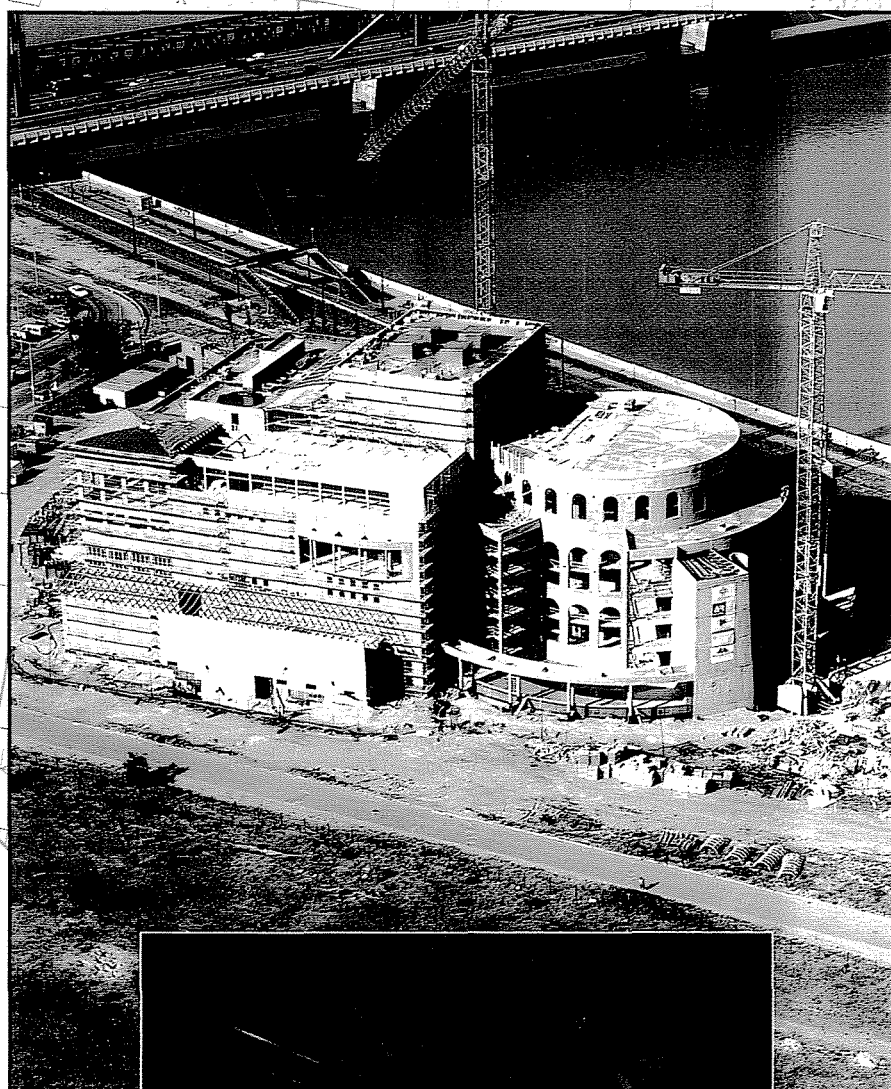


A **fib** MAGYAR TAGOZAT LAPJA

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**



Dr. Dulácska-Endre

Szerkezeti Eurocode-ok

66

Dr. Dulácska Endre-
Dr. Sajtos István

Az Eurocode 6 bevezetése Magyarországon - változások, előnyök, hátrányok

68

Polgár László-Stairits Ferenc
Profipanel

75

Prof. Ludevít Végh-
Dr. Petr Végh

Környezetbarát szerkezetek élettartama

84

Dr. Balázs György-Csányi Erika
**A levegő
szennyezettségének
hatása a vasbeton
tartósságára**

89

**2001. évi
Betonépítészeti-díj
eredményei**

95

**Konferencia felhívás:
Eurocode 6 -
Tégla falazatok**

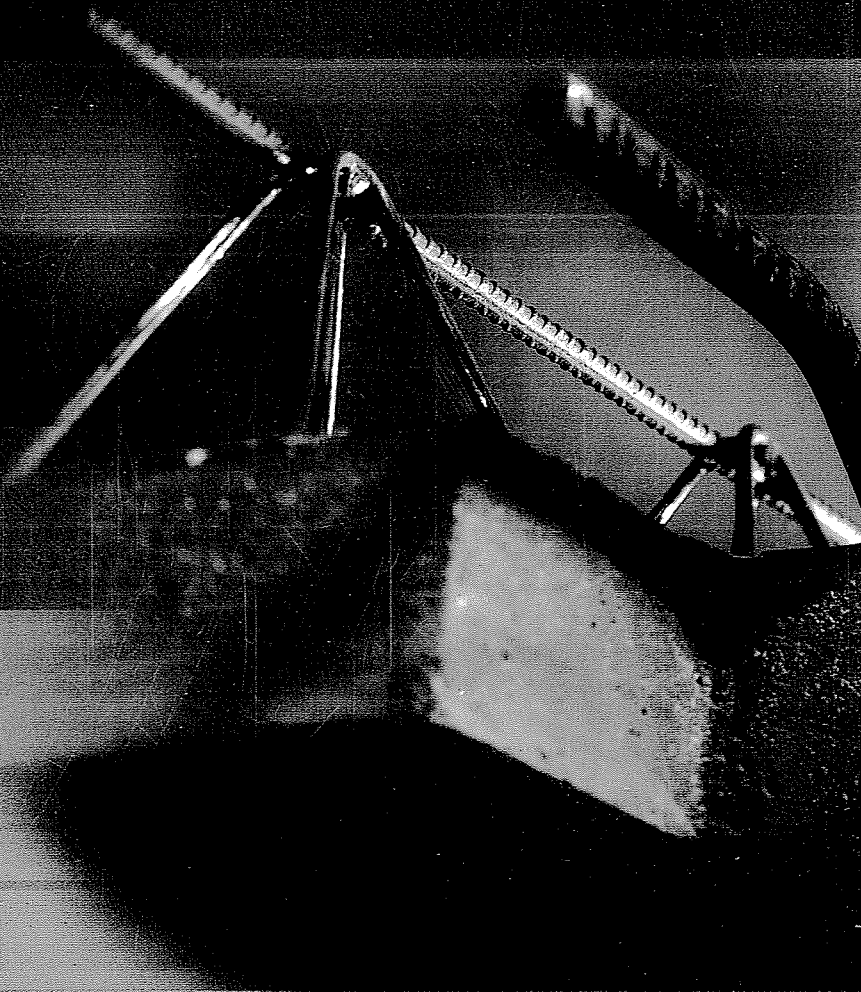
96

2001/3

III. ÉVFOLYAM 3. SZÁM

Megoldás, magas szinten

PROFIPANEL® Födémrendszer



Mindenki szeretné, hogy a ház, amelyben él vagy dolgozik, minőségileg magas szintű legyen. Ezért nem mindegy, hogy milyen alapanyagokat használunk. A ház magasabb szintjein sem.

A **WIENERBERGER** Téglaiipari Rt. ennek jegyében mutatja be új termékcsaládját, a **PROFIPANEL®** Födémrendszert, mely ideális födém megoldást kínál mind lakó-

házak, mind irodaépületek, kommunális épületek, csarnokok építésénél. A korszerű tervezési és gyártási technológiával készülő elemek beépítése könnyű, gyors és variálhatóságának köszönhetően kiválóan alkalmas egyedi igények kielégítésére is. A **PROFIPANEL®** Födémrendszer többi termékünkhöz hasonlóan hosszú időn át jelent megbízható megoldást.

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Madaras Botond

Szerkesztőbizottság:

Beluzsár János

Dr. Bódi István

Csányi László

Dr. Csiki Béla

Dr. Erdélyi Attila

Dr. Farkas György

Kolozsi Gyula

Dr. Kovács Károly

Lakatos Ervin

Mátyássy László

Polgár László

Telekiné Királyföldi Antónia

Dr. Tóth László

Vörös József

Wellner Péter

Lektorai testület:

Dr. Deák György

Dr. Dulácska Endre

Dr. Garay Lajos

Dr. Kármán Tamás

Királyföldi Lajosné

Dr. Knébel Jenő

Dr. Lenkei Péter

Dr. Loykó Miklós

Dr. Madaras Gábor

Dr. Szalai Kálmán

Dr. Tassi Géza

Dr. Tóth Ernő

Dr. Träger Herbert

(Kéziratok lektorálására más
kollégák is felkérést kapnak.)

Alapító: a *fib* Magyar Tagozata

Kiadó: a *fib* Magyar Tagozata

(*fib* = Nemzetközi Betonszövetség)

Szerkesztőség:

BME Építőanyagok és Mérnökgeol. Tansz.

1111 Budapest, Műgyetm rkp. 3.

Tel: 463 4068 Fax: 463 3450

E-mail: fib@goliat.eik.bme.hu

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

Az internet verzió technikai

szerkesztője: Gulyás Péter

Nyomdai előkészítés: RONÓ Bt.

Egy példány ára: 1000 Ft

Előfizetési díj egy évre: 4000 Ft

Megjelenik negyedévenként

1000 példányban.

© a *fib* Magyar Tagozata

ISSN 1419-6441

online ISSN: 1586-0361

Hírdetések:

Külső borító: 100 000 Ft,

belső borító: 80 000 Ft.

A hírdetések felelőse:

Telekiné Királyföldi Antónia

Tel.: 311-7677, Fax: 331-9917

Címlapfotó:

Az épülő Nemzeti Színház

Készítette: Csécsi Pál

TARTALOMJEGYZÉK

- 66** Dr. Dulácska Endre
Szerkezeti Eurocode-ok
- 68** Dr. Dulácska Endre – Dr. Sajtó István
**Az Eurocode 6 bevezetése
Magyarországon
– változások, előnyök, hátrányok**
- 74** **Műszaki rövidhírek**
- 75** Polgár László – Stairits Ferenc
Profipanel
- 84** Prof. Ludevít Végh – Dr. Petr Végh
**Környezetbarát szerkezetek
élettartama**
- 89** Dr. Balázs György – Csányi Erika
**A levegő szennyezettségének hatása
a vasbeton tartósságára**
- 95** **2001. évi Betonépítészeti – díjak**
- 96** **Konferencia felhívás
EUROCODE 6 – Téglafalazatok**

A folyóirat támogatói:

Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány, Vasúti Hidak Alapítvány,
ÉMI Kft., Hidépítő Rt., MÁV Rt., MSC Magyar Scetauroute
Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft., Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt.,
Pont-Terv Rt., Uvater Rt., Mélyépterv Komplex Mérnöki Rt., Peristyl Kft.,
Techno-Wato Kft., Betonmix Mérnökiroda Kft., BVM Épelem Kft., CAEC Kft.,
Pannon Freyssinet Kft., Stabil Plan Kft., Union Plan Kft.,
BME Hidak és szerkezetek Tanszéke,
BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke



Az Eurocode-ok

Az Eurocode-ok célja: A „Szerkezeti Eurocode” magába foglalja az épületek és mérnöki létesítmények szerkezeti és talajmechanikai tervezéséhez szükséges szabványok egy csoportját.

Ezek a kivitelezés és ellenőrzés kérdését csak olyan mértékben ölelik fel, amely a szerkezeti termék minőségének jelzéséhez és a szakszerűségi normákhoz megkívánt tervezési szabályok feltételeinek kielégítéséhez szükséges. Amíg a gyártmányok számára készült összehangolt technikai specifikációk és ezek kivitelezéséhez a kipróbálási módszerek gyűjteménye nem áll rendelkezésre, egyes Szerkezeti Eurocode-ok ezen szempontok közül néhányat Tájékoztató Mellékletben fognak tartalmazni.

Az Eurocode Program háttere: Az Európai Közösség Bizottsága (CEC) az épületek és mérnöki létesítmények tervezéséhez összehangolt technikai szabályok gyűjteményének létrehozását kezdeményezte, amely kezdetben a különböző tagországokban hatályos szabályoknak egy alternatívája, végső soron helyettesíti azokat. Ezek a technikai szabályok úgy váltak ismertté, mint „Szerkezeti Eurocode”-ok.

1990-ben, a Tagországokkal konzultálva, a CEC továbbította a munkát az Európai Szabványosítási Bizottság-hoz (a CEN-hez) a Szerkezeti Eurocode-ok további fejlesztése, kiadása és korszerűsítése céljából. A „CEN/250” Technikai Bizottsága felelős minden Szerkezeti Eurocode-ért, ezért külön albizottságot alakított a különböző Eurocode-okhoz.

A következő szerkezeti Eurocode-ok kifejlesztése történt meg (mindegyiknek általában több része van):

- EN1991 Eurocode 1 A tervezés alapjai és a szerkezetekre működő hatások
- EN1992 Eurocode 2 Beton anyagú szerkezetek tervezése
- EN1993 Eurocode 3 Acélszerkezetek tervezése
- EN1994 Eurocode 4 Betonnal együttműködő acélszerkezetek tervezése
- EN1995 Eurocode 5 Faszerkezetek tervezése
- EN1996 Eurocode 6 Falazott szerkezetek tervezése
- EN1997 Eurocode 7 Geotechnikai tervezés
- EN1998 Eurocode 8 Tervezési előírások a szerkezetek földrengésállóságához
- EN1999 Eurocode 9 Alumínium szerkezetek tervezése

A szabványoknak az egyes országokban való alkalmazásához szükség van az illető ország speciális viszonyait feldolgozó Nemzeti Alkalmazási Dokumentumok (NAD) kidolgozására. Az EC szabványok csak a megfelelő NAD-okkal együtt alkalmazhatók.

Nemzeti Alkalmazási Dokumentumok (NAD)

Tekintettel az egyes tagországok hatóságainak biztonsági, egészségügyi és más ügybeli felelősségére, amelyekre kiterjed a Szerkezeti Gyártmányok Direktívája (CDP), bizonyos biztonsági tényezők az ENV-ben javasolt értéként vannak megadva és -el vannak azonosítva (amelyeket szokás „kockázott” értéknek nevezni). Ezeket az alternatív értékeket a nemzeti alkalmazás során a NAD-ban végleges értékekkel helyettesítik.

Lehetséges, hogy az európai vagy nemzetközi támszabványok közül néhány nem lesz hozzáférhető, amikor az előszabványt kiadják. Ezért remélhető, hogy a Nemzeti Alkalmazási Dokumentum (NAD) helyettesítő végleges értéke-

ket ad a biztonsági tényezőkre, utalva a megfelelő támszabványra, és magyarázattal látja el az *Előszabvány* nemzeti alkalmazását, amelyet vagy a tagország, vagy annak szabványosítási szervezete ad ki.

Javasolható, hogy ez az *Előszabvány* abban az országban érvényes NAD-dal kapcsolatban legyen használatban, amelyben az épület vagy mérnöki létesítmény található.

A nemzeti szabványosítás

Az Európai Unióval történt társulási megállapodásban foglaltak végrehajtása érdekében a kormány intézkedett az olyan fontosabb lépések megtételéről, mint az egyes európai szabványügyi szervezetekhez (CEN, CENELEC, ETS) történő csatlakozás, a Magyar Szabványügyi Hivatal szervezeti keretein belül a nemzeti szabványosító műszaki bizottsági rendszer kiépítése és az európai direktívák alapján kiadandó jogszabályokhoz kapcsolódó európai szabványok (EN) honosítása.

A sürgős intézkedéseken túlmenően még 1990 megkezdődött a nemzeti szabványosítást szabályozó magas szintű jogszabály, egy új törvény kidolgozása. Több éves előkészítő munka és kölcsönös egyeztetések után, az Országgyűlés 1995. április 11-én fogadta el és május 28-án léptette hatályba a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvényt.

E törvény megteremtette a kereteit a piacgazdaságokban és a nemzetközi gyakorlatban el-fogadott szabványosítási rendszernek. Ennek megfelelően a nemzeti szabványosítás hazánkban is önkéntes, közhasznú tevékenységgé vált. A közmegegyezésen alapuló szabványok kidolgozásában a közigazgatási szervezetek és a gazdálkodói szféra érdekltségének arányában egyaránt részt vesz, a szabványosítást anyagilag támogatja. A nemzeti szabványok alkalmazása önkéntessé vált. Akizárólagos jogkörrel felruházott nemzeti szabványügyi szervezet nonprofit szervezet, amely felépítésénél és működési rendjénél fogva alkalmas arra, hogy megfeleljen a nemzetközi, illetve az európai szabványügyi szervezetekben viselt tagságból adódó követelményeknek. A törvény megváltoztatta a szabványosítás finanszírozási rendszerét. Csökkenő költségvetési támogatás mellett a nemzeti szabványügyi szervezet saját bevételeiből és az érdekeltek anyagi hozzájárulásából tartja fenn magát.

Az 1995. évi XXVIII. törvény alapján a Magyar Szabványügyi Hivatal feladatkörét a Magyar Szabványügyi Testület (MSzT) vette át. A törvény szerint az MSzT a Magyar Köztársaság nemzeti szabványügyi szervezete, amely köztestületként látja el a nemzeti szabványosítással összefüggő közfeladatokat.

A Magyar Szabványügyi Testület a magyar nemzeti szabványokat és az azokkal kapcsolatos közleményeket hivatalos lapjában, a Szabványügyi Közönyben teszi közzé. Minden magyar nemzeti szabvány kibocsátói jele „MSZ”-el kezdődő karaktorsorozat, amely után a szabvány azonosító száma következik. Az azonosító számnak időrendi vagy szakterületi jelentése nincs.

A kibocsátói jel és az azonosító szám képezi az azonosító jelzetet, amelyhez kettősponttal kapcsolódik a szabvány közzétételének négy számjeggyel megadott éve. Az azonosító jelzet és a közzététel évszáma adja a szabvány hivatkozási számát. pl. MSZ 712:1988. Mivel egy szabványnak a korszerűsítések eredményeként változatlan azonosító számmal több kiadása is lehet, egy szabvány általában egyértelműen a hivat-

kozási számával azonosítható. Nemzetközi vagy európai szabványt azonos megegyezőségi fokozattal bevezető magyar nemzeti szabvány azonosító jelzete a bevezetett szabvány azonosító jelzetéből és a szöközzel eléírt MSZ kibocsátói jelből áll. Pl. az EN 210 európai szabványt azonosan bevezető magyar nemzeti szabvány azonosító jelzete MSZ EN 210. Az ilyen szabványok hivatkozási számában levő évszám a magyar nemzeti szabvány azonosító jelzete. Szabványsorozat azonosító száma két, egymástól kötőjellel elválasztott részből áll. Az első rész a sorozat minden tagja esetében azonos, a második rész a sorozat tagjainak sorszáma. Így pl. az MSZ 370-5, az MSZ 370 szabványsorozat 5. tagja.

A nemzeti szabvány

A nemzeti szabvány alkalmazása önkéntes kivéve, ha részben vagy egészben kötelezően alkalmazandónak nyilvánítják. A jogszabállyal kötelezővé tett szabványokat a szabványjegyzékben a szabvány hivatkozási száma előtt feltüntetett § jelöli. Az ilyen szabványoktól való eltérés ügyében mindenkor annak a jogszabálynak a kibocsátójához kell fordulni, amelyik az adott szabványt kötelezővé tette. A szabványt kötelezővé tevő jogszabály száma a szabvány adatai után zárójelben szerepel. Mivel a szabványjegyzék lezárása után a szabványok kötelezővé tétele változhat (jogszabályok további szabványokat tehetnek kötelezővé, vagy korábbi kötelezővé tételét visszavonhatják) minden szabvány alkalmazása előtt célszerű meggyőződni arról, hogy alkalmazása kötelező-e.

Európai vagy nemzetközi szabvány magyar nemzeti szabványként magyar nyelvre fordítás nélkül, jóváhagyó közleménnyel is bevezethető. Ebben az esetben magyar szabványként a bevezetett szabvány angol nyelvű kiadását kell alkalmazni. Az ilyen szabványt a hivatkozási szám előtt feltüntetett jel jelöli. Jóváhagyó közleményes bevezetésre csak akkor kerülhet sor, ha abban az érdekelt szabványalkalmazók egyetértenek, olyan szakterületen, ahol az alkalmazók köre kicsi, a szükséges nyelvtudás megvan vagy a magyarra fordítás nem feltétlenül szükséges (pl. számítástechnika, távközlés).

Előszabvány

Az előszabvány olyan ideiglenesen elfogadott és közzétett szabványkiadvány, amelynek célja, hogy meg lehessen szerezni a szabvány kiadásához szükséges tapasztalatot. Magyar előszabvány csak az európai előszabványokat (ENV-eket és I-ETS-eket) bevezető előszabvány lehet MSZ ENV vagy

MSZ I-ETS kibocsátói jellel. Ha a közzétett magyar előszabvány tár-gyával azonos tárgyú magyar szabvány már van, akkor az párhuzamosan érvényben tartható addig, amíg a magyar előszabványból magyar szabvány nem lesz.

A régi szabványrendszer kötelező alkalmazásának határideje 1999-ben lejárt. Tekintve, hogy az EC szabványok készütségi szintje még nem tette lehetővé a kötelező bevezetésüket, az ügyben illetékes földművelésügyi és vidékfejlesztési miniszter 96/1999. (XI.05.) rendelete az e témakörbe tartozó szabványok kötelező alkalmazását 2001. december 31-ig elrendelte.

Az Euro-szabályozás várható ideje

A teherhordó szerkezetekre vonatkozó Eurocode szabványrendszer egy részét magyar nyelven, más részét angol nyelven, bevezető közleményekkel ENV formában honosította a Magyar Szabványügyi Testület. A legfontosabb ENV előszabványok magyarra fordítása készült el, de még több hiányzik. A fontosabb szabványok NAD-ja is elkészült, és a kötelező alkalmazását is elrendelik. De még több NAD, így az EC 6 NAD-ja is hiányzik.

Természetesen a szabványrendszer akkor használható, ha az teljes körű, azaz ha a tervezési-méretezési szabványok mellett az anyagszabványok és a minősítési szabványok is rendelkezésre állnak.

Megtekintve az Eurocode-okat meg kell állapítani, hogy azok a jelenleg érvényes magyar szabványoknál sokkal terjedelmesebbek, előírásrendszerük lényegesen bonyolultabb, mert indokolás és magyarázat nélküli szabályrendszert adnak. Alkalmazásuk „vaskosabb” szerkezeteket eredményez, melyek így költségesebbek, igaz tartósabbak is az eddigieknél.

Amíg az Eurocode szabványok teljes honosítása, és várható bevezetése nem történik meg, addig csak az MSZ szabványrendszerrel párhuzamosan használhatók. Ezt valószínűleg nem nehéz teljesíteni, mert az Eurocode szabványok általában nagyobb biztonságot adnak, mint az MSZ szabványrendszer. Ennek ellenére lehetnek olyan területek, ahol az MSZ szigorúbb.

Ez az összeállítás a Magyar Szabványügyi Testület tájékoztatása alapján készült.

*Dr. Dulácska Endre, prof. emeritus
BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszéke*

AZ EUROCODE 6 BEVEZETÉSE MAGYARORSZÁGON – VÁLTOZÁSOK, ELŐNYÖK, HÁTRÁNYOK



Dr. Dulácska Endre – Dr. Sajtos István

A dolgozat keretében röviden ismertetjük az építésre vonatkozó európai szabályozás rendszerét. Részletesen csak a falazott szerkezetek szabványával foglalkozunk. Összehasonlítjuk a falazott szerkezetek tervezésére vonatkozó Eurocode 6 (Falazott szerkezetek tervezése) szabványt, és az ugyanilyen tárgyú MSZ 15023:1987 magyar szabványt, az EC 6 egyes fejezeteinek sorrendjében. Elemezzük az Eurocode hazai bevezetésének előnyeit, és óhatatlanul jelentkező hátrányait. Példán is bemutatjuk a két szabvány közötti különbséget.

Kulcsszavak: Eurocode, Nemzeti Alkalmazási Dokumentum, NAD, szabvány, falazóelem, habarcs, falazat, falazott szerkezet

1. BEVEZETÉS

Az Európai Közösség Bizottsága (CEC) az épületek és mérnöki létesítmények tervezéséhez összehangolt technikai szabályok gyűjteményének létrehozását kezdeményezte, amely kezdetben a különböző tagországokban hatályos szabályoknak egy alternatívája, végső soron helyettesíti azokat. Ezek a technikai szabályok úgy váltak ismertté, mint „Szerkezeti Eurocode”-ok.

1990-ben, a Tagországokkal konzultálva, a CEC továbbította a munkát az Európai Szabványosítási Bizottság-hoz (a CEN-hez) a Szerkezeti Eurocode-ok további fejlesztése, kiadása és korszerűsítése céljából. A „CEN/250” Technikai Bizottsága felelős minden Szerkezeti Eurocode-ért, ezért külön albizottságot alakított a különböző Eurocode-okhoz.

Az egyes albizottságok tevékenysége általában egy-egy építőanyaghoz és abból építhető szerkezetekhez kapcsolódik. Az egyik albizottság a falazott szerkezetekkel foglalkozik (EN 1996 Eurocode 6 Falazott szerkezetek tervezése).

A szabványoknak az egyes országokban való alkalmazásához szükség van az illető ország speciális viszonyait feldolgozó Nemzeti Alkalmazási Dokumentumok (NAD) kidolgozására. Az EC szabványok csak a megfelelő NAD-okkal együtt alkalmazhatók.

A dolgozatban összehasonlítjuk a falazott szerkezetek tervezésére vonatkozó Eurocode 6 (Falazott szerkezetek tervezése) szabványt, és az ugyanilyen tárgyú MSZ 15023:1987 magyar szabványt, az EC 6 egyes fejezeteinek sorrendjében.

Elemezzük az Eurocode hazai bevezetésének előnyeit, és óhatatlanul jelentkező hátrányait. Példán is bemutatjuk a két szabvány közötti különbségeket.

