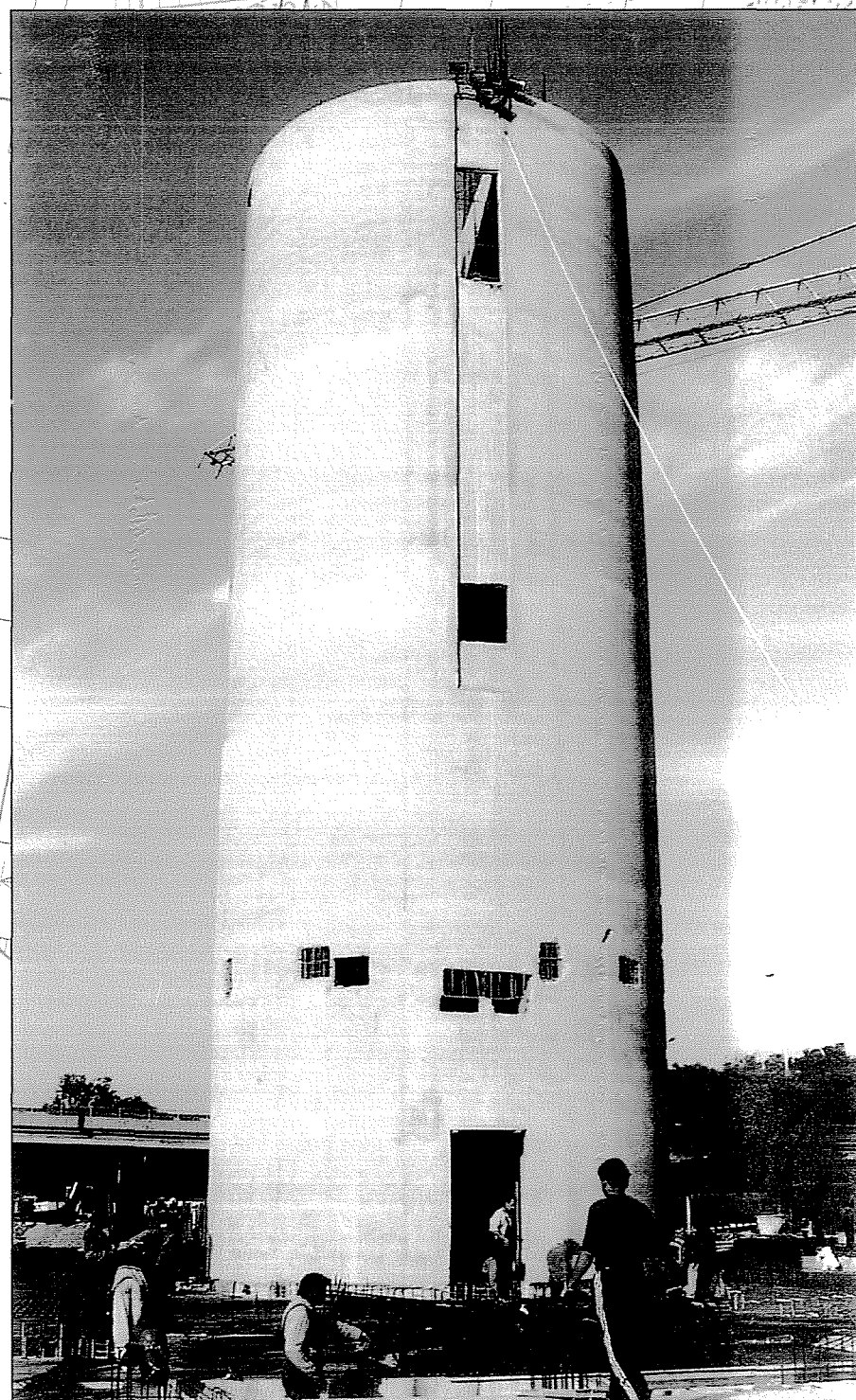


VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**



Dr. Orosz Árpád

A műszaki ellenőrzéssel és minősegbiztosítással kapcsolatos gondolatok

34

Dr. Draskóczy András

A nyirási méretezés változó szabályozásának fő irányai

36

Dr. Balázs György – Csányi Erika
– Balázs L. György

A levegő szennyezett-ségének hatása az acél-betétek korróziójára – esettanulmányok 2.

44

Dr. Almási József – Erdei György
– Édes Imre – Koncz Lóránt –
Dr. Orosz Árpád

A törökszentmiklósi 800 vagonos gabonasi-ló megerősítése pp mű-szál-adagolású lövellt betonnal

50

Dr. Gilyén Jenő

Nyíró igénybevétel a vasbetonépítésben

58

2002/2

IV. ÉVFOLYAM 2. SZÁM

A MAPEI Kft. 1991 óta forgalmaz Magyarországon építési segédanyagokat, az alábbi témakörökben:

– Betonjavító anyagok

- Cementbázisú kézihabarcsok
- Lövelltbetonozás segédanyagai
- Bevonatok, felületvédelem

– Adalékszer

- Adalékszer öntömörödő betonhoz
- Vízalatti betonozás segédanyagai

– Szénszálas megerősítő rendszer

– Hidegburkolási segédanyagok

- Ragasztók
- Fugázók

– Melegburkolási segédanyagok

- Aljzatelőkészítés
- Ragasztók

Tevékenységünk, fejlesztéseink során mindig a legmagasabb minőség elérését tartjuk, szem előtt, a gazdaságossági és a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével. A **MAPEI S.p.A.** és a **RESCON AS** rendelkeznek az **ISO 9001** és **ISO 14001** szerinti tanúsítvánnyal, a **MAPEI Kft.** pedig az **ISO 9002-es** tanúsítvánnyal.

Szaktanácsadással, technológiával és minden igényt kielégítő termékeinkkel állunk partnereink rendelkezésére.



OSLOFJORD kapcsolat

26,5 km tengerfenék alatti alagút

- kötésgyorsítók és egyéb adalékszerkeklövelt betonozáshoz
- kihorgonyzó habarcsok rugalmas védőbevonat alagutakhoz

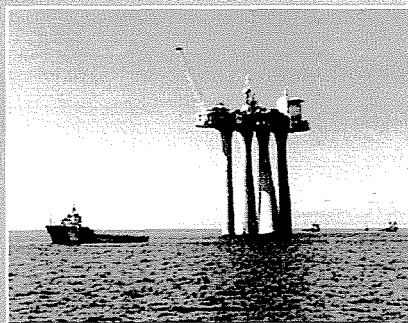
Több mint száz, a legnagyobb kihívást jelentő víz alatti technológiával épített híd olajvezeték, olajfűrótorony

- Beton adalékszer
- Vízalatti betonjavítás, világszerte szabadalmaztatott saját technológiával,
- Kábelinjektálás



220 MPa nyomószilárdságú, különleges receptúra alapján készített, lágyvasalás nélküli előregyártott elemek az EDF számára

– MAPEFLUID X404

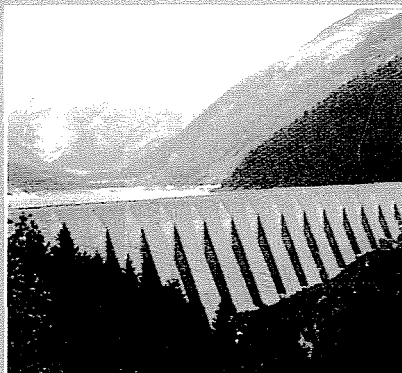


Troll tengeri olajfűrótorony

- Adalékszer
- Javítóhabarcsok
- Epoxy ragasztó és injektáló anyagok

Malga-Bissina duzzasztógát

– MAPEI betonjavító rendszer



Szészálas megerősítő anyagok

– MAPEI FRP rendszer

MAPEI Kft.

2040 Budaörs, Sport u. 2–4. Tel. 23/501-650; Fax: 23/501-666

Internet: www.mapei.hu E-mail: mapei@mapei.hu

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Madaras Botond

Szerkesztőbizottság:

Beluzsár János

Dr. Bódi István

Csányi László

Dr. Csíki 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

Lektori 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, Műegyetem 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: Damokos Ádám

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

Hirdetések:

Külső borító: 120 000 Ft,

belső borító: 100 000 Ft.

A hirdetések felelőse:

Telekiné Királyföldi Antónia

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

Cimlapfotó:

Az épülő Volán autóbusz pályaudvar és
irodaház, Budapest, Népliget

TARTALOMJEGYZÉK

- 34** Dr. Orosz Árpád
A műszaki ellenőrzéssel és minőségbiztosítással kapcsolatos gondolatok
- 36** Dr. Draskóczy András
A nyírási méretezés változó szabályozásának fő irányai
- 44** Dr. Balázs György – Csányi Erika – Dr. Balázs L. György
A levegő szennyezettségének hatása az acélbetétek korróziójára – esettanulmányok 2.
- 50** Dr. Almási József – Erdei György – Édes Imre –
Koncz Lóránt – Dr. Orosz Árpád
A törökszentmiklósi 800 vagonos gabonasiló megerősítése pp műszál-adagolású lövellt betonnal
- 58** Dr. Gilyén Jenő
Nyíró igénybevétel a vasbetonépítésben
- 63** **Javaslati felhívás Palotás László-díj odaítélésére 2002-ben**
- 64** Rege Béla
Rövid beszámoló az Osztrák betonnapok 2002 rendezvényéről

A folyóirat támogatói:

Ipar Műszaki Fejlesztéséért Alapítvány, Vasúti Hidak Alapítvány,
ÉMI Kht., Hidépítő Rt., MÁV Rt., MSC Magyar Scetauroute
Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft., Pfleiderer Lábatlani Vasbetonipari Rt.,
Pont-Terv Rt., Uvaterv 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

A MŰSZAKI ELLENŐRZÉssel ÉS MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSSAL KAPCSOLATOS GONDOLATOK



Az elmúlt években a társadalmi átalakulással együtt az építőipar szerkezete, felépítése is alapvetően megváltozott. A nagy tervező és kivitelező vállalatok megszűntek, sok kis és közepes magánvállalkozás jött létre, az állami beruházások helyett a magántőke – külföldi és hazai – jelent meg. A külföldi tőke és a kapcsolódó vállalatok – a megvalósult létesítmények tapasztalatai szerint – a műszaki ellenőrzést is saját maguk szervezték meg, ugyanakkor a hazai, különösen a kisvállalkozások által végzett építőipari tevékenység keretében szervezett műszaki ellenőrzés háttérbe szorult, feladata is bizonytalanra vált.

