

A *fib* MAGYAR TAGOZAT LAPJA

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*

CSEPELI SZENNYVÍZTISZTÍTÓ



Lengyel Gábor — Sármay András —
Dr. Csíki Béla

A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep

1. A projekt általános ismertetése **1**

Pál Gábor

A budapesti négyes metróvonal építése

3. A „Kelenföldi pályaudvar”
metróállomáskiviteli tervezése **8**

Dr. Balázs L. György —
Dr. Lublós Éva

Tűzhatásra való méretezésilehetőségek áttekintése vasbeton- szerkezetek esetén

14

A 2009. évi Palotás László- díj átadása

Zsomboly Sándor és
ifj. prof. Palotás László beszédei

23

Beluzsár János

Palotás László-díjat kapott Visszatekintés a kitüntetés kapcsán

25

Dr. Pótáné Palotás Piroska
emlékezetére

29

fib bulletin 47, 48, 49

30

Személyi hírek

Reviczky János 85 éves
Szánthó Pál 1925-2010

31

2010/1

XII. évfolyam, 1. szám

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Dr. Träger Herbert

Szerkesztőbizottság:

Beluzsár János

Dr. Bódi István

Csányi László

Dr. Csíki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Madaras Botond

Mátyássy László

Polgár László

Telekiné Királyföldi Antonia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

Lektorai testület:

Dr. Deák György

Dr. Dulácska Endre

Dr. Janzó József

Királyföldi Lajosné

Dr. Knébel Jenő

Dr. Lenkei Péter

Dr. Loykó Miklós

Dr. Madaras Gábor

Dr. Orosz Árpád

Dr. Szalai Kálmán

Dr. Tassi Géza

Dr. Tóth Ernő

(Kéziratok lektorálására más kollégák is felkérést kaphatnak.)

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata

Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata

(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség)

Szerkesztőség:

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia
Tanszék

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

Tel: 463 4068 Fax: 463 3450

E-mail: fib@etk.bme.hu

WEB <http://www.fib.bme.hu>

Az internet verzió technikai

szerkesztője: Bene László

Egy példány ára: 1275 Ft

Előfizetési díj egy évre: 5100 Ft

Megjelenik negyedévenként

1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441

online ISSN: 1586-0361

Hirdetések:

Külső borító: 220 000 Ft+áfa

belső borító: 180 000 Ft+áfa

A hirdetések felvétele:

Tel.: 463-4068, Fax: 463-3450

Címlap:

A Budapesti Központ

Szennyvíztisztító Telep

TARTALOMJEGYZÉK

- 1** Lengyel Gábor – Sármay András – Dr. Csíki Béla
A Budapesti Központi Szennyvíz-tisztító Telep
1. A projekt általános ismertetése
- 8** Pál Gábor
A budapesti négyes metróvonal építése
3. A „Kelenföldi pályaudvar” metróállomás
kiviteli tervezése
- 14** Dr. Balázs L. György – Dr. Lublós Éva
Tűzhatásra való méretezési
lehetőségek áttekintése vasbeton-
szerkezetek esetén
- 23** **A 2009. évi Palotás László-díj átadása**
Zsomboly Sándor és ifj. prof. Palotás László beszédei
- 25** **Beluzsár János Palotás László-díjat kapott**
Visszatekintés a kitüntetés kapcsán
- 29** **Dr. Pótáné Palotás Piroska emlékezetére**
- 30** *fib* bulletin 47
fib bulletin 48
fib bulletin 49
- 31** **Személyi hírek**
Reviczky János 85 éves
Szánthó Pál 1925-2010

A folyóirat támogatói:

Vasúti Hidak Alapítvány, Duna-Dráva Cement Kft., ÉMI Nonprofit Kft.,
Hídépítő Zrt., Holcim Hungária Zrt., MÁV Zrt., MSC Mérnöki Tervező és Taná-
csadó Kft., Lábatlani Vasbetonipari Zrt., Pont-Terv Zrt., Strabag Zrt., Swietelsky
Építő Kft., Uvaterv Zrt., Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt., Hídtechnika Kft.,
Betonmix Mérnökiroda Kft., BVM Épelem Kft., CAEC Kft., Pannon Freyssinet
Kft., Stabil Plan Kft., SW Umwelttechnik Magyarország Kft., Union Plan Kft.,
DCB Mérnöki Iroda Kft., BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke,
BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke

1. A PROJEKT ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE



Lengyel Gábor – Sármay András – Dr. Csíki Béla

Ismeretes a szélesebb nyilvánosság, de különösen a szakmai közvélemény előtt, hogy Közép-Európa egyik legnagyobb környezetvédelmi beruházása a Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep létesítése befejezés előtt áll: jelenleg már a próbaüzem van folyamatban. A projekt több jellemző építőmérnöki szakterület (szennyvíztisztítási technológia, hidraulika, műtárgy-, ill. szerkezettervezés és építés stb.) kölcsönös egymásra hatásával, ill. együttműködésével valósult meg.

Jelen cikk – egy sorozat első részeként – általános képet igyekszik nyújtani a beruházás céljáról, a legfontosabb telepítési, technológiai és építési adatokról, körülményekről. A cikksorozat következő részei – bizonyos csoportosításban – a mintegy 180.000 m³ vasbeton beépítésével létrejött, különleges mérnöki szerkezeteket is magába foglaló épület- és műtárgykomplexum szerkezettervezési- és kivitelezési kérdéseivel foglalkoznak.

Kulcsszavak: szennyvíztisztító, szennyvíztisztítási technológia, mérnöki műtárgyak, szerkezettervezés, műtárgy- és szerkezetépítés

1. BEVEZETÉS

A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep (BKSZT) egy környezetvédelmi óriásberuházás, az Élő Duna projekt egyik részeként valósul meg.

Budapest 790 ezer háztartásából naponta megközelítőleg 600 ezer köbméter szennyvíz kerül a Dunába. Ebből a főváros korábbi működő szennyvíztisztító telepei, az északpesti 200 ezer és a délpesti 80 ezer köbmétert, a teljes keletkezett mennyiség közel felét képesek befogadni és megfelelő biológiai tápanyag eltávolítással tisztítani.

A központi szennyvíztisztító telep létesítésén túl az Élő Duna beruházáshoz tartozik a telepet védő árvízvédelmi gát, a bekötőtű kivitelezése, három a szennyvizet a telepre juttató átemelő telep (a ferencvárosi, az albertfalvai, és a kelenföldi szivattyútelep) fejlesztése, a Budai Duna-parti Fogyűjtőcsatorna, valamint a szennyvizet a tisztítótelepre vezető, a Duna medre alatt futó csővezetékek megépítése is. A beruházás keretében

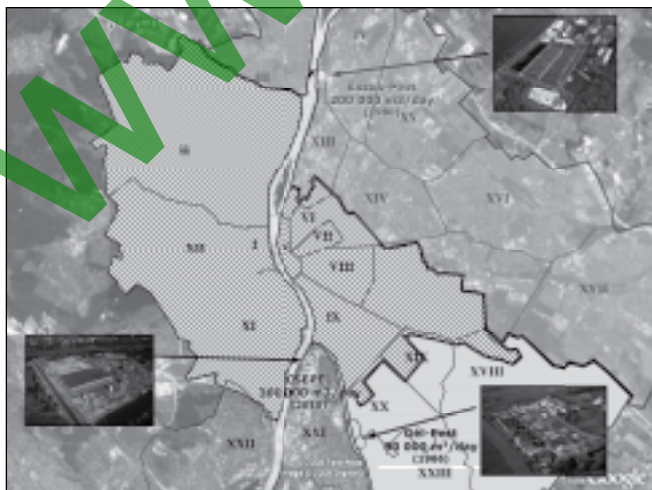
gondoskodnak a tisztítás végtermékeként keletkező szennyvíz-iszap megfelelő kezeléséről, hasznosításáról is.

Az Élő Duna beruházás megvalósítása 428,7 millió euróba kerül. Ezt az összeget 65%-ban az Európai Unió finanszírozza a Kohéziós Alapból, 20%-át a Magyar Állam, 15%-át pedig Budapest főváros fedezi.

A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep 1,6 millió lakos egyenértékű szennyvíz tisztítására lesz képes 300.000 köbméteres szárazidei hidraulikai kapacitás mellett, ezzel közel 100% -ra javítva Budapest biológiai szennyvíztisztító kapacitását. A telep csapadékos idő esetén 500.000 m³/nap –os csúcsidejű vízhozam kezelésére lesz alkalmas biológiai úton és 950 000 m³/nap-os csúcsidejű kapacitással mechanikai elő tisztításra.

A telep kivitelezőjének közbeszerzési eljáráson történt kiválasztását követően a nyertes Csepel 2005 FH Konzorciummal a kivitelezői szerződést 2005. december 30-án írták alá. A szerződés értelmében a tervezéssel egybekötött

1. ábra: Budapesti szennyvíztelepek és a hozzájuk tartozó kerületek



2. ábra: A BKSZT és a nyomóvezetékek nyomvonala



sárgakönyves FIDIC szerződés alapján a kivitelezést 1 éves próbaüzemmel 2010. július 31-ig kell a konzorciumnak teljesítenie, kiegészítve az üzemeltetésben 4 évig való közreműködéssel.

A konzorciumot négy cég alkotja a technológia szereléséért és annak beüzemelésért a két francia fél, a Degremont SUEZ és az OTV France, a szerkezet tervezéséért és kivitelezéséért a Hidépítő Zrt és a Colas Alterra Zrt. felelt. Az építési és a szerkezet kiviteli terveit a Hidrokomplex Kft. készítette.

A telep elhelyezkedése miatt a megrendelők a legszigorúbb zaj és szag emissziós kibocsátási értékeket és a 24 hektáros telek 70%-os zöldfelületi borítottságát írták elő.

Ezen igények kielégítése szükségessé tette a műtárgyak teljes lefedését, s a lehető legkevesebb terület elfoglalásához a technológusok az egyes technológiai elemeket egymás fölé helyezték el, ezáltal a technológiai épületeket emeletessé téve, így csökkentve a lefedett területet.

2. A SZENNYVÍZTISZTÍTÁSI TECH- NOLÓGIA

A két szennyvízátelő által a telepre juttatott szennyvizet a telep olyan magas kezdő geodetikus magasságon kapja hogy még a mértékadó Duna vízállás esetén is a teljes tisztítási technológián a víz gravitációsan tudjon átfolyani.

A telepen a mechanikai előtisztítás 6+2 db 3mm-es gépi ráccsal kezdődik, melyeket 7+1 db 3D Sedipack műtárgy követ. Ezek a műtárgyak egy levegőztetett homokfogót és egy lamellás előülepítőt foglalnak magukba.

A mechanikai előtisztítást követően a víz a 18 biológiai

vízvonal egyikére kerül melyek egy anaerob labirintusból és egy szakaszosan levegőztetett carussel medencéből állnak, melyeket egy hosszanti átfolyású utóülepítő követ természetesen egy lehetséges fertőtlenítést biztosító medence térrel.

Az egyes előülepítők és biológiai vízvonalak egymással párhuzamosan üzemeltethetők, ezzel elég nagy hidraulikai rugalmasságot biztosítva a telepnek.

Az előülepítőknél leválasztott nyersiszapot először gravitációs sűrítőkben sűrítik, majd az utóülepítők által kiülepített főlös iszappal összekeverve 70 °C-on pasztörizálják, mielőtt a három termofill rothasztó toronyban kirothasztásra kerülne.

A kirothasztott iszapot egy köztes medencében a rothasztott iszap tárolóba juttatják, ahol szintén gravitációsan sűrítik azt. Ezt követően centrifugákon víztelenítik, majd a kb. 23-27% víztartalmú iszapot elszállítják a telepről.

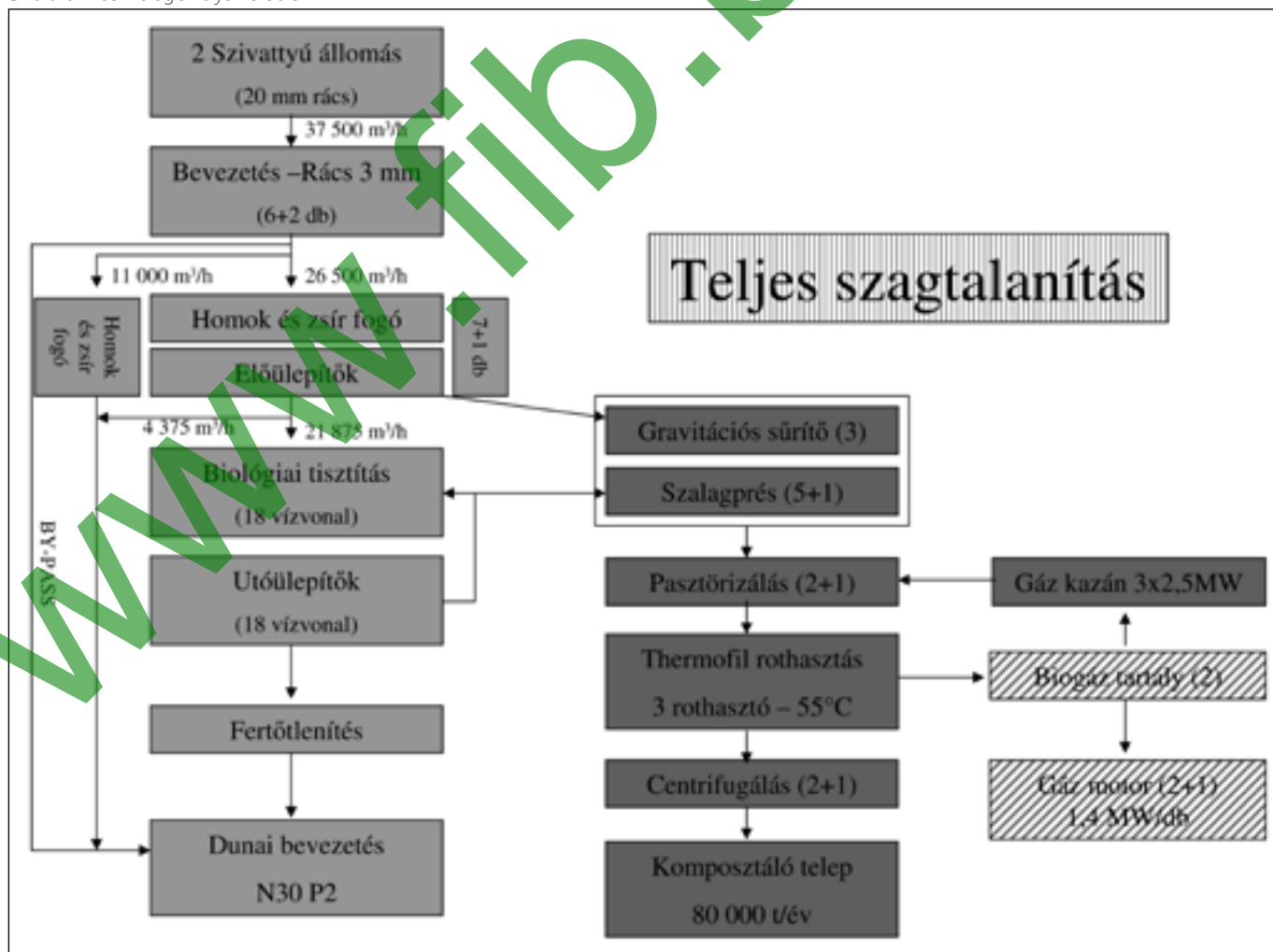
A rothasztás során keletkezett biogázt a telepen két gáztartályban összegyűjtik és azt gázmotorokban (3 db 1,5 MW) illetve kazánokban elégetve, biztosítják részben a telep elektromos energia (kb. 30%, ami a szellőztetés miatt ilyen alacsony) ellátását, valamint teljes egészében az épületek fűtéséhez, a pasztörizáláshoz, valamint a rothasztáshoz szükséges teljes hőenergia mennyiségét.

3. ÉPÜLETEK ÉS MŰTÁRGYAK

A technológiát kiszolgáló épület- és műtárgyegyüttest négy csoportra oszthatjuk:

1. Nagyműtárgyak (vízvonali tisztítás műtárgyai)
 - a. Mechanikai előkezelő épület (rács és homokfogó)

3. ábra: Technológiai folyamatábra





4. ábra: BKSZT tömbvázlata és az építmények elrendezése

- b. Biológiai tisztító épület (eleveniszapos medencék és utóülepítők)
- 2. Kör alakú műtárgyak
 - a. Gravitációs sűrítők
 - b. Rothasztó tornyok
 - c. Rothasztottiszap-tároló
 - d. Gáztartály alapok
- 3. Egyéb technológiai épületek
 - a. Szagtalanító gépház
 - b. Iszapvíztelenítő épület
 - c. Kazán és gázmotor gépház
 - d. Elektromos épületek (elektromos fogadó és vezérlő épület)
- 4. Nem technológiai épületek
 - a. Központi iroda és labor épület
 - b. Műhely, raktár
 - c. Porta.

Az egyes épületek megvalósulása során alkalmazott tervezői és kivitelezési megoldásokról a cikksorozat későbbi részeiben kívánunk részletesebb képet nyújtani.

4. AZ ÉPÍTÉS

A szerződés megkötését követően a konzorcium feladata volt a FIDIC sárga könyves szerződés értelmében az engedélyezési tervek elkészítése és azok hatósági jóváhagyatása, valamint ezek alapján a kiviteli tervek elkészítése, majd a telep megépítése.

A tervezési fázis alatt a területen megkezdődtek a régészeti feltárások és az azokhoz szükséges földmunkák.

A régészek a közel 5 ha-os egyszerre feltárt nagyműtárgyak területén több mint 6000 leletet tártak fel a középső rézkori Ludanice kultúrától (Kr. e. 4. évezred) a Nagyrévi kultúrán (Kr. e. 2. évezred eleje) és a vaskori kelta vándorlásokon (Kr. e. 5. században) át, az árpádkori leletekig (Kr. u. 11-12. század).

A régészeti munkákkal párhuzamosan a kivitelezés első



6. ábra: A résfal nyomvonala

lépéseként megkezdődött a nagyműtárgyakat körülvevő bentonitos agyag résfal készítése. Ennek a feladata az építés folyamán a Duna mértékadó vízszintje alá tervezett alapozási sík miatt a munkagödör körülhatárolása a megfelelő talajvízszint süllyesztéshez, valamint az elkészült kezelőtelep esetén havaria helyzetben a szennyeződés lokalizálása.

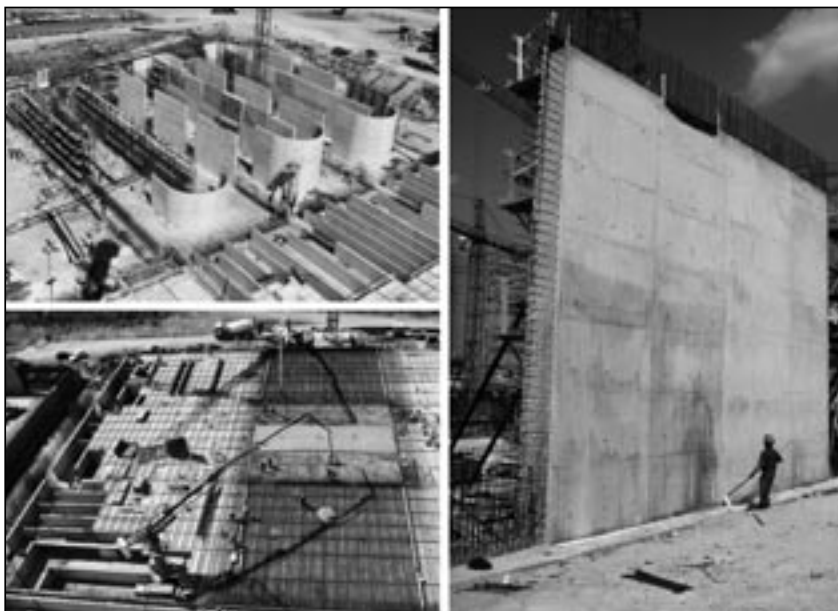
A résfal anyaga Solidur 274RV amit az agresszív és nehézfémekkel szennyezett talajnak megfelelően választottunk ki. A résfal a kiscelli agyagrétegbe van 1-1,5 m mélyen bekötte, ezzel egy zárt agyag „medence” alakult ki. A fal 60 cm vastag 13-15 m mély és 2,5 km hosszan veszi



5. ábra: Régészeti leletek



7. ábra: A résfal építése



8-9. ábra: Az építés képeken a földről 1-2.



