oldal.

Herzog: »Der Hanf und seine Aufbereitung.« 1929.

Ruschmann: »Grundlagen der Röste.« 1923.

K. M. Mironov: »Mocska lnja i kanopli v regeneracionnoj mocsilnoj zsidkoszti.« Szovjet tud. kut. munkák. 1948. I. kötet.

HOZZÁSZÓLÁSOK

GLASER ALADÁR

Meg van győződve az előadottak helyességéről és fontosságáról és igyekszik felszólalásával az eljárás sikeres alkalmazásának megkönnyítését elősegíteni.

Ezt úgy gondolja szolgálni, ha az előadó által említett eljárás jelenségeinek elméleti magyarázatát adja.

Az áztatás jósága a nyersanyag és az áztatóvíz minőségétől függ. Pl. u. n. vesszős kenderkóró kiáztatása az átlagnál huzamosabb idő alatt ad áztatási eredményt.

Az áztatást gátló okok felkutatása szempontjából előadó felemlítette, hogy *Mironov* szovjet kutató munkájából megállapítást nyert, milyen tényezők befolyásolják az áztatást.

A hozzászóló ismerteti saját felismerését, megmagyarázza a tiszta és nem tiszta baktériumtenyészetek gyorsabb, vagy lassúbb pektinbontó működését.

Elsősorban feleletet kíván adni arra az eddig fel nem vetett kérdésre, hogy miért indul meg a pektinbontó biológiai főfázis a hőfoktól függően, az áztatás megkezdése után csak hosszabb idő elteltével, holott a pektinbontók kezdettől fogva, bár kisebb számban jelen vannak?

Ennek magyarázatára a duzzadásból indul ki. A baktériumok pektinbontó hatása csak akkor indul meg, ha a pektin és vele együtt a cellulóz már megduzzadt. A duzzadás így előfeltétele a baktériumos pektinbontásnak.

Ez magyarázatot nyujt arra a jelenségre, hogy az ázás hosszabb ideig tart, ha a növény nagyobb mennyiségű cserzőanyagot tartalmaz.

Mironov említi, hogy a túlságos napfényhatás alatt fejlődött kórók is nehezen bomló pektineket eredményeznek. Itt más jelenséggel állunk szemben, mint a cserzőanyagnál. Ugyanis az erős fény hatására rosszul duzzadó pektinek keletkeznek, amelyeket a pektinbontó baktériumok nehezebben tépnek szét, mint a jól duzzadókat. Ismerteti, hogy egyes kationok a duzzadást befolyásolják, és ez okozza az egyes vizek kedvező, vagy kedvezőtlen hatását az áztatás gyorsaságára. A pektinbontók kedvező tevékenysége az áztatóvíz hőfok-emelkedésével kapcsolatosan fokozódik, mivel a hőfok emelése a duzzadást elősegíti.

Ezt alátámasztja az előadónak az a megállapítása, hogy a kenafbaktériumok 30—36° C-on jobban működnek, mint alacsonyabb hőmérsékleten.

Megjegyzi még, hogy az ázási folyamatban keletkező organikus savak is befolyásolják a duzzadás mértékét.

Mindezek a jelenségek magyarázzák az egyes áztatási folyamatok közötti különbséget.

RUSZNÁK ISTVÁN

Kifejti, hogy az iparban alkalmazott tudomány nem független az alaptudományoktól. Az előadó által elmondott tanulmány elméleti vonatkozásaiban még több nyitott kérdést tartalmaz.

Eddig nem sikerült teljesen tisztázni, a kenafon kitenyészthető különleges baktérium-kultúra tevékenységét, ezért megpróbáljuk a magyarázatot más területen is keresni. Nem könnyű azonban egyértelmű elméletet találni.

Amikor megemlíti az ezen a területen eddig elért eredményeket, szeretné eszögezni, hogy ezek az eredmények alapot nyujtanak a további kutatómunka

számára. Nem jutottunk még el arra a pontra — ez kitűnik szovjet kutatók írásaiból is — hogy minden jelenséget kolloidkémiai, vagy fizikai úton magyarázhassunk. Ehhez még számos ilyen irányú vizsgálatra van szükség. Szeretné nemcsak a Kutató Intézet, hanem az Egyetemi Intézetek felé is a célt kitűzni, hogy ezen a területen együttműködve, közös munkával, a meglevő törvényszerűségek és az iparban végbemenő folyamatok ismeretében valóban tudományos magyarázatot szolgáltassunk az eddigi és a jövőbeni eredményekre.

BALOGH IMRE

Hozzászólásában kifejti, hogy a hallottaknak nagy jelentősége van a gyakorlati alkalmazás szempontjából, mivel az a rostáztatás évszázados technológiáját előre tudja lendíteni.

Részletesen beszámol a felügyelete alá tartozó üzemekben lefolytatott kísérletekről és megjegyzi, hogy az áztatás végpontjának megállapítása nem egyértelmű, mivel arra objektív módszerek nem állnak rendelkezésünkre, így az észlelt differenciák nem mindig azonosak. Rámutat továbbá arra, hogy hidegebb időszak az áztatás időtartamát kedvezőtlenül befolyásolja.

Tapasztalatai vannak arra nézve, hogy a tiszta kultúra mennyiségének emelése az áztatási időt kedvezően befolyásolta. Ezért javasolja, hogy az előadó vizsgálja meg az adagolandó tiszta törzstenyészet mennyiségét, továbbá feltétlenül foglalkozzék a kenafbaktériumok hatékonyságának emelésével alacsonyabb hőfokon is, mivel az a tavaszi és őszi áztatási idény még jobb kihasználását teszi lehetővé.

Ezt a munkát eredményesebbé fogja tenni a tudomány és gyakorlat embereinek további szoros együttműködése.

SZÉKELY ANDRÁS

Glaser dr. hozzászólásával kapcsolatban megjegyzi, hogy a napon megbarnult kórók nehezebb ázásának oka inkább a mikroorganizmusok által felhasználható kisebb nitrogén tartalmú vegyület jelenlétében keresendő. Nem ért egyet Glaser kartárs hozzászólásának azzal a megállapításával, amit *Zn* és *Ca* ionok áztatást gyorsító hatásával kapcsolatban mondott és a $ZnSO_4$ gyorsító hatását nem tartja a *Zn* ion duzzadást fokozó képességének.

GYÖRI MIKLÓS

A kender- és lenkikészítő ipar örömmel üdvözli Lakner kartárs előadásában közölt, az eddigi áztatási eljárást nagy lépéssel előre vivő kutatás eredményét.

Tudvalevő dolog, hogy egyrészt a kenderkikészítő ipar legszűkebb keresztmetszete az áztatás, másrészt a nyíltvízi áztatás eredményét nagymértékben befolyásolja az időjárás. Ha sikerül az áztatási időt megrövidíteni, a külső befolyás időszaka is megrövidül és így nagyobb biztonsággal áztathatunk.

Ugyancsak rendkívül fontosnak tartja a kenafbaktériumos áztatásnál azt a körülményt, hogy alacsonyabb hőmérsékletű vízben is megindul az áztatás és ez lehetővé teszi, hogy az áztatást korábban kezdjük és egy áztatási idény alatt több fordát tudjunk kiáztatni.

Rendkívül fontosságot kell tulajdonítani annak is, hogy kenafkultúrás áztatásban a rostra káros vaj- és ecetsav nem keletkezik, mert tudvalevő, hogy ezen savak a rost szakítóerejét károsan befolyásolják.

Felmerül azonban Lakner kartárs előadásával kapcsolatban egy gondolat, éspedig:

Mi történik azokkal az aerob és anaerob baktériumokkal, melyekről megállapítottuk, hogy a kender- és lenkóró pektinjének bontását végzik, elpusztulnak-e a kenafkultúrával beoltott áztatóvízben, vagy egyszerűen megáll a szaporodásuk és így az egész áztatási folyamatot a kenafkultúrából elszaporított baktériumok végzik, vagy pedig párhuzamosan mind a két családhoz tartozó baktérium dolgozik és ha igen, milyen mértékben működik az egyik és milyen mértékben a másik?

Ha kizárólag a kenafon található anaerobok, Clostridiumok és Plektridiumok dolgoznak és bontják fel a kender, illetve a len pektinjeit és egyidejűleg nem lépnek fel a korábban ismert pektinbontó baktériumok, akkor valószínűnek látszik, hogy az új és életerősebb baktériumok lehetetlenné teszik, vagy akadályozzák vetélytársaik életműködését és elszaporodását.

Arra kéri Lakner kartársat, folytasson vizsgálatot abban az irányban is, hogy az újabban felfedezett baktériumok miképpen viselkednek egy időszakos hőmérsékletváltozás (lehűlés) esetén, csökken-e a tevékenységük, vagy teljesen megáll és ha igen, mi az a határ, amelynél még az áztatás, illetve az életműködésük újra megindulhat, melyik a legkedvezőbb hőmérséklet, melyben a legaktívabbak.

Az ipar hálásan köszöni a Szovjetunió baráti segítségét, mely egy új, értékes növény meghonosítását tette lehetővé és ezzel közvetve évtizedes áztatási módszerünknek új utat nyitott.

KOMOR LÁSZLÓ

Örömmel üdvözli, hogy a Tudományos Akadémia foglalkozik ezen eddig eléggé elhanyagolt rostipari kérdésekkel és ígéretet tesz, hogy a Minisztérium részéről is minden támogatást meg fognak adni, hogy a már eddig is szép eredményeket elért kutatási területen további eredmények legyenek elérhetők a rostipar, illetve az egész nemzetgazdaság javára.

LAKNER KÁLMÁN válasza

Válaszában rámutat arra, hogy a kísérleti eredmények alapján megadott előírások betartása mennyire fontos a nagyüzemi alkalmazásnál. Megemlíti továbbá, hogy baktérium kultúrák az eddigi tapasztalatok alapján alkalmasak lesznek tavaszi és őszi időben történő áztatásokra is.

Már folytak ezirányú sikeres kísérletek.

BUZÁGH ALADÁR r. tag zárószava

Néhány mondattal szeretné összefoglalni az elhangzottakat.

Kijelenti, hogy Lakner kartárs új úton halad, mely gazdasági szempontból is igen jelentős. Minden fajta új jelenségnél, új eljárásnál három fázis van: az első, mikor lehetetlennek tartják a jelenséget, a második, amikor kezdik taglalni és a harmadik, amikor azt természetesnek tartják.

Úgy érzi, hogy az a probléma, amit Lakner kartárs előadott, a harmadik fázisban van. Lehet, hogy hazai ipari körökben a kérdés még a második fázis végén tart, de mindenesetre úgy áll, hogy nemcsak érdemes vele foglalkozni, hanem fontos és szükséges is.

Mérlegelni kell azokat a szempontokat, amelyekre Rusznák dr. utalt és figyelembe kell venni, hogy a tudományosan megalapozott technológiára kell a súlyt helyezni.

Glaser dr. hozzászólásával kapcsolatban megjegyzése van. A duzzadásnak nagy jelentősége van az élet valamennyi folyamatában. Természetesen a baktericid hatások is ezzel kapcsolatosak. Ez régi tantétel és ebben általánosságban Glaser dr-nak igaza van. Azonban a duzzadási folyamatokról sokkal többet tudunk. Így felhívja Glaser dr. figyelmét a pektinduzzadással kapcsolatos jelenségekre.

A GYAPJÚZSÍRTARTALOM GYORS MEGHATÁROZÁSA FOTOMETRIÁS ÚTON A CHOLESTERIN MEGHATÁROZÁSA ALAPJÁN ÉS ANNAK ALKALMAZÁSA A SZŐRMEMOSÁSNÁL

FEHÉR ISTVÁN — BRUGGER FRIGYES

Az ipari kutató intézetek gyakran kapnak problémákat az ipartól. Ezeknek megoldása kisebb-nagyobb feladatok elé állítja a kutatóintézeteket és a megoldás gyakran már a helyes metodika kidolgozásából adódik.

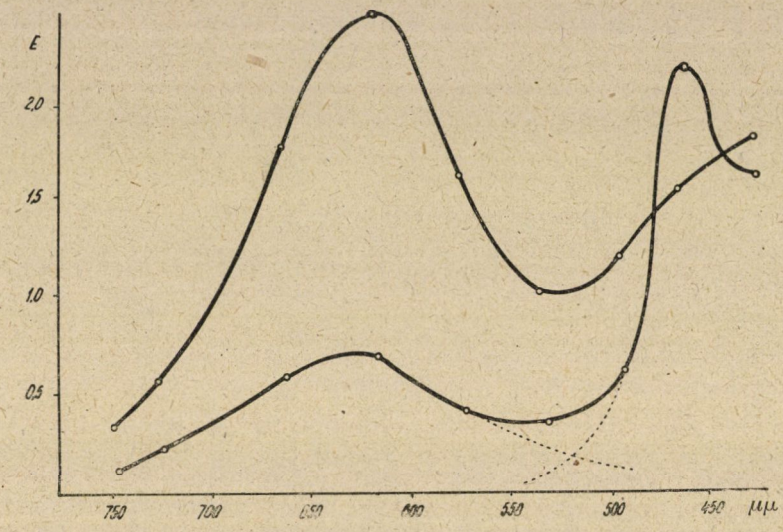
Sűrűn fordul elő, hogy a megoldás is megszületett abban a pillanatban, amint megtaláltuk a megfelelő eljárást. Ez a helyzet a gyapjúzsír fotometriás meghatározásánál is, melynek a nyers szőrme mosásánál van jelentős szerepe.

A nyers szőrme feldolgozásának első fontos fázisa a mosás. A mosás célja : a bőrből az oldható fehérjéknek, a szőrmerészből a zsiradékoknak, juhbőr esetében a gyapjúzsírnak és egyéb szennyeződéseknek eltávolítása. A mosás igen kényes művelet. Elégtelen mosás esetében a szőrme zsíros marad és ez a későbbi festésnél foltokat okoz. Hosszú ideig tartó mosás viszont részben meglazítja a szőrgyökereket, részben a teljesen zsírtalanított gyapjúszál elveszti előnyös, rugalmas tulajdonságait. A helyesen vezetett mosás tehát igen lényeges a jó minőségű szőrme elérése szempontjából, de emellett, ha be tudjuk állítani az optimális mosási körülményeket, ez gazdasági vonalon is (mosószer, kapacitás, energia) komoly megtakarítást jelent. Felmerül tehát annak szükségessége, hogy a nyers juhbőr mosását kvantitatív zsírmeghatározásokkal nyomon kövessük és ezen keresztül beállítsuk a mosás hatásának optimumát.

Erre a célra legalkalmasabbnak találtuk a cholesterin kimutatására eddig is használt Liebermann—Burchardt reakciót. Az elmult évtizedekben sokan dolgoztak azon, hogy ezt a kvalitatív reakciót kvantitatív meghatározási módszerré alakítsák át. Bloor, Benedickt, Theis és mások e reakció alapján egy fotometriás eljárást dolgoztak ki. Ezt az eljárást néhány évvel ezelőtt Kingsley és Roscoe Pulfrich-fotométerre alkalmazták és ezáltal tökéletesítették. Mindezek a módszerek azonban vérplazmából előállított tiszta cholesterinre vonatkoztak és így a gyapjúzsír meghatározásokra nem voltak alkalmazhatók.

Megvizsgáltuk Zeiss—Pulfrich fotométeren a nyers cholesterin és a lanolin extinkciós görbéjét (1. sz. ábra). Azt találtuk, hogy a két extinkciós görbe jellege 5000 Å hullámhossz felett azonos. 5000 Å alatt a lanolinnál kialakult egy második maximum, amelyet valószínűleg a gyapjúzsír egyéb olajkomponensének sárga elszíneződése okoz. Ezt az extinkciós görbét természetesen több-

ször reprodukáltuk és ekkor azt tapasztaltuk, hogy a lanolin két maximuma nem mindig teljesen ugyanazon a hullámhosszon jelentkezik. A különböző méréseknél mind a vörös, mind a kék sávban eltolódás következett be. A vörös sávban levő maximum hol az S 66-os szűrőnél (6650 Å), hol az S 61-es szűrőnél

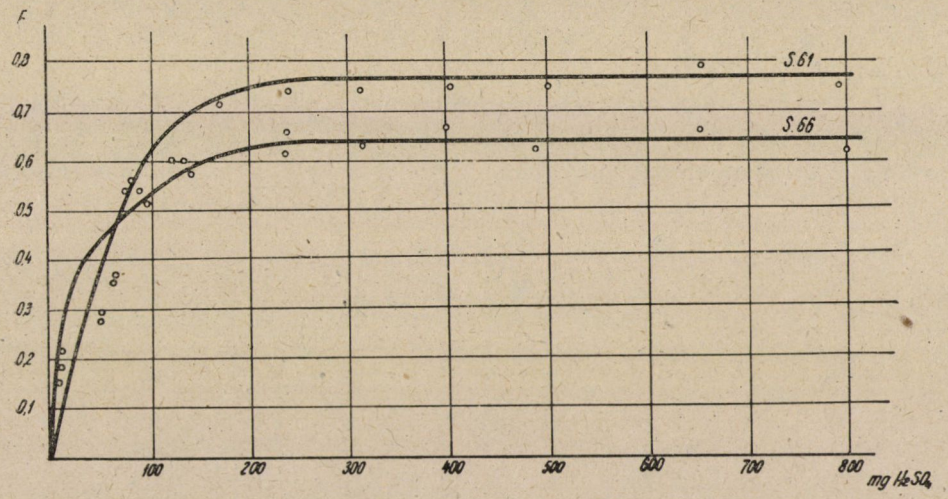


1. ábra

(6190 Å), a kék sávban pedig hol az S 47-es szűrőnél (4650 Å), hol pedig az S 42-es szűrőnél (4280 Å) jelentkezett. A maximum értékek hullámhosszainak eltolódása mellett maguk az extinkciós értékek is lényegesen változtak. Ezen jelenségek tisztázása céljából közelebbről vizsgáltuk meg a reakció lefolyását, illetve a reakció egyes faktorainak hatását a szín kialakulására.

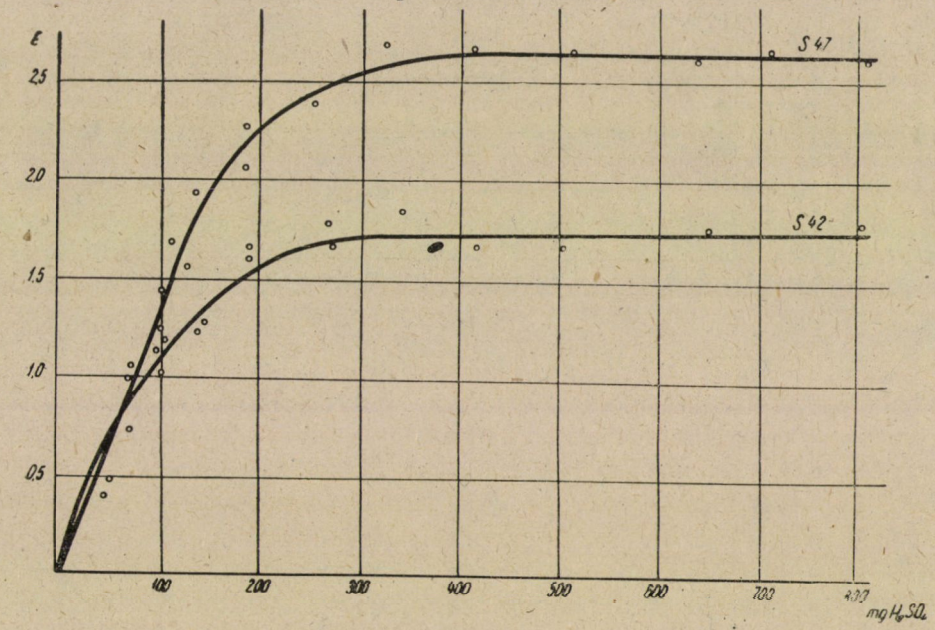
1. A kénsav mennyiségének, illetve koncentrációjának hatása : a reakciónál az összes többi faktorokat állandónak tartottuk (5 ml kloroform 0,5 mg/ml gyapjúzsír koncentrációval, 2 ml ecetsavanhidrid, 10 perc sötétben való állás, 20° C), csak a kénsav mennyiséget változtattuk 0—800 mg között. Az extinkciókat egyszer az S 61-es, illetve S 66-os szűrőkön, egyszer pedig az S 42, illetve S 47-es szűrőkön mértük, tekintve hogy az előmérések szerint ezek voltak a maximumok kialakulási helyei.

A 2. számú ábrán az extinkció változását láthatjuk az S 61-es és az S 66-os szűrőkön. Mint a görbéből kitűnik, az extinkció nagysága függ ugyan az adagolt kénsav mennyiségétől, de 330 mg kénsav mennyiség felett ez a hatás megszűnik és az érték konstans lesz. 80 mg kénsav mennyiségig a maximum az S 66-os szűrőn, ezenfelül az S 61-es szűrőn jelentkezik. Ezen a ponton a két görbe keresztezi egymást.



2. ábra

A 3. számú ábrán — amely az extinkció változását az S 42 és S 47-es szűrőkön mutatja — a helyzet azonos. A görbe szerint az extinkció értéke 350 mg-ig függ az adagolt kénsav mennyiségétől, azon felül konstans. A maximum csak 40 mg kénsav alatt jelentkezik az S 42-esnél, ezenfelül az S 47-es szűrőre tolódik át.

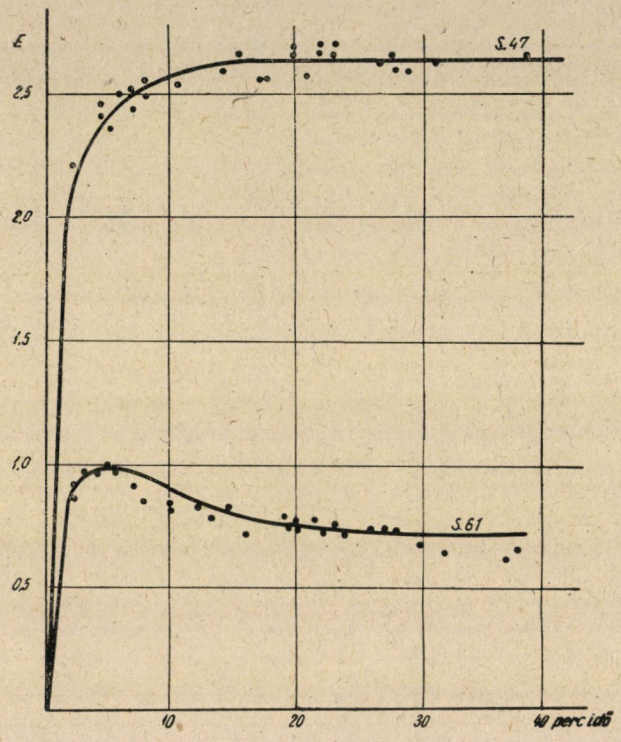


3. ábr

Fentiek alapján a meghatározáshoz felhasználandó kénsav mennyiséget 0,2 ml-ben, azaz 368 mg-ban állapítottuk meg és a meghatározás alapjául

az S 61-es és S 47-es szűrőket választottuk, amelyeken a maximális extinkció jelentkezik.