A megváltozott gazdasági és társadalmi körülmények, valamint az európai gazdasági közösséghez való csatlakozás által előírt minőségbiztosítási rendszer kiépítése szükségessé teszi a műszaki ellenőrzés szervezett felépítésének, a tevékenységi kör, a jogállás és felelősség, a feladat ellátásához megkívánható szakmai képzettség színvonalának a meghatározását is.

Felvetődik az a kérdés, hogy a műszaki ellenőrzés új alapokra fektetése elegendő-e a minőségbiztosítási követelmények teljesítéséhez. Egy kifejezetten szakmai folyóiratnak nem feladata állami rendelkezések elemzése, ezért itt csupán az alapelveket és az ezekhez kapcsolódó gondolatokat ismertetjük.

Az építőiparban tervezési, kivitelezési és üzemeltetési hibákat különböztetnek meg. Egy építmény megvalósítása során a tervezés és kivitelezés hiányosságainak a feltárása az elsődleges feladat, az üzemeltetési hibák, a használati tapasztalatok elemzése a rendszeres karbantartás, ill. a javítás keretében vetődik fel. Az építmény – egyedi termék – az elvárt élettartam hosszú (50-100 év), és nem cserélhető, ezért többszörös műszaki ill. minőségellenőrzésre van szükség, ezek az

- építtető saját ellenőrzése
- a vállalkozó belső ellenőrzése és
- független külső ellenőrzés.

Ennek a hármas ellenőrzési rendszernek a kiépítése a jövő feladata.

A hiba felderítésével kapcsolatos vizsgálatok azt mutatták, hogy szervezett ellenőrzésnél a hibák 80-90%-a feltárható, azonban tudomásul kell venni, hogy átlagosan a hibák 15%-át a leggondosabb ellenőrzés sem képes kimutatni.

A károsodások és az okok elemzése során rámutattak arra, hogy ezek elkerülésére vonatkozó műszaki szabályzatok, előírások stb. szervezési és személyi (pl. oktatási) intézkedések eredményeként – amelyek bizonyos mértékű, a társadalom által elfogadott kockázatot tartalmaznak – a káresetekben való részesedés, ill. oka 25%-os, a kár összege 10%-os. A károk keletkezése során azonban az emberi tévedésnek döntő szerepe van, ugyanis a káresetek számának 75%-a, a kár összegének 90%-a erre vezethető vissza.

Alapvetően fontos tehát az ellenőrzésben résztvevő megfelelő szakmai felkészítése és kiválasztása.

A meghibásodások elhárításának stratégiája kettős, nevezetesen:

- a hibát a keletkezésénél kell feltárni,
- a hibát azonnal ki kell javítani.

A költségelemzések azt mutatták, hogy ha az azonnali hibajavítás költsége egyszeres, akkor a későbbi ötszörös, az üzemeltetés alatti javítás már százszoros is lehet.

Az építőipari hibák vizsgálata (francia adatok) azt mutatta, hogy a költségekre való hatásuk az alábbiak szerint oszlik meg:

– tervezés:	43%
– kivitelezés:	43%
– anyaghiba:	6%
– számítási hiba:	8%

A tervezési hibák gyakorisága ugyan alacsonyabb, mint a kivitelezésé, azonban költségkihatása azonos mértékű, ezért az ellenőrzés fontossága is azonos súlyú. A tervezési hibák közül a részlettervek, csomópontok hibáinak költségkihatása 60% körül van, ezek ellenőrzésére kell tehát nagyobb figyelmet fordítani. Mind a külföldi, mind a hazai vizsgálatok (Mentesné) azt bizonyítják, hogy az építési hibák jelentős része, mintegy 60%-a már építés közben, kb. 80%-a az első 5 évben jelentkezik, és 10 év után már gyakorlatilag nem fordulnak elő. Ez a tény rámutat az építés alatti műszaki ellenőrzés fontosságára, ez azonban jelenleg elsősorban a kivitelezés hiányosságainak a feltárására irányul és alig terjed ki a tervezési hibák vizsgálatára.

A jól működő minőségbiztosítási szervezett ellenőrzés kialakítása során a legfontosabb ellenőrzési elveket kell figyelembe venni, amelyek az alábbiak:

- a teljesség,
- a szakszerűség,
- függetlenség.

Az építés alatti műszaki ellenőrzésre ezek az elvek részben teljesülnek, javítani kell pl. a beépített anyagok minőségének vizsgálatára, az eredmények igazolására vonatkozó módszerekben. (pl. transzportbeton helyszíni ellenőrzése)

A műszaki ellenőr feladatait, hatáskörét, jogait, kötelességét és felelősségét ma elsősorban az építtetővel kötött szerződésben kell meghatározni. A tervezési hibák feltárása területén az alapelvek már kevésbé érvényesülnek és elsősorban az egyébként mindenütt nélkülözhetetlen önellenőrzésre hagyatkoznak. Megnehezíti a tervellenőrzés megszervezését – a jelenlegi tapasztalatok szerint – a közreműködők számának növekedése, a beruházói igény pontatlan megfogalmazása, esetenként a kivitelezés közbeni változások bejelentése. Az építés alatt közreműködő műszaki ellenőrtől ugyanakkor elvárják a – nem kellő mértékben ellenőrzött – terv szerint kivitelezés biztosítását. A közeljövőben meg kell fogalmazni a tervek ellenőrzésére vonatkozó alapelveket és meg kell határozni a gyakorlati végrehajtással kapcsolatos ajánlásokat, módszereket.

Az építőiparban a szervezett minőségbiztosítási rendszer akkor lesz teljes körű, ha az ellenőrzés mind a tervezésre, mind a kivitelezésre kiterjed.

Jelenleg a rendkívül szoros határidőknek és az anyagiaknak kiszolgáltatott tervező – saját jól felfogott érdekében – megteheti, hogy a minőségbiztosítás érdekében előírja az általa kiemelten fontos részek fokozott mértékű, személyes ellenőrzését, az eredmények visszajelzését, azaz mit, milyen módon kell megvizsgálni és ezt kinek kell értékelnie. Megjegyezzük, hogy a tervellenőrzéssel kapcsolatos gondok nem kizárólag hazai eredetűek és a nemzetközi együttműködésben is jelentkeznek.

A szervezett minőségbiztosítási rendszer tulajdonképpen azt igényli, hogy az ellenőrzés a beruházás kezdetétől a befejezéséig működjék.

Természetesen felvetődik, hogy az ellenőrzés mennyibe kerül és ezt ki fedezze? A tapasztalatok szerint a beruházás összegének 1,5-3%-át érdemes a szervezett ellenőrzésre fordítani, ezzel a károk összege 60%-al csökkenthető, ennél nagyobb ráfordítás már nem gazdaságos. Ez lényegében összhangban van azzal az általános gyakorlattal, amely a beruházás összegének 5%-át a hibák javítására tartalékolja. Ha ebből 3%-ot az ellenőrzésre fordítanak, akkor a hibák egy része megelőzhető és nem utólag kell azokat javítani, azaz ugyanazért az összegért lényegében jobb létesítményt kap az építtető.

Nyilvánvaló, hogy a költségek viselésében a beruházónak jelentős részt kell vállalnia, ugyanis érvényesülnie kell annak az alapelvnek, amely szerint "a kockázat azé, akié a haszon". Ugyanis "a haszon" az építtetőnél jelentkezik, a közreműkö-

dők csak a tevékenységük arányában részesülnek a haszonból és így a kockázat- és felelősségvállalás is közel ilyen arányú lehet.

Jelenleg a közreműködő vállalkozóknak kell biztosítaniuk a minőségellenőrzéssel kapcsolatos követelmények teljesítését és ennek költségei is őket terhelik. Véleményünk szerint tudatosítani kell az építtetőben, hogy a fokozott minőség-ellenőrzés elsősorban az ő érdeke és ennek költségeit is vállalnia kell. Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a szervezett minőségbiztosítás körvonalai az építésbiztosítási rendszer egyidejű bevezetésével, kialakulóban vannak, a közeljövő legfontosabb feladatai a tervellenőrzés módszereinek kidolgozása és bevezetése, továbbá az építtető pénzügyi fedezetvállalásának tudatosítása.

Dr. Orosz Árpád

ny. egyetemi tanár

BME Hidak- és Szerkezetek Tanszéke

A NYÍRÁSI MÉRETEZÉS VÁLTOZÓ SZABÁLYOZÁSÁNAK FŐ IRÁNYAI



Dr. Draskóczy András

A cikk rövid történeti áttekintést követően bemutatja az utóbbi évtizedben Európában megjelent legfontosabb nemzetközi (FIP, EC) és nemzeti (DIN, MSZ) tartószerkezeti szabványok és ajánlások vasbeton gerendák nyírási méretezésére vonatkozó részét, elemzi a változások főbb tendenciáit. A különböző szabályozások alkalmazásából adódó tervezési eredmények összehasonlító elemzéséhez számpéldát mutat be.