10. ábra: Az építés a levegőből

körbe a nagyműtárgyakat. A jogerős vízjogi engedély kézhezvételét követően a szerkezeti kivitelezés 2007. januárjában kezdődött, 2008. decemberében fejeződött be. A szükséges betonmennyiséget a helyszínrre telepített két keverőtelep biztosította.

A felhasznált betonreceptúrát is speciálisan a telepre lett kialakítva a Műegyetem Építőanyag és Mérnökgeológia Tanszékével közösen. A betonnak az alábbi követelményeknek kellett megfelelnie:

C30/37-XV2(H)-XD2-XA2-32-F4

- Szilárdság (56 napos korban 15 cm-es kockán) 40 N/mm²
- Vízáróság (56 napos korban XV2(H) körny. oszt. esetén) 40 mm
- Repedésmentesség
- „Fehér kád” irányelv betartása
- Max v/c = 0,5
- Min. cementtartalom 320 kg/m³
- Konzisztencia területtel mérve 1,5 óra után min. 450 ±30 mm (bedolgozásnál a tapasztalatok szerint a legjobb konzisztencia 500-550 mm)
- Frissbeton 2 órás eltarthatóság.

A kivitelezéshez téli és nyári receptúrák készültek. A nyári időszakban CEM III/B 32,5 N-S cement felhasználással az alacsony hőfejesztés érdekében, télen pedig a

nagyobb kezdeti szilárdság eléréseért CEM II/A-V 32,5 R-S cement felhasználásával készültek a betonok.

A betonokról egy korábbi cikkben a Beton újság 2008. január XVI. évf. 1. számában írtunk bővebben.

A telep felépítése során 180 000 m³ vasbeton szerkezet épült 22 000 t betonacél felhasználásával, és 400 000 m³ talajt mozgattak meg, ezt viszont kétszer, a műtárgyak helyének kiásásakor, majd a visszatöltéskor a tereprendezéshez.

A szerkezeti kivitelezéssel párhuzamosan 2007. októberében megkezdődtek a technológiai gépészeti kivitelezési munkák.

2009. augusztus 1-ig a próbaüzem megkezdéséig a kertépítés kivételével a kivitelezési munkák befejeződtek, így a próbaüzem megkezdődhetett.

5. JELENLEGI ÁLLAPOT

Jelenleg az 1 éves próbaüzem javában zajlik (lásd. *Hidépítők Próbauzem alatt... háború és béke*), valamint a tavasz

beköszöntével a kertépítési munkákat is befejezi a konzorcium, így remélhetőleg a 2010. július 31-i műszaki átadás során egy a határértékeket teljesítő, szagtalan, tartós és esztétikus kezelőművet sikerül a budapestieknek átadni.

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep létesítése a közelmúlt egyik legnagyobb környezetvédelmi beruházása nemcsak hazai, hanem nemzetközi összehasonlításban is. Jelen cikkben, mely egy induló cikksorozat első része, adatokkal illusztráltuk a projekt célját, röviden áttekintettük a szennyvízkezelési technológia, illetve az azt kiszolgáló épület- és műtárgyegyüttes megvalósulásának körülményeit. A jelenleg már zajló próbaüzem alapján jogosan bízhatunk abban, hogy az építőmérnöki nagyberuházás nagymértékben és eredményesen fog hozzájárulni ahhoz, hogy Budapest szennyvizeinek biológiai tisztítása közel 100%-os legyen.

11. ábra: A telep jelenlegi képe madártávlatból



7. HIVATKOZÁSOK

Kovács J., Lengyel G., Martin B., Orbán Z., Tóth L. 2008, „A csepeli szennyvíztisztító telep betonjai CEM III/B 32,5 N-S és CEM II/A-V 32,5 R-S szulfátálló cementekkel”, *BETON* 2008 január XVI. évf. 1. szám pp. 8-11.

Lengyel G. 2009, „Próbaüzem alatt... háború és béke”, *HIDÉPÍTŐK* XXXVIII. évf. 2009/5-6. pp. 4-5.

Lengyel Gábor (1978) okl. mélyépítő mérnök (2003, BME), pályafutása kezdetétől 2003-tól a Hidépítő Rt.-nél majd később Hidépítő Zrt.-nél, a Baracska, Vál, Kajászó térségi 700m³/nap kapacitású telep építésében, majd az ISPA támogatású Szeged és térsége szennyvíz csatornázási projektben vett részt. 2006 óta és jelenleg is a Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep beruházásában mint építésvezető tevékenykedik.

Sármay András (1950) okl. szerkezetépítő mérnök (1974, BME), pályafutását a Vizitervnél kezdte, majd annak felbomlása után 1990-től a Hidrokomplex kft. szerkezetépítésért felelős tervezője. Közben 1981-89 között Algériában dolgozott, 1989-ben 6 hónapos IRI ösztöndíjas (Róma). Számos hazai és külföldi vízépítési projekt, elsősorban szennyvíztisztító telep, ivóvíztisztító telep tervezésében vett részt az ajánlattól a kiviteli tervezésig (Csepel, Délpest, Északpest, Szeged, Százhalombatta, Balatonfüred, Mosonmagyaróvár, Taiwan-Mai-Liao, Szenegál-Thies).

Dr. Csíki Béla okl. építőmérnök (1982, BME), egyetemi doktor (1993, BME), MSc Real Estate (2004, NTU-Nottingham). 1994-ig a Mélyépterv, ill. 1995-1998 között a Mélyépterv Komplex Rt. vezető tervezője. Közben 10 hónapig tudományos ösztöndíjas a Berkeley Egyetemen (Kalifornia, USA). 1998-tól mérnöki vállalkozást vezet, 2003-tól a DCB Mérnöki Iroda Kft. ügyvezetője. Érdeklődési területe: egyedi és különleges mérnöki szerkezetek tervezése, ill. számítási módszereik fejlesztése. A *fib* Magyar Tagozatának tagja.

CENTRAL WASTEWATER PLANT OF BUDAPEST

1. GENERAL REVIEW OF THE PROJECT

Gábor Lengyel – András Sármay – Béla Csíki

Construction of the Central Wastewater Plant of Budapest has been the largest environmental innovation of Hungary and of Central Europe, as well. The present item, being an introductory part of a set of papers, contains a short review of the goal of the project, of the applied wastewater treatment technology, and of the erection circumstances of technological buildings and objects, respectively. The test-works of the Plant are just being done. Basing of the test-results one can thoroughly rely on the successful contribution of the project to reach almost 100%-level of biological treatment of wastewater of Budapest.



3. A „KELENFÖLDI PÁLYAUDVAR” METRÓÁLLOMÁS KIVITELI TERVEZÉSE



Pál Gábor

A kelenföldi metróállomás építése és tervezése a résztvevők: tervezők, kivitelezők számára komoly kihívást jelentett. Az üzemelő vasúti pályaudvaron végzett munka szigorú technológiai fegyelmet követelt. A milánói módszer alkalmazása lehetővé tette a felszín csak időleges zavarását, a befejező munkáknak az üzemelő vasúti területen kívülre organizálását. A hazánkban újszerű technológiák alkalmazása értékes tapasztalatokkal gazdagította a résztvevőket.

Kulcsszavak: metró, mélyépítés, vasúti híd, aluljáró, résfal, alagút

1. HELYSZÍN

A 4. metróvonal kelenföldi állomása a Kelenföldi pályaudvar 28 vasúti vágánya alatt épül. Az állomás a metró-vasút kapcsolaton túl aluljáróként köti össze Kelenföldet és Órmezőt és csatlakozik a meglévő és fejlesztés alatt álló közlekedési kapcsolatokhoz. A szerkezet tervezését és építését jelentősen befolyásolta az üzemelő vasútállomás, melynek biztonságos üzemeltetését az építés alatt is meg kellett oldani.

2. ELŐZMÉNYEK

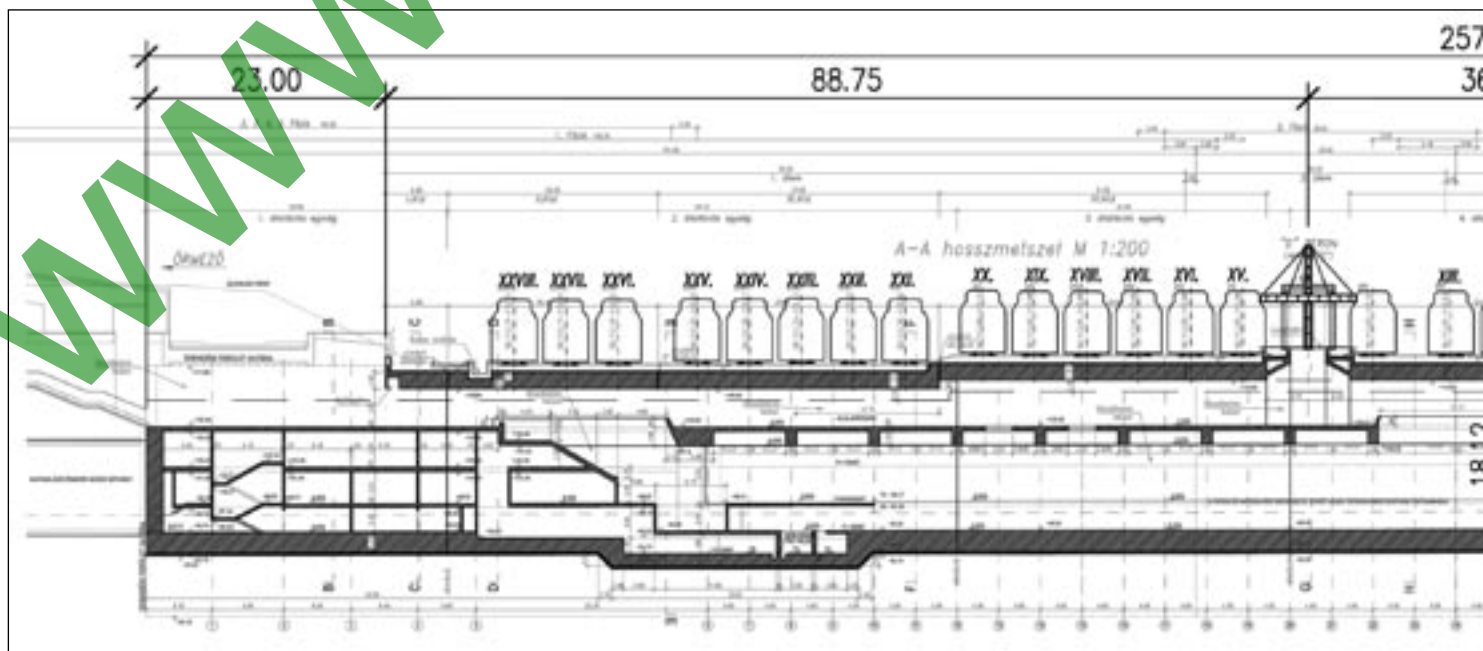
A metróállomás engedélyezési és tender terveit a Palatium Stúdió építészeti elképzelései alapján a Főnterv Zrt. készítette. Az e tervek alapján kiírt FIDIC sárga könyv szerinti tenderi a Hidépítő Zrt. nyerte 2007-ben. A tender-győztes kivitelező megbízásából a kiviteli terveket a Speciálterv Kft. készítette. A megbízás az épülő teherhordó szerkezetek és a megépítéshez szükséges vasútállomás-átalakítás komplett kiviteli tervezését tartalmazta. Az engedélyezési és tender tervek alapján a vasút

alatti szerkezet, milánói módszerrel valósult meg, melynek lényege, hogy a felső födémelek elkészülte után a felszínt – ez esetben a vasúti pályát – visszaállítva történik a födém alatt a földkiemelés, a továbbépítés.

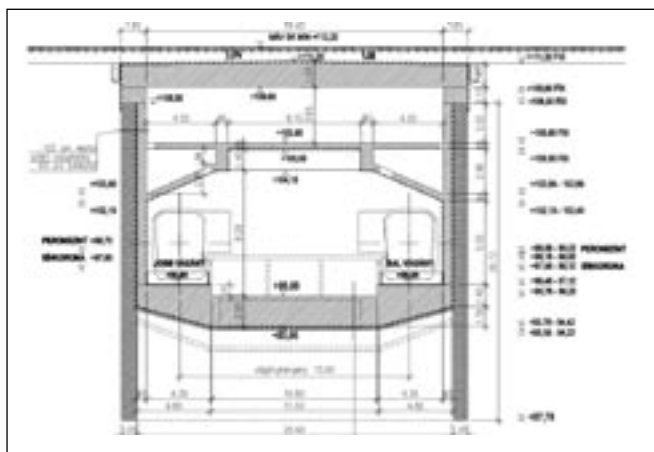
3. ÁLTALÁNOS ISMERTETÉS, ÉPÍTÉS

A vasúti vágányok alatt megépülő szerkezet az Etele téri oldalon a korábban megépített pajzsindító műtárgyhoz csatlakozik. Az aluljárós műtárgyszerkezet mintegy 260 m, mely az örmezői oldalon csatlakozó kihúzó műtárggyal együtt 340 m hosszúságú. A réselt szerkezetű kihúzó műtárgyból indul a 90 m hosszú bányászati módszerrel megépített alagút, tehát a teljes tervezett mélyépítési műtárgyhossz: 430 m, mellyel a kelenföldi állomás a DBR 4 metró leghosszabb állomása (1. ábra).

A műtárgy a vasúti vágányok alatti szakaszon két 22-23 m mélyre lenyúló, 1,00 m vastagságú résfallyal épül, melyek 21,60 m tengelytávolságban helyezkednek el egymástól. A résfalak tetején épített résösszefogó gerendákon csuklós kialakítású vasalt kapcsolattal épült a zárófödém mely



1. ábra: Az állomás hossz-metszet



2. ábra: Vasúti hidak alatti általános keresztmetszet

funkcióját tekintve ágyazat átvezetéses vasúti híd (2. ábra). A zárófödém megszilárdulása után a felső felületen szigetelést, szivárgókat, ágyazatot és vasúti pályát építettek, míg „alul” a résfalak között történt a földkiemelés.

A résfalak közötti földkiemelés egy ütemben készült az alaplemez alsó síkjáig, mely cca. -18 m-en található a felszínhez képest. Ezen ideiglenes építési állapotban a résfalakra jutó víznyomást elkerülendő a réstáblákat ideiglenesen kilyukasztva „beengedték”, a kötött vízzáró talajban esetleg található rétegvizeket. Az alaplemez nyomtatékbíró kapcsolattal csatlakozik a résfalhoz. Az erőátadó kapcsolat lentonok alkalmazásával történt (3. ábra). A lenton menetes betonacél toldó elem, ahol a hagyományos bordás betonacélok végét kúposra esztergálva csavarják rá a toldó hüvelyt. A hüvely átmenetileg szabad végét a betonozás idejére becsavart műanyag kupakok zárják. E kupakokat kell a résfalak kibontása után a felületi beton alatt feltárni és a toldott betonacélokat ezek helyén becsavarva csatlakoztatni.

Az alaplemez betonozása után a bélésfalak vasszerelése és betonozása készült el. E falak jelentős része látszó beton felület, melynek esztétikus megvalósításához speciális felületű zsalu, betontechnológia és szigorú technológiai fegyelem szükséges (4. ábra).

Az állomás peronok alatti szakasz legnagyobb részén ferde kítámasztású födém készül (5. ábra).

A felső aluljáró szintről a vágányok közötti peronokra liftek, lépcsők és mozgólépcsők biztosítják a kapcsolatot. A földalatti



3. ábra: Résfal-alaplemez kapcsolata lentonok alkalmazásával

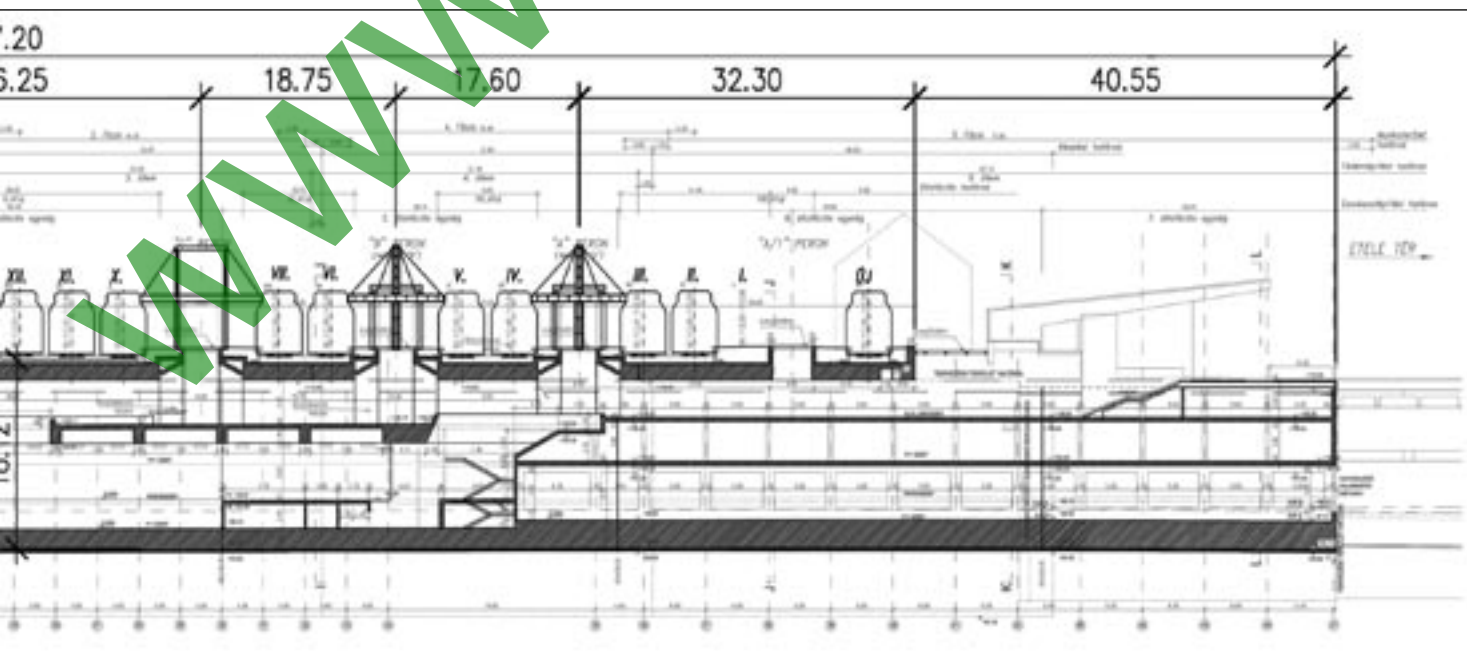
műtárgy építésével párhuzamosan a perontetők is átépültek. Az új perontetőkhez a meglévő perontetők formavilágával azonos toldalékok készültek.