2. AZ EC 6 ELTÉRÉSEI AZ MSZ 15023 - HOZ KÉPEST

Az EC szabványok minden kötete több füzetből áll, így az EC 6 szabványé is. Ezek közül a leglényegesebb ismereteket tartalmazó MSZ-ENV 1996-1-1 füzet készült el magyarul (az 1996 nem évszám, hanem sorozatszám), előszabvány formájában. Sajnos, a hozzátartozó NAD kidolgozása még el sem

kezdődött, így értékelésünket csak a hazai viszonyokat figyelembe nem vevő, un. javasolt, alternatív („kockázott”, beke-retezett) értékek alapján végezhetjük.

Az EC 6 a következő főfejezetekből áll:

1. Általános elvek
2. Tervezési alapelvek
3. Anyagok
4. Falazott szerkezetek tervezése
5. A tartószerkezet részleteinek kialakítása
6. Kivitelezés

Mellékletek

Mindenekelőtt meg kell állapítanunk, hogy az EC 6 szabvány számos olyan esetet, megoldást, alkotóelemet tárgyal, melyek eddig a magyar gyakorlatban egyáltalán nem léteztek, vagy csak igen ritkán fordultak elő. Ilyenek pl.:

Kitöltő betonos falazatok

Vasalt falazatok

Feszített falazatok

Közrefogott falazatok

Falkapcsokkal kapcsolt réteges falazatok

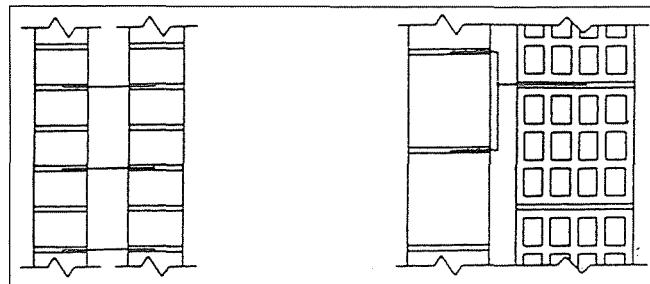
Légréteges falazatok

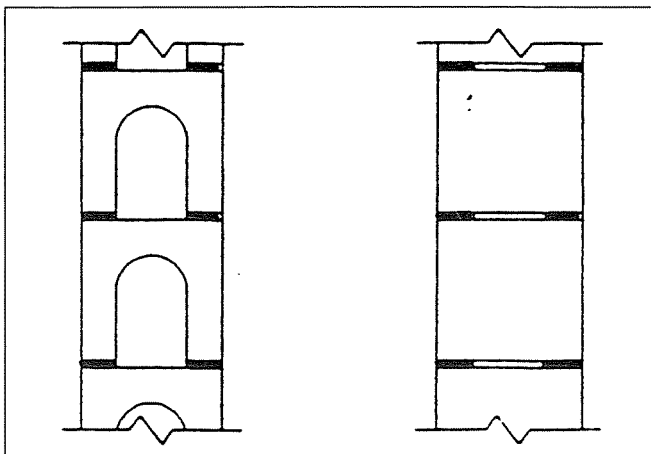
Keskeny habarcssávval falazott falazatok

Ezek közül a nyomott, vasalt falazott szerkezetekre az 1957-es MSz szabvány tartalmazott előírásokat a szovjet szabályok alapján (Andrejev 1953), de miután a vasalt falakat nálunk nem alkalmazták, az 1971-es szabvány már kihagyta az előírások közül.

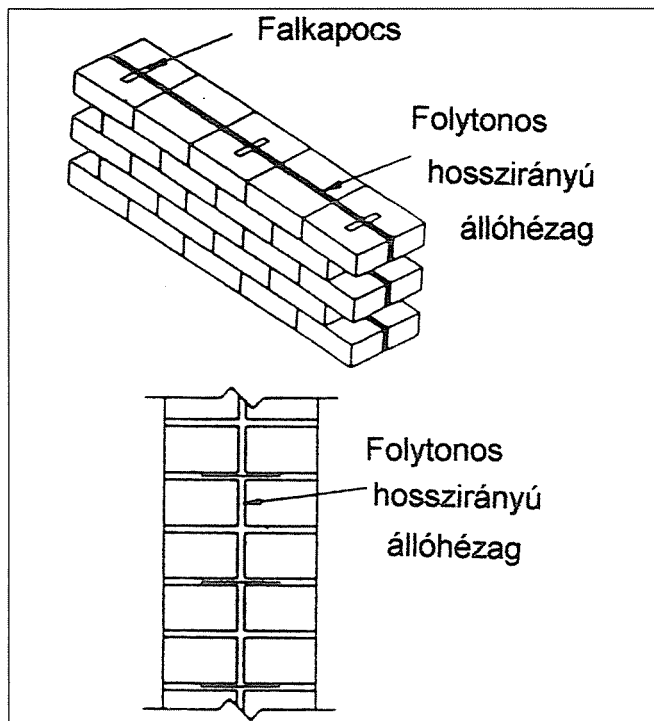
A kitöltő betonos falazatokat az utóbbi években a zsalukövek elterjedésével számos esetben alkalmazzák (előírások és szabályok nélkül), és általában beton vagy vasalt beton szerkezetként méretezik, csak a kitöltő betont figyelembe véve.

1. ábra: Légréteges fal



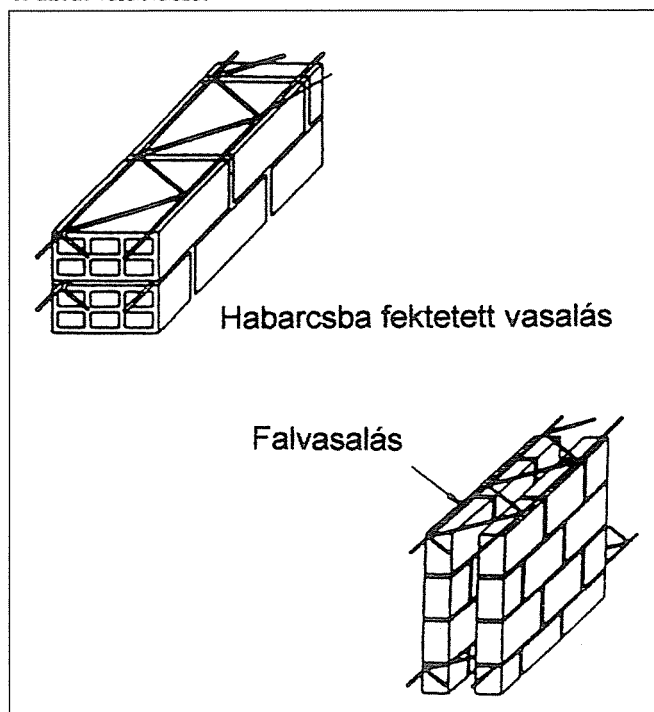


2. ábra: Keskeny habarcssávval falazott fal



3. ábra: Falkapocsokkal kapcsolt réteges fal

4. ábra: Vasalt falazat



A többi, EC 6-ban szereplő megoldásra mutatunk be néhány ábrát. Ezek a következők:

Légréteges fal (1. ábra), keskeny habarcssávval falazott fal (2. ábra), falkapcsokkal kapcsolt réteges fal (3. ábra), vasalt falazat (4. ábra).

A továbbiakban az összehasonlítások során ezekkel a szerkezetfajtákkal hasonlítási alap hiányában nem foglalkozunk.

A hazai, MSz 15023 szerinti szabályozáshoz képesti változásokat az EC 6 fejezetei számozásának megfelelő csoportokban tárgyaljuk.

2.1 Általános elvek

Az EC 6 e fejezetének 1.1 szakasza ismerteti az EC 6 1-1 alkalmazási területeit, és az ezen túlmenően várható további EC 6 füzeteket. Ezek a következők:

- 1-2. Tartószerkezet tervezése tűz esetére.
- 1-3. Az oldalirányú terhelés részletes szabályai.
- 1-X. A falazott szerkezetek összetett keresztmetszeti alakjai.
2. A falazott szerkezetek anyagainak megválasztása, tervezése és kivitelezése.
3. A falazott szerkezetekre vonatkozó egyszerű és egyszerűsített szabályok.
4. Kisebb megbízhatóságú és tartósságú tartószerkezetek követelményei.

E füzetek egy része angol nyelven már létezik, de magyarul még nem, más részük pedig még egyáltalán nincs kidolgozva.

Az 1. fejezet 1.2 szakasza ismerteti az alapelvek, és alkalmazási szabályok közötti különbséget.

Az *alapelvek* azok az előírások, melyeknek nincs alternatívájuk, nem szabad változtatni rajtuk. (P) betűvel vannak jelölve.

Az alkalmazási szabályok (P jel nélkül) olyan elismert szabályok, melyek esetlegesen megváltoztathatók. E pontokban szerepelnek az ún. „kockázott”, azaz szögletes zárójelbe tett értékek is, amelyeket az EC 6 ajánl, de amelyek a nemzeti sajátosságoknak megfelelően a nemzeti hatóságok előírásai szerint a NAD-ban változtathatók. Ilyenek pl. a meteorológiai terhek értékei, az építőipar kivitelezési színvonalától függő pontossági értékek, stb. Ezek végleges nemzeti értékeit a NAD-ban kell előírni.

Az 1.4 szakasz tartalmazza a fogalom-meghatározásokat. Néhány fogalom leírását az egységes értelmezés kedvéért különböző nyelveken is megadják. A falazott szerkezetek témakörében használt fontosabb szakkifejezéseket az egyértelmű értelmezés érdekében definíció szerűen is megadnak. Így pl.: Gyári habarcs – Gyárban előállított és kevert, munkahelyre szállított habarcs.

Az 1.6 (P) szakasz az EC 6-ban használt betűjelek (mintegy 170 db) magyarázatát, ill. definícióit tartalmazza. Ezek legnagyobb része eltér a szokványos hazai, ill. a műszaki irodalomban megszokott jelölésektől. Valószínűleg az EC alkalmazásában a legnagyobb nehézséget a betűjelek megtanulása, és a helyes használata fogja jelenteni.

Az 1. táblázatban felsorolunk a megfogalmazásukkal együtt néhány betűt ill. jelölést az EC és az MSz szerint.

1. Táblázat: Az Eurocode 6 és az MSz 15023:1987 jelölései

EUROCODE 6		MSZ 15023:1987	
Jel	Megfogalmazás	Jel	Megfogalmazás
X_k	Karakterisztikus érték	X_{min}	Minősítési érték
X_d	Tervezési érték	X_{ed} / X_{td}	Mértékadó érték / Határérték
γ	Parciális biztonsági tényező	k ill. γ	Biztonsági tényező
E	Igénybevétel	Y	Igénybevétel
f	Nyomószilárdság	R	Nyomási szilárdság
h_f	A fal kihajlási hossza	l	A fal kihajlási hossza
t_{ef}	A fal hatékony vastagsága	h	A fal hasznos vastagsága

2.2 Tervezési alapelvek

Ez a 2. szakasz a tervezés során alkalmazandó elveket, és alkalmazási szabályokat tartalmazza. Elvileg megegyezik az eddigi előírásainkban megfogalmazott követelményekkel, két eltéréssel. Az egyik eltérés a jelölések, mert majdnem mindennek más a jelölése, mint amit eddig megszoktunk. A másik, nem elhanyagolható eltérés a biztonsági tényezőknek az értékeiben jelentkezik. Így pl. a hatások (igénybevételek) biztonsági tényezői az állandó hatásokra $\gamma_G = 1,35$ az eddigi $k_a = 1,1$ helyett, a kiemelt esetleges hatásokra $\gamma_Q = 1,5$ az eddigi $k_c = 1,4 \sim 1,3$ helyett, és a kombinációs esetleges hatásokra $\gamma_Q = 1,35$, az eddigi $k_c = 1,1 \sim 1,0$ helyett. Itt azt láthatjuk, hogy az állandó hatásokra mintegy 20%-os, az esetleges hatásokra mintegy 15%-os biztonsági növelést ad az EC az MSz-hez képest. Ez az összethezre vonatkoztatva mintegy 20% biztonsági igénynövelést jelent.

Az anyagok szilárdsági tulajdonságaira az EC filozófiája egészen más, mint az MSZ-é. Míg az MSz 15023 a rosszabb falazatra kisebb határfeszültséget adott, a kisebb szilárdság, de egységes biztonsági tényező figyelembevételével (Massányi-Dulácska 2001), addig az EC 6 a rosszabb falazatra azonos karakterisztikus szilárdságot ad, mint a jó falazatra, de más biztonsági tényezővel számol.

Itt még különbség az is, hogy az EC 6 három különböző, A, B, C megvalósítási (minőségi) kategóriát különböztet meg, melyekhez az anyagjellemzők értékei tekintetében különböző biztonsági tényezőket rendel, ugyanakkor az MSz 15023 négy falazati minőséget ismer. A gyártásellenőrzés tekintetében is megkülönböztet két kategóriát, egy szigorúbb (I.), és egy enyhébb (II.) kategóriát. Az anyagjellemzők biztonsági tényezői ettől is függnak.

Az EC-nek megfelelő γ_n anyagbiztonsági tényezőnek az MSz-ben a γ/m_1 hányados felel meg, ahol $\gamma = 1,6$, a biztonsági tényező, és a munkafeltételi tényező: $m_1 = 1,30$, - 1,15, - 1,00, 0,85 a különleges, az I. II. ill. a III. osztályú falazatok minősége.

A következő 2. táblázatban összehasonlítjuk az EC 6 és az MSz ilyen módon számított biztonsági tényezőit nyomott falazatok esetére.

2.3 Anyagok

Ez a szakasz foglalkozik a különböző anyagokkal. Lényeges eltérés, hogy míg az MSz 15023 magyar szabvány a szilárdsági adatokat gyártmányfajtánként megadta, addig az EC 6 megadja az egyes falazóelem fajták szöveges definícióit az üregtérfogat függvényében, és e szerint csoportosítja a biztonsági tényezőket. Eltérés, hogy míg a magyar szabvány a függőleges lyukakat *lyuk*-nak, a vízszinteseket *üreg*-nek definiálta, az EC 6 a függőleges lyukat nevezi *üreg*-nek, vízszintes lyukat viszont nem ismer.

A habarcsok tekintetében az EC 6 ismerteti az általános rendeltetésű, a vékony habarcs és a könnyű adalékos habarcsokat. Ezekből nálunk az általános rendeltetésű volt a szokásos.

A vékony rétegű és a könnyű adalékos habarcsokkal ké-

szült falazat karakterisztikus szilárdsága a megadott összefüggések szerint egyáltalán nem függ a habarcsszilárdságtól, és a falazati szilárdság magasabb az általános rendeltetésű habarccsal falazott falénál.

Az általános rendeltetésű habarcsokkal falazott falakra feltételezi az EC 6, hogy a falazati szilárdságot a NAD megadja. Ennek hiányában a teljesen kitöltött állóhézagú falazatú fal karakterisztikus szilárdságára az

$$f_k = K \times f_b^{0,65} \times f_m^{0,25} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (1)$$

összefüggést javasolja, amelyben:

K – egy állandó, 0,4 és 0,6 között. Értéke a falazóelemek csoportjától, és az állóhézagok helyzetétől függ. Normál esetben, a tömör téglából falazott falra $K = 0,5$, álló hézag nélküli falra $K = 0,55$, üreges téglából falazott falra pedig $K = 0,4$,

f_b – a falazóelem szabványos nyomószilárdsága,

f_m – a falazóhabarcs nyomószilárdsága,

Az f_b értéket a δ módosító tényezővel szorozva kell számításba venni. Ez veszi figyelembe a falazóelem magasságának és szélességének a nyomószilárdságra gyakorolt hatását. Értéke kisméretű téglára $\delta = 0,8$, magasított soklyukú téglára $\delta = 1,13$, falazóblokkra $\delta = 1,15$.

Megjegyezzük, hogy a habarcsrétek vastagságának figyelembevételére az EC 6 nem ad lehetőséget, pedig ez jelentősen befolyásolja a falazat szilárdságát.

Az (1) összefüggés összehasonlítását az MSz-ével T100 ($f_b=10$) kisméretű téglából falazott falra $K = 0,55$ érték mellett a következő 5. ábra szemlélteti. H25 (M 2,5) habarcs esetében pl. az MSz szerint 2,68, az EC szerint 2,66 N/mm² érték adódik.

Az 5. ábrát megtekintve azt láthatjuk, hogy M1 (H10)-nél jobb habarcs esetén a két érték gyakorlatilag egyezik, de minősíthetetlen, azaz $M < 1$ értékű habarcs esetén az EC 6 értéke zérushoz tart, az MSz pedig a valósághoz híven mintegy 0,6 szoros elemiszilárdságot ad. Ez az eltérés az összefüggések szerkezetéből adódik, mert az MSz 15023 értékei egy, a falazóelem ill. a habarcsra vonatkozó addíciós összefüggésből származtak, szemben az EC 6 szorzat összefüggésével. Megjegyzendő, hogy az EC 6 legkisebb szabványos habarcsszilárdsága az M1 (H10), míg az MSz 15023-é pedig H5 (M 0,5).

A falazat nyírási ellenállása tekintetében az EC az MSz-hez hasonló összefüggést ad, kissé eltérő állandókkal. A lényeges eltérés az, hogy az EC 6-ban nincs felső korlát, tehát a nagy nyomással párosuló nyírási ellenállást túlbecsüli.

A rövid idejű feszültség – nyúlás diagramra az EC parabola – konstans, míg az MSz lineáris – konstans összefüggést ad. Égetett agyag téglából falazott falra az összehasonlító diagram a 6. ábrán látható. Ebből úgy tűnik, hogy nincs lényeges eltérés. A valóságban azonban igen, mert az egyéb falazó elemek esetében az EC, ábrán megadott nyúlási határértékek és a szöveg nem hozható össze, ellentmondás van.

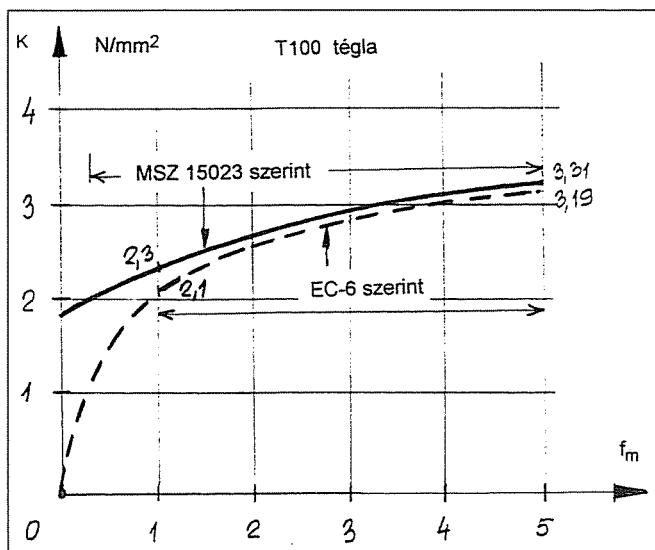
Ennek az az oka, hogy az EC 6 a különböző falazó elemekből készült falazatokra csak egyetlen törési összenyomódást ad, dacára, hogy a különböző falazó anyagok esetében a törési összenyomódás igencsak eltérő lehet.

A tartós alakváltozási tényezőt az EC 6 az alakváltozásra alkalmazott, a kúszástól függő növelő szorzóval veszi figye-

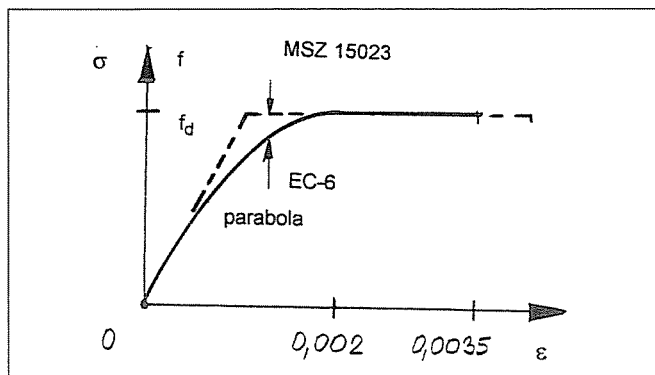
2. Táblázat: Az EC 6 és az MSz 15023 anyagokra vonatkozó biztonsági tényezői

Szabvány	Falazati osztály Megvalósítási kategória	Különleges A	I.oszt. B	II.oszt. C	III.oszt. D
EC 6	Gyártásellenőrzési kategória I.	1,70	2,20	2,70	—
EC 6	Gyártásellenőrzési kategória II.	2,00	2,50	3,00	—
MSz 15023:1987	Egységes gyártásellenőrzés	1,23	1,40	1,60	1,88

Látható, hogy az EC 6 anyagbiztonsági szintje lényegesen magasabb az MSz 15023-énál.



5. ábra: A karaktensztikus szilárdság összehasonlítása



6. ábra: A rövid idejű összenyomódás - feszültség diagram

lembe, szemben az MSz-nek az általánosan szokásos, a rugalmassági tényezőt az $1 / (1 + \phi)$ szorzóval redukáló módszerével.

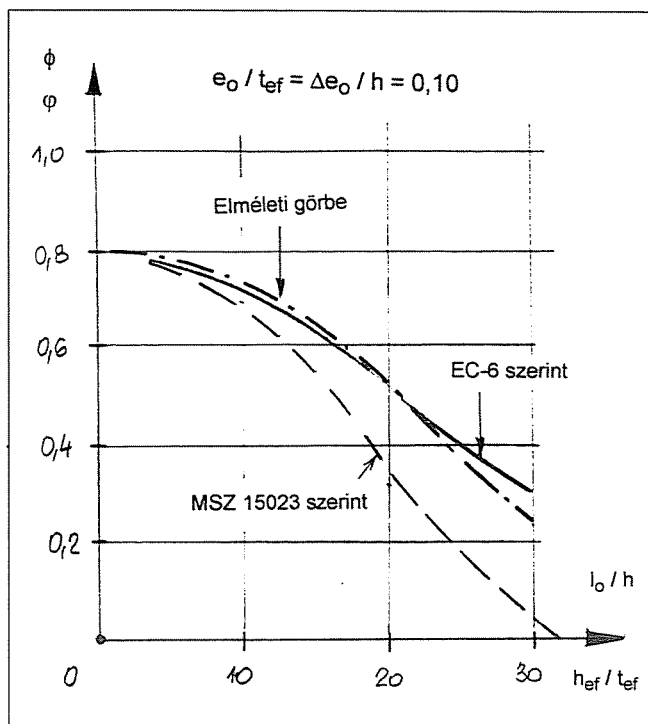
2.4 Falazott szerkezetek tervezése

Egy igen lényeges eltérés az MSz és az EC között, hogy az EC 6 az MSz 15023-al ellentétben nem ismeri a merevítetlen, kilendülő szerkezet fogalmát, és előírja, hogy minden szerkezetet úgy kell merevíteni, hogy a tartószerkezet ne tudjon kilendülni. Ez elvileg egy méltányolható szempont, de nem ad lehetőséget a függőleges konzolszerkezetek, mint pl. a kémények, kerítésfalak, stb. alkalmazására és méretezésére. De tulajdonképp így a falazott merevítőfalat sem lehet méretezni, hisz az is egy alul befogott függőleges konzol.

A külpontos nyomás esetében az EC 6 nem engedi, hogy az eredő erő jobban megközelítse a keresztmetszet szélét, mint a vastagság tizede. Ez tulajdonképp egy, a hirtelen kibicsaklás megakadályozását szolgáló helyes intézkedés, mely sajnos az MSz-be nem került bele annakidején.

Alapvető eltérés van a két előírás között a központosan nyomott és a külpontosan nyomott szerkezeti elemek kérdésében. (Ez az eltérés az EC 6 és az EC 2 között is megvan.)

Míg az MSz a központos nyomási kihajlást a ϕ karcsúsági csökkentő tényezővel veszi figyelembe, a külpontos nyomást pedig a CEB elképzeléseinek megfelelően a Δe kezdeti és növekmény külpontossággal számítja, az EC 6 csak a ϕ tényező módszerét ismeri, igaz, hogy itt a ϕ tényező a kezdeti külpontosságtól is függ. Központos nyomás elvileg nincs is az EC 6 szerint, de a külpontos nyomást viszont az MSz közpon-



7. ábra: A karcsúsági csökkentő tényező

tos nyomásra alkalmazott módszerével számítja. Érdekes, hogy a ϕ karcsúsági csökkentő tényező, ill. az ezzel számított teherbírás azonos f_d tervezési szilárdság esetén nagyobb értékű az EC 6 szabvány szerint, mint az MSz 15023 alapján.

Azonos elvi alapokból kiindulva a 7. ábrán felrajzoltuk a karcsúság (h_e / t_e ill. l_o / h) függvényében a karcsúsági csökkentő tényezőt. Az ábra feltünteti a ϕ tényezőt az EC 6, az MSz 15023, és az MSz előírás alapján képező elméleti levezetés (Massányi - Dulácska, 2001) szerint meghatározva. Látható, hogy az elméleti érték gyakorlatilag megegyezik az EC 6 szerinti értékkel. Az MSz szerinti érték nagyobb biztonságot ad a nagyobb karcsúságok tartományában, de ez tudatosan lett így kialakítva, mert a nagyobb karcsúságoknál a számításba nem vehető bizonytalanságok jobban csökkentik a teherbírást, mint a kisebb karcsúságok esetén.

Kérdés, hogy mi a lényeges eltérés mégis a két előírás között? Megvizsgálva a kérdést, kiderül, hogy az eltérést a kezdeti külpontosság választott értéke okozza. Míg az EC 6 $h_e / 450$ kezdeti külpontosságot javasol figyelembe venni, (ez 6,25 m magas, 25 cm vastag fal esetén 1,4 cm-t jelent) addig az MSz előírás $\Delta e_o = 0,06 + l_o / 300$ értéket ad (ez 6,25 m magas, 25 cm vastag fal esetén 3,6 cm kivitelezési hibát jelent). Az EC 6 kivitelezési előírásokat tartalmazó 6. fejezete szerint a figyelembeveendő eltérés 20 mm egy emeletre, 20 mm a földem alatt és felett lévő faltengelyekre, és 20 mm a görbeség.

Ez összesen $\Delta e_o = 20 + 20/2 + 20 = 50$ mm figyelembeveendő kezdeti hibát jelent. Ez nincs összhangban a $h_e / 450$ teljesen irreális hiba értékkel. Szerencsére a 450 ún. „kockázott” érték, így lehetőség van a NAD-ban a megfelelő korrekcióra.

