

Az épületek tartószerkezeti analízisének és optimalizálásának egyfajta szakaszos megközelítése

*Turda Dan, Cucu Liviu, Dr. Gobesz Zsongor,
Dr. Chiorean Cosmin, Homorodean Daniel*
Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia

1. Bevezető

A számítástechnika fejlődése természetszerűen maga után vonja más tudományterületek eszköztárának a minőségi és mennyiségi bővülését, ezáltal lehetőséget teremtve új elméleti modellek alkotására, illetve alkalmazására is. Az e cikkben vázlatos leírásra kerülő kutatás még jóformán gyerekcipőben jár. Mind a bemutatásra kerülő eszköztár, mind maga a nézőpont, valamint az eddig meghatározott jellemzők valószínűleg többszörös átalakuláson illetve fejlődésen fognak átesni az elkövetkező hónapokban. Az eszköztár saját szerkesztésű komponensei több programozási nyelven íródtak (Java, C, C++, perl és XML), többségük jelenleg is kísérleti fejlesztés alatt áll, ezért még nem üzemképesek.

1.1. Genetikai algoritmusok és genetikai programozás

A genetikai algoritmusok (GA) legfőbb jellemzője a biológiai fejlődés utánzása, vagyis: a legmegfelelőbb túlélése. Ennek megfelelően, egy bizonyos népességi alakzatra – több tervezési szempont figyelembevételével – véletlenszerű operátorokat alkalmazunk (determinisztikus operátorok helyett) a körülhatárolt népesség minden egyes tagja esetében. Ezek az operátorok, mint például a mutáció, az átfedés vagy a kiválasztás, biztosítják a szükséges egyedek népességen belüli számát, egyúttal biztosítva a legmegfelelőbb egyedek túlélését a következő generáció kialakulásához.

Lépésenként fogalmazva egy ilyen algoritmus a következőképpen íródna:

01. Tartószerkezetek véletlenszerű népességének a létrehozása;
02. Minden egyed kiértékelése, a feladat megszorításai, valamint a kizáró szabályok alapján;
03. Minden egyed megfelelésének a kiértékelése és a legmegfelelőbb egyedek kiválasztása;
04. Újrateremtés a mutáció és az átfedés genetikai operátorok alkalmazásával;
05. Visszatérés a második lépéshez, ha a kimeneti feltétel nem teljesül.

A genetikai megközelítés magába foglalja a genetikai programozást is. Míg a genetikai algoritmusok egy kromoszómát sorként (vagy egyéb lineáris alakzatként) ábrázolnak, a genetikai programozás az egyedek adatait ágazatként próbálja kezelni. Ezen ágazatokat pedig következetesen fel lehet használni az egyes egyedek genetikai adatainak a módosítására, egy jobb hatékonyság elérése érdekében. A genetikai programozás alkalmazása figyelemre méltó a tudáshalmazok (tudás-bázisok) keretén belül, amennyiben egy genotípusra alkalmazott eljárás általában egy jobb egyed eredményez.

1.2. Algoritmusok gradiens-alapú eljárásokhoz

Egy ilyen algoritmus a következőképpen festene:

01. A javasolt tartószerkezet elemzése (belső erők, elmozdulások, feszültségek stb.);
02. Minden egyes tervezési változó tartalmi átértékelése egy csekély mennyiséggel;
03. Az érzékenység (befolyásoltság) elemzése;
04. A tartószerkezet megváltoztatása a kapott érzékenység alapján;
05. Visszatérés az első lépéshez, amennyiben a kimeneti feltétel nem teljesül.

A gradiens-alapú eljárást szekvenciális kvadratikus programozási (SQP) eljárásnak határozzuk meg [2]. Az efféle eljárások a helyi görbületi információkat használják fel (melyek az eredeti függvények linearizálásából származnak), az optimalizálási folyamat során kapott pontokban a tervezési változók figyelembevételével.

Helyi optimalizáláshoz ezeket az algoritmusokat folytonos tervezési változókkal vesszük figyelembe. Egy esetleges példaként megemlíthetjük a gerendákat egy sík keretszerkezetben, mely esetben a gerendákon keresztmetszeti optimalizálást hajthatunk végre. A tartószerkezet alkati optimalizálása során a gerendákat kizárhatjuk a véletlenszerű generálásból, időt nyerve ezáltal.

Ezek az algoritmusok nem szükségeltetnek ágazatos ábrázolást.

1.3 Különálló változók

Egy ágazat-és-kötélék algoritmus van leírva a [4]¹-ben. Az eljárás tágasan alkalmazható döntéshozó feladatokban, ahol az eredmények csak átrendezés által viszonyulnak egymáshoz vagy többszörös objektív függvényeknek vannak alávetve.

Röviden, egy ilyenfajta algoritmus: inicializálást, particionálást és kiértékelést, kizárást illetve teljesülést foglal magába.

Ezek az algoritmusok nagyon alkalmasak ágazatos ábrázoláshoz.

1.1 1.4 Egy pár szó a tudás-alapú rendszerekről

Egy tudás-alapú rendszer (*KBS*) nagyon összetett objektum. Bár nem áll szándékunkban meghatározni e cikk keretében, hogy mit is jelent egy tudás-alapú rendszer, meg kell azért említenünk, hogy a mi szempontunkból melyek azok a leglényegesebb jellemzők, amelyek egy ilyen rendszer kéne kínáljon.

Egy tudás-alapú rendszer lehetőséget kéne nyújtson:

- (i.) a tudás tárolására, többszörös összefüggések (elágazások) és feladatkörök szerint;
- (ii.) keresésre;
- (iii.) frissítésre.

Nem térünk ki arra, hogy miként születnek, tárolódnak vagy módosulnak az ágazatok. Viszont, hadd szemléltessünk egyszerű példaként egy többé-kevésbé XML-ben írt tudást ábrázoló ágazati részletet (lásd az 1.1-es ábrát).

```
01 <frame>
02 ...
03   <action>
04     ...
05     <increase>
06       <beam:analysis="elastic", cause="failure", \
07         value="yes, what="height", check="Iy_Iz_ratio"/>
08     </increase>
09     ...
10   </action>
11 ...
12 </frame>
13 ...
14 <Iy_Iz_ratio>
15   <seismic_strong maxvalue="3"/>
16   <seismic_medium maxvalue="5"/>
17   <seismic_weak maxvalue="10" check="stability_local"/>
18   ...
19 </Iy_Iz_ratio>
20 ...
21 <stability_local>
22   <rect_sect action="null"/>
23   ...
24 </stability_local>
```

1.1

Egy egyszerű XML példa.

Persze, egy ilyen ágazatos ábrázolás kialakítása nagyon sok munkát igényel. Mérnöki körökben viszont számszerint aránylag kevés szó, kifejezést illetve adatábrázolási módot használunk. Amennyiben ezeket az elemeket sikerül jelentések és problémakörök szerint rendszerezni, akkor tudás- illetve szabály-forrást alkothatnak egy szakértői rendszerhez. Miután sikerül a tudás-bázist létrehozni, ez kell majd a különböző tervfuttatások során az összegyűlt tudást az általunk megszabott utasítások alapján beiktassa. Amint ezt az adathalmazt be iktatják és szervezik, értékes információforrást fog képezni mind az emberi szakértők, mind a gépi programok számára.

¹ Az eredeti kutatás szerzői Herve[5] és Roy[6]. Az ágazat-és-kötélék algoritmusok területe nagyon szerteágazó, mivel nagyon sok kutatást és fejlesztést foglal magába. Mivel tetszetősnek találjuk a szerkezetét és feltételezzük, hogy jó eredmények érhetők el vele, tesztelni szeretnénk a fenti művekben említett algoritmust.

2. Ember-gép kölcsönhatás

Bár az ember-gép kölcsönhatás olyan pszichológiai kérdéseket is érint, melyek messze állnak kutatási céljainktól, néhány megjegyzést mégis fontosnak tartunk ejteni róla.

Egy terv szervezett lebonyolítása során tudás- és képességszerzés történik. Nevezhetjük ezt egyszerűen tapasztalatnak. A mérnöki munka esetében a tapasztalat fontos szerepet játszik az elemzési folyamatban és nagyon fontosnak bizonyul az optimalizáló folyamatokban.

Nincs szándékunkban az emberi szakértelmet úgynevezett gépi szakértelemmel helyettesíteni. Bár korábban már említést tettünk a szakértői rendszer fogalmáról, a következő paradigmához kívánjuk kötni magunkat:

$$\text{szakértői rendszer} = (\text{emberi kreativitás} + \text{emberi képességek} + \text{emberi tudás}) + \text{gép} - \text{tárolt tudás} \quad (1)$$

Ez a korlátozás a saját értékelésünkéből adódik a jelenlegi kutatás illetve ipari implementálás szintjeire alapozva [1]. Véleményünk szerint a tudás-alapú rendszerek nem nyertek eddig sem tágas sem elégséges le-szűkített alkalmazási területet. Mérnöki körökben pedig eddigi megfigyeléseink szerint aránylag kevés efajta technikát karoltak fel.

Mindezek mellett létezik egy félig-meddig filozófiai értékelés is. Azok a próbálkozások, melyek összességükben az emberi tapasztalatot a géppel próbálják helyettesíteni, a *soft computing* (lágy programozás) fogalmához vezetnek. Ez a fogalom abban különbözik a szokványos (*hard*) programozástól, hogy ez utóbbtól eltérően az előbbi eltűri a pontatlanságot, a bizonytalanságot és a részleges igazat. Végül is ez természetes, hiszen a lágy programozás által követett modell az emberi agy működését próbálja utánozni [3].

Bár egyetértünk azzal, hogy a lágy programozás, vagy még inkább a *fuzzy* rendszerek, fontos szerepet játszanak a tartószerkezeti elemzés és optimalizálás területén, mégsem tudják helyettesíteni az előbbi ((1)-esel jelölt) kifejezésben az emberi alkotóképességet és találékonyságot. Ahhoz, hogy a *fuzzy* ábrázolást valamennyire érzékeltessük, elég, ha az 1.1-es ábrával szemléltetett példában a 15., 16. és 17. sort megváltoztatjuk. Az eredmény a következő (2.1-es) ábrán követhető.

```
...
15 <seismic_strong maxvalue="3" tolerance="10%"/>
16 <seismic_strong maxvalue="5" tolerance="20%"/>
17 <seismic_strong maxvalue="10" tolerance="30%" \
    check="stability_local,stability_general"/>
...
```

2.1

Tűrőhatár bevezetése, fuzzy-bb változat.

Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy amennyiben népességként kezeljük az érintett halmazt, több olyan egyedet kapjunk, amelyek megfelel a kiválasztási feltételeknek. Ennek a változatosságnak a lecsökkenése pedig az ember feladata lenne.

3. Használt eszköztár

3.1. Egy pár szó a nyitott rendszerekről

A számítástechnika különböző területein a nyitott rendszerek (*Open Systems*) fogalmát nagy általánosságban olyan programcsomagokra alkalmazzák, amelyek magukba foglalják, minden felhasználó számára hozzáférhetően, a forráskódot is.

Ez a forráskód tulajdonképpen egy adag tudás. Saját tapasztalatunk szerint legalább olyan nehéz egy jó könyvet írni, mint egy jó programcsomagot. Ugyanakkor senki sem állíthatja teljességgel azt, hogy amit alkotott az mindenekfelett eredeti és egyedi (bár kikerüljük a tudományos kutatás berkeiben kerengő misztikus vitákat, ki kell hangsúlyoznunk, hogy az abszolút igazság valahol felettünk van – példának okáért ez a cikk is tartalmazhat hibákat!).

A továbbiakban is szabadon fogunk elméleteket, kijelentéseket és más tudományos munkákat használni. Gauss, Legendre, Bernoulli és még sokan mások sem igényelnek anyagi juttatásokat azért, hogy eredményeiket és eljárásaikat mi is használhassuk. A fontos az, hogy elismerjük bárkinek a munkáját, nem pedig az, hogy önző alapon elrejtjük a tudást.

Nem tartozik ezen írás céljához egy kiterjedő elemzés alkotása a kulturális (tudományos) kereskedelmi nézetekről, de optimisták kéne legyünk. Ez az optimizmusunk a nyitott rendszerek világára és ezen belül a nyílt forrás mozgalomra (*Open Source Movement*) alapozódik. Ez utóbbi talán érdemel egy pár sort ebben a cikkben.

Minden munkánk nyílt forrású programcsomagokra alapozódik. Mindenki számára nyilvánvaló, hogy egy olyan nyílt forrású operációs rendszer mint a Linux® megelőzi a kereskedelmieket, legalábbis ami a hálózati működést illeti. Egy igen hatékony relacionális adatbázis (RDBMS), a PostgreSQL kínál számunkra számos hasznos jellemzőt. A földgolyón talán leghasználtabb hálózati szerver (Apache) segítségével „böngészhetünk szerkezeteket”. Nem hagyhatjuk említés nélkül a Java® platformot sem, valamint az XML-hez fűződő eszközök rengetegét.

Reméljük, az előbbi sorokból is kitűnik, nyitott rendszerek segítségével stabil és megbízható alkalmazási modellekhez vezetett az eredetileg elméleti kutatók által elindított munka. Sajnos nincs tudomásunk e téren eredményes közreműködésekről más mérnöki szakterületeken.

Talán az XML, valamint a szakterület-specifikus sémák² elterjedésével a közeljövőben lehetőség nyílik legalább a strukturált tudás-bázisok kialakulására és megjelenésére.

3.2. Szerverek és kliensek

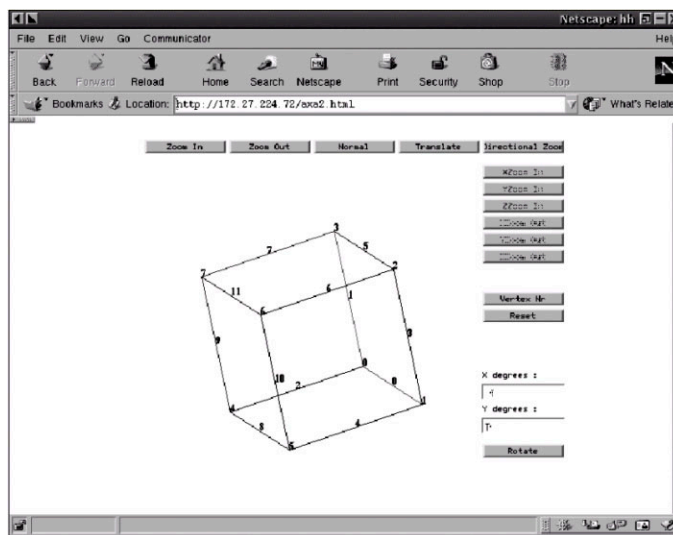
Végezetül, visszatérve az általunk javasolt rendszerhez, tulajdonképpen egy kliens-szerver megoldást alkalmazunk. A hardver felől közelítve, a rendszer működéséhez gyakorlati szinten elegendes egy számítógép. A szoftver szempontjából viszont egy olyan architektúrát igyekszünk fejleszteni, ami a következő szervereket csoportosítaná:

- hálózati (Apache),
- adatbázis (PostgreSQL),
- számítási (Linux).

A számítási szerverrel való összeköttetés egy hálózati böngésző segítségével valósul meg, elméletileg korlátlan számú³ kliens számára. A tartószerkezetek adatai adatbázisok keretén belüli táblázatokban tárolódnak (minden egyes projekthez egy külön adatbázis van rendelve). A tervbeli adatokat szabadon fel lehet használni, a felhasználónak pedig nem kell az adatmentéssel törődnie.

Irodalom

- [1.] GOBESZ F.Zs.: Contribuții la realizarea sistemelor expert în domeniul construcțiilor. Doktori disszertáció, Kolozsvári Műszaki Egyetem, Románia, 2000.
- [2.] PAPADRAKAKIS M., LAGAROS N.D.: Advances in structural optimization. Szerkezetelemzési és földregéskutatási intézet, Nemzeti Tehnikai Egyetem, Athén, Görögország, 1997.
- [3.] VOSS M.S.: Complex Adaptive Systems + Soft Computing = Emergent Design Systems. Harmadik nemzetközi IASTED konferencia, Mesterséges intelligencia és lágy programozás, Banff, Alberta, Kanada, 2000.
- [4.] CELLA A., SOOSAR K.: Discrete Variables in Structural Optimization. Optimum Structural Design c. könyvből, John Wiley & Sons kiadó, editorok: Gallagher R.H., Zinkiewicz O.C., 1973.
- [5.] HERVE P.: Les Procédures Arborescentes d'Optimisation. Revue d'Ing. et de Rech. Oper., #14, 69-80. old., 1968.
- [6.] ROY B.: Procedure d'Exploration par Separation et Evaluation. Revue d'Ing. et de Rech. Oper., #3, V-1, 61-90. old., 1966.



3.1

Egyszerű modell szerkezeti megjelenítése közismert hálózati böngészővel.

² Tájékozódáshoz nagyon jó kiindulópontként szolgálhat a <http://www.aecxml.org/> címen összegyűjtött és rendszerezett kutatások stádiuma. A problémakör interoperabilitási kérdésekkel is összefügg, de ezt a jelen írásban inkább mellőzzük.

³ Gyakorlatilag a felvázolt rendszer tesztelését öt kliens egyidejű csatlakozásával végezzük.

A Magyar Keleti Vasút Nagyvárad–Kolozsvár–Brassó fővonala és a hozzácsatlakozó szárnyvonalak

Dr. Horváth Ferenc¹, Dr. Kubinszky Mihály²

¹ny. MÁV mérnök, főtanácsos, ²ny. egyetemi tanár

(folytatás a Műszaki Szemle előző számából)

Erdély fővonalának építéséért folyó harc 1864-ben az arad-gyulafehérvári vasút javára dőlt el, amikor ennek a vonalnak az építését engedélyezte elsőként az osztrák kormányzat. A Nagyvárad-Kolozsvár vasútvonal létesítésének hívei azonban tovább folytatták küzdelmüket az Erdély fővárosába vezető vasút érdekében. Törekvéseiket végül siker koronázta. Két évvel később, 1866-ban megkapták a vonal építési engedélyét. 1868-ban megkezdték az építkezést és 1870 szeptemberében befutott Nagyváradról Kolozsvárra az első vonat. Csaknem pontosan egy évvel később pedig, 1871 novemberében Kolozsvár felől is elérte a vasút Gyulafehérvárt.

A Nagyvárad-Kolozsvár vonal előmunkálatainak engedélyezése nem kis mértékben annak az enyhülő politikai légkörnek volt köszönhető, amely az 1867-es kiegyezést megelőzte. Az építkezés megkezdése pedig már a második felelős magyar kormány érdeme. A szárnyvonalakkal együtt 603 km hosszú Nagyvárad-Kolozsvár-Brassó fővonal sok nehézség árán, többször módosított határidőkkel, de végül is öt év alatt elkészült, és utolsó részét is megnyitották 1873 nyarán.