2. Megvizsgáltuk a reakció időbeli lefolyását az S 61-es és S 47-es szűrőkön mérve (4. számú ábra). Az S 61-es szűrőhöz tartozó extinkció a 4. és 5. perc között éri el a maximumot, utána lassan csökken. Az S 47-es szűrőhöz tartozó extinkció csak 12 perc után éri el a maximumot és utána hosszabb ideig konstans



4. ábra

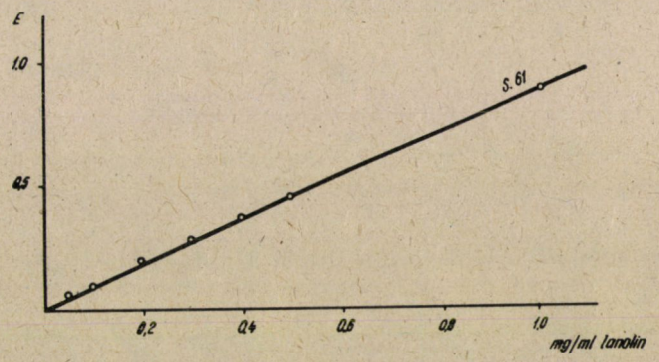
marad. Ezekután a további méréseket az S 61-es szűrőn az összekeveréstől számított 4 perc után, az S 47-es szűrőn pedig 20 perc után eszközöltük. Mindenesetre gyors meghatározás céljaira az S 61-es szűrőn mért extinkció alkalmasabb, mert az extinkció maximuma jóval rövidebb idő alatt jelentkezik.

3. A felhasznált kloroform tisztasági fokának hatását vizsgáltuk az extinkció szempontjából. Az 1% etilalkohollal stabilizált ipari kloroform (Chinoin gyártmány) az S 61-es szűrőn kb. 5%-kal magasabb, az S 47-es szűrőn pedig kb. 10%-kal alacsonyabb értéket adott, mint a kénsavval és lúggal tisztított, vízmentesített és petroléterrel stabilizált kloroform. Eszerint a reakcióhoz használható az etilalkohollal stabilizált kereskedelmi áru is, de ehhez külön kalibrációs görbét kell felvenni. Mindenesetre tisztított kloroformmal előnyösebb dolgozni, mert azt ritkábban kell kalibrálni.

4. A fény hatására a reakcióelegy színe hamarabb változik meg, mint sötétben. Az S 47-es szűrőn mért extinkció azonban teljesen független a fény hatásától. Hosszabb ideig tartó (20—30 perc) megvilágítás után mérve ugyanazt az értéket adja, mintha ugyanezt az időt sötétben töltötte volna. Az S 61-es szűrőn mért extinkció viszont gyorsabban csökken világosságban, mint a sötétben való állás után. 20 perc megvilágítás után az extinkciós érték 20%-kal csökken, a sötétben tartotthoz képest.

5. A hőmérséklet hatásának tanulmányozására vonatkozólag kísérleteket végeztünk 15° C-on, 20° C-on és 25° C-on. Az extinkciós értékek közötti különbségek a mérési hibahatárok között maradtak. Eszerint ebben a hőmérséklet-intervallumban a hőmérsékletnek nincs hatása az extinkció értékére.

6. Az ecetsavanhidrid mennyisége bizonyos fokig befolyásolja a reakciót. 1 ml és ennél kisebb mennyiség használata esetén a reakcióelegy zavarossá



5. ábra

vált. Ez esetben a meghatározás bizonytalanná válik. Az ecetsavanhidrid-mennyiség emelése viszont nem adott mérési különbséget.

7. Megvizsgáltuk a vegyszerek összekeverési sorrendjét. A kénsavat és ecetsavanhidridet előre összekevertük és a reakcióhoz ezt a keveréket próbáltuk felhasználni. A kénsav és az ecetsavanhidrid összekeverésénél erős hűtésről kellett gondoskodni, különben a reakcióelegy erősen megsárgult. Méréseink szerint különben — amennyiben ez a megsárgulás nem következett be — az így nyert extinkciók teljesen azonosak voltak a külön adagolással nyert értékekkel. Az ecetsavanhidrid-kénsav keverék azonban erősen viszkózus folyadék és ez a körülmény a pontos és gyors adagolást erősen hátráltatja. Emiatt ezt az előkeverést — amely különben a meghatározás idejét valamivel csökkentette volna — el kellett ejteni.

8. A Lambert-Beer törvény érvényessége: A reakciót befolyásoló faktorok meghatározása után rátértünk az extinkció és koncentráció összefüggésének vizsgálatára. A mérések eredményeit az 5. ábrán és az 1. számú táblázatban közöljük, melyből a következőket láthatjuk :

a) Mind az S 61-es, mind az S 47-es szűrőkön mért extinkciós értékek arányosak a rétegvastagsággal és koncentrációval.

b) 0,5 cm és 2 cm közötti rétegvastagság mellett 0,05—2,0 mg/ml töménységű gyapjúzsír-oldatok használhatók a meghatározás céljára.

c) Tekintve, hogy az S 47-es szűrőn mért extinkciós koefficiens kb. háromszor akkora, mint az S 61-es szűrőn mért érték, magasabb koncentráció esetében az S 47-es szűrőn kisebb rétegvastagságot kell alkalmazni.

I. TÁBLÁZAT

Lanolin mg/ml	Rétegvastagság cm	Mért extinkció	Extinkciós koefficiens
S 61-es szűrő:			
1,0	0,5	0,450	0,90
0,5	1,0	0,446	0,89
0,4	1,0	0,366	0,91
0,3	1,0	0,264	0,88
0,2	2,0	0,362	0,90
0,1	2,0	0,184	0,92
0,05	2,0	0,090	0,90
	Középérték		0,90
S 47-es szűrő:			
0,5	0,5	0,675	2,70
0,4	0,5	0,549	2,75
0,3	0,5	0,384	2,56
0,2	1,0	0,554	2,77
0,1	2,0	0,538	2,69
0,05	2,0	0,278	2,78
	Középérték		2,70

Ezekután megvizsgáltuk a különböző származású gyapjúzsírok extinkciós értékeit. Feltételezhető volt ugyanis, hogy a különböző származású juhbőrök az időjárási és táplálkozási viszonyoknak megfelelően különböző cholesterin tartalmúak. Az ezzel kapcsolatban végzett méréseket a 2. számú táblázaton láthatjuk.

II. TÁBLÁZAT

	Extinkciós koefficiens S 47-es szűrőn	Extinkciós koefficiens S 61-es szűrőn
Gyapjúzsír, belföldi juhbőrből	2,80	0,89
Gyapjúzsír, délafrikai juhbőrből	2,87	0,90
Gyapjúzsír, argentin juhbőrből	2,83	0,90
Gyógyszerészeti lanolin I.	2,64	0,98
« « II.	2,61	0,94

Az előzően közölt mérések szerint az S 61-es szűrőn mért értékek a különböző származású gyapjúzsíroknál jól egyeznek; az S 47-es szűrőn mért értékek nem térnek el túlzottan egymástól.

Mindenesetre jobb a mérések alapjául az S 61-es szűrőt venni. Ezt több tényező teszi indokolttá.

a) A II. sz. táblázat szerint a különböző eredetű gyapjúzsírok jobban egyező értéket adnak.

b) A kék színt áteresztő S 47-es szűrő főleg a sárga komponenst méri. Itt mindig megvan az a lehetőség, hogy a kénsav hatására erősebb sárgulás lépjen fel, ami a valódi értéket meghamisítja.

c) Az S 61-es szűrőn a szín maximuma már 3—4 perc után beáll, tehát gyors meghatározás céljaira alkalmasabb.

d) Tekintve, hogy az S 47-es szűrő nem egészen monochromatikus fényt enged át, mindig valami színkülönbséget mutat, ami a mérésben némi bizonytalanságot okoz.

e) Az idegen zsírok kevésbbé zavarnak az S 61-es szűrőnél, mint az S 47-esnél. A különböző szulfurált olajok, amelyeket a bőr- és szőrmeipar zsírozásra használ, sárgás színüknél fogva kevesebb zavart okoznak az S 61-es szűrőnél, mint az S 47-es szűrőnél.

f) Az S 61-es szűrőn kb. háromszoros töménységű gyapjúoldat mérhető maximálisan, mint az S 47-esnél. Tehát adott esetben nem kell az oldatot feleslegesen hígítani.

A meghatározás menete a fenti szempontok szerint kidolgozva tehát a következő: 0,1—0,5 gramm száraz gyapjút üvegdugós Erlenmayer-lombikban 0,1 g magnéziumoxiddal (jobb szűrhetőség céljából) és 8 ml tiszta kloroformmal 5 percig rázunk, utána G4 jénai üvegszűrőn át 25 ml-es mérőlombikba szűrjük. A kirázást még kétszer megismételjük és az így nyert folyadékot egyúttal mint mosófolyadékot használjuk. A mérőlombikban az egyesített szüredéket kloroformmal jelig feltöltjük; ennek az oldatnak 5 ml-jéhez hozzáadunk 2 ml ecetsavanhidridet és 0,2 ml konc. kénsavat, majd a keveréket összerázzuk. 3 percig sötétben történő állás után Zeiss-gyártmányú Pulfrich-fotométeren S 61 szűrőn meghatározzuk az oldat extinkcióját. A kapott értéket a kalibrációs görbéből nyert faktorral (1,8) beszorozzuk és így megkapjuk a kloroformos oldat gyapjúzsírtartalmát mg/ml-ben.

Ezzel az eljárással megvizsgáltuk különbözőképpen zsírtalanított és különböző módon előkészített gyapjúminták zsírtartalmát. Ellenőrzésképpen Sohxletkészüléken, előírt módon zsírmeghatározásokat végeztünk, melyeknek eredményei a fotometriás zsírmeghatározásokkal elég jól egyeznek (III. számú táblázat). A gyors kirázás miatt általában a gyapjúban az eredeti zsírtartalom 2—3%-a marad vissza. Fenti méréseket a III. számú táblázat tartalmazza.

III. TÁBLÁZAT

A gyapjú állapota	Fotométer %	Soxleth %
Nyers 1. légszáraz	15,5	15,9
« 1. «	16,6	17,1
« 1. «	15,8	15,9
« 2. szárított	14,6	15,0
« 2. «	15,5	15,6
« 3. légszáraz	11,2	11,1
Csávázott 1. légszáraz	0,84	0,86
« 1. «	0,81	0,82
« 2. szárított	0,84	0,84
Mosott szárított	1,24	1,29
Krómozott légszáraz	2,36	2,42
« « 2.	1,84	1,90
« szárított 3.	1,99	2,02
Vasalt légszáraz	0,58	0,56
« szárított	0,62	0,67
« «	0,66	0,68
Festett légszáraz 1.	0,58	0,61
« « 1.	0,58	0,56

Köszönetet mondok Rodino és Szamszutdanov — mult évben Magyarországon járt — mérnök elvtársaknak, akik az ötletet felvetették.

Irodalom:

V. C. Myers and E. L. Wardell, J, Biol. Chem. 36.147.
Bloor, Pelkan and Allen, J. Biol. Chem. 52.191.
G. B. Kingsley and Roscoe, J. Biol. Chem. 280.325.
R. Schönheimer and W. M. Speery, J. Biol. Chem. 206.745.
Gyenes I.: Magyar Kémiai Folyóirat. 56.384.

HOZZÁSZÓLÁSOK

BALÁZS ÁDÁM

A szőrme mosása a feldolgozás első fázisa. A művelet helyes elvégzésének a további kikészítés szempontjából döntő a jelentősége. Helytelen kivitelezés esetén a szőrme festésénél és vasalásánál minőségromlás jelentkezik. Ennek elkerülése céljából az üzemek igen nagy mosószer-felesleggel dolgoznak. A mosószer koncentrációjával a mosóhatás csak egy bizonyos határig növekszik, azontúl gyakorlatilag állandó marad. Ha tehát meg tudjuk ezt a határértéket állapítani, ez jelentős megtakarítást eredményezne. Ezeket a határértékeket minden egyes bőrfajtára külön kell meghatározni. Az ismertetett módszer eredményes segédeszköznek fog bizonyulni arra, hogy a gyapjúmosás műveletét szubjektív ellenőrzés helyett, objektív módon, számszerűen ellenőrizhessük és hozzá fog járulni ahhoz, hogy gazdaságosabban moshassunk a minőség teljes megtartása mellett.

BUZÁGH ALADÁR r. tag zárószavai

Jelen előadásból is kitűnik, hogy a tudományok és a gyakorlat milyen egészségesen tudnak nálunk kooperálni. A tudományos precizitással kidolgozott eljárásnak sok területen lehet hasznát venni.

FAANYAGOK 100° C ALATTI ÉS FELETTI HŐLÉGSZÁRÍTÁSÁNAK ÚJABB KUTATÁSI EREDMÉNYEI

SALAMON MARIAN

A hároméves terv határidő előtti teljesítése után a faiparnak az ötéves tervben 80%-kal emelkedő mennyiségi termelése számos súlyponti problémát vetett fel. Hazánkban a faipar gyáriparrá fejlődése a hároméves terv alatt bútorlapgyártó üzemet, az ötéves terv folyamán már eddig is számos nagy bútorgyárat hozott létre. A bútorlapgyár alapanyagul mind belső, mind borítóanyagként nyár- és fenyőfát, bútorgyáraink pedig a lemezipari félgyártmányokon kívül különböző tűlevelű és lombosfaanyagokat használ fel.

Felemelt ötéves népgazdasági tervünk mind minőségi, mind pedig mennyiségi téren a faipart is nagy feladatok elé állította. Fontos feladat továbbá a Pártunk kezdeményezésére megindult anyagtakarékosság; ezek a tényezők a faanyag helyes felhasználása mellett az anyag helyes és gazdaságos szárításának kérdését vetik fel.

Ennek jelentőségét és módját a gyakorlati életben az anyag használatával kapcsolatos megfigyelések határozzák meg. Ha nem kellően előkészített, helyesen tárolt és szárított anyagot dolgoznak fel, akkor a kész terméken vetemedések, kajszulások, a zsugorodás egyéb változatai, repedések következnek be. A felületeken hajszálrepedések képződnek, ami a felületet tönkreteszi, s a termék egyébként a szakszerű gyártástechnológiai előírások ellenére is, gyenge minőségű lesz.

A fát e tulajdonságainak megfelelően kell kezelni, hogy készgyártmányként való felhasználásáig az anyagban változások ne következzenek be. Helyes kezelés után a faanyag nedvességtartalma környezetének levegőjével egyensúlyban marad.

Az egyensúlyi állapot épületanyagoknál általában a klimatikus viszonyok által meghatározott. A középeurópai klimatikus viszonyok között több éves tárolás után az egyensúlyi fanedvesség 12—14 százalék, száraz súlyra vonatkoztatva. Ezeket a nedvességi határokat kell természetes, vagy mesterséges szárítás útján még a felhasználás előtt biztosítanunk.

Mielőtt a szárítás gyakorlatára és az elvégzett kísérletekre áttérnék, a faanyag sejtfelépítéséről, a nedvesség szerepéről, annak a különböző fafajokban

előforduló mennyiségéről, megoszlásáról és eltávolításának elméletéről kívánok néhány szót szólni.

Az élőfa sejtekből felépített szövetei segítségével oldatok alakjában veszi fel a tápanyagokat. Sejtjei részben vertikálisan, mint pl. a lomblevelű fákban a tracheák és libriformsejtek, a tűlevelűeknél a tracheidák, míg a bélsugársejtek radiálisan helyezkednek el. A nedvkeringés általában a külső rétegekben, a fa külső szíjácsrészében erőteljesebb, míg a fa belső része, gesztje különböző inkrusztáló anyagok lerakódása következtében fokozatosan kikapcsolódik a tápanyagok szállításából és pusztán a fa merevítésére szolgál. Tehát az élőfában a geszt legtöbbször kisebb nedvességtartalmú, mint a szíjács.

A feldolgozásra kerülő fák élőnedvesállapotú fanedvességei egész eltérők. Ezek fanedvessége közvetlen döntés után:

lucfenyőnél, gesztben	30—40%
kőrisnél	40—50%
diónál	50—55%
bükk, tölgy, jávornál	80—90%
égernél	115%-ig ingadozik.

A fában levő ezen változó nedvességtartalom elhelyezkedése kétféle. Az úgynevezett szabadnedvesség a sejtüreget víz- és gőzállapotban tölti ki, míg a sejtfalakban levő nedvesség kolloidálisan kötött. A faanyag száradása az élőfa kidöntése után a felületen bekövetkező párolgás hatására a kéregtelen részeken indul meg. Ez a felületi párolgás akkor következik be, amikor a levegő páratartalma adott hőmérséklet mellett a telítettség alatt van és addig tarthat, amíg a telítettséget a gőzfelvétel révén el nem éri. A levegő magasabb hőfokon lényegesen több vízgőzt tartalmazhat, mint alacsonyabb hőfokon. Telítettségi állapotá tehát a hőmérséklet függvénye. A hőfok emelkedésével a párolgás sebessége nő és ezért az évszakok és a klimatikus viszonyok alakulása szerint is változik a faanyag nedvességleadása.

A száradás a kapilláris erők és diffúzió hatására következik be.

A kapilláris erők, melyek a vizet a száradó felületek felé hajtják, a kapilláris csövek azon tulajdonságán alapulnak, hogy ezekben a víz a nehézségi erő ellenére feljebb emelkedik, mivel a meniszkusznak a folyadékoszlop felső végén húzó hatása van. Ezek a húzó erők okozzák, hogy a víz a nedves anyagok belsejéből kifelé áramlik.

Ha kerekalakú kapillárisra, melyben a víz nyugalomban van, más erő nem hat, a kapilláris két végén levő meniszkusz nyugalomban van. Az egyik végén vizet vesz fel, esetleg olymódon hogy a környező térből a gőz lecsapódik, a másik meniszkusz húzóereje nem tart vele egyensúlyt, következésképpen elmozdulni kénytelen, mégpedig a húzóerő többletnek megfelelően kifelé, míg új helyzetében a húzóerők egyensúlyba nem kerülnek. Párolgás hatására

a csökkenő meniszkuszt kiegyenlíti a kapilláris másik végén hozzájövő víz, s ha ez az áramlás nem szakad meg, akkor a nedvesség eltávozása folyamatos lesz.

A diffúziós jelenség a nedvességvándorlás másik oka, ez abból áll, hogy a nedvesség a nagyobb nedvtartalmú helyről a kisebb felé áramlik. Egyes kutatók szerint a nedvességvándorlás nedvességkülönbség nélkül is lehetséges. Eszerint diffúzió nem volna, hanem más erők okoznák a víz sejtfalakon át történő szivárgását. Legújabban az a vélemény gyökeresedett meg, hogy a fában levő szabad víz a pórusfalakhoz tapadó molekulányi vízrétegen át diffundál és ez a vízréteg jelenti a diffúzióhoz szükséges nedvességkülönbséget. Alacsony nedvességtartalomnál, ahol már nincs meg a kapilláris falakhoz tapadó molekulányi vízréteg, a diffúzió csak a falakon át következhet be. A két hatás tehát összetetten jelentkezik. A megnyitott sejtek a kapilláris erők hatására kezdik a nedvességet a felületre vezetni és sejtfalaik diffúziós jelenséggel továbbítják a nedvességet, míg újabb és újabb sejtüregek is bekapcsolódnak a kapilláris vízszállításba.

A faanyag 26—29% szárazanyagtartalomra vonatkoztatott nedvességnél, eléri a rosttelítettséget, amikor szabad nedvesség már nincs a sejtekben, s megkezdődik a kötött nedvesség távozása és ennek nyomán a fa jelentősmérvű zsugorodása.

Természetes szárításnál a klimatikus viszonyoktól függően egyensúly állapot áll be. A visszamaradó fanedvesség mennyisége a levegő állapotától azaz hőmérsékletétől és páratartalmától függ.

Mesterséges szárításnál az egyensúlyi állapotot tetszés szerint választhatjuk meg és ez a körülmény döntően előtérbe helyezi a mesterséges szárítás jelentőségét.

M. Sz. Szeljugin szovjet kutató nyomán a faanyag szárításának módszereit az alábbiak szerint csoportosítjuk:

lombban történő szárítás,
lég, vagy természetes szárítás,
kamrás szárítás,
érintkező szárítás és
nagyfrekvenciás térben való szárítás.

A felsorolt szárítási módszerek közül előadásomban részletesen a mesterséges hőlégszárítással fogok foglalkozni, mely egyben a faanyag szárításának legelterjedtebb módja. A levegő, mint szárító közeg egyrészt a szükséges meleget a faanyaghoz továbbítja, másrészt a faanyag felületén elpárolgó nedvességet magasabb telítettségi pontjának megfelelően felveszi és elszállítja. (Ez a természetes szárításnál lényegesen gyorsabb.) Az így szárított anyag kevésbbé repedezik, mint a természetes úton szárított anyag, az eljárás lényegesen gyorsabb, tetszőleges fanedvesség állítható be, továbbá az alkalmazott nagy hőfok a faanyag nedvszívó tulajdonságát tartósan mérsékli és a farontó gombákat és rovarokat elpusztítja.

A kamrás szárításnál 100° C alatti, vagy legújabban 100° C feletti hőmérsékletet használnak.

A 100° C alatt dolgozó és faiparunkban használt legújabb kamrák folyamatos működésűek, úgynevezett csatornás szárítók. Ez a szárítókamra azonos fajtájú és vastagságú faanyagoknak megközelítően egyforma kezdeti nedvességtartalomról egyforma végső nedvességtartalomra való szárítására leginkább használatos típus.

A szárítással kapcsolatos kutatásaink tárgya a szárítás egyik legsúlyosabb problémája, a felület kérgesedése, a szárítási légsebesség megállapítása, az egyes kamráknál a hasznos légtérre vonatkoztatott fajlagos kalóriaveszteségek, a kamrák légcirkulációja és ezzel kapcsolatban a meleg helyes kihasználása.

A hőlégszárítás legsúlyosabb problémája a felületi kérgesedés. Ez a jelenség az anyag felületének gyors száradásakor jelentkezik és felületi feszültlégben nyilvánul meg. A nedves faanyag felületének gyors párolgása következtében a kapillárisok nedvességtovábbításában és a diffúzióban szakadás következhet be. Már nem áramlik annyi víz a felületek sejtrétege felé, mint amennyi elpárolog, ennek következtében ezek a sejtfalak erősen összehúzódnak, s nem követik többé a zsugorodási törvényeket. Amíg azonban a faanyag felülete a rosttelítettségnél kevesebb nedvességet tartalmaz, a metszet középső, nedves része, szabad nedvességét nem vesztette el s változatlan köbtartalmával akadályozza a zsugorodást. A belső rétegek a külsőket húzófeszültség alatt tartják. A további jelenségek attól függnek, hogy a fa felületén fellépő húzófeszültségek a szakítószilárdságot elérik-e, mely esetben repedések keletkeznek; ellenesetben további zsugorodás nélkül, de feszültségnövekedéssel halad a száradás tovább.