2.5 A tartószerkezetek részleteinek kialakítása

E fejezet a különböző, hazai vonatkozásban ismeretlen falazó elemekből készült falak kialakítási szabályait, és a vasalt falakra vonatkozó szabályokat tartalmazza. Összehasonlítási lehetőség híján ezekkel itt nem foglalkozunk.

2.6 Kivitelezés

Bár az EC 6 elején azt mondja ki, hogy a kivitelezés kérdéseivel csak annyiban fog foglalkozni, amennyiben az a tervezést érinti, e fejezet mégis elég részletes utasításokat ad a kivitel módjára, a munka minőségére, a kivitelezés minőségi tűréseire, a falazott szerkezet megterhelési idejére, a feszítőbetétek feszítésére, stb. Tekintve, hogy ezek a kérdések nem szerepelnek az MSz 15023-ben, nincs mit összehasonlítani.

3. AZ EC 6 BEVEZETÉSÉNEK ELŐNYEI ÉS HÁTRÁNYAI

Mint minden új szabályozásnak nemcsak előnyei, hanem hátrányai is vannak. E fejezetben ezeket próbáljuk meg összefoglalni.

3.1 Előnyök

Az EC szabványok összeurópai bevezetése segíti ez EU közösség országainak szakmai együttműködését, és elősegíti az európai közös méretezési filozófia kialakítását.

Az előírt ellenőrzési rendszerrel rászorítja a tagországok szakmai szervezeteit a jobb minőségű munkára.

A szerkezetek biztonsági szintjének az európai szintre való emelésével növeli a szerkezetek élettartamát, és a biztonság-növeléssel növeli az épületeknek a földrengéssel szembeni ellenálló képességet.

A falazatfajták növelésével bővíti ezek célirányos alkalmazhatóságát, és a választékot.

Lehetőséget ad arra, hogy az eddig szórványosan használt vasalt falazott szerkezeteket legalísan, és szabályozottan, a cél-nak megfelelően lehessen alkalmazni.

3.2 Hátrányok

Az előírások szövegezése túlságosan bőséges, és az egymáshoz tartozó előírásrészek szét daraboltan jelentkeznek. Egy-egy méretezési feladat megoldásához az adatokat és a részleírásokat 1-5 helyről kell összeszedni. Ezért szükség lesz egy olyan, EC-t kielégítő egyszerűsített segédlet kidolgozására, mely segíti a tervezőmérnökök mindennapi munkáját.

Az EC nem a statikai alapelvek ismeretére épít, hanem a képletekbe való behelyettesítés helyes voltára. Így a felhasználó számára nem tiszta a szerkezet működésének méretezési elvei. A képletek összefüggéseit nem mindig adja meg az EC diagramok, vagy táblázatok formájában, ezekben az esetekben az esetlegesen sajtóhibás képlet súlyos méretezési hibához vezethet. Ez azért is így van, mert egyes előírások a szabványon belül ellentmondásosak, nincsenek egymással összehangolva. E hiányosságokat a NAD-ban feltétlenül ki kell küszöbölni.

A nagyobb biztonságra való áttérés óhatatlanul vaskosabb, és költségesebb szerkezetek építéséhez vezet.

Hiányzik az EC 6 szabványból a felül nem rögzített szerkezetek kihajlási méretezési módja, és így akadályozza az ilyen – egyébként szükséges – szerkezetek alkalmazását.

4. MÉRETEZÉSI PÉLDÁK

A vasalatlan falazott szerkezetek méretezését teherbírási határállapotban kell elvégezni. A használhatósági határállapot-

beli megfelelőséget általában teljesíteni lehet a teherbírási határállapotbeli megfelelőség igazolásával.

Az Eurocode 6-ban javasolt méretezési eljárások feltételezik, hogy a *falazott szerkezet merevített*: a födéme a függőleges és vízszintes terhek hatására vízszintesen nem mozdulnak el. A merevítést biztosító szerkezet lehet a falazott szerkezet része vagy más anyagú merevítő szerkezet is. A merevítő szerkezet igénybevételeinek meghatározásakor a vízszintes terheken kívül (pl. szél) az építési hibák okozta terheket is figyelembe kell venni.

4.1 Függőlegesen terhelt falazott szerkezetek

A függőlegesen terhelt falazott szerkezetek legfontosabb igénybevétele a külpontos nyomás. Az elméletileg központosan nyomott falazott szerkezeteket is külpontosan nyomott szerkezetként kell méretezni, mivel az Eurocode 6 a számításokban figyelembe veendő minimális külpontosságot ír elő, amely a falvastagság 5%-a.

4.1.1 Méretezési eljárás

A számításnál alkalmazott feltevések közül a legfontosabb, hogy a falazatnak a fekvőhézagra merőlegesen nincs húzószilárdsága. A számításokban figyelembe kell venni a tartós teher hatását (kúszás) és a másodrendű hatásokat (az alakváltozásnak az igénybevételre való visszahatását) is. A külpontos-ság meghatározásakor az igénybevételeken és a csomóponti kialakításon túl az építési pontatlanságokat és az anyagjellemzők változását is figyelembe kell venni.

Az ellenőrzést teherbírási határállapotban kell elvégezni: $N_{Sd} \leq N_{Rd}$, ahol N_{Sd} – a függőleges teher tervezési értéke, N_{Rd} – a falazott szerkezet függőleges teherrel szembeni ellenállásának egységnyi falhosszra vonatkozó tervezési értéke.

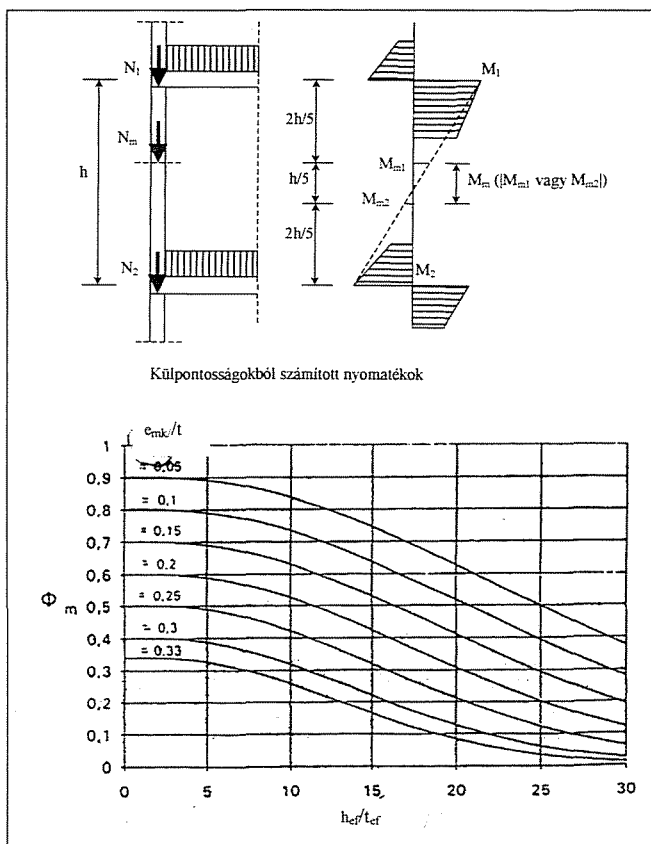
$N_{Rd} = \phi_{i,m} \cdot t \cdot f_k / \gamma_M$, ahol ϕ_i és ϕ_m karcsúsági és külpontossági csökkentő tényezők a fal tetején, alján és közepén (a fal közepén a magasság középső ötödét értjük), t – a fal vastagsága, figyelembe véve az 5 mm-nél nagyobb visszaugrásokat, γ_M – az anyag parciális biztonsági tényezője.

Kisméretű pillérek ($A < 0,1 \text{ m}^2$) nyomószilárdságát területarányosan csökkenteni kell (pl. a $25 \times 25 \text{ cm}$ ill. $25 \times 38 \text{ cm}$ méretű pillérek esetén a csökkentés mértéke 11 ill. 1,5 %).

Karcsúsági és külpontossági csökkentő tényező a fal tetején vagy alján: $\phi_i = 1 - 2 \cdot e_i / t$, ahol $e_i \geq 0,05t$ – a fal tetején vagy alján meghatározható külpontosság, amely a csomóponti kialakításból, a vízszintes terhekből és a véletlen külpontosságból adódik. Az utóbbi értéke $e_{ef}/450$, ahol e_{ef} – a kihajlási hossz. A kihajlási hossz: $e_{ef} = \rho_n \cdot h$, ahol h – az emeletmagasság, ρ_n – a megtámasztás módjától függő csökkentő tényező.

A karcsúsági csökkentő tényező a fal középső ötödében (ϕ_m) a karcsúság ($e_m/t_{ef} \leq 27$) és a számítható külpontosság (e_{mk}) függvényében határozható meg (8. ábra). A külpontosság a függőleges és vízszintes terhekből származik, melyet a véletlen külpontosság és kúszás hatása módosít.

A karcsúság számításakor (t_{ef}) a hatékony falvastagság egyrétegű falaknál a fal tényleges vastagsága. Falkapcsokkal összekötött kétrétegű falaknál a két réteg vastagságának ismeretében határozható meg a hatékony falvastagság: $t_{ef} = (t_1^3 + t_2^3)^{1/3}$, de ez függvénye a két réteg terheltségének és az anyaguktól függő merevségeknek is.



8. ábra: Kapacitás (karcsúsági) csökkentő tényező a fal közepén

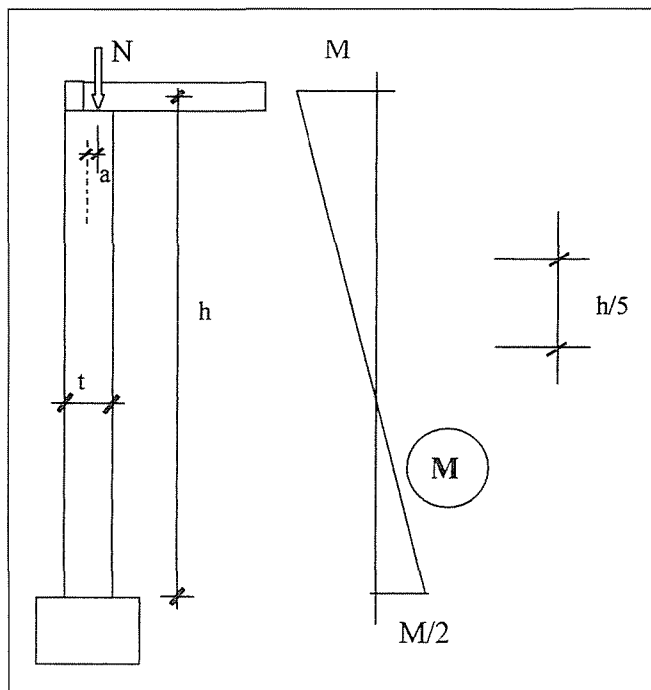
A kúszás hatását nem kell figyelembe venni, ha a falazathoz használt falazóelemek agyagból vagy kőből készültek, vagy ha a fal karcsúsága kisebb mint 15.

A teherbírási határállapotban megfelelő függőlegesen terhelt falakról feltételezhető, hogy használhatósági határállapotban is megfelelnek.

4.1.2 Földszintes merevített épület külső fala

A következőkben vizsgáljuk meg hogyan változik egy merevített fal teherbírása a földem – fal csomópont kialakításának

9. ábra: Földszintes merevített épület külső falának teherbírása



változásával (9. ábra). A vizsgálatot végezzük el az Eurocode 6 és az MSZ 15023 szerint is.

A számítások során feltételezzük, hogy a fal hosszú, de az alapnál és a földmennél elmozdulás ellen meg van támasztva (merevített). Figyelembe vesszük a földem – fal csomóponti kialakítást, és kihasználjuk, hogy az alul teljes felületen feltámaszkodó fal nyomatók felvételére képes. A nyomatóeloszlást a 9. ábra mutatja.

A számításban elhanyagoljuk a fal önsúlyának központoság csökkentő hatását. A falra vízszintes teher nem működik.

Legyen a fal vastagsága $t=300$ mm, az emeletmagasság $h=3,20$ m.

Két esetet vizsgálunk:

A.: Ha $a=0$, akkor a fal központosan nyomott.

B.: Ha $a=50$ mm, akkor a földem előtt 10 cm vastag koszorúelem, hőszigetelés van beépítve, a fal központosan nyomott.

A kihajlási hossz: $h_{ef} = p_2 h = 1,0 \cdot 3,2 = 3,2$ m

Karcsúság: $3200/300 = 10,67$

A.: A központosan nyomott fal teherbírása:

	Eurocode 6			MSZ 15023	
Hely	e_{lm}	F_{lm}	N_{Rd} , kN/m	ϕ	N_H , kN/m
felül	15	0,90	$270 f_k/\gamma_M$		
középen	15	0,83	$249 f_k/\gamma_M$	0,717	$215 \sigma_H$
alul	15	0,90	$270 f_k/\gamma_M$		

B.: A központosan nyomott fal teherbírása:

	Eurocode 6			MSZ 15023:1987			
Hely	e_{lm}	Φ_{lm}	N_{Rd} , kN/m	e_0	Δe	e_M	N_H , kN/m
felül	57	0,62	$186 f_k/\gamma_M$	50	18	68	$164 \sigma_H$
középen	27	0,74	$222 f_k/\gamma_M$	20	44	64	$172 \sigma_H$
alul	-32	0,787	$236 f_k/\gamma_M$	25	18	43	$214 \sigma_H$

Hasonlítsuk össze a központosan és a központosan nyomott falazatok teherbírását. Mind az MSZ, mind az Eurocode alapján végzett számítás azonos teherbírás-csökkenést (25%) eredményez a földemcsomópont változásával.

Mindkét esetben kb. 15% növekedés tapasztalható a teherbírásban az Eurocode alapján végzett számítás javára, ha azonosnak vesszük a fal határfeszültségét és a tervezési nyomószilárdságot.

Figyelembe véve azonban az eltérő minőségi előírásokat, bizonyos építési és gyártási körülmények esetén a fent említett viszony meg is fordulhat.

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A cikk keretében röviden ismertettük az építésre vonatkozó európai szabályozás rendszerét. Részletesen csak a falazott szerkezetek szabványával foglalkoztunk. Összehasonlítottuk a falazott szerkezetek tervezésére vonatkozó Eurocode 6 (Falazott szerkezetek tervezése) szabványt, és az ugyanilyen tárgyú MSZ 15023:1987 magyar szabványt, az EC 6 egyes fejezeteinek sorrendjében. Elemeztük az Eurocode hazai bevezetésének előnyeit, és óhatatlanul jelentkező hátrányait.

6. HIVATKOZÁSOK

Andrejev, Sz.A. (1953) „Falazott szerkezetek tervezése és számítása” *Építőipari Kiadó*, Budapest, 1953.

Massányi T. – Dulácska E. (2001) „Statikusok Könyve”, *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest, 2001.

MSZ ENV 1996-1-1 Magyar előszabvány. EUROCODE 6: Falazott szerkezetek tervezése *Magyar Szabványügyi Testület*

MSZ 15023:1987 Építmények falazott szerkezeiteinek erőtanai tervezése *Magyar Szabványügyi Hivatal*

INTRODUCTION OF EUROCODE 6 IN HUNGARY – PROCESS OF CHANGES, ADVANTAGES, DISADVANTAGES

Prof. Endre Dulácska – Assoc. Prof. István Sajtos

The paper shortly introduces the idea of Eurocode and its structure. Than it focuses on Eurocode 6: Design of masonry structures. A comparison is done to see the differences between Eurocode 6 and MSz 15023 the existing Hungarian standard. The advantages and disadvantages are pointed out and the possible introduction process of Eurocode 6 in Hungary is also described. The design methods of Eurocode 6 is also illustrated by numerical example.

Dr. Dulácska Endre professor emeritus, okl. építőmérnök, a műszaki tudomány doktora. Munkahelyek: 1950-1982 BUVÁTI, 1982-1991 Tervezés-fejlesztési és Technikai Építészeti Intézet (TTI), 1991- BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék. Tagság: *fib* Magyar tagozata, IASS (Térbeli és Héjszerkezetek Nemzetközi Egyesülete), EAEE (Európai Földrengésmér-

nöki Egyesület), IAEE (Nemzetközi Földrengésmérnöki Egyesület), IABSE (Híd- és Szerkezetépítő Mérnökök Nemzetközi Egyesülete), Magyar Mérnöki Kamara. Díjak: 1990 Eötvös díj, 1994 Akadémiai díj, 1998 Széchenyi díj. Tevékenység: Épületek tartószerkezeteinek tervezése, megerősítése és az ehhez kapcsolódó szakértői tevékenység. Kutatási terület: héjszerkezetek stabilitása, szerkezet és talaj együttműködése, épületkár prognózis, szerkezetek viselkedése földrengésre, beton-, vasbeton-, feszített vasbeton-, falazott- és faszerkezetek viselkedése. Publikációinak száma (könyv, könyvrészlet, cikk) több mint 200. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

Dr. Sajtos István egyetemi docens, okl. építőmérnök, PhD. Munkahelyek: 1985-90 Tervezésfejlesztési és Technikai Építészeti Intézet (TTI), 1990-95 Ybl Miklós Műszaki Főiskola, 1996- BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék. Tagság: *fib* Magyar Tagozata, ACI, Magyar Mérnöki Kamara. Tevékenység: vasbeton és falazott szerkezetű épületek, szerkezetek tervezése. Érdeklődési terület: beton és vasbetonszerkezetek viselkedés, új méretezési elvek; héjszerkezetek viselkedése; falazott szerkezetek tervezése és viselkedése; épületek tervezése földrengésre. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

MŰSZAKI RÖVIDHÍREK

A drezdai főpályaudvar felújításáról olvashatunk ismertetést az Eisebahn-Rev. 2001. 3. számában (p.101.), „Sanierung des Dresdner Hauptbahnhof” című cikkében. A cikk ismerteti az átépítés részleteit és a kapcsolódó munkálatokat.

A Köln-Rajna/Majna új vasútszakasz hídépítési munkálatait ismerteti az Eisebahn Ingenieur Kalender 2001. évi száma (p.127-142.), „Brückenbauwerke im projekt Neubaustrecke Köln-Rhei/Main” című cikkében.

Az európai nagysebességű vasúthálózat részeként épülő, Kölnt a Rajna-Majna vidékkel összekötő új vasútvonal 30 alagúton és számos hídon, köztük 18 völgyhídon halad át. A hidaknak nem csak funkcionálisan, hanem esztétikailag is meg kell felelniük. Az épülő hidak közül 4 híd szerkezetet részletesen ismertet a cikk, bemutatva a híd tervezési és építéstechnológiai részleteit is.

Európai szabványosítás a vasútépítésben – vasúti hidakat érő hatásokról olvashatunk tanulmányt az Eisebahn Ingenieur Kalender 2001. évi száma (p. 97-125.), „Europäische Normung im Eisenbahnbau – Einwirkungen auf Eisenbahnbrücken” című tanulmányában. A tanulmány bevezető részében a hídak méretezésére szolgáló Eurocode bevezetésének késleltető okait elemzi. Részletesen foglalkozik a vasúti közlekedési dinamikai hatásaival, azok megítélésével kritériumaival és a méretezés kérdéseivel. A vasúti hidak szempontjából igen jelentős vízszintes erők szerepét külön fejezetben elemzi, kitérve azok számítási módszereire. A régi és az új német szabványok közötti különbséget vizsgálva rámutat a változtatások szükségességére. Végül a tanulmány a már szabványként meglévő és bevezetett Eurocode-okat ismerteti.

A MÁV kutatás-fejlesztési témái között szerepel meglévő betonszerkezetek javítása, erősítése, szálerősítésű betonnal. A program keretében vasbeton útátjáró elemek, előregyártott peronelemek, gyalogfelüljárók oszlopai, valamint boltozatok megerősítésének lehetőségét vizsgálják.

Hatvan évvel ezelőtt a Mérnöktovábbképző Intézet szervezésében előadássorozat hangzott el dr. Mihailich Győző: A beton és vasbeton építés újabb fejlődése, valamint Gáspár Géza: Káros hatások a betonra témakörökben. Az előadás anyagát a Mérnöktovábbképző Intézet 1942-ben jegyzetek formájában tette közzé.

Hatvan évvel ezelőtt, 1941-ben a Déda-Szeretfalva vasútvonal építése kapcsán adtak ki először a Magyar Államvasutaknál vasbeton teknőhídra vonatkozó mintatervet 1-8 m áthidalására. A hídfők szélessége 3,5-4,2 m volt, hasonlóan a tartóbetétes hidakéhoz. A hidakat repedésmentességre kellett méretezni, így nagy szerkezeti magasságra, és sok acélbetétre volt szükség.

Ötven évvel ezelőtt, 1951-ben a közlekedési miniszter 7680/C/4/1951.-/10 B. számú rendeletével jóváhagyta a H.1. Sz. VASÚTI HÍDSZABÁLYZATOT: A Háború befejezése után a Magyar Államvasutak 1945-ben megkezdte egy olyan új, korszerű vasúti híd szabályzat kidolgozását, amely egyrészt az eddigi szabályzattervezetben foglaltakon kívül a vashidak gyártását, szerelését, forgalomba-helyezését, és üzemeltetését részletesen szabályozza, másrészt a vasanyagokon kívül kiterjed a kő, beton, vasbeton és fa anyagú hidakra is. Az új szabályzat kidolgozását végző bizottság munkáját dr. Korányi Imre egyetemi tanár vezette, és bizottság munkájában neves szakemberek vettek részt, Cholnoky Tibor, Papp Tibor, Felkai János, Szidarovszky János, Dénes Oszkár, Szépe Ferenc, Pajzs János, Doskar Ferenc és még sokan mások.

Harminc évvel ezelőtt, az UVATERV tervei alapján fejlesztették ki a huszonöt méter nyílású hidak építéséhez a szeleltet utófeszített tartókat. E tartókból épültek az algyői, kunszentmártoni és a köröstarcsai hidak ártéri nyílásai. A tartók kifejlesztése a szállíthatóság érdekében történt, azonban a hosszú tartók szállítására alkalmas szállítóeszközök megjelenésével szükségtelessé váltak. Helyüket a harminc méter nyílás áthidalására alkalmas előfeszített (EHG) tartók vették át. Az első ilyen tartók az ÉTI szentendrei telepén készültek, és a győri Ipar úti felüljárónál épültek be. Később a tartók sorozat gyártása a Beton és Vasbetonipari Műveknél történt. A 20-25 m nyílástartományban a Hídépítő Vállalat is gyártott utófeszített tartókat, kezdetben helyszíni gyártóhelyen, majd a győri telepen üzemi körülmények között.

Tizenöt évvel ezelőtt, kezdték meg az M0 autópálya és Duna hídjainak építését. A Soroksári Duna-ág felett épült híd volt a Győri Duna-híd után második Duna-híd ami szabadon betonozott technológiával épült. A Tiszán is két híd épült hasonló módon, valamennyi híd tervezője a nemrég elhunyt Varga József az UVATERV tervezőmérnöke volt.

V. J.



Polgár László – Stairits Ferenc

Az elemes födékek jelentős területet foglalnak a sík vasbeton födémlemezek területén. Magyarországon alkalmazásuk jóval alatta marad a nyugati országokban elfoglalt helyüktől. A Wienerberger Téglaiipari Rt. ócsai üzemének üzembe lépésével remélhetőleg jelentős lépés történik a nagyobb piaci részesedés felé.

Kulcsszavak: elemes födékek, profipanel, Eurocode

1. TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS

Valamikor a 40-es években a székely származású Keller István (1. ábra) elindult a Bánátról Nyugatra szerencsét próbálni, a háború elől menekülve. A háború utáni Németországban nagy volt az anyagihiány. Abból az időből származik a Filigran cégnél ma is nagy tiszteletben tartott mondása, „a tömeget szerkezeti megoldással kiváltani”. Így alapította meg Keller István (Stephan Keller néven vált ismertté) 1949-ben a Filigran céget, miután megoldotta a könnyű acél rácsos tartók gyártását. Az akkori termék leginkább a mai nálunk is ismert Fert födémgerendákra hasonlított. 1960-65 között került forgalomba a „Filigran-Elementdecke” Németországban (és természetesen a többi nyugati országban is). A nagyobb előregyártott födémlemez és monolitikus beton együttdolgoztatásával kialakított födékek később Kaiser, Omnia stb. néven is bekerültek a köztudatba. Franciaországban a 70-es években az 5 cm vastag pallókat feszített vasalással készítették (Reisch Róbert 1972-ben szerette volna a feszített pallókat Magyarországon is bevezetni, az akkori szemlélet nem tette ezt lehetővé).

A 70-es évek végén a veszprémi házgárban állítottak be ilyen födémlemez gyártására egy gyártósort, a Veszprém megyei ÁÉV hozta ezzel forgalomba az IMS födémrendszert. Ezekhez a hegesztett betonacél térrácsot is Veszprém-ben gyártották.

A 80-as évek elején a 31 sz. ÁÉV-nél Reisch Róbert – Polgár László fejlesztésével PR palló néven kerültek forgalomba az 5 cm vastag feszített födémlemez. Mintegy 80.000 m² födém el is készült 1982-1990 között, a BME laborjában történtek próbaterhelések, melyek igazolták a tervezett működést.

A 80-as évek közepétől a folyamatosan csökkenő építési kereslet ezeket a kezdeti próbálkozásokat is elsöpörte, miközben éppen a 80-as években a nyugati országokban, különösen pedig Németországban hallatlan mértékű piaci részesedést szereztek az ilyen födékek (az összes vasbeton síkfödémek több mint 50%-át).



1. ábra: Dipl.-Ing. Stefan Keller

A rendszerváltás után a Trigon és Hutter & Schranz cégek révén több magyarországi gyártó elkezdte az ilyen födémlemez gyártani (pl. „Mesterfödém” néven), import betonacél térrácsokkal, aránylag primitív kézműves módszerekkel. A paksi előregyártó üzem saját, felülbordás előregyártott födémlemezokat szabadalmaztatott és hozott forgalomba. Eközben nyugaton egymás után létesítették a robotizált üzemeket. Kutató intézetek sora foglalkozott a témával, a témával foglalkozó szakirodalom is nagyon bőséges.