Kulcsszavak: nyírási teherbírás, változó dőlésszögű rácsrudak, kengyelek

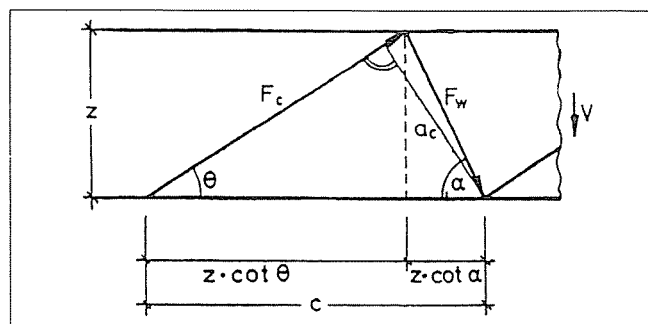
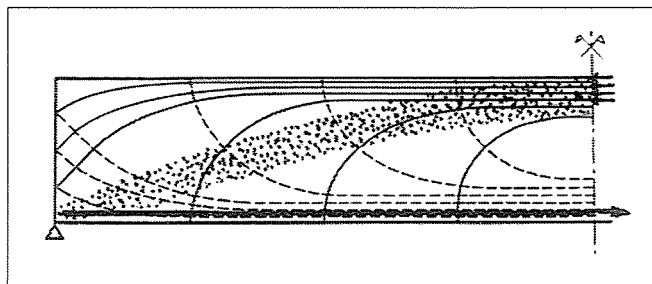
1. BEVEZETÉS

Az európai szabványok hazai bevezetése végső szakaszába érkezett. Az EUROCODE 2 (EN 1992-1:2001) fordítása, értelmezése (Lenkei 2000, Szalai-Kovács 2000), MSZ-ENV-ként való megjelentetése (MSZ ENV 1992-1-1: 1999 EC2-1999), az egyetemi oktatásba történő bevezetése, élenjáró tervezőirodák alkalmazásai, a NAD (Nemzeti Alkalmazási Dokumentum) kidolgozása után az uniós jogharmonizációs folyamathoz kapcsolódóan várható a hazai közzététel időpontjának kitűzése. A nemzetközi szakirodalom és az utóbbi évtizedben megjelent szabványok és ajánlások tanulmányozása alapján ugyanakkor azt tapasztaltam, hogy a nyírási méretezés terén folyamatos a változás. A cikk a megjelent, hazai gyakorlatunk alakítása szempontjából legfontosabbnak ítélt szabályozási előírások vázlatos ismertetése mellett kitér a háttérben folyó kutatómunka néhány lényeges részletére, elemzi a megfigyelhető tendenciákat. A szerző számpélda bemutatásával és elemzésével alakítja ki állásfoglalását.

2. A NYÍRÁSI MÉRETEZÉS FEJLŐDÉSE

A kéttámaszú vasbeton gerendában egy, a gerenda magassági mérete által korlátozott ívmagasságú vonórudas ívtartó működik (1. ábra), amelynek – egyenletesen megoszló terhelés mellett – a hajlítónyomaték szempontjából minden keresztmetszete közel azonos mértékben kihasznál. Az íves nyomási trajektóriák mentén a betonban átadódó nyomóerők függőleges összetevője viszont az alacsony hajlásszög miatt igen kicsi, ezért a nyíróerők egyensúlyozására a támaszok irányában egyre intenzívebb, a főhúzófeszültségek irányában vezetett – vagy azzal kis szöget

1. ábra: Kéttámaszú tartó főfeszültségi trajektóriái és vonórudas ívtartó szerinti modellezése

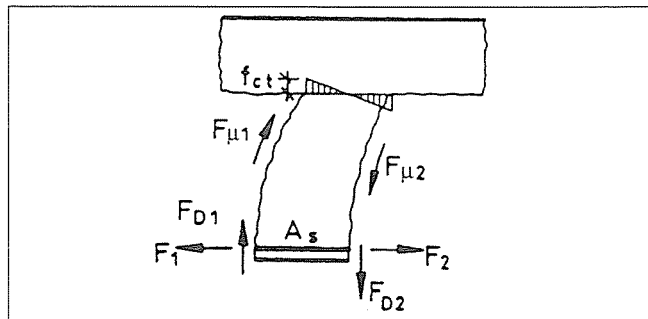


2. ábra: A Mörsch-féle rácsostartó modell

bezáró, pl. célszerűen függőleges – nyírási vasalásra is szükség van. Ritter és Mörsch (1912) alkotta meg a nyírási méretezés rácsostartó modelljét (2. ábra), amely az egymással párhuzamos felső nyomott és alsó húzott övek között a feszítávolság közepe irányában emelkedő ferde nyomott betonrudacsokból és a nyírási vasalás vezetése irányában működő, a hossz tengely mentén egyenletesen „elkent” húzott oszlopocskák áll. Ez a rendszer egyébként kisebb nyíróigénybevétel mellett nyírási vasalás nélkül is működőképes. A ferde nyírási repedésekben ugyanis súrlódással is át tud adódni a nyíróerő egy része, hozzáadódva a nyomott övben a beton nyírószilárdsága révén, valamint a repedést keresztező húzott vasalásnál ún. csaphatással (dowel action) átadódó nyíróerő hányadhoz. Ez utóbbi modellt „fogmodellnek” is nevezik (3. ábra). A tönkremenetel a fogak kitörésével, a ferde nyírási repedéseknek a fogak tövében vízszintesbe való átfordulásával következik be. Az e tönkremenetelhez tartozó nyírási ellenállást ($V_{Rd,ct}$) ma már határozottan megkülönböztetik a nyírási megvasalt tartó nyírási repedéseiben működő súrlódásos kapcsolat tönkremeneteléhez tartozó nyírási ellenállási hányadtól ($V_{Rd,c}$).

Visszatérve a Mörsch-féle rácsostartó modellhez, hosszú ideig azt feltételezték, hogy a ferde nyomott rácsrudak az

3. ábra: A nyírási nem vasalt tartó betonfog modellje



általában 45° hajlásszögűnek tekintett nyírási repedésekkel párhuzamosak, és az e repedéseket metsző nyírási vasalási elemeknek kell húzással egyensúlyoznia a teljes nyíróerőt, vagy annak a betonra át nem hárított részét. A betonra áthárított részt elsősorban a nyomott öv nyírószilárdságának tulajdonították (Leonhardt–Walter 1964, Leonhardt 1965). A ferde beton rácsrudak nyomási tönkremenetele a nyírási teherbírás felső korlátját jelenti, amely a nyírási vasalás intenzitásának növelésével már nem növelhető. Thürlimann és kutatótársai az 1970-es évek végén képlékenységtani módszereket alkalmaztak, és a nyomott rácsrudak dőlésszögét bizonyos határok között (26° – 74°) szabadon megválaszthatónak tekintették (Thürlimann 1978). Mindkét utóbbi módszert felhasználták a CEB-FIP Model Code 78 (1978) kidolgozása során. Ekkor jelent meg először szabványban a *változó dőlésszögű rácsrudak módszere*. A ferde nyomott rácsrudak dőlésszögét (Θ) valamint a megengedhető nyomófeszültség értékét empirikus paraméterekként kezelték. Kitüntetett iránynak tekintették a 45° -os irányt, és a betonra hárítható, ugyancsak empirikus alapon meghatározott nyíróerő hányadot csak $\Theta=45^\circ$ esetén engedték meg figyelembe venni. Ez utóbbi módszert nevezték el *standard vagy szokványos módszernek*. Ellentmondásos helyzet keletkezett: kis nyíróerők esetén a szokványos módszer bizonyult gazdaságosnak a nyírási vasalás mennyisége szempontjából, mivel a beton által felvehető erőhányad ekkor dominánssá válik. Nagy nyíróerők mellett viszont a kis rácsrúd-dőlésszög, azaz a változó dőlésszögű rácsrudak módszere vezet kedvezőbb eredményhez, mivel a laposabb irányú rácsrudat több nyírási vasalási elem metszi. A két módszer szerinti eredmények ugyanakkor nem mennek át simán egymásba $\Theta=45^\circ$ -nál. Nehezen érthető, hogy miért választották a nyírási méretezés alapjául mégis e módszereket az ENV 1992-1-1 (EUROCODE 2) kidolgozása során.

Egy másik fejlődési irányt Kupfer jelölt ki az 1960-as években kifejtett munkásságával (Kupfer 1961), aki az alakváltozási munka minimum elve alapján fejlesztette tovább a Mörsch-féle rácsostartó modellt. Követői alakváltozási feltételeket állítottak fel a rácsrúd dőlésszög meghatározására. Gambarova, Kirmair, Mang és Reineck (1990, 1991) emellett a repedésképet is modellezték a repedések mentén, a repedéspartok eltolódásából és elfordulásából keletkezően átadódó ún. *repedési súrlódási erők* (szemcsehatás) meghatározása érdekében. Reineck a repedések közötti tartógerinc szakaszokat nem egytengelyű nyomásra igénybevett, hanem síkbeli feszültségállapotban lévő mezőknek tekintette. A képzeletbeli ferde nyomott rácsrudak a náluk meredekebb repedések felületén a repedési súrlódási erőknek köszönhetően „áthaladnak”. A rácsostartó modell tehát továbbra is értelmezhető, és a nyomott „rudak” igénybevételtől függő ferdesége (Θ) meghatározásra is kerül. Reineck javaslatára ezt a módszert az 1996-os FIP ajánlásokba is felvették.

Németországban – talán az ENV 1992-1-1 egyes előírásai miatt a szakmában megfogalmazódott aggodalmak következtében – 2001-ben új nemzeti vasbeton szabvány lépett életbe: a DIN 1045-1, amelynek nyírási részére vonatkozó része az 1996-os FIP ajánlásokhoz igen közelálló állásfoglalást tükrözi. A két előírás közötti legjelentősebb különbség a repedési súrlódási erő meghatározásában van, ami azután kihat a rácsrúd dőlésszögére és így a szükséges nyírási vasalás mennyiségére is.

A változtatás szándékát tükrözi az EN 1992-1: 2001 még le nem tárgyalt első tervezete, amely ugyan szakítani látszik a szokványos módszerrel ($\Theta=45^\circ$), de a változó dőlésszögre csak alsó korlátot ad meg ($\Theta=21,8^\circ$), és minden ezzel kapcsolatos további döntést a tervezőre bíz (EN1992-1: 2001).

Tekintsük át ezután néhány európai, jelenleg is érvényes és

hazai gyakorlatunk alakítása szempontjából a legmeghatározóbbnak ítélt szabályozás szerinti nyírási méretezés gerendákra vonatkozó legfontosabb összefüggéseit! A szerkesztési szabályok szorosan kapcsolódnak a szabályozási előírásokhoz, de területi okokból azokra csak akkor térünk ki, ha az alapösszefüggésekbe beépülnek. Nem említünk meg olyan kevésbé lényeges eltéréseket sem, mint például hogy a ferde feszítőkábelekben működő feszítőerő függőleges komponensét egyes előírások a nyírási határerőhöz összegezik, mások a nyíróerő számítási értékéből levonják. A nyíróerővel együtt működő nyomóerővel összefüggő szabályozást megemlítjük, a húzóerő működésére vonatkozó összefüggéseket, mivel nincs gyakorlati jelentőségük, nem. A megadott összefüggések függőleges és ferde vezetésű nyírási vasalási elemekre egyaránt érvényesek, függőleges kengyelezés esetén $\sin \alpha = 1$ és $\cos \alpha = 0$ helyettesítéssel egyszerűsödnek.