1870-ben helyezték üzembe a nagyvárad-kolozsvári vonalszakaszt, 1871-ben a kocsárd-tövis-gyulafehérvárit és a kocsárd-marosvásárhelyit, 1872-ben a tövis-kiskapus-medgyesit, a medgyes-segesvárit és a kiskapus-nagyszebenit, 1873-ban a segesvár-brassóit és a kolozsvár-kocsárdit (23. ábra).

A Magyar Keleti Vasút vonalainak 1876. évi államosítása után a MÁV még két rövid vonalat épített és helyezett üzembe a fővonallal csatlakozóan:

1879. június 10-én Brassó és Tömös országhatár közötti nemzetközi vonalat (25 km) Románia felé.

1883. július 19-én, a Gyéres-Torda szárnyvonalat (9 km), amelynek építésére engedélyt annak idején a Keleti Vasút kapott.

3.1. A Nagyvárad–Kolozsvár–Brassó vasútvonal engedélyezésének előzményei

A nagyvárad-kolozsvári vasútvonal építésének terve már az 1835. és 1848. évek között készített hazai vasúthálózati tervekben felmerült. 1848-ban pedig a pozsonyi országgyűlés megszavazta a XXX. törvénycikket, amely 8 millió Ft hitel felvételére hatalmazta fel az első felelős magyar kormányt. Ebből az összegből több vasút, köztük a Nagyvárad-Kolozsvár vonal építéséhez is anyagi támogatást szándékozott nyújtani az országgyűlés. A vasút területének felméréséhez szükséges mérnöki munkákat ekkor meg is kezdték, de a mérési adatok a szabadságharc után a budai haditörvényszék irattárában valami módon elvesztek. Ebben valószínűleg közrejátszott az is, hogy az osztrák kormány eleve az arad-gyulafehérvári vonal építését részesítette előnyben.

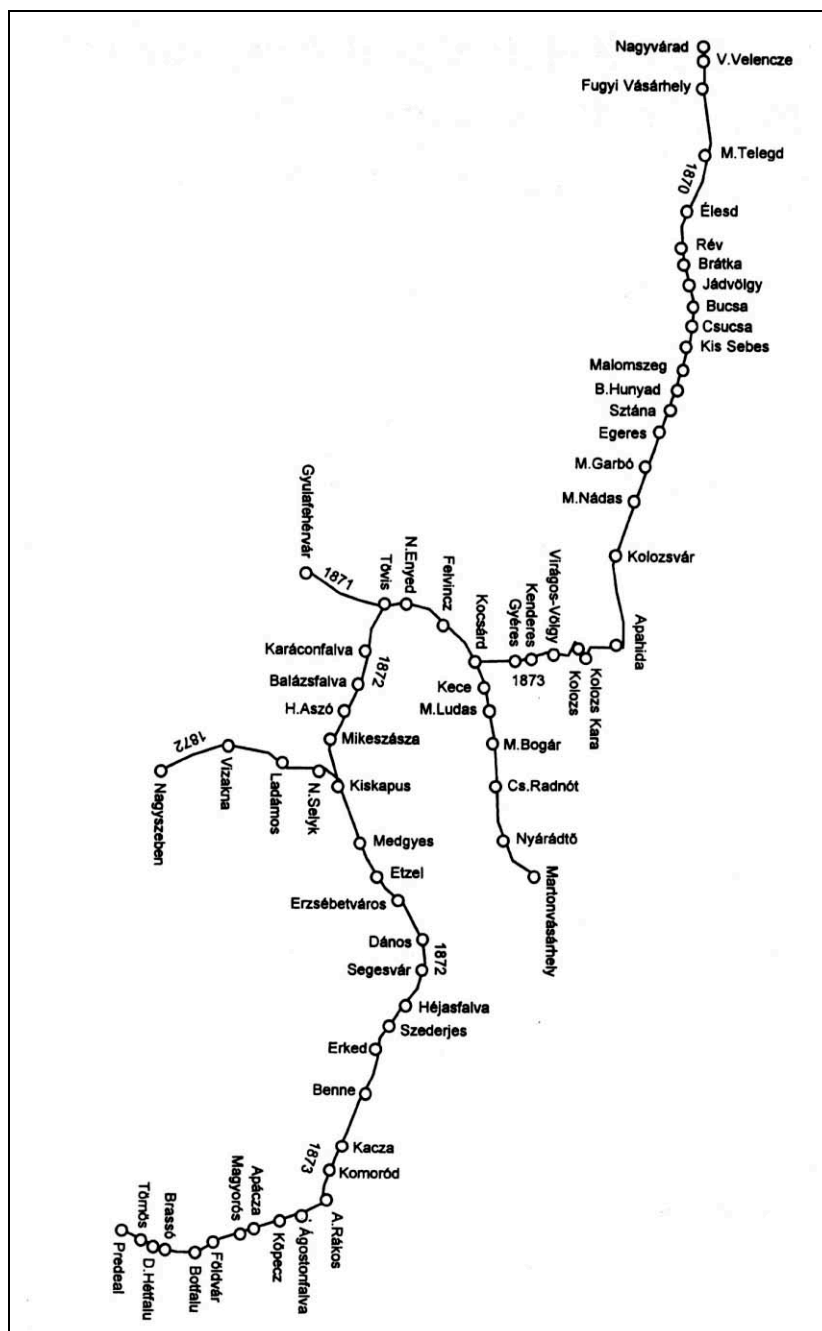
1850. után, az abszolutizmus időszakában a magyar országgyűlés nem ülésezett. A nyilvánosság hiányában a gazdasági szakemberek és a politikusok az Országos Magyar Gazdasági Egyesületben vitatták meg a hazai vasúthálózat fejlesztési terveit és emlékiratban fejtették ki erről a véleményüket. Ennek a megalkotásánál az 1848. évi XXX. törvénycikket tekintették kiindulási alapnak. Álláspontjuk szerint a magyar érdekeket ez a törvény foglalta össze a leghívebben és az osztrák kormány vasútépítési programjának magyarországi hiányosságait csak ehhez a törvényhez való visszatéréssel lehet megszüntetni. A hazai közélet élénkülése megmutatkozott abban is, hogy Erdélyben néhány évvel a szabadságharc bukása után, már 1856-ban gróf Toldalaghy Ferenc elnökletével vasúti bizottság alakult, amely a nagyvárad-kolozsvári vasútvonal megépítését tűzte ki céljául és elhatározta a vasút előmunkálatainak újbóli elindítását, valamint a vasútépítéshez részvénytársaság alapítását.

Az építkezés megkezdése érdekében a bizottság kemény harcot folytatott, amelynek végül is az lett az eredménye, hogy az osztrák kormányzat elvben már 1866-ban, a kiegyezést megelőző évben hozzájárult a vasútvonal építéséhez. Az Osztrák Vasútépítési Igazgatóság a bécsi cs. kir. Vasúti és Hajózási Főfelügyelőséget – a később megalakult budai főfelügyelőség elődjét – bízta meg a nyomvonal kitzűzésével. A kitzűzési mun-

kák el is kezdődtek, de nagyobb mértékben csak a kiegyezés után, 1867 nyarán folytatódtak, amikor az újonnan összeült magyar országgyűlés is foglalkozni kezdett a vasút építésével (24. ábra).

A magyar képviselőház 1867. július 2-án hozott határozatot a Nagyvárad-Kolozsvár-Brassó vasútvonal építésére, kimondván a Nagyvárad-Kolozsvár vonalszakasz sürgősségét. A következő évben, 1868-ban a XLV. törvénnyel erősítette meg az építési engedélyt. A törvény a Nagyvárad-Brassó fővonalon kívül három szárnyvonal (Gerend-Marosvásárhely, Kiskapus-Nagyszében és Tövis-Gyulafehérvár) építését is előírta. A törvényben megszabott nyomvonalat az országgyűlés két ízben, az 1869. évi XXIX. és az 1870. évi XLVII. törvénnyel kisebb mértékben módosította. Ennek következtében a marosvásárhelyi vonalat Kocsárdról ágaztatták ki és a fővonal nem Tordán, hanem Gyéresen vitt át, Torda csak szárnyvonalat kapott.

Vitatott volt a vasútvonal Nagyvárad-Kolozsvár közötti szakaszának vonalvezetése is, végül a kormányzat a legrövidebb, de ugyanakkor a nagy munkával járó Nagyvárad-Rév-Bánffyahunyad-Kolozsvár irány mellett döntött:



23. ábra

Korabeli „Térvázlat” a magyar Keleti Vasút fő- és szárnyvonalairól a fontosabb állomások feltüntetésével. Az ábra feltünteti a vonalszakaszok üzembehelyezési éveit is

M. kir. közmunka és közlekedési minisztérium.

Jegyzőkönyvi szám 4876 1867 Együttal elfintóztott szám

Májer osztály *Karl. M.*

A beadvány száma: 1675 Határidő: _____
 kelte: 7/9 Kiadó hivatalba érkezett: 1/10
 beérkezése: 2/9 Másolta: _____
 Összevontatva: 1/10

Tárgy:
A cs. kir. vasúti főfelügyelőség
bejuttatás a Nagyvárad
Kolozsvári vasútvonalra
vonatkereseti lejtmerési jegyzőkönyveket megküldés.

Kiadatott: 1/10 Kivonatolt: _____
 Az igató hivatalban kivonatolt: _____
 Irattárba érkezett: 1/10
 Előirat száma: _____
 Utóirat száma: _____

Hátirat

a beadvány és csatolmányai
15 db példányban
megbízottaknak

6/10 E. M.
A magy. kir. vasúti
építészeti igazgatóság
felügyelőjének küldték.

1867. 7. 9.
Georg *Katona*

4876	1867
Kutató	Tétel
103	9
Alapszám	

MAGYAROS IRELLIA

24. ábra

1867. július 9-én a cs. kir. Vasúti Főfelügyelőség megküldi a Nagyvárad-Kolozsvár vasútvonal lejtmerési jegyzőkönyveit a M. kir. Vasúti Építészeti Igazgatóságnak

3.2. A Magyar Keleti Vasúttársaság megalakulása

A vasútvonal első, Nagyvárad és Kolozsvár közötti szakaszának építésére a minisztérium pályázatot írt ki. A kiegészítést közvetlen követő években azonban hazánkban még nem alakult ki teljesen a vasútépítés és az üzemeltetés rendszere. Többen javasolták emiatt az építkezés és az üzemeltetés összevonását, és a pályázatot kiterjesztették az üzemeltetésre is a kamatbiztosítás engedélyezésével együtt.

Az 1868. augusztus 23-án megtartott engedélyezési tárgyalásra két magyar és egy angol cég árajánlata érkezett meg. Gróf Bánffy Miklós és társai 53000 Ft, báró Szentkereszty és társai 55000 Ft, az angol Charles Waring és társai 39800 Ft összegű évi állami garanciát kértek mérföldenként.

A minisztérium az angol Waring Brothers & Eckersley céget bízta meg az építkezéssel, nemcsak azért, mert a legkedvezőbb ajánlatot adta, hanem mellettük szólt az is, hogy a cégnek megfelelő vasútépítési gyakorlat volt. Az angol cég vasútépítési munkákat végzett Európa és a világ több államában, Olaszországban, Spanyolországban, Törökországban, Brazíliában és Kelet-Indiában. Angliában a Themse alagút, az Alpokban a Monte Cenisén átmenő vasút építése fűződik a vállalat nevéhez. A Waring Brothers & Eckersley cégnek forgalmi (üzleti) és építészeti osztálya működött. Az építkezéseket William Eckersley személyesen irányította, segédje és üzletvezetője A. Garner, a Waring testvérek megbízottja pedig Petler Herz lovag volt.

A kivitelezési szerződést a minisztérium a Waring céggel a Nagyvárad–Kolozsvár vonalra 1868. augusztus 21-én kötötte meg. Ezután azonban a kormány célszerűnek tartotta, ha a Brassóig tervezett vonalat teljes hosszában a Waring cég építi meg. Ennek érdekében felszólították a vállalatot, hogy az egész vonalra nyújtson be pályázatot. Ez így is történt.

A Waring cég időközben megszerezte Herz Gyula főmérnök terveit, amelyet korábban az Országos Magyar Gazdasági Egylet megbízásából készített. Ez alapján 1868. november 1-jén tette meg a cég árajánlatát, amelyben az egész vasútvonalra a törlesztési hányadon kívül mérföldenként évi 48 ezer Ft kamatbiztosítást kért. A kormányzat az ajánlatot elfogadva terjesztette az engedélyezést az országgyűlés elé, amely azt az 1868. évi XLV. törvénycikkben jóváhagyta.

A törvény alapján kiadott engedélyokmányban Waring és társai jogot nyertek részvénytársaság alapítására, amit rövidesen létre is hoztak. A Magyar Keleti Vasúttársaság néven megalakult részvénytársaság ezután részvényeket adott ki. Ugyanakkor az állam vállalta, hogy a teljes vonalhosszra is a megnyitás napjától kezdve évenként és mérföldenként 46750 osztrák értékű forint tiszta jövedelmet biztosít, ha a bevétel ezt az összeget nem érné el. Ezen kívül az engedély időtartamára, 90 évig a kormány által jóváhagyott törlesztési terv alapján, ugyancsak évenként és mérföldenként 600 Ft-ot fizet, ha a vállalat nyereségéből nem tudja fedezni a törlesztési hányad kifizetését.

A Waring cég az egész építési területet négy fő és 16 alszakaszra osztotta. Az I. szakasz: Nagyvárad-Kolozsvár, a II. szakasz: Tövis-Gyulafehérvár és Gerend-Marosvásárhely, a III. szakasz: Kiskapus-Nagyszeben, a IV. szakasz: Kolozsvár-Gerend-Szegesvár-Brassó lett. Az egyes szakaszokon elvégzendő munkák mennyisége és értéke nem volt azonos. A vállalkozó ennek ellenére a teljes építési költséget négy egyenlő részre osztotta fel, ami aztán később a visszaélések forrása lett. A vállalat a kivitelezést Chappmann, Roter, Winger, Lien és Kilgaur angol mérnökök irányításával kezdte el, akik valamennyien kiválóan képzett, jó szakemberek voltak. A munkát az 1867-ben megalakított M. kir. Vasútépítészeti Igazgatóság ellenőrizte, amelynek építési felügyelősége Nagyváradon, építési osztályai Mezötelegden, Feketetón, Bánffyhunyon és Kolozsvárott működtek Lott Gyula, Stromszky Sándor, Hegyi Sándor, Nagy István és Nagy Károly mérnökök vezetésével.

A kivitelezés a kezdeti időszakban nagy erővel folyt, sok ezer munkás dolgozott az építkezésnél. Ekkor történt az első visszaélés. A vállalkozó már az előmunkálatokra és az első munkarészekre az elvégzett munkamennyiségnél jóval nagyobb összegű követeléseket nyújtott be. Ennek következtében a rendelkezésre álló tőke gyorsan fogyott és nagyjából már akkor kimerült, amikor a vasútvonalnak még csak az első szakasza készült el. Az előrelátható pénzügyi nehézségek miatt a vasúttársaság vezetése az 1870. év végi kereseti kimutatás kifizetésének csak egy részét engedélyezte a kivitelező számára. A vállalkozó többlet munkákra hivatkozva 1870. év elején újabb követeléseket támasztott. A vasúttársaság igazgatótanácsa a békés egyezkedéstől elzárkózó Waring fővállalkozót szerződésszegőnek nyilvánította és a szerződést érvénytelennek minősítette. Ezzel a vasúttársaság elvesztette minden kártérítési jogát a Waring céggel szemben. Waring a munkát befejezetlenül és mintegy 15 millió Ft-os hiányt maga után hagyva eltávozott Magyarországról anélkül, hogy felelősségre lehetett volna vonni.

A Keleti Vasúttársaság újabb hitelek felvéve és részvényeket kibocsátva saját vállalkozásban, Lott Gyula mérnök építésvezetővel, hazai mérnökök irányításával, hazai vállalkozókkal folytatta a munkát és az eredetileg kitűzött határidőkhöz viszonyítva késésekkel ugyan, de befejezte az építkezést.

A vasútvonal építési költsége az előirányozottnál jóval magasabb lett, meghaladta kilométerenként a 178 ezer Ft-ot. Így az építkezés befejezésekor a társaságnak már 17 millió Ft bankadóssága volt. A vasút megmentése érdekében a kormány hajlandó volt megváltani a vasutat és a társaság adósságait átvállalni. 1876 januárjában a részvényesek rendkívüli közgyűlésükön a kormány ajánlatát elfogadták és így a Magyar Királyi Államvasút a társaság vonalainak kezelését 1876. február 1-jén átvette. Az államosítást az országgyűlés az 1876. évi L. törvénycikke jóváhagyta. A vasút irányítását a MÁV csaknem két évig önálló szervezetben hagyta, majd 1878. január 15-én beolvasztotta az államvasúti hálózatba. A Magyar Keleti Vasúttársaság államosított és egyéb erdélyi vasutak vonalainak irányítására alakult meg 1876. november 1-jén a MÁV kolozsvári üzletvezetősége.

Az államosításig kamatgarancia címén az állam 25,1 millió Ft-ot fizetett ki a vasúttársaságnak.

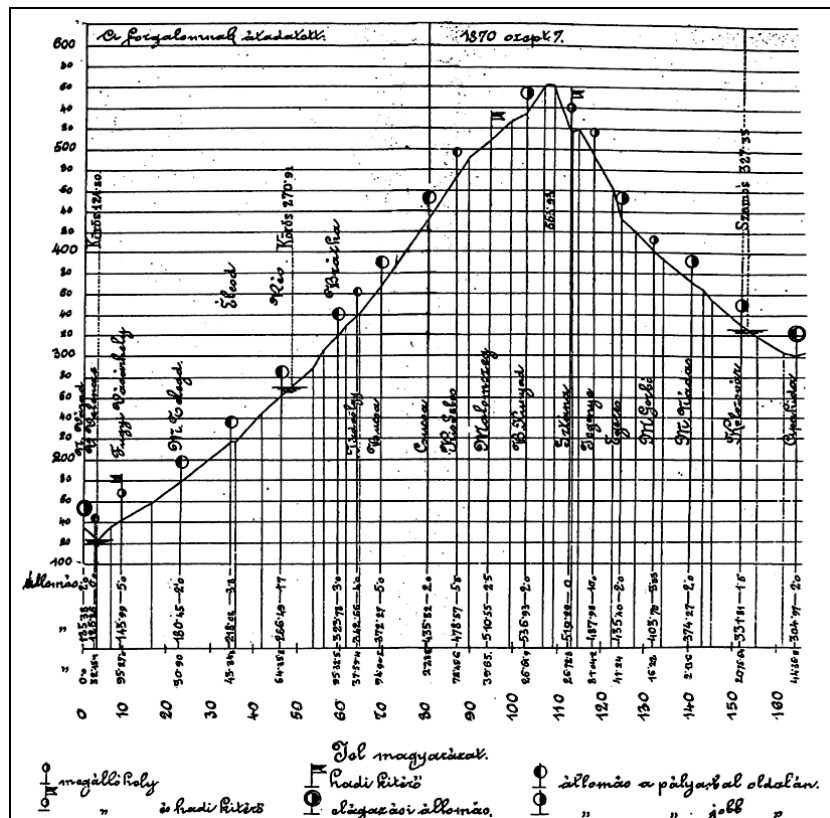
3.3. A Magyar Keleti Vasút vonalainak építése

A Magyar Keleti Vasút a fővonalát három, a szárnyvonalait szintén három szakaszban építette és adta át a közforgalomnak.