Magyarországon magyar nyelvű tananyag, szakirodalom szinte teljesen hiányzik. A 80-as évek végén ugyan elkészült egy műszaki irányelv „Kéregzsals beton és vasbeton szerkezetek” címmel (3 oldal), de a rendszerváltás miatt ez már nem jelent meg (összehasonlításképpen: az EN 13747-1 73 oldal ugyanabban a témában).

Ma még a magyar szóhasználat sem alakult ki igazán: kéregzsals beton és vasbeton szerkezetek, zsalupanelek, elemes födékek, stb. Mivel a külföldi szakirodalomban az „element floor”, „Elementdecke” a leggyakoribb, a továbbiakban az „elemes födékek” kifejezést használjuk (az EN 13747-1-ben „Floor plates for floor systems” ill. „Fertigplatten mit Ortbetonergänzung”).

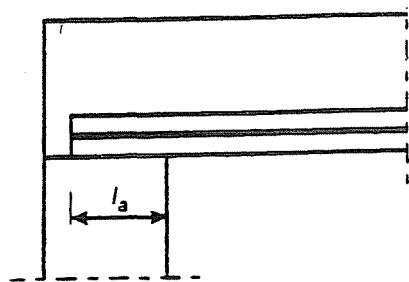
2. AZ ELEMES FÖDÉMEK STATIKAI PROBLÉMÁI

Az elemes födékek a régebben általánosan használt „öszvér szerkezetek” kategóriájába tartoznak, még akkor is, ha az „öszvér szerkezetek” kifejezést többször az acélszerkezet-vasbetonszerkezet együttdolgoztatásával kialakított szerkezetekre értették.

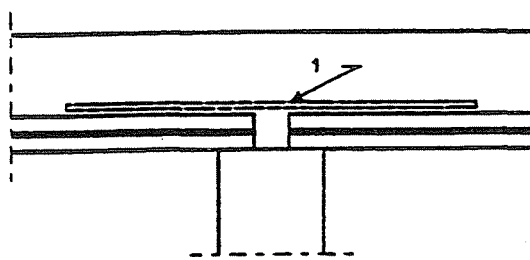
Itt most hajlított vasbeton lemezekről beszélünk, ahol az előregyártott lemez (panel) tartalmazza a húzott vasalást, a rákerülő monolitikus beton képezi a nyomott zónát és biztosítja a nyírási átkötést magában, vagy az átkötő vasaláson keresztül. Nem véletlen, hogy a kutatások jelentős része éppen ezen kapcsolati erők felvételét vizsgálta. A kérdést bonyolítja, hogy az előregyártott lemezben részben már lezajlott a beton zsugorodása addig, amikor rá kerül a monolitikus beton. Az előregyártott lemez betonszilárdsága rendszerint magasabb, mint a monolit betoné. A vékony lemez átmeneti állapotban hézagosan alátámasztott, így ha kisebb feszításon is, de hordja a monolit frissbeton terhét. A közbenső állapotok miatt az egész statikai működés sok bizonytalanságot foglal magában, így a kérdések tisztázására rendkívül fontosak a kísérleti eredmények. Globalizált világunkban, különösen ilyen mértékű lemaradásnál, mint a témában ma a magyarországi helyzet, a külföldi eredmények átvételén van a fő hangsúly.

A magyar szabályozásban az MSZ 15022/4-86 F1 függelék ad iránymutatást az „Előregyártott elemek helyszínen kibetonozott, nyírásra igénybe vett kapcsolatának ellenőrzése” révén, ahol nyilvánvalóan nem az ilyen szerkezetek kialakítására gondoltak (sokkal inkább pl. a házgyári panelek közötti hézagok kialakítására).

Jelentős áttörést a témában az Eurocode-ok megjelenése hozta, az igen eltérő külföldi szabályozások egységesítésére törekvéssel. AZ EC2 1-3 Előregyártott elemek és tartószerkezetek rész 1992-ben jelent meg, ennek 4.5 fejezete „A kapcsolatok méretezése” szabályozza a méretezést. Ez a szabvány ma már hozzáférhető magyarul is, a BME Építőmérnöki Kara



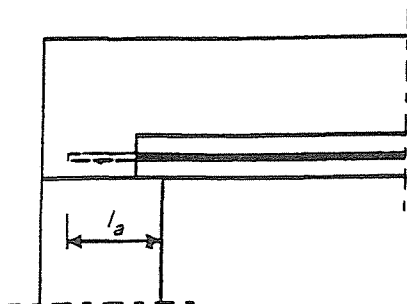
a) utolsó támasznál



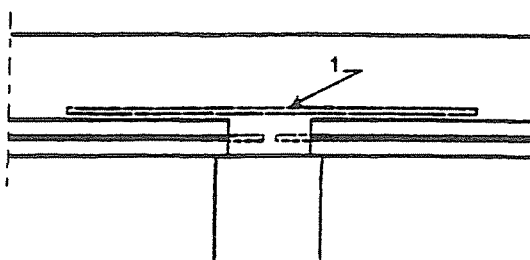
lehetséges kiegészítő vasalás

b) közbenő támasz felett

2. ábra: Lehorgonyzás az előregyártott elemben a felfekvési hosszon (prEN13747-1:1999)

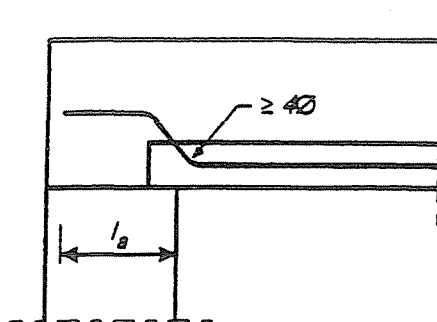


a) végtámasznál



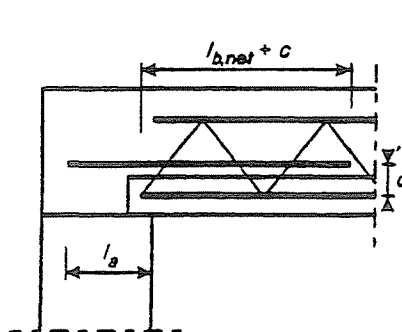
lehetséges kiegészítő vasalás

b) közbenő támasz felett

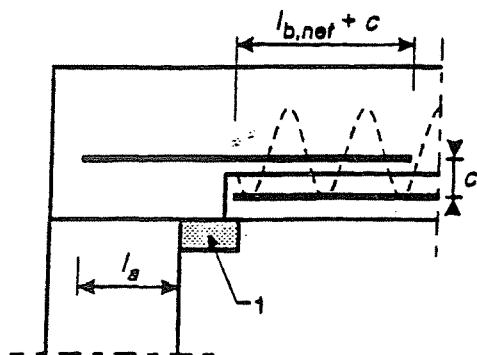


c) felhajlitott vasalással

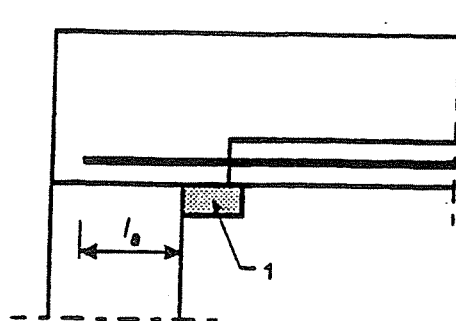
3. ábra: Példa a lehorgonyzásra a kinyúló vasalással (prEN13747-1:1999)



4. ábra: Példa a lehorgonyzásra kiegészítő vasalással a monolitikus rétegben (prEN13747-1:1999)

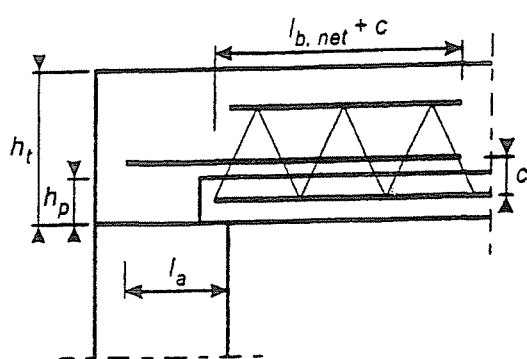


a) az előregyártott elemből kiálló vasalás nélkül

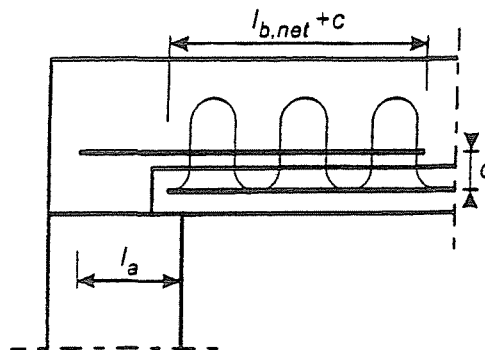


b) az előregyártott elemből kiálló vasalással

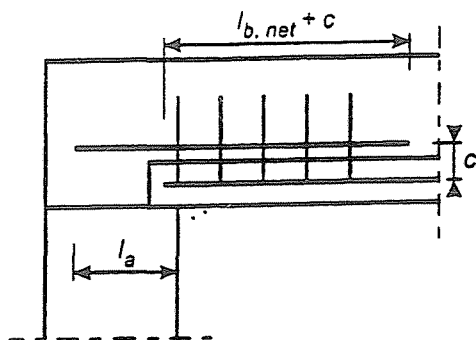
5. ábra: Az az eset, amikor az előregyártott elem nem ér el a felfekvésig (prEN13747-1:1999)



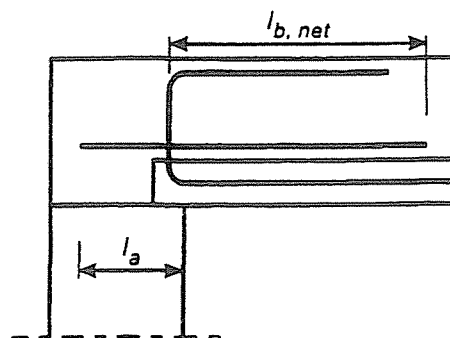
a) térráccsal



b) összekötő vasalással



c) kengyelekkel



d) felhajlított vasalással

6. ábra: A kiegészítő vasalás és az előregyártott elemben lévő vasalás összekötése (prEN13747-1:1999)

elkészítette a hozzátartozó NAD-ot (Nemzeti Alkalmazási Dokumentum) is. A hivatalos megjelenésre még várni kell ugyan, de más használható szabályozás hiányában a gyakorló tervező csak erre támaszkodhat. Nem véletlen, hogy a tervezők máig idegenkednek ezektől a szerkezetektől még akkor is, ha ma már jelentős mennyiség készült és készül jelenleg is Magyarországon.

Az alapvető kérdés ezeknél a födémeknél az előregyártott beton és monolitikus beton együttléte. A mérlegelést nehezíti, hogy az együttléte nagymértékben függ az előregyártott elem betonfelületétől. Az EC2 1-3-ban megkülönböztetett (4.115 táblázat) monolit, fogazott, érdes, sima, nagyon sima fogalmak igazán nehezen határozhatók meg. Az általános elv ezen paneleknél az „érdes” felület feltételezése. Elvileg érdes maradhat a felső felület kis képlékenységgű beton bedolgozása esetén is, de gyakorlatilag a felületet utó-

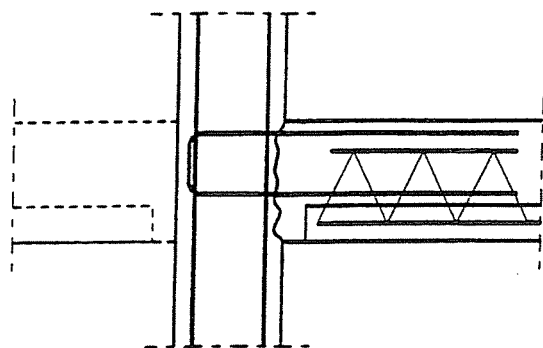
lag érdesítik (vibrálás után a felső felületen cementgépben gazdag film képződik, mely nagyon leronthatja a rákerülő beton tapadását).

Érdes felület esetén a gyakorlatban előforduló födémeknél, így pl. lakások födémeinél számítás szerint egyáltalán nem szükséges átkötő vasalás, ha a monolitikus beton is elég nagy szilárdságú.

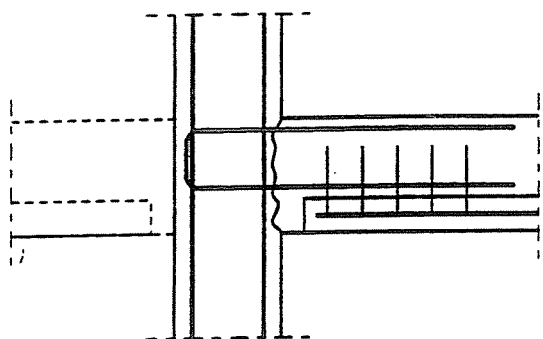
Éppen a sok, teherbírást befolyásoló körülmény miatt kellett az EC2 1-3-on túl részletes szabályozást készíteni az elemes födémekre.

Hosszas viták után jelent meg végre az EN 13747-1 2000 márciusában mint előszabvány (pontosabban prEN 13747-1:1999), valamint az ehhez tartozó pr EN 13747-2 „Speciális követelmények a lágyvasalású födémelemekre” és a prEN 13747-3 a feszített födémelemekre.

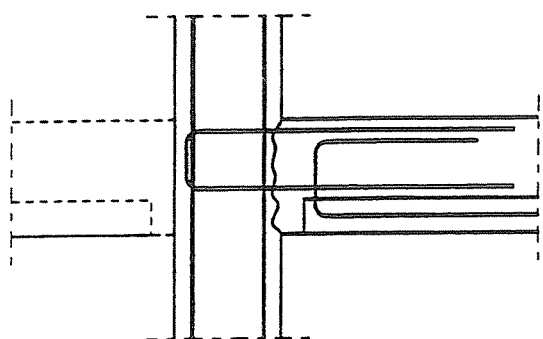
A prEN 13747-1; -2; -3 részletesen szabályozza a mérete-



a) téráccsal

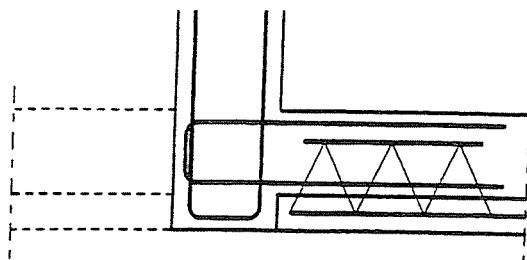


b) kengyelekkel

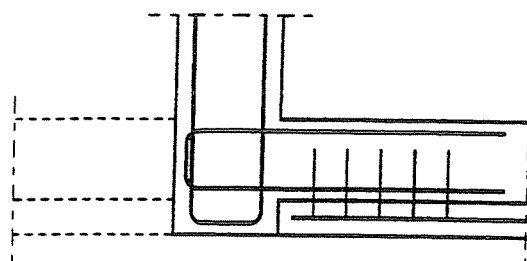


c) felhajlított vasalással

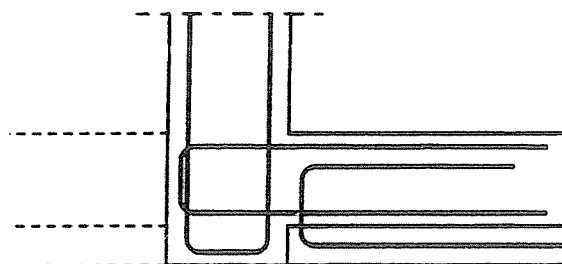
7. ábra: Példák az összekötésre átmenő fekvésnél (prEN13747-1:1999)



a) téráccsal



b) kengyelekkel



c) felhajlított vasalással

8. ábra: Példák az összekötésre „függesztett” felfekvésnél (prEN13747-1:1999)

zést, gyártást, alátámasztást, monolitikus felbetonnal szembeni követelményeket (pl. min. C20/25 legyen a monolit felbeton). Jellemző szerkezeti részleteket mutatnak a 2-8. ábrák a prEN 13747-1:1999 alapján. Sajnos, mivel az prEN 13747 nem tartozik az alapvető szabványok közé, magyar nyelvű megjelenés csak akkor várható, ha annak költségeit magukra vállalják a gyártásban, forgalmazásban érdekeltek (jelenleg a prEN 13747 70 EUR-ért kapható angol vagy német nyelven).

A gyakorló tervezők részére fontosabbak lehetnek az olyan mintapéldák, melyek egyre gyakrabban jelennek meg a külföldi szakirodalmakban, mint pl. a Betonkalender szinte minden évfolyamában a Litzner szerkesztette mintapéldák.

3. AZ ELEMES FÖDÉMEK TERJEDÉSÉNEK KORLÁTAI MAGYARORSZÁGON

Senki nem lehet próféta hazájában, szól a mondás, így a mi Keller Istvánunk sem lehetett az. Az elemes födémek terjedésének egyik nagy akadálya ugyan a tervezésükkel kapcsolatos tisztázatlan kérdések voltak, de ennél nagyobb jelentőségűek a gazdasági és jogi problémák.

Az iparosított módszerek az alacsony bérszintű országokban mindig is lassabban terjedtek. A lakásépítésben tovább

gátolja a terjedést az ismert „fekete munka”, mely még tovább nyomja lefelé az egyébként is alacsony bérszínvonalat.

A lakásépítésre különösen jellemző az áfa és bérjárulék, jövedelemadó, tb-járulék nélküli munkavégzés, mely az elemes födemelekkel való építésnél nehezebben valósítható meg. A politikai, gazdasági viszonyok így hatnak ki a szerkezetek kialakítására.

A nyugati országokban akkor értek el jelentős áttörést az elemes födémekkel, amikor a gyártók kiterjesztették szolgáltatásaikat

- átvették a tervezési feladatokat, monolitikus födémeket maguk terveztek át elemesfödémre,
- szállítás, szerelés, alkalmasint az ideiglenes alátámasztás is a szolgáltatásba tartozott
- jelentős összegeket áldoztak a kutatásokra.

Egyik jellemző példa a 2-5 évenként tartott Filigran konferencia (1995 Párizs; 1999 Prága). Csak ez a „kis” családi vállalat (jelenleg Keller István unokája Weiler úr vezetésével) prágai konferenciája már a hetedik volt.

A cég ma is a nagyapa, Keller István szellemében dolgozik, tudván, állandóan keresni kell az újat. Újdonság csupán talán annyi, hogy míg korábban a műszaki fejlesztéseken volt a nagyobb hangsúly, ma a régi jelszót megtartva, a „tömeget a konstrukcióval helyettesíteni”, hozzá jött az új, „kooperációt a konfrontáció helyett”. A globalizációval lépést tartani kívánva ma már működik a Filigran PL; Filigran CZ.

A mai robotizált üzemeknél az egész tervezési folyamat eddigi szabályozása is felborul. A régi fogalmak, mint felelős tervező, egyáltalán a statikai számítás, terv új megvilágításba kerül, hiszen a statikai számítás, tervlapok készítése, üzemirányítás, gyártásirányítás egyetlen szoftverbe integrálódik, ahol az „input” a feszítáv, terhelés, lemezzvastagság, az „output” a kész elem. Az egyes elemek rajzára igazából nincs is szükség, a gépek, robotok nem rajzot olvasnak, hanem elektronikus parancsokat hajtanak végre.

A terv ma még szükséges a helyszíni munkához, de újabban pl. a „bamtec” technológiájánál már csak a robotok által elkészített, tekercsben a helyszínre szállított vasalást kell kigörgetni. Teljesen újra kell szabályozni a tervezés, kivitelezés rendjét robotizált világunkban. Korábban azt gondoltuk, az építőipar azért különbözik más iparágaktól, mert a termék (pl. egy födém) mindig egyedi. Most a robotok alkalmazásával világossá vált, csupán az input adatok egyediek, a végtermék az output is egyedi, minden ami közte van, azonos szoftver (mint az Allready a Nemetschektől), természetesen kicsit leegyszerűsítve a folyamatot.

4. JELENLEGI HELYZET MAGYARORSZÁGON

A Kempinski Hotelhez, sokan emlékszünk, Szlovéniából szállították a zsálužó panelokat, 1990-ben. Azóta több cég is gyárt ilyen födemeleket, hagyományos módon. Egyedi tervezés, egyedi gyártás, kézműves módszerek a sablonok beállítása, vasszerelés, betonozás.

Néhány ismertebb épületnél, mint a Bank Center, Duna Plaza, Westend City, Árkád, Asia Center nagy mennyiségben kerültek, ill. kerülnek alkalmazásra az elemes födémek.

A Szebeton, Szobeton, Épelem nagyobb mennyiségben feszített födemeleket is gyártott ill. gyártanak ma is (Szobeton Romániába is szállított több épülethez feszített födemeleket elemes födémekhez, mint pl. Rondó Kolozsvár, Kromberg-Schubert Temesvár).

Aligha volt kétséges, előbb-utóbb megjelennek a robotizált üzemek is (Leiner Kiskunlacháza, Wienerberger Ócsa).

Amikor a Wienerberger cég jelentkezett a Plan 31-nél az ócsai üzem telepítésének elképzelésével, úgy is mint a Beton Tagozat elnöke teljes lelkesedéssel támogattam az elképzelést. Részben a nagyon tisztelt Keller István emlékének is adózva, de mint az általános fejlődést is elősegítő beruházást tekintve meggyőződésem volt, hogy egy ilyen üzem telepítése Magyarországon elősegíti a lemaradásunk leépítését. Közben Németországban a vasbeton síkfödémek több mint 50%-a elemes födémszerkezettel készül, Magyarországon még a főiskolai, egyetemi oktatásból is szinte teljesen hiányzik ez a szerkezet.

Mint minden úttörőnek, így a Wienerberger Téglaiipari Rt-nek is rendkívül nagy akadályokat kell legyőznie ahhoz, hogy sikerre vigye ezt a terméket. Egy ilyen hosszú távra szóló beruházásnak már nem lehet a végóráihoz közeledő MSZ szabványvilágra támaszkodnia, főleg, ha nem is szabályozott ez a terület. 8 éves Eurocode tervezési gyakorlatunk, a magyarországin kívül a román, bulgár, orosz, horvát piacon folytatott tervezői tevékenységünk (Plan 31 H; Plan 31 Ro; Plan 31 Bg) megmutatta, a nemzetközi piacon, a globalizált világunkban, a határok nélküli Európában (ha még nem is omlott le minden határ) csak az EC szabványbázison lehet tevékenykedni (mint a jelenlegi legnagyobb közép-kelet európai építkezésen, az ASIA Centeren).

Remélhetőleg a Wienerberger ócsai gyárának sikeres üzemelése nagy lökést fog adni egész tervezői szemléletünk változásához. Egyre többen lesznek, akik felkészülten várhatják csatlakozásunkat az EU-hoz.

5. MINTASZÁMÍTÁS

Az elemes födémekről a külföldi szakirodalomban bőségesen találhatók mintaszámítások. Ezek közül pl. a Beton Kalender 1999/I. kötetben (más évfjártiokban is) a Dr.-Ing. Litzner: „Eurocode 2 szerinti méretezés alapjai példákon keresztül” a „Méretezési koncepció az utólag kiegészített keresztmetszetre” példát magyarul is megtalálja a tisztelt olvasó a www.plan31.hu honlapon. Ennek egy részét mintapéldaként a 9. ábrán mutatjuk be. Meg kell jegyezni, hogy a 2002 januártól életbe lépő DIN 1045-1 (új DIN méretezési előírás vasbetonra Eurocode 2 bázison) egy kicsit változtatott az EC2-1-3 előírásán. Ez is mutatja, hogy az elemes födémekkel kapcsolatosan még mindig vannak eltérések az EU szakemberei között.

A magyar NAD nem módosított az EC2-1-3 ide vonatkozó előírásán.