A száradás mértéke végül az anyag középső metszetében is eléri a külső réteg nedvességtartalmát, azonban a feszültség akkor sem szűnik meg.

Gyakorlati megállapítások szerint, a húzószilárdság a nyomószilárdsági törvényeket követi. Mivel a szárításkor a faanyagra külső feszültségek nem hatnak, az egyensúlyt a szárítás okozta feszültségnek és alakváltozásnak kell az anyagban tartania. Az alakváltozás bekövetkeztével a feszültségnek meg kell szűnnie. Ez azonban a faanyag szárításakor csak akkor történik így, ha az anyagra ható feszültség az arányossági határ alatt van, amit külföldi kísérletek igazolnak.

Ezen határ feletti nagyobb nyomóigénybevételek hatása esetén, azok időtartama és az alkalmazott hőmérséklet az alakváltozásban változó, de végértékhez tartó többlet-összenyomódáshoz vezet. Az alakváltozások eltolódásai nagyobb feszültségek és hőmérsékletek alkalmazásával növekednek. Ez viszont azt jelenti, hogy állandó alakváltozásnál, pl. összehúzódásnál, amelynek az arányossági határ feletti feszültség felel meg, az alakváltozás hosszabb időn át való fenntartása, bár csökkentő mértékű, de mégis feszültséget jelent.

Faanyagoknál, amikor a befolyásoló tényezőktől függően napokig, ha nem több hétig tart a szárítás, ezzel a jelenséggel állunk szemben.

A szárításnál szükségképpen alkalmazott magasabb, de 100° C alatti hőmérsékletek, a levegő relatív páratartalmának egyidejű alacsony értékre beállításával a felületi kérgesedésre s ezzel feszültség keletkezésére vezetnek, ami csak a felületi réteg visszanedvesítésével szüntethető meg.

Kísérleteket végeztünk annak megállapítására, hogy a rosttelítettségi határ a változó kezdeti nedvességű anyagoknál milyen sebességgel léphető át, továbbá milyen értékű a nedvességelvonás a szárítás ideje alatt. E célból az egyik üzem csatornás szárítója folyamatos ellenőrzésekor több hónapon át 45—50 mm-es gőzölt bükkanyag, továbbá 40 és 50 mm-es égerpalló szárítását vettük fel. A szárítókamra kétcsatornás 15 m hosszú csatornaszárító volt. Az anyag hossza változó volt és így hosszirányban nem volt teljesen kirakható. A csatorna bemeneti végén, a felmelegített levegő oldalán mért hőmérséklet 60° C körül volt. A hideg oldalon mért hőmérséklet a szárítás tartama alatt 4—6° C-al volt alacsonyabb. A kimenő vég hőmérséklete a meleg oldalon általában 44 és 52° C között változott, míg a hideg oldalon ugyanakkor 4—5° C-al volt alacsonyabb. A szárítók ellenőrzése naponta a kocsik tetejéről vett minta segítségével a szárítás teljes tartama alatt történt.

A kiinduló fanedvesség meghatározásai is minden esetben megtörténtek és azt mutatták, hogy 50 mm-es éger esetén 40 és 26, 40 és 27, 30 és 19%-os nedvességtartalmakat, bükkanyagnál pedig 35—21, továbbá 37—27, 37—25%-os nedvességtartalmakat kaptunk az anyag középső és szélső metszeteiben. Ezek a végrehajtott mérések azt mutatták, hogy kérgesedési jelenségek 50 mm vastag éger- és 45—50 mm vastag bükkanyagoknál már a természetes szárításkor jelentkezhetnek. Ezekből a mérésekből megállapítható, hogy pallók szárítása esetén a felmelegítéshez szükséges relatív páratartalom nem a teljes metszet, hanem a feldarabolt próbadarab legnagyobb fanedvessége alapján állítandó be.

Vizsgáltuk különböző kezdeti nedvességtartalmú anyagok szárítási előrehaladásának sebességét a rosttelítettségi határig. A rosttelítettségi határ biztos átlépése után a faanyagok a számukra kidolgozott legnagyobb hőfokokkal száríthatók, de ez alatt belső repedésekkel kell számolni.

A naponta felvett adatgyűjtésekből és azok felviteléből kitűnt, hogy 58—65, 58—68 és 84—97% külső, illetőleg belső keresztmetszeti induló fanedvesség mellett 50 mm vastag égeranyagnál a negyedik, ötödik, illetve negyedik napon érte el az anyag a rosttelítettségi határt.

60% feletti kezdő nedvességtartalmú 50 mm vastag égeranyagok szárításánál azt tapasztaltuk, hogy a kamra fűtésének a második, vagy harmadik nap után két napra történő leállítása a faanyag szárítását meggyorsítja. Ezen megállapításunk egyezik V. G. Zacharzsevszkij megállapításával, aki nagymetszetű tölgy- és bükkgerendák szárítása számára szaggatott üzemet javasolt.

Az eddig végzett néhány kísérlet nem engedi meg, hogy ezen eljárás tekintetében véglegesen állást foglaljunk, annál inkább, mivel erre vonatkozólag sem megfelelő szovjet kutatási támpont, sem elegendő saját tapasztalat rendelkezésre még nem áll. Mindenesetre a szárítók gazdaságosságának vizsgálatánál ez a kérdés további kísérleteket tesz majd szükségessé.

A szárítások vizsgálata 50 mm-es égerpallók esetén óránként, a szárítási napokat egyenként 24 órával számolva, 0,16 ; 0,17 ; 0,17 ; 0,13 ; 0,13 ; 0,10 ; 0,10%/ó. nedvességelvonást jelentett. Az első hat nap alatt hét szárításnál a legalacsonyabb nedvességeltérés a külső és belső rétegek között 8%, a legmagasabb 24% volt.

40 mm-es égeranyagok szárításánál, amelyek kezdeti nedvességtartalma a metszetek külső, illetőleg belső részében 85—96 és 62—87% volt, a külső felületek már második nap elérték a rosttelítettségi határt. A 9—9 nap alatt levezetett szárítás egészen egyenletes, 5, 6,5% illetve 4,4% fanedvességet eredményezett. Az anyag berakásakor, a felmelegítés első órája után a kamra hőfoka a bemenő oldalon 41, a távozó oldalon 37° C volt és a szárítás további tartama alatt 66° C bemenő és 60° C távozó hőmérséklet között változott. A nedvességelvonás, a szárítás minden napját 24 órában véve, 0,39, illetve 0,31%/óra volt. A magasabb nedvességelvonást kisebb anyagvastagság indokolta.

Szárítottunk 40, 45 és 2×50 mm-es bükkanyagot is. Ezek kezdeti nedvességtartalma a metszetek külső, illetve belső részében : 21—35, 27—37, 25—36 és 18—32% volt. A szárítás időtartamai 10, 9, 8 és 9 nap voltak. A nedvességelvonások 0,07, 0,11, 0,07 és 0,08%/órát tettek ki. A CNIIMOD szovjet kutatóintézet előírása szerint 60%-os nedvességtartalmú bükkanyag 8%-ra való szárításának ideje 40 mm-es anyagnál 10—13 nap. A kievi bútorgyárban Szpitkovszkij mérnök közlése nyomán ma már 25 mm vastag bükk bútorelemeket leszabás után magasabb hőfokon 5,5—6 napig szárítanak. Mindenesetre a légviszonyok megfelelő beállításával nekünk is ez eredmények felé kell törekednünk.

Vizsgálatokat végeztünk a különböző üzemekben működő kamrák és csatornás szárítók *fajlagos kalóriaveszteségével kapcsolatban is.* Számítással állapítottuk meg a kamrák fajlagos melegveszteségét és azt kamraköbméterenként 149 ; 205 ; 200 ; 277 kal/m³ órának találtuk, egyetlen esetben, egy elhanyagolt kamránál találtunk 403 kal/m³ órát, amely esetben javaslatot dolgoztunk ki a kamra falainak és padlásterének megfelelő szigetelésére.

A kamrák gazdaságosságának egyik fontos fokmérője a levegő által átadott melegmennyiség hasznos felhasználása. Az egyik újépítésű szárítóban, melynek hossza 17 m, belső szélessége 2,75 m, belső összmagassága 3,30 m és amelyet két tengelyre szerelt 4—4 db 800 mm átmérőjű 500-as fordulatú csavarventilátorral építettek, légsebességvizsgálatokat végeztünk. A szárítóban a méréskor három kocsi állott, melyeknek egyenkénti hossza 4 m, szélessége 1,5 m és a kocsi alvázának sínfejétől való magassága 0,38 m volt.

A kocsik elhelyezkedése úgy alakult, hogy a kivételi oldalon a belső ajtótól 1,72 m-re állott az első kocsi, ezen három méter rakási hosszban 21 sor 40 mm vastag szélezett anyag 1,40 m rakodási összmagassággal. Ezután következett 2,25 m üres rész, majd a középső kocsi 3,8 m rakodási hosszal, 14 sorban elhelyezett 64 mm vastag szélezetlen pallóval 1,35 m rakodási összmagassággal. Ennek a kocsinak a rakása igen egyenlőtlen volt. Újabb 1,8 m üres rész után állt a külső bemeneti oldali kocsi 2,75 m rakodási hosszal, 21 sor 40 mm vastag szélezett anyaggal, 1,42 m rakodási összmagassággal. Végül újabb 0,85 m hosszú üres rész következett a kapuig.

A mérések a szárítónak a befúvással ellentétes oldalán a kocsik oldalsíkjában történtek, az egyes deszkák közötti rétegben. Két-két kocsi közötti légtérben a befúvási oldalakon is mértük a légsebességeket. A mérések a mérési helyek függőleges vonalai mentén a kocsik feletti mennyezet síkjától lefelé 15, 50, 100 és 150 cm-re történtek. A mérések a száraz anyag kivételi oldalától és minden esetben felülről lefelé folytak. A mérések elvégzésére R. Fuess-gyártmányú kanalas anemométer szolgált, általában 1 perces mérési idővel. Mindössze két esetben tartott a mérés 70 másodpercig. Az egyes mérőállásokból adódott a műszer által regisztrált légsebesség, amelyet a műszer korrekciós tényezőjével valóságos sebességgé számítottunk át.

72 helyen történt mérés. Ezek közül 4 helyen a műszer érzéketlensége folytán eredményt elérni nem lehetett. A legalacsonyabb légsebességet, 0,26 m/sec-ot az éppen berakott kocsinál, míg a legmagasabbat, 2,53 m/sec-ot a középső és kimeneti kocsi közötti légtér legmagasabb pontján mértük.

A valóságos légsebességek számtani középértékével — mint jó közelítéssel — kiszámítottuk az egyes keresztmetszeteken átáramló levegőmennyiségeket. Ezek a következő adatokhoz vezettek :

1. A belső ajtó és kocsi között	2,28 m³/sec	10,16%
2/a A belső kocsi felett	0,90 m³/sec	4,01%
2/b A belső kocsi faanyagai között	1,32 m³/sec	5,88%
3. A belső és középső kocsi között	6,07 m³/sec	27,06%
4/a A középső kocsi felett	1,81 m³/sec	8,07%
4/b A középső kocsi faanyaga között	1,85 m³/sec	8,25%
5. A középső és éppen berakott kocsi között	4,43 m³/sec	19,75%
6/a A külső kocsi felett	0,37 m³/sec	1,65%
6/b A külső kocsi faanyaga között	1,06 m³/sec	4,73%
7. A külső kocsi és ajtó között	2,34 m³/sec	10,43%

Összesen : 22,43 m³/sec, ami 100%-nak felel meg. A felsorolásban a kocsik közötti légmennyiségek a két oldalon mért légmennyiségek középértékei.

A kocsik faanyagán átáramló hasznos légmennyiség összesen 4,23 m³/sec volt, tehát 18,87%. A többi 81,13% levegő a szárításban aktív részt nem vett.

Az előzőkben kiszámolt megközelítő légmennyiségek csak a szárításkor fennálló viszonyokra vonatkoztak, mégis döntően mutatják, hogy a szárítás helyes vitelénél mennyire fontos a kamra berakása. Csak szorosan telerakott szárítóval szabad dolgozni, sem az egyes kocsik között, sem azok felett üres résznek lenni nem szabad, miután a levegő nagyobb része ezen kisebb ellenállású térrészen áramlik át. Egyidejűleg csak egyforma vastag, egynemű faanyag szárítható a már kidolgozott hézaglécvastagságokkal. A levegő függőleges irányban történő lehető egyenletes elosztása érdekében a légterelő lemezek beállítását gondosan kell elvégezni.

Azoknál a szárítóknál, amelyeknél a bemeneti és távozó kapuk nem teszik lehetővé az anyagnak a mennyezetig történő felrakását, a kapukat ki kell cserélni.

Az előbbiekben ismertetett vizsgálatok mind 100° C alatti hőfokra vonatkoztak.

Legújabban gyorsszárítási módszerek kerülnek kipróbálásra üzemi méretekben. Ezek 100° C feletti szárítóközeggel dolgoznak.

Fischer és Czepek már 1941-ben foglalkozott faanyagoknak 100° C feletti hőmérsékleten történő szárításával. Azóta is számos tanulmány tért ki a részletkérdésekre.

A 100° C alatti hőmérsékleteken, de a gyakorlatilag legjobban bevált 60—90° C határon belül, a szárítás szakszerű vezetésének feltételei a gyakorlat számára feltártak. Annak megállapítását, hogy a szárítás lefolyását mennyire változtatja meg az a körülmény, hogy a víz forrpontját az anyagban az alkalmazott magas hőfokú szárítóközeg közvetítésével átlépjük, továbbá, hogy az egyéb befolyásoló tényezők, mint nedvességtartalom, fafaj, vastagság és struktúrális felépítés, megengedik-e ilyen magas hőmérsékletek alkalmazását, a Fischer és Czepek-féle kísérletek nyitva hagyták. Kutatók újabban megállapították, hogy a 90° C-ig ismert légállapotokhoz tartozó fanedvességek a magasabb hőfokok számára megnyugtató módon extrapolálhatók. Ugrásszerű változás a víz forrpontja átlépésekor nem következik be. Az összetartozó értékeket Eisemann foglalta diagrammba. A hőfokok emelésével 100° C fölé a fanedvességek a telítettségek növekedésével arányosak, másszóval az alacsonyabb hőfokok kisebb páratartalmaihoz tartozó fanedvességeknek 100° C felett nagyobb telítettségek felelnek meg.

Ha a faanyagot körülvevő gőz-levegőkeverék 100° C felett van, az anyag teljes volumenében eléri a 100° C-t. Ekkor a fában levő nedvesség részben gőzzé alakul és így abban mindkét halmazállapotban egyaránt jelen van. Ez az oka, hogy megfelelő szárításvezetéssel nagy légsebességek használata esetén lényegesen nagyobb nedvességelvonás érhető el.

A legutóbbi hetekben egyik üzemünkben újonnan szerelt, teljesen fémből készült 6 cm üveggyapot és 12 cm vastag kovaföld szigeteléssel szigetelt jól-

záródó, 100° C felett dolgozó hőlégszárítókamrával lebonyolítottuk az első gyorsított szárításra vonatkozó kísérleteket. A kamra hasznos magassága 1,82 m, hossza 6 m, s hasznos szélessége 1,4 m és 15 mm vastag hézaglécek használata esetén 4,5 m^3 anyaggal tölthető meg. A hasznos légtér feletti térben, amelynek zárófelületei íveltek, két elektromotorral közvetlenül hajtott tengelyen 3—3 db, egyenként 300 mm átmérőjű centrifugál ventilátor szolgálja a levegő mozgatását. A kamra gőzfűtésű, a páratartalom növelése gőzbefecskendezéssel történik. A szárítóhőmérséklet ellenőrzése és a psychrometrikus differencia megállapítása a jólzáródó ajtóhoz közel, a meleg levegő oldalán van.

Kísérleteink célja az volt, hogy magas kezdeti nedvességtartalmú fenyőt és bükköt nagy nedvességelvonással szárítsunk és megállapítsuk, hogy egyrészt milyen szárítási sebességek érhetők el, másrészt mennyire szabályozható 100° C körüli hőmérsékleteken a gőz-levegőkeverék páratartalma, mennyire lesz egyenletes a fa nedvessége és milyen mérvű a fajlagos nedvességelvonás.

Először 12 mérésből megállapított átlag 28% nedvességtartalmú, de szórásban 21,4-től 42,2%-ig terjedő 24 mm vastag 1,5 és 4 m hosszú lucfenyőt szárítottunk. A kamra bemeneti oldala cca 40 cm hosszban az anyag hosszméretei következtében nem volt berakható. A 10% nedvességtartalomra törekvő szárítás alatt 3,781 m^3 töltésből cca 265 kg vizet kellett elpárologtatni. A szárítás lebonyolítását a teljesen hideg kamra befűtésétől számított 7 óra alatt végeztük el.

Tekintettel arra, hogy a fenyő anyag nem tartozik az érzékeny fafajok közé, légnedvesítést nem alkalmazhattunk. Az első óra végén 80° C-t, a második óra végén 97,5° C-t, a 132-ik percben 100° C-t értünk el és kivéve a 275. és 285. percek közötti időt, amikor a hőmérséklet 99,5° C-ra esett le, általában 101,5 és 105° C között szárítottunk a 420-ik percig.

Az első 2½ órában teljesen zárt kamrával dolgoztunk. Ennek célja részben az anyag felmelegítése, részben az ingadozó kezdeti fanedvességek egyenletessé tétele volt. A 160-ik percben nyitottuk ki a távozó és friss levegő csappantyúját. Ekkor a relatív páratartalom az Eisemann-táblázat szerint 7,8%-os kiegyenlítődő fanedvességre utalt. A két csappantyú folyamatos szabályozásával a 4-ik óra végéig 7%-ra, 5 ó. 30 percig 4,5%-ra, utána pedig 3,5-től 2,8% kiegyenlítő nedvességre szárítottunk.

Megállapítottuk, hogy a levegő páratartalma 68%-ra való beállás után óvatos légcsappantyúkezelés mellett a 320-ik percben érte el a 45% relatív nedvességet és csak a szárítás utolsó órájában esett 30% alá.

A kiszámított fajlagos nedvességelvonás 0,67% volt óránként. Az anyagon lebarnulás egyáltalán nem jelentkezett. Az összehasonlítást könnyűvé tette, hogy ugyanazon tételből nedves anyag is rendelkezésünkre állt.

A nagy csomók megrepedeztek, a kis kieső csomók meglazultak

de nem estek ki. A gyanta kioldódott, repedés gyakorlatilag nem következett be, csak a béldeszka közepén tapasztaltunk repedést, ami azonban 100° C alatti hőmérsékleten levezetett szárításnál is előfordul. Mindenesetre megállapítható, hogy valószínűleg részben az ingadozó kezdeti nedvességtartalmak hatására, változó végértékeket kaptunk. A minimum és a maximum értékei a következők voltak: 5,9% és 14,6%, átlag 10,2%.

A Fischer és Czepek által levezetett kísérlet 24 mm-es lucfenyődeszka szárítására 8 és $^1/_2$ órát tartott és ezen idő alatt kereken 30%-ról 7,8%-ra szállította le a fanedvességet. A felmelegítés ideje alatt gőzbefecskendezéssel 90%-ig emelkedett a relatív páratartalom. A 120° C átlépése után a páratartalom 50%-ra esett és ez folyamatosan 20% alá csökkent a 7-ik óra végéig, amíg a 125° C-on történő szárítás folyamatban volt. A 20% alatti relatív nedvességeknek 1,2%-os fanedvességek feleltek meg. A szárítás kielégítő volt.

Égner legújabb keletű vizsgálatai közül kiválasztottunk egy olyat, amely leginkább felelt meg a mi kísérletünknek. A 24 mm-es lucfenyő szárítása 26%-ról 8%-ra 12 órán át tartott és a 4-ik órában érte el a 100° C-t, amelyen a szárítást lebonyolították. Égner sem alkalmazott gőzbefecskendezést. Az 5-ik óráig tartó magas 55—58%-os páratartalom után, a szárítás hátralevő idejében a páratartalom hirtelen és jelentékenyen esett és alig érte el a kilépő oldalon a 20%-ot. (A kiegyenlítődő fanedvességek táblázata szerint a 7-ik órától kezdve ez az érték 2—3% körül mozgott.) A fanedvesség egyenletes eloszlása szempontjából éppenúgy kívánnivalót találtak a kísérletnél mint mi, de jelentős elszíneződés is mutatkozott a szárított anyagnál.

Ha már most összehasonlítjuk a lebonyolított három kísérletet, egyöntetűen megállapíthatjuk, hogy megfelelő légbeállítás és a hőmérséklet kellő megválasztása esetén fenyőanyagok 100° C felett lényegesen gyorsabban száríthatók, mint 100° C alatti hőmérsékleteken. A fanedvesség egyenletességére vonatkozó kívánalmak teljesítése érdekében, a légelosztást mindenesetre megfelelően szabályozni kell majd, ami még beható kutatómunkát igényel.

Szárítást végeztünk átlagosan 60 cm hosszú, 15 mm vastag és 6—8 cm széles hordódonga céljából kimunkált bükkanyaggal is. Mivel a külföldi kísérletek lomblevelű fák szárításánál vegyes tapasztalatokról számoltak be, óvatosságból teljes magasságban, de csak 60 cm szélességben használtuk ki a kamrát és mintegy 50 cm hézag maradt a kamra belső végén. Így a töltés 1,549 m^3 volt. Hézaglécül saját anyagot használtunk fel.

A kezdeti fanedvesség-minimum 13,2%, maximum 39,2, átlag 28,2%. Az elért végnedvesség átlag 7,05%, ingadozás 4,28—12,8%. Miután cca 225 kg víz elpárologtatását kellett végezni, s mert a bükkanyag struktúrális felépítése miatt lényegesen óvatosabban kezelendő, mint a fenyő, 10 órán át végeztük a szárítást. Az első óra végén 79° C-t, a második óra végén

89-et, a harmadik óra végén 96-ot és további $^1/_2$ óra mulva 100° C-t értünk el. A 7 és $^1/_2$-ik órától kezdve 112° C és 115° C között vezettük a szárítást tovább annak befejezéséig. Mindössze 10 percig, az 525-ik és 535-ik perc között emelkedett a hőmérséklet 117° C-ra.