3.3.1. A Nagyvárad-Kolozsvár vasútvonal

A Nagyvárad-Kolozsvár vasútvonal a hazai vasútépítés egyik legnagyobb és legszebb alkotása. A vonal a Tiszavidéki Vasút már korábban üzemben lévő püspökladányi vonalának nagyvárad-i végállomásából indult ki. Az állomást a kolozsvári vonal forgalmának fogadására megfelelően bővítették és használatára a Magyar Keleti Vasúttársaság a Tiszavidékivel szerződést kötött. Nagyvárad később valószínű vasúti csomóponttá fejlődött. A régi állomásból kiágazó vasútvonal a város északi részén, művelt területen, leginkább szőlőskerteken át haladt, ahol a terület-kiszajátítás meglehetősen nagy költséget emésztett fel. A vasút a várost

elhagyva a Sebes–Körös völgyébe tért, amelynek hol tágabb, hol szűkebb völgye okozott több-kevesebb nehézséget az alépitmény kialakításánál. A Sebes–Körös, majd később a Nádas patak völgyében haladó, Bihar és Kolozs vármegyét átszelő vasútvonalat északon és délen is magas hegyek zárták el Erdély többi részétől, északon a Réz és a Meszes hegység, délen a Bihari hegység, a Vigyázó és a Gyalui havasok. Ez az oka annak, hogy a rövid bánffyhunad-kiskalotai helyi érdekű és a jádvavölgyi iparvasút kivételével vonalak csak a két végállomáshoz csatlakoztak.



25. ábra

A Nagyvárad-Kolozsvár vasútvonal magassági hossz-szelvénye.
A pálya folyamatosan emelkedik a Bánffyhunad-Sztána közötti zsoboki vízválasztóig, onnan lejtésben halad

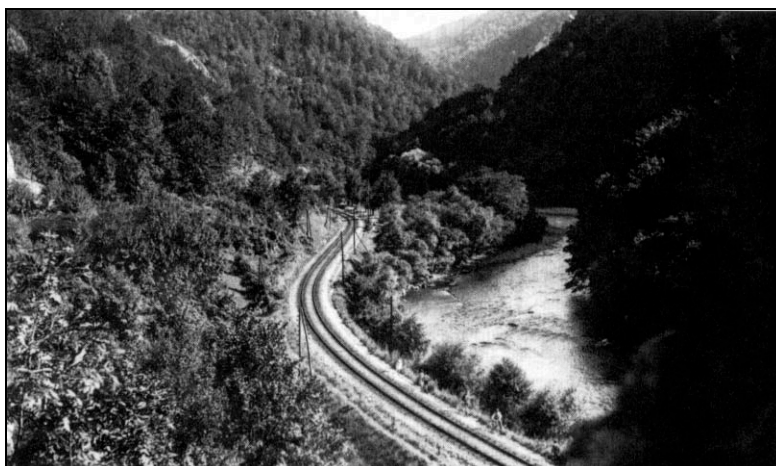
A vasút magassági vonalvezetését és ivviszonyait a Sebes–Körös völgye szabta meg. A pálya Nagyváradtól a Bánffyhunadon túl fekvő zsoboki vízválasztóig állandó 4-9 ‰-es emelkedőben haladt, ugyanis Nagyvárad állomás 136 m magasan van a tengerszint felett, a vízválasztó pedig 564 m magasságban (25. ábra). A pályát a folyó kanyarulatai miatt csak sok ívvel lehetett kialakítani, amelyek között volt 300 m, kivételesen 275 m sugarú is. A vízválasztót átlépve Sztána után a Nádas patak völgyében Kolozsvárig átlag 3-7 ‰-es lejtőn vezetett a pálya, de a lejtő helyenként elérte a 10 ‰-et is.

A Sebes–Körös hol tágabb, hol szűkebb völgyének egyes szakaszai kedvező területet biztosítottak a vasútépítés számára (26. ábra), más szakaszokon azonban csak sok és nehéz munka árán lehetett a pályát kialakítani.

A Körös-völgy szélesebb szakaszain az áradások vízszintje és romboló hatása miatt kellett nagyobb földmunkát végezni és a töltést burkolattal védeni (27. ábra). A völgy keskeny szakaszain, ahol a folyó évezredek alatt a sziklák alá vájta be magát, az alépitmény kialakításához helyenként 50-70 m magasságig kellett a sziklát kibontani. Még a távirdaoszlopok elhelyezéséhez sem volt elegendő hely, a vezetékét is a sziklára erősítették fel.

A vasút mindenütt a Királyhágón keresztül vezető közúttól délre haladt. A tervező megvizsgálta ugyan a Sebes–Körös völgyének elkerülését, de ez csak hosszabb alagút építésével lett volna lehetséges, amit a magas költségek miatt nem javasolt.

A Sebes–Körös megmutatta erejét már az építkezés időszakában is. Az egyik nagyobb esőzés után a patakok vízhozama miatt a Körös vízszintje órák alatt több mint két méterrel megemelkedett és az ár nagy hosszban elmosta a már kész töltést. Ezt a szakaszt később az ár elvonulása után szilárd alapon újra kellett építeni és rézsűjét burkolni.



26. ábra

Nagyvárad-Kolozsvár vasútvonal egyik szakasza a Sebes-Körös völgyében



27. ábra

1868. augusztus 21-én jóváhagyott építési terv
a 10+500-14+700 km-ek közötti szakasról.

A terv több szakaszon feltünteti a tervezett Sebes-Körös szabályozás helyét.

A terv eredetijét aláírták:

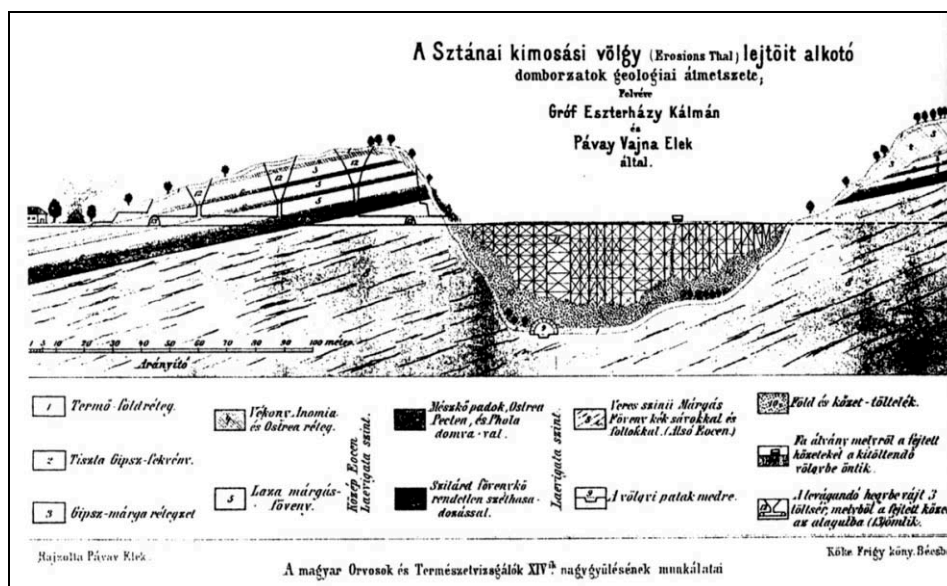
Gróf Mikó Imre miniszter, Achilles Thommen a M. kir. Vasútépítészeti igazgatóság vezetője,
Henri Waring és William Eckersley vállalkozók, Hegyi Sándor szekció vezető.
(A nevek mellett feltüntetett m.p. - manu propria - saját kezűleg kifejezés rövidítése)

A zsoboki vízvásztón áthaladva a vasútépítés nehézségei tovább növekedtek. Zsobokig csak a szűk folyóvölgy és az árvizek okoztak nehézségeket, ezen túl a talajviszonyok is. A kolozsvári medencében ez a terület ugyanis már a Mezőség széléhez tartozott, amelynek talaja vasútépítésre nem volt alkalmas.

A Nagyvárad-Kolozsvár vasútvonal építésekor a tervezők még nem vizsgálták meg a vasút nyomvonalán alaposabban sem az altalaj szerkezetét, sem a töltésepítésre felhasznált földanyag minőségét. Nem volt még talajmechanikai ismeretük sem. A véletlennek tulajdonítható, hogy a vasútvonal építésének kezdetével nagyjából egyidőben, 1869-ben tárták fel a Magyar Földtani Társulat geológusai a kolozsvári medence talajviszonyait. Megállapításuk szerint a medence egykor tengerszem volt, amelynek feltöltődésekor homok és mészkő, valamint agyagrétegek rakódtak egymásra. A vasútépítésnél átmetszett agyagrétegek különféleképpen viselkedtek. A meredekebben fekvő, vastagabb agyagrétegeknél az átázás után gyorsan megkezdődött a csúszás, az enyhébb hajlásúak viszont inkább süllyedtek. Az egymás felett többször változó agyag és homok rétegek között több csúszólap alakult ki. A vasútvonal megnyitása után 1871-ben az építés közben és ezt követően bekövetkezett hiányok miatt a Magyar Keleti Vasút újból kérte a talaj földtani szerkezetének vizsgálatát. A feltárást vezető dr. Pávay Elek geológus részben az előző években végzett, részben új vizsgálatok alapján ismertette a talaj szerkezetét és megállapította, hogy a vasutat az építkezés közben előfordult alépitményi hibák miatt már a műtanrendőri bejárásán sem lehetett volna üzembe helyezni. Véleményét a megnyitás óta, sőt a tanulmány készítésének idején végbement csúszások, omlások és süllyedések ismertetésével is alátámasztotta (28. ábra).

A tanulmányban dr. Pávay Elek megjegyezte, hogy a sztánai bevágásban a csúszás jeleit már az építkezés közben észrevette a lakosság a fatörzsek mozgásából. Kifogásolta azt is, hogy az átvágott rétegeknél nem készült semmiféle vízelvezető, szárító műtárgy és hangsúlyozta, hogy az újra meginduló csúszások ellen egyedül a támfalak nem nyújtanak elegendő védelmet, hanem csak a felszínt és az altalajt átgondolt tervek alapján készített víztelenítő hálózat, árkok, csatornák, szivárgók, tárnák, alagsövek együttes létesítése hozhat eredményt. A Földtani Társulat vezetője már ekkor jelezte, hogy a vasút Kolozsváron túli szakaszán is keletkezhetnek hasonló csúszások a talajviszonyok miatt. A zsoboki vízvásztó és Egeres közötti szakasz alépitményi szempontból az építés idején és később is valóban a pálya legveszélyesebb szakaszának bizonyult a földmozgások miatt. A legnagyobb földmunkát Sztána közelében kellett végezni, ahol egymáshoz csatlakozóan először egy 43 m mély, közel 500 m hosszú bevágásban, majd ezt követően 37 m magas töltésen haladt a pálya. A bevágásban bekövetkezett rézsűcsúszások miatt 220 m-es szakaszon kénytelenek voltak a pályát utólag beoltozni, a faállványzatról épített töltést pedig a nagymértékű süllyedése miatt hosszú időn át utántöltéssel kiegészíteni.

Az egeresi részen előfordult talajmozgások magállítására menet közben támfalakat építettek, majd a vonal megnyitása után 1872. és 1877. évek között a töltések és bevágások vízmentesítéséhez utólag 16 km hosszban szivárgót létesítettek, sőt később 2 km hosszban a pályát is át kellett helyezni. A folyóvölgy gyors feliszapolódása folytán 1880-ban a Nádas patak árvize a pályát több helyen megrongálta, emiatt 1881-ben a pályaszintet 4 km hosszban fel kellett emelni és új partvédő műveket építeni.



28. ábra

Dr. Pávay Elek geológusnak a Földtani Szemlében megjelentetett cikkéből vett ábra, amely a Sztána melletti pályaszakasz agyag és homokrétegekből álló altalaját, valamint a lecsúszott vasúti töltést mutatja meg

A Magyar Keleti Vasút Nagyvárad-Kolozsvár közötti vonalának 152 km hosszú első szakaszát a kivitelező cég változása, a nehéz építési terep, az árvizek, a talajmozgások okozta akadályok ellenére, nyolc hónapos késéssel, 1869. december 31. helyett, 1870. szeptember 7-én sikerült megnyitni.

Az építkezést a vasúttársaság saját irányítással, magyar mérnök vezetésével fejezte be, de az építkezést megkezdő, és egy részét végrehajtó Waring cég és angol mérnökei a vállalkozó pénzügyi visszaélései és a menet közben felmerült építési hibák ellenére is elismerésre méltó munkát végeztek, és sok segítséget adtak a vasútépítésben akkor még kezdő magyar mérnökök számára.

Az építési nehézségeken kívül más szomorú események is megzavarták az építkezés menetét. Több szerencsétlenség, baleset is bekövetkezett, amelynek halálos áldozatai is voltak, akiket Köröstopánnál temettek el, és emléküket szobor is őrzi.

A Nagyvárad-Kolozsvár vasút vonalvezetésének egyes szakaszait többen kifogásolták, részben közlekedéspolitikai, részben gazdasági és műszaki szempontból. Az egyik kifogás az volt, hogy a vasút nagyobb részt lakatlan, erdős területen haladt ahelyett, hogy délebben vezetve Kalotaszeg fálvait, Gyalu és Szászfenes településeit kapcsolta volna be a vasúti közlekedésbe. Műszaki szempontból azt észrevételezték, hogy a tervezők túlságosan ragaszkodtak a folyóvölgyekhez, hogy nem kerülték el a zsoboki vízválasztót, ahol csak hatalmas földmunkával lehetett átvezetni a pályát, és nem kerülték el Egeres és Kolozsvár között azokat a területeket sem, ahol a talajviszonyok nem voltak kedvezőek a vasútépítésre. A vasútvonal helyén sok volt az ingoványos terület, az agyagos és átázásra hajlamos altalaj, a hirtelen áradó hegyi patak. Ezért helyesebbnek vélték volna a pályát hosszabb alagúton át, az 5-6 km-rel délebbre folyó Kapus patak völgyében vezetni. Véleményük helyességét igazolták az építkezés alatt és az azt követő időkben beállott aléptípményi hiányok.

Dr. Horváth Ferenc–Dr. Kubinszky Mihály
MAGYAR VASÚTI ÉPÍTKEZÉSEK ERDÉLYBEN című könyv alapján

(Folytatása következik)

A dinamikus vasúti járműterhelés elméleti meghatározása a pálya tényleges állapotának figyelembevételével

Dr. Kazinczy László

egyetemi docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Út és Vasútépítési Tanszék

1. A dinamikus járműterhelés elméleti meghatározásának körülményei

A vasúti járművek függőleges irányú dinamikus kerékterhelését (Z_{din} [N]) a vasútépítési gyakorlat a statikus kerékterhelés (Z_{stat} [N]) sebességi tényezővel történő felszorzásával határozza meg

$$Z_{din} = \beta \cdot Z_{stat}$$

ahol

β – a sebességi szorzó [-],

Z_{stat} – a függőleges irányú statikus kerékterhelés [N].

A vasutak a β -szorzóban egészen az elmúlt évtizedekig közvetlen módon csak a járművek sebességét vették figyelembe, eltekintve a pálya tényleges állapotától. A képletekben szereplő állandók átlagos pálya-, és járműállapotokat képviseltek.

- Közép-Európai Vasútegylet (1936):

$$\beta = 1 + \frac{V^2}{30000}$$

- Schramm – Betzhold (1957):

$$\beta = 1 + \frac{4,5 \cdot V^2}{100000} - \frac{1,5 \cdot V^3}{10000000}$$

- Schramm (1963):

$$\beta = 1 + \frac{3 \cdot V^2}{100000} - \frac{V^3}{10000000}$$

A vasúti pálya állapotát tükröző dinamikus tényező először a Münchener Műszaki Egyetem által az 1970-es években végzett nagyszámú helyszíni mérések alapján született képletekben jelent meg. A Zimmermann-Eisenmann féle elmélet a kísérleti eredményekre alapozva a mértékadó kerékterhelést a

$$Z_M = Z_{stat} \cdot \beta = Z_{stat} \cdot (1 + t \cdot s)$$

összefüggés révén határozza meg az 1. ábra alapján, ahol

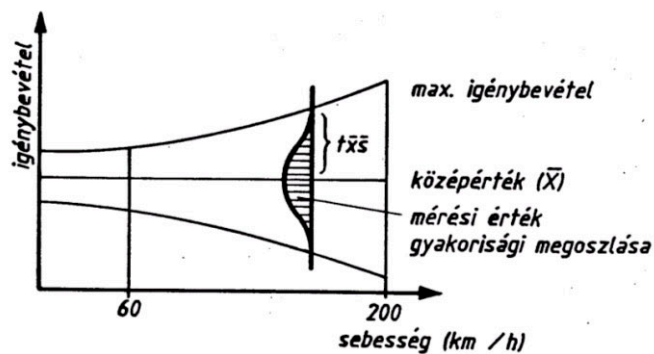
t – a megkívánt valószínűségtől függő tényező:

$t = 1$ 0,683-as valószínűségnél,

$t = 2$ 0,955-ös valószínűségnél,

$t = 3$ 0,997-es valószínűségnél (a vasúti felépítmény méretezésénél $t = 3$),

s – az igénybevételek középértékére vonatkoztatott szórás.



$$X_{\max} = \bar{x} + t \bar{x} \bar{s} = \bar{x}(1 + t \bar{s})$$

1. ábra

A vasúti pályában járműterhelés hatására ébredő igénybevételek közép-, és szélsőértékeinek alakulása a sebesség függvényében Eisenmann szerint

Az igénybevételek középértékére vonatkoztatott szórás a vizsgálati adatok értékelése nyomán

$$s = \alpha \cdot \varphi$$

formában számítható, ahol az α -tényező a pálya állapotától, a φ -tényező a jármű sebességétől függ.

A pálya állapotától függő tényező

$\alpha = 0,1$ ha a pálya állapota kiváló (építési állapot),

$\alpha = 0,2$ ha a pálya állapota jó (üzemi állapot),

$\alpha = 0,3$ ha a pálya állapota rossz (fenntartási határállapot).

A jármű sebességétől függő tényező

$$\varphi = 1, \quad \text{ha } V \leq 60 \text{ km/h},$$

$$\varphi = 1 + \frac{V - 60}{140}, \quad \text{ha } 60 \text{ km/h} \leq V \leq 200 \text{ km/h}.$$

Megvizsgálva az előzőekben vázolt összefüggéseket, megállapítható, hogy a Zimmermann-Eisenmann féle elmélet a tényleges pályaállapotokat legfeljebb csak a szélső viszonyoknál veszi figyelembe. Ugyanakkor a vasúti pálya mért geometriai hibái (nyomtávolság eltérés, irány- és fekszinthiba, túlemelés hiány, vagy többlet stb.) és az α -tényező között semmiféle közvetlen kapcsolat nincs. E hiányosságot igyekszik pótolni a következő, 2. fejezetben levezetett elmélet.