6. ADATOK AZ ÓCSAI PROFIPANEL GYÁRRÓL

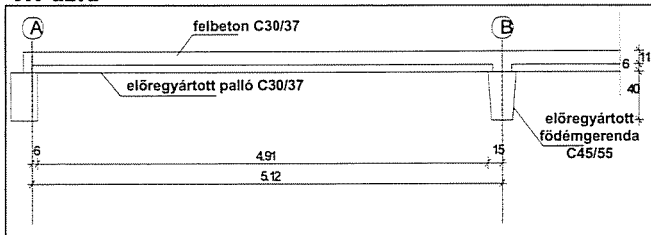
A Wienerberger Téglaiipari Rt. 2001-ben felépítette az első panelfödém üzemét Ócsán. Az építés gondolatával már évekkel ezelőtt foglalkoztak, a többszöri kalkuláció és beruházási javaslat után 2000 augusztusában érkezett meg a vezetőségtől az építkezésre az engedély. Az engedélyezési tervek elkészítésével a PLAN 31 Mérnök Kft-t a technológiai tervek elkészítésével a Prilhofer Consulting céget bízták meg, technológiai berendezéseket a WECKENMANN, a VOLLERT, a PROGRESS, valamint az SAA - e területen nagy tapasztalattal rendelkező - cégek szállították. Az építési munkára meg-

1.1 Tartószerkezet leírása

Adott egy 5 támaszú, 4 födémmezős szerkezet, 5,12 gerendaosztással, egy irodaépület közbelső födéméhez. (9.1 ábra)

- Előregyártott vasbeton födémgerendák 7,20 m támaszközzel
- Előregyártott 6 cm vastag vasbeton zsalupallók
- Monolit vasbeton lemez a gerendával és a zsaluzó pallóval együttdolgozva

9.1 ábra



1.1.2 Hatások, biztonsági tényezők

Hasznos teher

$$Q_{k,1} = 2,75 \frac{kN}{m^2} \quad \text{– szerelt válaszfal pvc burkolattal}$$

$$\gamma_G = 1,35 \quad \text{– EC2 tábl. 2.2}$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\Psi_1 = 0,5 \quad \text{– gyakori hatáskombináció}$$

$$\Psi_2 = 0,3 \quad \text{– kvázi állandó hatáskombináció}$$

1.1.3 Betontakarás

A palló EC2 4.1 táblázata alapján, száraz környezetben, belső térben helyezkedik el. Ez alapján a minimális betontakarás:

$$\min c = 15 \text{ mm}$$

Ezt az értéket a méreteltérések miatt növelni kell. Előregyártott szerkezetnél ez a növekmény: 5 mm.

$$\text{nom } c = 15 + 5 = 20 \text{ mm}$$

1.1.4 Anyagok

Beton:

- előregyártott palló és felbeton: C30/37
- előregyártott födémgerendák: C45/55

Betonacél:

BSt 500 S és a hegesztett háló BSt 500M (B60.50 ill. BHB 55.50 MSZ szerint)

1.2 Zsalupalló

1.2.1 Pallóvastagság, önsúly

Kiindulásként a födémvastagságot $h = 17$ cm-ben állapítjuk meg. (6 cm előregyártott palló + 11 cm felbeton)

Födémönsúly G_k :

$$G_k = 0,17 \cdot 1,45 = 5,7 \frac{kN}{m}$$

ahol $G_{k,2} = 1,45 \frac{kN}{m}$ a burkolat, vakolat, szigetelés súlya

1.2.2 Igénybevételek meghatározása

A keresztmetszetek méretezését használati és teherbírásai határállapotokra végezzük. 3 terhelési esetet különböztettünk meg:

1. Terhelési eset: Állandó terhelés az összes mezőben
2. Terhelési eset: $Q_{k,1}$ elrendezése maximális támaszponti nyomaték elérésére
3. Terhelési eset: $Q_{k,1}$ elrendezése maximális mezőnyomaték elérésére

1.1 Táblázat

T.E.	Határállapot					
	Használati			Teherbírás		
	M_B [kNm]	V_A [kN]	$V_{B,bal}$ [kN]	$M_{Sd,B}$ [kNm]	$V_{Sd,A}$ [kN]	$V_{Sd,Bbal}$ [kN]
1	-15,73	11,52	-17,66	-21,24	15,55	-23,85
2	-8,65	5,35	-8,73	-12,98	8,03	-13,09
3	-3,79	6,30	-7,78	-5,69	9,45	-11,67
Σ				-34,22	25,00	-36,94

A B támaszpont húzott vasainak számításakor a teherbírás határállapotból adódó nyomatékot $M_{Sd,B}$ 15%-kal csökkenthetjük: / EC2 – 2.5.3.5.4 P(1) /

$$M'_{Sd,B} = -0,85 \cdot 34,22 = -29,09 \text{ kNm}$$

Hozzá tartozó reakcióerők:

$$G_d + Q_d = 1,35 \cdot 5,7 + 1,5 \cdot 2,75 = 11,82 \frac{kN}{m}$$

$$V_{Sd,A} = 0,5 \cdot 5,12 \cdot 11,82 - 29,09 / 5,12 = 24,58 \text{ kN}$$

$$V_{Sd,B,bal} = -0,5 \cdot 5,12 \cdot 11,82 - 29,09 / 5,12 = 35,94 \text{ kN}$$

1.2.3 Teherbírás határállapot szerinti méretezés nyírásra

a) B támaszpont feletti méretezés

A támaszhoz közeli erők közvetlen átadódása miatt megnő a nyírási teherbírás. Ezért megoszló terhelés esetén a V_{Sd} támasztól d távolságra fellépő nyíróerővel számolhatunk.

$$V'_{Sd,B,Bal} = 35,94 - 11,82 \cdot (0,15 + 0,145) = 32,45 \text{ kN}$$

$$\tau_{Rd} = 0,28 \frac{N}{mm^2}$$

$$\rho_l = 4,43 / (100 \cdot 14,5) = 0,003$$

A Beton teherbírása:

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \cdot \kappa \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_l) + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot 0,15 \cdot b_w \cdot d$$

$$= 0,28 \cdot (1,6 - 0,145) \cdot (1,2 + 40 \cdot 0,003) \cdot 1,0 \cdot 0,145 \cdot 10^3 =$$

$$= 78 \text{ kN} > V'_{Sd,B,Bal}$$

b) A kapcsolati hézag nyírási teherbírásának igazolása
 A legnagyobb nyomatéknál a nyomott beton magassága
 $x = 14,5 \cdot 0,107 = 1,6 \text{ cm}$
 azaz az F_c nyomóerő a monolit betonban működik, ezáltal

$$\tau_{sdj} = 1,0 \cdot 32,45 \cdot 10^{-3} / (1,0 \cdot 0,96 \cdot 0,145) = 0,24 \text{ N/mm}^2$$

Mivel $t_{rd} = 0,28 \text{ N/mm}^2$, így még sima felső azaz pl. extruder eljárással készített lemez esetén is megfelelő a t_{sdj} felvételére az összeköttes tapadás révén összekötő vasalás nélkül. Mégis ajánlatos az összekötő felületet legalább érdesre készíteni.

2. Teherbírási határállapot szerinti méretezés nyírásra

a) hajlításból adódó nyíróerő

A támasztól d távolságra fellépő nyíróerő:

$$V'_{sd} = 277 - (1,35 \cdot 38,0 + 1,5 \cdot 17) \cdot (0,503 + 0,1) = 231 \text{ kN}$$

A nyomott betonrudak dőlésszöge $\Theta = 39^\circ$, ($\cot \Theta = 1,25$)

$$V_{Rd2} = \frac{b_w \cdot z \cdot \nu \cdot f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Phi}$$

ahol ν hatékonysági tényező:

$$\nu = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} = 0,7 - \frac{30}{200} = 0,55 > 0,5$$

$$V_{Rd2} = \frac{0,22 \cdot 0,96 \cdot 0,503 \cdot 0,55 \cdot 20}{2,05} = 570 \text{ kN}$$

$\phi 12 / 20$ függőleges kengyelekre:

$$V_{Rd3} = \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta =$$

$$= \frac{2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-3}}{0,2} \cdot 0,96 \cdot 0,503 \cdot 435 \cdot 1,25 = 297 \text{ kN}$$

b) gerinc és öv közötti nyírás

Az öv keresztmetszetében működő hosszirányú erő maximális értéke:

$$F_{d,max} \leq 0,5 \frac{498}{0,96 \cdot 0,503} = 516 \text{ kN}$$

Az egységnyi hosszra jutó mértékadó csúsztatóerő:

$$V_{sd} = \frac{F_{d,max}}{a_v} = \frac{516}{0,5 \cdot 7,2} = 144 \text{ kN/m} \quad \text{EC2 (4,33)}$$

$$V_{Rd2} = 0,2 \cdot f_{cd} \cdot h_f = 0,2 \cdot 20 \cdot 0,17 \cdot 10^3 = 680 \text{ kN/m} > V_{sd}$$

$$V_{Rd3} = 2,5 \cdot \tau_{Rd} + \frac{A_{sf}}{s_f} \cdot f_{yd} =$$

$$= 2,5 \cdot 0,28 \cdot 0,17 \cdot 10^3 + 4,43 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 = 311 \text{ kN/m}$$

$$k_T = 1,8$$

$$\mu = 0,7 \quad \text{— durván megmunkált felület}$$

$$\tau_{sdj} = \frac{V_{sd}}{h_f} = \frac{0,144}{0,17} = 0,85 \text{ N/mm}^2 \quad (b_j = h_j = 17 \text{ cm})$$

$$\tau_{Rdj} = 1,8 \cdot 0,28 + \frac{4,43 \cdot 10^{-4} \cdot 0,7 \cdot 435}{0,17} =$$

c) együttdolgozás vizsgálata

Az F_c nyomóerőt a felbeton veszi fel ($x=5,2 \text{ cm} < 11 \text{ cm}$)

$$\tau_{sdj} = \frac{0,231 \cdot 1,0}{0,21 \cdot 0,96 \cdot 0,503} = 2,28 \text{ N/mm}^2 \quad (b_j = 21 \text{ cm})$$

$$\rho_j = \frac{2,26}{20 \cdot 21} = 0,0053 \quad (\phi 12 / 20)$$

$$-\sigma_N = 0$$

$$\tau_{Rdj} = 1,8 \cdot 0,28 + 0,0053 \cdot 0,7 \cdot 435 =$$

$$= 2,12 \text{ N/mm}^2 < 2,28 \text{ N/mm}^2$$

Támaszközelben a kengyelsűrűséget 18 cm-re csökkentjük

$$\rho_j = \frac{2,26}{18 \cdot 21} = 0,0059 \quad (\phi 12 / 18)$$

$$\tau_{Rdj} = 1,8 \cdot 0,28 + 0,0059 \cdot 0,7 \cdot 435 = 2,31 \text{ N/mm}^2$$

9. ábra (2): Mintapélda (fő számítási részletek). A teljes példa megtalálható: www.plan31.hu/honlapon

hirdetett versenyt az UNGER Stahlbau GmbH valamint a HÍRŐS-ÉP nyerte el. A tényleges építési munkálatok 2000 decemberében kezdődtek, a gépek szerelése 2001. április 9-én, majd a próbaüzem 2001 májusában kezdődött meg.

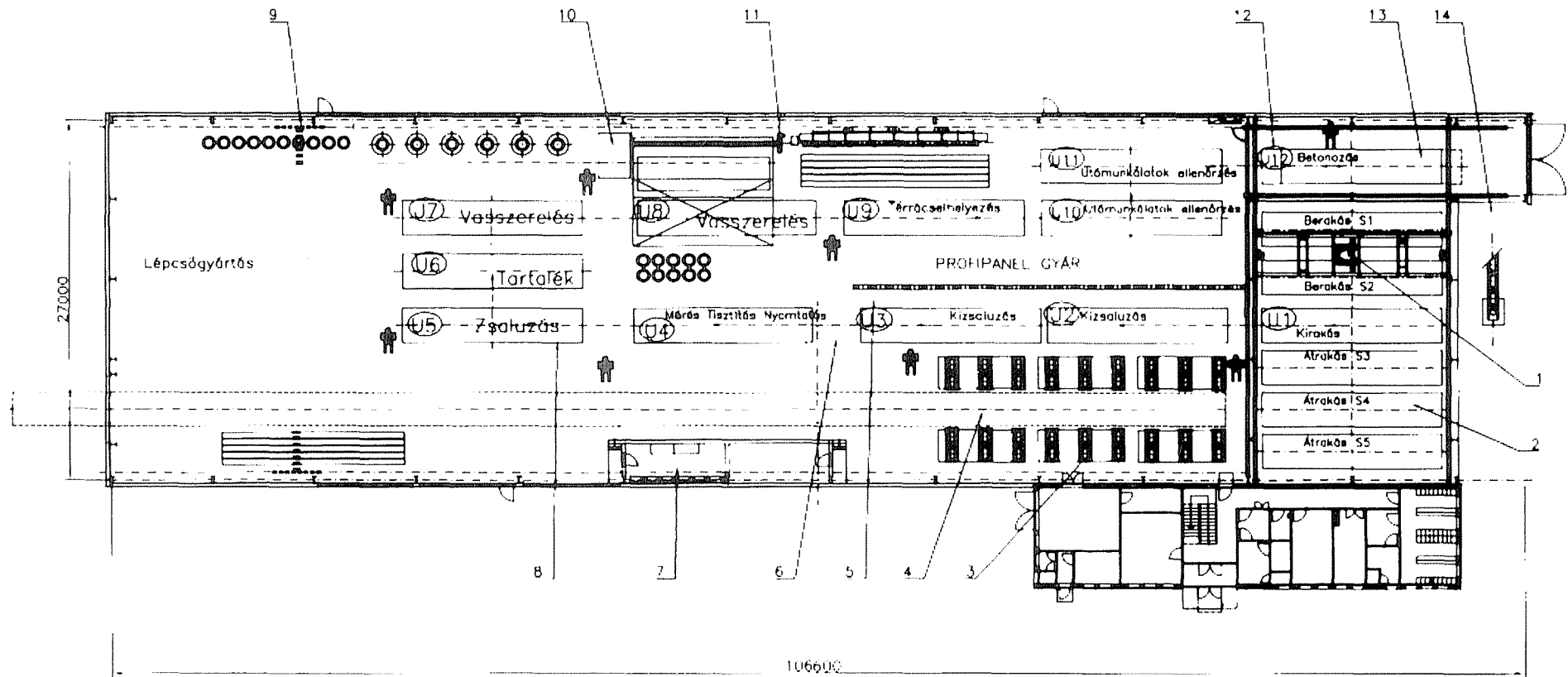
Mi a Profipanel? Egy beton kéregelem, ami maximum 2,4 m széles 10 m hosszú és 5 vagy 6 cm vastag. Egy $13,5 \times 2,4$ m-es acél sablonban készül, ezáltal az alsó felülete vakolatmentes, sima. Alaki megkötés gyakorlatilag nincs, előre beépíthetők a villamos dobozok, kihagyhatók a gépészeti áttörések.

Hogyan történik a profipanel gyártása? A Nemetschek All Ready elnevezésű programjával - amit speciálisan a panelfödém tervezésére fejlesztettek ki - készítik el statikusaink a födém terveit, a panelkiosztást és a rakattervet. A megrendelő-

vel történt egyeztetés, és annak jóváhagyása után az adatok átkerülnek egy belső hálózaton keresztül a vezérlő számítógépbe.

A gyári termelésirányító, az erre a célra kifejlesztett programmal elvégzi a palettakiosztást, ami azt jelenti, hogy a gyártópalettára ráhelyezi a panelelemeket, a legjobb helykihasználást figyelembe véve. Egy gyártópalettára több megrendelésből is helyezhet elemet. A kiosztott palettákat ezután áthelyezi gyártósorba.

A gyártási folyamat a mérő-, tisztító-, nyomtatógépnél kezdődik (10. ábra U4). A leírt paletta pozicionálása, majd a keresztirányú zsaluelemek összegyűjtése után automatikusan a palettatisztítás következik. A vezérlő számítógépbe bevitt adatok alapján a gép elhelyezi a keresztirányú zsaluelemeket,



1 Élelőkamra daru	8 Zsaluzás
2 Élelőkamra	9 -ddaru10 T
3 Lera-óhelyek	10 Betonacél egyengető daraboló és hajlító
4 K horóköcsi	11 Tétrőcsmegmunkálós
5 Zsalu tisztító	12 Betonozó
6 Mérés-tisztító-nyomtató gép	13 Rázóasztal
7 Vezérlés	14 Szállítószalag

WIENERBERGER

ezeket leválasztó olajjal kezeli, valamint kinyomtatja a hossz-irányú zsaluelemek, kirekesztések és a beépítésre kerülő elemek helyét.

A palettát, egy állomással tovább, a zsaluzóhelyre továbbítják. (10. ábra U5) Itt a gép által kinyomtatott helyre manuálisan elhelyezésre kerülnek a fémzsalut rögzítő mágnesek és zsaluk, valamint a kirekesztések, a hiányzó fémzsaluk helyére Austrotherm profil kerül.

Két darab, ún. keresztmozgató-emelő kocsi juttatja a palettát a betonacél elhelyezési pozícióra (10. ábra U7). A betonacél egyengető-, daraboló- és hajlítógép vezérlése szintén megkapja a szükséges adatokat a vezérlőszámítógéptől és, ezek alapján, egy rekeszes-láncos továbbítóba ejti a palettához szükséges, darabolt, hajlított acélokat. Jelen állapotban manuálisan történik a távtartóval ellátott keresztvasak és a gép által elkészített hosszvasak elhelyezése a palettára helyezett gyártási rajz alapján.

Az egyengető-, daraboló-, hajlítógép vezérli a mellette elhelyezett hegesztett betonacél térrács daraboló gépet, ami a függőlegesen mozgatható polcból kiválasztott térrácsot a megfelelő méretre darabolja és egy láncos pályán tárolja. A térrács elhelyezése (10. ábra U8) szintén manuálisan történik. Az elkészült palettát az utómunkálatokat biztosító állomásra továbbítják (10. ábra U8, U9, U10, U11). Ezen az állomáson történik a szerelvénydobozok elhelyezése és a betonozás előtti minőségellenőrzés.

A betonozó helyen (10. ábra U12) elhelyezett rázóasztalra kerül a betonozásra elkészített paletta. A betont mixerautóval szállítják a szomszédos Semmelrock cégtől és egy szállítószalagon keresztül kerül a betonozógépbe. A betonozó gép egy darupályán mozog a paletta fölött. A kiadagolás mennyiségét az adagoló henger fordulataival, a gép haladási sebességével és a kiömlőnyílás szélességével lehet szabályozni. A kirekesztések helyének kihagyását a szélességben elhelyezett 8 db, egyenként is működtethető tolózár biztosítja. A bebetonozott elem felületét felérdesítik, jelölik, majd az automatikusan működő érlelőkamra-daru átemeli az érlelőkamrába, ott az S1 vagy az S2 lerakási helyen (lásd. 10. ábra) egymásra rakja a palettákat. Ha pl. az S1 lerakási hely megtelt, akkor folytatódik a berakás az S2-re és párhuzamosan elkezdődik az S1 átrakása az S3, S4, S5 átrakóhelyek egyikére. Az átrakás befejeztével, valamint a beállított kötési idő elteltével megkezdődik a paletta kirakása (10. ábra U1).

Az érlelőkamra után 2 állomást (10. ábra U2, U3) alakítottak ki a palettákról a panel leemelésére. A leemelést egy speciális, horgokkal ellátott daruval végzik. A kész elemeket a rakattervnek megfelelően rakatokba rakják, a 6 db rakatképzésre kialakított hely egyikén. A palettán lévő hosszsalu-ele-

meket és a mágneseket átrakják a tisztítóval ellátott görgős szállítópályára, ami a zsaluzási helyre juttatja azokat.

A leürített paletta tovább halad a tisztító-, mérő- és nyomtatóhelyre. A rakatképző helyen lévő kész rakatokat a kihordókocsival a csarnokon kívül lévő lerakóhelyre viszik, onnan egy villás targonca a tárolótérre rakja.

A vezérlő számítógép segítségével termelési statisztikák, anyag-felhasználási és a munkaidő felhasználási elemzések is könnyedén elkészíthetők.

A 11. ábra az elkészült elem kiemelését mutatja.

7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A nyugati fejlett építési technológiák, ha kis késéssel is, de megjelennek Magyarországon is. A fejlődés motorja a piaci verseny. Az oktatás, szabályozás, tervezés lassan követi a technológia fejlődését. Remélhetően hamarosan jelentős változás lesz ezen a területen is.

8. HIVATKOZÁSOK

MSZ ENV 1992-1-1
MSZ ENV 1992-1-3
MSZ ENV 1992-1-1 NAD
MSZ ENV 1992-1-3 NAD
prEN 13747-1:1999
Beton Évkönyv 2000
www.plan31.hu

Polgár László (1943) okleveles mérnök, Budapesti Műszaki Egyetem Mérnöki Kar; 1966-tól építésvezető Hódmezővásárhelyen 31. sz. ÁÉV; 1970-71 statikus tervező IPARTERV, 71-től gyártmányfejlesztő, főtechnológus, műszaki főosztályvezető 31. sz. ÁÉV; 1992-től ügyvezető igazgató PLAN 31. Mérnök Kft, műszaki ügyvezető ASA Építőipari Kft. Tevékenység: előregyártott vasbeton szerkezetek, ipari betonpadlók tervezése, kivitelezése. A Magyar Építőanyag Szövetség Beton Tagozatának elnöke. A fib magyar tagozat tagja.

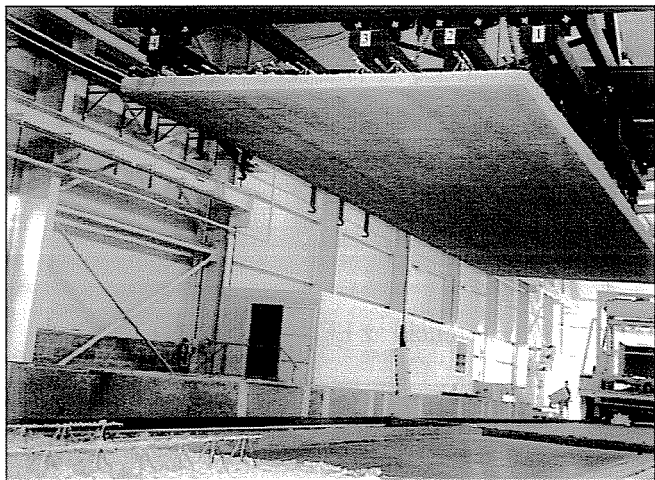
Stairits Ferenc (1956) általános gépész üzemmérnök, Bánki Donát Gépipari Főiskola Általános gépész Szak (1980), 1990-1996 Wienerberger Téglaiipari Rt. Kőszegi Gerendagyárának vezetője, 1997-től Projekt vezetőként gerendagyár, panel födémgyár telepítését, beüzemelését vezeti.

PROFIPANEL

László Polgár-Ferenc Stairits

The unit slabs (Profipanel) represent a notable range in the field of reinforced concrete flat slabs. Application in Hungary is much below the level of that in Western European countries. Open up the factory of Wienerberger in Ócsa will be hopefully a significant move to a larger share of market.

11. ábra: Az elkészült elem kiemelése





Prof. Ludevít Végh – Dr. Petr Végh

A cikk ismerteti a környezetbarát – nemzetközi szóhasználatlall ökológiailag kompatibilis – szerkezetek kutatásának célját. Megvilágítja, miért kell foglalkozni az alkalmazott ökológiával. Kutatja a környezetszennyezés és a mérnöki szerkezetek kölcsönhatását. Szóba kerül a tartósság, az élettartam valamint a szerkezetek, és azok anyagainak újrafelhasználása.

Kulcsszavak: környezetbarát, energia-felhasználás, újrahasznosítás, újjáépítés

1. A KÖRNYEZETBARÁT SZERKEZETEK VIZSGÁLATÁNAK CÉLJA

Egy csehországi munkacsoport 1995-ben kezdett foglalkozni a környezetbarát szerkezetekkel az IASS keretében (Végh, Végh, 1999). Egy több mint 60 tagú nemzetközi munkacsoport jött létre 1999-ben „Környezetbarát héj- és térbeli szerkezetek valamint építőanyagok” – angol nevén „Environmentally Compatible Shell and Spatial Structures and Structural Materials” – rövidítve ECS – néven. Ennek a 18. sz. munkacsoportnak az első szerző az elnöke. A munkacsoport szorosán együttműködik a Prágai Cseh Műszaki Egyetemmél, továbbá 52 európai építőmérnöki karral az AECEF (európai építő-

tőmérnöki karok egyesülete) keretében. A munkacsoportnak ma több mint 70 tagja van világszerte 17 országból, zömük építő- ill. építészmérnök, egyetemi dolgozók és építőipari szakemberek. Két nemzetközi szeminárium zajlott le, s ennek eredményeként két kiadvány látott napvilágot.

A szakmai teendők a következő hat témacsoport (TG) körébe estek:

- TG1: Alkalmazott környezetvédelmi kérdések
- TG2: Környezetbarát szerkezeti anyagok
- TG3: Az ECS szerinti tervezési felfogások
- TG4: Az ECS elméleti háttér és különleges kérdései
- TG5: ECS – esettanulmányok
- TG6: Az ECS technológiai és kapcsolt kérdései

A munkacsoport 2005-ig tervezett tevékenységét az 1. táblázat tekinti át.

1. táblázat: Az 1999 – 2005. évi munkaterv

	Évszám	Munkaterv	
1	1999	A kérdés feltevése, az IASS WG 18 megalakítása	
2	2000	A célok: A kérdés megfogalmazása Jellemzők Definíciók Terminológia A T1 ... T6 megalakítása 16 országból 60 fős együttes létrehozása	1. prágai szeminárium
3	2001	Az ECS megoldásának módszertana. Elméleti háttér. Mérnöki optimalás folyamata	2. prágai szeminárium és 3. prágai szeminárium előkészítése
4	2002	Az ECS kritériumai. Törvényhozási és szabvány-intézkedések	3. prágai ECS szeminárium
5	2003	ECS esettanulmányok. Energiafelhasználási adatbank ECS építmények esetére, gyakorlati tapasztalatok.	4. prágai szeminárium az ECS-ről. Az „ECS elmélet, tervezés és technológia” kiadvány kritikus megvitatása
6	2004	„ECS-elmélet tervezés és technológia” záróközlemény vagy „Nemzetközi ajánlások ECS számára.” Környezetvédelmi oktatás	IASS konferencia az ECS-ről
7	2005	Az 1999-2004 időszak értékelése. Az elért gyakorlati tapasztalatok. A további tevékenység	

2. MIÉRT KELL FOGLALKOZNI A KÖRNYEZETBARÁT SZERKEZETEK ALKALMAZOTT ÖKOLÓGIÁJÁVAL?

A mérnöki szerkezetek különféle módokon fogyasztják az energiát, s a teljes energiatermelés mintegy harmadát emésztik föl. Ez az energia-felhasználás az építőanyag-termelésben, a kivitelezésben, a használat és a fenntartás, az újjáépítés és a bontás során következik be, továbbá az építési és kommunális hulladék elhelyezése, ill. az újrafelhasználás alkalmával. A szén-, olaj-, nukleáris és vízierőművek által termelt energia velejárója a káros melegház-hatás, amely más-más mértékben képződik, szennyezi a környezetet, hozzájárul a globális felmelegedéshez és hátrányosan hat a biológiai sokrétűsége.

A munka során a következő kérdések megválaszolására törekszünk:

Új felfogás-e az ECS a szerkezettervezésben és kivitelezésben? Az ECS legyen a tervező szabad szerkezet-megválasztásának tárgya vagy írják azt elő törvények vagy szabályzatok? Az ECS a meglévő klasszikus tervezési és technológiai módszer korszerűsítése vagy alapvetően megváltoztatja az építmény jelenlegi tervezési, építési valamint használati koncepcióit. Melyek az ECS főbb jellemzői és előnyei?

Ezekre és hasonló kérdésekre kell választ adni, hogy megértsük, mi az ECS, mik az elvei, főként a szerkezeti anyag, a rendszer a technológiai és az építészeti felfogás terén.