A műtárgy építése a felszínen a vágányokkal együtt a teljes állomást kiszolgáló vasúti rendszert keresztezi, tehát a felsővezetéki hálózatnak, a jelzőknek és a biztosító berendezéseknek a kiváltásait is meg kellett tervezni. A biztonságos üzemelés feltételeit minden egyes építési ütemben biztosítani kellett, e terveknek minden fázisra külön-külön el kellett készülni.

Az állomást keresztező építési munkákat öt egységre bontva végezték. Az üzemelő vasúti vágányokkal körbehatarolt belső építési egységeknél, mint „szigeteken” kellett a résfal és vasbeton szerkezet-építést szervezni. A vágányok közötti építés komoly technológiai nehézségeket vetett fel. A kétoldalt üzemelő felsővezetékek tovább nehezítették az építési terület kiszolgálását, daruzást, réselést.

A betonbejuttatás a meglévő aluljárón keresztül az utastér lekorlátozásával betonozó csöveken keresztül történt. Az építési anyagok ki és bejuttatása vasúton: az átépülő vágányokon keresztül zajlott.

Az örmezői oldalon csatlakozó kihúzó műtárgy két szer-





4. ábra: Látszó-betonfelület kivitelezése



5. ábra: Ferde kitámasztású födémzakasz kiszaluzva

kezeti egységből: egy 80 m hosszúságú résfalak között épülő vasbeton szerkezetből és egy 90 m hosszú bányászati módszerrel megépített alagútból áll. A vasbeton szerkezet a vasút alatti részhez hasonlóan milánói módszerrel készült, azonban itt nem a zárófödém, hanem egy közvetlenül a metróúrszelvény feletti közbenső födém tölti be a kitámasztó funkciót. A réselt szerkezetből induló bányászati módszerrel készülő alagút egy keresztmetszetben fogadja az átmenetileg metró végállomásként funkcionáló állomás metrószerelvényeit. Távlatban ezen alagút folytatásával lehet a metróvonalat kiterjeszteni Budaörs irányába (6. ábra).

6. ábra: „NATM” alagút elkészült külső héjja



4. SZERKEZETI RÉSZEK, STATIKAI MÓDSZEREK

4.1 Résfalak

A műtárgyépítéssel érintett területen a feltöltés alatt oligocén kiscelli agyag található.

A résfalak végleges statikai állapotának méretezése a felszíni terhelések, nyugalmi földnyomás és az oldalfalakon a teljes felületen figyelembe vett víznyomás figyelembe vételével történt. Az ideiglenes állapot méretezése során talajvízzel mindössze a felső „mállott közepes és kövér agyag” rétegekben számoltunk. A mélyebben fekvő „ép közepes és kövér agyagot” vízzárónak tételezve, e rétegben építési állapotban víznyomást nem vettünk figyelembe, így lehetővé vált a zárófödém alatt az alaplemez alsó síkjáig történő (közel 16 m-es) együtemű földkiemelés.

Ennek a feltételnek a tényleges teljesülését biztosítandó, a vízzárónak tekintett rétegben a 100 cm vastag résfal mögötti esetleges víznyomást megszüntető, acél átvezető csöveket építettek be (armatúránként 2-2 db).

A földkiemelést geodéziai és inklinométeres ellenőrző mérések kísérték.

A végleges állapotban a résfalak már az alaplemezzel és a közbenső vasbeton szerkezettel kitémasztottan és a bélésfalakkal együtt viselik a rájuk ható terheket. A rés- és bélésfalak nincsenek együtt dolgoztatva: így merevségeik arányában vesznek részt a teherviselésben. A vízzáró résfalak a csatlakozó peronlécenként 60 cm, míg az aluljáró szakaszon 100 cm névleges vastagsággal készültek.

4.2 Zárófödém, mint vasúti híd

A metróállomás „zárófödémje” vasúti hídként funkcionáló vasbeton lemezszerkezet, mely kéttámaszú tartóként viseli az ágyazat súlyát és a vasúti terheket. A földzsalun készülő monolit vasbeton lemezek vastagsága 1,43-1,60 m-ig változó, a vízelvezetés érdekében a felső felületek a támaszaik felé 1,5-1,5%-ot lejtjenek.

Az engedélyezési terv eredetileg tartóbetétes: vasalt betonba ágyazott hegesztett acél-főtartós hídszerkezetek építésével számolt. A kiviteli tervezés első lépéseként összehasonlító vizsgálatok készültek *hagyományos tartóbetétes*, egy *újszerű tartóbetétes* és az eredeti tervekkel azonos vastagságú monolit vasbeton szerkezet alkalmazhatóságáról. Az elvégzett statikai számítások alapján lehetett összevetni az egyes szerkezetek gazdaságosságát.

Az újszerű tartóbetétes szerkezet esetében hosszában a gerincnél „felezett” hengerelt acélszelvények alkalmazását javasoltuk. A Németországban elterjedt megoldás szerint a hosszában elvágott tartó-gerincek speciális megmunkálásával segítik az együttműködést (7. ábra).

Az ily módon elkészített acélszerkezettel gazdaságosabb

7. ábra: „Felezett” hengerelt „I” szelvény tartóbetétes hidakhoz



8. ábra: Monolit vasbeton lemezhidák vaszerelése, látszóbeton zsaluzat



9. ábra: az „U” alaprajzú 3 vágányt átvezető „8. lemezhidák” építése

szerkezeti-acél felhasználást lehet elérni, mint a hagyományos tartóbetétes megoldással, azonban az építési (betonozási) állapotban jelentősen kisebb a merevsége, tehát sűrű alátámasztást igényel. Tekintettel arra, hogy jelen esetben földzsalun történt az építés, így lehetőség volt e szerkezeti rendszer előnyeinek kihasználására.

Végül a vágányok közötti építéstechnológiai nehézségek miatt, a felsővezetékek közötti acéltartók daruzásának elkerülése érdekében a szerkezetek monolit vasbeton lemez-hidakként épültek. A földzsalun készülő tömör lemez szerkezetek fővasalása két sorban elhelyezett 40 mm-es átmérőjű betonacélokából áll (8. ábra).

Az aluljáró födémét az építési ütemeknek megfelelően munkahézagok és vízzáró szigeteléssel áthidalt dilatációk tagolják. A dilatációk nyolc külön dolgozó vasbeton lemezt vagyis nyolc egymás mellett elhelyezkedő vasúti felszerkezetet eredményeztek. A lemezhidakon egyenként 2-5 db, összesen 28 db vasúti vágányt vezetnek át.

A lemezhidak peronok felőli szélén „látszóbeton” felületű konzolok készülnek. Ezek belső ürege a szellőzést biztosítja. Az építésszek szándéka szerint a lemezhidák között üveg-födémek biztosítanak az aluljáró szint nappali természetes megvilágítását.

A 8. lemezhidák alaprajzilag „U” kialakítással készültek. A födém középső „felhasítása” az aluljárónak az új „A1” peronnal történő kapcsolatát biztosítja (9. ábra).

4.3 Belső vasbeton szerkezet

A résfalak között, a zárófödém alatt készülnek a belső vasbeton szerkezetek: az alaplemez, a peronszint, az aluljárószint és gépészeti tereknél a „P_1” jelű födém.

Az alaplemez keresztirányban 1,40-2,70 m között változó



10. ábra: Alulbordás vasbeton födém

vastagságú, a résfalakba nyomatékíróan bekötve. A „lenton” hüvelyes betonacél tóldóval kialakított kapcsolat lehetővé tette a kedvezőbb nyomaték-elosztást az alaplemez és a résfal között.

Végállapotban a szerkezet felúszással szembevetett, mind globálisan, mind az alaplemez teherbírása szempontjából. Tekintettel a szerkezetnek a kemény vízzáró talajba történő beépítésére, a számításban figyelembe vett felhajtó-erő kialakulása feltehetően csak évekkkel, évtizedekkel az építés után várható.

Az aluljárószint a peronszint utasforgalmi része felett épül ferde kitámasztású alulbordás monolit vasbeton lemezként. (10. ábra) Vastagsága 40 cm, 7,0 m-ként 1,80 m magas bordával alátámasztva, melyek 1,80x0,80 m keresztmetszetű hosszbordába kötnek be. A ferde kitámasztással, belésfalakkal a felső bordás lemez egy „keretet” eredményez melynek méretezésénél több szempontot is figyelembe kellett venni. A szerkezet erőjátékát erősen befolyásolja a „keret” vízszintes megtámasztási módja, mely tekintettel arra, hogy a külső oldalon talaj „támaszt”, így hordoz bizonytalanságokat magában. A talajt elhanyagolva lehetett az egyik szélső állapotot kalkulálni, a vízszintes megtámasztást végtelen merevnek véve a másikat, míg a valóság a kettő között található. A két szélső esetben a nyomaték előjele is más a lemez jelentős szakaszán. Végül a talaj rugalmas megtámasztását figyelembe véve a biztonság javára kiválasztott két szélső érték között változtatva hoztuk létre a méretezéshez szükséges burkoló igénybevételi ábrákat.

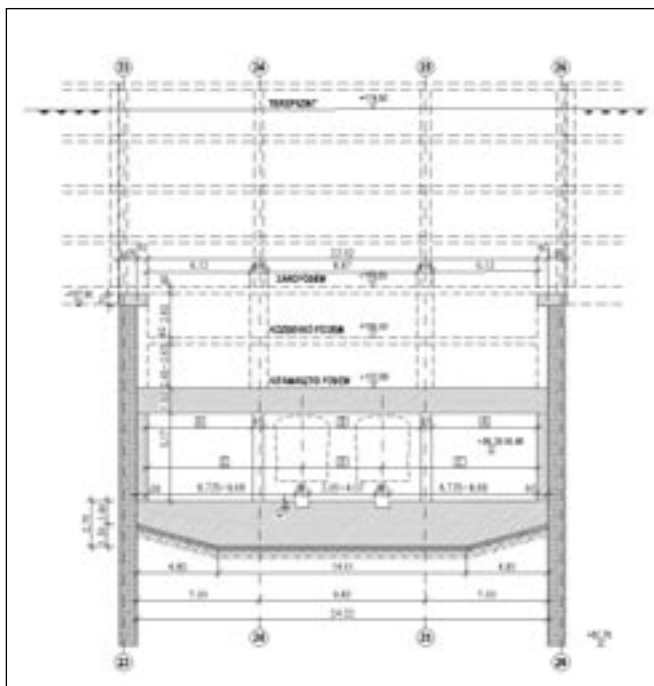
Az üzemi részek felett a födémek vasbeton pillérekkel és falakkal alátámasztott 40 cm vastag monolit vasbeton lemezek.

4.4 Ideiglenes lejáró rámpa

A mintegy 120.000 m³ föld kiemelését és elszállítását a felszín alatti 18 m-es mélységből a műtárgy délnyugati sarkában a vasútállomás szervízútjához csatlakozó ideiglenes lejáró rámpa biztosította. E rámpa az örmezői domb oldalában a mélyebb szakaszokon kitámasztott fűrt cölöpfal kialakítással, a kisebb mélységű részekben stabilizált földrézszüvel készült. A cölöpfalak kialakítása hézagos. Az alkalmazott CFA fűrt cölöpök átmérője 80cm, hosszuk a bevágás mélységéhez igazodóan változó. Az alkalmazott vasalás az ébredő igénybevételeknek megfelelően erősített. Azokon a szakaszokon, ahol a bevágás mélysége és a szabadon tartandó űrszelvény mérete megengedte, az egymással szembe álló cölöpfalakat acél dúcok támasztják ki. A dúcok HEB300 acél szelvényekből készültek. A hengerelt gerendák a gerendák terheit elosztó vasbeton dúcgerendákra támaszkodtak (11. ábra).

11. ábra: Kitámasztott cölöpfalak között épülő ideiglenes lejáró-rámpa





12. ábra: Kihúzó műtárgy keresztmetszete

4.5 Kihúzó műtárgy

Az örmezői oldalon csatlakozó kihúzó műtárgy két szerkezeti egységből: egy 80 m hosszúságú résfalak között épülő vasbeton szerkezetből és egy 90 m hosszú löttbetonos alagútból áll. A réselt vasbeton szerkezet a vasút alatti részhez hasonlóan milánói módszerrel készült, azonban itt nem a zárófödém, hanem egy közvetlenül a metróúrszelvény feletti 140 cm vastag közbenső födém tölti be a kitámasztó funkciót. A résfalak tetején résösszefogó gerenda, belső felületükön bélésfalak épültek, az alaplemez a résfalakhoz itt is lentonok segítségével nyomatékbróan kapcsolódik.

A közbenső kitámasztó födém első ütemben kéttámaszú tartóként viselte a terheit, majd végállapotban az alatta elkészített alaplemezből megépített pillérekkel vált alátámasztottá (12. ábra).

A réselt vasbeton „dobozhoz” csatlakozó NATM alagút két metrószerelvény részére nyújt elegendő keresztmetszetet. A bányászati módszerrel épülő NATM, vagyis New Austrian Tunneling Method (Új Osztrák Építési Módszer) lényege, hogy az egyes fejtési ütemekben betonacélokából kialakított rácsos tartókat és betonacél hálót betonoznak be lövelt beton technológiával: így alakítanak ki egy külső héjat mely ideiglenes állapotban teherhordó alagútfalazatot eredményez. Az elkészült külső héj belső felületén készült a szigetelés majd a belső teherhordó vasbeton héj mely a végállapotban viseli a terheket.

A kihúzó műtárgy alagútjának teljes fejtési felülete 100 m². A fejtés egyoldali oldalvágattal és felbővítéssel készül. A körkörösén zárt héj vastagsága 0,30 m, az ideiglenes oldalfal vastagsága szintén 0,30 m. (13. ábra). Az elkészült alagútban vágányok közötti távolság 4,75 m.

Az alagútépítéssel párhuzamosan folyamatos monitoring rendszer üzemelt. Az alagútfalazat és a felszín elmozdulásait geodéziai mérések, a csatlakozó résfalak és a talaj mozgását inklinométeres és extenzométeres, a talaj- és rétegvizek adatait piezométeres mérésekkel követték.



13. ábra: Bányászati módszerrel épülő alagút építése, a második építési ütem fejtése elkezdve, még az első „szilvavag” alakú lött-beton kéreg belső fala nincs elbontva

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A Kelenföldi pályaudvar alatti metróállomás komplexitásával, a megépült műtárgy méreteivel komoly kihívást jelentett a résztvevőknek. Statikus tervezőként a bányászatban megszokott, azonban szerkezettervezésben ritkán alkalmazott helyszíni mérésekkel korrigált tervezés jelentette a legnagyobb újszerűséget.

A gazdaságos építés érdekében alkalmazott statikai feltételezések – mint a talajvíznyomás mellőzése a kötött talajban - ellenőrzésére az építés során helyszíni mérések történtek. Amennyiben szükséges volt, úgy a mérési eredmények alapján korrigálhattuk a terveket, dönthettünk további segédstruktúrák alkalmazásáról vagy elhagyásáról. E módszer segíti a gazdaságos tervezést és elterjedten alkalmazzák a nagyléptékű, vagy a bonyolult és előre nem látható bizonytalanságot rejtő szerkezetek megvalósítása során.

6. HIVATKOZÁSOK

- Schulek J. (2008): „A Budapesti négyes metróvonalon építése; Budapest negyedik metróvonal”, *Vasbetonépítés* 2008/4, pp. 102-108.
- Pál G. (2009): „Metróállomás tervezése a Kelenföldi pályaudvar alatt”, *Sinek Világa* - VII. Vasúti Hidász Találkozó Különszám 2009, pp. 74-79.
- SpeciálTerv Kft. (2007-2010): „Budapesti 4-es metróvonalon I szakasz (Kelenföldi pályaudvar – Keleti pályaudvar között)”, Vonalalagutak és kapcsolódó műtárgyak” 03. számú projekt „Kelenföldi pályaudvar metróállomás” szerkezetépítéséhez szükséges kiviteli tervek”

Pál Gábor (1970) okleveles építőmérnök, 1994 BME Építőmérnöki Kar, 1994-1999 FŐMTERV Zrt. tervező, 1999-től a SpeciálTerv Kft. ügyvezetője. Tevékenysége a több, mint 30 fős tervező szervezet vezetése, a műtárgytervezések szakmai irányítása és kontrolja. Az épülő DBR 4 metró „Kelenföldi pályaudvar” metróállomás főtervezője.

CONSTRUCTION OF BUDAPEST METRO LINE 4

3. Detail design of the „Kelenföld” metro station

Gábor Pál
The metro station called “Kelenföld railway station” is the head point of the 4th metro line of Budapest, it’s located beneath the 28 tracks of Kelenföld railway station. After its finalization, as a south-west gate of Budapest it creates an intermodal connection between the metro line and the railway system. The structure under construction is the first in Hungary built underneath a railroad station with a separate level junction. The design and construction of this metro station imposed a serious challenge on the designers and contractors. To work on a railroad station in operation requires very strict technological concentration. Applying the top-down excavation method ensured a restricted disturbance of the surface, finishing works can be carried out with an installation not affecting the railway areas.

TŰZHATÁSRA VALÓ MÉRETEZÉSI LEHETŐSÉGEK ÁTTEKINTÉSE VASBETONSZERKEZETEK ESETÉN



Dr. Balázs L. György – Dr. Lublóy Éva

Az utóbbi évtizedekben számos épületkatasztrófa igazolta, hogy a tűzterherre való méretezés kérdései továbbra is aktuálisak. A jelen cikkben a vasbetonszerkezetek méretezésének menetét és a méretezés során alkalmazható módszereket mutatjuk be. Először ismertetjük a tűzterherre való tervezés célját és a menetét, majd egy számpélda segítségével bemutatjuk egy oszlop ellenőrzését táblázatosan megadott értékek alapján. A többi méretezési módszer ismertetése későbbi cikkeinkben kerül majd bemutatásra.

Kulcsszavak: vasbetonszerkezetek, tűz, tűzállóság, tűzterher, tervezés tűzterherre, izoterma módszer, zóna módszer

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedekben számos épületkatasztrófa igazolta, hogy a tüzesetek hatásának kutatása továbbra is szükséges és aktuális. Az 1-5. ábrák mutatják az elmúlt évek néhány sajnálatos tüzesetét: Budapest Sportcsarnok, 1999. december (1. ábra); New York World Trade Center, 2001. szeptember 11. (2. ábra); Gretzenbach mélygarázs, 2004. november (3. ábra); Madrid Torre Windsor, 2005. február (4. ábra); Debrecen paneltűz, 2007. február 27. (5. ábra).

A teherhordó szerkezetek tűzállóságával kapcsolatban két fő kérdés merül fel. Az egyik kérdés a tűzterherre való méretezés (az esetleges tüzesetet megelőzően); a másik kérdés az épület elemeinek és az építőanyagoknak a tüzeset utáni alkalmazhatósága. Az MSZ EN 1992-1-2 és az Országos Tűzvédelmi Szabályzat a tűzterherre való méretezéssel foglalkozik. Az alábbiakban ismertetjük az ezen szabályzatokban szereplő méretezési módszereket.

1. ábra: Budapest Sportcsarnok (ÉMI, 2000)



2. A TŰZTERHERRE VALÓ TERVEZÉS CÉLJAI

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ, 2008) előírja, hogy az épületszerkezetek tűzállóságát a szabványban ismertetett laboratóriumi vizsgálatokkal, vagy a méretezési műszaki specifikációban (pl.: Eurocode szabványsorozatban) található számítási módszerekkel kell meghatározni.