2. A dinamikus járműterhelés elméleti meghatározása a pálya tényleges állapotának figyelembevételével

A függőleges dinamikus kerékterhelés meghatározása a

$$Z_{\text{din}} = \frac{Z + \Delta Z}{g} (g + a_z) \quad [\text{N}]$$

összefüggésből indul ki, ahol:

Z – függőleges kerékterhelés a jármű nyugalmi helyzetében [N]

ΔZ – a járműre ható oldalerőből származó kerékerő-többlet (-hiány), [N]

a_z – a függőleges síkban létrejött fekszinthiba átforduló kerék függőleges gyorsulása, $[\text{m/s}^2]$

g – a nehézségi gyorsulás, $[\text{m/s}^2]$

A járművön a vágánytengellyel párhuzamos tengelyű forgatónyomaték ébredhet, amelynek nagysága a

2. ábra alapján

$$M = \Delta Z t = Y_M h \quad [\text{Nmm}]$$

melyből a többlet kerékterher:

$$\Delta Z = Y_M \frac{h}{t} \text{ [N]}$$

ahol

- Y_M – a mozgó járműre mértékadó oldalerő, [N]
- h – a jármű súlypontjának távolsága a pálya síkjától, [mm]
- t – a sínszalak középtengelyeinek távolsága, [mm].

A mozgó járműre ható mértékadó oldalerő az

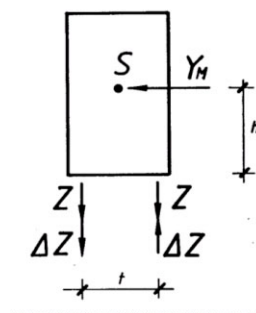
$$Y_M = \frac{\Sigma Y}{g} (g + a_y) \text{ [N]}$$

összefüggéssel határozható meg, ahol

- ΣY – a mozgó járműre ható oldalerők összege, [N]
- Σa_y – a vízszintes síkban létrejött irányhibán átgördülő kerék vízszintes gyorsulása, [m/s²]

A mozgó járműre ható oldalerők összege

$$\Sigma Y = Y_{kigyó} + Y_{iv} + Y_{\Delta m} + Y_{szél} \text{ [N]}$$



2. ábra

A vasúti járművön fellépő külső erőhatások

alakban írható fel, ahol

- $Y_{kigyó}$ – a jármű kigyózó mozgását (szinuszvonalyszerű mozgását) előidéző oldalerő, [N]
 - Y_{iv} – a szabad oldalgyorsulás következtében fellépő oldalerő, [N]
 - $Y_{\Delta m}$ – a pálya túlemelési hibájából származó oldalirányú erő, [N]
 - $Y_{szél}$ – a jármű oldalfelületén fellépő szélterhelés, [N]
- Az oldalerők rendre az alábbi módon határozhatók meg:
- $Y_{kigyó}$ – a jármű kigyózó mozgását előidéző oldalerő

$$Y_{kigyó} = \frac{2Z}{g} a_{kigyó} \text{ [N]}$$

ahol

$a_{kigyó}$ – a kigyózó mozgás oldalirányú gyorsulása, [m/s²]

$$a_{kigyó} = \frac{V^2 d j}{3,6^2 R_0 t_f} \text{ [m/s}^2\text{]}$$

ahol

- V – a jármű sebessége, [km/h]
- d – a sínszalak dőlésének mértéke, [-]
- j – a kerékpár távolságából és a nyomtávolságból fakadó ún. játék, [mm]

$$j = t_0 - v \text{ [mm]}$$

ahol

- t_0 – 1433–1435 mm nyomtávolság,
- v – 1412–1426 mm a kerékpár távolsága,

továbbá

- R_0 – a kerék futókörének sugara, [mm]
- t_f – a futókörök távolsága, [mm]

Y_{iv} – a szabad oldalgyorsulás következtében fellépő oldalerő

$$Y_{iv} = \frac{2Z}{g} a_0 \quad [\text{N}]$$

ahol

a_0 – a szabad oldalgyorsulás, $[\text{m/s}^2]$

$Y_{\Delta m}$ – a pálya túlemelési hibájából származó oldalirányú erő

$$Y_{\Delta m} = 2 Z \frac{\Delta m}{t} \quad [\text{N}]$$

ahol

Δm – túlemelés eltérés, $[\text{mm}]$

$Y_{szél}$ – a jármű oldalfelületén fellépő szélterhelés

$$Y_{szél} = L h_k p \cong \alpha Z \quad [\text{N}]$$

ahol

L – a jármű átlagos tengelytávolsága, $[\text{m}]$

h_k – a kocsiszekerény magassága, $[\text{m}]$

p – szélintenzitás, $[\text{N/m}^2]$

α – szélteher szorzó, $[-]$

A pályahibákon átgördülő kerekek mértékadó gyorsulása

– függőleges síkban az

$$a_z = G_{z\max} \left(\frac{V}{3,6} \right)^2 \quad [\text{m/s}^2]$$

– vízszintes síkban az

$$a_y = G_{y\max} \left(\frac{V}{3,6} \right)^2 \quad [\text{m/s}^2]$$

összefüggésekkel határozható meg, ahol

$G_{z\max}$, $G_{y\max}$ – a feltételezett hibaalakot leíró függvények maximális görbülete, $[1/\text{m}]$

Egyenes vágányra vonatkozóan „koszinusz-B” jelű, íves vágányra vonatkozóan „koszinusz-A” jelű hibaalakot feltételezve a maximális görbületek értéke:

– „koszinusz-B” jelű hiba esetén:

$$G_{\max} = 2,25 \pi^2 \frac{f}{l_0} \quad [1/\text{m}]$$

– „koszinusz-A” jelű hiba esetén:

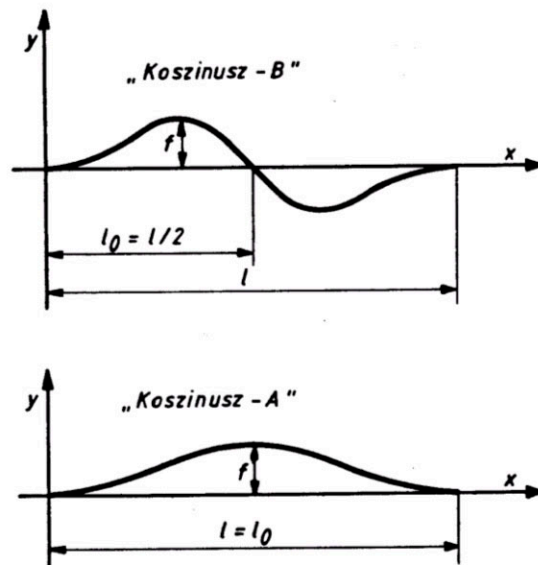
$$G_{\max} = 2,00 \pi^2 \frac{f}{l_0^2} \quad [1/\text{m}]$$

ahol

f – húr magasság, $[\text{m}]$

l_0 – zéruspontok távolsága, $[\text{m}]$

Az f és l_0 mennyiségek értelmezése és a hibaalakok rajzolata a 3. ábrán látható.



3. ábra

A feltételezett pályahiba alakok

Mindezek figyelembevételével a függőleges dinamikus kerékterherre vonatkozó

$$Z_{din} = \frac{Z + \Delta Z}{g} (g + a_z) \quad [\text{N}]$$

kifejezés a helyettesítések elvégzése után

$$Z_{din} = \frac{Z + \frac{2Z}{g} a_{kigyó} + \frac{2Z}{g} a_0 + 2Z \frac{\Delta m}{t} + \alpha Z}{g} \left(g + a_y \right) \frac{h}{t} (g + a_z) \quad [\text{N}]$$

formában írható fel.

A dinamikus szorzó értéke a

$$Z_{din} = \beta Z \quad [\text{N}]$$

elvi kifejezés figyelembevételével felírt

$$\beta = \frac{1}{g^2} \left[g + \left(\frac{2}{g} a_k + \frac{2}{g} a_0 + \frac{2\Delta m}{t} + \alpha \right) \left(g + a_y \right) \frac{h}{t} \right] (g + a_z)$$

összefüggés alapján határozható meg.

3. A vasúti pálya tényleges állapotának figyelembevételére alkalmas igénybevétele számítási mód elemzése

Az előző, 2. fejezetben a β -dinamikus szorzóra levezetett képlet tehát a dinamikus tényező és a pályahibák között teremt kapcsolatot:

$$\beta = f(f_z, f_y, \Delta m, t)$$

Az **1. táblázatban** szemléltetés céljából – $V = 60 \text{ km/h}$ járműsebesség, $R = 450 \text{ m}$ sugarú körív, $m = 27 \text{ mm}$ nagyságú túlemelés, $a_0 = 0,52 \text{ m/s}^2$ értékű szabad oldalgyorsulás figyelembevétele mellett – a vízszintes

és a függőleges síkú pályahibák (irány-, és fekszinthibák) húrmagasságának (f_z, f_y) függvényében meghatározott dinamikus szorzók (β) értékei találhatók.

1. táblázat. Dinamikus szorzó (β) értéke különböző irány- és fekszinthiba kombinációk esetén ($V = 60 \text{ km/h}$, $R = 450 \text{ m}$, $m = 27 \text{ mm}$, $a_0 = 0,52 \text{ m/s}^2$)

Fekszinthiba f_z [mm]	Irányhiba f_y [mm]										
	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00
0,00	1,163	1,172	1,181	1,190	1,199	1,209	1,218	1,227	1,236	1,245	1,254
1,00	1,236	1,246	1,255	1,265	1,275	1,285	1,294	1,304	1,314	1,323	1,333
2,00	1,309	1,320	1,330	1,340	1,350	1,361	1,371	1,381	1,391	1,402	1,412
3,00	1,382	1,393	1,404	1,415	1,426	1,437	1,447	1,458	1,469	1,480	1,491
4,00	1,456	1,467	1,478	1,490	1,501	1,513	1,524	1,535	1,547	1,558	1,570
5,00	1,529	1,541	1,553	1,565	1,577	1,589	1,600	1,612	1,624	1,636	1,648
6,00	1,602	1,614	1,627	1,639	1,652	1,664	1,677	1,690	1,702	1,715	1,727
7,00	1,675	1,688	1,701	1,714	1,727	1,740	1,754	1,767	1,780	1,793	1,806
8,00	1,748	1,762	1,775	1,789	1,803	1,816	1,830	1,844	1,858	1,871	1,885
9,00	1,821	1,835	1,850	1,864	1,878	1,892	1,907	1,921	1,935	1,950	1,964
10,00	1,894	1,909	1,924	1,939	1,954	1,968	1,983	1,998	2,013	2,028	2,043

Építési és fenntartási mérettűrések mértékadó szélsőértékeire is elvégezve a számításokat, az előzőekben vázolt elmélet az Eisenmann-féle mérési eredményeket, illetve a kísérletek nyomán született összefüggések számszerűségét közelíti meg.

Ha a most levezetett összefüggés a Zimmermann-Eisenmann elmélet

$$Z_{din} = Z (1 + t \bar{s}) = Z (1 + t \alpha \varphi) \quad [\text{N}]$$

képletével kerül összevetésre, ahol

- t – valószínűségi tényező,
- s – az igénybevételek középértékére vonatkoztatott szórás,
- α – felépítmény állapotától függő tényező,
- φ – a sebességtől függő tényező,

$$\text{I.} \quad Z_{din} = \beta Z \quad [\text{N}]$$

$$\text{II.} \quad Z_{din} = (1 + t \alpha \varphi) Z \quad [\text{N}]$$

$$\text{I} = \text{II.} \quad \beta = 1 + t \alpha \varphi$$

egyenletek formájában, akkor a zúzottkőagyazatú vágányok esetén kapcsolat teremthető a pályahibák mértéke és az Eisenmann féle „ α ”-tényező között, s így az a 0,1-0,3 közötti intervallumban finomítható.

A levezetett elmélet szerint a vasúti jármű egyenesben, illetve körívben függőleges és vízszintes irányú pályahibákon (nyomtávolság hiba, síndőlés hiba, irány- és fekszinthiba, túlemelés eltérés) egyidejűleg halad keresztül különböző sebességgel. Az elmélet révén tehát meghatározhatók:

1. A különböző pályahiba-kombinációkhoz tartozó igénybevételek,
2. A különböző pályahiba-kombinációkhoz tartozó igénybevétel-szórások,
3. Az adott igénybevételt létrehozó pályahibák kombinációja,
4. A mérettűrések (dinamikai oldalról),
5. Az egyenértékű pályahiba-kombinációk (dinamikai, szilárdsági igénybevételek szempontjából),
6. A különböző pályahibák egymáshoz viszonyított súlya.

Acélsövekből kialakítható öszvérszerkezetek (lemezszerkezetek)

Dr. Köllő Gábor¹, Dr. Kopenetz Lajos¹, Orbán Zsolt²

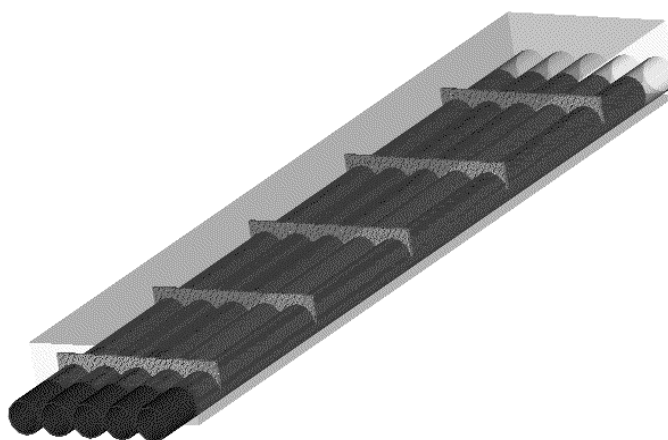
¹Kolozsvári Műszaki Egyetem, ²PFT, Kolozsvár, okl. mérnök

A következőkben bemutatjuk az acélsövekből kialakítható együttdolgozó (öszvér) acél-beton szerkezetek számítását rugalmas tartományban. Ezeknek a szerkezeteknek az alkalmazási területe a kis, és közép-fesztávú hidak felépítménye.

A híd felépítményét a következő szerkezeti kialakításban képzeltük el:

- Az acélsövek érintik egymást
- Az acélsövek b' távolságra vannak egymástól

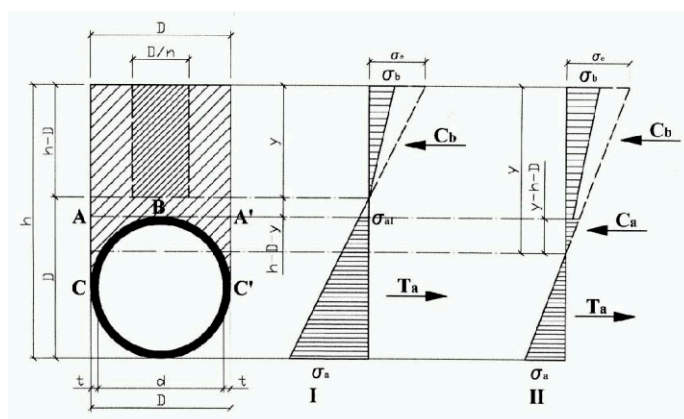
A b) esetben a betonlemez vastagsága nagyobb, mint az a) esetben.



1. ábra

- Az acélsövek érintik egymást

A számítási modell a 2. ábrán látható:



2. ábra

Két esetet különböztetünk meg:

I. A semleges tengely csak a beton keresztmetszetet metszi:

$$y \leq h - D$$

II. A semleges tengely az acélsövet metszi:

$$y > h - D$$

Az ABC és A'B'C' beton keresztmetszet területeket elhanyagoljuk a számításban.

Az egyensúlyi feltételből meghatározható a semleges tengely helyzete „y” (közelítő számítást alkalmaztunk, a húzott betonkeresztmetszetet elhanyagoltuk).

$$I. \quad C_b = T_a \quad \Rightarrow \quad y$$

$$\sigma_e = \frac{y}{h-y} \sigma_a \quad \rightarrow \quad \sigma_b = \frac{y}{h-y} \frac{\sigma_a}{n} \quad (1)$$

$$\sigma_{a1} = \frac{h-y-D}{h-y} \sigma_a \quad (2)$$

$$C_b = \frac{D \cdot y^2 \cdot \sigma_a}{2n(h-y)} \quad (3)$$

$$T_a = \frac{D \cdot t(2h-2y-D) \cdot \sigma_a}{(h-y)} \quad (4)$$

$$C_b = T_a \quad \Rightarrow \quad y^2 + 4nty - 2nt(2h-D) = 0 \quad (5)$$

Megoldva az (5) egyenletet, megkapjuk a semleges tengely helyzetét (6):

$$y = \frac{\sqrt{16n^2t^2 + 8nt(2h-D)} - 4nt}{2}$$

$$y = \sqrt{4n^2t^2 + 2nt(2h-D)} - 2nt \quad (6)$$

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka:

$$I_1 = \frac{Dy^3}{3n} + (D^4 - d^4) \frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \left(h - y - \frac{D}{2} \right)^2 \quad (7)$$

A keresztmetszet szélső öveiben a normál feszültség a következő képpen számítható:

$$\sigma_e = \frac{My}{I_1} \quad \sigma_b = \frac{\sigma_e}{n} \quad (8)$$

$$\sigma_a = \frac{M(h-y)}{I_1} \quad (9)$$

Az ideális keresztmetszeti modulusz (W), terület (A) és a statikai nyomaték (S) a következő képletekkel számíthatók.

$$W_s = \frac{I_1}{y} \quad W_i = \frac{I_1}{h-y}$$

$$A_1 = \frac{Dy}{n} + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$S_1 = \frac{D}{n} y \frac{y}{2} = \frac{Dy^2}{2n}$$

$$\text{II.} \quad C_b + C_a = T_a \quad \Rightarrow \quad y$$

$$\sigma_b = \frac{y}{h-y} \cdot \frac{\sigma_a}{n} \quad (10)$$

$$\sigma_{al} = \frac{y+D-h}{h-y} \sigma_a \quad (11)$$

$$\sigma_{alb} = \frac{y+D-h}{h-y} \cdot \frac{\sigma_a}{n} \quad (12)$$

$$C_b = \frac{D(h-D)(2y+D-h)\sigma_a}{2n(h-y)} \quad (13)$$

$$C_b = \frac{t(y+D-h)^2 \sigma_a}{(h-y)} \quad (14)$$

$$T_a = t(h-y)\sigma_a \quad (15)$$

$$C_b + C_a = T_a \quad \Rightarrow \quad y = \frac{2nth^2 + D(h-D)^2 - 2nt(h-D)^2}{2D(h-D) - 4nt(h-D) + 4nth} \quad (16)$$