A szárításra vonatkozó meggondolásunk az volt, hogy a rosttelítettségi határ alá 100° C alatti hőmérséklettel és kis nedvességeséssel jussunk el. Ezért az első 3 és $^1/_2$ órában állandó gőzbefecskendezést alkalmaztunk, miáltal az első óra végétől 79% rel. légnedvességet értünk el és maximumban 2 és $^1/_2$ óra mulva 93%-os légnedvességet tudtunk tartani. A gőzölés megszűnte után már a légcsappantyúk megfelelő szabályozásával csökkentettük a telítettséget, az 5-ik óra végéig 80, a 7-ik óra végéig 70%-ra és ezután csak a 9-ik órában mentünk a légnedvességgel 50% alá.

A leírt szárításvezetés mellett a harmadik órában 13,5, a negyedik óra végét, 11, majd a 10. és 8-ik óráktól kezdve 5% kiegyenlítődő fanedvességre dolgoztunk. A szárítás befejezése után 11 órát maradt az anyag a kamrában, az eléri nyitott légcsappantyúállások mellett.

A fajlagos nedvességelvonás óránként 1% volt. Az anyagon elbarnulás nem, káros hajszálrepedés alig volt észlelhető. Az a mennyiség, amelyen jelentős repedések keletkeztek, a 2%-ot sem érte el. Ez a szárítás minden módszerénél előfordul.

Összefoglalva a végzett és ismertetett vizsgálatokat, megállapíthatjuk, hogy azok megerősítették a felületi kérgesedés gőzöléssel való megszüntetésének szükségességét. Bebizonyították, hogy bükk- és égerpallóknál ezen jelenséggel természetes szárításnál is számolnunk kell, s ezért a kezdeti légnedvesítésnek az anyag középső metszete nedvességbeállítására kell történnie. A rosttelítettség határfeletti szárítás-sebessége növelhető kétnapos szárítás után bekövetkező átmeneti lehűtéssel, de ennek módszeres bevezetése még beható kutatómunkát igényel. A szárítás időtartamának rövidítése Szpitkovszkij mérnök által javasolt magasabb, 70° C feletti hőmérsékleteken bükkfánál elérhető lesz. Az alkalmazott szárítások 100° C alatt helyesen csak úgy vezethetők le, ha nagytömegű anyag szárításának folyamatos beindítása előtt előre meghatározzák a csatornás szárítók egyes légterei szükséges légállapotainak feltételeit. A légsebességre vonatkozó vizsgálatok a kamrák szakszerű kihasználásának rendkívüli befolyását igazolták, a szárítólevegő minél nagyobb mértékű kihasználása érdekében.

A 100° C felett levezetett szárítások közül — bár mindkettő, mind a lucfenyő, mind a bükk $^1/_3$, illetve cca $^1/_5$ idő alatt, tehát az eddigi eljárásnál lényegesen gyorsabban száradt ki — a bükk tarthat nagy érdeklődésre számot. A kísérlet során beigazolódott, hogy a légállapotot teljesen kézben lehet tartani és alacsonyabb hőmérsékleten történő nedves légtérben való előszárítás után, nagy nedvességelvonásokat érhetünk el.

Az anyag végnedvessége ugyan még erősen ingadozó, de egyenletessége módszeres kutatómunkával javítható lesz.

A 100° C feletti hőlégszárítás jelentősége tehát igen nagy. E szárítás révén a szárítással dolgozó üzemek termelékenysége lényegesen emelhető és az eljárás továbbfejlesztése nagyban hozzájárul ahhoz, hogy faiparunk egyik legszűkebb keresztmetszetét, a szárítást megjavítsuk. Kísérleteink további célja megállapítani, hogy meglevő szárítóberendezéseink közül melyeket lehet alkalmassá tenni a 100° C feletti hőlégszárítás bevezetésére. E téren konkrét eredmények várhatók és az elért eredményekről kutatómunkánk befejezése után kívánok beszámolni.

HOZZÁSZÓLÁSOK

LÜBKE RÓLAND

Különös megelégedéssel hallgatta Salamon Marian mérnök előadását, nemcsak azért, mert a fa szárításának országos viszonylatban is súlyponti jelentőségű kérdésében a Faipari Kutató Intézetnek ezen a területen végzett haladó kísérleteinek eredményeiről számol be, hanem főleg azért, mivel előadásának második részében, a 100° C-on felüli légszárítás problémáinak felölelésével a faszárítás technikájában nagy perspektívájú utat mutatott.

Igen érdekesnek találja a hiányosan berakott és nagyobb hézagokat szabadonhagyó szárítókamra esetében eszközölt légsebességmérések eredményeit.

Majd rámutatott arra, hogy a 100° C-on felüli szárításnál szerepe van a túlhevített gőz vízfelvételi képességének is. 100° C-on felül a fa belsejében levő víz egy része gőzzé változik, amely a sejtfalak fékező hatására előálló nyomás mellett vizet vesz fel és az elnyelt vízzel együtt a felület felé törekszik. A diffúzió sebessége ezáltal is növekszik. Ezenkívül a kifelé áramló vízgőz egy része a sejtfalak felületein kondenzálódik — azokat vékony vízréteggel bevonja — melyen keresztül a diffúziós folyamatot elősegíti. Vízgőznek a fában való jelenléte tehát a diffúziót lényegesen meggyorsítja, a forró légszárítás tehát ezért is a száradási idő megrövidülését hozza magával. A diffúzió meggyorsításával nagyobb vízmennyiségek gyorsabban kerülnek a fa felületére és ez lehetővé teszi egyrészt magasabb hőfoknak, másrészt gyorsabb légáramlásnak beállítását anélkül, hogy a fában a 100° C-on alulj szárításnál előálló normális feszültségeknél nagyobb feszültségek keletkeznének.

Igen óvatosan kell eljárni a 100° C-on felüli hőlég telítettségének beállításánál, mivel a 100° C-on felüli higroszkópos egyensúlyra vonatkozólag eddig elméleti kutatási eredmények rendelkezésre nem állanak. Itt tehát megfelelően kidolgozott empirikus táblázatok használata elengedhetetlenül szükségesnek látszik. Bizonyos, hogy — különösen a szárítási folyamat elején — a töltés felmelegítésekor igen magas relatív nedvességtartalom mellett kell a szárítást megkezdeni. A levegőnek magas páratartalomra való felvitele jól működő gőzbefúvó berendezéssel eredményesen oldható meg.

A 100° C-on felüli szárítás gazdasági előnyeit a következőkben látja.

5—7-szeresen megrövidülő szárítási idő, tehát ennek megfelelő kapacitásemelkedés, ami azt jelenti, hogy 5—6-szor kisebb befogadóképességű szárítóberendezések lényegében olcsóbb előállítása válik lehetővé.

Az 1. ponttal kapcsolatban a kamra férőhelyének a lehetőségek határáig való kihasználása azáltal, hogy a fűrészáru- rétegek között igen vékony hézaglécek alkalmazása válik lehetővé, sőt előnyös.

Forrólég-szárító berendezések automatizált kivitelben való előállítása lehetséges, ezáltal — megfelelően kidolgozott táblázatok használata mellett — magasabban képzett kezelőszemélyzet alkalmazása feleslegessé válik.

Fenti szempontok oly perspektívát jelentenek, hogy — véleménye szerint — a 100° C-on felüli szárítás metodikájának tudományos kidolgozása a soronkívül elvégzendő feladatok közé tartozik.

A fafelhasználó iparág — elsősorban a közvetlen faipar — a mesterséges szárítás területén annyira kis berendezéskapacitással van ellátva, hogy az ipar átlagosan a szárítandó faanyagmennyiségeknek csak cca 20%-át képes meg-

felelően kiszárítani. Fában szegény országunkban a szükséges száraz famennyiség az éveken keresztül tartó és csak félmegoldást jelentő természetes légszárítással nem biztosítható. Emiatt a mesterséges szárítás nagymértékű és gyors kiterjesztése — a gyártmányok minőségének biztosítása érdekében — a faipar legelsőbbrendű feladatai közé tartozik.

A kivitelezés tekintetében véleménye az, hogy a meglevő néhány korszerű 100° C-on aluli, téglából és vasbetonból felépült csatornás, vagy kamrarendszerű hőlégszárító csak nehezen és nagy költséggel tehető alkalmassá forrólégszárításra. Az építmények nagy külső felületeinek megfelelő szigetelése aránytalanul magas költségekkel járna, vagy enélkül a hőveszteségek elviselhetetlenül befolyásolnák a berendezések gazdaságosságát. A belső felületeknek és fémalkatrészeknek a gőz korróziós hatása elleni megvédése — az összegyülemlő kondenzvíz elvezetése stb. — szintén nagy ráfordításokat igényelne.

Tekintettel arra, hogy a rövidebb száradási idő mellett a szárítók óránkénti kapacitása nagymértékben növekszik, járhatóbb útnak látszik az a megoldás, hogy kisebb befogadóképességű, fémből épített kamrás forrólég-szárító berendezések gyártását irányozzuk elő. Ez a megoldás azzal az előnnyel is járna, hogy ilyen berendezés a masszív anyagból épült szárítókkal szemben kis költséggel át is helyezhető.

KRIKOVSZKY SÁNDOR

Az előadásnak az iparban nagy hasznát vesszük.

Megjegyzi, hogy

100° C alatt, vagy azon felüli szárításnál eltérések állnak elő. A faanyag kérgesedésénél ellentétek vannak.

Ez az a kérdés, amit az irodalomban sem lát tisztázottnak. A kérgesedés bekövetkezik abból, hogy a száradó fa zsugorodik, a nedves fa nehezen tartja volumenjét, azonban adódik egy feszültségdifferencia abból is, hogy a szárítás következtében a faanyagban a párafeszültség magasabb, tehát túlnyomás jelentkezik, ami élesen megmutatkozott a 100° C feletti szárításnál. Amíg 100° C alatt a levegő páratartalma nem tölti ki az egész teret, addig 100° C felett már nem szükséges levegőnek jelen lenni, ott a páratartalom kitöltheti a teret. Úgy viselkedik, mint egy gáz. Igen jellemzőnek tartja azt, hogy 110° C-nál már $^1/_2$ atm. túlnyomás van a fában. 120° C-nál már 1 atm. túlnyomás jelentkezik, ami jelentős.

Kéri, hogy tisztázzák még az anyag felmelegedésének a kérdését.

Lényeges a felmelegedés mellett a lehűlés folyamata is. Itt nagy szerepet játszik a faanyag hőkapacitása.

Nehéz kérdés a szárítás automatikussá tétele, továbbá a szárítás utánkondícionálása, amely egyenletessé teszi a fa nedvességtartalmát. Ehhez szükségesek azonban a megfelelő mérőműszerek és berendezések. Jelenleg azonban e mérőműszerek hiányában főként csak a kezelőszemélyzet lelkiismeretére és érzékeire vannak bízva ezek a kérdések.

RÓZSA GYÖRGY

Sokkal szélesebb alapokon nyugvó objektív hazai kísérletek voltak várhatók, már csak azért is, mivel mint ismeretes, nemzetközi viszonylatban a legtöbb kísérlet és az ezeken épülő szárítóberendezések a szárítás kiindulópontjául legtöbbször a tűlevelűeket választották.

Népgazdaságunkban gyakorlatilag e téren bizonyos nehézségekkel állunk szemben, mivel egyrészt elsősorban lomblevelűekkel rendelkezünk, másrészt fa-szegénységünk folytán eléggé kezdetleges szárítóberendezéseinknél sokszor 30%-on felüli nedvességtartalmú anyagok behelyezésével is számolnunk kell.

A hazai kísérleteknek és gyakorlatnak sajátos jeleggel kell bírnia és a jövőben a kísérletezők részéről fokozottabb szakmai megfontolás szükséges.

Nem domborodott ki az előadottakból eléggé a 100° C-on felüli, tehát magas hőfokú szárításnál, vajjon az eljárást azonosan minden fanemre, vagy csak bizonyos fanem-csoportonként határozta-e meg?

Az előadás értékes volt, megmutatta, hogy hozzáértő szakemberekre ezen a téren is még mennyi nagy és komoly feladat vár.

KLEMENS BÉLA

Kérdést tesz fel, hogy a szárításra került faanyagot súlyra lemérték-e.

A 100° C-on felüli szárításnál minél frissebb a fa, annál jobban ki lehet szárítani.

PAUNCZ GYULA

Figyelembe kell venni a természetes szárítás megoldási lehetőségeit.

Felszólalásában foglalkozott továbbá a magas frekvenciás szárítással.

Megemlítette Likov szovjet tudós könyvét a szárítás új elméletéről, melyből kitűnik, hogy a szárítás bizonyos fázisaiban a víz a fában kívülről befelé vándorol, s ez a kérdést egészen új megvilágításba helyezi.

SALAMON MARIAN válasza

Bizonyos faanyagoknál rendkívül rövid szárítási idő lehetséges anélkül, hogy a faanyag szilárdsági tulajdonságait változtatná. Nem volt mód a klimatizálás alkalmazására, ezért repedések is keletkeztek az anyagban. Erre vonatkozólag még ki kell terjeszteni a kísérleteket. Csatornás szárítóknál nem vettük tervbe 100° C fölé menni. Úgy képzeljük, hogy a kísérlet olyan kis szárítókkal lesz lebonyolítható, amelyekben a légállapotot a szárítás előrehaladásával változtatjuk meg. A belső felmelegedés kérdésében eddig csak a szovjet tapasztalatok állnak rendelkezésünkre. A szárítás friss felületen sokkal gyorsabban bonyolódik le. A fát súlyra nem mértük le, miután nagy mennyiségről volt szó, hanem próbákat vettünk.

A leszárított anyag üzemi felhasználásának tapasztalatait még nem sikerült megkapnunk. Az, hogy az anyag 20%-ában kismérvű bütürepedés keletkezett, nem dönti el felhasználhatóságát. A kalóriavizsgálatokra vonatkozó eredményeket a legnagyobb erőfeszítésünk mellett sem tudtuk tovább gyarapítani, de reméljük, hogy az érdeklődők eredményeinket meg fogják ismerni

CSŰRÖS ZOLTÁN r. tag zárószavai

Az előadásból kibontakozott kép a magyar faipar egy döntő kérdésére mutatott rá, a mesterséges szárításra. Nem vitás, hogy ez a kérdés a fa morfológiájától kezdve a fűtéstechnikáig igen sok határterületet ölel fel, sok faktorból tevődik össze. Nyilvánvaló, hogy ez a bő adatokra támaszkodó munkabeszámoló

nem terjedhet ki minden részletre és különösen nem azokra, amelyeket még a jövőben kívánnak elvégezni. Az előadásból kitűnt a kérdés rendszeres és jó megfogása.

Lübke elvtárs hozzászólásában megemlítette, hogy a mesterséges szárítás döntő kérdés és hogy a szárítókapacitás megoldása a faipar egyik legfontosabb problémája. Szükséges és jelentős feladat ezért a könnyűipari termékek minőségének javítása. Faféleségenként felmérendő lesz a mesterséges szárítás optimális megoldása. Erre a Párt is felhívta figyelmünket. Ez olyan kérdés, ami ma az ipar számára a legégetőbb, éppen ezért nagy segítséget jelent a tudomány részéről elért minden eredmény.

ÚJABB KÍSÉRLETEK A SZALMACELLULÓZ ELŐÁLLÍTÁSÁRA ÉS PAPIRIPARI FELHASZNÁLÁSÁRA

VÁMOS GYÖRGY

Népgazdaságunk felemelt ötéves terve világosan és részletesen meghatározza a szocializmus építésének feladatait. Ezeket a feladatokat a papíripar területén vizsgálva azt találjuk, hogy nehéziparunknak a lenini-sztálini tanítás szellemében történő hatalmas méretű fejlesztése a papíriparral szemben támasztott igényeket is jelentősen megemeli. Ehhez járulnak még azok a megnövekedett igények, amelyek a társadalmunk jellegének megváltozásával együtt végbemenő kultúrforradalom következtében állanak elő.

Nyilvánvaló, hogy a fellépő követelmények kielégítésének lehetővé tétele és biztosítása szükségszerűen megkívánja azai nyersanyagbázisunk megteremtését. Ezért állította a terv szellemében Pártunk és Kormányzatunk e kérdés megoldását a hazánkban két évvel ezelőtt megindult papíripari kutatómunka tengelyébe.

Miután közismert, hogy fenyőerdőségekkel csak minimális mértékben rendelkezünk, a megoldást két vonalon kereshettük: lombos fák és egynyári, valamint évelő növények felhasználása útján. Tekintettel azonban arra, hogy lombos erdőségeink hozama is erősen korlátolt, a fásítás beindítása pedig még a leggyorsabban növő nyárfafajtáknál is mintegy 15 éves vágásfordulót jelent, nem kétséges, hogy cellulóziparunk gyors kiépítésére a legcélszerűbb bázissal különféle egynyári és évelő növények felhasználása szolgálna. Ezt a felismerést bőven támasztják alá azok a tapasztalatok, amelyeket alkalmunk volt a Szovjetunión kívül Lengyelországban, Németországban, Romániában és más európai államokban is megszereznünk. Ezek a legújabb tapasztalatok is arra utalnak, hogy a fának, mint nyersanyagnak világszerte egyre fokozódó hiánya feltétlenül szükségessé teszi a mezőgazdaság egyes mellék- és hulladéktermékeinek minél nagyobb mértékben történő alkalmazását, még azokban az államokban is, amelyek faellátása egyébként hosszú időre biztosítottnak látszik.

Ez cellulózipari vonatkozásban is nagyjelentőségű, miután a cellulózzal szemben támasztott mennyiségi igények a papíriparon kívül más iparágak részéről is erősen megnövekedtek.

Ezért a Papíripari Kutató Intézetben két éves munkánk során igyekeztünk felmérni a leggazdaságosabban és legcélszerűbben feldolgozható hazai növényeink felhasználási lehetőségeit.

A külföldi tapasztalatokkal egybehangzóan gyakorlati alkalmazhatóság szempontjából legjobb eredményeket a gabonaszalmák, elsősorban a rozs- és búzaszalma, valamint a rizsszalma és a nád felhasználásával értünk el. Munkánk során, miután meghatároztuk az egyes növények szerkezeti és egyéb jellemzőit, a cellulóz- és félcellulóz-előállítási és fehérítési módszereket, valamint az előhidrolízis alkalmazását tettük vizsgálat tárgyává, végül gyakorlati üzemi kísérleteket végeztünk a szalmacellulóz papíripari felhasználására.

A létesítendő üzemekkel kapcsolatban a búza- és rizsszalmafélék begyűjtésére előreláthatólag elsősorban a Tisza és a Körösök vidéke jön számításba. Az ezen vidékről 10 különböző helyről származó búzaszalma vizsgálata a következő eredményeket adtá:

	%
Cross—Bevan-cellulóz	50,3—52,4
pentozán	19,2—20,7
hamu	5,4— 7,0
hamu SiO_2-tartalma	76 —81
alkohol-benzol-extraktum	1,1— 2,1
átlagos rosthosszúság mm	1,5
átlagos rostvastagság mm	0,018

Ezek az értékek körülbelül megfelelnek az ukrajnai szalma összetételének, azzal az eltéréssel, hogy a SiO_2-tartalom nálunk valamivel magasabb. A déleurópai szalmák ettől ugyancsak nem mutatnak lényegesebb eltérést, azonban ott sok, ennél kisebb hamutartalmú szalmafajta terem meg.

A rozsszalma elemzési értékei még kedvezőbbek:

Cross—Bevan-cellulóz	54,0%
pentozán	18,2%
hamu	3,2%
alkohol-benzol-extraktum	1,5%

Átlagos rosthosszúsága megegyezik a búzaszalmáéval, azonban valamivel vékonyabb, átlagos vastagsága 0,015 mm. Ezek a jellemzők is azt mutatják, hogy a két szalmafáleség közül nálunk is elsősorban a rozsszalma felhasználására kell irányt venni: cellulóztartalma magasabb, ez javítja a hozamot, pentozán- és hamutartalma kisebb, ez viszont felhasználhatóságát javítja nagymértékben. A kisebb hamutartalom főleg nemesebb feldolgozási eljárások esetén nagyjelentőségű, papírnál a magasabb hamutartalom nagyobb keménységet és jobb csengést kölcsönöz, ami sok vonatkozásban még előnyös is. A nagyobb hamutartalom a főzés során a lúgfogyasztást emeli.

A rizsszalma a gabonaszalmától már lényegesen eltérő sajátságokkal rendelkezik; elemzési értékei a következők:

	%
Cross—Bevan-cellulóz	46,3—48,9
pentozán	16,5
hamu	13,8—16,5
a hamu SiO_2-tartalma	88 —93
átlagos rosthosszúság mm	800,0
átlagos rostvastagság mm	1,5

Ebből láthatjuk, hogy a rizsszalmára a legjellemzőbb eltérés magas hamutartalma. Ezt elsősorban a növény ama tulajdonsága okozza, hogy a talajból a kovasavat nagyobb mértékben veszi fel. A többi alkatrész aránya nagyjából megfelel a búzaszalmánál lévő viszonyoknak.

A rizsszalmának ez a nagy hamutartalma már eleve kizárja alkalmazását nemesebb cellulózok előállítására, de vékony rostjai jó nemezelődést biztosítanak és így elősegítik papírgyártásra történő felhasználását. Rostjai igen szabályosak, görcsmentesek, elvékonyodott hegyűek; a rosthosszúság és vastagság aránya közel 1 : 200, míg a többi szalmánál csupán 1 : 100 körül, sőt ez alatt van. Edényei és egyéb szerkezeti elemei a gabonaszalmáktól csak méreteikben különböznek. A rizsszalma alsó részének rostjai keményebbek, elliginesedettek, ezért csak erélyesebben tárhatók fel.

Mind elméleti, mind gyakorlati tapasztalatok alapján azonban papírgyártásra alkalmas, sőt nagy hamutartalma még nagyobb keménységet kölcsönöz a papírnak. Felhasználása a papíriparban annál is inkább fontos, mert a rizsszalma a mezőgazdaságban almozási vagy takarmányozási célokra nem alkalmas.

A szalmákkal együtt meg kell még emlékeznünk egy cellulózipari vonatkozásban eléggé hasonló növényről, a nádról, bár ennél morfológiai szempontból jelentős eltérések vannak.

Hazai nádaink közül legelterjedtebb a Typha dominengis, a Fertő- és Velencei-tó, valamint a Kis-Balaton vidékén termő fajta.

Cross—Bevan-cellulóz	44 %
pentozán	22,0%
hamu	5,4%
alkohol-benzol-extraktum	2,2%

Szilikáttartalma annyiban tér el a szalmáétól, hogy míg az az utóbbinál főleg a csomók körüli gócokban oszlik el, addig eloszlása a nádnál egyenletesebb, ami a feltárás során a szalmához képest bizonyos változtatásokat tesz szükségessé. Felhasználása elvben hasonló körülmények között történhet, mint a szalmáé, az eltérések inkább gyakorlati vonatkozásúak, mint pl. begyűjtés és szállítás. Ezek a kérdések azonban ma már megoldottnak tekinthetők.