Az MSZ EN 1992-1-2 és az OTSZ (2008) szerint az építményt úgy kell megtervezni és kivitelezni, hogy tűz esetén:

- az építmény adott ideig megőrizze a teherbíró képességét;
- korlátozva legyen a tűz továbbterjedése és füst keletkezése az építményben,
- korlátozva legyen a tűz szomszédos építményekre való áttérjedése,
- az épületben tartózkodók az épületet sértetlenül elhagyhassák, vagy más intézkedések segítségével ki lehessen őket menteni,
- elérhető legyen a tűzoltók biztonságos munkavégzése.

A tartószerkezetek tűzzel szembeni ellenállásának vizsgálata során figyelembe kell venni, hogy a tartószerkezeti

2. ábra: World Trade Center, New York (2001) (http://de.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center)





3. ábra: Mélygarázs, Gretzenbach, Svájc (Gambarova, 2004)



4. ábra: Torre Windsor, Madrid (Lamont, 2006)



5. ábra: Panelház, Debrecen (http://www.langlovagok.hu/kepek/2007/czegledizsolt/070226_debrecenpanelhaz)

rendszer hogyan viselkedik magas hőmérsékleten, milyen hőhatás működhet, és milyen előnyös (és esetleg hátrányos) tulajdonságokkal járnak az aktív és a passzív tűzvédelmi rendszerek. Jelenleg olyan tervezési, illetve ellenőrzési módszerek alkalmazására van lehetőségünk, amelyben néhány, de nem az összes felsorolt paramétert vesszük figyelembe. Természetesen az OTSZ a tűz szempontjából megfelelő épület kialakítására is számos javaslatot, illetve előírást tartalmaz (tűzszakaszok, épületek egymáshoz viszonyított helyzete, ablakok, ajtók, helye stb.). A továbbiakban az épületek teherbírási kérdéseivel kívánunk foglalkozni és nem az épület tűz szempontjából optimális kialakításának kérdéseivel.

Az OTSZ meghatározza a különböző épületszerkezetek tűzállósági funkcióját (*teherhordás, integritás, szigetelés*) és határértékét (15, 30, 45, 60...perc), melyet a tervezés során figyelembe kell vennünk.

3. A TŰZTEHERRE VALÓ TERVEZÉS MENETE

A tűzterherre való tervezés során a következő lépéseket kell elvégezni:

1. meg kell határozni a számításba veendő hőterhelést,
2. meg kell határozni a tartószerkezeti elemekben a hőmérséklet eloszlás térbeli alakulását,
3. meg kell határozni a tűz hatásának kitett tartószerkezet mechanikai viselkedését.

3.1 A hőterhelés meghatározása

A hőterhelést a hőmérséklet-idő (Θ , t) görbe segítségével adhatjuk meg. A hőmérséklet-idő görbén meg kell adni a felfűtési módot, az elért maximális hőmérsékletet és a lehűlés módját. A hőterhelés-idő görbék bonyolultsága miatt a tervezés és a méretezés során a hőmérsékleti hatásokat normatív hőmérséklet-idő görbékkel adhatjuk meg.

A normatív hőmérséklet-idő görbék lehetnek: normatív tűzgörbe, szénhidrogén tűzgörbe módosított szénhidrogén tűzgörbe, illetve projekt specifikusan megadott tűzgörbe. A továbbiakban megadjuk a normatív tűzgörbét, amelyet a magasépítési épületeknél, továbbá a szénhidrogén tűzgörbét, melyet az alagutak esetén alkalmazunk. A 6. ábrán jól látható, hogy a két tűzgörbe lefolyása lényegesen különbözik egymástól. A normatív tűzgörbe esetén a felfűtés sebessége kezdetben jóval kisebb, mint a szénhidrogén görbe esetén. A szénhidrogén görbe meredekebb felfűtési szakaszát az alagutak adottságai miatt kialakuló hőterjedés indokolja.

A normatív tűzgörbét a következő egyenlet adja meg (MSZ EN 1992-1-1):

$$\Theta = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1)$$

A szénhidrogén tűzgörbét a következő egyenlet adja meg:

$$\Theta = 1080 + (1 - 0,325 \cdot e^{-0,167 \cdot t} - 0,675 \cdot e^{-2,5 \cdot t}) + 20.$$

ahol:

Θ a légtér hőmérséklete (°C-ban)
t idő (percben).

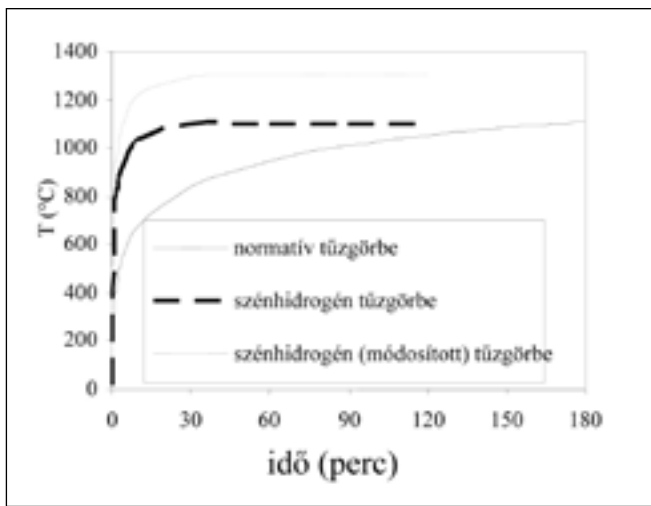
A számításokhoz kidolgozott modellek az ún. parametrikus tűzgörbéken alapulnak (7. ábra). Kísérletekhez nem alkalmazhatóak. A parametrikus tűzgörbék segítségével a különböző hőmennyiséghez és ventilációs mértékhez tartozó hőmérséklet-idő görbéket adjuk meg, tehát alagutak esetén jóval pontosabb számítást tudunk elvégezni.

A pontos tűzmodelleknek a következő körülményeket kell figyelembe venni:

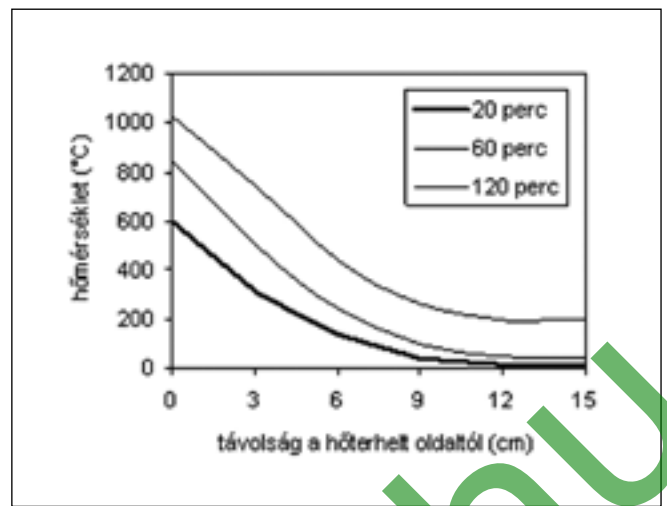
- gázok anyagjellemzői,
- tömegváltozás,
- az éghető anyag égési energiája.

Pontos tűzmodellek a következők lehetnek:

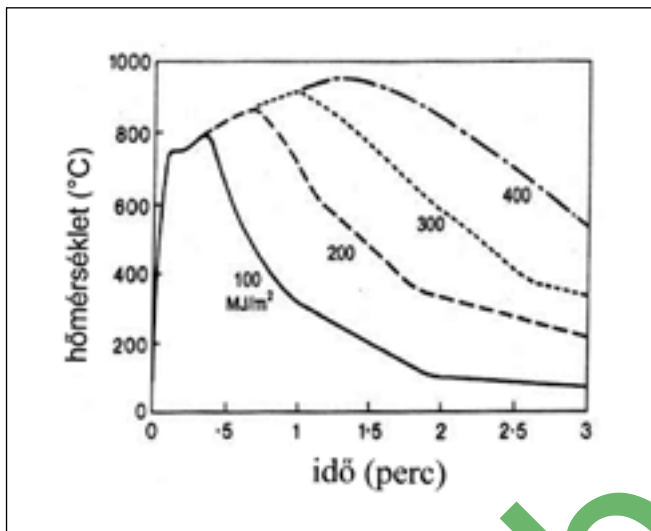
1. *egyzónás modellek*, amelyek a tűzszakaszban, időben változó hőmérséklet eloszlást feltételeznek,
2. *kétszónás modellek*, amelyekben a felső réteg vastagsága és az abban kialakuló hőmérséklet-eloszlás változik, valamint



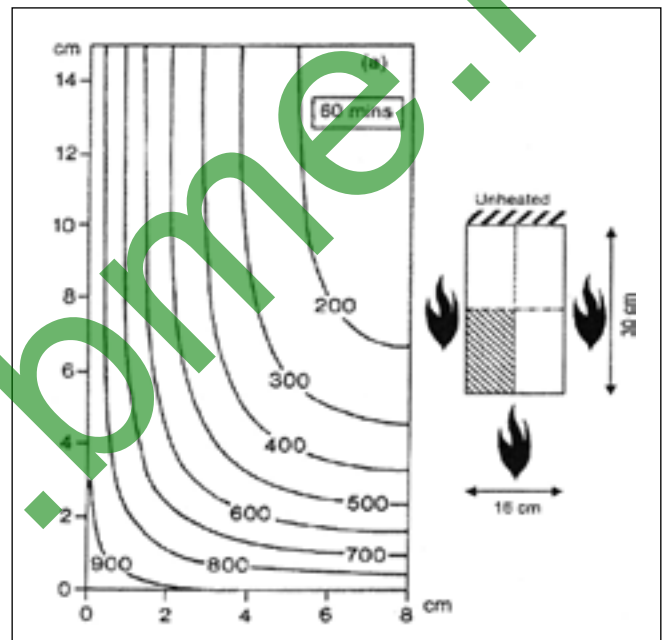
6. ábra: Tűzgörbék grafikus megadása (MSZ EN 1991-1-2)



8. ábra: 30 cm széles gerenda hőmérsékleti eloszlása (fib bulletin 46, 2008)



7. ábra: A parametrikus tűzgörbék grafikus megadása (fib, 2008)



9. ábra: Az izoterma vonalak megadása 60 perces tűzterhelés esetén vasbeton gerendára (MSZ EN-1992 1-2)

az alsó rétegben kialakuló kisebb intenzitású hőmérséklet eloszlás állandó,

3. **áramlási modellek (CFD)**, amelyek megadják a hőmérséklet-változást a tűzszakaszban az idő és a hely függvényében. A számítógépes szimuláció során a CFD (Computational fluid dynamics) modelleket használják.

A tűzmodellekkel megadjuk a szerkezetet körülvevő levegő hőmérsékletét vagy hőmérséklet változását az idő függvényében. A szerkezet körüli levegő hőmérsékletéből a különböző anyagok hővezetési tényezőinek ismeretében meghatározható az egyes szerkezeti elemek belsejében kialakuló hőmérséklet eloszlás. A 8. ábrán egy 30 cm széles gerenda hőmérséklet eloszlását adjuk meg, melyet 120 percig a normatív tűzgörbével terheltünk.

Az MSZ EN 1992-1-2 megadja a szerkezeti elem belső hőmérsékleti eloszlását. A szerkezetek keresztmetszete menti hőmérséklet eloszlása az úgynevezett izoterma-vonalak segítségével (9. ábra) írhatók le. Ezek az izotermavonalak 30, 60, 120, 180 és 240 perces tűzállósági időtartamhoz vannak rendelve.

3.2 Az építőanyagok tulajdonságainak változása tűz hatására

Minden méretezési módszerhez ismernünk kell a különböző építőanyagok viselkedését hőterhelés hatására. A továbbiakban a beton, illetve az acél tűzhatásra bekövetkező változásait tekintjük át röviden. Részletes ismertetés olvasható „Magas

hőmérséklet hatása a vasbeton szerkezetek anyagaira” című cikkben (Balázs, Lublóy, 2009).

3.2.1 Beton

A hőmérséklet emelkedésével a betonban anyagszerkezeti változások következnek be, és szilárdsági jellemzői romlanak. A beton a lehülés után sem nyeri vissza eredeti tulajdonságait, mivel a hőterhelés hatására a beton szerkezetében visszafordíthatatlan folyamatok mennek végbe, a beton szerkezete folyamatosan megbomlik, és végezetül tönkremegy. A vasbetonszerkezetek tönkremenetele alapvetően két okra vezethető vissza (Kordina, 1997):

- (1) a beton alkotóelemeinek kémiai átalakulására,
- (2) a betonfelületi rétegek leválására.

Magas hőmérséklet hatására a beton szerkezete és ásványtani összetétele megváltozik.

A beton szilárdsági tulajdonságainak változása magas hőmérsékleten függ (Thielen, 1994):

- a cement típusától,
- az adalékanyag típusától,
- a víz-cement tényezőtől,
- az adalékanyag-cement tényezőtől,

- a beton kezdeti nedvességtartalmától,
- a hőterhelés módjától.

A beton szilárdságsökkenésének mértékét az MSZ EN 1992-1-2 csökkentő tényezővel adja meg. A beton szilárdsága a hőmérséklet függvényében (Θ) a következő képletrel számolható:

$$f_{ck}(\Theta) = k_c(\Theta) \cdot f_{ck}(20^\circ\text{C})$$

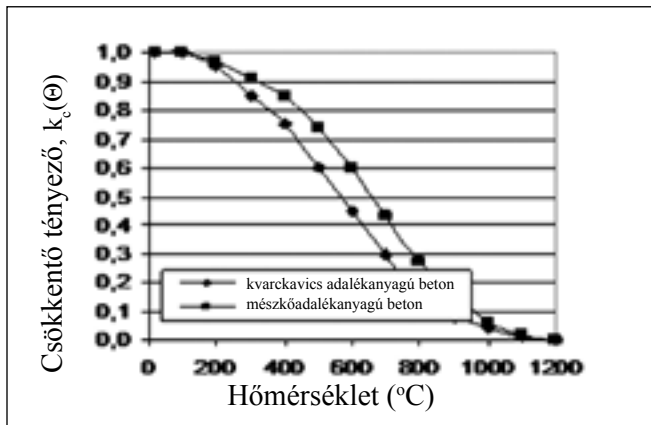
ahol:

$f_{ck}(\Theta)$ a beton nyomószilárdság karakterisztikus értéke Θ hőmérsékleten

$f_{ck}(20^\circ\text{C})$ beton nyomószilárdság karakterisztikus értéke 20°C -on

$k_c(\Theta)$ csökkentő tényező a hőmérséklet függvényében

A csökkentő tényezőket ($k_c(\Theta)$) a 10. ábrán adjuk meg kvarckavics, illetve mészkő adalékanyagú betonok esetén.



10. ábra: A beton csökkentő tényezői

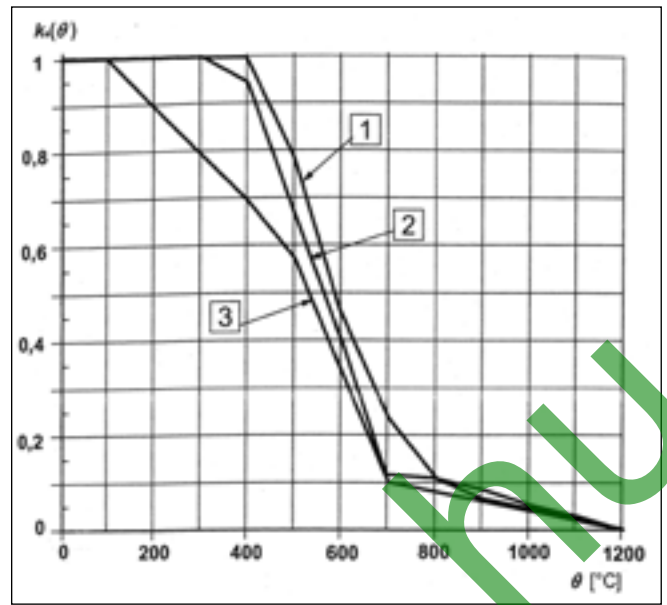
3.2.2. Acél

Az acél tartószerkezetek jó hővezetési képességük miatt a tűzzel szemben kevésbé ellenállóak, mint a beton tartó szerkezetek. Az acél anyagú szerkezetek tűz hatása esetleg már 10-15 perc után elveszíthetik teherviselő képességüket (Schneider, Lebeda, 2000). Az acél a hőmérséklet emelkedésével egyidejűleg nagy alakváltozásokra képes, ha azonban ezek az alakváltozások nem mehetnek végbe szabadon, akkor a szerkezetben keletkező feszültségek a szerkezet tönkremenetelét okozhatják. Az acél tartószerkezeteket emiatt tűzvédő festékekkel, köpenyezéssel vagy körülbetonozással kell a tűzhatással szemben védeni. Célszerű megoldás lehet az acélszerkezetek vízzel való hűtése is, amellyel kapcsolatban történtek már olyan próbálkozások is, hogy tűz esetén a keresztmetszet gerendáinak és oszlopainak összefüggő rendszerét belülről vízzel árasztják el (Stuttgarti Egyetem, Demobau).

Vasbeton keresztmetszetek tervezésekor fontos, hogy az acélbetétek megfelelő védelmet megoldjuk. A hőterheléssel szemben eltérő viselkedés miatt különbséget kell tenni a melegen hengerelt és a hidegen alakított betonacélok hőhatásra való méretezése között. A hőhatásra való méretezéskor az MSZ EN-1992 1-2 is más csökkentő tényezőket ad meg melegen hengerelt, illetve hidegen húzott betonacélokra (11. és 12. ábra).

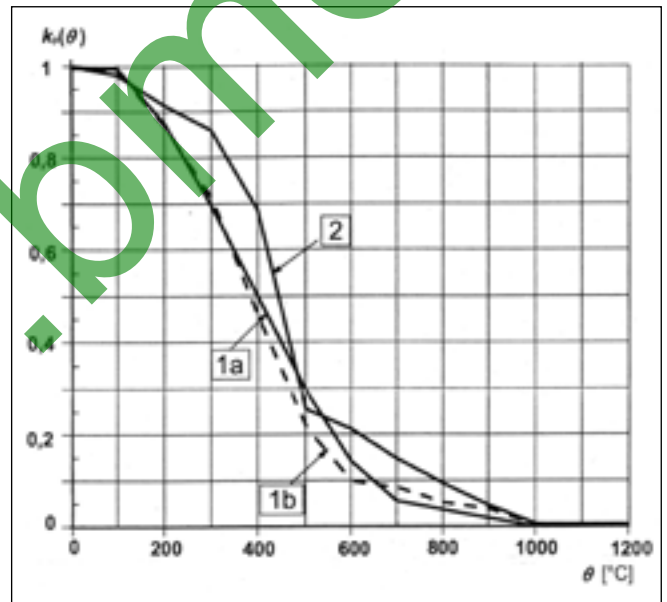
Melegen hengerelt betonacélok esetén a módosított acélszilárdság a következő képletrel számolható:

$$f_{yk}(\Theta) = k_s(\Theta) \cdot f_{yk}(20^\circ\text{C})$$



11. ábra: A betonacélok csökkentő tényezői a hőmérséklet függvényében: MSZ EN-1992 1-2

- (1) melegen hengerelt, húzott betonacél $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$;
- (2) hidegen hajlított, húzott betonacél $\epsilon_{s,fi} \geq 2\%$;
- (3) nyomott és húzott betonacélok $\epsilon_{s,fi} \leq 2\%$



12. ábra: A feszítőacél csökkentő tényezői a hőmérséklet függvényében: MSZ EN-1992 1-2:2005

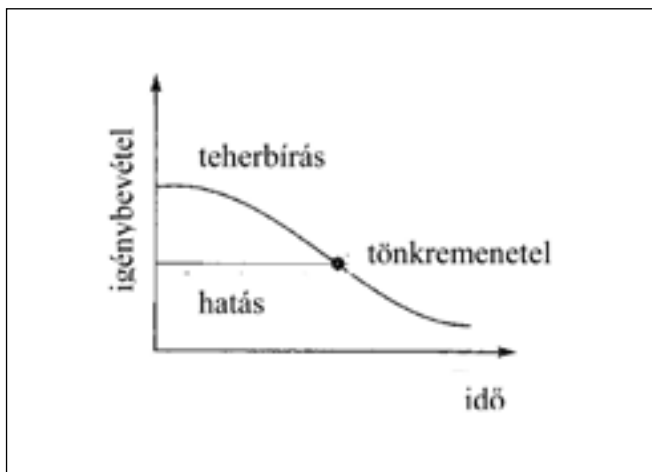
- (1a) feszítőacél (A osztályú);
- (1b) feszítőacél (B osztályú);
- (2) gyorsan hűtött feszítőacél

A csökkentő tényezőket ($k_s(\Theta)$) a 11. ábrán adtuk meg. Feszítő acél esetén a módosított acélszilárdság a következő képletrel számolható:

$$f_{pk}(\Theta) = k_p(\Theta) \cdot f_{pk}(20^\circ\text{C})$$

A csökkentő tényezőket ($k_p(\Theta)$) a 12. ábrán adtuk meg.