3. GERENDÁK NYÍRÁSI MÉRETEZÉSÉNEK SZABÁLYOZÁSA

3.1 MSZ 15022-1:1986 és annak 2000. évi módosítása

A keresztmetszet nyírási határereje:

$$T_H = T_{Hb} + T_{Hs}$$

$$T_H \geq T_{Ha}$$

$$T_H < T_{Hf}$$

A fentiekben:

$$T_{Hb} = \left(1 - \frac{\sum T_{Hs}}{T_{Hf}} \right) \cdot T_{Ha}$$

$$T_{Ha} = 0,5bh\sigma_{RH} - n_a N$$

$$T_{Hf} = 0,25bh\sigma_{RH} + n_f N$$

$$T_{Hs} = 0,85h \frac{A_{sw}}{t} \sigma_{sH} (\sin \alpha + \cos \alpha)$$

A megfelelés feltétele:

$$T_H \geq T_M$$

3.2 ENV 1992-1-1 (EUROCODE 2)

3.2.1. Méretezett nyírási vasalást nem igénylő elemek

A számított nyírási vasalás nélküli, de minimális nyírási vasalással ellátott elem nyírási ellenállásának tervezési értéke:

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

ahol: $k = 1,6 - d > 1$ d m-ben

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w d) < 0,02$$

A nyírási vasalás teherbírása és a nyírási teherbírásnak a beton nyomási tönkremeneteléhez tartozó felső korlátja az alkalmazható két alábbi számítási módszertől függően határozandó meg.

3.2.2. Méretezett nyírási vasalást igénylő elemek, szokványos módszer

Szokványos módszer esetén a nyomott beton rácsrudak dőlésszögét 45 fokosnak vesszük fel. A nyírási vasalás hozzájárulása a teherbíráshoz ebben az esetben:

$$V_{wd} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s} 0,9d (\sin \alpha + \cos \alpha) \quad (1)$$

A 45°-os dőlésű beton rácsrudak nyomási tönkremeneteléhez tartozó nyíró határerő:

$$V_{Rd2} = \frac{1}{2} v f_{cd} b_w \cdot 0,9d (1 + \cos \alpha) \quad (2)$$

ahol: $v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \geq 0,5$ f_{ck} N/mm²-ben

A nyírási ellenállás tervezési értéke:

$$V_{Rd} = \min \left\{ V_{Rd3} = V_{Rd1} + V_{wd} \right\}$$

A megfelelés feltétele:

$$V_{Rd} \geq V_{Sd}$$

3.2.3. Méretezett nyírási vasalást igénylő elemek, változó dőlésszögű nyomott beton rácsrudak módszere

$$V_{wd} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s} 0,9d (\cot \Theta \sin \alpha + \cos \alpha) \quad (3)$$

Végigmenő hosszvasalás esetén:

$$0,4 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

korlátozás veendő figyelembe, azaz Θ 21,8° és 68,2° között változhat. Lépcsőzetesen elhagyott hosszvasalás esetén a korlátok szigorúbbak:

$$0,5 \leq \cot \theta \leq 2,0$$

A nyírási vasalás mennyisége felülről is korlátozott:

$$\frac{A_{sw} f_{ywd}}{b_w s} \leq \frac{0,5 v f_{cd} \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (4)$$

Függőleges kengyelezés esetén $\sin \alpha = 1$ és $\cos \alpha = 0$ és ezáltal (3) és (4) egyszerűsödik.

A ferde nyomott rácsrudak nyomási tönkremeneteléhez tartozó nyíró határerő ebben az esetben:

$$V_{Rd2} = v b_w 0,9d f_{cd} \frac{\cot \theta + \cos \alpha}{1 + \cot^2 \theta} \quad (5)$$

A nyírási ellenállás tervezési értéke:

$$V_{Rd} = \min \left\{ V_{Rd3} = V_{wd} \right\}$$

A megfelelés feltétele:

$$V_{Rd} \geq V_{Sd}$$

Megjegyezzük, hogy $\theta = 45^\circ$ és $\cot \theta = 1$ helyettesítéssel (5)-ből a (2) összefüggést nyerjük. Hasonlóképpen $\theta = 45^\circ$ és $\cot \theta = 1$ mellett (3)-ból (1) adódik. (1) és (3) tehát a szokványos módszer esetén is használható összefüggések.

3.3 FIP 1996 ajánlások

A nyírási vasalást érintő összefüggések függőleges kengyelezésre vonatkoznak, az ajánlások ugyanis felhajlított acélbetétek alkalmazását nem javasolják.

$$V_{Rd} = V_{sw} + V_f$$

$$V_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yw}}{s_w} z \cot \beta_{cr}$$

ahol: $\cot \beta_{cr} = 1,20 - 0,2 \sigma_{xd} / f_{ctm}$

$$V_f = 0,1 \cdot (1 - \cot \beta_{cr} / 4) b_w z f_{cwd} \geq 0$$

ahol: $f_{cwd} = v_2 f_{lcd}$

$$v_2 = 0,8 \quad \text{ha} \quad 0,2z \geq s_w \quad \text{és} \quad 200 \text{ mm} \geq s_w$$

$$v_2 = 0,6 \quad \text{ha} \quad 0,2z < s_w < 0,4z$$

$$v_2 = 0,45 \quad \text{ha} \quad 0,4z < s_w < 0,6z$$

$$\cot \theta = V_{Rd} / V_{sw}$$

$$V_{Rd,max} = b_w z f_{cwd} \sin \theta \cos \theta$$

A megfelelés feltétele:

$$V_{Rd} \geq V_{Sd}$$

3.4 DIN 1045-1 2000 decemberben véglegesített tervezet

Nyírási vasalás nélküli elemek nyírási teherbírása:

$$V_{Rd,ct} = \left[0,1 \eta_1 \kappa (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} - 0,12 \sigma_{cd} \right] b_w d$$

ahol: $\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$ d mm-ben

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{sd}}{A_c} \quad \text{N/mm}^2\text{-ben}$$

$$\eta_1 = 0,40 + 0,60 \frac{\rho}{2200} \quad \text{könnyűbeton esetén}$$

Nyírásra vasalt elemek esetén a rácsrudak dőlésszögére:

$$\cot \theta \leq \frac{\cot \beta_{cr}}{1 - \frac{V_{Rd,c}}{V_{Sd}}} \leq 3,0$$

$$\text{ahol: } \cot \beta_{cr} = 1,2 - 1,4 \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}}$$

A repedés mentén súrlódással átadódó nyíróerő hányad:

$$V_{Rd,c} = \left[2,4\eta_l \cdot 0,10 \cdot f_{ck}^{1/3} \left(1 + 1,2 \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}} \right) \right] b_w z$$

A nyírási vasalással egyensúlyozható nyíróerő:

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{s} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

A nyírási teherbírás felső korlátja:

$$V_{Rd,max} = b_w z \alpha_c f_{cd} \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$\text{ahol: } \alpha_c = 0,75\eta_l$$

A nyírási megfelelés feltételei: minden olyan keresztmet-
szetben, ahol $V_{Sd,w} \geq V_{Rd,ct}$, nyírási vasalást kell tervezni, és
ellenőrizni kell az alábbi feltételek teljesülését.

$$V_{Sd,w} \leq V_{Rd,sy} \quad \text{és} \quad V_{Sd,w} \leq V_{Rd,max}$$

3.5 EN 1992-1:2001, az EUROCODE 2 módosításának tervezete

Nyírási vasalás nélküli elemek nyírási teherbírása:

$$V_{Rd,ct} = \left[0,12k(100\rho_l f_{ck})^{1/3} - 0,15\sigma_{cd} \right] b_w d$$

$$\text{ahol: } k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \quad d \text{ mm-ben}$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b_w d} \leq 0,02$$

$$\sigma_{cd} = \frac{N_{Ed}}{A_c} \quad \text{MPa-ban}$$

Nyírási vasalással tervezendő elemekben:

$$1,0 \leq \cot \theta \leq 2,5$$

A fenti intervallumon belül a rácsrúd dőlésszög szabadon
felvehető.

A nyírási vasalással egyensúlyozható nyíróerő:

$$V_{Rd,sy} = \frac{A_{sw} f_{ywd}}{s} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha$$

A nyírási vasalás mennyiségére vonatkozó korlátozó feltétel
továbbra is érvényes:

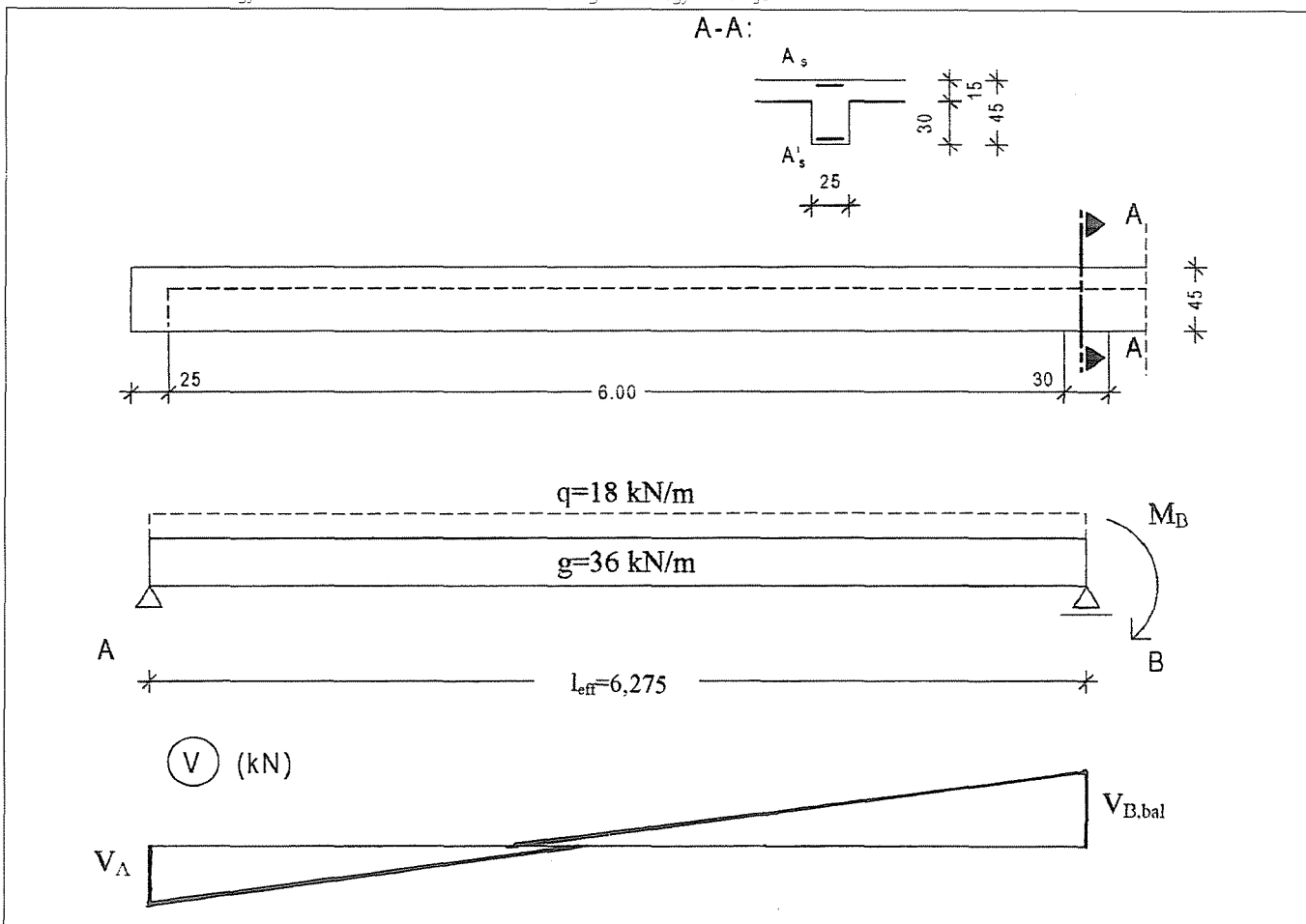
$$\frac{A_{sw} f_{ywd}}{b_w s} \leq \frac{0,5v f_{cd} \sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$$

A nyírási teherbírás felső korlátja:

$$V_{Rd,max} = b_w z v f_{cd} \frac{\cot \theta + \cot \alpha}{1 + \cot^2 \theta}$$

$$\text{ahol: } v = 0,7 - \frac{f_{ck}}{200} \geq 0,5 \quad f_{ck} \text{ N/mm}^2\text{-ben}$$

4. ábra: Födémlemezrel egybebetonozott háromtámaszú vasbeton gerenda egyik mezője



Nyomó normálerő működése estén a nyírási ellenállás felső korlátját az $1,67 \cdot (1 - \sigma_{cp,eff} / f_{cu}) < 1$ szorzóval redukálni kell.

A nyírási megfelelés feltételei: minden olyan keresztmetszetben, ahol $V_{Ed} \geq V_{Rd,cr}$, nyírási vasalást kell tervezni, és ellenőrizni kell az alábbi feltételek teljesülését:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,sy} \text{ és}$$

$$V_{Ed,w} \leq V_{Rd,max}$$

4. SZÁMPÉLDA

Az alábbi számpéldán keresztül szempontokat keresünk a bemutatott nyírási méretezési eljárások elemzéséhez,

értékeléséhez. A választott feladat a monolit vasbetonszerkezetek körében a magasépítési gyakorlatban gyakran előforduló állandó keresztmetszetű háromtámaszú fejlemezgerenda, amelyen a belső támasz egyik oldalán vizsgáljuk a méretezett nyírási vasalással tervezendő tartószakaszt. A tartóban egyenletesen megoszló állandó és változó terhelés okoz igénybevételeket, amelyeket megadtunk. Közelítésképpen eltekintettünk a változó terhelés – mezőn belüli – parciális működésének hatásától, a nyíróerő ábrát lineárisnak tekintjük. *Normálerőt okozó hatás nem működik.* A hosszvasalást megadtuk. A belső támasz fölötti keresztmetszetben méretezett nyomott vasalást is terveztünk.

Az öt különböző szabályozási előírás alapján készült megoldás leglényegesebb eredményeit táblázatban foglaltuk össze.

Beton: C20/25	Betonfedés: 20 mm	Hosszvasalás: B500	Kengyelek:	B240
Anyagjellemzők:	$f_{ck} = 20 \text{ N/mm}^2$ $f_{ywd} = 209 \text{ N/mm}^2$		$f_{cd} = 13,3 \text{ N/mm}^2$	$\tau_{Rd} = 0,26 \text{ N/mm}^2$
Terhek:	$g = 6 \times 6 = 36 \text{ kN/m}$ $q = 6 \times 3 = 18 \text{ kN/m}$			
Terhek biztonsági tényezői:				
MSZ 15022-1:	$\gamma_g = 1,2$	$\gamma_q = 1,3$		
EUROCODE 2, FIP 1996 ajánlások:	$\gamma_g = 1,15$	$\gamma_q = 1,5$		$\psi_0 = 0,7$ (középvület)
DIN 1045-1:	$\gamma_g = 1,35$	$\gamma_q = 1,5$		
Igénybevételek:				
MSZ 15022-1:	$V_{B,bal} = 258,14 \text{ kN}$		$M_B = 327,80 \text{ kNm}$	
EUROCODE 2, FIP 1996 ajánlások:	$V_{B,bal} = 265,12 \text{ kN}$		$M_B = 336,66 \text{ kNm}$	
DIN 1045-1:	$V_{B,bal} = 293,03 \text{ kN}$		$M_B = 372,10 \text{ kNm}$	
A hajlításra megtervezett hosszvasalás a B támasznál:				
MSZ 15022-1, EUROCODE 2, FIP 1996 ajánlások:		$A_s = 7 \text{ } \varnothing 16 + 3 \text{ } \varnothing 20, A'_s = 2 \text{ } \varnothing 16 + 2 \text{ } \varnothing 20$		
DIN 1045-1:		$A_s = 8 \text{ } \varnothing 16 + 3 \text{ } \varnothing 20, A'_s = 3 \text{ } \varnothing 16 + 2 \text{ } \varnothing 20$		
Tervezzük meg a nyírási vasalást a B támasz környezetében az első mezőben <i>függetlenes kengyelezés</i> alkalmazásával!				

1. táblázat: A számpélda eredményei

	MSZ 15022-1	ENV 1992-1-1 szokványos módszer	FIP ajánlások 1996	DIN 1045-1 2000	EN 1992-1:2001 1. tervezet
A nyírási vasalás nélküli betonkm. nyírási ellenállása kN	$T_{Ra} = 70,88$	$V_{ed} = 62,92$	nincs adat	$V_{Rd,cr} = 58,86$	$V_{Rd,cr} = 70,63$
A nyírási teherbírás felső határa* kN	$T_{Rf} = 367,03$	$V_{Rd2} = 363,59$	$V_{Rd,max} = 356,17$ (339,9)	$V_{Rd,max} = 408,5$ (363,6)	$V_{Rd,max} = 250,75$
cot θ^*	-	1	1,27(1,43)	1,60(1,92)	2,5
Nyírási vasalás 1. $V_{sd,max}$ -nál 2. a méretezett szakasz közepén 3. minimális kengyelezés Zárójelben: $A_s, \text{mm}^2/\text{mm}$	$\varnothing 10/50(3,14)$ $\varnothing 10/90(1,74)$ $\varnothing 8/400(0,25)$	$\varnothing 10/70(2,24)$ $\varnothing 10/100(1,57)$ $\varnothing 6/300(0,19)$	$\varnothing 10/70(2,24)$ $\varnothing 10/120(1,31)$ nincs adat	$\varnothing 10/70(2,24)$ $\varnothing 10/130(1,21)$ $\varnothing 10/185(0,85)$	$\varnothing 10/125(1,26)$ $\varnothing 10/175(0,90)$ $\varnothing 6/300(0,19)$
A nyírási vasalás összkétszámított értéke a méretezett szakaszon az ENV 1992-1-1 szerinti érték %-ában	126%	100%	93%	99%	56%

*Megj.: a zárójelben szereplő értékek itt a méretezett szakasz közepére vonatkoznak

5. JELÖLÉSEK

Az azonos jelentésű, de a különböző forrásmunkákban különbözőképpen használt jelöléseket egymástól vesszővel elválasztva adtuk meg.

5.1 Keresztmetszeti adatok

A_c betonkeresztmetszet
 $A_{s, A_{sw}}$ a nyírási vasalás keresztmetszeti területe
 A_{sl} a húzott hatékony hosszvasalás keresztmetszeti területe

b, b_w	a tartó gerincszélessége
d	a tartó hatásos magassága (EC2, DIN)
h	a keresztmetszet hasznos magassága az MSz szerint
k	a keresztmetszet magasságától függő tényező (az ENV 1992-1-1 és az EN 1992-1:2001 esetében más-más kifejezés szerint értelmezik!)
s, s_w, t	az egyenletes kiosztású nyírási vasalás elemeinek távolsága a tartótengely mentén mérve
z	a belső húzó- nyomóerők karja
α	a nyírási vasalás elemeinek a tartótengellyel bezárt szöge
η_1	könnyűbetonok redukciós tényezője
κ	a keresztmetszet magasságától függő tényező
ρ_l	húzott vashányad