Ez anyagok általában a papíripar részére félcellulóz és cellulóz, egyéb iparágak részére pedig oldható cellulózok előállítására használhatók fel.

Félcellulózelőállítás

A szalma és a nád régóta ismert és szélesen alkalmazott meszes félcellulózelőállítási módja az újabb kutatások nyomán erősen veszít jelentőségéből. A konvenciózus eljárás, amely rendszerint 4—5 atm-n történő meszes főzés, az anyagot inkább csak fellazítja, a ligninnek és pentozánnak csupán egy részét távolítja el és a nem kellően kimosott anyag nehezen víztelenedik. Az inkrusztáló anyagok és a töltőanyagként benne maradt mész az anyag szilárdsági

tulajdonságait lerontják. Ez gyakorlatilag annyit jelent, hogy ennek az anyagnak a feldolgozása csak erős kimosás esetén kedvező, de ezt csak kevéssé alkalmazzák. Megvizsgáltuk hazai gyáraink szalmafélcellulózainak minőségét laboratóriumban, oly erélyes utólagos mosást alkalmazva, hogy a laboratóriumi mosási veszteség 45—50%, tehát igen tekintélyes volt. Ekkor mosás után a *CB*-cellulóztartalom 55-ről 70%-ra, a szakítószilárdság pedig 3100—5000 m-ről 5200—5700 m-re nőtt meg, 20 perces laboratóriumi őrlés esetén. A repesztőszilárdság 0,4—1,9-ről 2,4—2,8 kg/cm²-re és a kettős hajtogatások száma 0—2-ről 3—12-re nőtt meg, vagyis az anyag összes tulajdonságai jelentősen javultak. Látjuk tehát, hogy az utólagos mosás szerepe igen jelentős, ily erélyes kimosás azonban, tekintve a nagy mosási veszteséget, gyakorlatilag nem igen valósítható meg.

A félcellulóz előállítására és minőségének javítására szolgáló újabb eljárások általában eltérnek a meszes főzéstől és inkább monoszulfitot, sőt nátronlúgot alkalmaznak. Ilyen alapú szakaszos és folyamatos félanyagelőállító berendezéseket is kiviteleztek már és az előállított anyagot főként karton és hullámpapír gyártására használják fel. (A Szovjetunióban a Szudakov-eljárás, valamint a Defibrator, Chemipulper, Morley-pulper stb.)

Ez irányzat mellett igen érdekesek azok a kutatások, amelyeket újabban a szovjet kutatók kezdeményeztek, hidrolizált szalmának félcellulózként való felhasználására.

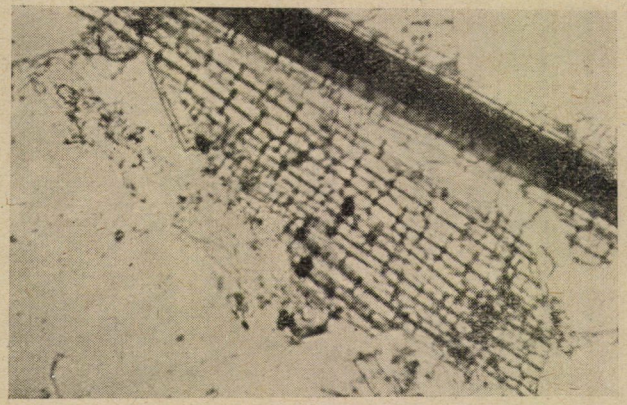
A hidrolízis gyakorlatilag leginkább három módon kerülhet alkalmazásra: mindennemű vegyszer nélkül, tiszta vízzel 160° C feletti hőmérsékleten; savas hidrolízis 100° C alatti hőmérsékleten; savas hidrolízis 100° C feletti hőmérsékleten.

Vegyük sorra ezeket:

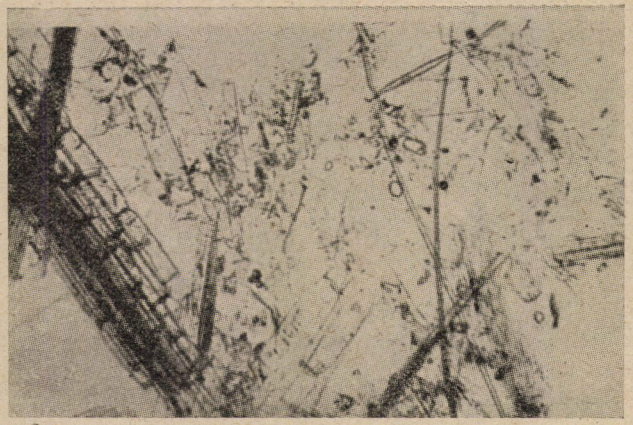
A vizes hidrolízisre vonatkozó alapvető kísérleteket Markov és Ihelszon végezték a kievi kutatóintézetben. Ezeket a kísérleteket fejlesztettük az Intézetben tovább.

A nagy hőmérsékleten és nyomáson a hidrolízist a keletkező organikus savak (hangyasav, oxálsav, ecetsav) idézik elő. A pentozánok élénkebb kioldása csak 150° C felett kezdődik és bomlásuk magasabb hőfokon még könnyebben megy végbe. Így furfurol nyerése céljából Zserjebov 200° C hőmérsékletet javasol, persze ilyen magas hőmérsékleten, amennyiben a cellulózt is meg akarjuk őrizni, csak rövid ideig tartható az anyag, egyébként a cellulóznál is erős lebomlás történik, úgyhogy ez a módszer gyakorlatilag csak folyamatos üzemben lenne megvalósítható.

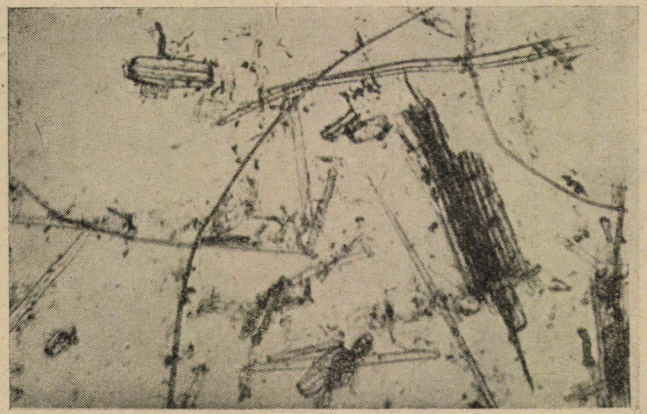
A kísérletek tanusága szerint hosszabb időre már 170° C fölé sem tanácsos menni, mert az anyag megfeketedik és a savak erős behatása következtében elveszti eredeti rostos struktúráját, erősen törmelékessé válik, így mechanikai szilárdsága jelentősen csökken.



1/a. ábra. Vizes hidrolízis. 145° C, 90 perc



1/b. ábra. Vizes hidrolízis. 155° C, 90 perc



1/c. ábra. Vizes hidrolízis. 165° C, 90 perc

1/d. ábra. Vizes hidrolízis. 190° C, 90 perc

A kísérletek során 145—190° C-os főzéseket végeztünk 60 és 90 percen keresztül. A kísérleteket részben a hidrolizátum visszavezetésével végeztük, abból a célból, hogy a hidrolizátum redukálóanyagtartalmát emeljük, és az erjeszthetőséget vizsgálat tárgyává tegyük. Ezek szerint a hidrolizátumnak maximum háromszoros visszavezetése indokolt, és ilymódon 2,0% körüli redukálóanyagtartalmat érhetünk el, ami erjesztésre már kiválóan alkalmas lenne. Az ezirányú kísérletek, amelyeket a Szeszipari Kutató Intézet e területen végzett, még nem adtak eléggé kedvező eredményeket, de a munkát tovább fogják folytatni.

A redukálóanyag mennyisége a hidrolizátumban 150° C feletti hőmérsékleten hirtelen emelkedik, de utána már nincs sok változás. Az első főzésnél, visszavezetés nélkül 0,8%-ig megy fel a hidrolizátum redukálóanyagtartalma.

A hidrolízis során az organikus savak kioldódása miatt a hidrolizátum savassága a hőmérséklet emelésével jelentősen nő. Így míg 100° C-on végzett hidrolízisnél 5,9 a *pH*, addig 170° C-nál a *pH* értéke 3,8—4,0. Ez persze felveti a korrózió kérdését gyakorlati megvalósítás esetén. A szovjet szakirodalom utalása szerint ebben a *pH*-tartományban szerves savaknál még általában nem lép fel komoly korrózió és lehetséges vasedényzet alkalmazása is erre a célra. Ennek a körülménynek tisztázására még további kísérletek végzendők.

A vizes hidrolízissel feldolgozott szalmánál a kitermelés 145—170° C hőmérsékleten 80—60%, a nyert anyag *CB*-cellulóztartalma 58—62% (60 percen túli főzésnél már csak néhány % a változás), a pentozántartalma 13—10% (a szovjet eredmények szerint 13—5%) és ugyancsak csökken a hamutartalom is 1,5%-ig.

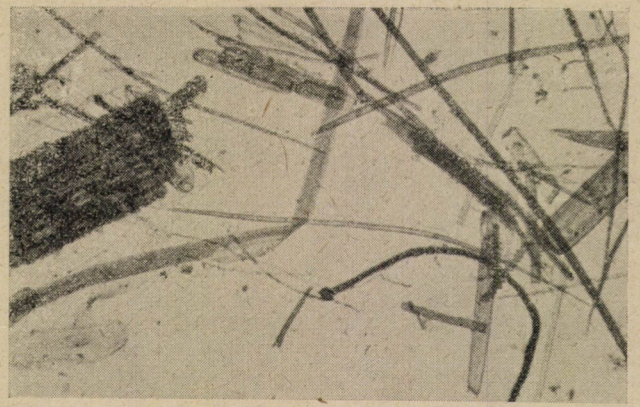
190° C-on a kitermelés már csak 56% és az anyag, mint fentebb említettem, papíripari célokra nem használható (1. ábra *a*, *b*, *c*, *d*).

Az így nyert félcellulókat őrlésnek és részletes szilárdsági vizsgálatoknak vetettük alá. Mint az alábbi táblázat mutatja, ilymódon igen kiváló szilárdsági jellemzőkkel rendelkező félcellulózt nyertünk:

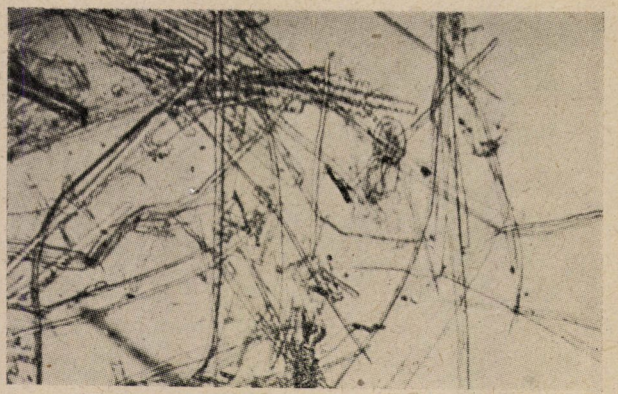
Őrlésfok SR°	44	52	53	72	85
Szakadási hossz, m	2530	4020	4640	5510	5560
Rep. szil. kg/cm²	1,2	1,7	2,3	2,7	2,7
Kettős hajt. száma	13	41	103	73	17

Az eljárás azonban egyszerűbb, gyorsabb és még egy jelentős előnye, hogy a nyert anyag könnyebben feldolgozható és jobban víztelenedik, valamint a melléktermék (hidrolizátum) hasznosítható.

Ezek az eredmények nagyjából megfelelnek az ismert szovjet eredményeknek, kivéve a szakítószilárdságot, amely a szovjet adatok szerint csupán 2200—2300 m papírnál és 3200 m kartonnál. Az anyag maga barna színű

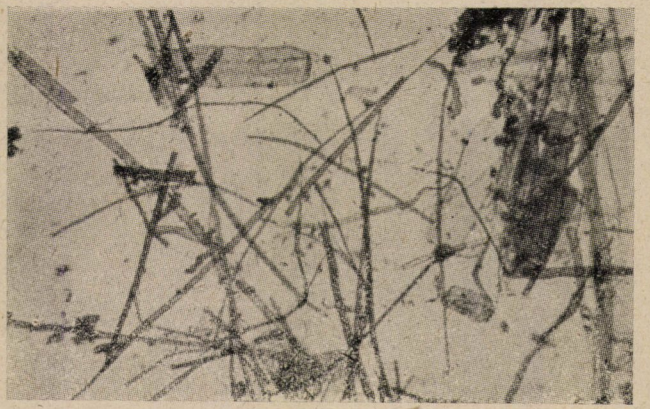


2/a ábra. Vizes előhidrolízis + szulfátos feltárás. 145° C, 90 perc



2/b ábra. Vizes előhidrolízis + szulfátos feltárás. 155° C, 90 perc

2/c ábra. Vizes előhidrolízis + szulfátos feltárás. 165° C, 90 perc



2/d ábra. Vizes előhidrolízis + szulfátos feltárás. 190° C, 90 perc

és félcellulózként csomagolópapírok, valamint barna falemez pótlására kartongyártásra használható.

Így a jelenleg alkalmazott meszes félcellulózfeltárási mód helyett vagy mellett, megfelelő 8 atm-ra méretezett és szerves savaknak ellenálló berendezés rendelkezésre állása esetén az itt vázolt módszerrel egyszerűen jó félcellulóz nyerhető.

Ezen a félcellulózelőállítási módszeren kívül hazai vonatkozásban érdekes lehet még a hydrapulperrel kapcsolt félcellulózelőállítás, melynek elve, hogy a hydrapulperbe táplált szalmaszecskát meszes, lúgos, vagy egyéb oldatban 100° C-t megközelítő hőmérsékleten kezelésnek vetjük alá. Ekkor a hydrapulperben lévő intenzív örvénylés okozta mechanikai behatás következtében a szalma a magasabb hőmérsékleten könnyebben rostjaira bontható és erős ligninmentesedés is megindul. Az így nyert anyag megfelelő őrlőszerkezetbe (refiner) továbbviendő és ezután karton vagy csomagolópapír gyártására felhasználható. Ez tulajdonképpen a félcellulózelőállítás egész új perspektiváit nyitja meg előttünk és egyszerűsége ellen csak nagyobb energiaigényessége szól. Az erre vonatkozó részletes kísérleteket rövid idő mulva beindítjuk és így módunkban lesz meghatározni a mi körülményeink között perspektivikusan leggazdaságosabb félcellulózelőállítás módját, a már eddig ismerteken felül.

A megfelelő minőségben előállított félcellulóz még abból a szempontból is fontossággal bír, hogy részben faköszörület helyett is felhasználható és így szintén hozzásegíthet fagazdálkodásunk feljavításához.

Előhidrolizált anyag szulfátos feltárása

A vízzel előhidrolizált anyagot szulfátos feltárásnak vetve alá (5 óra 174° C, 3,5 hidromodulus, 132 g/l össz aktív lúg Na_2O-ban), 79—84% alfacellulóz és 1,8%—2,3% hamutartalmú anyagot kaptunk, 32—40% kitermelés mellett (absz. száraz szalmára vonatkoztatva).

E tanulmány keretében a szulfátos eljárás részleteit nem szándékozom ismertetni, miután erre vonatkozólag számottevő kísérleti munkát nem végeztünk, csupán a jól ismert konvenciózus eljárást alkalmaztuk. Rá kell azonban mutatni arra, hogy a szalma szulfátos feltárását a sokirányú külföldi tapasztalatok során konzervatív jellege és a regenerálási nehézségek ellenére is, mint legcélszerűbb, nagyüzemi eljárást ismertük meg elsősorban egyszerű vegyszerszükséglete (glaubersó) miatt.

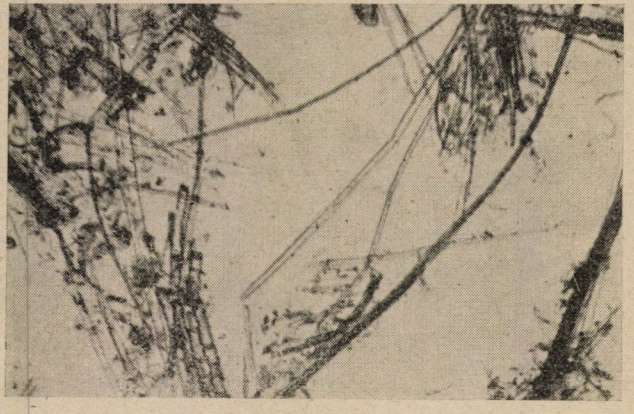
Visszatérve a kísérlet menetére, vizsgáljuk az előhidrolizált szulfátcellulóz egyes jellemzőit:

A szilárdsági jellemzők természetesen az előhidrolízis hőmérsékletének emelésével csökkennek:

3/a ábra. 135° C-os 90 perces kénsavas előhidrolízis. 0,25%

3/b ábra. 135° C-os 90 perces kénsavas előhidrolízis. 0,50%

3/c ábra. 135° C-os 90 perces kénsavas előhidrolízis. 0,75%



3/d ábra. 135° C-os 90 perces kénsavas előhidrolízis. 1,0%

Különböző hőfokon vizes előhidrolízis után szulfátos eljárással feltárt anyag szilárdsági jellemzői

Az előhidrolízis C hőfoka	Őrlésfok SR°	Szakadási hossz m
145	38	7620
155	35	5800
165	34	5300
190	56	4070

A kettős hajtogatások száma 300—800, a repesztőszilárdság pedig 3,5—4,5 kg/cm² volt. A mikrofelvételeket a 2. *a—d* ábrák mutatják.

A szovjet eredmények szerint az alfacellulóztartalom tisztán vizes előhidrolízis után alkalmazott szulfátos feltárás esetén egész 95%-ig emelkedett, ezt azonban mi még nem tudtuk elérni, úgyhogy ezirányban is további munkát kell még végeznünk. Mindenesetre a lúgos főzés előnyösen csökkenti a már előzőleg pentozánjaitól megszabadított cellulóz lignintartalmát.

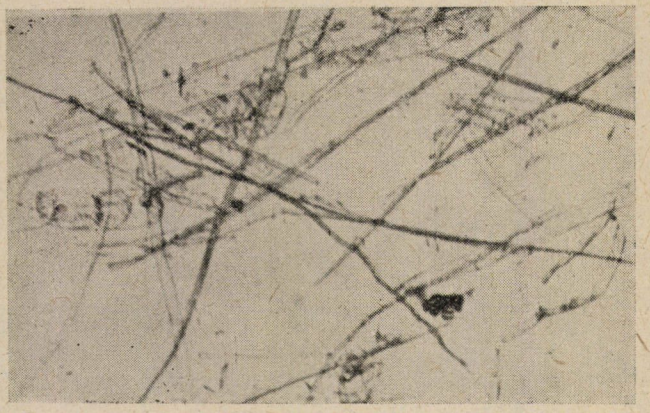
Az előhidrolízisek másik csoportját alkotják a savas előhidrolízisek. Itt a 100° C alatt, 95° C-on végzett előhidrolíziseknél általában 1—2% savval dolgoznak, főleg kénsavval, miután a sósav korrózió szempontjából veszélyesebb és drágább. A pentozán ez esetben mintegy 30%-kal kevesebb a hidrolizátumban, mint 100° C feletti kezelésnél, de visszavezetés útján itt is feldúsítható. Ezt alkalmazva azonban idővel higítandó a hidrolizátum és a furfurol eltávolítandó, nehogy mennyisége nagyon megnőjjön, miután az erjeszthetőséget károsan befolyásolja. A 100° C alatti hidrolízis alkalmazása a berendezést jelentősen leegyszerűsítené.

100° C feletti előhidrolízisnél legjobban bevált az iparilag is — elsősorban Németországban — nagymértékben alkalmazott 0,22—0,5% kénsavkoncentrációval 125° C-on történő. A mikrofelvételeket a 3. *a—d* ábrák mutatják. A gyakorlati kivitelezésnél az előhidrolízis legázolásakor a furfurol-gőzöket eltávolítják (5—10 g/l, amiből 3—4% furfuroltartalmú desztillátum nyerhető), miáltal a hidrolizátumban maradó 20 g/l redukáló anyag besűrítés nélkül is közvetlenül alkalmas semlegesítés után tápélesztő nyerésére. A legcélszerűbb és legjobban bevált kultúra erre a célra a Torula utilis. Mint ismeretes ugyanis, szalma esetén az összes redukáló anyagoknak mintegy 80%-a pentozán és csupán 20%-a hexozán, így a hidrolizátum alkohol előállítására nem alkalmas, de igen jóminőségű tápélesztő állítható elő belőle.

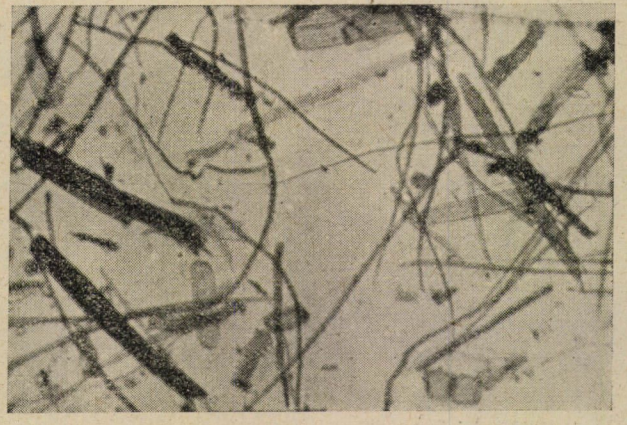
A savas előhidrolízis során nyert anyagban a pentozán 95° C-on az eredeti százalékos értéknek 65—45%-ára, 125° C-on pedig az eredeti értéknek 13%-ára csökken, míg a lignintartalomnak csak kb. 10%-a oldódik ki.

Az így előhidrolizált anyagot az előbbiek szerint ismertetett szulfátos feltárásnak alávetve, olyan szalmacellulózt nyertünk (4. *a—d* ábra), amelynek pentozántartalma 6—10%, lignintartalma 2—6% és hamutartalma 1% körül van. Alfacellulóztartalma a szovjet kísérletek szerint egész 96%-ig terjedhet.