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka (I), keresztmetszeti modulusza (W), területe (A), statikai nyomatéka (S) a következő összefüggésekkel számíthatók:

$$I_{II} = \frac{D(h-D)^3}{12n} + \frac{D}{n}(h-D)\left(y - \frac{h-D}{2}\right)^2 + (D^4 - d^4)\frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2)\frac{\pi}{4}\left(h-y - \frac{D}{2}\right)^2 \quad (17)$$

$$W_s = \frac{I_{II}}{y} \quad W_i = \frac{I_{II}}{h-y}$$

$$A_{II} = \frac{D(h-D)}{n} + \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$S_{II} = \frac{D}{n}(h-D)\left(y - \frac{h-D}{2}\right) + 2t(y-h+D)\frac{(y-h+D)}{2}$$

A keresztmetszetet szélső öveiben ébredő normál feszültség:

$$\sigma_e = \frac{My}{I_{II}} \quad \sigma_b = \frac{\sigma_e}{n} \quad (18)$$

$$\sigma_a = \frac{M(h-y)}{I_{II}} \quad (19)$$

Az n ekivalencia tényezőt differenciálva kell alkalmazni:

$$n = \begin{cases} n_r = \frac{E_a}{E_b} \\ n_a = 3 \cdot n_r \\ n_f = 2 \cdot n_r \end{cases}$$

1. Számpélda

A beton osztályának (C35/45) megfelelő ekivalencia tényező $n=6,268$

A semleges tengely (S.T.) helyzete $y=14,27\text{cm}$ [(6) képlet vagy 1. táblázat]

A S.T. a betont metszi

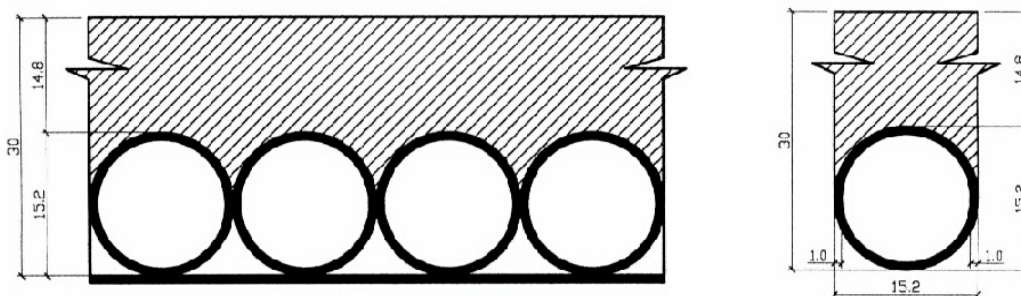
$$n=6,268 \Rightarrow I = 6426.64 \text{ cm}^4 \quad [(7) \text{ képlet vagy 1. táblázat}]$$

állandó terhelés

$$g = 5.5 \text{ kN/m} \quad n_a = 3 \cdot n = 18.040$$

$$n_a = 18.040 \Rightarrow y = 18.16 \text{ cm} \quad [(16) \text{ képlet vagy 1. táblázat}]$$

$$I = 3534.96 \text{ cm}^4 \quad [(17) \text{ képlet vagy 1. táblázat}]$$



1. számpélda. 1. ábra

$$\text{Az állandó teher által létrehozott nyomaték } M_g = \frac{5.5 \cdot 4.40^2}{8} = 13.31 \text{ kNm}$$

A szélső ívekben létrejött normálfeszültség (σ)

$$\sigma_{eg} = \frac{133100 \cdot 18.16}{3534.96} = 683.77 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{bg} = \frac{683.77}{19.040} = 37.90 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ag} = \frac{133100 \cdot (30 - 18.16)}{3534.96} = 445.81 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher által létrehozott nyomaték $M_p = \frac{16.5 \cdot 4.40^2}{8} = 39.93 \text{ kNm}$ (a hasznos teher egyenletesen eloszló)

$$\sigma_{ep} = \frac{399300 \cdot 14.27}{6426.64} = 886.62 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{bp} = \frac{886.62}{6.268} = 141.45 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ag} = \frac{399300 \cdot (30 - 14.27)}{6426.64} = 977.34 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher nagy gyakorisággal ismétlődik (fáradás): $n_r = 2 \cdot n = 12.536$

$$n_r = 12.534 \Rightarrow y = 16.83 \text{ cm} \quad [(16) \text{ képlet vagy 1. táblázat}]$$

$$I = 4437.01 \text{ cm}^4 \quad [(17) \text{ képlet vagy 1. táblázat}]$$

$$\sigma_{epf} = \frac{399300 \cdot 16.83}{4437.01} = 1514.58 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \Rightarrow \sigma_{bpf} = \frac{1514.58}{12.534} = 120.84 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

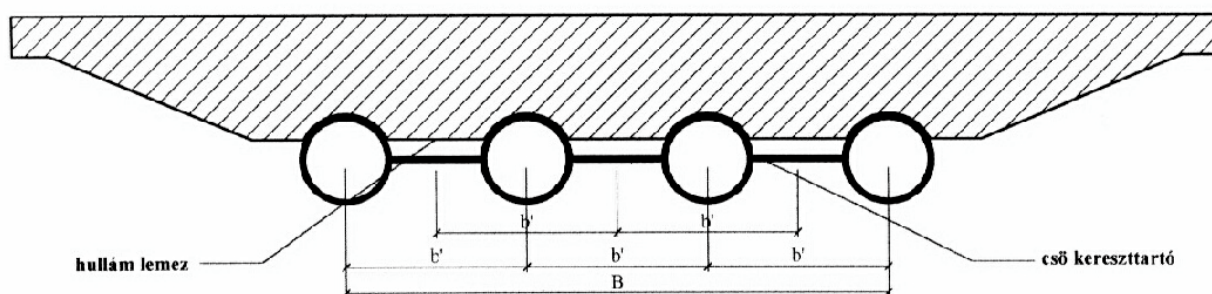
$$\sigma_{apf} = \frac{399300 \cdot (30 - 16.83)}{4437.01} = 1185.21 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{bmax} = \max[(\sigma_{bg} + \sigma_{bp}); (\sigma_{bg} + \sigma_{bpf})] = \max[179.35; 158.74] = 179.35 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

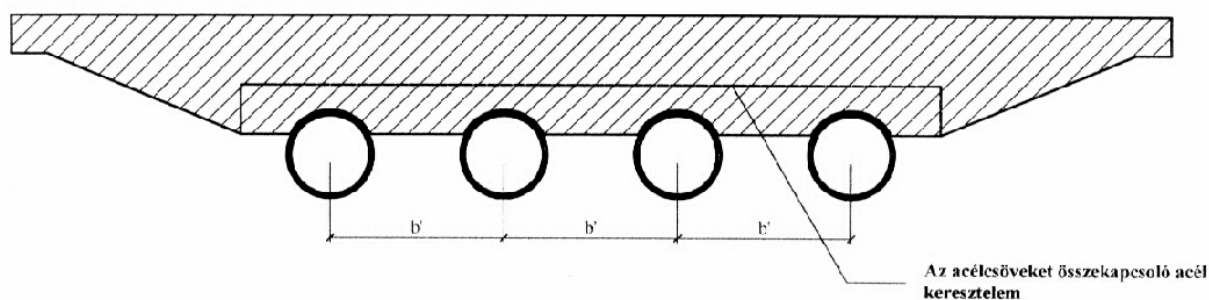
$$\sigma_{amax} = \max[(\sigma_{ag} + \sigma_{ap}); (\sigma_{ag} + \sigma_{apf})] = \max[1423.15; 1631.02] = 1631.02 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Tehát 30 cm lemezszerkezettel áthidalható 4,4 m fesztív.

b) Az acélsövevek "b" távolságra vannak egymástól.



3/a. ábra

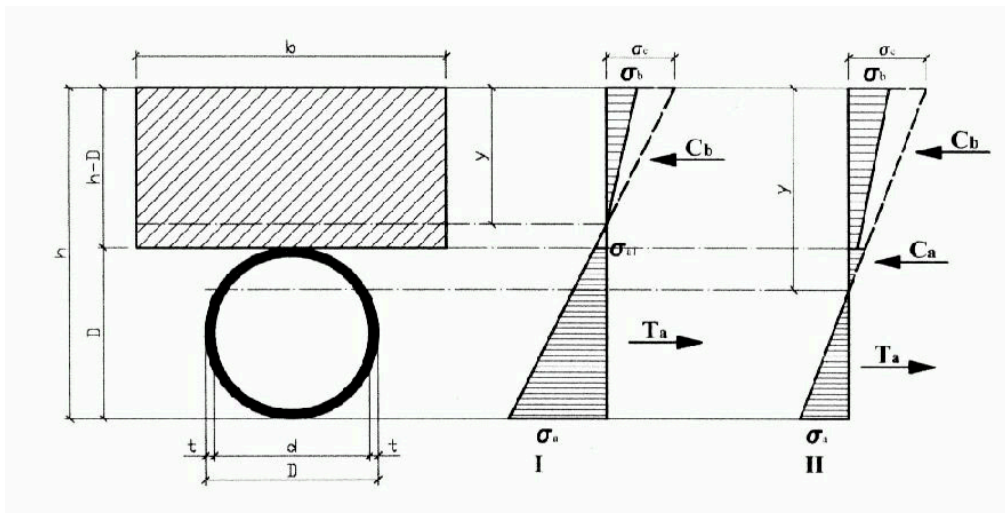


3/b. ábra

A betonlemez szélessége, amelyet a feszültségek számításánál figyelembe veszünk „b”. Ezt a következő képlettel számítjuk.

$$\frac{b'}{b} = \sqrt{1 + 12 \left(\frac{b'}{l} \right)^2} \Rightarrow b = \frac{b'}{\sqrt{1 + 12 \left(\frac{b'}{l} \right)^2}} \quad (20)$$

Ennek megfelelően a számítási modell:



4. ábra

Kivitelezéskor a betonlemez érinti az acélsövet vagy pedig a betonlemez egy bizonyos magasságban „befogja” az acélsöveket.

I. A semleges tengely a beton keresztmetszetet metszi:

$$C_b = \frac{1}{2} \cdot y \cdot \frac{y}{h-y} \cdot \frac{\sigma_a}{n} \cdot b = \frac{by^2 \sigma_a}{2n(h-y)} \quad (21)$$

$$T_a = \frac{Dt(2h-2y-D)\sigma_a}{h-y} \quad (22)$$

$$C_b = T_a \Rightarrow \frac{by^2 \sigma_a}{2n(h-y)} = \frac{Dt(2h-2y-D)\sigma_a}{h-y}$$

$$by^2 = 2ntD(2h-2y-D)$$

$$by^2 + 4ntDy - 2ntD(2h-D) = 0 \quad (23)$$

(23) az egyenlet amelyből meghatározható a semleges tengely helyzete:

$$y = \frac{\sqrt{4n^2 t^2 D^2 + 2ntbD(2h-D)} - 2ntD}{b} \quad (24)$$

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka:

$$I_I = \frac{by^3}{3n} + (D^4 - d^4) \frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \left(h - y - \frac{D}{2} \right)^2 \quad (25)$$

Az ideális keresztmetszet területe:

$$A_I = \frac{by}{n} + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

A statikai nyomaték:

$$S_I = \frac{b}{n} y \frac{y}{2} = \frac{by^2}{2n}$$

II. A semleges tengely az acélsövet metszi:

$$C_b = \frac{b(h-D)(2y+D-h)\sigma_a}{2n(h-y)} \quad (26)$$

$$C_a = \frac{t(y+D-h)^2 \sigma_a}{(h-y)} \quad (27)$$

$$T_a = t(h-y)\sigma_a \quad (28)$$

$$C_b + C_a = T_a \Rightarrow y = \frac{2nth^2 + D(h-D)^2 - 2nt(h-D)^2}{2b(h-D) - 4nt(h-D) + 4nth} \quad (29)$$

(29) a semleges tengely pozícióját meghatározó összefüggés.

Az ideális keresztmetszet tehetetlenségi nyomatéka:

$$I_{II} = \frac{b(h-D)^3}{12n} + \frac{b}{n} (h-D) \left(y - \frac{h-D}{2} \right)^2 + (D^4 - d^4) \frac{\pi}{64} + (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} \left(h - y - \frac{D}{2} \right)^2 \quad (30)$$

Az ideális keresztmetszet területe:

$$A_{II} = \frac{b(h-D)}{n} + \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

A statikai nyomaték:

$$S_{II} = \frac{b}{n} (h-D) \left(y - \frac{h-D}{2} \right) + 2t(y-h+D) \frac{(y-h+D)}{2}$$

Az ideális tehetetlenségi nyomaték képlete megegyezik a (7) és a (17) összefüggésekkel, azzal a különbséggel, hogy a beton keresztmetszet-szélesség nem D hanem b.

2. Számpélda

Egy 5,00 m széles, 5,00 m hosszú, 4,40 m fesztávú, 0,36m vastag lemez; (11 darab, 152 mmátmérőjű csőtartóból alkotott) amelynek a hasznos terhelése $p=54 \text{ kN/m}$ ($5 \times 250 \text{ kN}$) állandó terhelés $g=7,4 \text{ kN/m}$ ($n=6,268$).

A számításba vehető lemezszélesség:

$$b = \frac{50}{\sqrt{1+12\left(\frac{50}{440}\right)^2}} = \frac{50}{1.0747} = 46.52 \text{ cm}$$

A beton osztályának (C35/45) megfelelő ekivalencia tényező $n=6,268$

A semleges tengely (S.T.) helyzete $y=11,70 \text{ cm}$

Az állandó terhelés $g = 7.4 \text{ kN/m}$ $n_a = 3 \cdot n = 18.804$

$n_a = 18.040 \Rightarrow y = 16.85 \text{ cm}$

$$I = 11026.73 \text{ cm}^4$$

Az állandó teher által létrehozott nyomaték $M_g = \frac{7.4 \cdot 4.40^2}{8} = 17.908 \text{ kNm}$

A szélső ívekben létrejött normálfeszültség (σ)

$$\sigma_{bg} = \frac{179080 \cdot 16.85}{18.804 \cdot 11026.73} = 14.55 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ag} = \frac{179080 \cdot (36 - 16.85)}{11026.73} = 311.01 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher $p = 54 \text{ kN/m}$ $n_p = 6.268$

$n_p = 6.268 \Rightarrow y = 11.70 \text{ cm}$

$$I = 17534.98 \text{ cm}^4 \quad (2. \text{ táblázat})$$

A hasznos teher által létrehozott nyomaték $M_p = \frac{54 \cdot 4.40^2}{8} = 130.68 \text{ kNm}$ (a hasznos teher egyenletesen eloszló)

$$\sigma_{bp} = \frac{1306800 \cdot 11.70}{6.268 \cdot 17534.98} = 139.11 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{ap} = \frac{1306800 \cdot (36 - 11.70)}{17534.98} = 1810.96 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

A hasznos teher nagy gyakorisággal ismétlődik (fáradás): $n_f = 2 \cdot n = 12.536$

$n_f = 12.534 \Rightarrow y = 14.88 \text{ cm}$ [(24) képlet vagy 2. táblázat]

$$I = 13358.94 \text{ cm}^4 \quad [(25) \text{ képlet vagy } 2. \text{ táblázat}]$$

$$\sigma_{bpf} = \frac{1306800 \cdot 14.88}{12.536 \cdot 13358.94} = 116.11 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{apf} = \frac{1306800 \cdot (36 + 14.88)}{13358.94} = 2066.00 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{bmax} = \max[(\sigma_{bg} + \sigma_{bp}); (\sigma_{bg} + \sigma_{bpf})] = \max[153.66; 130.66] = 153.66 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{amax} = \max[(\sigma_{ag} + \sigma_{ap}); (\sigma_{ag} + \sigma_{apf})] = \max[2121.97; 2377.01] = 2377.01 \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2}$$

Mivel a legnagyobb húzófeszültség a megengedett feszültségnél nagyobb, ezért egy nagyobb átmérőjű csövet kell használni: $D=24,5 \text{ cm}$. (keresztmetszeti jellemzők: 3. táblázat)

Elvégezve a számításokat:

$$\sigma_{bmax} = \max[(\sigma_{bg} + \sigma_{bp}); (\sigma_{bg} + \sigma_{bpf})] = \max[145.67; 122..16] = 145.67 \frac{daN}{cm^2}$$

$$\sigma_{amax} = \max[(\sigma_{ag} + \sigma_{ap}); (\sigma_{ag} + \sigma_{apf})] = \max[1871.32; 2106.55] = 2106.55 \frac{daN}{cm^2}$$

A lemezek tervezését, az acél és beton keresztmetszet méreteinek megválasztását meggyorsíthatjuk, ha a különböző keresztmetszetek jellemzőit (I, A, W, S) táblázatba foglaljuk. Példaként bemutatunk három táblázatot az ideális keresztmetszeti jellemzőkkel (I, A, W, S).