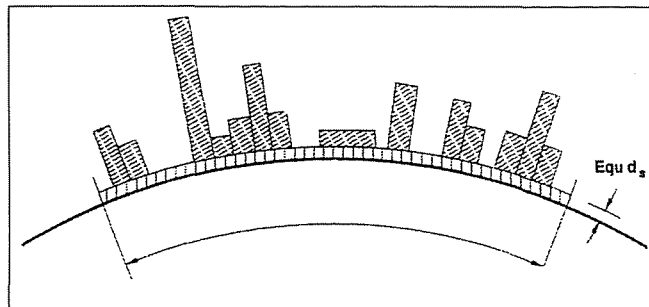
A szerkezetépítés környezeti vonatkozásait tekintve tudnunk kell arról, hogy a környezettel való összeférhetőség az ún. „alkalmazott környezeti problémák” körébe tartozik. Ezért különbséget kell tennünk a globális és alkalmazott ökológiai kérdések között. Minthogy a környezetszennyezés meglehetősen nagy része az ipari tevékenységgel függ össze, így az építéssel, gépészettel, vegyiparral, atomenergiával stb., a környezetvédelmi témakör vagy tudományterület nagyon jelentős.

3. A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS ÉS A MÉRNÖKI SZERKEZETEK KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉS

Az erőművek energiatermelő fűtőanyagainak (szén, olaj, stb.) elégetésével kibocsátott káros gázok, égéstermékek tömege és az energiatermelő eszközök között közvetlen kapcsolat van. Hasonlóképpen az új vagy újjáépített létesítmény szerkezeti anyagának tömege egyenesen arányos azzal az energiával, amely a beépített építőanyagban halmozódott föl. Ez jelentősen eltérő lehet a különféle anyagok esetén attól függően, hogy milyen az energiatermelési rendszer, az építőanyag-gyártás technológiája.

Ezért az ECS számára egyszerűsített megoldás érdekében egy közelítő megállapítást tehetünk: „A szerkezet környezetbarátsága fordítottan arányos a szerkezetbe épített anyag tömegével.” A szerkezeti anyag kisebb tömege esetén valamely a szerkezetnek a kedvező tulajdonsága már csupán a „beépített” energia tekintetében kedvezőbb ill. inkább megfelelő lehet.

Az alábbi egyenletek (1) a CO_2 kibocsátás és a ΣE_n energia közötti összefüggést fejezik ki. A szilárd vagy gázalakú fűtőanyag erőműben való elégetése által kibocsátott CO_2 súlya egységnyi energiára vetítve



1. ábra: Városi ipari negyedek beépített területe

$$\frac{M}{E(-\Delta h_c)} \quad (1a)$$

Ekkor a teljes ΣE_n energiának megfelelő teljes CO_2 kibocsátás

$$\Sigma \text{CO}_2 = \Sigma E_n \frac{M_n}{E(-\Delta h_c)} \quad (1b)$$

Itt

ΣCO_2 – a ΣE_n -nek megfelelő teljes CO_2 kibocsátás

ΣE_n – a teljes felhasznált energia

M – a CO_2 (44,01 kg/kmol) moláris tömege

Δh_c – a fűtőanyag elégetése által létrehozott enthalpia

E – az adott energiatermelés „energetikai hatékonysága”

n – a C atomok száma a vegyületben.

Ez a képlet csak tiszta vegyület esetére alkalmazható. A legtöbb fűtőanyag (LPG, olaj, szén, fa) sok vegyület komplex keverékét jeleníti meg. Ilyen esetekre más képletet kell alkalmazni.

A fenti egyenletek által kifejezett okokból az olyan szerkezetek mint a héjak, üreges lemezek, minimálfelülettel kialakított szerkezetek, analitikusan, kísérleti úton vagy „fizikai” módszerrel meghatározott minimálfelületek, mint funikuláris héjak, Isler-héjak stb. automatikusan eleget tesznek a környezeti összeférhetőség követelményeinek. Hasonló okokból a „kistérfogatú” épületek az ECS kategóriába tartoznak.

Hogy szemléltessük ezt a szerkezetípust, bevezetjük az alapterületre eső „egyenértékű lemezvastagság” jellemzőt. Ez az Equ_d érték olyan állandó vastagságú fiktív lemez vastagsága, amely a szerkezetekkel beépített terület felett helyezkedik el, s tömege megegyezik a szóban forgó terület feletti szerkezetek tömegével.

3. A KÖRNYEZETBARÁTSÁG – AZ ECS DEFINÍCIÓJA

Az ECS, amely magába foglalja a környezetbarát - ökológiailag kompatibilis - technológiai rendszereket, környezeti tekintetben optimalizált szerkezetek, amelyek a lehető legnagyobb mértékben csökkentik a környezetszennyezést az energia-felhasználás korlátozása révén. Ezeket úgy tervezik, építik és használják, hogy adott körülmények között minimális legyen a melegház-hatás, a gáz-kibocsátás, hogy biztosítsuk a tartós környezetvédelmet valamint a környezet szennyezésének csökkentésével korlátozzuk az egészségre hátrányos hatásokat a szerkezet élettartamának valamennyi időszakában. Ebben az összefüggésben hangsúlyozni kell a „környezetbarátságot”, „állandósítható fejlődés” kifejezés közötti különbséget. Az első egy meglévő vagy megtervezett szerkezetre vonatkozik, a második az ECS általános elméletének egyik alapelve.

Bár köztudott, hogy a káros CO₂ kibocsátást felfoghatják az erdők vagy más zöld övezetek, aligha találhatunk olyan zöld növényzettel benőtt területeket, amelyek a teljes kibocsátott széndioxid-mennyiséget magukba szívják.

Következésképpen a CO₂ okozta környezetszennyezés elleni védelem egyetlen eszköze a káros gázok kibocsátásának fokozott csökkentése és ennek megfelelően az energia-igény redukálása.

5. A SZERKEZETEK TARTÓSSÁGA ÉS ÚJRAFELHASZNÁLHATÓSÁGUK HATÉKONYSÁGA

Ezt a két fogalmat már meghatározták. A szerkezet tartósságát jellemezhetjük az építőanyag öregedésével, vagy a szerkezet, akár annak egy része elavulásával. Emellett valamely szerkezet élettartama újjáépítéssel vagy javítással kiterjeszthető. A 2. ábra mutatja egy ECS használati időszakait az újrafelhasználással és két, három vagy több felújítással és bontással (Végh, 2001).

A következőkben az újrafelhasználást és az ECS-re és élettartamára való hatékonyságát leíró matematikai módszert adjuk.

Mint az alábbiakból kitűnik, a matematikai elemzésből a következő megállapítások fogalmazhatók meg:

- A szerkezetek bontásából származó környezeti hatás nő, ha a bontási anyag újrahasznosítása csökken.
- Ha az újjáépítési fázisok száma (n) növekszik és α csökken, a szerkezet teljes élettartama nő, feltéve, hogy a $\Sigma E_n / \text{év}$ csökken.
- A szerkezet környezetbarátsága nő, ha a teljes évi átlagos energia-felhasználás – $\Sigma E_n / \text{év}$ – csökken a szerkezet élettartamának kiterjesztése révén az újjáépítés és újra-felhasználás segítségével.
- Az egységhez közelítő α tényezőre (közelítően $\alpha = 0,5 \sim 1$) az újrafelhasználás hatékonysága nagyjából és fokozatosan eltűnik.
- Minél hosszabb egy szerkezet élettartama, annál inkább környezetbarát, kivéve – amint különleges esetekben előfordulhat – ha az ECS energia-felhasználási elemzése a teljes élettartamra más eredménnyel járna.

A fenti fontos megállapításokból arra következtethetünk, hogy minden n_i ciklus végén a lehető legnagyobb mértékű újrafelhasználás esetén, azaz a legkisebb α_i mellett és legnagyobb számú $\underline{n}$ újjáépítés esetén a $\Sigma E_n / \text{TIMES}$ érték csökken és a szerkezet környezetbarátsága növekszik.

Ezeknek a megállapításoknak az igazolására néhány egyszerűsítést vezetünk be a következő jelölésekkel.

- V_0 – az eredeti szerkezet kezdeti teljes építőanyag-térfogata bármilyen bontás vagy újrafelhasználás előtt.
- α_i – az újra nem hasznosítható anyag viszonylagos térfogata a szerkezet valamely n_i fázisában
- $n = \Sigma n_i$ – az összes újjáépítési fázisok száma, beleértve az újrafelhasználásokat és az újrafelhasznált szerkezeti anyagokat
- R_i – az újrafelhasznált anyag térfogata az n_i -dik újjáépítési fázis során ($i < n$).
- W_i – az újra nem hasznosítható hulladék anyag térfogata az n_i -dik ciklusban.

Meg kell jegyezni, hogy ha egyáltalán nem kerül sor rekonstrukcióra, azaz $n = 1$ és $\alpha = 1$, a teljes szerkezeti anyag-mennyiséget elbontjuk és hulladék anyagként helyezzük el. Valamennyi fázis L_i időtartamát azonosnak vesszük fel, ez nem jelentkezik az alábbi egyenletekben. Ha $\alpha < 1$ és $n > 1$, tovább-

bá $\alpha = \text{const.}$ akkor a $V_i = V_0(1-\alpha)^i$ mennyiséget használjuk az n_i -dik újjáépítési fázis esetére az n_i -dik fázis végén. A fenti jelölések használatával az (1a) és (1b) egyenletet kapjuk R_i -re és W_i -re és a (2) egyenletet a ΣW_i értékre, ahol $i = 1 \dots n$.

A (3) egyenlet a mennyiségek egyensúlyát fejezi ki.

Az $\alpha = \text{const.}$ egyszerűsített esetre az újrafelhasznált anyag R_i mennyisége az n_i -dik ciklus végén

$$\begin{aligned} R_i &= V_0 = (1-\alpha)^i = V_i \\ R_n &= (1-\alpha)^n V_0 = R_{n-1} (1-\alpha) \end{aligned} \quad (1c)$$

és az újra nem hasznosítható anyag-hulladék térfogata

$$W_i = \alpha(1-\alpha)^{i-1} V_0 = \alpha R_{i-1} \quad (1d)$$

Megjegyezzük, hogy az utolsó fázis alkalmával, vagyis a bontáskor a szerkezet élettartama végén $n_i = n_n$ esetén vagy a teljes bontási anyagot feltöltésre használjuk fel vagy más célokra újrahasznosítjuk.

Ilyen esetben

$$R_n = V_0(1-\alpha)^n.$$

A $\sum_1^n W_i$, azaz az újra nem hasznosítható építőanyag-hulladék relatív mennyisége az összes cikluson át az n -dik cikluson ($n_i = 1 \dots n$)

ladék relatív mennyisége az összes cikluson át az n -dik cikluson ($n_i = 1 \dots n$)

$$\Sigma W_i = \alpha \cdot V_0 [1 + (1-\alpha) + (1-\alpha)^2 + \dots + (1-\alpha)^{n-1}] \quad (2)$$

A mennyiségek egyenlőségéből következik, hogy $n_i = 1$ - től $n_i = n$ -ig

$$V_0 = R_n + \Sigma W_i = (1-\alpha) \cdot V_0 + \alpha \cdot V_0 [1 + (1-\alpha) + (1-\alpha)^2 + \dots + (1-\alpha)^{n-1}] \quad (3)$$

A (3) egyenlet érvényes, mivel

$$[1 + (1-\alpha) + (1-\alpha)^2 + \dots + (1-\alpha)^{n-1}] = [1 - (1-\alpha)^n] \cdot \frac{1}{\alpha}.$$

A fenti egyenletekből a következő megállapításokat tehetjük: – az α arányszám csökkenésével R_n növekszik, mivel $(1-\alpha) < 1$ – ha α értéke csökken, ΣW_i is csökken.

Ha az élettartam-ciklusok során újrafelhasznált anyagok mennyiségét összegezzük, beleértve a végleges bontás állapotát is, az összes ciklusban a teljes újrafelhasznált és újrahasznosított anyagok mennyiségére a következő kifejezést kapjuk:

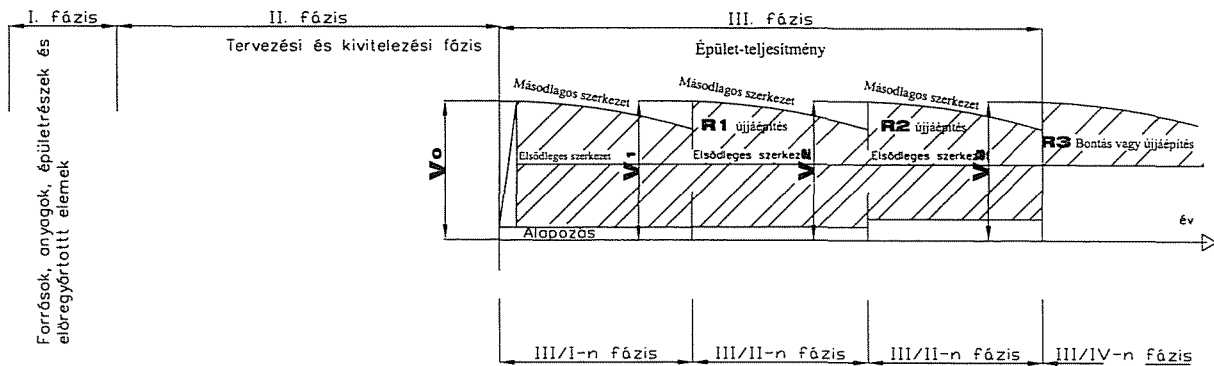
$$\sum_1^n R_i = V_0 [(1-\alpha) + (1-\alpha)^2 + \dots + (1-\alpha)^n] = V_0(1-\alpha) [1 - (1-\alpha)^n] \cdot \frac{1}{\alpha}. \quad (4)$$

Az (1) ... (4) egyenletekből látható, hogy az a) b) c) megállapítások helytállóak.

A fenti elemzés, mint említettük, feltételezte, hogy $\alpha_i = \alpha = \text{const.}$ Ez a feltevés mindemellett nem vezet mindenképpen reális megoldáshoz.

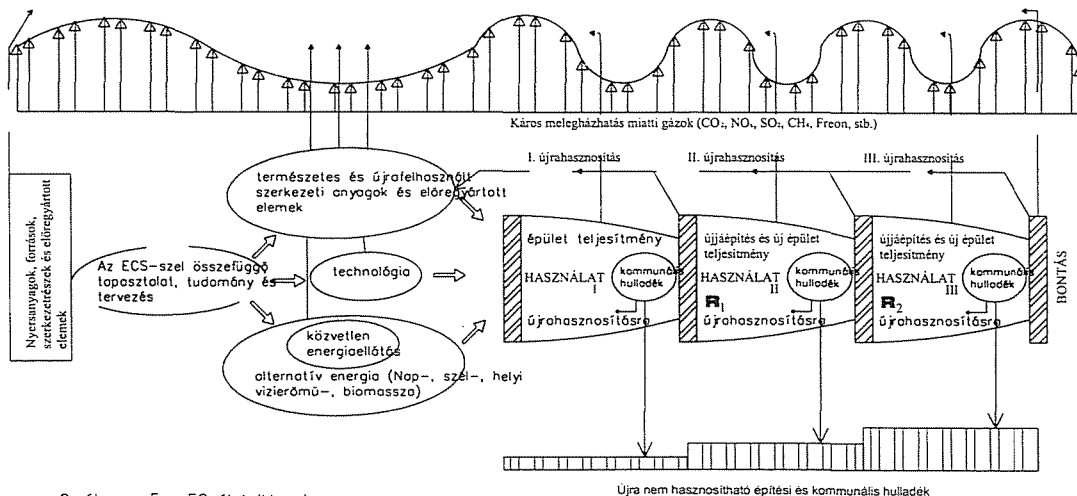
E cikk 5. fejezetének d) megállapításában az $\alpha = \text{const.}$ esetére vonatkozó újrahasznosítási hatékonysághoz megjegyzéseket fűztünk. Ez látható a 3. ábrán, ami a ΣR_i az n és α mennyiségek közötti összefüggést mutatja. A szemléltetésből kitűnik, α nagy vagy növekvő értéke esetén csökken az újrafelhasználás hatékonysága, ahogy ezt a vonalkázott terület mutatja. Emellett más tényezők, így pl. az anyagforrások elérhetősége, stb. is hasonlóképpen fontosak.

Teljesítmény



A meglegház-hatás okozta szennyeződés

A meglegház-hatás okozta környezetszennyeződés



2. ábra Ecv EC életciklusai

2. ábra: Egy ECS életciklusai

Ezért feltesszük, hogy

$$\alpha_{i+1} = k \cdot \alpha_i, \quad (5)$$

ahol a k ($k > 1$) értéket kísérleti úton kell meghatározni vagy elméleti úton megbecsülni.

A következőkben vegyük fel ugyanazokat a jelöléseket, mint az $\alpha = \text{const.}$ esetben.

A következő kifejezésekre jutunk:

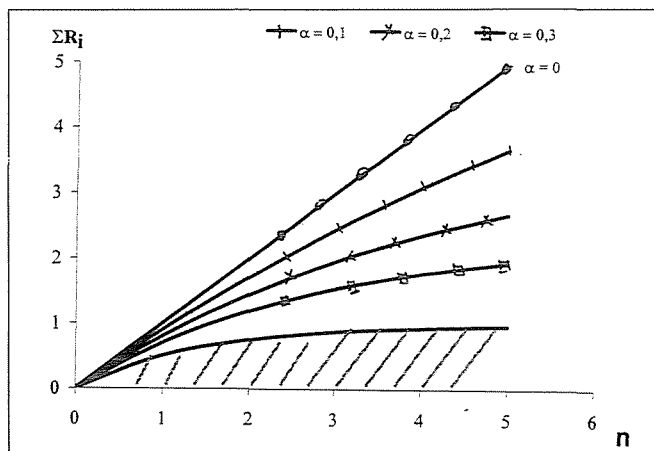
$$R_n = V_0 (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_3) \dots (1 - \alpha_n) \quad (6a)$$

$$\sum_{i=1}^n R_i = V_0 [(1 - \alpha_1) + (1 - \alpha_1) \cdot (1 - \alpha_2) + \dots + (1 - \alpha_{n-1}) \cdot (1 - \alpha_n)], \quad (6b)$$

$$W_n = V_0 [\alpha_n \cdot (1 - \alpha_{n-1}) + (1 - \alpha_1)(1 - \alpha_2) + \dots + (1 - \alpha_1) \cdot \dots \cdot (1 - \alpha_{n-1})(1 - \alpha_n)] \quad (6c)$$

$$\sum_{i=1}^n W_i = V_0 [\alpha_1 + \alpha_2(1 - \alpha_1) + \alpha_3(1 - \alpha_2)(1 - \alpha_1) + \dots + \alpha_n(1 - \alpha_{n-1}) \cdot \dots \cdot (1 - \alpha_1)] \quad (6d)$$

Nyilvánvaló, hogy k növekedésével az újrafelhasználás hatékonysága csökken. Ezért az építőanyag öregedése fontos tényező a rekonstrukciós fázisok számának, valamint a szer-


 3. ábra: A ΣR_i , α , n összefüggés ábrázolása

6. AZ ÚJRAFELHASZNÁLÁS HATÉKONYSÁGÁNAK ELEMZÉSE VÁLTOZÓ α_i ESETÉN

Az α tényező állandó értéke nem ad szükségszerűen kielégítő megoldást a ΣR_i számára. Ezért a következőkben az R_i , W_i , ΣR_i és ΣW_i értékekre vezetünk be összefüggéseket különböző α_i értékekre, feltéve, hogy mindegyik következő n_i újjáépítési fázis $L_i = \text{const.}$ mellett az α érték kissé növekszik, ahogy az (5) összefüggésből adódik.

kezet lehető legnagyobb élettartamának előzetes meghatározására ill. befolyásolására.

Az egyensúlyi feltételből következik, hogy a (7) egyenlet is ki kell elégíteni:

$$V_0 = R_n + \Sigma W_i \quad (7)$$

7. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A cikkben leírtak szellemében reális alapja van annak, hogy új megközelítésben foglalkozzunk építményeink szerkezetével. Kedvező hatás várható az élettartam, a ciklusok és az újrafelhasználás bővítése révén.

Kis tömegű, kis energiaigényű szerkezetek környezeti hatását érdemes vizsgálni, ahogyan ezt a tanulmány elméleti úton tárgyalja.

Nyilvánvaló, hogy a környezetbarát szerkezetek (ECS) a szerkezetépítés fejlesztésében új felfogást képviselnek. Ennek megfelelően minél több (ECS-re vonatkozó) elméleti és kísérleti vizsgálatra, esettanulmányra van szükség, továbbá energiafelhasználási és más adatokra, hogy fejleszthessük ezt az új tudományterületet és annak alkalmazását a szerkezetépítésben és építésben.

Bíztható, hogy a BME egy munkacsoportja – Dr. Balázs L. György egyetemi tanár vezetésével aktívan közreműködik az IASS WG 18 munkájában. Az ECS témájában tartandó 3. prágai szeminárium 2002. májusában várhatóan újabb eredményeket hoz majd e szakterületen. A szerzők szívesen látnak minden érdeklődőt a rendezvényen.

8. HIVATKOZÁSOK

Végh, L., Végh, P. (1999): Environmentally compatible concrete and concrete structures. *Proceedings of the IASS Congress*, Madrid, pp. K.1.24 ... K.1. 29.

Végh, L., Végh, P. (2000), Environmentally compatible shell and spatial struc-

tures and structural materials. (ECS). *Journal of IASS* No. I. Vol. 41. pp. 59-64.

Végh, L. (2001): Theory, design and technology, IASS symposium, Nagoya, Japan (sajtó alatt).

Prof. Ludevít Végh (Végh Lajos) Kassán született, 1948-tól dolgozott a beton és vasbeton témakörében, kutatásban, építésben, tervezésben, tanításban egyaránt. Fő kutatási területe vasbeton HP héjak, szálerősítésű vékony héjelemek, természeti és műszaki hatszögű elemek. Őt – általa használt – nyelven több mint 180 publikáció szerzője, több konferencia-kiadvány szerkesztője. Öt évig volt egy nagy cseh építő vállalat főmérnöke egy jelentős vasbeton komplexum megvalósításában. Négy éven át az UNESCO égisze alatt volt vendégprofesszor Indiában ill. Törökországban. – 1977 óta aktív tagja az IASS-nak. 1996 óta a cseh nemzeti bizottság vezetője, 1999 óta a WG 18 elnöke. Több más szakmai szervezetben töltött be jelentős funkciót. A prágai Cseh Műszaki Egyetem ny. egyetemi tanára, a műszaki tudományok doktora.

Dr. Petr Végh Prágában született, 1982-ben kitüntetéssel végezte tanulmányait a prágai Cseh Műszaki Egyetemen. Fő építőmérnöki kutatási-tervezési-építési szakterülete a vasbeton szerkezetek körébe tartozik. 1982-85 –ig egy nagy prágai tervezőiroda munkatársa. 1990-től öt évig a torontói egyetem kutató mérnöke, ennek során vasbeton héjak elméleti és kísérleti kutatásával, nagyszilárdságú betonok alkalmazásával foglalkozott. 1995 óta egy jönnévi torontói tervező iroda mérnöke. 1992-ben szerezte PhD fokozatát. Az IASS WG 1, 10 és 18 tagja, tagja továbbá a cseh professzionális mérnökök szövetségének, a cseh biomechanikai társaságnak és a cseh mechanikai társaságnak. Több mint 25 publikáció és öt szabadalom szerzője ill. társ-szerzője.

LIFE CYCLE OF ENVIRONMENTALLY COMPATIBLE STRUCTURES

Prof. Ludevít Végh – Dr. Petr Végh

In the above article some selected problems of ECS, such as the positive effect of life-cycle extension and recycling effect of „low-volume”, „low-energy”, or „reduced-energy” structures on their environmental compatibility, were theoretically analysed and discussed. It seems evident that ECS represent a new concept in the development of structural engineering. Nevertheless, more theoretical and experimental studies as well as case studies on ECS and data on energy consumption, etc. are needed to develop this new scientific field and its practical application in design and technology of structures.

It is encouraging that a Hungarian team, concentrated around the Department of Building Materials and Engineering Geology of Budapest University of Technology and Economics headed by Professor G. L. Balázs is actively participating in the Thematic Group 2 „Environmentally Compatible Structural Materials”. The Third Seminar on ECS will be held in May 2002 in Prague Those who are interested, are cordially invited.

A LEVEGŐ SZENNYEZETTSÉGÉNEK HATÁSA A VASBETON TARTÓSSÁGÁRA



Dr. Balázs György – Csányi Erika

Az ipari termelés, a közúti közlekedés, stb. fokozódása hatására a légkör megromlása olyan méreteket öltött, hogy nemzetközi konferenciák foglalkoznak egészségre káros voltával. Törvényekkel, rendeletekkel, büntetésekkel igyekeznek csökkenteni a légkör szennyeződését. A levegőt szennyező anyagok a vasbeton szerkezeteinkre is hatnak, amire eddig kevés figyelmet fordítottunk. Modellkísérletekkel arra mutattunk rá, hogy a levegő SO_2 és NO_2 tartalma milyen elváltozásokat okoz a betonban és rámutattunk az acélbetétek korróziójának a várható veszélyére.

Kulcsszavak: beton, vasbeton, tartósság, légszennyezettség, szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén-dioxid, betonkorrózió, acélbetét korróziója

1. BEVEZETÉS

1988-ban szakértői tevékenység során vizsgáltuk a déli összekötő vasúti híd pesti oldalán lévő merev acélbetétes tartóinak állapotát. A derivatográfiás vizsgálatok a morzsolódó betonfedésben hétszer annyi gipszet mutattak, mint amennyit a cementbe kötőanyagként bekevertek.

Ettől az időtől kezdve mind laboratóriumi modelleken, mind megépített szerkezeteken vizsgáltuk a beton- és vasbeton szerkezetek viselkedését és próbáltuk feltárni azok légszennyeződés okozta veszélyét. (Utóbbiról következő tanulmányunkban számolunk be.)

Részletesen tanulmányoztuk a légkört szennyező anyagokat. A szén-dioxid (CO_2) nem sorolható a szennyező anyagok közé; a levegő nélkülözhetetlen alkotója. A beton karbonátosodásával azonban számolni kell.