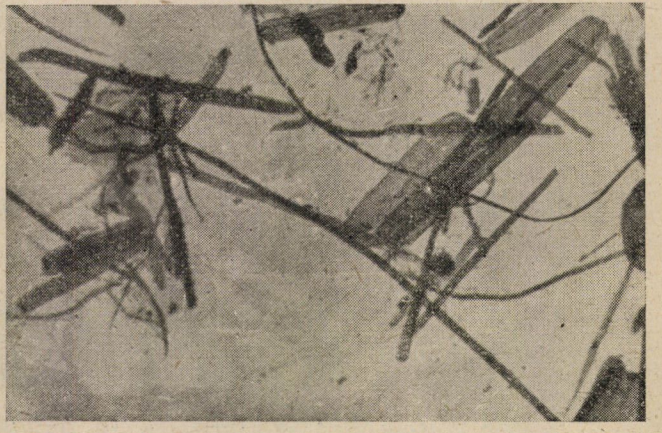
4/a ábra. 0,25% kénsavas előhidrolízis



4/b ábra. 0,50% kénsavas előhidrolízis



4/c ábra. 0,75% kénsavas előhidrolízis



4/d ábra. 1,00% kénsavas előhidrolízis

Változó kénsavkoncentrációval előhidrolizált szulfátos feltárású szalmacellulóz

Ezzel szemben szilárdsági jellemzői az erélyes savas behatás következtében alacsonyabbak: szakadási hossza 4800 m, repesztőszilárdsága 2,7 kg/cm², és a kettős hajtogatások száma 100 körül van.

Azonos feltárási körülmények között előhidrolízis nélkül a szalmacellulóz szakítószilárdsága 9400 m, repesztőszilárdsága 6,1 kg/cm² és a kettős hajtogatások száma 500. Ez tehát azt mutatja, hogy az előhidrolízis a szilárdsági értékeket jelentősen lerontja. Ez azzal magyarázható, hogy egyrészt az alacsonyabb polimerizációs fokú poliszaccharidok kioldódnak az előhidrolízis során, már pedig mint ismeretes, ezek a szilárdság emeléséhez jelentősen hozzájárulnak, másrészt pedig a savas behatás következtében láncrövidülések állnak elő. Így az előhidrolizált szalmacellulóz minősége papírgyártási célokra nem javasolható. Erre a célra feltétlenül magasabb hemicellulóz tartalmú anyag az alkalmasabb.

Ellenben az így nyert anyagot kedvező összetétele fehérítés után előnyösen teszi alkalmazhatóvá kémiai továbbfeldolgozás, így elsősorban műrostcellulózelőállítás céljaira.

A fehérítés során legcélszerűbb a két- vagy háromfokozatú klóros vagy hipokloritos fehérítés alkalmazása, az előzetes kezelésektől függően 3—6% klór felhasználása mellett. Így üzemileg is elérhető a 89—90% alfacellulóz, 1,6% pentozán és 0,15%—0,3% hamutartalom. A polimerizációs fok 730—800. A szilárdsági értékek a fehérítés során tovább már nem igen gyöngülnek és 37 SR° mellett a szakadási hossz 4700 m, a repesztőszilárdság és a kettős hajtogatások száma nem változik.

Ezen eljárás alkalmazása esetén az összhozam természetesen jelentősen lecsökken, mégpedig az abszolút száraz szalma 26—30%-áig. Módunkban áll azonban egy kiváló minőségű szalmacellulózt előállítani, amely elsősorban műrost céljaira gyakorlati tapasztalatok szerint is jól megfelel. Ennek a kérdésnek hazánkban az a jelentősége, hogy ezáltal megalapozhatjuk műrostiparunkat saját nagymennyiségben rendelkezésre álló nyersanyagbázison.

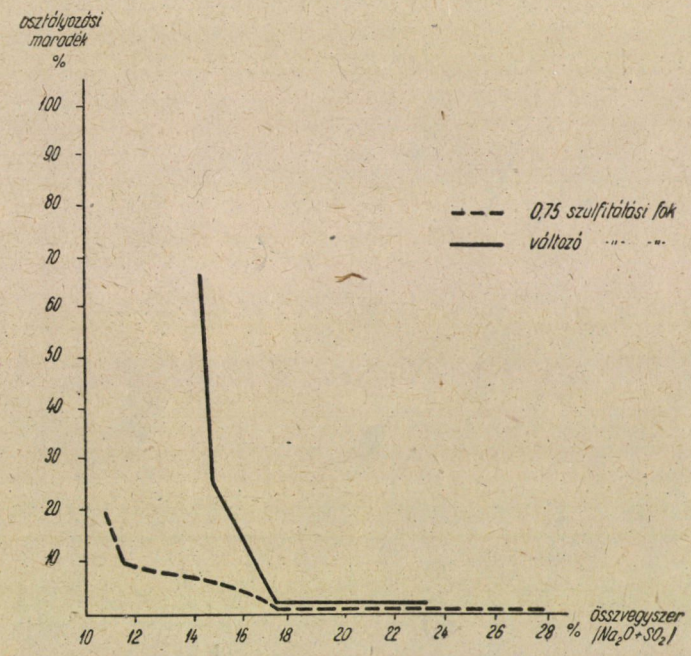
Monoszulfitos szalmacellulóz előállítása

A szalmának a már eddig ismertetett eljárásokon kívül még számos egyéb feldolgozási módszere van, amelyek közül azonban nálunk részint apparatúrabeszerzési, részint vegyszer- vagy energiakérdések miatt csak kevés jöhet számításba.

Mindenesetre elsősorban veendő tekintetbe a monoszulfitos feltárási módszer, amellyel — a Csepeli Papírgyárban Buzágh professzor vezetése alatt végzett kísérletek eredményeképpen — hazánkban már hosszabb ideje folyik a gyártás. Új beruházás is tervezés alatt áll, ami szükségessé tette, hogy ezt a gyártási módszert részben a jelen helyzet javítása, részben a tervezett újabb beruházás miatt vizsgálat tárgyává tegyük.

Iparunk egyik legfontosabb megoldandó problémája a meglévő termelőeszközök termelékenységének javítása, miután így aránylag egyszerű módon, kis beruházásokkal emelhetjük termelésünket. Ez vonatkozik természetesen szalmacellulózgyártásunkra is, ahol önként adódott a probléma: az alkalmazott technológiai folyamat felülvizsgálata, annak megállapítására, hogy a főzés hogyan módosítható, illetőleg rövidíthető le a magas szilárdsági jellemzőkkel rendelkező szalmacellulóz előállításához.

Ezeknek a munkáknak kiindulásánál segítségül szolgáltak azok a román



5. ábra. Osztályozási maradék mennyisége a vegyszermennyiségtől függően 0,75 és változó szulfitálási fok mellett

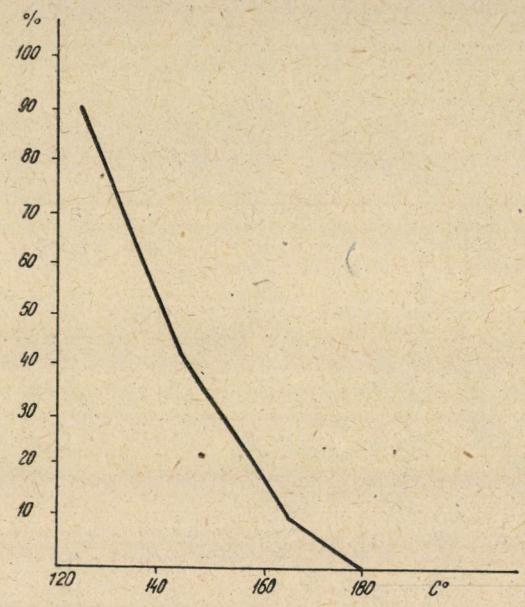
tapasztalatok, amelyek nádból monoszulfitos eljárással történő cellulóz előállítására vonatkoztak, rövidített főzési idő mellett.

A kísérletek során részletesen tisztázni kellett a főzési hőmérséklet befolyását a főzés időtartamára, valamint a felhasználásra kerülő vegyszerek mennyiségének és összetételének az előállított cellulóz minőségére való b folyását. A kísérleteket először laboratóriumi körülmények között végeztük el, majd azok befejezése után került sor az eredmények ipari kipróbálására.

A vizsgálatok első részét a helyes szulfitálási fok ($SO_2 : Na_2O$ arány) megállapítása képezte, az előirányzott magasabb, 165° C hőmérsékleten. Így megállapítottuk, hogy 0,75 szulfitálási fok fölött a feltáratlan részek meny-

nyisége azonos főzési körülmények között rohamosan nő, azaz a feltárás sebessége lecsökken (5. ábra). Ennek oka kimutathatóan a magas szulfitálási fok volt, mert azonos Na_2O-mennyiség és kisebb SO_2-tartalom mellett a viszonyok ily rohamosan nem romlottak.

0,75 szulfitálási fok mellett 17% légszáraz szalmára számított összkemikália alkalmazása esetén a feltáratlan részek mennyisége minimális volt, míg a szilárdsági értékek már 12% összkemikália esetén az optimum közelében vannak, a szakítószilárdság kivételével. A feltáratlan részek mennyisége ekkor



6. ábra. Osztályozási maradék mennyisége, különböző hőmérsékleteken végzett feltárásoknál (11,6% összvegyszer, 0,75 Su^0, 1 órás főzés)

10% körüli, ami lényegileg csak a szalma csomóiból áll és az osztályozáskor könnyen eltávolítható.

A főzési hőmérséklet csökkentésével a feltáratlan részek mennyisége 10°-onként kb. 20%-kal nő (6. ábra) és így 120° C-on 1 órás főzés mellett csaknem teljesen feltáratlan marad az anyag. Ezen a főzési idő meghosszabbításával módunkban áll javítani, de természetesen nem ez a keresett út, miután a technológiai folyamat rövidítése a cél.

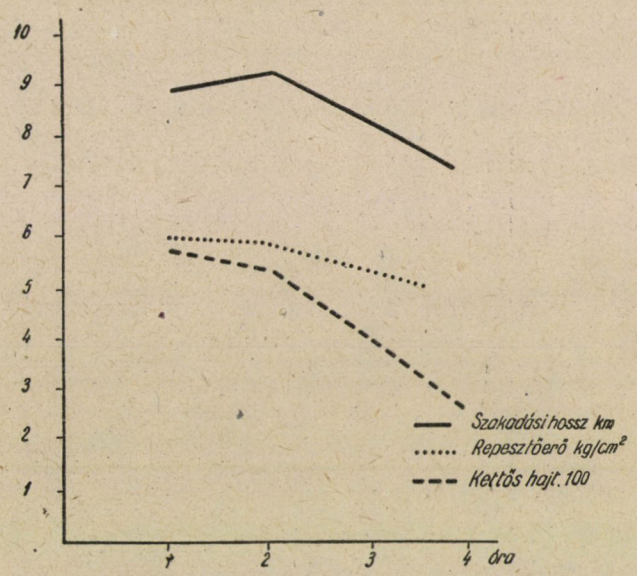
A főzési hőmérséklet emelése a feltárás sebességét jelentősen gyorsítja, így 180° C-on már 15 perces feltárással megfelelő eredményhez jutunk.

A legjobb szilárdsági jellemzőkkel rendelkező előállított cellulóz alfacellulóztartalma 75%, 12—17% légszáraz szalmára számított összkemikália-felhasználás mellett. 12% vegyszerfogyasztás alatt az alfacellulóztartalom már rohamosan kezd csökkenni. A főzési idő emelése az alfacellulóztartalom

növelésére nem volt kedvező, de a hőmérséklet emelése, a főzési idő megfelelő csökkentése mellett erre előnyös hatással volt.

A pentozántartalom, mint a hidrolízises kísérletekből is kiviláglik, elsősorban a főzési idő emelésével csökkenthető, a másik tényező pedig a főzési hőmérséklet, amely ezt jelentősen befolyásolja. A szulfitálási fok és a vegyszermennyiség a pentozántartalmat lényegesen nem befolyásolja a szokásos határokon belül. Ami a pentozántartalomra vonatkozik, az vonatkozik hasonlóan a hemicellulózokra is.

Az előállított cellulóz szilárdsági jellemzőit nagymértékben befolyásolja a felhasznált vegyszer-mennyisége és szulfitálási foka. A végzett kísérletek



7. ábra. A feltárt anyag szilárdsági adatai 1—4 óra főzési idő mellett 165° C hőmérsékleten

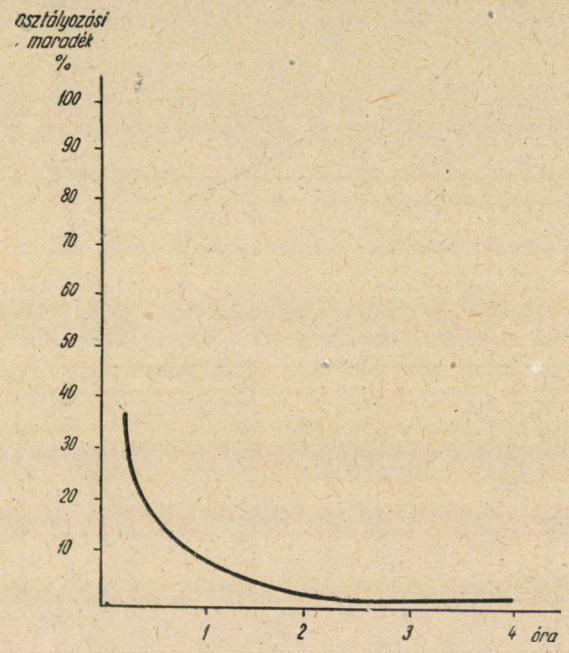
szerint az optimális 0,75 szulfitálási fok mellett 7% körüli Na_2O-mennyiségnél már igen jó szilárdsági értékeket kapunk, míg a maximum 10% Na_2O-mennyiség körül áll elő. E mennyiségen túl emelve a vegyszermennyiséget, már a szilárdsági jellemzők csökkenése következik be.

A főzési hőmérséklet emelése a hemicellulóztartalom csökkenését idézi elő változatlan főzési időtartam mellett. Mivel túlfőzéssel állunk szemben, ez a szilárdság csökkenését vonja maga után. Amennyiben azonban magasabb hőmérséklet mellett a feltárás idejét lerövidítjük, azonos szilárdsági jellemzőkkel rendelkező cellulóz előállításával célunkat elérhetjük (7. ábra).

Ugyancsak csökken a feltárt anyag szilárdsága a főzési idő megnyújtása esetén. Így 150 l-es főzőben 165° C-on végzett feltárásnál az optimális főzési időtartam 1—2 óra közti értékre adódott. A főzést 2 órán túl még tovább-

vezetve, 4 órás főzés esetén a szakító és repesztőszilárdság 15—20%-kal, a hajtogatási szilárdság pedig több, mint 50%-kal csökken az előbbi értékhez képest. Ennek a jelenségnek magyarázata az előbbivel teljesen analóg, t. i. a hemicellulóztartalom további csökkenése. Meg kell jegyezni, hogy a feltáratlan részek mennyisége 2 órás főzés után már eléri a minimumot (8. ábra). A mikroszkópfelvételeket a 9. *a—d* ábra mutatja.

E laboratóriumi kísérletek és előmukálatok alapján a Csepeli Papírgyár dolgozóival együtt alakított komplex brigád útján megindíthatók voltak már



8. ábra. Osztályozási maradék mennyisége a főzési idő függvényében 165° C-on történő főzés és 0,75 Su° mellett

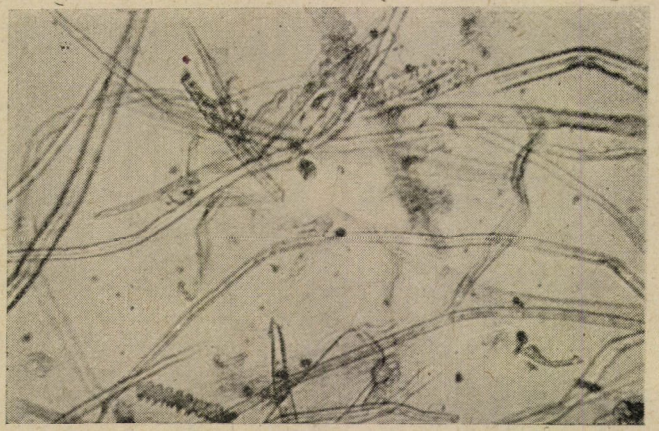
az üzemi kísérletek is, amelyek természetesen az üzemben lévő más körülményeknek megfelelően némi módosításokra szorultak.

A tervbevett 165° C-os főzések betartása teljes mértékben nem volt biztosítható ugyan, de a főzési hőmérséklet fokozatos emelése máris jelentős mértékben tette megrövidíthetővé a főzési folyamatot. Így a tiszta főzési idő 9,5 óráról 5,5 órára csökkent. A szükséges előfeltételek megteremtését az ideális főzések megközelítésére a hőfok emelése alapján folyamatba tették, így reméljük, hogy a laboratóriumi eredmények a gyakorlatban is mielőbb teljes mértékben megvalósíthatók lesznek.

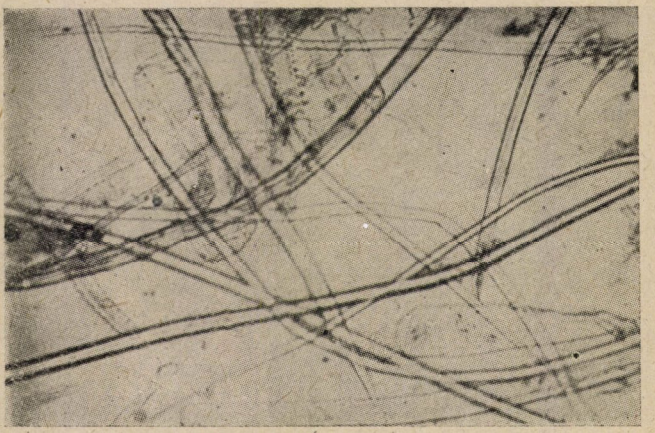
A jó eredmények elérésének, a további sikereknek természetes előfeltétele az üzem és a Kutató Intézet, a gyakorlat és a tudomány embereinek

9/a ábra. ¼ órás

9/b ábra. ½ órás



9/c ábra. 1 órás



9/d ábra. 2 órás

monoszulfitos szalmacellulózfeltárás 167° C-on, 0,75 Su° mellett

az a szoros, alkotó együttműködése, amely ma már, a szovjet példák nyomán nálunk is erőteljesen kialakulóban van és amelynek kibontakozására valójában csak a szocializmust építő államokban, az újonnan kialakuló szocialista embertípussal nyílik korlátlan lehetőség.

A monoszulfitos eljárás felhasználása hazánkban lényegileg erősen körülhatárolt. Egyszerűsége, az előállított cellulóz magas hozama és jó minősége, kétségtelenül alkalmassá teszi kisebb üzemekben való felhasználásra. Nagyobb üzemegységek, kombinátok tervezésénél azonban számításba kell venni két jelentős tényezőt, amelyek nagyméretű alkalmazását megnehezítik. Az egyik a magas vegyszerköltség, a másik pedig a szennylúgkérdés megoldatlansága, tekintettel arra, hogy a monoszulfitos szennylúg regenerálása sokat kutatott, de még eddig megoldatlan kérdés.

Így a konzervatív, de korszerűsített és még mindig legáltalánosabb, legolcsóbb és legjobban hozzáférhető vegyszerrel dolgozó szulfátos feltáráson kívül, amely nagy kombinátok építésénél is jól bevált, a klóros-lúgos feltárás az, amely utóbbi időben egyre jobban felkeltette az érdeklődést. Ez eljárásra vonatkozó kutatásokat eddig még nem végeztünk, de elterjedésének minden bizonnyal nagy energiaigényes volta és gazdasági vonatkozásaiban nem teljesen feltárt regenerálása szab határt hazánkban.

A szulfátos és a monoszulfitos eljárásnál egyaránt törekednünk kell a technológiai folyamat további lerövidítésére, ami a kísérletek alapján tulajdonképpen megoldható, a főzési idő csökkentése és a főzési hőmérséklet megfelelő emelése útján.

Így, mint láttuk, 180° C-on kb. 15 perces főzés is elegendő monoszulfitnál és szulfátnál, az eljárás továbbfejlesztése a főzési idő további csökkentéséhez vezethet, ami gyakorlatilag alig oldható meg az eddigi utakon, miután ily rövid feltárásoknál a főzési idő kis megnyújtása is már jelentős mértékben lerontja a minőséget. Ezért a kérdést csak egész új módszerrel, a folyamatos főzés technológiájának és apparatúrájának kidolgozásával oldhatjuk meg. E téren úttörő kísérleteket és üzemi gyártásokat végzett és végez Zserjebov professzor és ezekhez a munkákhoz a későbbi kísérletek során még mi is aktívan kapcsolódhatnánk.

Az előállított szalmacellulóz minőségi javításának még egy mechanikai módjával kell foglalkoznunk, mégpedig a finomító foszlatás problémájával. Nevezetesen a félkemény, de még nem elemi rostjaira szétesett cellulóz sok osztályozási maradékot eredményez. Ez egyes utólagos, korszerű, lehetőleg köves, vagy korongos refiner-típusú foszlatóberendezés alkalmazása esetén úgyszólván teljesen feldolgozható és az így utóőrölt anyag amellett, hogy sokkal jobb szilárdsági jellemzőkkel rendelkezik, még hozam tekintetében is jelentősen kedvezőbb. Emellett utóőrlés esetén a gyártott anyag feltétlen egyenletesebb és jobban feldolgozhatóvá lesz, a fellépő energiaköltségek erősen alatta maradnak a gazdasági eredményeknek. A korongos refinerek helyett más elvi

alapon működő foszlatóberendezések is számításba jöhetnek, így az örvényléses, illetőleg kavitációs elv alapján működő különféle hidraulikus berendezések (hydrapulper stb.), valamint a karborundumkorongos szerkezetek (dynofiner stb.).

Amennyiben az itt ismertetett szalmacellulózgyártó eljárások között párhuzamot kívánnánk vonni, ez hosszabb tanulmányt igényelne. Így csak röviden összegezve utalni akarok arra, hogy új nagyüzem építésénél a kiválasztandó eljárásnak feltétlen olyannak kell lenni, amely külföldi példák szerint üzemben már hosszabb ideje bevezetett, jól működik, üzembiztonsága nagy, vegyszerköltsége aránylag kicsi, különlegesen nehezen beszerezhető felszerelést nem kíván, kevéssé energiaigényes és a regenerálás kérdése is megoldott. Emellett a gyártás körülményei a felhasználandó nyersanyag (gabona- és rizsszalma, nád vagy egyéb növények, sőt fa) tulajdonságai szerint megfelelően változtathatók. Ezeknek a feltételeknek jelenleg nyilván egyedül a szulfátos feltárás felel meg teljes mértékben és ezért vettük az irányt határozottan ennek a módszernek nagyüzemi bevezetésére. Természetesen evvel párhuzamosan kutató munkát kell végezni a különböző egyéb módszerek hazai felhasználhatóságára vonatkozólag is, így kisebb üzemek részére a monoszulfitos, nagyobb üzemek részére pedig a folyamatos, elsősorban a szulfátos folyamatos feltárással kapcsolatban, melynek tökéletes megoldása sok ország kutatóinak legközvetlenebb célkitűzése.