Az 1. táblázat b=D=15,20 cm, a 2. táblázat D=15,20 cm, b=46,52 cm és a 3. táblázat D=24,50 cm, b=46,52 cm

1. táblázat

D = 15,20 cm				Számított értékek						
d = 13,20 cm										
t = 1,00 cm										
b = 15,20 cm				y cm	A cm ²	I cm ⁴	Ws cm ³	Wi cm ³	S cm ³	S.T. helyzet
h ₁	30,00	n _r	6,2680	14,27	79,22	6426,64	450,24	408,66	247,04	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,83	62,56	4437,01	263,60	336,96	173,39	S.T.az acélt metszi
		n _a	18,8040	18,16	56,57	3534,96	194,61	298,66	140,09	S.T.az acélt metszi
h ₂	32,00	n _r	6,2680	15,19	81,45	7746,34	509,86	460,90	279,89	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	17,98	64,98	5317,20	295,72	379,27	196,55	S.T.az acélt metszi
		n _a	18,8040	19,46	58,19	4199,28	215,80	334,86	157,26	S.T.az acélt metszi
h ₃	34,00	n _r	6,2680	16,08	83,61	9241,09	574,58	515,77	313,63	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	19,12	67,41	6320,32	330,64	424,61	221,56	S.T.az acélt metszi
		n _a	18,8040	20,73	59,81	4961,89	239,31	374,03	175,98	S.T.az acélt metszi
h ₄	36,00	n _r	6,2680	16,95	85,71	10916,24	644,17	572,91	348,20	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	20,23	69,15	7452,80	368,32	472,73	248,23	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	21,99	61,42	5827,67	265,02	415,96	196,28	S.T.az acélt metszi
h ₅	38,00	n _r	6,2680	17,78	87,74	12776,69	718,41	632,03	383,51	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	21,33	70,47	8722,58	408,97	523,20	275,78	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	23,23	63,04	6801,29	292,80	460,44	218,19	S.T.az acélt metszi
h ₆	40,00	n _r	6,2680	18,60	89,72	14826,96	797,13	692,87	419,50	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	22,40	71,77	10134,64	452,51	575,72	304,10	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	24,45	64,38	7887,49	322,58	507,28	241,64	S.T.a betont metszi
h ₇	42,00	n _r	6,2680	19,40	91,65	17071,23	880,16	755,22	456,13	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	23,44	73,03	11693,41	498,83	630,08	333,14	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	25,65	65,35	9092,16	354,45	556,15	265,95	S.T.a betont metszi
h ₈	44,00	n _r	6,2680	20,17	93,53	19513,38	967,38	818,90	493,35	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	24,46	74,27	13403,07	547,86	686,08	362,84	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	26,83	66,30	10419,67	388,36	606,84	290,94	S.T.a betont metszi
h ₉	46,00	n _r	6,2680	20,93	95,36	22157,02	1058,67	883,78	531,11	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	25,47	75,49	15267,57	599,52	743,54	393,18	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	27,99	67,23	11873,90	424,27	659,17	316,57	S.T.a betont metszi

2. táblázat

D = 15,20 cm				Számított értékek						
d = 13,20 cm										
t = 1,00 cm										
b = 46,52 cm				y cm	A cm ²	I cm ⁴	W _s cm ³	W _i cm ³	S cm ³	S.T. helyzet
h ₁	30,00	n _r	6,2680	10,06	119,24	10443,24	1038,51	523,63	375,26	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	12,64	91,53	7876,61	622,98	453,81	296,60	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	14,20	79,74	6491,31	457,21	410,79	249,35	S.T.a betont metszi
h ₂	32,00	n _r	6,2680	10,62	123,46	12562,88	1182,56	587,69	418,81	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	13,42	94,39	9499,32	708,09	511,14	333,93	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	15,11	81,99	7824,93	517,86	463,29	282,42	S.T.a betont metszi
h ₃	34,00	n _r	6,2680	11,17	127,51	14925,46	1336,22	653,76	463,00	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	14,16	97,16	11325,12	799,75	570,85	372,07	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	15,99	84,18	9334,95	583,70	518,40	316,38	S.T.a betont metszi
h ₄	36,00	n _r	6,2680	11,70	131,43	17534,98	1499,05	721,53	507,76	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	14,88	99,84	13358,94	897,65	632,59	410,94	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	16,85	86,29	11026,73	654,45	575,77	351,16	S.T.a betont metszi
h ₅	38,00	n _r	6,2680	12,21	135,22	20395,05	1670,65	790,75	553,04	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	15,58	102,43	15605,27	1001,52	696,09	450,48	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	17,68	88,35	12905,13	729,91	635,11	386,67	S.T.a betont metszi
h ₆	40,00	n _r	6,2680	12,70	138,89	23508,94	1850,69	861,22	598,80	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,26	104,95	18068,21	1111,13	761,12	490,62	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	18,49	90,35	14974,67	809,90	696,16	422,88	S.T.a betont metszi
h ₇	42,00	n _r	6,2680	13,18	142,46	26879,64	2038,88	932,79	644,98	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,92	107,41	20751,56	1226,30	827,49	531,33	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	19,28	92,30	17239,50	894,26	758,71	459,71	S.T.a betont metszi
h ₈	44,00	n _r	6,2680	13,65	145,93	30509,90	2234,94	1005,31	691,56	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	17,57	109,80	23658,78	1346,83	895,02	572,55	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	20,05	94,21	19703,50	982,86	822,60	497,13	S.T.a betont metszi
h ₉	46,00	n _r	6,2680	14,11	149,31	34402,23	2438,65	1078,68	738,51	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	18,19	112,13	26793,12	1472,58	963,60	614,24	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	20,80	96,06	22370,25	1075,57	887,66	535,09	S.T.a betont metszi

3. táblázat

D = 24,50 cm				Számított értékek						
d = 22,50 cm										
t = 1,00 cm										
b = 46,52 cm				y cm	A cm ²	I cm ⁴	W _s cm ³	W _i cm ³	S cm ³	S.T. helyzet
h ₁	30,00	n _r	6,2680	10,93	114,65	11372,76	1040,22	596,46	363,55	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	13,34	94,24	8881,99	665,85	533,11	277,58	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	14,49	87,43	7799,92	538,30	502,89	240,56	S.T. az acélt metszi
h ₂	32,00	n _r	6,2680	11,24	129,49	13835,60	1230,85	666,48	430,95	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	13,95	101,66	10614,09	760,64	588,17	325,65	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	15,36	92,38	9117,42	593,76	547,77	277,04	S.T. az acélt metszi
h ₃	34,00	n _r	6,2680	11,72	144,33	16488,18	1406,81	740,05	496,39	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	14,64	109,08	12552,26	857,58	648,25	374,93	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	16,24	97,33	10626,79	654,39	598,33	315,44	S.T. az acélt metszi
h ₄	36,00	n _r	6,2680	12,31	159,18	19378,51	1573,58	818,17	560,98	S.T. az acélt metszi
		n _f	12,5360	15,37	116,50	14709,44	956,97	713,04	425,56	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	17,14	102,28	12336,45	719,83	654,04	355,78	S.T. az acélt metszi
h ₅	38,00	n _r	6,2680	12,98	170,19	22552,84	1737,03	901,52	625,56	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,14	123,92	17099,49	1059,13	782,40	477,65	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	18,05	107,23	14255,17	789,81	714,50	398,05	S.T. az acélt metszi
h ₆	40,00	n _r	6,2680	13,65	175,11	26077,69	1910,94	989,53	691,07	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	16,95	131,35	19736,74	1164,39	856,27	531,29	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	18,97	112,17	16392,03	864,11	779,45	442,27	S.T. az acélt metszi
h ₇	42,00	n _r	6,2680	14,29	179,87	29971,60	2097,61	1081,56	757,62	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	17,78	138,77	22635,79	1273,03	934,63	586,56	S.T. az acélt metszi
		n _a	18,8040	19,90	117,12	18756,28	942,57	848,67	488,45	S.T. az acélt metszi
h ₈	44,00	n _r	6,2680	14,91	184,50	34241,17	2296,34	1177,13	825,10	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	18,62	142,93	25818,27	1386,54	1017,29	643,34	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	20,84	122,07	21357,30	1025,03	921,99	536,58	S.T. az acélt metszi
h ₉	46,00	n _r	6,2680	15,52	188,99	38892,46	2506,53	1275,85	893,44	S.T.a betont metszi
		n _f	12,5360	19,44	145,97	29311,37	1507,79	1103,59	701,19	S.T.a betont metszi
		n _a	18,8040	21,78	127,02	24204,60	1111,40	999,30	586,68	S.T. az acélt metszi

A betonosztály szerint az ekivalencia tényező a tartós, rövid ideig tartó és fáradási igénybevétel esetére.

4. táblázat

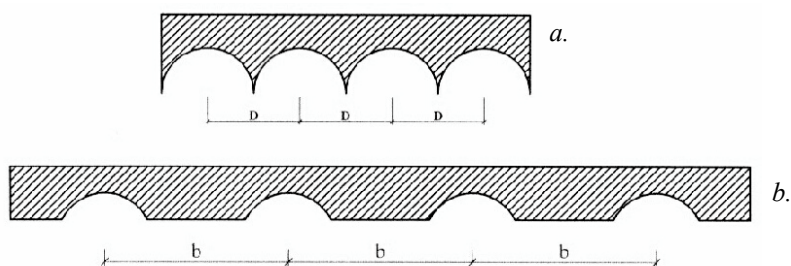
	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
$n = \frac{E_a}{E_b}$	6,5625	6,268	6,00	5,833	5,675
3n	19,6875	18,804	18,00	17,499	17,025
2n	13,125	12,536	12,00	11,666	11,35

A beton és az acélsövek együttdolgozása az acélsövekre hegesztett kapcsolóelemek segítségével valósul meg.

Az acélsöveket összefogó keresztlemek (1. ábra) mint kapcsolóelemekként működnek.

Keresztelelem az egymáshoz érintőlegesen elhelyezett csöveknél. (5/a. ábra)

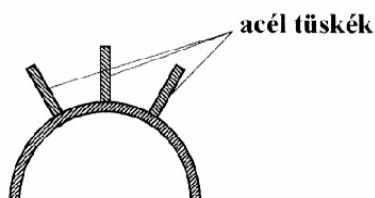
Keresztelelem az egymástól távol elhelyezett csövek esetén. (5/b. ábra)



5. ábra

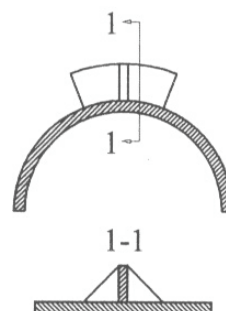
Ezeket a keresztelemeket a csövek felső felületére folytonos hegesztési varrattal kapcsoljuk.

Más típusú kapcsolóelemek:

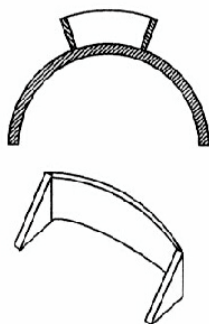


6. ábra

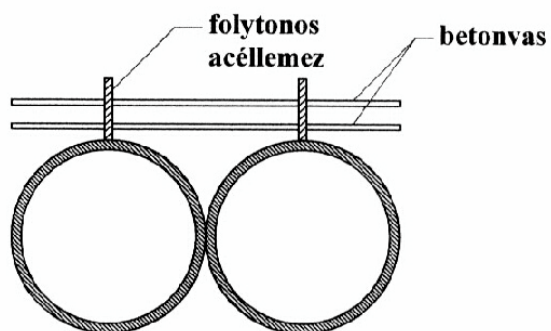
merevített acéllemez



7. ábra



8. ábra



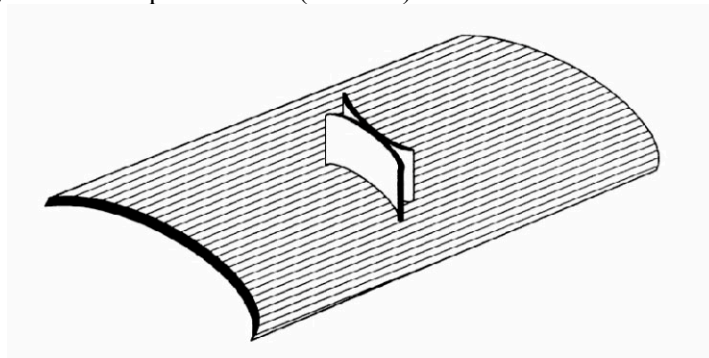
9. ábra

Két irányban ugyanolyan merevségű hengerfelületű kapcsolóelem: (10. ábra)

Ebben a tanulmányban bemutatott szerkezetekkel szeretnénk volna felhívni a tervezők figyelmét arra, hogy az acélcövek felhasználhatók az öszvérszerkezetek kialakításánál. Az acélcövek alkalmazása további lehetőségeket is tartogat a mérnökök számára.

Készült a SAPIENTIA alapítvány támogatásával.

Kopenetz L., Köllő G.: *Az acélcövek alkalmazhatósága az öszvérszerkezetek kialakításánál szabaldalmazási eljárás alatt van.*



10. ábra

Előregyártott vasbetonelemekből kivitelezett támasztó szerkezetek, vasalt földtámrendszerek a mélyépítési, vízépitészeti és közlekedési gyakorlatban, ezek pozitív hatása az építkezés környezetére

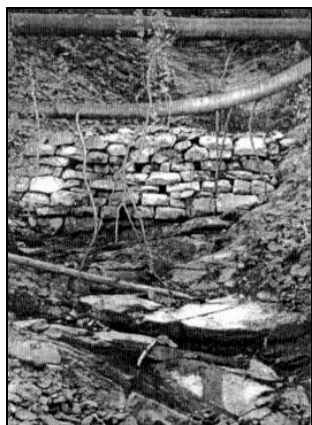
Dr. Mihalik András

Nagyváradai Egyetem, Építőmérnöki Tanszék

(folytatás a Műszaki Szemle előző számából)

3.3. Torrens gátak, küszöbgátak, előre gyártott vasbetonelemekből

Az ide vonatkozó munkákban a torrens vizeket vízmosásoknak, vadpatakoknak, hegyi patakoknak stb. nevezik. Lényegében ezek ugyanazon fogalomkörbe vonható rohanó vizeket jelentenek, annak ellenére, hogy keletkezésük helye szerint egymástól igen eltérő jellegűek lehetnek. Más jellege van a magas hegyvidékeken, más a közép és dombos vidékeken keletkezett torrensnek, de nagy mértékben befolyásolhatja annak kialakulását az is, hogy milyen a vidék talajának a minősége. Az aránylag rövid, többé-kevésbé meredek ágyban folyó, gyorsan áradó víz nevezhető vadpatakknak, mely medrét és partjait mozgásba hozza, miközben anyagokat, hordalékot ragad magával és azokat rendszerint kárt okozóan rakja le a mélyebben fekvő területeken.



39. ábra

Torrens gát terméskövekből kivitelezve.



40. ábra

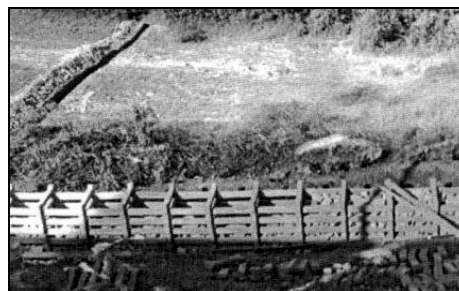
A kövekből kivitelezett gát alatt épül az előregyártott vasbetonelemekből a következő gát.

A vadpatakok nincsenek a leírt módon állandóan működésben, csak bizonyos esetekben záporok, hóolvadások után, ilyenkor azonban nagy víztömegeket fékevesztetten és hordalékkal telítve visznek a völgybe, mindent lerombolva ami az útjukba kerül.



41. ábra

A fent bemutatott torrens eltömi a vasúti átereszt, a pályát és a forgalmat veszélyeztetve.



42. ábra

Egy torrens gát építés közben, a vadpatak alsó szakaszán

Ez tekinthető legjellemzőbb tulajdonságuknak.

Sok olyan vadpatakot találunk, mely az év legnagyobb részében száraz. Ha a vízgyűjtő talaja nem vízáteresztő, akkor az eső vagy zápor megszűntével szinte egy időben a torrens medrében is megszűnik a vízfolyás, míg ha a talaj átteresztő, akkor a vízbeszivárgás következményeképpen raktározott víz ideig-óráig még a csapadék megszűnte után is mutatkozik.

A védekezés általában a torrens medrének és partjának megvédése céljából az árvíz sebességének és így az elragadó erejének megtöréséből áll. Az e célt szolgáló biztosítási munkákat a torrens medrében hajtjuk végre.



43. ábra
*Egy működő torrens gát,
valahol a bihari hegyekben.*

A klasszikus, monolitikus gátak több hátránnyal is rendelkeznek. Körülményes kivitelezés, gondos alapozás, a cementhabarcs előkészítése, évszakhoz van kötve a kivitelezés, mivel nem szivárgó rendszerű, csak ún. nyílásokkal ellátott, egy bizonyos ideig a hordaléknyomás mellett hidrodinamikus nyomásnak is alá van vetve.

Ezeket a hátrányokat küszöböli ki az előre gyártott vasbetonelemből kialakított gátstruktúra. Alapozás nélkül, a hordalékra szerelik a szilárdsági vázat. A struktúra megtöltése a mederben helyben található kőanyaggal történik. A gát végeinek a befogása a parti oldalakon különös gondosságot igényel. Az alámosások kivédésére mind a hegyi, mind a völgy felé lévő oldalon a vasbetonelemből ún. védő „vízpárná”-t kell kialakítani négyzetek formájában, amelyek szintén nagyobb kövekkel vannak kitöltve. A hordalékmozgás nagy „frekvenciájának” köszönhetően a szivárgó „testű” gát elég hamar átalakul monolitikus szerkezetté, utána a víz átbukik a gát koronáján.

Ez a struktúra rugalmasan követi a torrens „lüktetését”, ugyanis a gát magasságát az elemek „hozzáadásával” növelni lehet. Még egy nagyon fontos előny: kis gátmagassággal lehet kezdeni, mely könnyebben elviseli a vízfolyás nyomását, és amikor kialakult a számított hosszanti lejtő, a gát koronáját le kell betonozni. A kivitelezés a termelékenység szempontjából igen előnyös, egy képzett vezető jelenlétében napszámokkal, képzetlen munkásokkal összeszerelhető.

Sok esetben, amikor a megfelelő torrens szakaszon a víz nagyobb köveket is görget, célszerű a támadott oldalon kőrákással megvédeni a közvetlen ütésektől a vasbetonelemeket.

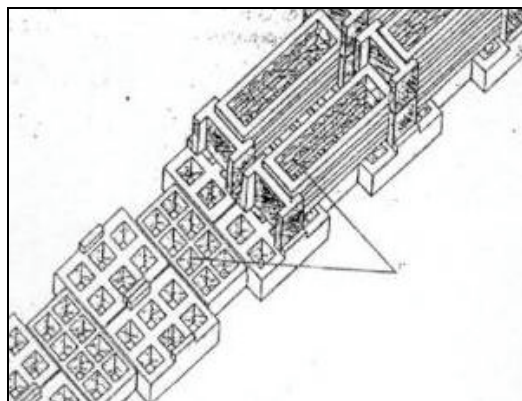
Abban az esetben, ha az ilyen típusú gátakat kisebb, állandó hozammal rendelkező folyók medrében kivitelezik, küszöbgátaknak, fenékgátaknak nevezik. Ezeknek a gátaknak a rendeltetése egy adott helyen a vízmagasság növelése. Ha ez a hely például egy part menti vízmű, a magasság növelésével fokozódik a part menti szivárgás a vízmű hosszanti árok szivárgói felé, biztosítva ezáltal a szükséges vízhozamot az adott településnek. Ha előre gyártott vasbetonelemeket használunk az illető küszöbgát építéskor, akkor a part hosszanti megerősítését egy szivárgó típusú támfallal hajtjuk végre, amely a partbiztosítás mellett állandó szivárgást biztosít a hosszanti drének, szivárgók felé. Ilyen típusú rendszerrel alakították ki. Élesd és Belényes városok vízműveinek a megfelelő vízhozambiztosítását.

A nagyváradi 4-es vízműnél 1987-ben egy előre gyártott vasbetonelemből kivitelezett küszöbgát valósult meg, mint egyedüli ilyen konstrukció a vízépítészeti gyakorlatban. A műszaki irodalomban ilyen építményekkel nem találkoztunk. A meglévő terméskövekből kivitelezett küszöbgátat az árvizek után mindig újra kellett építeni, s ebből kifolyólag született meg az elhatározás egy végleges küszöbgát megépítésére. A megfelelő engedélyekkel és tervezéssel a nagyváradi vasbetonművek gyártották le a már ismert és speciális vasbetonelemeket. Az ábrán is látható módon, 40 cm-es vastagságú, megfelelő méretű üreges fenéklemezekre (alaplemezek) kerültek szerelés formájában a speciális előre gyártott vasbetonelemek.