A légköri kénvegyületek közül legnagyobb a kén-dioxid (SO_2) mennyisége, melynek 60-70%-a származik emberi tevékenységből (széntüzelésű erőművek, kohászat, kénsavgyártás, cementgyártás, kőolajfeldolgozás stb.). A levegőben előfordulnak egyéb kénvegyületek is, de azok könnyen átalakulnak kén-dioxiddá, ill. kénessavvá, majd kénsavvá.

A nitrogénvegyületek közül legfontosabb a nitrogén-dioxid (NO_2) és a nitrogén-monoxid (NO); szokásos együttes jelölésük: NO_x . Ezek a légkörben salétromossavvá, majd salétromsavvá alakulnak. Az emberi tevékenység (tüzelőanyagok égetése, közlekedés, műtrágyaipar stb.) a levegőbe kerülő nitrogén-oxidok kb. 37%-át okozza. Ezekkel az oxidokkal elmentésben a légkörben ugyancsak előforduló ammónia (NH_3) bázikus vegyület. A természetes forrásokon kívül ez a szennyezőanyag főként állattenyésztő telepekről és műtrágyagyárakból kerül az atmoszférába.

A légkört szennyező egyéb gázalakú anyagok (fluor, hidrogén-fluorid, klór, hidrogén-klorid) jelentősége az előbbieknél kisebb.

A szilárd szennyeződések (szálló és ülepedő por) fő alkotói a tüzelésből eredő por és korom, a talajfelszínről és ipari tevékenységből származó por. Ezek összetétele igen változó, és szerepük elsősorban a szabadtéri felületek elszennyezésében jelentős, kisebb mértékben pedig a korrózív hatású anyagok "közvetítésében".

A szennyező anyagok a légkörből kétféle módon hullhatnak ki: állandóan végbemenő száraz ülepedés formájában, vagy csapadék keletkezésekor, nedves ülepedés ("savas eső") formájában, amely sok esetben 4-5 pH-jú.

Továbbiakban azt vizsgáltuk, hogy a légkör savanyú gázaiban (SO_2 , NO_x) a hatására a betonban milyen kémiai reakciók mennek végbe.

Schnoll és Knöfel (1991) a légkör savanyú gázaiban betonépületeket károsító hatását mind az ún. nedves, mind a száraz ülepedés esetén feltételezte. Nedves ülepedés során a vízcseppekben oldott gázmolekulákat az eső, köd és a hó közvetíti a felületekre. Ennek főként a fő széliránynak kitett épületrészek esetén van jelentősége. Száraz ülepedéskor vagy a gázmolekulák közvetlen adszorpciója megy végbe a felületeken, vagy – főként ammónium-szulfátból ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) és ammónium-nitrátból (NH_4NO_3) álló – aeroszol cseppecskék jutnak a felszínre.

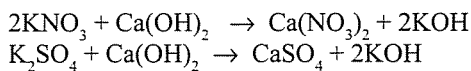
Perseke meteorológiai mérései szerint erősen megterhelt területeken a száraz SO_2 lerakódás van túlsúlyban a nedvessel szemben, és az aeroszol ülepedés is csak jelentéktelen hányadot képez. Ezek az adatok arra utalnak, hogy az építőanyagok károsodásában is a száraz ülepedésnek van nagyobb szerepe. Ez annál is inkább így van, mert a porózus anyagok pórusaiba (amelyek vízzel nem telítettek) a gázállapotú anyag mélyebbre hatol, ugyanakkor nedves ülepedés során a felszíni folyadékfázisban megy végbe egy gyors reakció. Utóbbi járulékos károsító hatásként vehető inkább számításba.

Hensel (1985) a kén-dioxid és a nitrogén-oxidok betonban végbemenő reakcióit az 1. táblázatban összefoglaltak szerint adta meg. Amint a táblázatból kitűnik, a kén- és nitrogén-oxidok vízzel, oxigénnel és a beton alkáli- és alkáliföldfém hidroxidjaival reagálnak. A keletkező reakciótermékek közül a kalcium-szulfát vízben rosszul oldódik, a magnézium-szulfát közepesen, a többi só pedig jól oldódik. Az is jellemző még e sókra, hogy vizes közegben semleges, illetve gyengén savas kémhatással disszociálnak.

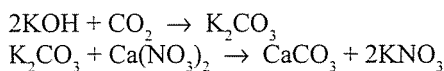
Az eddig ismertetett folyamatokon kívül lejátszódhatnak a következők is:

1. táblázat: A cementpépben, illetve cementkőben végbemenő reakciók víz, oxigén, kén-dioxid és nitrogén-oxidok jelenlétében (Hensel 1985)

Reakció a cementpépben	Reakció a cementkőben	Reakciótermékek
$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$	Ca(OH)_2	$+ \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{O}_2} \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $+ \text{NO}_x \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Ca(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O}$	Mg(OH)_2	$+ \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{O}_2} \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $+ \text{NO}_x \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Mg(NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
$\text{K}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	2KOH	$+ \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{O}_2} \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $+ \text{NO}_x \xrightarrow{\text{O}_2} \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
$\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$	2NaOH	$+ \text{SO}_2 \xrightarrow{\text{O}_2} \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $+ \text{NO}_x \xrightarrow{\text{O}_2} \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$



Ha egyidejűen szén-dioxid is van jelen, akkor a cementkő semlegesítődése jelentősen felgyorsul:



2. MODELLKÍSÉRLETEIK (PÉPKÍSÉRLETEK)

Az OTKA 3000 (A beton tartósságának elméleti kutatása) keretében – laboratóriumi kísérleteink során – portlandcementből, 20% pernyét, illetve 40% kohósalakot tartalmazó cementből és klinkerásványokból (C_3S , BC_2S , C_3A , C_4AF) készített péphasá-
bokon vizsgáltuk a SO_2 és NO_2 beépülésének mértékét.

Megfigyeltük, hogy SO_2 -os kezelés hatására a pernyét tartalmazó cementekkel készített mintákban a szulfácion tartalom 2,5-szerese, a portlandcement mintában 3-szorosa, a kohósalak tartalmú cementpépekben pedig 7-szerese volt az eredeti értéknek. A pernye tartalmú mintákon 180 napos kezelés után sem mutatkozott jelentős változás, míg a portlandcement mintákon 1 mm vastagságú sárgás-fehér sókivirágzást figyeltünk meg. Legjobban a kohósalak tartalmú cementminták károsodtak, ezeknek a felületéről 0,8-1 mm vastagságú réteg vált le. Mind a viszonylag jól tapadó sókivirágzás, mind a levált réteg fő tömege (75-85%-a) gipsz volt, amely részben a cementkő portlandit, részben a karbonát fázisából keletkezett (előbbi elfogyott, utóbbi mennyisége csökkent a termoelem-analitikai vizsgálatok szerint).

A kohósalak tartalmú minták kedvezőtlen viselkedése egybeesik más kutatók megállapításával, de az előbbi rétegleválást még nem mutatták ki.

Röntgendiffraktometriás vizsgálatok szerint a portlandcementtel, továbbá a kohósalak és pernyetartalmú cementekkel készített mintákban 90 napos korra szekunder ettringit fázis jelent meg. Ezzel egyidőben a kohósalak tartalmú minták monoszulfát fázisa csökkent.

A NO_2 térben kezelt cement- és klinkerásvány minták nitrácion- tartalma 180 napos kezelés hatására egyaránt 1,1-1,4% közötti volt. A kísérlet végére a C_3A - és C_4AF -minták szemmel látható károsodása is végbement, előbbieknél porlás, majd végül a próbatetek szétesése következett be, utóbbiak esetén pedig felületi mállás. A C_3A -minták porló rétege a részlete-
sebb vizsgálatok szerint monoszulfátból, C_3AH_6 -ból, kalciumkarbonátból, kalcium-hidroxidból és jelentős mennyiségű nitrátsóból állt.

Helyszíni vizsgálataink és laboratóriumi vizsgálataink eredményei megegyeznek abban, hogy vizes áztatás vagy eső hatására a nitrátsók a külső rétegből bizonyos mértékig kimosódhatnak.

A SO_2 és NO_2 együttes hatására vonatkozó szakirodalmi közlések nem egységesek, azon kísérleteink azonban, amelyek során NO_2 -dal előkezelt mintákat tettünk ki SO_2 hatásának, azok véleményét erősítik, akik szerint a NO_2 (illetve a nitrácionok) elősegítik a szulfácion beépülését.

Az előbbi cementekből és klinkerásványokból, továbbá szulfátálló cementből készített pép- és habarcschasá-
bokon vizsgáltuk a SO_2 és NO_2 behatolási mélységét. Ehhez a kísérlet-
hez a hasá-
b-
ok oldallapjait epoxigyanta alapú festékréteggel vontuk be, így a gázok csak a hasá-
b-
ok szabad végével érintkeztek.

A kísérletek eredménye szerint a szulfát- és nitrácionok beépülése a külső 5 mm-es mélységben volt a legnagyobb, ettől beljebb gyakorlatilag elhanyagolhatóvá vált, attól függetlenül, hogy kisebb porozitású pépről, vagy nagyobb porozitású habarcsról volt-e szó. Ez a megállapítás a szulfácionokat illetően egybeesik az építményeken szerzett tapasztalatainkkal. A nitrácionok beépülésének mértéke és mélysége csak nagyobb NO_2 koncentráció vagy hosszabb vizsgálati idő esetén érte volna el a helyszíni mérések értékét.

Az a megfigyelésünk, hogy a nitrácionok nagyobb mértékben csökkentik a pH-t, mint a szulfácionok, e kísérletekkel – a kohósalak tartalmú mintákat kivéve – igazolódott.

A különböző cementekkel készített habarcsok közül legnagyobb mértékben a kohósalak tartalmúak károsodtak mind SO_2 -os, mind NO_2 -os térben, és a kohósalak szulfátérzékenysége miatt e minták pH-ja SO_2 -os térben csökkent jobban.

A szulfátálló cementből készített műanyagbevonatos péphasá-
b-
ok a vizsgálati terekben kedvezően viselkedtek, feltételezhetően a cementek kisebb C_3A -tartalma miatt.

3. MODELLKÍSÉRLETEK (VASBETON KÍSÉRLETEK)

OTKA T 022067 (A levegő szennyezettségének hatása a vasbeton tartósságára) kutatás keretében végeztük e kísérleteket.

Közelítően C12 és C20 jelű beton próbahasá-
b-
okat készítettünk kohósalakot tartalmazó (CEM II/A - S 32,5) cementtel. A próbahasá-
b-
ok keresztmetszete 10 x 10 cm-es volt, amelyben a beton egyik felületétől 1, 2, illetve 5 cm-re 10 mm átmérőjű acélbetétet (esetenként kettőt) helyeztünk el.

A beton összetételét a 2. táblázat szemlélteti. Az adalékanyag osztályozott és mosott dunai homokoskavics volt, szemmegoszlása a B jelű határgörbét megközelítette.

Továbbiakban azokat a kémiai, fizikai, elektrokémiai vizsgálatokat foglaljuk össze, amelyekkel az acélbetét korrózióveszélyét próbáltuk megítélni.

3.1 Vizsgálati terek

Az agresszív gáztereket 200 literes műanyag kamrákban állítottuk elő, melyekbe – a megfelelő gázpalackokból (CO_2 , SO_2 és NO_2) – műanyag csöveken, rotaméter közbeiktatásával adagoltuk időszakosan a gázokat. A kamrák gáztartalmának egyenletességét a fedőlapra szerelt ventilátorokkal segítettük elő. A gázterek koncentrációja a kísérlet idején a következő értékek között változott:

CO_2 tér: 4 - 8 térfogat %
 SO_2 tér: 200 - 500 ppm
 NO_2 tér: 50 - 150 ppm

A kamrákban kialakított állványokon egyszerre 4 db betonhasáb tárolását lehetett úgy megoldani, hogy a próbatetek minden felülete szabadon érintkezze a gáztérrel. A vizsgálati mintákkal azonos anyagú és kialakítású összehasonlító (etalon) próbateteket laboratóriumi körülmények között, levegőn tároltuk.

2. táblázat: A kísérleti betonok összetétele

Jele	C12-16/KK	C20-16/KK
Cement, kg/m ³	240	370
Víz, kg/m ³	160	190
Adalékanyag, kg/m ³	1947	1784
Osszesen, kg/m ³	2347	2344
Finomsági modulus	5,6	5,6
d _{max} , mm	16	16

3.2 Oxidos kémiai vizsgálatok

E vizsgálatokkal azt mutattuk ki, hogy a levegő fő szennyezői hatására a beton, vasbeton kéregben milyen és mennyire mélyre ható kémiai folyamatok mennek végbe.

A 4 hónapig agresszív gázterekben, illetve laboratóriumban tárolt betonhasábok acélbetéttel átellenes felületéről 5-5 helyen, négy mélységből furatport vettünk. Egy hasáb esetén az azonos mélységekből származó részeket homogenizáltuk és a továbbiakban az adott mélységű rétegre jellemző mintaként kezeltük.

Valamennyi porminta esetén meghatároztuk a pH értéket, továbbá a NO_2 gázterben kezelték esetén nitrátion-tartalmat, a CO_2 térben tároltak esetén – izzítási veszteségek alapján – karbonáttartalmat, a SO_2 térben tárolt mintáknál pedig (a kötőanyag tartalom számításához) izzítási veszteséget, sósavban oldható részt és szulfátion tartalmat határoztunk meg. Az egyes gázterekre vonatkozó mérések – 2-2 próbatestből származó – átlagértékeket jelentenek.

A kémiai elváltozások jelenségét más oldalról is megvizsgáltuk. A cementkő fázisainak jellemzésére a 0-5 mm-es és 10-25 mm-es mélységből vett beton furatpor minták esetén a híg sósavban oldható SiO_2 - és CaO - tartalmat vizsgáltuk.

Az agresszív gázterek hatására végbemenő átalakulásokat – az oxidos elemzésen kívül – derivatográfias és röntgendiffrakciós módszerekkel is vizsgáltuk. Ehhez a kísérlet végén vett porminták közül a 0-5 és a 10-25 mm-es mélységből származókat használtuk fel.

A kémiai vizsgálatokból levont következtetések:

A betonhasábok a három agresszív gázterben a várakozásnak megfelelően viselkedtek: mindig a kisebb szilárdságú (C12) beton esetén mértünk nagyobb mértékű szennyeződést.

Legjelentősebb változást a SO_2 térbe helyezett próbatestek mutattak (3. táblázat) ahol a kisebb szilárdságú (C12) betonok felső, 5 mm-es rétegében a belső (25-40 mm-es) részekhez viszonyítva 10-szeres szulfátion tartalmat mértünk, míg a nagyobb szilárdságú (C20) betonoknál ez az érték kb. 4-szeres volt. A SO_2 behatolás és a szulfátion tartalom növekedése – mindkét esetben – még a 10-25 mm-es rétegben is jól mérhető volt: közel 1,5-szeres. A 25-40 mm-es mélységből származó furatpor minták szulfátion tartalma gyakorlatilag megfelelt a cement gipszkő tartalmának.

A NO_2 -os kezelés hatása hasonló volt (4. táblázat), itt is a legfelső rétegekben mért koncentráció volt a legnagyobb: 2,5 tömeg% nitrátionot tartalmazott a C12 jelű beton, a C20 jelű beton pedig 1,5 tömeg%-ot. A két érték aránya kb. 1,7 míg a szulfátionok esetén 2,8, ugyanazon rétegmélységet figyelembe véve.

A nagyobb szilárdságú beton mélyebb rétegeiben már csak igen kis nitrátion tartalmakat mértünk (0,1-0,01 tömeg%), tehát a C 20 jelű beton kisebb porozitása jelentősen fékezte a NO_2 diffúzióját. A kisebb szilárdságú betonban mért nitráttartalom csökkenése a rétegmélységgel az előbbinél ki-

3. táblázat: Négy hónapig SO_2 térben tárolt betonhasábok pormintáinak kémiai vizsgálati eredményei

Beton szilárdsági jele	Vizsgált réteg mélysége, mm	pH	Sósavban oldható rész	Izzítási veszteség	Szulfátion- tartalom	
					betonra vonatkozó	cementre vonatkozó
C12	0-5	9,19	19,53	5,14	5,17	35,9
	5-10	11,42	17,63	5,09	1,21	9,6
	10-25	12,32	16,30	4,77	0,55	4,8
	25-40	12,40	16,53	4,55	0,41	3,4
C20	0-5	10,52	25,80	6,47	2,45	12,7
	5-10	12,33	18,98	5,12	0,92	6,6
	10-25	12,41	20,31	4,67	0,72	4,6
	25-40	12,41	23,08	5,54	0,58	3,3

Beton szilárdsági jele	Vizsgált réteg mélysége, mm	pH	Nitrátion-tartalom, tömeg %
C12	0-5	10,05	2,5
	5-10	12,10	0,4
	10-25	12,47	0,15
	25-40	12,47	0,01
C20	0-5	11,20	1,5
	5-10	12,30	0,1
	10-25	12,48	0,07
	25-40	12,48	0,01

4. táblázat: Négy hónapig NO_2 térben tárolt betonhasábok pormintáinak kémiai vizsgálati eredményei

sebb mértékű volt, de a 25-40 mm-ről származó porminta nitrátion tartalma már ebben az esetben is 0,01 tömeg% volt.

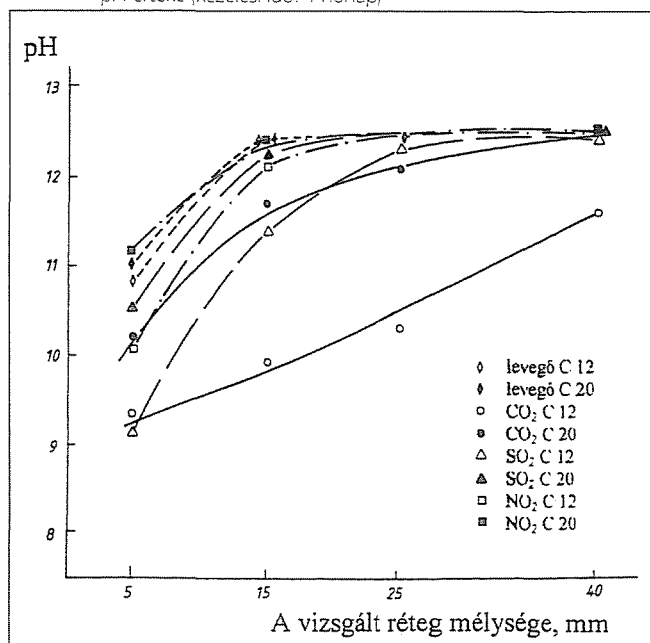
A CO_2 kezelés hatására bekövetkezett karbonátosodás (5. táblázat), amit az 500 és 900 °C közötti tömegveszteség mértékével jellemeztünk, csak kismértékű eltérést mutatott a két-féle beton esetén. A felső 5 mm-es rétegre vonatkozó érték 1,5, illetve 1,6 szorosa volt a 25-40 mm-es rétegének. A csekély különbséghez természetesen hozzájárult az is, hogy a nagyobb szilárdságú beton nagyobb cementtartalomból eleve több kalcium—hidroxid, s ennél fogva több karbonát is keletkezett.

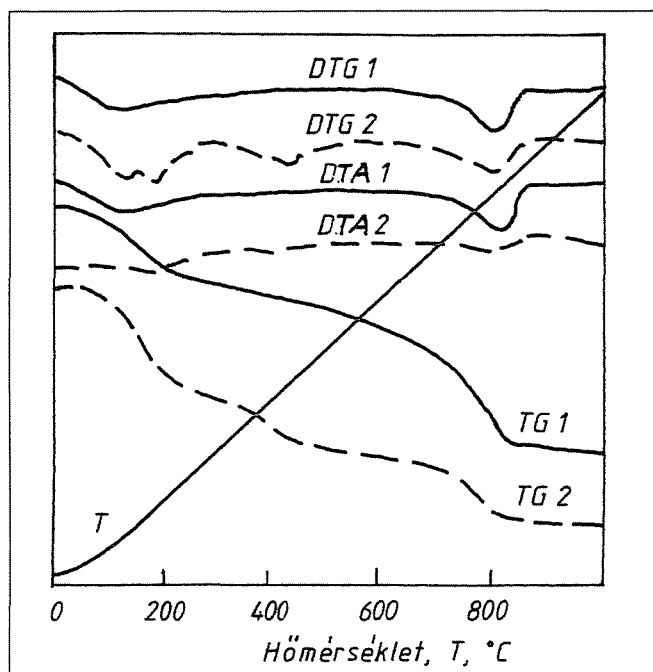
Amint a különböző mélységű rétegekből származó porminták pH értékét bemutató 1. ábrán jól látszik, legjelentősebb változás a CO_2 térben tárolt C12 jelű beton esetén következett be, ahol 25-40 mm-es mélységben is 12 alatt volt a pH. A SO_2 térben kezelt C12 jelű betonhasábok pH értéke szintén jelentős csökkenést mutatott.

A laboratóriumban tárolt hasábok is karbonátosodtak a legfelső, 5 mm-es rétegben (pH: 10,72, illetve 10,95), de ez alatt már 12,32, illetve 12,40 volt a porminták kémhatása, a betonok szilárdságától függetlenül. Gyakorlatilag hasonló értékeket mértünk a NO_2 -dal kezelt mintákon és a nagyobb szilárdságú, SO_2 -ban tárolt mintákon is.

A 0-5 mm-es és 10-25 mm-es rétegekben meghatározott, híg sósavval oldható CaO és SiO_2 mennyiségéből számított CaO/SiO_2 arány (6. táblázat), lényegesen különbözött az egyes tároló terek mintáinál. Míg a laboratóriumban tárolt beton próbatestek esetén a CaO/SiO_2 arány 3,2-3,6 közötti, azaz cementekre vonatkozó értékekhez közeli volt, addig a gázterekben –

1. ábra: Különböző gázterekben tárolt betonhasábok pormintáinak pH értéke (Kezelési idő: 4 hónap)





2. ábra: C12 jelű beton külső, 0-5 mm mélységű rétegről készített derivatogram. 1) levegőn tárolt, 2) SO₂-dal dúsított térben tárolt

változó nagyságban – ettől jelentősen eltért. A CO₂ kezelés okozta a legnagyobb változást: a kisebb szilárdságú beton mindkét vizsgált rétegében jelentősen megnőtt a CaO mennyisége a SiO₂-hez képest (14,3, illetve 14,7 az arány). A SO₂ kezelés a legkülső rétegben okozott hasonló nagyságú változást (16,9 az arány). A CaO mennyiségének növekedését a gázterekben tárolt többi beton külső rétegében is észleltük. Legkisebb változást itt a NO₂-os kezelés mutatott.

A derivatográfiás felvételek alapján a jó állapotú betonokra jellemző kalcium-hidroxid bomlási csúcsot a levegőn tárolt minták külső és belső rétegében egyaránt azonosítani lehetett, és a CO₂ térben tárolt mintát kivéve, a többi beton belső rétegében is.

Legjelentősebb változást a kis szilárdságú (C12), SO₂ térben tárolt beton külső rétegét bemutató derivatográfiás felvételen (2. ábra) észleltünk: lényegesen nagyobb intenzitású volt a gipszcsúcs, hiányzott a kalcium-hidroxid fázis, ugyanakkor 320-380° C között, feltehetően kalcium-alumínium-hidrát bomlási csúcsa jelent meg. (Utóbbi fázist – kis mennyiségben – a NO₂ térben tárolt, kis szilárdságú betonok külső rétegében is felismertük.) Az ábrán a szobalevegőn, illetve SO₂-dal dúsított térben tárolt minták derivatogramjait hasonlítottuk össze.

Ezek az eredmények jól egyeznek a röntgendiffrakciós felvételekkel. A röntgen felvételeken természetesen az adalékanyag kvarc tartalma dominált, valamint a karbonát fázis és az adalékanyag egyéb ásványos alkotói (albit, dolomit, stb.). Ettringitet egyetlen esetben sem tudtunk kimutatni. A

5. táblázat: Négy hónapig CO₂ térben tárolt betonhasábok pormintáinak kémiai vizsgálati eredményei

Beton szilárdsági jele	Vizsgált réteg mélysége, mm	pH	Izzítási veszteség, tömeg %	Kalcium-karbonát tartalomból származó tömegvesztesség, %*
C12	0-5	9,31	8,53	6,2
	5-10	9,95	7,00	4,2
	10-25	10,30	6,16	4,2
	25-40	11,60	5,88	4,1
C20	0-5	10,21	9,02	7,8
	5-10	11,70	8,37	6,7
	10-25	12,05	6,13	5,2
	25-40	12,45	6,01	4,9

Tároló tér	Beton szilárdsági jele	Vizsgált réteg mélysége mm	Számított CaO/SiO ₂ arány
Levegő	C12	0-5	3,6
		10-25	3,5
	C20	0-5	3,3
		10-25	3,2
CO ₂	C12	0-5	14,7
		10-25	14,3
	C20	0-5	9,2
		10-25	3,8
SO ₂	C12	0-5	16,9
		10-25	3,4
	C20	0-5	7,2
		10-25	3,5
NO ₂	C12	0-5	6,6
		10-25	3,5
	C20	0-5	3,7
		10-25	3,3

6. táblázat: A CaO/SiO₂ arány a különböző tároló terek, a beton minősége és a vizsgált réteg mélysége függvényében

diffraktogramok elemzése alapján a SO₂-dal kezelt minta külső rétegében alumínium-oxid-hidrát jellemző vonalait lehetett azonosítani, a NO₂-dal kezelt mintában pedig magnézium-nitrátét. Mindkét felismerés a kezelés hatására végbemennő jelentős fázisátalakulásokra utal.