5.2 Anyagjellemzők, keresztmetszeti ellenállások

f_{cd}	a beton nyomószilárdságának tervezési értéke
f_{ck}	a beton nyomószilárdságának karakterisztikus értéke
f_{ctm}	a beton húzószilárdságának várható értéke
f_{ywd}, f_{ywd}	a nyírási vasalás folyáshatárának tervezési értéke
f_{yd}	a vasalás folyáshatárának tervezési értéke
f_{lcd}	a beton egytengelyű nyomószilárdságának tervezési értéke
F_D	csaphatás révén átadódó nyíróerő
F_μ	szemcsehatás révén átadódó nyíróerő
T_H	határnyíróerő
T_{Ha}	a nyírási vasalás nélküli keresztmetszet nyírási határeje
T_{Hb}	a keresztmetszet betonrészének tulajdonított nyírási határerő összetevő
T_{Hf}	a nyírási határerőnek a beton nyomási teherbírása által korlátozott felső határértéke
v_2	a beton rácsrúdban megengedett legnagyobb nyomófeszültség számításához használt tényező
V_{Rd}	a keresztmetszet nyírási ellenállásának tervezési értéke
$V_{Rd,ct}, V_f$	a repedés mentén súrlódással átadódó nyíróerő hányad tervezési értéke
$V_{cd}, V_{Rd1}, V_{Rd,ct}$	a nyírási vasalás nélküli keresztmetszet nyírási ellenállásának tervezési értéke
$V_{Rd2}, V_{Rd,max}$	a gerinc nyomási tönkremeneteléhez tartozó nyíróerő tervezési értéke, a nyírási ellenállás felső korlátja
V_{Rd3}	a nyírási vasalással tervezett keresztmetszet nyírási ellenállásának tervezési értéke
$V_{wd}, V_{sw}, V_{Rd,sy}$	a keresztmetszet nyírási vasalás által korlátozott nyírási ellenállása
α_c	a nyomott rácsrudakban ébredő nyomófeszültséget korlátozó tényező
v	a betonszilárdság karakterisztikus értékétől függő tényező
ρ	testsűrűség dN/m ³ -ben
σ_{bH}	a beton nyomóhatárfeszültsége
σ_{tH}	a beton húzóhatárfeszültsége
σ_{sH}	a betonacél húzóhatárfeszültsége
τ_{Rd}	a beton nyírószilárdságának tervezési értéke

5.3 Hatások

n_a	a derékerő hatását figyelembe vevő tényező, nyomás esetén $n_a=0,1$
-------	---

n_f	a derékerő hatását figyelembe vevő tényező, nyomás és függőleges kengyelezés esetén $n_f=0,15$
N	a nyíróerővel egyidejű legkedvezőtlenebb normálerő, nyomás esetén negatív
N_{sd}, N_{Ed}	a keresztmetszetben terhelés vagy feszítés hatására működő normálerő, nyomás esetén negatív, kivéve ENV 1992-1-1-ben, ahol nyomás esetén pozitív
T_M	mértékadó nyíróerő
$V_{sd}, V_{sd,w}, V_{Ed}$	külső hatás által okozott nyíróerő tervezési értéke
β_{cr}	a repedések iránya és a tartó hossz tengelye által bezárt szög
σ_{cp}	normálerő hatására működő derékfeszültség, nyomófeszültség esetén pozitív
$\sigma_{cd}, \sigma_{sd}, \sigma_{cp,eff}$	normálfeszültség tervezési értéke (nyomófeszültség esetén negatív)
θ	a beton rácsrúd és a tartó hossz tengelye által bezárt szög

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A bemutatott nyírási méretezési eljárásokat valamint a számpélda eredményeit elemezve megállapíthatjuk, hogy:

1. A Mörsch-féle rácsostartó modellt továbbra is általánosan elfogadjuk.

2. A nyírási méretezés három határérték meghatározásán alapszik:

– a nyírási vasalás nélküli keresztmetszet nyírási teherbírása

$$(T_{Ha}, V_{Rd1}, V_{Rd,ct})$$

– a nyírási vasalás mennyiségétől függő nyírási teherbírás

$$(T_{Hs}, V_{wd}, V_{Rd,sy})$$

– a beton rácsrudak nyomási tönkremeneteléhez tartozó, nyírási vasalással nem növelhető felső nyírási teherbírasi korlát $(T_{Hf}, V_{Rd,max})$

Egyetértés van tehát a szakmában abban, hogy a kutatások eredményei e három számértékben összegződjenek, nem bonyolítva túlságosan a gyakorló tervezők munkáját.

3. A változó nyomott rácsrúd dőlésszög (θ) gondolatának felvetése óta a dőlésszög értéke a legsarkalatosabb kérdéssé vált, ugyanis jelentősen befolyásolja az előző pontban említett V_{wd} és $V_{Rd,max}$ határértékeket.

A következőkben további megállapításokat teszünk a nyírási teherbírás egyes határértékeiről és a rácsrúd dőlésszögéről. A vizsgált szabályozásokra egyszerűség kedvéért rövidített, de egyértelmű megnevezésekkel hivatkozunk.

4. A nyírási vasalás nélküli keresztmetszet nyírási teherbírása $(T_{Ha}, V_{Rd1}, V_{Rd,ct})$

Reineck felhívja a figyelmet arra, hogy igen lényeges megkülönböztetni ezt az értéket a nyírási vasalással tervezett tartó repedései mentén súrlódással átadódó nyíróerő hányadtól. Az EC 2 tervezet készítésénél erre valóban tekintettel is voltak, ennek következtében tűnt el a V_{Rd1} érték, és egyáltalán a szokványosnak nevezett módszer, amely szerint ugyanez az érték – mármint V_{Rd1} – összegezhető a nyírási vasalással egyensúlyozott nyíróerő hányadhoz.

Meghatározásának módja empirikus alapon nyugszik, az alábbi jellemzők és hatások többé-kevésbé eltérő figyelembe vételével:

– keresztmetszeti méretek,

– a beton húzó határfeszültsége illetve annak négyzetgyöke (DIN, EC 2 tervezete),

– mérethatás (κ illetve k tényező), amely a kisebb magasságú gerendák sűrűbb repedéseiben súrlódással átadódó erőtöbbletet van hivatva figyelembe venni. Az EC 2 tervezet és a DIN szerinti összefüggés megegyezik.

– csapathatás, amely a hatékony húzott vashányad révén épül be az összefüggésbe (a DIN esetében multiplikatív jelleggel, az EC 2 esetében additív jelleggel). Az új EC 2 tervezet ebben is megegyezik DIN előírással.

– nyomó normálerő hatása, amelynek 10-15%-ával nő a nyírási vasalás nélkül egyensúlyozható nyíróerő.

Számpéldánkban az EC 2 tervezet szerinti eredmény – amely az MSZ szerintivel szinte megegyezik! – 20%-os többletet mutat a DIN alapján számítottal szemben, ez az ennyivel nagyobb konstans szorzóból adódik.

5. A nyírási vasalásnak tulajdonított nyírási határerő (T_{Hs} , V_{wd} , $V_{Rd,sv}$) nem más, mint a húzott és nyomott öv tengelye között adott meredekséggel meghúzott ferde egyenesszakaszt metsző megfolyt nyírási vasalási elemekben működő húzóerőből azonos módon számított érték. Abban teljes egyezés van, hogy a nyírási vasalás tönkremenetelkor megfolyik. Az alapvető kérdés a ferde egyenesszakasz meredeksége, ami lehet 45° (MSZ, EC 2 szokványos módszer), lehet a repedések iránya (FIP ajánlás), illetve a θ rácsrúd dőlésszög (DIN, EC 2 tervezet). A kérdésre – ami magyarázatot ad a számpélda változatok közötti jelentős nyírási vasszükséglet eltérésekre – még visszatérünk.

6. A nyírási teherbírásnak a beton nyomási tönkremenetele által korlátozott felső határával (T_{Hs} , $V_{Rd,max}$) összefüggésben három megállapítást teszünk. Az első a megengedett nyomófeszültség kérdése, amelyet a rácsrudak szabálytalan felülete, a rácsrudon áthaladó nyírási vasalási elemek zavaró hatása, esetleges nyomó normálerő működése miatt csökkenteni kell. A FIP ajánlások e redukált nyomófeszültség értéknek külön jelet is adtak: $f_{cw,d}$ és a redukció mértékét – a szorzó 0,45 és 0,8 között változik – a rácsrúd kengyelezettségétől, a kengyeltávolságtól tették függővé, ami igen ésszerűnek tűnik. A DIN – kísérletek alapján – egy viszonylag magas, $\alpha_c=0,75$ szorzót ad meg, és további redukciót tesz lehetővé könnyűbetonok esetén. Az EC 2 tervezete kitarthat korábbi – 0,5-0,6 értéket adó – összefüggése mellett, és ugyancsak ez utóbbi értéket nyerjük az MSZ alapján. Második észrevételünk a nyomó normálerő kedvezőtlen hatásának explicit figyelembe vételére vonatkozik, amely csak az MSZ-be és az új EC 2 javaslatba épült be. Az MSZ szerint a nyomóerő 15%-ával csökkentendő a nyíró határerő felső korlátja, míg az EC 2 tervezet redukciós szorzót ír elő abban az esetben, ha a külső hatás okozta normálerő a beton nyomószilárdság tervezési értékének harmadánál nagyobb nyomófeszültséget okoz.

Végül a rácsrúd dőlésszög lényeges szerepére hívjuk fel a figyelmet. $V_{Rd,max}$ nagysága arányos az alábbi – többféle megjelenési formájában megadott trigonometrikus kifejezés értékével

$$\cot \theta = \frac{1}{1 + \cot^2 \theta} = \sin \theta \cos \theta$$

Az 5. ábrán bemutatjuk e kifejezés függvényét $\cot \theta$ értelmezési tartománya fölött. A függőleges tengely mellett feltüntetjük azt is, hogy $V_{Rd,max}$ -nak $\theta = 45^\circ$, azaz $\cot \theta = 1$ melletti maximális értéke milyen mértékben csökken, amíg $\cot \theta$ eléri a DIN által megadott legmagasabb korlátot (3), amihez egyébként $\theta = 18,4^\circ$ -os rácsrúd dőlésszög tartozik. A csökkenés mértéke 40%, és a függvény az értelmezési tartományon inflexió ponttal rendelkezik, lefutása szinte lineáris.

7. A nyomott rácsrudak dőlésszöge

Kísérleti és elméleti kutatások kimutatták, hogy a ferde, $40-45$ fok dőlésszögű repedéseknél laposabb nyomott rácsrúd irány is ki tud alakulni, ami a nyírási vasalás szempontjából gazdaságosabb megoldásokhoz vezet. Visszaülva a bevezetésben megemlített rejtett vonórudas ívtartóra, a szokásos fesztáv-tartómagasság arányok mellett, a szokásos $=0,9d$ belső kar és parabolikus ívtartó alak feltételezésével normál vasalású kéttámaszú gerendák esetén $\cot \theta = 4,2$ ($\theta = 13,5^\circ$) adódna a támaszoknál, ami már nem is esik messze a DIN által felállított korláttól. A lapos nyomott ív, illetve alacsony dőlésszögű nyomott rácsrúd ugyanakkor súlyos erőátadási, acélbetét lehorgonyzási nehézségeket okoz, elsősorban szélső támaszoknál.