A víz sebességének megtörésére szolgálnak az esést mérséklő gátak, amelyeket a torrens lejtőjének figyelembe vételével egymástól olyan távolságra helyeznek el és olyan magasra építenek, hogy a víz sebessége károkat ne okozhasson. Általános elv, hogy az egymást követő gátak fenékpontját és koronáját összekötő vonal lejtője 30%-nál nem lehet nagyobb, míg finomszerű hordalék esetén 4–10%-ig lehet mérsékelni.

A klasszikus gátak építési anyaga még ma is a cementhabarcsba rakott terméskőfal. Ezeknek a klasszikus gátaknak az építkezési anyagát, a technológiáját, valamint a működési elvének a megváltoztatását tüzték ki célul az előregyártott vasbetonelemeknek a segítségével.

Az alapozási elem üregeibe éles sarkú terméskövek kerültek, amelyek belemélyedve ezeken a pontokon a fenéklemez alatti hordalékba, mintegy lehorgonyozták ezt, növelvén a hosszanti súrlódási erőt a fenéklemez és a hordalék között.



44. ábra

A küszöbgát gerince, alaplemezek és fektetett speciális előregyártott vasbetonelemek.

A küszöbgát végleges keresztmetszetét a már ismert két típusú elem segítségével alakították ki, mind a hegy felőli, mind a völgy felőli részen. A küszöbgát struktúrája terméskövel gondosan töltötték ki, a szabad felületet pedig 20 cm-es vastagságú speciális hidrotechnikai betonnal alakították ki.

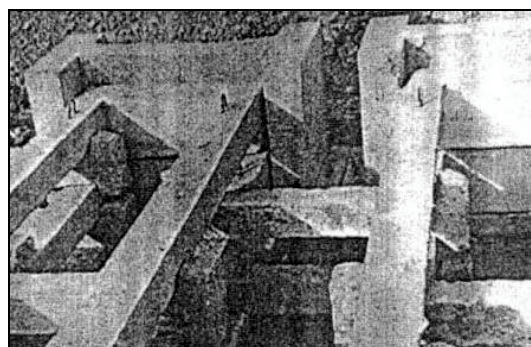
A küszöbgát betonnal lehorgonyzott végeit két keresztirányú travers-szal rögzítették speciálisan kialakítva az árvízvédelmi töltésekhez, megakadályozva ezáltal a gát végeinek az alámosását. Lényegében a küszöbgát nem más, mint egy rugalmas, a végeken mereven befogott szerkezet, amely már 14 éve működik megfelelően az előírásoknak.

Egy ilyen műszaki létesítmény viselkedését követni kell, karbantartani kell, ami sajnos a jelen esetben nem történt meg a vízmű tulajdonosa részéről. Mint egyedüli ilyen építmény a hidrotechnikai gyakorlatban a vízügyi szervek részéről is figyelmet, valamint műszaki kiértékelést érdemelne 14 év után.



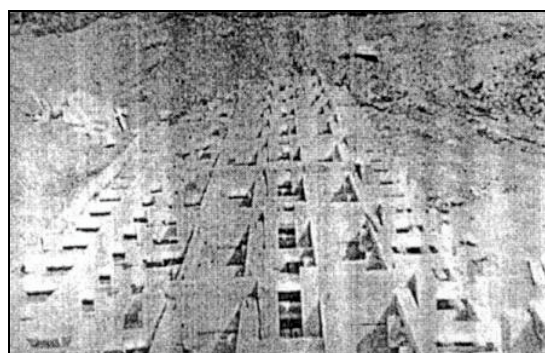
45. ábra

A küszöbgát végének a befogása lebetonozással.



46. ábra

Az előregyártott speciális vasbetonelemek szerelése a gát „gerincében”



47. ábra

A kialakított küszöbgát keresztmetszete, a már ismert két típusú kiselemekkel.



48. ábra

A struktúra feltöltése terméskövekkel és a felület betonozása.



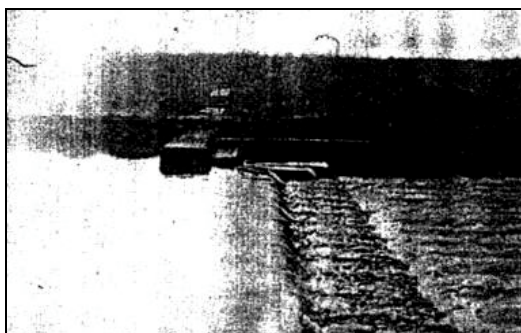
49. ábra

A gát végének bekötése egy travers-szal az árvízvédelmi töltésben



50. ábra

Tavaszi jégzajlás a küszöbgát felületén



51. ábra

A működő küszöbgát 1987-2000.



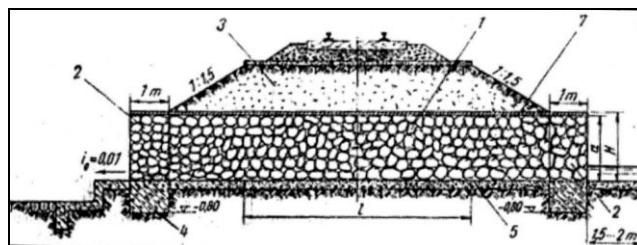
52. ábra

Az árvíz által elmosott vasúti töltés



53. ábra

Az elmosott vasúti töltés, előregyártott vasbetonelemekből kivitelezett töltés szivárgóval helyettesítve.



54. ábra

A szivárgó töltés keresztmetszete, az elmosott vasúti töltés helyén

4. Befejezés, következtetések

A földművek építése egyike a legrégebb emberi tevékenységnek. Alig van műszaki alkotás, amely a természettel oly szoros kapcsolatban lenne mint a mérnöki létesítmények közül a földművek. A földművek létesítése során a mérnök nem csak holt, hanem élő biológiai építőanyagot is felhasznál. Ez a tevékenység nem nélkülözheti az éghajlat, a talajösszetétel és a vízháztartás szempontjait. A fejlődés, technológia és méretezési módszer mindig sokat köszönhetett az építmények viselkedésének megfigyeléséből fakadó ismereteknek.



55. ábra

Part menti, hosszanti szivárgó gát, a Sebes-Körösön, Nagyvárad alatt.

Ezek a megfigyelések alkalmasak az elméleti úton levezetett tételek igazolására és ellenőrzésére, ugyanakkor arra is, hogy figyelmünket azokra a problémákra irányítsa, amelyek gyakorlati vonatkozásban meghatározó jelentőségűek.

A magas százalékban a támasztószervezeteknél károsodott struktúrák megfigyelése meghatározta kutatásaink a célját, amely még most, negyven év elteltével is, mint aktuális problémaként jelentkezik a kivitelező mérnöki gyakorlatban.

Jelen tanulmányból kitűnik, hogy olyan támasztószervezeteket terveztünk és kiviteleztünk, amelyek konkrétan megoldották azokat az elméleti problémákat, amelyeket a kohéziós talajok viselkedése a megfelelő esetekben, a vasút alépítményénél felvetett.

Az előregyártott vasbetonelemekből kivitelezett szerkezetek a tervezés és különösen a kivitelezés fázisában szigorú elemzésnek voltak alávetve az üzembiztonság szempontjából, az illető vasúti műszaki szerveknél.

A kísérleti szakaszok engedélyezése, az elért eredmények elemzése után egy hosszú idő telt el míg a minisztérium Vasúti Műszaki Igazgatósága kutató- és tervezőközpont ajánlása alapján bevezetésre kerültek előírásos alapon az ország minden pályamesteri szakaszán. Az előírás alapján minden pályamesteri szakasz saját maga kellett legyártsa ezeket az elemeket, készenlében tartva a károsodások jelentkezése esetén, a forgalom biztonsága és folytonossága érdekében. (148/297. Col. 1969 rendelet MT.D.CF)

Mint említettem, ezzel magyarázható a több évtizedes kutató, tervező és kivitelezési munka eredményeinek – a konkrét struktúrára vonatkoztatva – a gyakorlatba való átültetése (szivárgó rendszerű támfalak, vasalt földtám szerkezetek, torrensek stb.) az elért pozitív paraméterek figyelembevételével.

A kutatások eredményeképpen kimutattuk ezeknek a rendszereknek a hatékonyságát a kohéziós talajokban, a földfelületek állandó szellőzése, s ennek alapján az agyagban elhelyezkedő rugalmas páratartalom kikényszerített kicsapódása folytán víz formájában. Ennek a jelenségnek a hatására növekedtek a belső ellenállás paraméterei, a földtömeg statikai biztonsága.

Megváltozott a karbantartás elve (mélyszivárgók), megjelent a termoozmózis jelensége. A közbeavatkozások gyorsasága biztosított egy „repülő” technológiát a károsodások helyreállításának különböző pontjain. A torrens gátaknál követni lehet a torrens „lüktetését” hidrológiai tanulmányok előzetes elvégzése nélkül. Egyes növények bevonása a mozgó talajvíz kimutatására vagy a csúszólapoknak a rézsüfelületen való megjelenésére nagyban befolyásolták a biztonságos kivitelezést. Az elért eredmények még egyszer aláhúzták a mérnöki biológiának a hasznosságát, alkalmazását még a középszintű műszakiak mindennapos aktivitásában is.

A küszöbátak esetében egyedülálló, előregyártott, rugalmas szerkezetet alakítottunk ki a közepes vízfolyásokra (Körösök stb.) vonatkoztatva, ami a hordalék dinamikus egyensúlyának a biztosításánál nem elhanyagolható elméleti probléma.

A hosszanti szivárgó partbiztosítások nagyban járultak hozzá a folyók menti vízművek vízhozamának állandósulásához.

A tanulmányban bemutatott struktúrák nem befolyásolják érezhetően „idegen test”-ként a vízháztartásban, s mint egyedüli természetkímélő, természetbarát mérnöki létesítmény dolgoznak kéz a kézben a természettel.

Szakirodalom

- [1.] Collin A. – Recherches expérimentales sur les glissements spontanés des terrains agilleux accompagnés de considerations sur quelques principes de la mécanique terrestre. Paris, Cavillan Coeury et Valmont editors. 1846.
- [2.] Grusevoj L. G. – Deformacij naszipej Moszkva. Trudi V. N. I. I. ZS. T. 1959.
- [3.] Terzaghi K. – Teorija mehaniki gruntov. Moszkva G. I. L. S. ASM 1961.
- [4.] Kézdi A., Markó J. – Földművek víztelenítése. Budapest M. K. 1974.
- [5.] Mihalik A. – Ziduri de sprijin din rame de elemente prefabricate din beton armat: Revista Căilor Ferate Nr. 3., 1969.
- [6.] Mihalik A. – Transformarea podețelor de cale felerată în ramblee filtrante. Revista Căilor Ferate Nr. 2., 1970.
- [7.] Mihalik A. – Tiefendranen aus vorgefertigten Eisenbeton bestandteilen. Vorsfestigung im ingenierbau symposium. Budapest 11–14. september 1973.
- [8.] Mihalik A. – Comportarea in situ a construcțiilor de sprijiniri din elemente prefabricate de beton armat la consolidarea terasamentelor instabile de cale ferată. Buletinul științific Nr. 1–2. Institutul de Construcții București. 1977.
- [9.] Mihalik A. – Metodă de investigare în urmărirea comportării stabilității terasamentelor de cale ferată. Buletinul științific Nr. 1–2. Institutul de Construcții București. 1979.

- [10.] Mihalik A. – Studiu comparativ asupra eficienței tehnico-economice a folosirii prefabricatelor la construirea zidurilor de spirjin. Teza de doctorat, Institutul de Construcții București. 1980.
- [11.] Mihalik A. – Podpornie szteni iz szbornih zselezobetonnik ram. Danube European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Varna. 1980.
- [12.] Mihalik A. – Baraje din elemente prefabricate de beton armat destinate stingerii torenților. INCERC București. 1982.
- [13.] Mihalik A. – Podpornic sztenki szpecialnik Konzstrukcij na drenurujuscsh osznovanijah. 10. Kongresz Osznovanij. BRNO. 1982.
- [14.] Mihalik A. – Praguri de fund din elemente speciale de beton armat prefabricat pe Crișul Repede. A XIV. Conferință de Betoane. 11–13. octombrie 1988., Cluj-Napoca.
- [15.] Mihalik A. – The causes and results of failure in railway embankments. Danube European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Budapest, october 2–5. 1990.
- [16.] Mihalik A. – Comportarea fundațiilor speciale din elemente prefabricate de beton armat. Conferința Națională Comportarea in situ a construcțiilor: Băile Felix 20–21. octombrie 1994.
- [17.] Mihalik A. – Vasalt földtámszerkezetek szivárgást gátló árvízvédelmi töltések stabilitásánál. A „Tisza-völgy rendezése”, Tudományos Konferencia Tiszadob, augusztus 25–27. 2000.
- [18.] Mihalik A. – Fundații speciale drenante la structurile de sprijiniri din elemente prefabricate de beton armat. A IX-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații. Cluj-Napoca 27–29. septembrie 2000.
- [19.] Mihalik A., Spînu M. – Sisteme de sprijiniri cu geogriile, la consolidarea terasamentelor. A IX-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații. Cluj-Napoca 27–29. septembrie 2000.
- [20.] Mihalik A. – Brevet de invenție: RO78305/1981; RO90768/1986; RO99469/1988; RO101454/1990. OSIM București România.

Módosított összetett koszinusz-átmenetiíves kitérő és vágánykapcsolás geometriai terve és kitűzési adatai

Liegner Nándor

egyetemi tanársegéd

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Út és Vasútépítési Tanszék

1. A módosított – összetett koszinusz átmenetiíves kitérő és a vágánykapcsolás alapadatai

Tervezési sebesség kitérő irányban:	V	=	80 km/h
Vágánytengely távolság:	p	≥	4,00 m
Maximális oldalgyorsulás-változás:	h	=	0,40 m/s ³
Maximális szabad oldalgyorsulás:	a_0	=	0,65 m/s ²
Görbületváltozást érzékelő hossz:	d	=	17,0 m
Nyomtávolság:	t	=	1435 mm

2. A koszinusz átmenetiíves eltérítésű geometria meghatározása

Az eltérítő ágba átmenetiíves kitérő és vágánykapcsolás geometriai tervezése a négy koszinusz átmenetiívvel történő vágányszéthúzás geometriájára épül.

Az átmenetiív hosszát az

$$L = \frac{V}{3,6} \cdot \sqrt[3]{\frac{\pi \cdot p}{4h}} \quad [\text{m}], \quad (1)$$

a minimális görbületi sugár értékét az

$$R_2 = \frac{2L^2}{p} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

összefüggésből határozhatjuk meg, ahol:

L [m]:	a vágánykapcsolás második és harmadik átmenetiívének hossza;
R_2 [m]:	minimális görbületi sugár;
p [m]:	vágánytengely távolság;
V [km/h]:	tervezési sebesség az eltérítő ágba;
$h = 0,4 \text{ m/s}^3$:	a maximális engedélyezett oldalgyorsulás-változás.

A koszinusz geometria elején, a csúcspont hosszának csökkentése céljából az első és a negyedik átmenetiív elejét lemetsszük úgy, hogy a gyorsulásváltozás értéke ne haladja meg a maximális engedélyezett értéket — $h_{max} = 0,4 \text{ m/s}^3$. A kitérő elején a görbületi sugár értéke az

$$R_1 = \frac{V^3}{3,6^3 h d} \quad [\text{m}] \quad (3)$$

összefüggésből számítható. A módosított — lemetsett — átmenetiív hossza:

$$L_0 = \frac{\pi V^3 (R_1 - R_2)}{3,6^3 \cdot 2 \cdot h R_1 R_2} \quad [\text{m}] \quad (4)$$

A (3) - (4) képletek jelölései:

L_0 [m]:	a vágánykapcsolás módosított — első és negyedik — átmenetiívének hossza;
R_2 [m]:	minimális görbületi sugár;

R_l [m]: görbületi sugár a módosított átmenetiív elején;
 V [km/h]: tervezési sebesség az eltérítőágban;
 $h = 0,4 \text{ m/s}^3$: a maximális engedélyezett oldalgyorsulás-változás.

Az 1. fejezet kiindulási adatai alapján az (1) – (4) mennyiségek értékei:

Az átmenetiív hossza: $L = 47,5833 \text{ m}$
 A módosított átmenetiívek hossza: $L_0 = 20,8797 \text{ m}$
 A koszinusz geometria hossza: $L_0 + L = 68,4630 \text{ m}$
 Minimális görbületi sugár: $R_2 = 905,6663 \text{ m}$
 Görbületi sugár a módosított átmenetiív elején: $R_l = 1613,8142 \text{ m}$

Az első és a negyedik átmenetiív elejének lemetzése miatt egyszerű vágánykapcsolás esetén a kapcsolás középső szakaszában a második és a harmadik átmenetiívek között

$$e = \frac{p - 2Y_{cv}}{\sin \tau_{cv}} \quad [\text{m}] \quad (5)$$

nagyságú egyenes adódik, ahol

Y_{cv} [m]: a koszinusz geometria végpontja — a második átmenetiív eleje;
 p [m]: a vágánytengely távolság;
 τ_{cv} : a koszinusz geometria végérintőszöge.

Párhuzamos vágány kiágazása esetén az e egyenes az

$$e = \frac{p}{2} - \frac{Y_{cv}}{\sin \tau_{cv}} \quad [\text{m}] \quad (6)$$

összefüggésből számítható.

A vágánykapcsolás geometriáját az 5.1. ábra tünteti fel.
 Az első átmenetiív — $0 \leq l \leq L_0$ — görbületi viszonyait a

$$G_I(0 \leq l \leq L_0) = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \left(1 - \cos \frac{\pi}{L} l \right) \left[\frac{1}{\text{m}} \right], \quad (7)$$

a második átmenetiív görbületi viszonyait a

$$G_{II}(L_0 \leq l \leq L_0 + L) = \frac{1}{R_2} - \frac{1}{2R_2} \left(1 - \cos \frac{\pi}{L} (L + L_0 - l) \right) \left[\frac{1}{\text{m}} \right] \quad (8)$$

görbületfüggvénnyel írhatjuk le.

Az eltérítő ág első részében — az első átmenetiívben — ($0 \leq l \leq L_0$) az érintőszög függvénye:

$$\tau_l = \int_0^l G_I dl = \frac{l}{R_1} + \frac{l}{2R_0} - \frac{L_0}{2\pi R_0} \sin \frac{\pi}{L} l, \quad (9)$$

az ordináta függvénye:

$$y_l = \int_0^l \tau_l dl = \frac{l^2}{4} \left(\frac{2}{R_1} + \frac{1}{R_0} \right) - \frac{L_0^2}{2\pi^2 R_0} \left(1 - \cos \frac{\pi}{L} l \right) \quad [\text{m}]. \quad (10)$$

Az eltérítőág második átmenetiívében ($L_0 \leq l \leq L + L_0$) az érintőszög függvénye:

$$\tau_{II} = \tau_{L_0} + \int_{L_0}^l G_{II} dl = \frac{L_0}{R_1} - \frac{L_0}{2R_2} + \frac{L_0}{2R_0} + \frac{l}{2R_2} + \frac{L}{2\pi R_2} \sin \frac{\pi}{L} (L_0 + L - l). \quad (11)$$

Az érintőszög értéke a koszinusz geometria végén — a második és a harmadik átmenetiív elején:

$$\tau_{cv} = \frac{L_0}{2R_1} + \frac{L_0 + L}{2R_2} \quad (12)$$

A vágánykapcsolás középső részén a közbenső egyenes hajlásszögét a (12) összefüggésből határozhatjuk meg, értéke a (15) szerinti számadat.