Más a helyzet, ha az acél a hőterhelés után lehül. A betonnal ellentétben az acélbetétek a lehülés után eredeti szilárdságuk egy részét visszanyerik. A melegen hengerelt betonacélok a lehülést követően visszanyerik eredeti szilárdságukat, vagy annak jelentős részét. A melegen hengerelt betonacél maradó szilárdsága 850°C -os hőterhelést követően is mintegy 90% a hőterhelés nélkülinek. A hidegen alakított betonacélok szilárdságsökkenése 500°C -ig nem észlelhető, de efelett a folyamat felgyorsul: 750°C -os hőterhelés után már jelentős,



13. ábra: A teherbírás és a hatás viszonya tűzterherre

mintegy 30%; 850°C-os hőterhelést követően már rendkívül nagy, akár 80%-os.

3.3 A terhek figyelembevétele tűz esetén

Az anyagjellemzők tervezési értékei ($X_{d,fi}$) szempontjából megkülönböztetjük:

1) ha a jellemző növekedése a biztonság szempontjából kedvező

$$X_{d,fi} = X_{k,0} / \gamma_{M,fi}$$

2) ha a jellemző növekedése a biztonság szempontjából kedvezőtlen

$$X_{d,fi} = \gamma_{M,fi} X_{k,0}$$

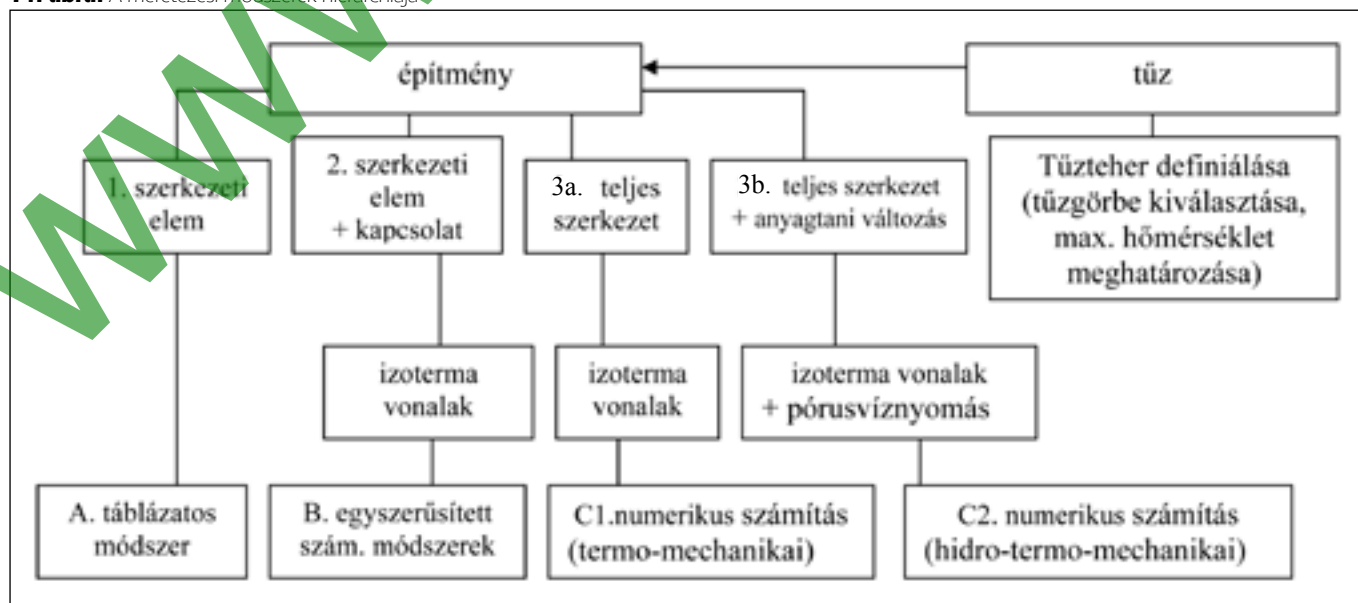
A szilárdság és alakváltozási jellemzők tervezési értékét a következőképpen számítjuk ki:

$$X_{d,fi} = k_0 X_k / \gamma_{M,fi}$$

ahol:

$\gamma_{M,fi}$ = 1,0 beton, acél és betonacél (Nemzeti Melléklet).
parciális tényező a tűzterherre.

14. ábra: A méretezési módszerek hierarchiája



A 13. ábrán megadtuk a hatás és a teherbírás egymáshoz viszonyított helyzetét, jól látható, hogy a teherbírás csökkenése miatt egy idő után a szerkezete tönkremegy. A méretezés során ezt az időtartamot, rendelik szerkezet tűzhatással szembeni teherbírásához.

3.4 A TARTÓSZERKEZETEK MECHANIKAI VISELKEDÉSE

A tűzállóságra vonatkozó követelmények a következőképpen fogalmazhatóak meg:

- a) időtartamban kifejezve: $t_{fi,d} \geq t_{fi,req}$
- b) teherbírásban kifejezve: $R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$
- c) hőmérsékletben kifejezve: $\theta_{d} \leq \theta_{cr,d}$

A tűzterherre való méretezés során a szerkezetekkel szemben a következő követelményeket támaszthatjuk: „R”: ellenállás, ahol a tűzállóságra vonatkozó követelményeket kifejezhetjük időtartamban, teherbírásban és hőmérsékletben. „E”: szerkezeti integritás megőrzése és „I”: szigetelőréteg tűzállósága, amely esetén a tűzállóságra vonatkozó követelményeket időtartamban, illetve hőmérsékletben adhatjuk meg. Ez alapján például egy térelválasztó elemnek meg kell őriznie a szerkezeti integritását és tűzállónak kell lennie („E” és „I”), egy teherviselő elemnek emellett meg kell őriznie a teherbíró képességét („R”). Az MSZ EN-1992 1-2 alapján teherbírára („R”) és a szerkezeti integritás megőrzése („E”) tudunk méretezni.

Lényeges kérdés hogy a tűzterhernek kitett szerkezet teherbírását milyen számítási módszerekkel, és hogyan lehet meghatározni (14. ábra). Az MSZ EN-1992 1-2 három szintű méretezést tesz lehetővé, melyek a következők:

A. Táblázatos módszer (tabulated data)

Táblázatosan megadott értékek alapján ellenőrizzük a keresztmetszetet az adott tűzterherre.

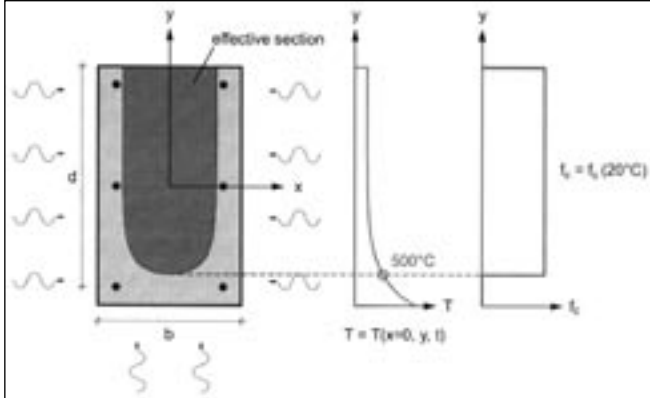
- A tűzállósági igény függvényében táblázatból választjuk ki:
- a keresztmetszetek minimális geometriai méreteit,
- az acélbetétek tengely távolságát a felülettől mérve, vagyis a minimális betonfedést (acélbetét hőmérséklete),
- az acélbetétek minimális mennyiségét (1. és 2. táblázat).

Ezzel a módszerrel csak egy szerkezeti elemet tudunk méretezni, a szerkezeti elemek egymásra hatását (alakváltozás, kúszás...) nem tudjuk figyelembe venni.

B. Egyszerűsített számítási módszer (simplified calculation)

B.1 Az 500°C-os izoterma módszer (15. ábra)

Az 500 °C-os izoterma módszer lényege, hogy a keresztmetszet 500°C feletti részeit elhanyagoljuk és a redukált keresztmetszettel számolunk. Az acélbetétek maximális hőmérsékletét meg kell határozni és ezek függvényében a redukált szilárdsági értékeket kell figyelembe venni.



15. ábra: Az 500°C-os izoterma módszer lényege (fib, 2008)

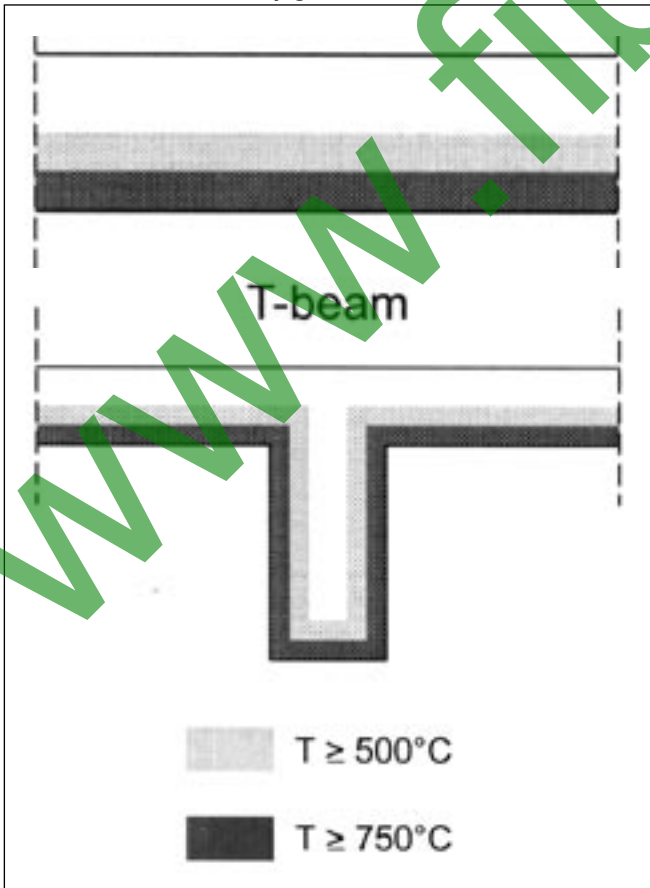
B.2 Zóna módszer (16. ábra)

A zóna módszer lényege, hogy a keresztmetszetet különböző zónákra osztjuk az izoterma vonalak segítségével és az adott zónákban redukált szilárdsági értékekkel számolunk.

C. Numerikus számítási módszerek (advanced calculation)

- termo-mechanikai méretezés (VEM)

16. ábra: A zóna módszer lényege (fib, 2008)



- termo-hidro-mechanikai méretezés (VEM).

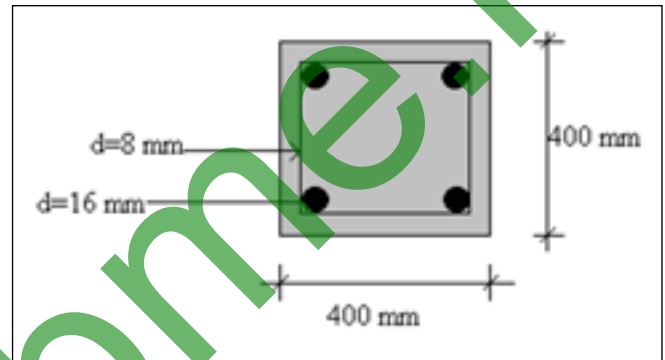
A numerikus módszerek lehetőséget nyújtanak a mérnököknek a hőmérsékleti hatások fizikai és kémiai paraméterek alapján történő meghatározására. Azonban az anyagtan jellemzők figyelembevételére (a betonfelületek réteges leválásának modellezésére) azonban csak a termo-hidro-mechanikai méretezés alkalmas.

4. MÉRETEZÉS TŰZTEHERRE (PÉLDA)

Egy csarnok belső oszlopának tűzterherre való méretezését ismertetjük. A méretezést táblázatosan megadott értékek alapján végeztük el.

Az oszlop geometriai adatai (fib, 2008):

17. ábra: A példa adatai



a beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke:

$$f_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$$

a betonacél folyáshatárának karakterisztikus értéke:

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

az oszlopkeresztmetszetre ható elsőrendű nyomaték tervezési értéke: $M_{0Ed} = 122 \text{ kNm}$

az oszlopkeresztmetszetre ható normálerő tervezési értéke:

$$N_{0Ed} = 4500 \text{ kN}$$

az oszlop hossza (nem kilendülő hálózati oszlop):

$$l = 3500 \text{ mm}$$

a betonfedés: $c = 20 \text{ mm}$.

4.1 Táblázatosan megadott értékek alapján történő ellenőrzés („A” módszer)

A módszer alkalmazhatóságához a következő három feltételt kell ellenőrizni.

Az oszlop a külpontosság növekményt és a geometria megváltozását tűzhatás esetén a szabvány nem veszi figyelembe.

1. feltétel:

Az oszlop kihajlási hossza ne legyen nagyobb 3 m-nél

$$(l_{0,fi} \leq 3 \text{ m}).$$

Az oszlop kihajlási hossza (jelen példában mind két végén befogott, nem kilendülő) tűz esetén:

$$l_{0,fi} = 0,5 l \rightarrow l_{0,fi} = 1750 \text{ mm}, \text{ az 1. feltétel teljesül.}$$

2. feltétel:

A külpontosság maximális mértéke kisebb, mint 0,15 h.

Tűzterherre nem veszünk figyelembe további külpontosság növekményt.

$$e = M_{0Ed,fi} / N_{0Ed,fi} < e_{max}$$
 azaz

$$e = 122 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / 4500 \cdot 10^3 \text{ N} = 27,1 \text{ mm}$$

$$e < e_{max} = 0,15 h = 40 \text{ mm} \quad \text{A 2. feltétel teljesül.}$$

3. feltétel:

$$A_s < 0,04 A_c$$

$$A_s = 4 \frac{d^2 \pi}{4} = 4 \frac{16^2 \cdot 3,14}{4} = 804 \text{ mm}^2$$

$$A_c = 400 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} = 160000 \text{ mm}^2 \rightarrow 0,04 A_c = 6368 \text{ mm}^2$$

$$804 \text{ mm}^2 < 6368 \text{ mm}^2 \quad \text{A 3. feltétel teljesül.}$$

Az MSZ EN 1992-1-2 használatához a következő tényezők ismerte szükségesek:

1. $\mu_{fi} = N_{Ed,fi} / N_{Rd} \rightarrow \eta_{fi} = 0,7$ ez a legkedvezőtlenebb eset, ennél nagyobb kihasználtság esetén a táblázatos módszer nem használható

2. A betonacélok súlyponti távolsága az elem szélétől:
 $a = 20 + 8 + 16/2 = 36 \text{ mm}$

3. az elem vastagsága: $b = h = 400 \text{ mm}$

Az 1. táblázatból a szerkezetre vonatkozó értékek a következők:

Az értékpárokat úgy kell kiválasztani, hogy megkeressük a mértékadó méretet (jelen esetben a betonacélok súlyponti

1. táblázat: Az oszlopok méretezésére használt táblázat "A" módszer (MSZ EN-1992 1, 5.2 a táblázat)

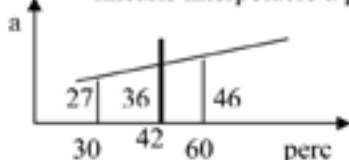
Megjegyzés: A táblázat értékei között a lineáris interpoláció megengedhető.

Szabványos tűzállóság	Minimális geometria méretek (mm) b _{ax} /acélbetétek súlyponti távolsága az elem szélétől			
	Több mint egy oldalról tűrhatással terhelő oszlop			egy oldalról
Standard fire resistance	Minimum dimensions (mm) Column with b _{ax} /axis distance a of the main bars			
	Column exposed on more than one side			Exposed on one side
	μ _s = 0.2	μ _s = 0.5	μ _s = 0.7	μ _s = 0.7
1				5
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40**	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45** 450/40**	350/57** 450/51**	175/35
R 180	350/45**	350/63**	450/70**	230/55
R 240	350/61**	450/75**	-	295/70

Minimum 8 bars

For prestressed columns the increase of axis distance according to 4.2.2. (4) should be noted.

lineáris interpoláció a példa adataival



távolsága az elem szélétől), kiválasztjuk az ehhez tartozó minimális keresztmetszeti értéket 250 mm ezért az R30-as sorból az alsó értékpárt (300/27) kell figyelembe venni, mert a felső a minimális keresztmetszeti méretek miatt nem felel meg az előbb felvett 250-es méretnek.

Megoldás:

A tűzterhelés szempontjából a mértékadó méret a betonacélok súlyponti távolsága az elem szélétől $a = 38,5 \text{ mm}$, mivel az oszlop minimális mérete 400 mm és ez jóval nagyobb tűzállósági teherbírással lenne elegendő. Tehát az oszlop szabványos tűzállósága 42 perc.

4.2 Táblázatosan megadott értékek alapján történő ellenőrzés („B” módszer)

1. feltétel (a külpontosságra vonatkozó feltétel):

$$e/b < 0,25 \text{ és } e < 100 \text{ mm}$$

$$e = M_{0Ed,fi} / N_{0Ed,fi} = 122 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / 4500 \cdot 10^3 \text{ N} = 27,1 \text{ mm}$$

$$e < e_{max} = 40 \text{ mm}$$

$e/b = 27,1/400 = 0,068 < 0,25$ ezzel a külpontosságnál megadott feltétel teljesül.

2. feltétel (az oszlop karcsúságára vonatkozó feltétel) $\lambda_{fi} < 30$:

$$\lambda_{fi} = l_{0,fi} / i = 1750 / 115,5 = 15,2 < 30$$

$$i = \sqrt{I / A} = h / \sqrt{12} = 400 / \sqrt{12} = 115,5 \text{ mm}$$

ezzel a karcsúságra megadott feltétel teljesül.

Az MSZ EN 1992-1-2 használatához a következő tényezők ismerte szükségesek.