A kigyártott és utóőrölt szalmacellulóz osztályozása, fehérítése után következik annak papírgyári feldolgozása.

Papírgyártás szalmacellulózból

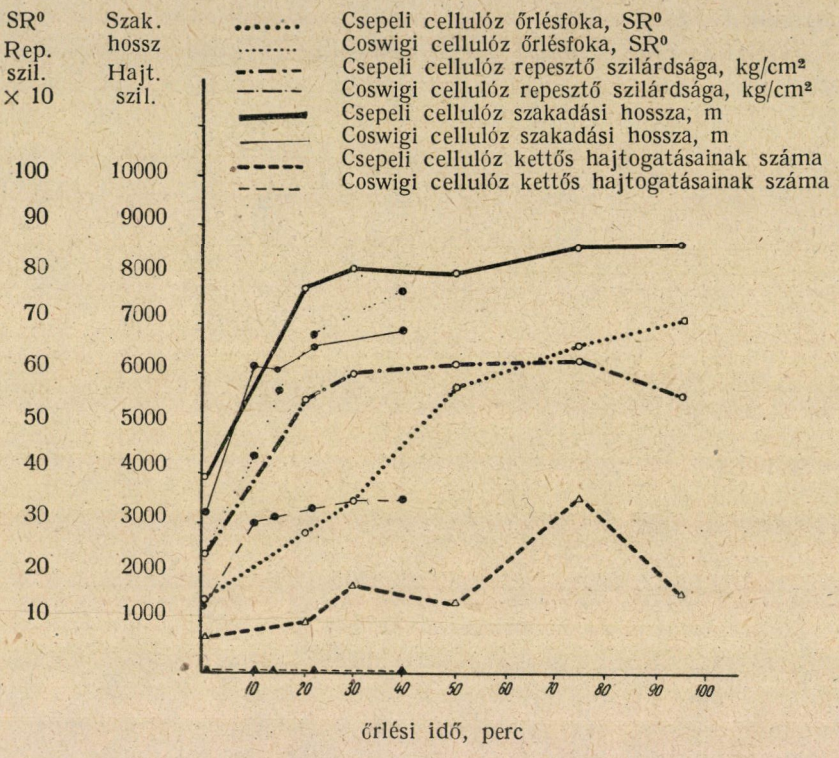
A szalmacellulóznak a papírgépeken történő feldolgozása aránylag kisebb szilárdságánál és magasabb pentozántartalmánál fogva sok nehézséggel jár. Így mindjárt kezdetben különbséget kell tenni az őrlés levezetésénél. Ugyanis a szalmacellulóz rövid rostjainál és zsíros jellegénél fogva csak röviden őrlendő a hollandiban és semmiesetre sem vegyesen facellulózzal.

A nagyobb pentozántartalom okozta nehezebb víztelenedés miatt a papírgép szitarészét a szokott gépekéhez képest helyes némileg átalakítani és ez esetben a sebesség emelése is lehetséges. A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint egészen az újabb időkig a szalmacellulóztartalmú papiroknál 100 m gépsebesség fölé nem igen mentek, ma azonban haladás mutatkozik már ezen a téren is és nagyobb sebességű gépekre is találni utalásokat.

A szalmacellulóz hazai körülmények közötti felhasználhatóságát szükséges volt részletes vizsgálat tárgyává tenni és ezért kísérleteket folytattunk először laboratóriumban különféle papírminőségekkel a legmegfelelőbb összetételű szalmacellulóztartalmú papírfajták előállítására. Majd a végzett munkák alapján a legmegfelelőbb minőségeket üzembe is beállítva, nagyméretű kísérleti gyártásokat folytattunk le, azzal a végső céllal, hogy meghatározzuk,

mily mértékben állhatnánk át szalmacellulózgyártásunk felfejlesztése esetén hazai bázisú nyersanyagok felhasználására.

A laboratóriumi kísérletek során, mikor is különféle fenyő- és szalmacellulóz-összetételű anyagokat vizsgáltunk, azt az érdekes megállapítást tettük, hogy a különböző összetételű anyagok szilárdsági jellemzői általában egyenesen arányosak az egyes anyagok százalékos mennyiségével, kivéve a hajtoga-



10. ábra. A coswigi fehérített szulfátos szalmacellulóz és a csepeli fehérítetlen szulfitos fenyőcellulóz szilárdsági adatai

tási szilárdságot, ahol az összefüggés körülbelül parabolikus. A szakítószilárdsági értékek ily módon a kísérletekhez rendelkezésre álló szulfátos fehérített szalmacellulózból készült papírnál a fenyőcellulózból készülthez képest általában mintegy 30%-kal, a repesztőszilárdság 30—50%-kal és a tépőszilárdság ugyancsak mintegy 50%-kal csökkentek. Ennél nagyobb volt az eltérés a hajtogatási szilárdságnál, amely a szalmacellulóznál lényegesen kisebb (10. ábra).

Az üzemi kísérletek a legérdekesebb eredményeket a famentes irodai papír gyártásánál adták. Itt 100% fehérített szalmacellulózzal kifogástalan

minőségű papírt állítottunk elő, amelyre jellemző, hogy a megfelelően vezetett őrlés következtében szilárdsági jellemzői nem maradtak el a tiszta fenyőfacellulózból készült papíréi mögött (4300 m szakadási hossz). Ez gyakorlatilag még annyit is jelent, hogy a szalmacellulóz alkalmazása az őrlés során megtakarítást jelent, miután azonos őrlésfokra átlag fele idő alatt jutunk el. Ez persze csak az őrlés elejére vonatkozik, továbbőrlés esetén az arány romlik, de mindig gyorsabban őrlődik, mint a tiszta facellulóz.

A gépi feldolgozás során nehézségek nem voltak tapasztalhatók, jól előkészített anyag lévén, lerakódások sem a szitán, sem a préseken nem jelentkeztek, ami később a szita vagy a nemez eltömődéséhez vezetett volna, a szárítás során ugyancsak nem volt nehézség. A papírgép sebessége — kis sebességű papírgépről lévén szó — a szokásos volt.

40 g/m² súlyú famentes úgynevezett flórposta-papír gyártásánál a gyártási körülmények a fentiekhez analóg módon alakultak, mégis azzal a különbséggel, hogy miután a kérdéses gép ilyen vékony papír előállítására nem alkalmas, 45 g/m² súlyban kellett a kigyártást megejteni, 80% szalma és 20% facellulóztartalommal. Megfelelő gépen egyébként különösebb nehézség nélkül megy 100% szalmacellulóztartalmú vékony papír is, mint azt korábban egy önleszedő gépen 20—25 g/m² súlyban készített próbagyártás bebizonyította.

A fatartalmú és félfamentes író-nyomópapíroknál a szalmacellulóz felhasználásának mérve lényegileg attól függ, hogy fenyőfacellulózzal keverten, vagy tisztán kívánjuk-e felhasználni. E papírfajták nagyobb faköszörülettartalma szükségessé teszik, hogy amennyiben fenyőcellulóz használatától eltekintünk, a cellulóztartalmat a ma szokásos érték fölé emeljük, ami tulajdonképpen további famegtakarítást jelent. Tehát a minőségjavítással egyidejűleg külkereskedelmi mérlegünket is javíthatjuk ez úton. Így 50% fehérített szalmacellulózzal igen jó minőségű félfamentes nyomópapírt állítottunk elő, amely minőségileg jelentősen a jelenleg használt minőség felett áll, bár előállítási költsége kétségtelenül magasabb.

Ugyancsak próbagyártásokat végeztünk szalmacellulóz felhasználására az író-nyomó-papírokon kívül csomagolópapírra vonatkozólag is. Itt a legfontosabb lenne a jelenleg használt superior-minőségnél a fenyőcellulóz helyettesítése a megfelelő szilárdsági feltételek fenntartása mellett. Természetesen e minőségekhez nem szükséges fehérített cellulóz, hanem megfelelő a fehérítetlen szalmacellulóz is. Sikerült a kísérletek során a 60% fenyő és 40% szalmacellulóztartalmú, 5220 m szakadási hosszú, tiszta cellulóz superior-papír mellett egy 20% fenyő és 25% szalmacellulóztartalmú (45% faköszörület, 10% hulladék) 3900 m szakadási hosszú igen jó papírt előállítani, melynek egyéb tulajdonságai nemcsak megegyeznek a jelenleg használatos minőségével, hanem azt még sok vonatkozásban (kettős hajtogatás, repesztő-, tépőszilárdság) felül is múlják.

Középfinom csomagolópapírnál ugyancsak jól felhasználható a szalmacellulóz, de itt inkább megfelelő jóminőségű félcellulózok felhasználására kell irányt venni.

Végül még kartongépen folytattunk kísérletet fatartalmú levelezőlap előállításával. Itt 37% fehérítetlen szalmacellulóz, 38% faköszörület és 25% hulladéktartalmú anyagból teljesen az eddig gyártott minőségnek megfelelő szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező levelezőlap-kartont állítottunk elő. A gyártás során a gépen a víztelenítés a szokásosnál nehezebben ment, a szívókat jobban kellett dolgoztatni, sőt még a gépsebességet is valamivel a szokásos érték alatt kellett tartani.

Nyilván rendszeres üzem esetén jobb minőségű szalmacellulóz felhasználásával a helyi adottságoknak megfelelően (pl. új szívók beépítése) még lehet javítani és így a helyes rendszeres gyártásra szalmacellulózbázison, termeléskiesés nélkül is be lehet állni. A nyert tapasztalatok szerint a szalmacellulózt feldolgozó papírgépek lehetőleg hosszú szitarésszel és 3 préssel legyenek ellátva, emellett, külföldi tapasztalatok szerint, itt is célszerű utolsóként egy offsetprés beiktatása.

Az üzemi szalmacellulózfelhasználási kísérletek természetesen csak tájékoztató jellegűek. A felhasznált kétfajta cellulóz, a coswigi fehérített és a csepeli fehérítetlen, minőség szempontjából még jelentősen javíthatók. Így ezeket a kísérleti eredményeket úgy tekinthetjük, mint minimumokat, amelyeket meginduló szalmacellulózgyártásunk során jelentősen túl fogunk szárnyalni, amint hogy már időközben egy újabb próbagyártás során 55% szalmacellulózbehordású írópapírt ugyancsak 100 m/perc sebességgel is gyártottunk, de nagyobb mennyiség kigyártása esetén nem lett volna semmi akadálya a sebesség további emelésének.

Az elmondottakban igyekeztem a szalmacellulóz előállítása és felhasználása területén az utolsó két évben hazánkban végzett lényegesebb kutatómunka egynémely olyan részletét megvilágítani, amelyek egyrészt szélesebb érdeklődésre tarthatnak igényt, másrészt további jelentősebb munkáknak és technikai fejlődésünknek képezhetik alapját.

Az előadásban teljességre nem törekedhettem az aránylag nagy összefoglalt anyag és a rendelkezésre álló idő rövid volta miatt, inkább csak a nagyrészt Marton Istvánné dr., Koltai György dr. és Lengyel Pál munkatársaim által végzett kísérleti munkák legfontosabb végső eredményeit emeltem ki.

Remélem, hogy előadásomban így is sikerült rámutatnom és megértetnem, hogy hazánkban, elsősorban a papíriparon belül, a szalmának, mint nyersanyagnak milyen, úgyszólván korlátlan felhasználási lehetőségei vannak. Szocialista iparunk fejlesztése, népünk kultúrájának rohamos emelkedése

kötelességünkké teszi, hogy elért eredményeinket, technikánk vívmányait teljes mértékben e célok szolgálatába állítsuk.

Meg kell, hogy sokszorozza erőnket további munkánkhoz az a tudat, hogy eredményeink gyakorlati alkalmazása útján megtisztelő részesei lehetünk hazánk szocialista felépítése nagy alkotó munkájának. Ezt a munkát nagymértékben segítik elő a leghaladottabb szovjet technika széleskörű tapasztalatai, amelyek továbbfejlesztése, az elmélet és a gyakorlat szerves és alkotó együttműködésének megteremtése, legközvetlenebb feladatainkat jelentik az előadott kérdések megoldásánál. Ilymódon teszünk tanubizonyságot Pártunk tanítása szellemében népünk és hazánk felemelkedése, a Szovjetunióhoz fűződő baráti kapcsolataink megerősítése és a béke nagy ügye mellett.

HOZZÁSZÓLÁSOK

GÁTI PÉTER

Úttörő munkát jelentenek azok az üzemi és félüzemi kísérletek, amelyek a fehérített és fehérítetlen szalmacellulóz különböző adagolásával szokványos papírminőségek előállításához vezettek. Ezek a kísérletek máris pozitív eredményt jelentenek, mert bizonyítják a szalmacellulóz felhasználhatóságát, sőt bizonyos speciális tulajdonságait is, amelyek feljogosítanak bennünket arra a reményre, hogy hazánkban nemzeti iparrá fejlesszük a szalmacellulóz gyártását és a baráti országokkal való kooperáció lehetőségét is megteremtsük.

A felsorolt eredmények még csak kezdetét jelentik a további kutató és kísérleti munkának.

Hátra van még a különböző mezőgazdasági termékek tájegységenként való részletes vizsgálata, ezen belül a legmegfelelőbb tulajdonsággal rendelkező területek kiválasztása.

További elvégzendő feladatok a jelenlegi korszerűtlen félanyaggyártási módszereink megjavítása az adott berendezések figyelembevételével és azok esetleges átalakításával és kiegészítésével, a gyártási technológiák kidolgozása üzemi profilokra szakosítva, a szulfátos szalmacellulóz-gyártás technológiájának kidolgozása, a különböző minőségű és tulajdonságú fehérített, fehérítetlen és félcellulózok fizikai tulajdonságainak legmegfelelőbb alkalmazása az egyes papírfajtáknál, a helyes gyártási technológia kidolgozása a papírgépeken, új különleges céloknak megfelelő papírminőségek kikísérletezése. A papírgépeknek a sebességek növelése érdekében szükséges átalakítása. A legcélszerűbb őrlési és előkészítési eljárások felderítése, őrlési görbék felvétele és felhasználása. Hydrapulperek és refinerek alkalmazási lehetőségeinek kikutatása.

A szalma-műrost probléma ugyancsak számtalan elméleti és gyakorlati kérdés kidolgozását veti fel. Ezek azok a feladatok, amelyek a hazai nyersanyagbázisunk kiszélesítésének területén megoldandók, és ez nem kevés. Ehhez a szakma szakembereinek minden erejét össze kell fogni, hogy elvégezzük azt a munkát, amit elvár tőlünk a magyar dolgozó nép és vezetői, Pártunk, a Magyar Dolgozók Pártja.

KUNOS KORNÉL

Az értékes és érdekes előadásban felvetett sok kérdés közül néhányat szeretnék külön kiemelni.

Az első kérdés a szalmacellulózgyártással kapcsolatban a feltárási eljárás helyes megválasztása. Ma, amikor az ötéves tervünkben szereplő nagykapacitású szalmacellulózgyár tervezési munkálatai indulnak, ez különös fontossággal bír. Vámos elvtárs rámutatott arra, hogy a papíripar vezetői az elmondott meggondolások alapján a régi klasszikus, tehát gömbfőzőkben történő szulfátos eljárás mellett döntöttek, ezzel kapcsolatban azonban meg kell mondanom, hogy ez a választás nem könnyű szívvel történt, mert hiszen a jövő kétségtelen a folyamatos eljárásoké. Ma azonban még ezek az eljárások nincsenek annyira kialakulva, hogy nyugodtan ezt választhattuk volna. Remélhető, hogy az elkövetkezendő egy-két éven belül a jóformán az egész világon folyó kutatások — de itt elsősorban a Szovjetunióban Zserjebov professzor munkájára gondolok — annyira

előrehaladnak, hogy a második ötéves tervünkben szereplő szalmacellulózgyár már ezzel az eljárással lesz megtervezhető.

A másik döntő kérdés a szalmacellulóz megfelelő felhasználása. Vámos elvtárs említette, hogy írópapiroknál a szalmacellulóz használata jobb minőségűvé teszi az írópapírt, mert keményebbé, jobb fogásúvá teszi azt. Más a helyzet azonban a nyomópapiroknál, mert itt éppen ellentétes a követelmény. A nyomópapirok túlnyomó részénél puhaságot kívánnak meg a papírtól a nyomdászok, hogy a papír a nyomószerszámra simuljon. Itt véleményem szerint a nyárfacellulóz használata segít a dolgon, mert ez puhává teszi a papírt és így ellensúlyozza a szalmacellulóz keménységét.

A harmadik kérdés, amely a szalmacellulóz felhasználásával függ össze, az árkérdés. Devizális megtakarítás szempontjából nemcsak a cellulóz helyettesítésére, hanem a facsiszolat helyettesítésére is számba kell venni a szalmacellulózt. A szalmacellulóznak azonban az előállítási ára drágább, mint a facsiszolaté és így a facsiszolat helyett történő felhasználásnál össze kell egyeztetni a magasabb papírár és az importmegtakarítás népgazdaságilag helyes szintjét.

DAUT JÁNOS

Az előadás ama részéhez szeretnék hozzászólni, amely az üzemi kísérleti gyártásokkal foglalkozik.

Kétfajta fehérített cellulóz van, amelyet a papírgyártók már évtizedek óta mint önálló anyagot, tehát nem mint pótanyagot — főleg finomabb papirok gyártásánál fehérített szulfitcellulóz mellett. — bár csak szerény mértékben, a főként használt szulfitcellulózhoz kismértékben keverve használnak, éspedig elsősorban a fehérített szalmacellulóz, másodsorban a fehérített nyárfacellulóz.

Azért említem elsősorban a fehérített szalmacellulózt, mert ennek a legtöbb finompapírhoz történő hozzáadása, amelyeknél a zárt átnézet. pengés, keménység fontos tulajdonságok, minőségjavítást eredményez és csaknem elengedhetetlenül szükséges. Ilyen papirok pl. a bankposta, az elefántcsontkarton, a rajzkarton stb. Másodsorban említem csak a fehérített nyárfacellulózt, mert ez csak a papirok bizonyos csoportjánál jelent minőségjavítást, ott ahol puhaság, símulékonyság szükséges. Pl. mélynyomópapír, offsetkarton. Megközelítőleg azt mondhatnók, hogy a szalmacellulózt inkább az írópapírokhoz, a nyárfacellulózt pedig a nyomópapírokhoz használjuk. Papíriparunk jövőjének biztosítása szempontjából megnyugtathat bennünket az a tény, hogy a két említett cellulózfajtához szükséges nyersanyag hazánkban a szükségletnek megfelelő mennyiségben rendelkezésre áll.

Az előadó beszámolójában említett üzemi gyártási kísérletek, amelyek a fehérített szalmacellulóz felhasználására vonatkoznak, mégis újak és értékesek abban az irányban, hogy annak fokozott felhasználását célozzák. Az eredmények meghaladják várakozásainkat. Famentes írópapírt magas szilárdsági értékkel, kizárólag szalmacellulózból előállítani, kiváló és meglepő eredmény. Ismételten említette azonban Vámos elvtárs a szitarészen fellépő víztelenítési nehézségeket. Szeretnék e nehézségek kiküszöbölésének egyik lehetőségére rámutatni. A fehérített nyárfacellulóz igen jó víztelenedési tulajdonsága ismeretes. Magas négyzetmétersúlyú papírok előállításánál ezáltal a nyárfacellulóz néhány százalékban való felhasználása a lapképzést nagymértékben megkönnyíti és a termelést növeli. Érdekes feladata lenne úgy a Kutató Intézetnek, mint az üzemeknek

megállapítani a lombosfa és szalmacellulóz keverésének optimális lehetőségeit. amikoris a víztelenedésnél mutatkozó nehézségek részben vagy teljesen kiküszöbölhetők.

A fehéritetlen szalmacellulóz felhasználása kétségkívül új terület. Itt a körülmények már kevésbbé kedvezőek. Fehéritetlen szalmacellulóznak fehéritetlen szulfitcellulóz helyett való részbeni felhasználása jobb csomagolópapiroknál, mint pl. superior, zsáknátron stb., véleményem szerint ezidőszerint még nem tekinthető minőségjavítónak, azonban a papírgyártás egyik legfontosabb feladata volt a fehéritetlen szalmacellulóz felhasználásának ellenére is a minőség változatlan fenntartása. Ezt a feladatot általában megoldottnak tekinthetjük. Így a nátronpapír-gyártásnál a nátroncellulóz-felhasználást kb. 10—15%-ig fehéritetlen szalmacellulózzal helyettesítettük és most már másfél év óta az üzemi kísérletek keretein messze túlmenően, folyamatos normál üzemben úgyszólván minőségi csökkenés nélkül, az importcellulóz felhasználásánál hatalmas megtakarításokat tudtunk elérni. Emellett sikerült a papírgép sebességét 140 m-ig fokoznunk anélkül, hogy a víztelenedésben a legcsekélyebb zavarok jelentkeztek volna. Az elénk tűzött feladatok egyike, hogy ezeknél a nátronpapiroknál az őrlési munka megjavítása révén a minőséget tovább emeljük. Ehhez a munkához a Papíripari Kutató Intézet támogatását kérjük.

Az elmélet és a gyakorlat egységét említette Vámos elvtárs. Ebben az egységben látjuk az utat célunkhoz, hazai nyersanyagból több és minőségileg jobb papírt előállítani.

MORVAY SÁNDOR

Az elhangzott előadás átfogó képet adott a szalmacellulóz és más szalmából készült papíripari rostok előállításának és felhasználásának időszerű kérdéseiről.

Az utóbbi években a részben feltárt szalmafélcellulózok technológiájában néhány forradalmi újítás történt, melyekre az előadó is utalt. Az a tény, hogy ez eljárások jelentősége nagymértékben megnőtt, valamint az, hogy a fejlődés többirányú, sőt ellentétes irányzatot is mutat, szükségessé teszi, hogy néhány alapvető kérdést elméletileg is megvizsgáljunk a félcellulózgyártás terén.

Az előadásban elhangzott a nyers szalma fellazítása, amit az előadó lignin- és pentozánkioldással magyaráz. Véleményem szerint a részleges feltárás, »fellazítás« a papíripari nyelven félanyagnak nevezett rostpépelőállítás tudatos továbbfejlesztésének egyik legfontosabb alapfeltétele, hogy tudományosan tisztázzuk, mit jelent a »fellazítás«, mely anyagok kioldását és milyen átalakulásokat a folyamat során. Javaslom, hogy ilyen irányú kísérletsorozatot a Papíripari Kutató Intézet iktasson munkatervébe, hogy ezáltal szilárd, tudományos alapokra helyezzük szalmafélcellulózgyártásunkat és annak helyes fejlődési irányát megszabjuk.