Az eltérítőág második átmenetiívében ($L_0 \leq l \leq L + L_0$) az ordináta függvénye:

$$y_{II} = y_{L_0} + \int_{L_0}^l \tau_{II} dl = -\frac{L_0^2}{4R_1} - \frac{L_0^2}{\pi^2 R_0} + \frac{L^2}{2\pi^2 R_2} + \frac{L_0 l}{2R_1} + \frac{l^2}{4R_2} + \frac{L^2}{2\pi^2 R_2} \cos \frac{\pi}{L} (L_0 + L - l) \quad (13)$$

A (7)-(13) képletek jelölései:

- l [m]: az ívhossz paraméter;
- L [m]: a vágánykapcsolás második és harmadik átmenetiívének hossza;
- L_0 [m]: a vágánykapcsolás módosított – első és negyedik – átmenetiívének hossza;
- R_2 [m]: minimális görbületi sugár;
- R_1 [m]: görbületi sugár a módosított átmenetiív elején;
- R_0 [m]: az átlagos görbületi sugár, mely az

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 - R_2} \text{ [m]} \quad (14)$$

összefüggésből számítható.

Az 1. fejezet kiindulási adatai alapján, a (7) – (13) összefüggésekből a következő mennyiségek határozhatók meg:

- A módosított átmenetiív végpontjának koordinátái ($l = L_0$):

$$x(L_0) = 20,8788 \text{ m}$$

$$y(L_0) = 0,1665 \text{ m}$$

- Az érintőszög értéke a módosított átmenetiív végpontjában ($l = L_0$):

$$\tau(L_0) = 1^\circ 01' 52,01''$$

- A koszinusz-geometria végpont koordinátái ($l = L_0 + L$):

$$X_{c,v} = 68,4289 \text{ m}$$

$$Y_{c,v} = 1,9007 \text{ m}$$

- A koszinusz geometria végérintőszöge:

$$\tau_{c,v} = 2^\circ 32' 10,53'' \quad (15)$$

- A kitérő szerkezet végpont koordinátái ($y = 1,750$ m):

$$x_{\text{kit},v} = 65,0272 \text{ m}$$

$$y_{\text{kit},v} = 1,7500 \text{ m}$$

- A kitérő szerkezet végpontjában az ívhossz paraméter értéke ($y = 1,750$ m):

$$l_{\text{kit},v} = 65,0580 \text{ m}$$

- Érintőszög értéke a kitérő végpontjában ($l = L_0$):

$$\tau_{\text{kit},v} = 2^\circ 32' 07,27''$$

- Az ívhossz paraméter értéke az elméleti keresztezési pontban:

$$l_{kr} = 57,8964 \text{ m}$$

- Az elméleti keresztezési pont koordinátái:

$$x_{kr} = 7,9041 \text{ m}$$

$$y_{kr} = 0,7175 \text{ m}$$

- Érintőszög értéke az elméleti keresztezési pontban:

$$\tau_{kr} = 2^\circ 30' 35,28''$$

A kitérőt, a módosított átmenetiív és a koszinusz geometria végpontjának helyzetét az *5.1 ábra* szemlélteti.

A fenti adatok alapján, a vágánykapcsolás középső részén az e egyenes hajlásszöge — a koszinusz geometria végérintőszöge — nem egyezik meg a kitérő végének hajlásszögével. A módosított-összetett átmenetiív hossza (L_0+L) nagyobb, mint a kitérőé. A vágánykapcsolás elágazó ágában a kitérő után a vágánytengely átmenetiívben folytatódik, melynek geometriáját az *5.1. ábra* tünteti fel.

A vágánykapcsolás görbületi ábrája az *5.2. ábrán* látható. A kitérőirányban $V = 80$ km/h sebességgel haladó járműben fellépő oldalgyorsulás nagyságát az első (módosított) átmenetiívben az

$$a_I(0 \leq l \leq L_0) = \frac{V^2}{3,6^2} \left\{ \frac{1}{R_1} + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right) \left(1 - \cos \frac{\pi}{L} l \right) \right\} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right], \quad (16)$$

a második átmenetiívben az

$$a_{II}(L_0 \leq l \leq L_0 + L) = \frac{V^2}{3,6^2} \left\{ \frac{1}{R_2} - \frac{1}{2R_2} \left(1 - \cos \frac{\pi}{L} (L + L_0 - l) \right) \right\} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad (17)$$

függvény írja le. A fellépő oldalgyorsulás maximális értéke

$$a_{\max} = \frac{V^2}{3,6^2 \cdot R_{\min}} = \frac{80^2}{3,6^2 \cdot 905,666} = 0,545 \text{ m/s}^2, \quad (18)$$

ahol: a [m/s^2]: a szabad oldalgyorsulás,
 V [km/h]: sebesség,
 l [m]: az ívhossz paraméter,
 L [m]: a vágánykapcsolás második és harmadik átmenetiívének hossza,
 L_0 [m]: a vágánykapcsolás módosított – első és negyedik – átmenetiívének hossza,
 R_2 [m]: minimális görbületi sugár,
 R_1 [m]: görbületi sugár a módosított átmenetiív elején.

A kitérőívben $V = 80$ km/h sebességgel haladó járműben fellépő oldalgyorsulás ábrája az 5.3. ábrán látható.

3. A csúcscsín lemetzés vizsgálata

A csúcscsín lemetzés végpontjának azt a pontot tekintjük, ahol a fő és a mellékirány ordináta különbsége

$$y_m = 5 \text{ mm.} \quad (19)$$

A csúcscsín lemetzés végpontjában, (7) és (8) alapján az ívhossz paraméter értéke

$$l_m = 3,9832 \text{ m,}$$

a végpont abszcisszája

$$x_m = 3,9832 \text{ m}$$

és a pontbeli érintő τ_m hajlása:

$$\tau_m = 0^\circ 08' 40,81". \quad (20)$$

A csúcscsín lemetzés végpontjában a gyorsulás-változás értéke nem lehet nagyobb az engedélyezett maximális értéknél. A gyorsulás-változás értéke a

$$h \approx \frac{V^3}{3,6^3} \frac{\tau}{d} \text{ [m/s}^3\text{]} \quad (21)$$

képletből számítható, ahol

τ : a csúcscsín lemetzés szöge;
 $d \approx 17 \text{ m}$: a jármű forgócsap távolsága.

(21) alapján a csúcscsín lemetzési szög maximális értéke:

$$\tau_{m,eng} = 0^\circ 36' 12,80". \quad (22)$$

A csúcscsín lemetzési szög (20) értéke kisebb, mint a (22) szerinti maximális érték, ezért a csúcscsín lemetzés kinematikailag megfelel.

A csúcscsín lemetzés vázlata a 3.1 ábrán látható. Ennek figyelembe vételével:

$$u = \frac{y_m}{\text{tg } \tau_m} = 1,9802 \text{ m} \quad (23)$$

ahol:

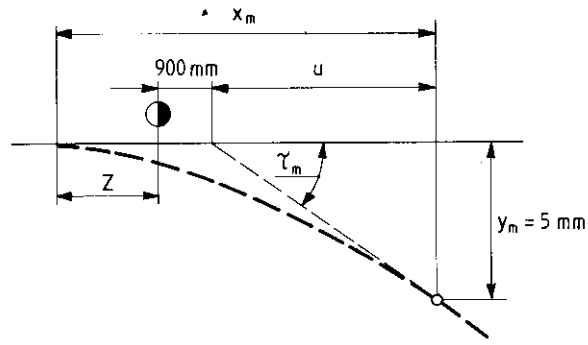
$y_m = 0,005 \text{ m}$: a csúcscsín lemetzés végpontjának ordinátája;
 τ_m : a csúcscsín lemetzés végpontjában az érintő hajlása.

A kitérő elejének távolsága az első átmenetiív matematikai elejétől:

$$Z = x_m - u - 0,9 = 1,1030 \text{ m} \quad (24)$$

ahol:

x_m [m]: a csúcscsín lemetzés végpontjának abszcisszája;
 u [m]: (23) alapján a 3.1 ábra szerint számítandó mennyiség.



3.1. ábra
A csúcscsín lemetszés elvi vázlata

4. A kitérő tengelyábrája

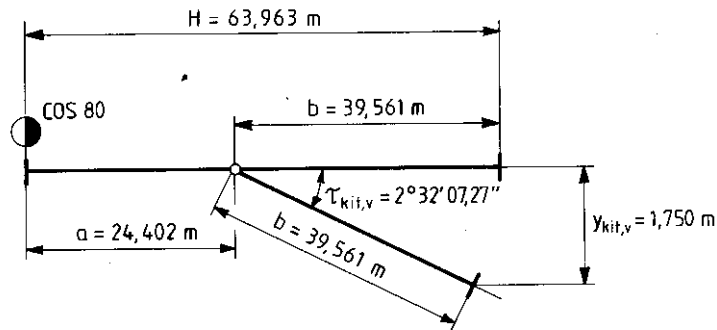
A kitérő tengelyábrája a 4.1., a tengelyábra számításánál felhasznált mennyiségek a 4.2 ábrán láthatók. A főbb méretek:

$$b = \frac{y_{kit,v}}{\sin \tau_{kit,v}} = 39,5607 \text{ m}$$

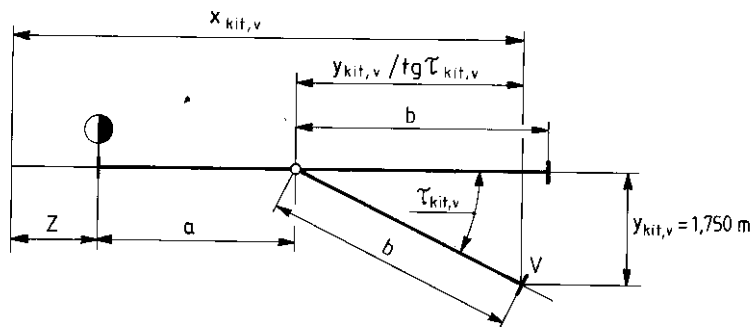
$$a = x_{kit,v} - b \cdot \cos \tau_{kit,v} - Z = 24,4022 \text{ m}$$

A kitérő hossza: $H = a + b = 63,9629 \text{ m}$

A kitérő végérintő szöge: $\tau_{kit,v} = 2^\circ 32' 07,27''$.



4.1. ábra
A kitérő tengelyábrája



4.2. ábra
A kitérő tengelyábrájának számításánál felhasznált mennyiségek

5. A vágánykapcsolás tengelyábrája

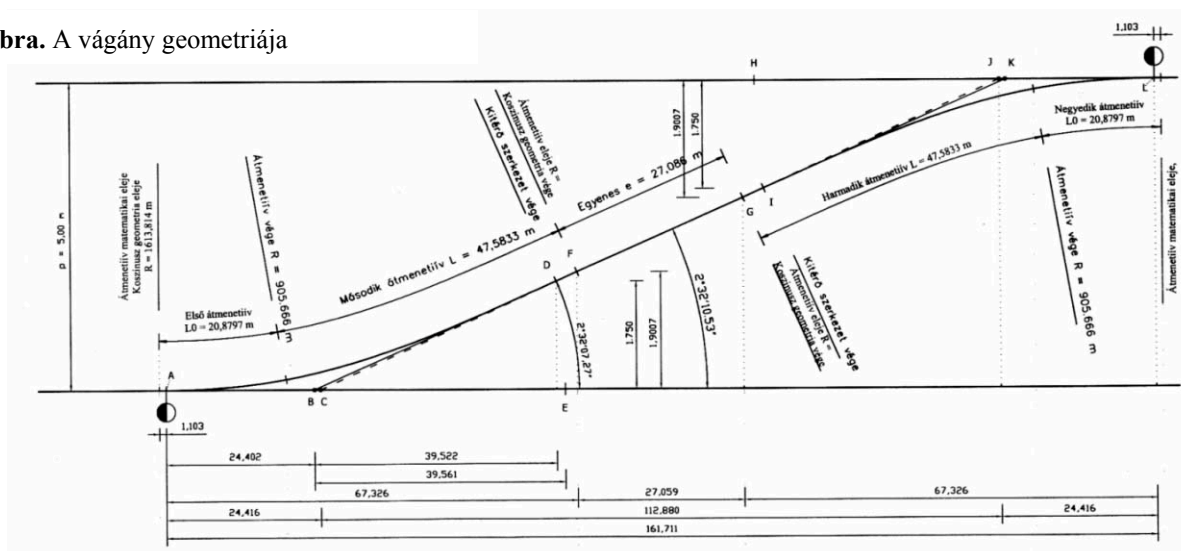
A vágánykapcsolás tengelyábrája az 5.4. ábrán látható $p = 5,00$ m vágánytengely távolság esetén. A vágánykapcsolás, a közbenső e egyenes hosszát és az ábra szerinti C – J távolságot az 5.1. táblázat tünteti fel $p = 4,10, 4,75$ és $5,00$ m tengelytávolság esetén.

5.1. táblázat: Az e egyenes, az 5.1. ábra szerinti C – J távolság, valamint a vágánykapcsolás teljes hossza

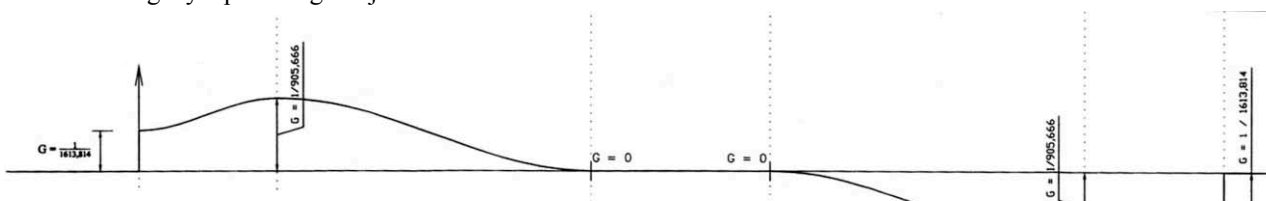
Vágánytengely távolság p [m]	Az e egyenes hossza [m]	C–J távolság [m]	A vágánykapcsolás hossza [m]
4,10	6,748	92,652	141,373
4,75	21,437	107,341	156,062
5,00	27,086	112,990	161,711

A vágánykapcsolás középső részén az e egyenes hajlásszöge nem egyezik meg a kitérő végének hajlásszögével. A módosított-összetett átmenetiív hossza (L_0+L) nagyobb, mint a kitérőé. A vágánykapcsolás elágazó ágában a kitérő után a vágány átmenetiívben folytatódik, melynek geometriáját az 5.1. ábra szemlélteti. Az eltérítő ág görbületét az 5.2, a kitérőirányban $V = 80$ km/h sebességgel haladó járműben fellépő oldalgyorsulást az 5.3. ábra tünteti fel. A vágánykapcsolás kitűzési vázlatát az 5.4. ábrán látható.

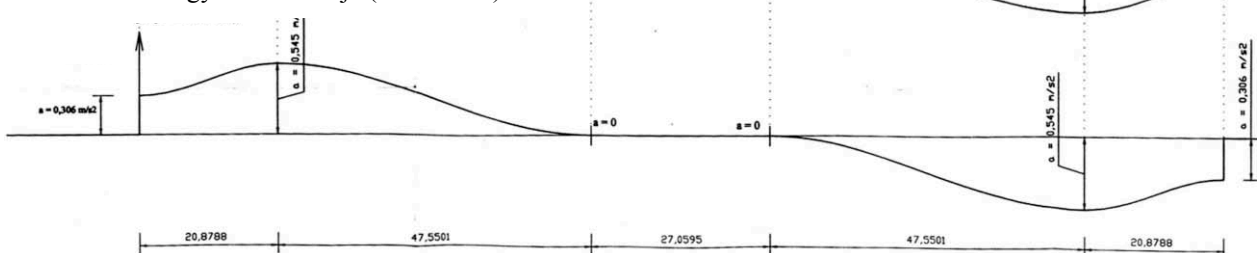
5.1. ábra. A vágány geometriája



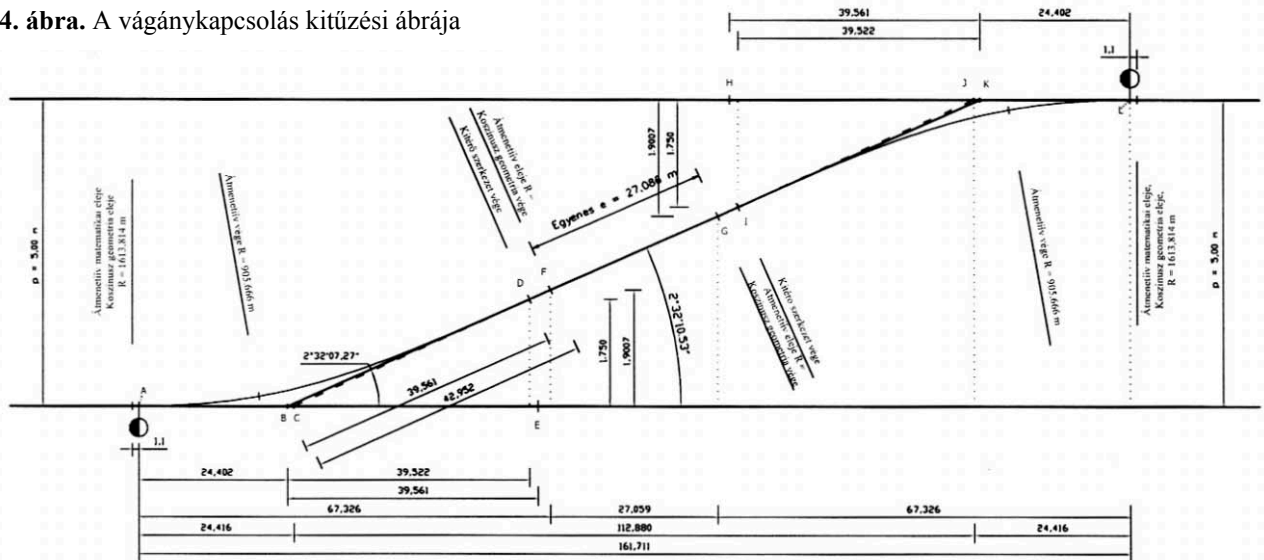
5.2. ábra. A vágánykapcsolás görbéje



5.3. ábra. Az oldalgyorsulás ábrája ($V=80$ km/h)



5.4. ábra. A vágánykapcsolás kitűzési ábrája



Felhasznált irodalom

- [1.] A számítást és tervezést a „Dr. Megyeri Jenő: Vasúti mozgásgeometria, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1986”-ban kiadott szakkönyv 5. fejezete alapján végeztem.