1. vashányad meghatározása:

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}} = \frac{803,84 \times 434,8}{159196 \times 26,67} = 0,0823$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 1,0 \cdot 40 / 1,5 = 26,667 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 434,8 \text{ N/mm}^2$$

2. n meghatározása:

$$n = N_{0Ed,fi} / (0,7 (A_c f_{cd} + A_s f_{yd})) \rightarrow n = 4500 \cdot 10^3 / (0,7 (159196 \cdot 26,667 + 803,84 \cdot 434,8)) = 1,99$$

$$N_{0Ed,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{0Ed} = 0,7 \cdot 4500 = 3150 \text{ kN}$$

Az értékpárokat úgy kell kiválasztani, hogy meghatározzuk a mértékadó méretet (jelen esetben az oszlop minimális mérete), továbbá az adott vashányad (ω) miatt az R30-as sorból (300/30) és az R60-as sorból (500/25) értékeket vesszük figyelembe.

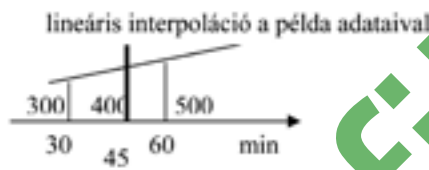
Megoldás:

Mértékadó méret a betonacélok súlyponti távolsága az elem szélétől $a = 41 \text{ mm}$, az oszlop minimális keresztmetszeti mérete 400 mm *eszerint az oszlop teherviselése tűz esetén 45 perc (2. táblázat).*

2. táblázat: Az oszlopok méretezésére használt táblázat "B" módszer (MSZ EN-1992 1-2, 5.2 b táblázat)
Megjegyzés: A táblázat értékei között a lineáris interpoláció megengedhető.

szabványos tűzállóság	vashányad	Minimális geometria méretek (mm) b_{min} /acélbetétek súlyponti távolsága az elem szélétől			
Standard fire resistance	Mechanical reinforcement ratio ω	Minimum dimensions (mm). Column width b_{min} /axis distance a			
		$n = 0,15$	$n = 0,3$	$n = 0,5$	$n = 0,7$
1	2	3	4	5	6
R 30	0,100	150/25*	150/25*	200/30 250/25	300/30 350/25
	0,500	150/25*	150/25*	150/25*	200/30 250/25
	1,000	150/25*	150/25*	150/25*	200/30 300/25
R 60	0,100	150/30 200/25*	200/40 300/25*	300/40 500/25	500/25*
	0,500	150/25*	150/35 200/25*	250/35 350/25	350/40 550/25
	1,000	150/25*	150/30 200/25*	200/40 400/25	300/50 600/30
R 90	0,100	200/40 250/25*	300/40 400/25*	500/50 550/25*	550/40 600/25*
	0,500	150/35 200/25*	200/45 300/25*	300/45 550/25*	500/50 600/40
	1,000	200/25*	200/40 300/25*	250/40 550/25*	500/50 600/45
R 120	0,100	250/50 350/25*	400/50 550/25*	550/25*	550/60 600/45
	0,500	200/45 300/25*	300/45 550/25*	450/50 600/25*	500/60 600/50
	1,000	200/40 250/25*	250/50 400/25*	450/45 600/30	600/60
R 180	0,100	400/50 500/25*	500/60 550/25*	550/60 600/30	(1)
	0,500	300/45 450/25*	450/50 600/25*	500/60 600/50	600/75
	1,000	300/35 400/25*	450/50 550/25*	500/60 600/45	(1)
R 240	0,100	500/60 550/25*	550/40 600/25*	600/75	(1)
	0,500	450/45 500/25*	550/55 600/25*	600/70	(1)
	1,000	400/45 500/25*	500/40 600/30	600/60	(1)

* Normally the cover required by EN 1992-1-1 will control.
(1) Requires width greater than 600 mm. Particular assessment for buckling is required.



5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az utóbbi években bekövetkezett tűzkatasztrófák ismét felhívták a figyelmet az épületszerkezetek tűzállósági méretezésének fontosságára.

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat szerint az épületszerkezetek tűzállósági teljesítményét szabványos laboratóriumi vizsgálatokkal, vagy a méretezési műszaki specifikációban (Eurocode szabványsorozatban) található számítási módszerekkel kell meghatározni. A mérnökök számára ezzel egyre fontosabbá vált, hogy ismerjék és tudják alkalmazni az MSZ EN (Eurocode) szabványait.

Jelen cikkben az MSZ EN-1992 1-2 „Vasbetonszerkezetek méretezése, tűzterherre” szabvány méretezési módszereit tekintjük át, beleértve a tűzállósági követelmény fogalmát és a megoldási módszerek típusait is:

1. táblázatos módszer
2. egyszerűsített számítási módszerek
 - 500°C-os izoterma
 - zóna módszer
3. numerikus számítási módszer

Végezetül egy szerkezeti elem (oszlop) méretezését mutatjuk be a gyakorlatban leggyakrabban használt, táblázatos formában szabványosított adatok alapján.

6. JELÖLÉSEK

- A_s az acélbetétek keresztmetszeti területe (mm^2)
- A_c a beton keresztmetszeti területe (mm^2)
- k_c, k_s, k_p csökkentő tényező (-)
- t idő (perc)
- $t_{n,d}$ tűzállósági időtartam tervezési értéke (perc)
- $t_{n,req}$ az előírt tűzállósági időtartam (perc)
- $R_{n,d,t}$ a szerkezeti elem ellenállásának tervezési értéke tűz esetén a t időpontban (N/mm^2)
- $E_{fi,d,t}$ a hatásokból származó igénybevételek időben változó tervezési értéke tűz esetén a t időpontban (N/mm^2)
- f_{ck} a beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke (N/mm^2)
- f_{cd} a beton nyomószilárdságának tervezési értéke (N/mm^2)
- f_{yk} a betonacél folyáshatárának karakterisztikus értéke (N/mm^2)
- f_{yd} a betonacél folyáshatárának tervezési értéke (N/mm^2)
- $l_{d,fi} = l_0$ az oszlop kihajlási hossza (mm)
- e a külpontosság értéke (mm)
- Θ_d az anyaghőmérséklet tervezési értéke ($^{\circ}C$)
- $\Theta_{cr,d}$ a kritikus anyaghőmérséklet értéke ($^{\circ}C$)
- Θ_q a tűzszakaszban érvényes gázhőmérséklet ($^{\circ}C$)

7. HIVATKOZÁSOK

- Balázs L. Gy., Lublőy É. (2009), „Magas hőmérséklet hatása a vasbeton szerkezetek anyagaira” *VASBETONÉPÍTÉS* 2009/2, pp. 48-54
- ÉMI (2000): Expertise on the fire-damaged structures of the Budapest Sports Hall (Szakértői vélemény a Budapest Sportsarnok tűzkárt szenvedett épületszerkezetéről), 2000
- fib* bulletin 38, (2007): Fire design of concrete structures - materials, structures and modelling, ISBN: 978-2-88394-078-9
- fib* bulletin 46, (2008): Fire design of concrete structures - structural behaviour and assessment, ISBN: 978-2-88394-086-4
- Gambarova, G., P., (2004): Opening Adresses on Some Key Issues Concerning R/C Fire Desing, Proceedings for Fire Design of Concrete Structures: What now?, What next?, edited by: P. G., Gambarova, R., Felicetti, A., Meda, P., Riva, December 2-3, 2004
- Kordina, K (1997): Über das Brandverhalten punktgestützter Stahbetonbalken, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 479, ISSN 0171-7197, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- Lublőy É., Balázs L. Gy., (2009), „Vasbetonszerkezetek viselkedése magas hőmérsékleten” *VASBETONÉPÍTÉS* 2009/4, pp. 113-119
- MSZ EN 1991-1-1: 2005 A tartószerkezetet érő hatások, Általános hatások, Tűznek kitett szerkezetet érő hatások, *Magyar Szabványügyi Testület*
- MSZ EN 1992-1-2: 2005 Vasbetonszerkezetek tervezése, Általános szabályok, Tervezés tűzterhelésre, *Magyar Szabványügyi Testület*
- Susan Lamont et al.: „Innovative Structural Engineering for Tall Building in Fire” - Structural Engineering International, 2006/2 pp.: 142-148
- Schneider, U.; Lebeda C. (2000): Baulicher Brandschutz, W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart, ISBN 3-17-015266-1
- Thielen, K., Ch.(1994): Strength and Deformation of Concrete Subjected to high Temperature and Biaxial Stress-Test and Modeling, (Festigkeit und Verformung von Beton bei hoher Temperatur und biaxialer Beanspruchung - Versuche und Modellbildung), *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton*, Heft 437, ISSN 0171-7197, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- OTSZ (2008), 9/2008 (II. 22.) ÖTM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról 5. melléklet- Építmények tűzvédelmi követelményei, Építmények tűzvédelme

http://de.wikipedia.org/wiki/World_Trade_Center
http://www.langlovagok.hu/kepek/2007/czegledizsolt/070226_debrecenpanelhaz/eredeti/070226_debrecenpanelhaz_29.jpg

Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, okleveles mérnök, matematikai szakmérnök, PhD, Dr. habil, egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék vezetője. Fő érdeklődési területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), szálerősítésű betonok (FRC), nem acélananyagú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, erőtadódás betonban, vasbeton tartó repedezettségi állapota, vasbetonszerkezetek tartóssága. A *fib* TG 4.1 „Használhatósági határállapotok” munkabizottság elnöke, további *fib*, ACI és RILEM bizottságok tagja. A *fib* Magyar Tagozat elnöke.

Dr. Lublós Éva (1976) okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki Kar 2002), adjunktus a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén (2002). Fő

érdeklődési területei: vasbetonszerkezetek viselkedése tűz hatására, tűzkárok mérnöki tanulságai. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

POSSIBILITIES OF FIRE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

György L. Balázs, Éva Lublós

Recent fire cases indicated again the importance of fire research. Steps of fire design and possible methods of fire design for reinforced concrete structures are discussed in present paper. First part of the paper includes steps and details of fire design in addition to the definition of fire design. Second part of the paper gives numerical example using the so called method of tabulated data of EC2 for a column. Other design methods will be discussed in one of our next paper.

www.fib.bme.hu

A 2009. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ÁTADÁSA

2009. DECEMBER 7.

Elnök úr!

Kedves ifj. Palotás László!

Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

A XX. század a beton évszázada volt. Dr. Palotás László e század szülötte, élete és munkássága a XX. századhoz kötődik. A születése 100. évfordulója alkalmából tartott tudományos ülészak előadói felidéztek küzdelmes életútját, hosszú oktatói pályáját, a mérnök, a kutató, a tudományszervező, a könyveket író és szerkesztő szakember, a MÉRNÖK portréját.

Ehhez hozzátenni nem sokat tudok. Nem volt módom Vele dolgozni. De visszaemlékezve, diájként örömmel hallgattuk előadásait, hiszen Ő nem előadott, hanem mesélt. Mesélt a betonról mint anyagról, mesélt róla, mint szerkezetéről. Könynyedén és kötetlenül, hiszen betonról mindent tudott, a beton tudósa volt.

Még valami, amit mi diákok Tőle kaptunk, a szeretet. Ezt saját maga fogalmazta meg legszebben egy kollegájának, barátjának írt karácsonyi üdvözlőlapon, így szól:

„Menni, együtt lenni, szeretni ez a jó!”

Nos itt vagyunk együtt. Összegyűltünk, hogy emlékezzünk és ünnepeljünk, mert idén tizedik alkalommal kerül sor a Palotás László-díj átadására.

Engedjék meg, hogy bejelentsem, a 2009. évi kitüntetett, egy szakmájának mélyen elkötelezett mérnök:

Beluzsár János.

Visszatekintését a következő oldalakon mutatjuk be.

Zsömböly Sándor
a Palotás László-díj Kuratórium elnöke



Beluzsár János, amint megkapja a díjat ifj. prof. Palotás Lászlótól



Beluzsár Levente, Zsömböly Sándor, Beluzsár János, Tassi Géza, ifj. prof. Palotás László, Balázs L. György



Beluzsár János előadásának megtartása közben

A 2009. ÉVI PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJAK ÁTADÁSA

2009. DECEMBER 7.

**Mélyen Tisztelt Elnök Úr! Tisztelt Hölgyeim és Uraim!
Kedves Ünneplő Vendégek!**

Nekem úgy tűnik, mintha a 2009-es év a jubileumok, az évfordulók és megemlékezések éve lenne.

- *60 évvel ezelőtt*, 1949. november 20-án adták át az újjáépített Lánchidat, amely nem csak Pest, Buda és Óbuda között teremtett ismét állandó kapcsolatot, de a két országrész között is. Mind a tervezést, mind a kivitelezést többek között Édesapám és Fáber Gusztáv a későbbi mechanika professzorom irányította.
- *60 évvel ezelőtt*, 1949-ben megalakult a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki B-Tagozatából a Villamosmérnöki Kar, melynek – jó 50 évvel ezelőtt – hallgatója lettem.
- 1952-ben jelent meg apám első önálló könyve a „Minőségi beton”.
- *45 évvel ezelőtt*, 1964. november 21-én adták át az újjáépített Erzsébet hidat, melynek Budai oldali egyik építésvezetője testvérem, Palotás Piroska volt.
- *40 évvel ezelőtt* alakult meg a **fib** elődje – a FIP Magyar Tagozata, melynek bölcsőjénél, ill. a későbbiekben ott vannak többek között: Almási József, Balázs L. György, Beluzsár János, Dalmy Dénes, Erdélyi Attila, Farkas György, Fogarasi Gyula, Lenkei Péter, Loykó Miklós, Polgár László, Tassi Géza..., hogy csak néhány nevet említsék.
- 1989-ben – *20 évvel ezelőtt* – indult meg Magyarországon a rendszerváltozás bonyolult folyamata.
- 2009-ben ünnepeltük az ún. „szocialista védőfal” leomlását, és ezzel Kelet- és Nyugat-Németország egyesítésének 20 éves évfordulóját.
- 2009-ben *10. alkalommal* kerül sor a *Palotás László-díj* ünnepélyes átadására.

Nem tudom biztonsággal megmondani, melyikünk örül jobban a díjnak: a díjazott vagy a díj átadója. Így módon csak köszönetemet fejezhetem ki a **fib** Magyar tagozatának, különösen a **fib**, a Nemzetközi Betonszövetség Magyar Tagozata elnökének, Balázs L. György professzornak, a Palotás László-díj Kuratórium elnökének Zsomboly Sándornak, hogy édesapám nevét viselő díj átadásának részese lehetek, és megtiszteltek azzal, hogy elsők között gratulálhatok, mint nem „szakmabeli” – az ünnepeltnek.

Így nagy örömmel gratulálok Beluzsár Jánosnak, a Lábatlani Vasbetonipari Zrt. nyugalmazott vezérigazgatójának, aki közel négy évtizedig tartó felelősségteljes szakmai és vezetői munkájának eredményeként – egyébként mint gépészmérnök – egy szocialista nagyvállalat a mai piaci körülmények között működő korszerű vállalattá alakított át.

Külön elismerést érdemel az a tény, hogy a kitüntetett 10 éves előkészítő munka gyümölcseként ez év szeptemberében

átadta a vállalat irányítását fiának, Beluzsár Leventének – amellyel egy nagyvállalat kritikus problémái – a vezetőváltás, generációváltás és az évtizedek alatt felhalmozott tudás és a közös értékek továbbörökítése is megoldódott.

Kedves Beluzsár János, a Lábatlani Vasbetonipari Zrt. igazgatóság elnökségében és más szakmai, illetőleg társadalmi szervezetekben történő munkájához továbbra is sok sikert és jó egészséget kívánok.

Befejezésül idézném apám 1963-ban egy egyetemi előadás keretében elhangzott Polgár László 2002-es Palotás László-díjas által feljegyzett vigasztaló szavait:

„Kedveseim, a tisztességgel végzett munka előbb vagy utóbb megtérül. Van, amikor kicsit talán túl sokat is kell rá várni, de nyugodjanak meg, egész biztosan megtérül.”

Budapest, 2009. december 7.

*Prof. Dr.-Ing. CSc. László Palotás
Hochschule RheinMain
University of Applied Sciences
Wiesbaden Rüsselsheim Geisenheim*



A Palotás László-díj emléklapok, amit a díjazottak kapnak

BELUZZÁR JÁNOS

PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJAT KAPOTT 2009. DECEMBER 7-ÉN

VISSZATEKINTÉS A KITÜNTETÉS KAPCSÁN



1. BEVEZETÉS

A Palotás László-díj átvétele nagy megtiszteltetést jelent számomra. Az elmúlt negyven évben végzett munkám elismerését jelenti még akkor is, ha arra önmagamam méltatlannak találom. Ebben az időszakban nagyon sokan végeztek hasonló munkát, és értek el hasonló eredményeket, méltóak lettek arra volna arra, hogy hasonló díjban részesüljenek. A dolog természeténél fogva csak néhányan vehetjük át az elismerést, amely többeket megilletne.

A lábatlani gyárban eltöltött negyven évem alatt a gyár kézi manufaktúrából gépi nagyüzemmé vált. Ennek a fejlődésnek részese lehettem mint beosztott mérnök, majd mint műszaki vezető, és végül az utolsó húsz évben, mint a vállalat első számú vezetője.

A vállalati hierarchiában való előrelépés sajnos azzal a következménnyel jár, hogy az embernek egyre kevesebb ideje jut a szakmai feladatokra. Szerencsémre a szakmai érdeklődésem mindig arra hajtott, hogy a szoroson vett vezetői feladatok mellett tevőlegesen részt vegyek a műszaki feladatok megoldásában. Egyik ilyen „kedvenc” területem a vasúti betonalkak szabványosítása.

2. A VASÚTI BETONALJAK SZABVÁNYOSÍTÁSI KÉRDÉSEI

A nyolcvanas évek közepén a vasúti betonalkak fejlesztése a MÁV-BME-BVM példás összefogásában valósult meg. A munkát a MÁV részéről Pál József főosztályvezető, a BME részéről dr. Kerkápoly Endre tanszékvezető irányította, a BVM részéről a Lábatlani Gyár az irányításommal vett részt (1 és 2. ábra).

A közös munkánk eredményeként létrejött a nagy sebességű, nagy terhelésű pályák betonalkja, az LW betonalk, valamint bevezették a kiterő beton alkakát. Mára ennek a gyümölcsöző

1. ábra: Az LW betonalkak szállítása a Lábatlani Vasbetonipari Zrt. telephelyéről a gyorsátépítő speciális szállító szerelvényén



együttműködésnek csak nyomai maradtak, az okok sokfélék, de két nagyon fontos kiemelhető:

- a MÁV tudományos háttérintézményének, a VatuKinak megszűnésével a MÁV szakmai háttere beszűkülte,
- az önálló BME Vasútéptézési Tanszék megszűnt, a kutatási források beszűkültek.

Ebben a helyzetben nem kellett különösebben harcolnom azért, hogy a CEN vasúti betonalkak szabványosítási munkacsoport munkájában részt vehessek. Ezek a szabványosítási munka csoportok nagyon fontos fórumai a műszaki szabályozásnak. Az adott termékkörre kidolgozott CEN szabványok tartalmazzák azokat a követelményeket, amelyek teljesítése feltételezi, hogy a termék megfelel a vonatkozó irányelveknek, így az EU-n belül korlátozás nélkül forgalomba hozhatók.

A szabványosításnak sarkalatos pontja, hogy a szabványok az alkalmazók számára hozzáférhetőek legyenek. Az ebben a kérdésben kialakult vita nem változtatja meg az alaphelyzetet:

- a CEN szabványok ma az MSZT-n keresztül angol nyelven érhetőek el,
- az EU forrásokból finanszírozott projektek tenderei angol nyelvűek,
- az EU piacon megjelenő tenderek angolul elérhetőek, a vonatkozó szabványok angol nyelvűek.