Hasonlóan javaslom az előadásban hallott nagyfokú mosási veszteséggel kapcsolatos szilárdsági adatokban mutatkozó emelkedés összefüggésének részletes vizsgálatát. Az előadásban elhangzott kiragadott érték olyan magas veszteségértéket mutat, ami — mint az előadó is említette — gyakorlatilag nem igen valósítható meg. A szalmára vonatkoztatott rosthozam így alatta van a klasszikus cellulózhozamnak, a szilárdsági értékek viszont ezt nem érik el. Megállapítandó lenne tehát — minden egyéb szemponttól függetlenül — milyen mértékű mosás alkalmazandó, milyen hozamcsökkenés egyenértékű a szilárdsági értékek növelésével.

Az előadás több helyütt utalt arra, hogy savas közegben történő kezelésnél csökkennek a szilárdsági értékek.

Szabad legyen ezt saját gyakorlatomból vett példával alátámasztanom és egyúttal felhívnom a figyelmet olyan lehetőségre a félanyagelőállítás terén, amelyről az előadó nem tett említést.

Körülbelül három évvel ezelőtt huzamosabb időn keresztül több száz tonna mennyiségben gyártottunk szalmafélcellulózt a facellulózgyártás szulfitszennylúgjával. Az eredmények több irányban is kedvezőek voltak. Így pl. a szokott meszes feltárásnál rövidebb feltárási idő, megtakarítás energiában, főzési melegszükségletben, őrlési energiában, a papírgépi mészlerakódások és az ezekkel járó kellemetlenségek megszünése voltak az eljárás pozitív oldalai. Az eljárás negatív oldala viszont az volt, hogy a szilárdsági értékek gyakran erősen csökkentek, amiért is a szulfitszennylúgfeltárástól ismét eltértünk. Tapasztalataink szerint a hiba nem is annyira a közeg savas jellege volt, hanem inkább az, hogy az üzemi körülmények nem engedték meg a főzési körülmények szigorúan azonosan tartását, az eljárás viszont minderre igen érzékeny volt. A változó minőségű termék optimális értékei megközelítették a helyesen feltárt szalmafélanyag szilárdsági adatait és természetesen rendelkeztek a fentebb már vázolt előnyökkel.

Javaslom a szalmafélcellulóz szulfitszennylúggal történő gyárthatóságának rendszeres felülvizsgálatát, annál is inkább, mert a cellulóz, ill. papíripari előnyök mellett esetleg a most kialakuló szulfitszennylúgfeldolgozó iparoknak is előnyös lehet egy ligninben és szénhidrátokban feldúsított nyersanyagból kiindulni.

DOMINKÓ GÁBOR

A szalmacellulóz-kísérletekkel kapcsolatban meg kell említenem, hogy a Csepeli Papírgyárban 1946-ban tiszta szalmacellulózzal gyártottunk az önlevevő gépen 20—25 g/m² vastagságú papírt. 1947. januárjában szintén végeztünk próbagyártásokat az önlevevő gépen, ekkor facsiszolat keverésével szintén jó eredményeket értünk el. Később próbálkoztunk tiszta szalmacellulóz felhasználásával, ekkor azonban a papír minősége visszaesett. A nátronzsákpapírhoz jelenleg is 10—15% szalmacellulózt adagolnak jó eredménnyel. A Csepeli Papírgyárban a szalmacellulóz további javításán fognak dolgozni, membrán-osztályozó beszerelése és fehérítés útján. Így meg fogjuk tudni javítani a papír minőségét. A Kutató Intézet felé azt a kérést szeretném intézni, hogy további kísérleteket folytasson a szalmacellulóz és -félcellulóz főzésére, miután a meszesfőzésű félcellulóz a mész el nem távolítása következtében a szitarészen nehezen víztelenedik, ami a munkát nagymértékben hátráltatja, és a gép termelőképességét is csökkenti.

TÓTH GÉZA

Az előadáshoz nem a cellulóz és papíripar szempontjából, hanem a melléktermékek szempontjából szeretnék hozzászólni. — Az utóbbi időkben a cellulózgyártás melléktermékénél, a szennylúgnál, a ligninszulfonsavak egyre növekvő jelentőséggel bírnak. Óriási mennyiségek azok, amelyek felhasználásra kerülnek. A facellulóz-előállításnál a szulfitszennylúg-kivonatnak ligninszulfonsav része műcserzőanyaggyártás céljaira komoly mennyiségben nyer felhasználást és így mintegy évi 20 millió forint értékű behozatal válik feleslegessé. — Azt a kérdést szeretném feltenni, hogy a szalmacellulóz előállításakor keletkező szennylúg

nyújt-e lehetőséget a ligninszulfonsav előállítására is. Kénsavas előhidrolízissel előállított szalmacellulóz nem alkalmas ligninszulfonsav előállítására, ezért az a kérdés, hogy van-e lehetőség arra, hogy a feltárást olyan irányba vezessék, hogy a ligninszulfonsav is eredményesen előállítható legyen. Szükségesek kísérletek arra vonatkozólag, hogy a szalmacellulóz lignintartalma a metoxi-csoportok meghatározása útján megfelelő értéket ad-e.

LÉTAY ALFRÉD

A Szentendrei Papírgyár is végzett próbagyártást ez év májusában, melynek az összetétele 55% fehérített külföldi szalmacellulóz, 35% csepeli cellulóz és 10% fatartalmú fehér hulladék volt. Kb. 1½ órai őrlés után 55 SR°-t értünk el. A papírgépen a papír minden nehézség nélkül normális sebességgel futott, sőt még kb. 10—15%-al lehetett volna a sebességet emelni. A víztelenedés és a további folyamatok is minden nehézség nélkül folytak le. A papír kifogástalanul volt enyvezve. Ez is nagymértékben alátámasztja az előadó állítását, hogy szalmacellulózból gyártott papírnál semmiféle nehézség nem fog mutatkozni.

PELCZ ANTAL

Az erjesztési ipar részéről is nagy izgalommal figyeljük a szalmacellulózkísérleteket. A szalmában 16—20% pentozán van. Nagy általánosságban 100 rész hidrolizátumból 50 rész nagy fehérjetartalmú anyag állítható elő. Ez állattakarmány szempontjából igen fontos. Jelenleg u. i. a fehérjetartalmú szerves anyagok tekintetében behozatalra szorulunk. A kérdéssel nagymértékben kell foglalkozni. A szalma hidrolízisénél kapott oldat igen jól felhasználható furfurol gyártására.

KOLTAI GYÖRGY

Ahogy Vámos elvtárs előadásában említette, a kísérletek célja elsősorban a szalmacellulózgyártás technológiájának továbbfejlesztése volt. Mivel a kérdés sürgős volt, elsősorban erre kellett a súlypontot helyezni és éppen ezért a szennylúgkérdéssel még nem foglalkozhattunk eléggé. A monoszulfitos szalmacellulózgyártás szennylúgjával kapcsolatban még igen sok tisztázatlan kérdés van előttünk. A monoszulfitos szalmacellulózgyártás szennylúgja ugyanis nem hasonlít a biszulfitos facellulóz-gyártás szennylúgjához és pillanatnyilag még tisztázatlan, hogy milyen természetű terméket és milyen mennyiségben tartalmaz. Az eddigi kísérletek arra mutatnak, hogy a ligninszármazékok aránylag könnyűszerrel kinyerhetők belőle, mivel a biszulfitos facellulózgyártás szennylúgjától eltérőleg savasan kicsaphatók. Hogy ez milyen célra lesz felhasználható, reméljük, hogy jövő évi munkánk során tisztázható lesz.

KATONA KÁLMÁN

Az első kérdés, amelyet Kunos elvtárs is megemlített, a folyamatos cellulózgyártás Celdecor-Pomilio-eljárással, amely azonban nehézséget támaszt magas áramköltsége miatt. Ha meggondoljuk azt, hogy elektrolízissel alig 10%-kal több marónátron keletkezik, mint klór, akkor felmerül az a gondolat, hogy létesíthető-e egy olyan technológiai eljárás, amelynél az elektrolízis útján nyert klórmennyiség az üzemben felhasználható olymódon, hogy a nátronos kezelésnél a marónátront körforgásban tartva regeneráljuk.

A következő kérdés a meszes eljárás, amelynél a félcellulóz feltárására meghatározott nyomás mellett az iparban 10% oltott meszet használunk. Lényeges a gőz mennyiségének és hőfoka befolyásának a meghatározása. Fontos a lúgos zónában való üzemeltetés megtartása. Meg kell találni azt az optimumot, amely mellett a papírgyárak a félcellulózt készítsék.

Az igen nagy hamutartalom egyrészt a búza- és rozs-, másrészt a rizsszalmánál felvetik azt a gondolatot, hogy a vegyszerfelhasználás az üzemben hogyan alakul. Nem érdektelen a gyártás szempontjából a vegyszerfelhasználás változása, ha rizs- vagy pedig búzaszalma-bázishoz nyúlunk. Kísérletsorozattal kell kiértékelni a felhasználandó szalmák vegyszerfelhasználását.

A monoszulfitos szennylúg többször felhasználható. Ennek az érdekes körülménynek kell a tudományos oldalát megtalálni, hogy miben leli magyarázatát a szennylúgnak ismertetett felhasználási lehetősége, figyelembevéve azt, hogy a szennylúgban van egy olyan komponens, amelynek jelenléte szükséges, azonban önmaga a feltárást nem biztosítja.

LENGYEL PÁL

A bőripar által felvetett kérdéshez hozzáfűzni kívánom, hogy monoszulfitos szalmaszennylúgot küldtünk a Bőripari Kutatónak, azonban ez a próbák során nem adott elég jó eredményeket, egyrészt azért, mert a szennylúg magas hamutartalma miatt bepárolás közben igen nagy sókiválás volt, másrészt a szalma és a fenyőféleségek ligninje közti különbségek a cserzőhatást is lerontották. Nem zárja azonban ki, hogy esetleg a szennylúg kondenzálása folytán annak cserzőtulajdonságait feljavítsák és így esetleg felhasználják. A visszavezetés kérdésével kapcsolatban: kipróbáltuk a szalma és más növényeknél is a visszavezetést. Itt egyes vegyszerek kiegészítésével igen jó eredményeket lehet elérni és így négyszeri visszavezetés után sem színben, sem a szilárdsági tulajdonságokban nem léptek fel változások. Természetesen ez még nem ezárt munkaterület és további kísérleteket igényel.

CSŰRÖS ZOLTÁN akadémikus, elnök

Az általunk ismert fogalmak szerint a rostok elemi sejtekre esnek széti a sejtek sejtkötegeket alkotnak, tehát nem helyes az, hogy a papíriparban a, rost és sejt fogalmát nem határolják el és nem különböztetik meg élesen. A 190° C-os hidrolízis nemcsak a rostokat támadja meg, hanem maguk az elemi sejtek is bomlást szenvednek.

VÁMOS GYÖRGY válasza

Az előadáshoz kapcsolódó hozzászólások során kialakult vita világosan megmutatta, hogy a szalmacellulózgyártás iránt annak nagy jelentősége következtében — amely számos ipari területre közvetlenül kihat — igen komoly érdeklődés nyilvánult meg. A felszólalók a helyes kritika tükrében rámutattak még mindazon feladatokra, amelyeket a kutatásnak a szalma gyakorlati felhasználásával kapcsolatban mielőbb meg kell oldania.

Nyilvánvaló, hogy az eddig megkezdett és még csak részben elvégzett munkákat a befejezésig folytatni kell, de meg kell vallani, hogy az egyes felszólalók által előadott kutatási témajavaslatok kikísérletezései egymaguk hatalmas tervfeladatot jelentenek. Reméljük és bízunk benne, hogy erre nemcsak a lehetőségeink lesznek meg, de a feladatokat is meg fogjuk tudni sikeresen oldani.

Az egyik legélénkebben tárgyalt kérdés a felszólalások során a szalmacellulóz papírgyári felhasználása volt. Természetesen a szalmacellulóz felhasználásának technológiája még nem alakulhatott ki teljesen a papírgyártásban és így még maradnak bőven tisztázandó kérdések.

Egy fontos szempontra mindenesetre figyelemmel kell lenni, nevezetesen amidőn a szalmacellulóz felhasználása importmegtakaritást jelent, ugyanakkor egy belső árkérdést is felvet a faköszörület részbeni helyettesítése következtében. Bár a szalmacellulóz nyomópapír gyártásához nyilvánvalóan nem olyan alkalmas, mint írópapírhoz, de bizonyos, hogy egyrészt a gyártási technológia fejlődése, másrészt a nyomdai technológia javítása teljes mértékben és jó minőségben felhasználhatóvá fogja azt tenni.

Morvay elvtárs utal arra, hogy még egyes alapvető elméleti kérdéseket kell tisztázni, főleg a félcellulózgyártás területén. Ezeknek a megoldása és a leghelyesebb gyakorlati gyártási módszerek kidolgozása legközelebbi feladatunkat kell, hogy képezze. Remélem, hogy jövő évi munkánk nyomán már komoly eredményekről fogunk tudni beszámolni. Ugyancsak tervbe vettük, hogy a mosási veszteséget módszeresen megvizsgáljuk. Megállapítandó, hogy az milyen befolyással van az anyag szilárdsági és egyéb összetételi jellemzőire. Ehhez a kérdéshez tartozik az is, hogy megnézzük a szulfitlúggal való félcellulózelőállítás lehetőségeit, bár úgy tudom, erre készülék nem igen van és az egyszerű vizes hidrolízis alkalmazása egyszerűbb módszert jelent.

A Daut elvtárs által felvetett különböző problémákat elsősorban a Csepeli Papírgyárral együttműködve kell és fogjuk tudni megoldani és ugyanez vonatkozik az őrlési kérdésekre is, amelyek általánosságban véve az energia megtakarítási lehetőségek egyik legfontosabb részét képezhetik kellő kimunkálás után.

A tájegységenkénti nyersanyagvizsgálatok nemcsak helyesek, de szükségesek is. A Szovjetunióban a laboratóriumi kísérletekkel párhuzamosan szokták lefolytatni ezeket a vizsgálatokat. Az irányt már mi is erre vettük, de a munkánkat ebben a vonatkozásban is, az eddigi eredmények kiszélesítésével, még határozottabbá kell tenni.

Dominkó és Létai elvtársak helyesen mutattak rá a szalmacellulózzal eddig elért egyéb jó üzemi eredményekre, próbagyártásokra és a felvetődött kérdésekre. Legközelebbi programmunk egyike a félanyagkísérleteknek most már üzemi méretekben történő kidolgozása kell, hogy legyen.

Tóth elvtárs kérdéseire munkatársaim már megadták a helyes választ. A felmerült témával, a monoszulfitos szennylúg felhasználásával, még alaposan és részletesen kell foglalkozni, annál is inkább, mert az épülő szolnoki gyárnál az közvetlenül felmerülő probléma.

Pelcz elvtárs rámutat arra, hogy népgazdaságunk számára milyen döntő jelentőségű az előhidrolízisnél a hidrolizátum termékeinek felhasználása. A kérdés jó kimunkálására mi igyekezni fogunk a jövőben az együttműködést az Erjedésipari Kutató Intézettel még szorosabbá tenni és reméljük, hogy így még jobb eredményekhez juthatunk.

Katona elvtárs ugyancsak sok olyan megoldandó kérdésre hívta fel a figyelmet, melyekkel még nem foglalkoztunk. Így pl. természetesen helytelen lenne a Pomilio-eljárásra egyszerűen azt mondani, hogy nagy energiaigényes volta miatt nálunk nem használható. Ismert, hogy külföldön milyen eredmények vannak már evvel az eljárással, és lehet, hogy talán valamilyen formában a későbbiek során hazánkban is érdekessé válhat ez a módszer. Persze nyilván

ez a kutatási téma még sorrendbeli elsőbbséget nálunk nem igényelhet. — Ugyancsak helyes az a felvetett kérdés, hogy a vegyszerfelhasználást a nyersanyag minősége, főleg hamutartalma függvényében meg kell határozni, hogy így gazdaságilag is jobban megvilágítsuk az egyes módszerek alkalmazásának jelentőségét.

Csűrös akadémikus felveti, hogy mi általában rostról beszélünk és nem különböztetjük meg élesen a rostot a sejttől. A sejtek, mint ismeretes, a növények alapvető építő elemei, amelyek az egyes növényekben megfelelően elhelyezkedve alkotják a növényi rostokat. Erre vonatkozólag többféle elméleti meggondolás létezik, amelyekre itt részletesen nem kívánok kitérni, csupán rá akarok mutatni, hogy míg a textilrostok sejtkötegekből, sejtláncokból állanak, addig a papírrostok egyes különféle sejtek. Ezek az elemi rostok (sejtek) alkotják lényegileg a növényi cellulózt és közöttük, illetőleg részben hozzájuk kötötten helyezkednek el a különféle inkrusztáló anyagok.

A rostköteg (sejtköteg) a papíriparban csak a még feltáratlan anyaggal kapcsolatos fogalomként használatos, mert a feltárás során, az inkrusztáló anyagok kioldásával a rostkötegek elemi rostokra esnek szét.

Remélem, előadásom és válaszom során sikerült megvilágítanom és megértetnem azokat a szalmacellulózgyártással kapcsolatos problémákat, amelyek kutatásainkban szerepelnek. Népgazdasági ötéves tervünk teljesítéséhez szükséges, hogy ezek megoldását előre tudjuk vinni és ilymódon mi is döntő mértékben járuljunk hozzá azok megvalósításához. Az erre vonatkozó előmunkálatok a Tervező Irodával karöltve már megindultak és remélem, hogy ilymódon a tudományos munkák gyakorlatba történő átültetésével eredményesen segítjük elő tervfeladataink teljesítését és túlteljesítését, dolgozó népünk hatalmának megerősödését.

CSŰRÖS ZOLTÁN akadémikus, elnök zárószavai

A mai előadások után érdekes kép bontakozik ki előttem, amely szélesen vet fényt több intézmény együttműködésére és alkotó munkájára. Az ipari körök érdeklődése fokozódik a kulcsponti kérdésre, mely az utóbbi évtizedek munkája nyomán a hazai cellulózkérdés megoldását jelenti.

Ezt mi sem jellemzi jobban, mint az előadás hozzászólásaiból felbukkanó érdeklődés és a hozzászólások imponáló száma.

Érdeklődés nyilvánult meg az erjesztés és furfurolgyártás, a lignin, mint cserzőanyag, a vanillingyártás stb. terén.

Nemrégen még a fával kapcsolatban az volt a helyzet, hogy vagy desztillálták, vagy pedig feltárták a cellulózt, amikor elveszett a lignin belőle. A világ minden részében folyó kutatómunka éppen arra irányul, hogy ne csak cellulózt nyerjenek ki, hanem az igen magas százalékban keletkező melléktermékeket is fel lehessen használni.

Az előadásban elsősorban a szalmacellulózról és papíripari felhasználásáról volt szó. Ez természetesen nem hiba, hanem kötelesség, hogy sorrendileg is a kutatóintézet a cellulóz előállítására és papíripari felhasználására törekedjen.

Nyilván Vámos elvtárs nem panaszképpen említette meg, hogy a felvetődött problémáknak megoldása több éves terv. Ez a kutatókat mindig csak örömmel tölti el. Ha nem lenne annyi probléma és megoldatlan kérdés, nem lenne szükség a Kutató Intézetre. Megnyugtató módon domborodik ki, hogy kormányzatunk bölcsen megalapozta és felszerelte a tudományos intézeteket

és erősíteni akarja azokat az intézeteket, amelyeknek vannak és legyenek is problémái. Ebből bontakoznak ki a követendő és sokat igérő eredmények.

Szerencsét kívánok az előadónak és munkatársainak munkájához és megköszönöm a szép és igen értékes előadást. Ha módomban lesz, az Akadémián jelenteni fogom, mint a Könnyűipari Állandó Bizottság tagja, hogy a mai napon milyen értékes előadásokat hallottam, amelyekből kitűnt, hogy a tudományos terveket a gyakorlati eredményekkel milyen szerencsésen tudják egyesíteni. Olyan előadásokat hallottunk, amelyek bízvást kelthetnek minden hallgatóban örömet és reményt az elkövetkezendő problémák megoldását illetően.

TARTALOMJEGYZÉK

Kiss Árpád könnyűipari miniszter: A Magyar Tud. Akadémia 1951. évi nagygyűlésén a Könnyűipari Állandó Bizottság első ülésének megnyitója 1

Dischka Győző: Fáradási elmélet új szempontjai szálasanyagokon 5

Hozzászólások: Bátori Ferenc 19
Bojtár Pál 19
Varsányi Gyula 20
Rusznák István 21
Hajmási Tibor 22
Fehér István 22
Zilahi Márton 23
Czeglédi Gyula 24
Kiss Árpád könnyűipari miniszter zárószavai 24

Rusznák István: Bentonitféleségek egyes kolloidkémiai sajátságainak felhasználása a kikészítő iparban 25

Hozzászólások: Garai Imre 31
Csűrös Zoltán 33
Keszeg Géza 34
Polgár János 34
Zilahi Márton 34
Kiss Árpád könnyűipari miniszter zárószavai 34

Lakner Kálmán: Új módszerek nagy pektinbontó-képességű baktérium kultúrák kitenyésztésére és közvetlen alkalmazására a háncsrostok nagyipari feltárásában 35

Hozzászólások: Glaser Aladár 42
Rusznák István 42
Balogh Imre 43
Székely András 43
Győri Miklós 43
Komor László 44
Lakner Kálmán válasza 44
Buzágh Aladár akadémikus zárószavai 44

Fehér István— Brugger Frigyes: A gyapjúzsírtartalom gyors meghatározása fotometriás úton a cholesterin meghatározása alapján és annak alkalmazása a szőrmemosásnál 47

Hozzászólások: Balázs Ádám 54
Buzágh Aladár akadémikus zárószavai 54

Salamon Marian: Faanyagok 100° C alatti és feletti hőlégszárításának újabb kutatási eredményei 55

Hozzászólások: Lübke Róland 67
Krikovszky Sándor 68
Rózsa György 68
Klemens Béla 69
Pauncz Gyula 69
Salamon Marian válasza 69
Csűrös Zoltán akadémikus zárószavai 69

Vámos György: Újabb kísérletek a szalmacellulóz előállítására és papíripari felhasználására 71

Hozzászólások:
Gáti Péter 94
Kunos Kornél 94
Daut János 95
Morvay Sándor 96
Dominkó Gábor 97
Tóth Géza 97
Létay Alfréd 98
Pelcz Antal 98
Koltai György 98
Katona Kálmán 98
Lengyel Pál 99
Csűrös Zoltán 99
Vámos György válasza 99
Csűrös Zoltán akadémikus elnök zárószavai 101

Akadémiai Kiadó (Budapest V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda Gerlóczy-u. 2. — 16986/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc

Ára: 14,— Ft

Akadémiai Kiadó (Budapest V., Alkotmány-u. 21.) Felelős: Mestyán János

Akadémiai nyomda, Gerlóczy-utca 2. — 16986/52 — Felelős vezető: ifj. Puskás Ferenc