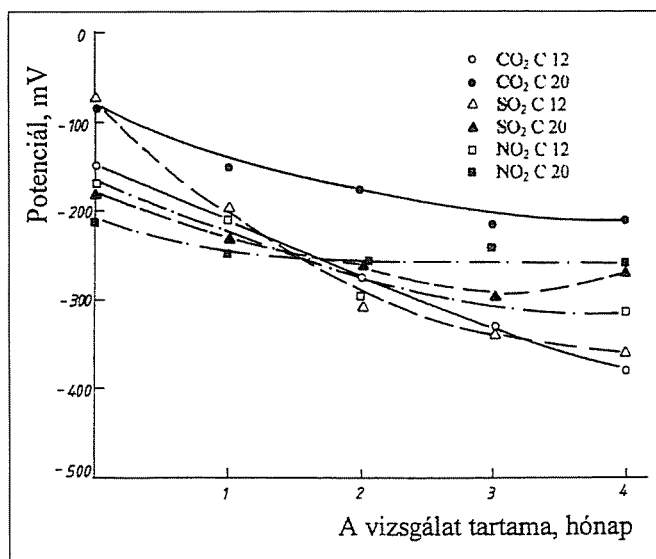
3.3 Fizikai jellemzők vizsgálata

A gázterekben tárolt betonhasábok egyik véglapja felől különböző mélységű szeleteket vágtunk, száraz szeleteléssel. Ezeket az egyes fizikai jellemzők (sűrűség, testsűrűség, vízfelvétel) vizsgálatához úgy készítettük elő, hogy a gázok behatolása okozta változást tanulmányozhassuk. A 0-10 mm-es, felső réteget teljes egészében felhasználtuk a vizsgálatokhoz, a 15-25, illetve 30-40 mm mélységűeknek viszont csak a külső, kb. 20 mm-es sáv eltávolítása után megmaradt részét. Ezeken a darabokon vízfelvételt, majd – a folyadék kiszorítás elve szerint – testsűrűséget határoztunk meg, porított részekben pedig piknométeres módszerrel sűrűséget mértünk. A vizsgálatok eredményét a (7. táblázatban) foglaltuk össze.

A különböző gázterekben tárolt betonhasábok rétegmintáinak fizikai jellemzői: testsűrűség, sűrűség, porozitás és vízfelvétel közül utóbbi mutatott egyértelmű és jellegzetes változást. A levegőn tárolt minták vízfelvétele - a szilárdságtól függően - 4,6-6,0 tömeg % közötti volt és a réteg mélységétől alig függött. Az agresszív gázterekben tárolt minták esetén mért értékek hasonló tendenciát mutattak, mint amit a CaO/SiO₂ arány változásánál észleltünk. Legjobban a CO₂-dal kezelt, C12

7. táblázat: Agresszív gázterekben tárolt betonhasábok szeletelt mintáinak fizikai jellemzői

Tároló tér	Beton szilárdsági jele	Vizsgált réteg mélysége, mm	Testsűrűség, kg/m ³	Sűrűség, g/ml	Porozitás	Vízfelvétel, tömeg %
Levegő	C12	0-10	2190	2,64	0,17	5,9
		15-25	2168	-	-	5,9
		30-40	2140	2,61	0,18	6,0
	C20	0-10	2280	2,59	0,12	4,6
		15-25	2278	-	-	4,7
		30-40	2261	2,57	0,12	4,6
CO ₂	C12	0-10	2201	2,62	0,16	3,2
		15-25	2185	-	-	4,6
		30-40	2175	2,62	0,17	4,7
	C20	0-10	2279	2,60	0,12	4,2
		15-25	2260	-	-	4,1
		30-40	2253	2,61	0,14	4,4
SO ₂	C12	0-10	2227	2,59	0,14	3,1
		15-25	2130	-	-	5,3
		30-40	2165	2,64	0,18	5,6
	C20	0-10	2288	2,60	0,12	3,8
		15-25	2260	-	-	4,2
		30-40	2253	2,62	0,14	4,1
NO ₂	C12	0-10	2236	2,60	0,14	3,2
		15-25	2190	-	-	4,9
		30-40	2184	2,60	0,16	5,9
	C20	0-10	2340	2,63	0,11	3,6
		15-25	2281	-	-	4,4
		30-40	2245	2,61	0,14	4,2



3. ábra: Különböző gázterekben tárolt betonhasábok acélbetéteinek potenciálértéke a vizsgálat tartama függvényében. (Kezelési idő: 4 hónap)

jelű beton esetén csökkent a vízfelvétel (még 30-40 mm-es mélységben is). A többi mintának csak a külső rétegében volt számottevő vízfelvétel csökkenés. Érdekes, hogy a NO_2 -os légterben tárolt minták esetén is hasonló változást tapasztaltunk, ahol viszont a CaO/SiO_2 arány csak kismértékben változott. A vízfelvétel-csökkenést, azaz a porozitás csökkenését a gázterek hatására képződő és a pórusokban lerakódó, főként kalcium-vegyületek okozták, mennyiségük növekedésében pedig a potenciálméréshez szükséges nedvesítésnek is volt szerepe.

3.4. Acélbetétek korróziós állapotának vizsgálata potenciálméréssel

A potenciálmérés elve

A potenciálvizsgálat során egy állandó feszültséget szolgáltató referencia elektróddal (általában réz/réz-szulfát elektróddal) szemben mérjük az acél polarizációját. A mért feszültség attól is függ, hogy a mérési hely környezetében a betonacél felülete mennyire tiszta. -200 mV-nál negatívabb potenciálértékek korróziós folyamatra utalnak, -500 mV-os értékek pedig már előre haladott mértékű korróziót jeleznek.

A mérés kivitelezése során az acélbetétet kábellel be kell kötni egy nagy bemeneti ellenállású feszültségmérőbe. Annak másik kábelét össze kell kötni a referencia elektróddal. A referencia elektród vége diafragmaként van kiképezve, azon keresztül létesítünk kapcsolatot a megnedvesített betonfelülettel, illetve a betonba ágyazott acélbetéttel. Természetesen a mérési adatok nem abszolút számok, azokat a beton minősége, a cementfajta, a nedvességi állapot, stb. is befolyásolja.

A vizsgálatra CANIN típusú készüléket használtunk.

A potenciálmérés eredményei

A potenciálváltozást ugyanazonokon a hasábokon vizsgáltuk, mint amelyeken a kémiai változásokat. A vizsgálat időtartama 4 hónap volt. A potenciálértékeket a hasábok bedolgozással ellentétes, sima felületén mértük, melyet előzetesen vízpermetezéssel megnedvesítettünk. 5-5 előre megjelölt ponton végeztünk mérést, havonta.

A különböző terekben tárolt kétféle betonon mért potenciálértékek időbeli változását a 3. ábrán tüntettük fel.

Az acélbetétek állapotát szemrevételezéssel is megvizsgáltuk. Erre a hasábok egyéb vizsgálatokból visszamaradt részeit használtuk fel (ezek körülbelül félhasábok voltak), amelyeket hosszanti irányban – a vasalás vonalában – elhasítottunk.

Tároló tér	Beton szilárdsági jele	A betonacél állapota	Egyéb megfigyelés
Levegő	C12	Felülete fémes	-
	C20	Felülete fémes	-
CO_2	C12	Keresztbordaikon rozsdás	Rozsda a beton felületén
	C20	Felülete enyhén rozsdás	Alig észlelhető rozsdás a beton felületén
SO_2	C12	Enyhén rozsdás	A beton felülete 2-5 mm mélyen sárga
	C20	Egyik hosszanti oldalon enyhén rozsdás	A beton felülete sárga
NO_2	C12	Felülete fémes	A beton felülete sárga
	C20	Felülete fémes	A beton felülete sárga

8. táblázat: 4 hónapig agresszív gázközegekben tárolt betonhasábok acélbetéteinek állapota szemrevételezéssel. Egyéb megfigyelések

A szabaddá vált acélfelület és a betonban visszamaradt lenyomat szemrevételezésével a (8. táblázatban) feltüntetetteket állapítottuk meg.

Laboratóriumi kísérleteink során már a kiinduló értékek -82 mV és -214 mV közötti viszonylag nagy negatív értékek voltak, amit sem a hasábok eltérő szilárdságával (porozitásával), sem az acélbetétek helyzetével (2 és 5 cm közötti mélységben voltak) nem lehetett indokolni. Ettől függetlenül a legnegatívabb potenciálértékeket a 4 hónapig CO_2 és SO_2 térben tárolt C12 jelű betonok esetén mértünk (-360 és -380 mV) és ebben az esetben volt a legnagyobb a potenciál változása is. A szemrevételezéssel nyert megfigyelések alátámasztották a vizsgálati eredményeket: ezekben a betonmintákban már elkezdődött a betonacél rozsdásodása, sőt rozsdanyomokat – a hasábok elhasítása után – már a betonon is észleltünk a vasalás nyomvonalában.

A NO_2 térben tárolt C12-es betonon mért potenciálérték alig haladta meg a -300 mV-ot, és szemrevételezéssel meg lehetett figyelni enyhe rozsdásodást, de az előbbieknél kisebb mértékűt: az acélbetét nyoma a betonban még rozsdától mentes volt.

Ezek a mérési eredmények és megfigyelések arra utalnak, hogy egy évesnél öregebb és kis nedvességtartalmú betonok esetén a betonacél korróziója még extrém mennyiségű agresszív gázt (SO_2 , NO_2), illetve CO_2 -ot tartalmazó környezetben is csak korlátozottan megy végbe. Itt a betonok csak annyi nedvességet kaptak, ami a potenciálmérés elvégzéséhez volt szükséges.

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az ipari termelés és a közúti közlekedés jelentősen terheli a levegőt elsősorban SO_2 (kén-dioxid), NO_x (nitrogén-oxidok) kibocsátása által. Modellkísérletekkel azt vizsgáltuk, hogy ez mennyire káros a vasbeton szerkezetekre (az acélbetét korróziójára).

Kutatásaink szerint a SO_2 -ból - a cement hidratációja során keletkezett kalcium-vegyületekkel való reakció révén - a beton külső kérgében gipsz keletkezik. Mennyisége függ a SO_2 koncentráció nagyságától, a hatás tartamától, a cement fajtájától (pépkísérleteink során pernyeporlandcement esetén 2,5-szeres, portlandcement esetén 3,5-szeres, kohósalak-portlandcement esetén 7-szeres gipsztartalmat mértünk a cementekben lévő, a kötésidő szabályozása céljából bekevert gipszhez viszonyítva) és a beton porozitásától (ami rendszerint annál nagyobb, minél kisebb a beton szilárdsága). Porózus betonban (pl. C12 jelű beton) a szulfáttartalom az eredeti érték 7 – 10-szeresére nőtt. Mennyisége legnagyobb a külső 5 mm-es rétegben; befelé rohamosan csökken. A keletkezett gipsz növeli a betonkéreg tömörségét, csökkenti a vízfelvételt, de – különösen kisebb szilárdság esetén - a felületi réteg szétmorzsolódását eredményezheti.

A NO_2 kezelés eredményeként a nitrátion koncentráció a beton 5 mm-es kérgében 2,5 m% (C12 jelű beton), illetve 1,5 m% (C20 jelű beton) volt. A porozitástól egyértelműen függött a behatolás mélysége is. A beton kérgében keletkezett vegyületek ebben az esetben is megnövelték a tömörséget, ami a vízfelvétel csökkenését eredményezte.

A légszennyező anyagok okozta kémiai átalakulások hatása a CaO/SiO_2 arány változásában is megnyilvánul. Laboratóriumban tárolt próbatestek külső kérgében ez az arány 3,2 – 3,6 közötti, ugyanakkor SO_2 kezelés hatására 16,9, CO_2 hatására kb. 14, míg NO_2 hatására csak maximum 6,6 volt.

Az alkalmazott kísérleti körülmények között legnagyobb mértékű pH csökkenés a CO_2 térben kezelt betonok esetén következett be (a C12 jelű beton 25-40 mm-es rétegében is 12 alatti volt), legkisebb pedig a NO_2 hatására.

A potenciálmérés eredményei összhangban voltak a kémiai vizsgálatokkal és a pH-mérés eredményeivel: legnegatívabb potenciált és egyúttal a legnagyobb változást a C12 jelű, CO_2 térben tárolt betonokon mértünk, ahol az acélbetétek rozsdásodása már szemmel láthatóan is elkezdődött. Feltételezhető, hogy legalább C20 jelű betonban, legalább 20 mm betonfedés és kis nedvességtartalom esetén nem következik be az acélbetét korróziója még extrém mennyiségű légszennyeződés hatására sem.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Kutatási Alapnak kutatásaikhoz az OTKA 3000 és OTKA T022067 sz. szerződéssel nyújtott támogatásért.

6. HIVATKOZÁSOK

- Hensel W. (1985): „Chemische Reaktionen von Atmosphärien mit Zementgebundenen Baustoffen” *Betonwerk und Fertigteil Technik*, 11. 714-721. 1985
- Scholl E. – Knöfel D. (1991): „Der Einfluss von Luftschadstoffen auf Betonwerke”. *Beton*, 1.17-21. 1991
- OTKA T 022067 Balázs Gy. – Csányi E. (2001): „A levegő szennyezettségének hatása a vasbeton tartósságára”, Budapest, 2001
- OTKA 3000 Balázs Gy. – Csányi E. (1994): „A beton tartósságának elméleti kutatása” Budapest, 1994

Dr. Balázs György (1926) okl. mérnök (1950), a műszaki tudomány doktora (1983), az Építőanyagok Tanszékének vezetője (1976-91), nyugalmazott egyetemi tanár (1996). Fő érdeklődési területei: építőanyagok, betontechnológia, betonelmélet, tartósság, vasbetontörténet, amelyekből 12 könyve, 6 könyvrészlete, 230 szakcikkje jelent meg.

Csányi Erika (1945) okl. vegyész (JATE, Természettudományi Kar Szeged), műszeres kémiai analitikai szakmérnök (BME Vegyészmérnöki Kar). 1974-84-ig az Építéstudományi Intézet Vegyészeti Osztályán, majd 1984-től a BME Építőanyagok Tanszékén tudományos munkatárs. Fő szakterületei: építési kémia, építőanyagok korróziója és védelme.

THE EFFECT OF AIR POLLUTION ON THE DURABILITY OF CONCRETE

Prof. György Balázs – Erika Csányi

Due to the increase in the industrial production, the road traffic etc. the worsening of the quality of the air has reached such an extent that international congresses deal with its harmfulness to health. The decrease of air pollution is tried to be achieved through laws, regulations and fines. The materials causing air pollution also have an effect on our reinforced concrete structures towards what until now we did not pay much interest. Using model experiments we showed that what kind of changes make in concrete the SO_2 and NO_2 concentration (content) of air and pointed out the expectable dangers of rebar corrosion.

A MAGYAR CEMENTIPARI SZÖVETSÉG ÁLTAL KIÍRT 2001. ÉVI BETONÉPÍTÉSZETI-DÍJ EREDMÉNYEI

A pályázatra hét pályamű érkezett, hat felelt meg a pályázat kiírásainak, amelyek közül a következő négy nyert pályadíjat.

(A pályázatok alábbi ismertetését, ill. értékelését a Magyar Cementipari Szövetségtől kaptuk.)

Tolcsvai borfeldolgozó üzem

(300.000,- Ft pályadíj)

Tervezők: Sugár Péter – Selényi György

Már a tervezés programja is – igen helyesen – igényli az épület funkció történelmi megoldásokra való utalását, a maximális technológiai hatékonyság mellett. A terv valóban elérte, hogy a vasbeton a logikus és kedvező megoldású struktív funkció mellett építészeti tér és formaképző szerepet is kapjon, ami elsősorban a szegmensíves lefedésű technológiai helyiségeknél szembeötlő. Az eltérő felületképzések sem disszonánsak az anyagszerűség és struktív jelleg egységes, emellett mutatói is jók.

Gyaloghíd az M1-M7 autópályára

(200.000,- Ft pályadíj)

Tervező: László Viktor

A korrektül megoldott terv formai alakítása összhangot mutat a fellépő erőjátékkal, bár egyes részletek ennek érvényesülését csökkentik. Például a pillérfejezetek emelkedő alsó élének vonalát a peremgerendák szegmensívének induló vonalát folytatja, de függőleges síkbeli eltolt helyzetük miatt a jelentős fény-árnyék különbségek zavarják.

Zalalövő – Bajánsenye, feszített vasbeton völgyhídjai

(300.000,- Ft pályadíj)

Tervezők: Becze János – Fodor József – Mihalek Tamás – Wellner Péter

Nemzetközi viszonylatban is jelentős és figyelemre méltó műtárgy, mely rendkívül átgondolt vonalvezetési, szerkezeti és építéstechnikai, esztétikai vonatkozást tartalmaz, kiterjedve a környezet rehabilitációjára is, melyekre a műleírás precízen kitér. Talán a függőleges támasz megjelenése ami túl robusztus.

PRAKTIKER áruház és irodaház

(200.000,- Ft pályadíj)

Tervezők: Kiss Gyula – Angyal György – P. Szeiler Éva – Dr. Tóth László

Az épület egy exponált beépítésű nagy együttesek közötti épület egy részletét tartalmazza, melynek sajátos funkciója a figyelem és a beazonosítást elősegítse. Ezt egy sajátos elliptikus vízszintes metszésű kónikus térrel és tömeggel kívánta megoldani, ami sikerült is. A szerkezet sajátos monolitikus technikát igényelt, melynek akadnak vitatható szerkezeti és esztétikai (gerendakiosztás) részletei.

Gratulálunk a díjazottaknak.

„EUROCODE 6 – TÉGLAFALAZATOK” KONFERENCIA
2001. NOVEMBER 6.,

ECE CENTER, BUDAPEST V. BAJCSY ZS. ÚT 12.

Jelentkezni lehet: Wienerberger Téglaiipari Rt., Fax: 464 7030/312

IDŐPONT	CÍM	ELŐADÓ
10:00 – 10:10	Köszöntő	Dr. Dulácska Endre, prof. emeritus
1.SZEKCIÓ: AZ EUROCODE 6 JELENTŐSÉGE		
Szekcióelnök: Dr. Balázs L. György, egyetemi tanár		
10:20 – 10:45	Mit kíván a magyar tervező az EU-konformitás érdekében?	Dr. Korda János, a Magyar Mérnöki Kamara alelnöke
10:45 – 11:05	Európai szabványok, EUROCODE, EUROCODE 6	Prof. Oscar Pfeffermann, az IBN (Belgium) „Falazatok” szabvány műszaki bizottság elnöke
11:05 – 11:25	K Á V É S Z Ü N E T	
2.SZEKCIÓ: AZ EUROCODE 6 ALKALMAZÁSA		
Szekcióelnök: Dr. Korda János, a Magyar Mérnöki Kamara alelnöke		
11:30 – 11:55	Az EUROCODE 6 Magyarországon, változások, előnyök, hátrányok	Dr. Dulácska Endre, prof. emeritus
11:55 – 12:30	Az EUROCODE 6 bemutatása, méretezési elvek, méretezési példák	Dr. Sajtos István, egyetemi docens
12:30 – 13:00	Kérdések, hozzászólások	
13:00 – 14:00	E B É D	
3.SZEKCIÓ: A TÉGLAFALAZATOK FEJLŐDÉSE, JÖVŐJE		
Szekcióelnök: Prof. Oscar Pfeffermann, az IBN (Belgium) „Falazatok” szabvány műszaki bizottság elnöke		
14:05 – 14:30	Az építőanyagok szerepe a téglafalazatokban	Dr. Józsa Zsuzsanna, egyetemi docens
14:30 – 14:45	Nyugat-európai alkalmazási példák: vasalt téglafalazatok, új lehetőségek a téglafalakkal	Prof. Oscar Pfeffermann, az IBN (Belgium) „Falazatok” szabvány műszaki bizottság elnöke
14:45 – 15:30	Téglafalazat teherbírása, különös tekintettel az EC 6-ra és a csiszolt téglákra	Dipl.Ing. Georg Pommer, Oberbaurat
15:30 – 15:45	Kérdések, hozzászólások	
15:45 – 16:05	K Á V É S Z Ü N E T	
4.SZEKCIÓ: TAPASZTALATOK		
Szekcióelnök: Dr. Dulácska Endre prof. emeritus		
16:25 – 16:45	Miért szeret egy építési vállalkozó téglából építeni?	Labancz Károly okl. építészmérnök, okl. építőmester
16:45 – 17:30	Tapasztalatok, tervezési-méretezési kérdések, tanulságos káresetek, stb.	Rövid ismertetések jelentkezés alapján
17:30 – 17:45	Z Á R S Z Ó	Dr. Petró Bálint, egyetemi tanár
17:45 – 18:45	K Ö T E T L E N B E S Z É L G E T É S	

Tisztelt Partnerünk!

Ezúton tájékoztatjuk Önöket, hogy anyavállalatunk, a „Holderbank” csoport elérkezettnek látta az időt, hogy piacainkon, környezetünkben, partnereink és versenytársaink előtt egységes hangon, új arculattal mutakozzon be. A megváltozott, világszintű arculati megjelenés új fejezetet nyit a „Holderbank” történetében, amely a cement-, a kavics- és a betontermelés egyik, világszínvonalon is vezető vállalata. A cégcsoport részvényeseinek közgyűlése jóváhagyásával 2001. május 21-től kezdve a „Holderbank” csoport és anyavállalat hivatalos neve: Holcim Ltd. Büszkék vagyunk arra, hogy az elmúlt években elért eredményeink alapján cégünk, a **Pannoncem Cementipari Részvénytársaság** első között vesz részt a világszintű arculatváltás végrehajtásában. Ennek megfelelően cégnevünk:

Holcim Hungária Cementipari Részvénytársaság

rövidítve: Holcim Hungária Rt. elnevezésre változik 2001. június 21-től.

Az arculati változást az alábbi szöveges és képi megjelenés foglalja magába:



A név és a logo mellett új jelmondat is támogatja e megújult arculatot:

Szilárd, megbízható alapokon.

amely eredetileg angolul így hangzik:

Strength. Performance. Passion.

Az új, egyszerű vállalatnév emlékeztet a „Holderbank” örökségre – „Hol” -, valamint tükrözi a vállalat fő tevékenységét, a cementgyártást – „cim” (franciául „ciment”).

Az új logo nyitottságot, globalitást jelképez, és a múltira emlékeztető stilizált „H” betűvel megjelenő „C” betű a cementre és a betonra (angolul: concrete) is utal.

A versenytársainktól megkülönböztető melegszerű élénk piros lett az elsődleges stratégiai színünk.

Az új jelmondat magában foglalja a vállalati gyakorlatot és az ügyfeleink iránt tanúsított kötelezettségeinket, és utal

- alaptermékeink (cement, beton) és vállalatunk szilárd alapjaira, infrastruktúrájára és munkaerejére (Strength – erősség, szilárdság)
- az elért eredményeinkre, jövőbeli sikereinkre, a megbízható pénzügyi háttérünkre és vevőkapcsolataink fejlesztését szolgáló újító megoldásokra – (Performance – teljesítmény)
- vállalatunk szellemiségére és vitalitására, a tudás és az ismeretszerzés megosztásán alapuló lelkes feladatvállalásra, szilárd elkötelezettségre, melynek forrása a vállalati környezet és annak folyamatos, fenntartható fejlesztése – (Passion – szenvedély, elkötelezettség)

Új céljaink elérése érdekében olyan sikertényezőket fogalmaztunk meg, amelyek központjában a kreatív, az elképzeléseket megvalósító ember áll:

- Újító megoldások a vevőkapcsolatok fejlesztésére
- Munkavállalóink elkötelezettsége és megbízhatósága
- Nyitott és együttműködő környezet
- Jövőbe tekintő szervezet
- Elkötelezettség a fenntartható fejlődés iránt
- Szilárd pénzügyi háttér

Büszkék vagyunk múltunkra, bízunk a jövőben, abban, hogy a szilárd alapokon működő világszintű vállalat-csoport elismert tagjaként fogunk tevékenykedni Magyarországon.

Hiszünk abban, hogy mindezek a célkitűzések világos és érthető formában Önökhöz is eljutnak, és segítenek eddigi kapcsolatainkat új alapokra helyezni, ami által kölcsönös előnyökre és együttműködésre épülő partnerkapcsolatunk továbbfejleszthető.

Őszintén reméljük, hogy a jövőben is kitüntetett üzleti partnereink sorában köszönhetjük Önöket, amellyel hozzájárulnak törekvéseink megvalósításához.

A legfrissebb információkért keressék fel honlapunkat a www.holcim.hu címen.

Budapest, 2001. június

Üdvözlettel:

Panyi László s. k.
elnök-igazgató



Holcim Hungária Rt.
Igazgatóság
1121 Budapest, Budakeszi út 36/c.
1395 Budapest, Pf.: 458
Telefon: +36 1 398 6000
Fax: +36 1 398 6013

Hejőcsabai Cementgyár
3508 Miskolc, Fogarasi u. 6.
3501 Miskolc, Pf.: 21
Telefon: +36 46 561 600
Fax: +36 46 561 601

Lábatlani Cementgyár
2541 Lábatlan, Rákóczi u. 60. Pf.: 17.
Telefon: +36 33 461 788
Fax: +36 33 461 953

www.holcim.hu

Holcim: Átöleljük a földgolyót.

Holcim az új neve annak a csoportnak, mely a világ több mint 70 országában van jelen. Amit 90 éve Svájcban kezdtek el – és hosszú ideig „Holderbank” néven volt ismert, – mára a világ egyik vezető cement, kavics és beton előállítójaává vált. Munkatársaink közreműködésével, termékeink felhasználásával hidak, aluljárók, utak, házak és kereskedelmi létesítmények épülnek, melyek nem csak területeket, hanem kultúrákat is összekötnek.

Ma pedig egységes, új arculatot öltve átöleljük a földgolyót. Szilárd, megbízható alapokon.



Holcim Hungária Rt.
Igazgatóság
1121 Budapest, Budakeszi út 36/c.
1396 Budapest, Pf.: 458
Telefon: +36 1 398 6000
Fax: +36 1 398 6013

Hejőcsabai Cementgyár
3508 Miskolc, Fogarasi u. 6.
3501 Miskolc, Pf.: 21
Telefon: +36 46 561 600
Fax: +36 46 561 601

Lábatlani Cementgyár
2541 Lábatlan, Rákóczi u. 60. Pf.: 17.
Telefon: +36 33 461 788
Fax: +36 33 461 953

www.holcim.hu