Ennek ismeretében sokkal nagyobb energiát kellene fordítanunk az angol nyelv szélesebb körű elsajátítására, nem csak a nappali szakos mérnök képzésben, de a praktizáló mérnökök körében is.

2.1 A szabványosítás

A szabványosítást a modern ipari termelés kényszerítette ki, elsődleges szerepe az azonos funkciók ellátására szolgáló elemek méreteinek és teherbírási jellemzőinek meghatározása. Így lehetővé vált:

- az azonos funkciók ellátására szolgáló elemek gyártási darabszámának növelése, a tömegtermelés lehetőségének megteremtése,
- a csereszabotosság biztosítása, amely a karbantartás racionalizálásának elengedhetetlen feltétele.

2. ábra: Vasbetonalkakra fektetett kiterő a MÁV vonalán



A szabványosítás érvényesülésének határát meghatározta az érintett termék körben kialakult piac mérete:

- azon termékeknél, amelyek az európai-amerikai kontinensen elterjedtek, kialakultak az európai-amerikai szabványok,
- azon termékeknél, amelyek kereskedelme országhatárokon belülre korlátozódott, létrejöttek a nemzeti szabványok.

Az egységes európai piac, és a termékek, valamint szolgáltatások szabad áramlásának feltétele az egységes műszaki szabályozás, az európai szabványok bevezetése, amely a korábbi nemzeti szabványokat felváltja. Az eltérő nemzeti szabványok harmonizálása csak kompromisszumokon keresztül lehetséges. Ez a folyamat jól követhető a vasúti betonlajokra vonatkozó európai szabványok fejlődésében.

2.2 Vasúti betonlajk szabványosítása

A vasúti betonlajk jellegzetesen nemzeti termékek, fejlesztésük a felhasználó vasút és a gyártó nagyon szoros együttműködésében valósult meg. Maguk a gyártó vállalatok a kelet-európai, szocialista országokban a vasút irányítása alá tartoztak. Kivételt képezett a magyar vasúti alj gyártás, amely mindig az építésügyi tárca felügyelete alatt volt.

A betonlajkat a kelet-európai országokban részletes termékszabványok szabályozták, ezek közül több a nem EU tagállamokban még ma is érvényben van.

Vonatkozó magyar szabványok a következők.

- Az 1967-ben kiadott MSZ 4710-es sorozat már időtálló szabványnak bizonyult. Az MSZ 4710-1 szabvány foglalkozott az általános műszaki követelményekkel. A szabvány szakmai megalapozottsága, részletessége ma is példaértékű.
- A szabvány átdolgozására 1993-ban került sor. Az új szabvány, az MSZ 07-2310 ágazati szabványként került kiadásra. Az MSZ 07-2310 sorozatban külön lap foglalkozik a prototípus vizsgálati eljárással, amely tartalmában már megegyezik a későbbi EN szabványokban bevezetett eljárásokkal. A szabvány követelmény szintű, a termékeknek csupán a geometriáját szabályozza és az átvételi követelményeit adja meg, a vasalást a gyártóra bizza.

A szabványsorozathoz tartozik az MSZ 07-2311 szabvány is, amely a nyolcvanas években bevezetett kiterő betonlajkkal foglalkozik. Mind az MSZ 07-2310, mind az MSZ 07-2311 szabványsorozatot 2002-ben visszavonták, helyükbe az EN 13 230 európai szabványokat vezették be.

2.3 EURÓPAI VASÚTI BETONLAJ SZABVÁNYOK

Az EN 13 230 harmonizált európai szabvány több területen nagy lépést tett előre:

- a vasúti betonlaj gyártásban, alkalmazásban részt vevő szereplők feladatainak tisztázásában,
- az elmúlt évtizedek kutatási eredményeinek szabványba történő beépítésével kapcsolatosan és
- a minőségbiztosítás szabályozásában.

Az európai vasúti betonlaj szabványok témakörei a következők:

- EN 13 230-1. Általános követelmények
- EN 13 230-2. Feszített mono blokk betonlajk
- EN 13 230-3. Lágyvasas bi- blokk-kétrészes betonlajk
- EN 13 230-4. Kiterő betonlajk
- EN 13 230-5. Speciális betonlajk.

A szabvány legnagyobb erénye, hogy a nemzetenként különböző szabályozást egységes, valamennyi tagállam által

elfogadott rendszerbe foglalta. Mindezt nem kevés kompromisszumot kellett tennie. Eredményként keret szabályozás jött létre, amely nagyon sok kérdésben a vevő döntésétől teszi függővé a követelmények megválasztását, illetve a vizsgálatok terjedelmét. A szabvány későbbi felülvizsgálata során a nyitott kérdések további szűkítése várható.

Az igénybevételek megállapítására vonatkozó ajánlás az ORE D 170 kutatási jelentésre épül, az abban kidolgozott biztonsági tényezők rendszerét alkalmazva. Ennek megfelelően a sín alatti keresztmetszet mértékadó pozitív hajlító igénybevételét a rugalmasan alátámasztott, egyenes ágazati reakciójú gerenda igénybevételéből vezeti le, alkalmazva:

- $\Phi_1=1,6$ biztonsági tényezőt a betonalj hossztengelemben fellépő ágazati egyenetlenségek miatt,
- $A=0,5$ becült értékkel vagy pontosabb számítással meghatározott teherelosztási tényezőt,
- $\chi=1,35$ biztonsági tényezőt a teherelosztási tényező szórása miatt,
- $\phi = 1,5-1,75$ biztonsági tényezőt a statikus kerékterher dinamikus növekedése miatt

A dinamikus tényező csökkentésére van lehetőség a sín-erősítés rugalmasságának ismeretében.

Újszerű a szabályozásban a prototípus betonlajk vizsgálati rendszere:

- A mértékadó igénybevételt a betonlajknak repedésmentesen ki kell bírnia.
- A pálya használat során fellépő rendkívüli terhelések után a maradó repedések szélességének 0,05 mm alatt kell maradnia. A rendkívüli terhelés nagyságát a felhasználó vasút határozza meg, a javasolt érték:
 - statikus terhelésnél: $k1_s = 1,8$
 - dinamikus terhelésnél: $k1_d = 1,5$.
- A pálya használat során fellépő határ terhelések elérése után a betonalj tönkre mehet. A határ terhelés nagyságát a felhasználó vasút határozza meg, a javasolt érték:
 - statikus terhelésnél: $k2_s = 2,5$
 - dinamikus terhelésnél: $k2_d = 2,2$.
- A középső keresztmetszet mértékadó igénybevételét a sín alatti keresztmetszet igénybevételéből vezeti le, amennyiben a sínalatti keresztmetszet mértékadó nyomatékából vezeti le a középső keresztmetszet igénybevételét:
 $M_{cn} = \Phi_2 \cdot I_c / I_r \cdot M_r$
- $\Phi_2=1,2$ biztonsági tényezőt alkalmazva a betonalj hossztengelemben fellépő ágazati egyenetlenségek miatt,
- A sín alatti és középső betonkeresztmetszetek inercia hányadosával, I_c / I_r csökkentve az igénybevételt.

Az EN szabványok felülvizsgálata

A szokásos gyakorlatnak megfelelően a 2002-ben bevezetett szabványokat felülvizsgálaták. A felülvizsgálat formálisan befejeződött, a módosított szabvány kiadása a közeljövőben várható. A felülvizsgálat során a korábbi szabványok számos ponton kiegészültek. A módosítások a szabványok alkalmazása során felmerült nyitott kérdéseket tisztázzák, az elmúlt időszak alatt elvégzett kutatási eredményeket a szabványba beépítik. A változások a következők szerint foglalhatóak össze:

- a tervezés külön szabványba foglalása: EN 13 230-6,
- a prototípus vizsgálati és átvételi követelmények meghatározása során a teherbírás időtől függő változásának figyelembevétele,
- a gyártásközi minőség-ellenőrzés részletesebb szabályozása.

Az EN 13 230-1. Általános követelmények c. szabvány felülvizsgálata.

A szabvány a vevő és szállító közötti jogviszony technikai bázisa. Az általános követelmények tartalmazzák:

- a terhek felvételét, az ezzel kapcsolatos vevői adatszolgáltatásokat,
- a szállító előzetes adatszolgáltatásait,
- a felhasznált anyagok általános követelményeit, különös tekintettel a betonjak elvárt hosszú élettartamára,
- a gyártási követelményeket,
- késztermék vizsgálatát.

Az A-G mellékletek tájékoztató anyagok, amelyek a szerződő felek közös megegyezése esetén alkalmazhatóak. A szabvány előírásainak teljesítése biztosítja a vasúti közlekedésről szóló 2008/57/EC Európa Tanácsi határozatban foglalt alapvető követelmények teljesülését.

A módosított szabvány részletesebben felsorolja a vasúti betonjak terheit, hangsúlyozva, hogy a terhek és a keresztmetszeteket terhelő hajlító nyomatékok közötti összefüggés meghatározása a vevő feladata.

A korábbi szabvány tartalmazott informatív ajánlást a sín alatti és középső keresztmetszetet terhelő nyomatékok számítására, a módosított szabványból ez kimaradt, csak általános ajánlásokat tartalmaz.

A hajlítónyomatékokkal foglalkozó **E** melléklet határozottan kimondja, hogy azok meghatározása a vevő feladata. A meghatározás során figyelembe kell venni:

- a statikus és dinamikus kerék terheket,
- a pálya tervezésének és fenntartásának adatait,
- a klimatikus viszonyokat,
- a feszítő erő és a betonszilárdság időbeli változását.

Az elméleti számítások alapjául az UIC 713 R módszerét ajánlja.

A tervezés témakörével új szabvány, az EN 13 230-6 foglalkozik majd, melynek kidolgozása folyamatban van.

A vevői adatszolgáltatás alapja nálunk a MAVSZ 2964 házi szabvány. Sajnos a jelenleg kialakult kivitelezői struktúrában jogilag a vevő-kivitelező minden projektnél más és más, a kivitelezők nem rendelkeznek a szabvány szerinti adatszolgáltatáshoz megfelelő tapasztalattal és ismerettel.

A szabvány külön fejezetben foglalkozik az adatszolgáltatással, amelynek tartalma szükségessé teszi a jelenleg érvényes házi szabvány felülvizsgálatát. A szabvány mellékletei kibővültek:

- Az **A** melléklet foglalkozik a finom adalékanyag kopási ellenállásának vizsgálatával. A vizsgálat nem kötelező, a magyar gyakorlatban eddig az alkalmazott dunai homokos kavicsból nyert adalékanyag esetén nem volt szükséges. Bevezetése indokolt lehet mészkő bázisú finom rész használata esetén.
- A **B** melléklet a fagyállóság vizsgálatát a nem kötelező vizsgálatok közé sorolja.
- A **C** melléklet a vízfelvétel vizsgálatát szabályozza. A vizsgálat nem kötelező. Követelményként 12%-nál kisebb vízfelvételt ír elő, amely teljesítése a lábatlani gyakorlatban nem jelent problémát.
- A **D** melléklet nem kötelező ajánlást tesz a sínfelfekvő felület dőlésének és elcsavarodásának mérésére alkalmas mérőeszköz kialakítására.
- Az **E** melléklet a hajlító nyomaték meghatározásával foglalkozik, nem kötelező jelleggel. Kiemeli, hogy a tervezési nyomaték meghatározása a vevő felelőssége. Felsorolja a figyelembe veendő tényezőket, megállapítja, hogy nincs általánosan elfogadott módszer a hajlító nyomaték meghatározására.



3. ábra: LSZ jelű vasúti betonjak EK-Tervvizsgálati tanúsítványa.

tározására. Az alkalmazható módszereket három csoportba sorolja.

- o dinamikus kísérletek alapján,
- o a valóságos pályaállapotok értékelése alapján,
- o elméleti számítások alapján.

Az elméleti számításokra, mint jól ismert eljárást az UIC 713 R módszerét ajánlja, amely alkalmas a normál és széles nyomtávú betonjak számítására.

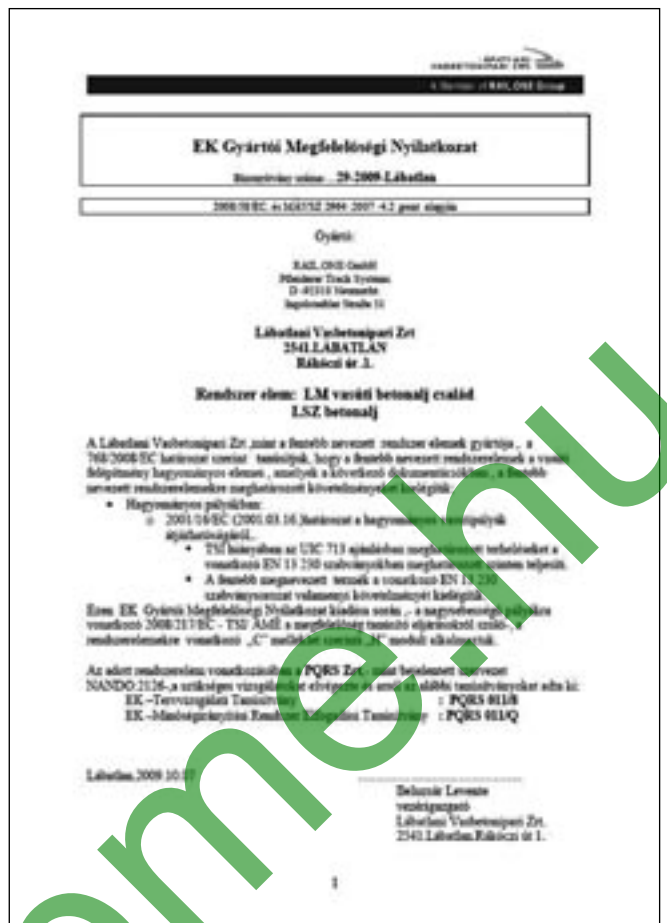
- Az **F** melléklet a betonjal felületi követelményeivel foglalkozik. A melléklet nem kötelező jellegű, segítséget kíván nyújtani a felületek minőségének meghatározásában, amely az egyik örökzöld téma a vevő és a gyártó között. A vitás kérdések elkerülésére ajánlja a minták vagy fotók alkalmazását amint a szabvány 6.3 pontjában javasolja. A mellékletben felsorol több felületi jellemzőt, amely a gyártás technológiából vagy az alkalmazott adalék vagy cement sajátosságaiból következik, de a betonjal tartósságát nem befolyásolja. A felületi jellemzők követelményei különbözőek:

- o a sínalatti felület tömör és geometriailag helyes legyen,
 - o a betonjal alsó felfekvő felülete durva legyen,
 - o a betonjal oldalfelületeire nincs speciális követelmény
- A felületi hibák megfelelő javító anyaggal javíthatók, amennyiben a javítási eljárás a technológiában részletezve van, és azt a vevő jóváhagyta.
- Az új **G** melléklet foglalkozik a minőségellenőrzés kérdéseivel. A melléklet nem kötelező jellegű ajánlásokat tartalmaz. A szabvány szerint a minőségellenőrzési kézikönyvet a vevővel jóvá kell hagyni.

- A melléklet felsorolja a legfontosabb ellenőrzendő adatokat az
 - alapanyagok,
 - a gyártási folyamat,
 - a késztermék



4. ábra: A vasúti betonaljgyártás minőségirányítási rendszer tanúsítása



5. ábra: Az LSZ jelű vasúti betonalj EK gyártói megfeleléségi nyilatkozata.

vonatkozásában. A vizsgálat gyakoriságát a gyártó minőségellenőrzési kézikönyve határozza meg, általánosságban a gyártott termék 1-2% -át kell vizsgálni.

- Kibővítették a **ZA** mellékletet a 2008/57/ EC határozat szerint.
- A ZA.1 mellékletben ismerteti a vasutakra vonatkozó 2008/57 EU határozat szerinti lényeges követelményeket, az azokat teljesítő 2007. dec. 20-án hatályba lépett, **nagy sebességű** vasutakra vonatkozó TSI, -átjárhatósági műszaki előírások (ÁME)-, előírásait és az EN 13 230 szabvány vonatkozó fejezeteit.
- A **ZA.2** mellékletben ismerteti a vasutakra vonatkozó 2008/57 EU határozat szerinti lényeges követelményeket, az azokat teljesítő, jelenleg előkészítés alatt álló hagyományos vasutakra vonatkozó TSI átjárhatósági műszaki előírások (ÁME) előírásait és az EN 13 230 szabvány vonatkozó fejezeteit.

A vonatkozó EU határozat szerinti tervvizsgálati tanúsítások és a gyártás minőségbiztosítási rendszerének tanúsítása a lábatlani gyárban gyártott vasúti betonaljakra a PORS tanúsító szervezet közreműködésével elkészültek, ennek alapján a vasúti betonaljok EK Megfeleléségi Tanúsítással rendelkeznek.

MÁVSZ 2964 az európai szabvány hazai alkalmazási segédlete

Amint az várható volt, az európai szabvány a vasúti betonaljok vonatkozásában számos kérdést nyitva hagyott, annak megvá-

laszolását a megrendelő vasútra hagyta. Ezekre a kérdésekre a vasutak saját házi szabványuk kidolgozásával adnak választ, amely egyrészt biztosítja a folytonosságot a korábbi szabályozások között, másrészt rögzítik azokat a paramétereket, amelyek a pályavasút adottságaiból következnek.

A magyar vasúttársaság ezeket a kérdéseket a MÁVSZ 2964 számú házi szabványban rögzíti. Az alkalmazási segédlet szabályozza:

- a gyártóhely jóváhagyását,
- a felhasznált anyagokat,
- a gyártási követelményeket,
- az EK-megfelelés tanúsítását,
- a prototípus vizsgálatot,
- a sín alatti, valamint a középső keresztmetszetben elvárt hajlítónyomatékokat,
- az átvételi eljárásokat.

Az alapidokumentációk (irányelvek, EN szabványok) felülvizsgálatai az alkalmazási segédletek időszakos felülvizsgálatát követelik meg, így rövidesen sor kell hogy kerüljön a MÁVSZ 2964 felülvizsgálatára is.

A szabványosítási munkában való részvétel lehetőséget ad arra, hogy a témakör aktuális kutatási eredményeit az ember megismerje, a témakörhöz hozzászóló, különböző országbeli szakemberek véleménye egy-egy témakör sokoldalú megismerését teszi lehetővé. Az így szerzett ismeretek hazai elterjesztése a szakmai szervezetek aktív közreműködésével válhat valóra. Ennek legjobb példája a több évtizede sikeresen működő **fib** Magyarországi Tagozata.

DR. PÓTÁNÉ PALOTÁS PIROSKA EMLÉKEZETÉRE



Piroska ugyanolyan csendben, váratlanul hagyta el családját, barátait, ahogy élt. Legjobb barátai már megelőzték az örök hazában, így rám maradt az évfolyamtársi búcsúztató. Erre száraz adatok nem alkalmasak, csak a kor még ma is hallgatásba burkolt titkait feltörve érthetjük meg Piroska különleges egyéniségét.

Az 1955. szeptemberi tanévnyitón egy csinos, kedves, karcsú lány jelent meg a Kmf. 44 nagyelőadóban, majd 5. tanulóköri helyiségében is. Hamar kiderült, hogy ő dr. Palotás László professzor úr lánya, s szeretné, ha tegezés helyett magázó viszonyban lennénk. Ezt elfogadva remek tanulótársra tettünk szert. Ismerte a helyi viszonyokat és a József Attila gimnáziumból hozott kitűnő matematikai, fizikai és kémiai tudással sokszor segített nekünk, akik a technikai szaktárgyak mellett épp a gimnáziumi tárgyakban voltunk kezdetben hátrányban.