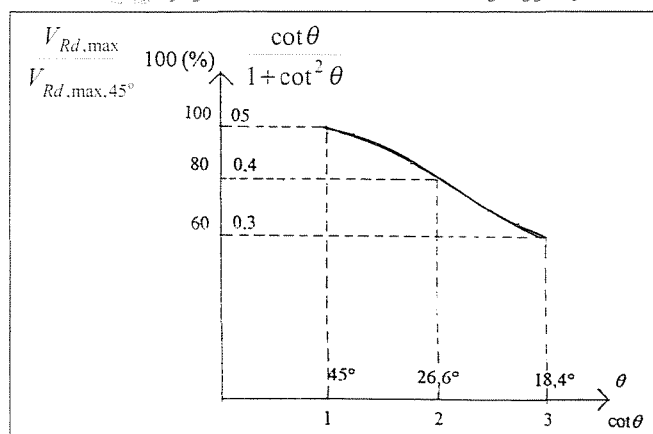
A szükséges függőleges kengyelezés mennyisége $\cot \theta$ növekedésével fordítottan arányos. A nyírási teherbírás felső határának ($V_{Rd,max}$) csökkenése $\cot \theta$ növekedésével szintén közel lineáris, de kisebb mértékű. Amíg $\cot \theta$ 1-ről 3-ra nő, a vasalás 1/3-ra csökken, azaz 67%-kal, míg $V_{Rd,max}$ csökkenése csak 40%-os. Mint már utaltunk rá, és a számpélda is ezt támasztja alá: normál vasalású gerendák körében nem várható, hogy kisebbnek választott rácsrúd dőlésszög miatt a nyírási teherbírás felső határa váljon mértékadóvá, és a $V_{Rd,sv} = V_{Rd,max} = V_{sd}$ feltételrendszerből kelljen a rácsrúd dőlésszög határt és a szükséges nyírási vasalást meghatározni.

A vizsgálatunk tárgyává tett szabályozási előírások közül a DIN egyedülálló abból a szempontból, hogy – kísérleti eredményekre és elsősorban Reineck elméleti munkásságának köszönhetően – javaslatot ad a rácsrúd dőlésszög igénybevételelől függő meghatározására. A kiinduló érték a nyomóerő hatásának figyelembe vételével módosított repedésirány, amelyet a repedési súrlódási erő és a nyíróerő tervezési értéke tovább módosít, csökkent. A FIP ajánlás szerint szintén kiszámításra kerül a dőlésszög, de csak utólag, a repedést keresztező nyírási vasalás és a repedési súrlódási erő ismeretében.

Az EC 2 esetében még az új tervezet sem ad fogódzót a tervezőnek a rácsrúd dőlésszög felvételéhez, csupán korlátokat ad meg. A számpéldában szándékosan választottuk a megengedett legkisebb dőlésszöget ($\cot \theta = 2,5$), amely mellett a nyírási vasalás intenzitása majdnem a felére csökkent. Ez a kérdés alaposabb vizsgálatot érdemel. A beton nyomásra megfelel, a szerkesztési szabályok teljesülnek. A laposabb rácsrúd dőlésszög miatt a húzott hosszbetéteket távolabb vezetve kell ugyan lehorgonyozni, de ez a feltétel a negatív nyomatékra tervezett vasalásra vonatkozóan a közbenső támasz környezetében eleve teljesül.

8. A számpéldával kapcsolatosan két további megjegyzést teszünk. Az MSZ szerinti legintenzívebb nyírási vasalást úgy is értékelhetjük, hogy az új szabályozások hazai bevezetése után – a terhek biztonsági tényezőjének növekedése miatt – ugyanarra a célra továbbra is megközelítően ugyanannyi nyírási vasalást fogunk tervezni, mint eddig. Elgondolkodtató, hogy a DIN a minimális kengyelezésre több mint háromszoros értéket ír elő, mint az EC 2.

5. ábra: $V_{Rd,max}$ fajlagos csökkenése a rácsrúd dőlésszög függvényében



9. *Felhajlított acélbetétek* tervezését a tárgyalat méretezési összefüggések megengedik ugyan, de sem az újabban megjelent szakirodalmi közlések, sem a technológiai gyakorlat nem támogatják, a FIP ajánlásai pedig egyenesen nem javasolják. Az EC 2 ezzel kapcsolatban kiköti, hogy méretezett nyírási vasalás esetén legalább a nyíróerő felét kengyelezéssel kell felvenni. Fenti okok miatt a számpéldában nem szerepeltettünk felhajlított acélbetéteket, de megragadom az alkalmat, hogy személyes véleményemet röviden kifejtsem. Belső támaszok környezetében hajlításra dolgozó nem túl nagy átmérőjű – max. Ø16-os – acélbetétek felhajlításával két lehorgonyzási hossz takarítható meg, és e betétek előnyös működési módja a függesztőkötelekére emlékeztet. Fenti okokból a hajlítási méretezés eredményétől függően a rendelkezésre álló acélbetétek felhajlítását – az EC 2 szerinti korlátozás figyelembe vétele mellett – igen ésszerű megoldásnak tartom.

7. JAVASLATOK

1. A megvizsgált nyírási méretezési előírások közül a *DIN 1045-1 2000*-et emelném ki, mint leginkább előremutatót, (Zilch-Rogge 2001) mert *összefüggést ad a rácsrúd dőlésszög meghatározására*, amely igénybevétel függő, és ezáltal a tartótengely mentén is változó, a valóságnak jobban megfelelően.
2. Az EN 1992-1:2001 tervezet a DIN 1045-1-gyel számos részletében megegyezik, de a leglényegesebb kérdésben, a rácsrúd dőlésszöget illetően nem foglal állást. Ezért a gyakorlati tervezéshez csak kiegészítésekkel alkalmas.
3. *A rácsrúd dőlésszögre vonatkozó szabályozás kidolgozásánál különbséget kellene tenni szélső és többtámaszú tartók között, mivel szélső támaszoknál a meredek dőlésszöggel járó lehorgonyzási problémák nehezen oldhatók meg korrekten. E kérdéskör kísérleti úton való tanulmányozása kívánatos lenne.*
4. Jóllehet a Leonhardt-féle gerenda nyírási kísérletek során kengyelenként egy pontos nyúlásméréssel kimutatták a kengyelszár megfolyását, *a lehorgonyzási viszonyok mélyebb megismerése érdekében a kengyelkerület mentén többpontos mérés is indokolt lenne.*
5. Meg kellene vizsgálni, nem indokolt-e a DIN 1045-1 szerint előírt, a többi szabályozásnál sokkal intenzívebb minimális kengyelezés.

8. HIVATKOZÁSOK

CEB-FIP Model Code for Concrete Structures (1978) *CEB-Bulletin de Information* No. 124/125., Paris

EN 1992-1:2001 (1st draft), Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings, pp. 103-108.
FIP Recommendations 1996, „Practical Design of Concrete Structures”, pp. 6-5 – 6-11.
Kollár L.-Sapkás Á. (1999) „Nyírt gerendák méretezése az EUROCODE és az MSZ 15022 szerint”, *Összehasonlító tanulmány*
Kupfer, H. (1964) Erweiterung der Mörsch'schen Fachwerkanalogie mit Hilfe des Prinzips vom Minimum der Formänderungsarbeit, CEB-Bull. No. 40, pp. 44-57.
Lenkei P. (2000) „Az európai tartószerkezeti szabványok és nemzeti alkalmazási dokumentumok”, *Vasbetonépítés* II. 2. pp. 35-37.
Leonhardt, F.-Walter, R. (1964) Schubversuche an Durchlaufträger, *Deutscher Ausschuss für Stahlbeton Heft 163*, Verlag von W.Ernst und Sohn Berlin, 1964.
Leonhardt, F. (1965) Die verminderte Schubdeckung bei Stahlbetontragwerken, *Der Bauingenieur* 40, H. 1, pp. 1-15.
Mörsch, E. (1912) Der Eisenbetonbau, seine Theorie und Anwendung, I. Band, 5. Auflage, Verlag von Konrad Wittwer, Stuttgart
MSZ ENV 1992-1-1:1999 EC2 (1999) Betonszerkezetek tervezése 1.1 rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok, *Magyar Szabványügyi Testület*
MSZ 15022/1-86 (1986) Építmények teherhordó szerkezeteinek erőitani tervezése, Vasbeton szerkezetek, *Magyar Szabványügyi Hivatal*
MSZ 15022-1-86 módosítás (2000) *Szabványügyi Közlöny* 12. szám 2000. december, pp. 147-148.
Reineck, K.-H.-Hardjasaputra, H. (1990) „Zum Dehnungszustand bei der Querkraftbemessung profilierter Stahlbeton- und Spannbetonträger”, *Bauingenieur Band 65* (1990), pp. 73-82.
Reineck, K.-H. (1991) „Ein mechanisches Modell für Stahlbetonbauteile ohne Stegbewehrung”, *Bauingenieur Band 66*, pp. 157-165
Reineck, K.-H. (1991) „Ein mechanisches Modell für das Tragverhalten von Stahlbetonbauteilen ohne Stegbewehrung”, *Bauingenieur, Band 66*, pp. 323-332
Reineck, K.H. (2001) „Hintergründe zur Querkraftbemessung in DIN 1045-1 für Bauteile aus Konstruktionsbeton mit Querkraftbewehrung”, *Bauingenieur Band 76*, April 2001, pp. 168-179.
Szalai K.-Kovács T. (2000) „Az MSZ szerinti teherbírási követelmények változása a XX. században, és azok összehasonlítása az EUROCODE szerintiekkel”, *Vasbetonépítés* II. 3. pp. 76-82.
Thürlimann, B. (1978) Shear strength of reinforced and prestressed concrete beams, *CEB Bull. no. 126*, pp. 16-38.
Zilch, K.-Rogge, A. (2001) „Bemessung der Stahlbeton und Spannbeton Bauteile nach DIN 1045-1”, *Beton-Kalender 2001*, pp. 205-347.