Piroska kiemelkedő felkészültségével a szaktárgyak szaporodásával is az élen maradt.

Miután elfogadtuk, hogy komoly udvarló várja őt szinte naponta a könyvtárnál, kitűnő pajtásra lettünk a szabadidős programokban is. Velünk tartott a „Gellért Tanszéken” folytatott vidám eszmefuttatásokon, a római parti evezős kirándulásokon, a vizsgaidőszakot záró sítúrakon, tenisz- és bridszprogramokon. Szívesen látott minket csinos hűgaival a Feneketlen tónál lévő lakásukban is. Nagyon örültünk, hogy a híd- és szerkezetépítő mérnöki szakot, majd a vasbeton ágazatot választva maroknyi csoportunk az öt év teljében együtt maradhatott.

Piroska társai iránti szeretetét és Palotás professzor úr segítőkészségét azonban csak akkor tapasztaltuk meg, amikor a komoruló idők súlyosabb próbák elé állítottak minket. A búcsú idején emberségüket csak ilyen múltba vesző képek felelevenítésével tudom bemutatni.

1956. november 4-én az egyetemi nemzetőrség évfolyamunk négyfős baráti csoportját bízta meg az egyetem legtávolabbi sarkának védelmével. A túlerő láttán elrendelték az állások feladását, de a csoportot elfelejtették értesíteni, s ennek felismerésekor ők a tűz alá vett hidakon már nem tudtak hazamenni. A budai körút vonalán menekülők felmentek Piroskáékhoz, hogy megpróbálják felhívni szüleiket. Piroska vendégül látta a kimerült fiúkat, majd édesapjával való megbeszélése után a professzor úr felajánlotta nekik, hogy maradjanak náluk, míg haza nem indulhatnak. Ők látták, hogy ekkora társaság befogadása hadi körülmények között a vendéglátók életét veszélyeztetné. Így hárman óbudai lakásuk felé indultak, s csak távol lakó Jancsi barátunk maradt Piroskáéknál.

Én is megtapasztaltam, hogy Palotás professzor úr és Piroska súlyos kockázat vállalására is készek érdeklünkben. Diplomavédés előtt, 1960. májusában államellenes szervez-

kedés vádjával idézést kaptam a Belügyminisztérium hírhedt Gyorskocsi utcai épületébe. Tudtam, hogy a ciszterek által szervezett ifjúsági hitoktatást nevezik ilyen bűnügynek, ezért a minimális büntetés az egyetemről való kizárás. Titkomat csak Piroskára bízhattam, s tanácsára mindent elmondtam Palotás professzor úrnak. Néhány nap múlva elővizsgán védhettem meg mérnöki diplomámat Széchy, Palotás és Balázs professzor urak előtt, s a Gyorskocsi utcában már diplomás mérnökként jelentem meg.

Piroska önmagáról mindig a legnagyobb szerénységgel beszélt. 1960-ban szerzett híd- és szerkezetépítő szakos mérnöki oklevelet. Német, francia és olasz nyelvtudása volt.

1960-64 között a Hídépítő Vállalatnál dolgozott a Káposztásmegyeri felszíni vízmű és az új Erzsébet híd építésén, ahol a budai feljáró ágak kivitelezésének az irányítása volt a feladata.

1964-1970 között az ÉKME ill. BME Magasépítési Tanszékén tanított. Ezt a munkáját is példamutatóan, a hallgatók elismerésével övezve látta el. Ezt követően az Építőipari Minőségellenőrző Intézet Tartószerkezeti tagozatán volt tudományos munkatárs.

Tervezői gyakorlatát az Általános Épülettervező Vállalat III. irodáján kezdte, ahol sok érdekes építménynek, többek között a budapesti Fehérvári úti piac épületének volt a statikus tervezője.

1979-1986 között nyolc éven át Algériában, Oránban dolgozott számos vízmedence, víztorony, óvoda, székház tervezőjeként.

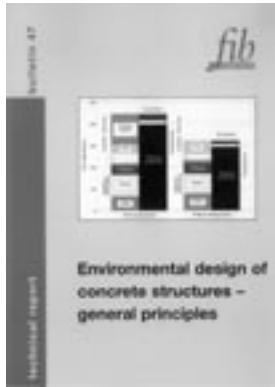
1987-től a 31. sz. Állami Építőipari Vállalat Komplex Tervező leányvállalatánál folytatott tervezői munkát 1992 évi nyugállományba vonulásáig. Ezután magántervezőként dolgozott és részt vett a BME francia nyelvű képzése keretében a magasépítéstan oktatásában.

Palotás Piroska szerényen nem beszélt szakmánk legnagyobb kitüntetésére, a Palotás László-díj megalapításában játszott szerepéről. Tudjuk, hogy Piroska édesapja, a beton és vasbeton kiemelkedő tudósa és tanítómestere volt. Most fel kell idéznünk a *fib* Magyar Tagozata számára jelentős tény, hogy a professzor úr elsőként szorgalmazta hazánk szakembereinek csatlakozását a jogelőd FIP nemzetközi szervezetéhez. A díjat egyesületünk 2000-ben alapította. A kitüntetések ünnepélyes átadását éveken át Piroska személye fémjelezte. Az ő neve és szakmaszeretete tette különösen ünnepélyessé decemberi üléseinket. A magyar vasbetonépítés sikerei fölötti örömét tükröző kedves mosolya nagyon fog hiányozni körünkből.

Évenkénti két évfolyamtalálkozónkon lelkiismeretesen megjelent, de sosem beszélt szakmai eredményeiről, csak lányairól, unokáiról. Ugyanígy lankadatlan figyelemmel kísérte társaink családi beszámolóit. Őt hallgatva sokszor eszembe jutott az evangéliumi idézet: „a jobbik részt választotta, nem is veszi el soha”.

Dr. Fogarasi Gyula

FIB BULLETIN 47: ENVIRONMENTAL DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES – GENERAL PRINCIPLES



The *fib* Bulletin, number 47, „Environmental design of concrete structures - general principles” is now available for purchase from the fib secretariat.

In view of the current state of global environmental issues, the construction industry is expected to contribute to the realization of a sustainable society by establishing environmental design systems for concrete structures, and by developing the necessary technologies. The goal

of sustainable environmental design is to reduce impacts on nature, society and humans by evaluating and verifying the environmental performance of the design. Environmental performance can be evaluated using indices such as resources, waste, energy, emission, etc. The necessary performance requirements for the verification of environmental performance are determined based on legislative regulations or on the particular objectives of specifiers, designers or owners. The objective of *fib* Bulletin 47 is to provide the principles

and procedures for designing concrete structures that take environmental aspects into account. It establishes general principles concerning the integration of environmental impacts in the design, construction, use, maintenance/management, demolition, disposal and re-use after demolition of a concrete structure.

Although building operations consume the greatest energy through heating and cooling equipment, this aspect is not covered in Bulletin 47, nor are the environmental impacts related to land use and general ecological systems. This report is applicable to both new and existing concrete structures.

Pages: 48

Price: CHF 60 (non-member price), including surface mail
ISBN 978-2-88394-085-1

To order this Bulletin, use the order form at www.fib-international.org/publications/order/.

fédération internationale du béton (*fib*)

International federation for structural concrete

Case Postale 88, 1015 Lausanne, Switzerland

Phone +41 21 693 2747 * Fax +41 21 693 6245

fib@epfl.ch * www.fib-international.org

FIB BULLETIN 48: FORMWORK AND FALSEWORK FOR HEAVY CONSTRUCTION



The realization process of civil engineering structures is complicated, involving a wide variety of disciplines. It is a challenge to structure the process in order to achieve a balanced, optimized participation of the various disciplines involved. One of the critical success factors is knowledge management: each discipline brings professional knowledge, but they must interact at interfaces as well. Temporary

structures are an example of this phenomenon: they are in the middle of a complex system of interactions between structural engineering, site engineering, work preparation, procurement, and execution. They have a significant impact on cost, time, construction methodology and the through-life performance of the actual structure.

Formwork and falsework are among the most important temporary structure elements for civil engineering projects. Knowledge management with respect to formwork and falsework requires sharing of knowledge and experience in the broadest sense, as the actual performance of formwork and falsework can only be evaluated at a late stage in the realization process, when some disciplines are no longer present. The learning circle can therefore only be closed through feedback.

fib Bulletin 48 presents an overview of formwork and falsework techniques and addresses issues related to its design and application. Its objective is to bridge the gap often experienced in practice by effectively feeding back state of the art knowledge and experience, thus making a larger group

of engineers familiar with the important issues related to the design and application of formwork and falsework. It aims to provide both structural and site engineers with information to design and use formwork and falsework in a safe, reliable, and economic way, thus achieving better interaction between the engineering disciplines involved.

Bulletin 48 addresses some fundamental issues related to formwork and falsework:

- the appearance of the finished concrete, which is closely related to the quality of the formwork;
- the performance of the finished concrete in relation to durability and as part of Life Cycle Management;
- the need to support the concrete while it acquires enough strength and stiffness to support itself. In this context the most important issue is structural safety.

The guidelines given in this document are based on the experiences of site and design engineers. Any warnings based solely on theoretical judgment have been avoided; only recommendations based on experience have been included.

fib Bulletin 48 focuses on principles only, and therefore does not address detailed design issues, for which local design codes should be applied.

Pages: 96

Price: CHF 130 (non-member price), including surface mail
ISBN 978-2-88394-088-8

To order this Bulletin, use the order form at www.fib-international.org/publications/order/.

fédération internationale du béton (*fib*)

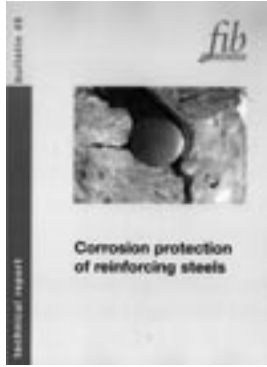
International federation for structural concrete

Case Postale 88, 1015 Lausanne, Switzerland

Phone +41 21 693 2747 * Fax +41 21 693 6245

fib@epfl.ch * www.fib-international.org

FIB BULLETIN 49: CORROSION PROTECTION OF REINFORCING STEELS



It has long been recognised that corrosion of steel is extremely costly and affects many industry sectors, including concrete construction. The cost of corrosion of steel reinforcement within concrete is estimated at many billions of dollars worldwide.

The corrosion of steel reinforcement represents a deterioration of the steel which in turn detrimentally affects its performance and therefore that of

the concrete element within which it has been cast. A great amount of work has been undertaken over the years concerning the prevention of corrosion of steel, including the application of coatings, which has included the study of the process of corrosion itself, the properties of reinforcing steels and their resistance to corrosion as well as the design of structures and the construction process.

The objective of *fib* Bulletin 49 is to provide readers with an appreciation of the principles of corrosion of reinforcing steel embedded in concrete and to describe the behaviour of

particular steels and their coatings as used to combat the effects of such corrosion. These include galvanised reinforcement, epoxy coated reinforcement, and stainless reinforcing steel. It also provides information on the relative costs of the materials and products which it covers.

It does not deal with structure design or the process of construction or with the post-construction phase of structure management including repair. It is hoped that it will nevertheless increase the understanding of readers in the process of corrosion of reinforcing steels and the ability of key materials and processes to reduce its harmful effects.

Pages: 122

Price: CHF 90 (non-member price), including surface mail
ISBN 978-2-88394-089-5

To order this Bulletin, use the order form at www.fib-international.org/publications/order/.

fédération internationale du béton (*fib*)

International federation for structural concrete

Case Postale 88, 1015 Lausanne, Switzerland

Phone +41 21 693 2747 * Fax +41 21 693 6245

fib@epfl.ch * www.fib-international.org

SZEMÉLYI HÍREK

Reviczky János 85 éves



Reviczky János 1925-ben született Esztergomban. Oklevelét 1950-ben szerezte meg a Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Kar Hídepítési tagozatán. Mérnöki gyakorlatát a Mélyépítési Tervező Vállalatnál kezdte meg statikus tervezőként. Átszervezések miatt a hírirodát 1953-ban az Út-Vasútervező Vállalathoz helyezték át. Kezdetben, tervezőmérnöki beosztásban,

majd irányító tervezőként, végül osztályvezető helyettesként dolgozott a Hírirodán, megszakítás nélkül, 1986-ban történt nyugdíjazásáig. Ez évben veszi át a hatvan éves gyémánt diplomát.

Hatvanéves mérnöki gyakorlata alatt mindvégig hídervezéssel foglalkozott, de szívesen vállalta a művezetést is. Hídervezésen belül különösen a feszítettbeton hídepítés volt a szakterülete. 1975-ben kéthónapos tanulmányúton volt az NSZK-ban ahol a szabad-betonozásos és szakaszosan előretolt hídepítési rendszereket tanulmányozta. Új, korszerű, – Magyarországon még nem alkalmazott – hídepítési technológiát dolgozott ki: az előregyártott elemekből konzolosan, szabadonszerelt feszítettbeton hídtypust. Ezzel 70-90 méteres nyílástománnyra terjesztette ki a vasbeton hídepítést. Tervei alapján és irányításával, ilyen technológiával, öt Körös-híd készült.

Több szakcikke jelent meg különböző belföldi és külföldi folyóiratokban. Részt vett az 1984-ben megjelent Mérnöki Kézikönyv feszítettbeton fejezetének megírásában. Belföldön és külföldön több alkalommal szakmai előadást tartott.

A londoni VIII. Feszítettbeton Kongresszuson ismertette a szabadszereléses hídepítés magyarországi bevezetését. Az 1972-ben rendezett meghívásos országos budapesti Déli-Dunahíd tervpályázatán az első helyezést elért csoport tagja volt. A későbbiek folyamán a miskolci vasúti felüljáró tervpályázatán első, a Csongrád-szentesi Tisza-híd országos tervpályázatán harmadik, a Bajai-Duna-híd tervpályázatán szintén harmadik helyezést ért el.

A jövő nemzedék oktatásában a Műszaki Főiskolán, több éven keresztül, mint gyakorlatvezető vett részt. A Műszaki Egyetem diplomatervezőinél konzulensként, diplomaterv bírálóként, több évig rendszeresen közreműködött.

Nyugdíjazása után sem szakadt el a hidaktól. Új hídepítési rendszert jelentett a közreműködésével 1990-ben megépített berettyóújfalui Berettyó-híd, mely szakaszos előretolásos technológiával készült. Ez volt hazánk első ilyen rendszerű hídja. Huszonnégy év óta nyugdíjasként is, különböző vállalatoknál, hídervezésekkel, hídjavitásokkal és hídvizsgálatokkal foglalkozik.

Szakmai munkássága elismerései közül a legjelentősebbek: 1975-ben a Munka Érdemrend Ezüst fokozata, 1977-ben Eöt-vös Lóránd díj, 1978-ban Állami díj.

Szakmai munkásságát jelentősen elősegítette és támogatta a szeretetteljes jó családi háttér. 85. születésnapján szeretettel köszöntötte, 59 éve harmonikus házasságban élő felesége, valamint két gyermeke, hat unokája és kilenc dédunokája. A *fib* Magyar Tagozata tisztelettel köszönti Reviczky Jánost születésnapja alkalmából.

Szánthó Pál 1925-2010



Ismét eltávozott közülünk a XX. század nagy hídtervező generációjának egyik köztisztelő tagja.

Szánthó Pál Széchenyi-díjas, gyémánt-diplomás mérnök, 50 éven át az ÁMTI – Mélyépterv - Uvaterv tervező mérnöke, irányító tervezője, osztályvezetője, szakértő főmunkatársa, majd további 12 évig a Pont-TERV Zrt. szakértő főtanácsadója volt.

1925. október 5-én született Ráckeven, középiskolai tanulmányait a budapesti Lónyay utcai Református Gimnáziumban végezte, majd a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mérnöki és Építőmérnöki Karának Mérnöki Osztályán szerzett oklevelet 1948-ban.

Pályáját az ÁMTI-ban kezdte, majd ennek jogutódainál a Mélyépterv-ben és az Uvaterv-ben folytatta. Igen hamar jelentős feladatokkal bízták meg, a Csengeri Szamos-híd, az Andrásidai Zala-híd, a Múcsnyi Sajó-híd, budapesti vasúti hidak és az egyiptomi Helwani Nílus-híd aléptímenyek terveit készítette.

1960-ban, addigi munkájának és szaktudásának egyértelmű elismerését jelentette, hogy őt bízták meg az újjáépítés előtt álló Erzsébet-híd tervezését megelőző nyugat-európai tanulmányút szakmai és nyelvi előkészítésével. Mivel a kábelhidak tervezésében és építésében még semmiféle hazai gyakorlat nem volt, így kénytelenek voltak a külföldi szakirodalomra és tapasztalatokra támaszkodni. A kiutazók között Sávoly Pál mellett a tervezőket ő képviselte.

Az Erzsébet-híd tervezésében a főtartószerkezet igénybevételeinek meghatározásához ő végezte el a statikai számítás alapképleteinek összeállítását (mindezt II. rendű elmélet alapján, ugyanakkor mechanikus számítógépen végrehajtható számítási módszerrel). Közreműködött a tartókábelek, azok lehorgonyozása és a merevítőtartó acélszerkezetének tervezésében, a tartó- és függesztőkábelek és a merevítőtartó szerelési alakjának számításában. A híd átadásakor, 1964-ben a Munkaéremrend Ezüst fokozatával tüntették ki. Lankadatlan érdeklődése a legújabb szerkezeti

rendszerek és építési technológiák iránt, kiemelkedő nyelvtudása, a nyugat-európai szakirodalom naprakész ismerete, a francia állami ösztöndíjjal elnyert franciaországi tanulmányút - a feszített betonszerkezetek tanulmányozására - alapozta meg az irányításával készülő szabad betonozással épített Győri Kis-Duna híd és a Csongrádi Tisza-híd tervezését.

Részt vett a budapesti, szentesi, kabhegyi, kékesi TV-torony tervezésében, majd 4 évet dolgozott Ausztriában a VÖEST-ALPINE acélszerkezeti gyárában, különféle ipari acélszerkezetek tervezésében, a cég export tevékenységének keretében.

Hazatérve az M0 autópálya déli Duna-hídjai nemzetközi tender ajánlatának kidolgozásával foglalkozott, majd a Hárosi Duna-híd, a Lágymányosi közúti Duna-híd és az M3 autópálya oszlári Tisza-hídjának tervezésében működött közre.

Amikor 1993-ban megkapta a Széchenyi-díjat, egy fél évszázad kiemelkedő, szakmailag mindig a legmagasabb szinten végzett, a részletekig alapos, gondos munkásságát ismerték el a megtisztelő kitüntetéssel.

Bár ekkor már nyugdíjas szakértőként dolgozott, de a szakma iránti töretlen elkötelezettséggel – hallgatva a fiatal kollégák hívására – 1998-ban csatlakozott a Pont-TERV kollektívájához és még több mint egy évtizeden át volt a cég főtanácsadója.

Közreműködött az esztergomi Mária Valéria Duna-híd, a szekszárdi Szent László Duna-híd és az M7 autópálya Köröshegyi völgyhídjának tervezésében.

Fiatalos, az új dolgokra mindig nyitott gondolkodásmódját mutatja, hogy már 2005-ben tanulmányokban foglalkozott az Eurocode-alapú tervezésre való áttérés kérdésével.

Családját szerető, baráti- munkahelyi körben mindig színes, nagy műveltségű, jó humorú ember volt. 2009 nyarán váratlanul, súlyos állapotban került kórházba, de rendkívüli akaraterője és gyógyulni-, dolgozni akarása talpra állította és készült vissza a munkához, a könyvekhez, a hidakhoz.

2010. február 14-én csendben elaludt. Nyugodjék békében!

Földváry Kálmán