Dr. Draskóczy András (1947) a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építésmérnöki Kar Szilárdságtani és Tartószerkezetek Tanszéke egyetemi adjunktusa, a Vasbetonszerkezetek I. tárgy gyakorlati oktatásának felelőse, a tárgy előadója a Kar angol nyelvű kurzusán. Számos épület tartószerkezeti tervezője illetve szakértője. Korábbi fő érdeklődési területe vasbetonszerkezetek nemlineáris viselkedése volt. Tagság: Magyar Mérnöki Kamara, Magyar Építész Kamara, Építéstudományi Egyesület. Az ÉTE Tartószerkezeti Szakosztályának vezetőségi tagja.

MAIN DIRECTIONS OF STANDARDIZATION IN SHEAR DESIGN

Dr. András Draskóczy

After a short historical review of the developments in shear design the article resumes the shear design procedure of reinforced concrete members according to the most important international (FIP 1996 Recommendations, EC 2) and national (DIN 1045-1 2000, MSZ 15022-1-86 modified in 2000) standards and recommendations developed in Europe during the last decade. Comparative analysis and proposals are supported by numerical example.

A LEVEGŐ SZENNYEZETTSÉGÉNEK HATÁSA AZ ACÉLBETÉTEK KORRÓZIÓJÁRA – ESETTANULMÁNYOK 2.



Dr. Balázs György – Csányi Erika – Dr. Balázs L. György

A Vasbetonépítés 2001/3 számában – alapkisérletek alapján – bemutattuk, hogy a levegő szennyezettsége milyen mértékben veszélyezteti a vasbeton tartósságát. Ezeket a kutatásainkat esettanulmányokkal egészítettük ki, melyek során hazánk jelentősen szennyezett levegőjű helyein épült műtárgyakat vizsgáltunk. Lehetőség szerint idősebb és különböző környezeti hatásoknak kitett vasbeton szerkezeteket választottunk a vizsgálat tárgyául, mint például hidak, ipari épületek stb. A levont következtetések alátámasztják az alapkisérletek során tett megállapításainkat.

Kulcsszavak: vasbeton, tartósság, légszennyezettség, szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén-dioxid, betonkorrozio, acélbetét korrozio

1. BEVEZETÉS

Jelen cikk a VASBETONÉPÍTÉS folyóirat 2002/1 számában megjelent esettanulmány folytatása (Balázs – Csányi 2002).

2. ELBONTÁSRA SZÁNT M7 AUTÓPÁLYA-HÍD

2.1 Előzmény

Ritkán fordul elő, hogy egyébként jól működő hídát elbontanak. Ezeket szabadabban lehet vizsgálni a többi, forgalomban maradó hídnál (Gálos - Balázs L. - Kocsányiné Kopecskó - Csányi, 2000).

Ilyen volt a Budaörs, Károly király úti felüljáró, amelynek kapacitása és forgalmi rendje nem volt kielégítő a közvetlen közelében épülő TESCO áruház számára, így a felüljáró bontását és új híd építését vették tervbe.

A háromtámaszú vasbeton lemezhidat 1963-ban építették. Betonfedés: 15 mm. A beton jele B280, 350 kg/m³ C600 jelű cementtel készítve. A felhasznált betonacélok: Ø14 és Ø25, A50.35.12 (periodikus); Ø40, A50.35.12 (síma); Ø5,5; A36.24.12 (síma).

A hidat robbantással bontották 2000. június 3-án éjjel. Az M7-es autópálya csupán 3-án 21.00 órától 4-én 6.00 óráig volt lezárva. Ezalatt az idő alatt elvégezték a felszerkezet és a két pálya közötti pillér robbantását és a törmelékek eltávolítását.

A helyszíni vizsgálatokra a robbantást megelőzően – a forgalom fenntartása mellett – volt lehetőség, így az elsősorban a középső pillére korlátozódott.

Megemlítjük, hogy a 80-as évek végén a felüljárón észlelt korróziós károk miatt a felszerkezetre és pillérre átlagosan 30 mm vastag lövellt beton réteget hordtak fel.

2.2 Helyszíni vizsgálatok

A felüljáró alatti rendkívül nagy gépjárműforgalom miatt csak a középső pillér részletes vizsgálatára kerülhetett sor. A gépjárműforgalom okozta levegőszennyező anyagok és a téli jégmentesítő (nátrium-kloridos) sózás hatásának, beépülésének vizsgálatára pormintákat vettünk a pillér oldalfelületéből és a pillérfej betonjából mind a Balaton felőli, mind a Budapest

1. táblázat: Károly király úti M7 felüljáró (Budaörs) helyszíni karbonátosodási mélység vizsgálatának eredményei (2000)

Vizsgálat száma, helye, magassága			Karbonátosodott réteg vastagsága, mm
1	Pillér Balaton felől	0,1 m	> 30
2	Pillér Balaton felől	1 m	> 30
3	Pillér Balaton felől	2 m	> 30
4	Pillér Balaton felől	3 m	25
5	PillérPest felől	0,1 m	3
6	PillérPest felől	1 m	7
7	PillérPest felől	2 m	10
8	PillérPest felől	3 m	5
9	Lőtt beton alatt Balaton felől	–	8
10	Lőtt beton alatt Pest felől	–	8
11	Pályaszegély széle	–	4
12	Pályalemez	–	~ 0

felőli oldalon, két rétegből, 5-5 magasságban: az oldalfelületen 0,1, 1, 2 és 3 m-es, a pillérfejből 4,5 m-es magasságban. Tájékoztató jelleggel a pályalemezből és a szegélyből is vettünk 2-2 pormintát. Minden pormintavételi hely közelében vizsgáltuk a karbonátosodási mélységet is. A karbonátosodási vizsgálat eredményeit az 1. táblázat szemlélteti.

2.3 Laboratóriumi vizsgálatok

A pillérbeton fizikai és mechanikai tulajdonságainak jellemzésére 2 darab 250-300 mm hosszú, 100 mm átmérőjű mag-

2. táblázat: Károly király úti M7 felüljáró (Budaörs) betonmintáinak vízfelvétele (2000)

Minta származási helye, jele	Vízfelvétel, tömeg%	
	24 órás	4 napos
Pillér, 1. jelű magminta	2,78	2,97
Pillér, 2. jelű magminta	2,44	2,86
Kőburkolat mögötti beton szárnyfal	2,74 3,34	2,95 3,36
Rézsűburkoló betonlap		
L1/2 magminta külső része	2,64	2,86
L1/2 magminta belső része	2,57	2,72
L1/3 magminta külső része	2,70	2,91
L1/3 magminta belső része	2,42	2,63

3. táblázat: Károly király úti M7 felüljáró (Budaörs) pillérből vett beton porminták kémiai vizsgálatának eredményei (2000)
(A zárójelbe tett számok a cement tömegére vonatkoztatott értékek.)

Minta jele	Mintavétel		Szulfátion, SO_4^{2-}	Kloridion, Cl^-	Nitrátion, NO_3^-	Nitrition, NO_2^-	pH
	helye, magassága	mélysége, mm					
1/1	Balaton felőli pillér 0,1 m	0-10	1,69	0,64	0,020	0,003	10,65
1/2	Balaton felőli pillér 0,1 m	10-20	0,81(3,9)	0,34(1,6)	0,008	0,002	11,60
2/1	Balaton felőli pillér 1 m	0-10	1,34	0,27	0,008	0,003	10,40
2/2	Balaton felőli pillér 1 m	10-20	0,70(4,2)	0,15(0,9)	0,003	0,002	10,20
3/1	Balaton felőli pillér 2 m	0-10	1,70	0,20	0,017	0,003	10,08
3/2	Balaton felőli pillér 2 m	10-20	0,45(1,4)	0,10(0,3)	0	0	9,90
4/1	Balaton felőli pillér 3 m	0-10	0,67	0,10	0,008	0,003	11,70
4/2	Balaton felőli pillér 3 m	10-20	0,82(3,7)	0,05(0,2)	0,003	0,002	11,92
5/1	Bp. felőli pillér 0,1 m	0-10	1,63	0,22	0,003	0,001	11,40
5/2	Bp. felőli pillér 0,1 m	10-20	0,55(2,2)	0,09(0,3)	0,002	0	12,40
6/1	Bp. felőli pillér 1 m	0-10	1,33	0,09	0,003	0,002	11,50
6/2	Bp. felőli pillér 1 m	10-20	0,60(3,2)	0,05(0,3)	0	0	12,02
7/1	Bp. felőli pillér 2 m	0-10	1,67	0,12	0,003	0,002	11,65
7/2	Bp. felőli pillér 2 m	10-20	0,60(2,3)	0,06(0,2)	< 0,001	< 0,001	11,95
8/1	Bp. felőli pillér 3 m	0-10	0,94	0,09	< 0,001	0	11,35
8/2	Bp. felőli pillér 3 m	10-20	0,81(3,6)	0,04(0,2)	0	0	11,70
9/1	Balaton felőli pillér ~ 4 m	0-10	1,65	0,04	0,008	0,003	11,35
9/2	Balaton felőli pillér ~ 4 m	10-20	0,31(1,8)	0,04(0,2)	0	0	11,70
10/1	Bp. felőli pillér~ 4 m	0-10	0,91	0,01	0	0	12,05
10/2	Bp. felőli pillér ~ 4 m	10-20	-	0,01	0	0	11,95

4. táblázat: Károly király úti M7 felüljáró (Budaörs) pályabetonjából vett porminták kémiai vizsgálatának eredményei (2000)
(A zárójelbe tett számok a cement tömegére vonatkoztatott értékek.)

Minta jele	Mintavétel		Szulfátion, SO_4^{2-}	Kloridion, Cl^-	Nitrátion, NO_3^-	Nitrition, NO_2^-	pH
	helye	mélysége, mm	tartalom, tömeg %				
11/1	Pályaszegély széle	0-10	0,51(3,0)	0,09(0,5)	0	0	11,75
11/2	Pályaszegély széle	10-20	0,47(2,6)	0,07(0,4)	0	0	11,63
12/1	Pályalemez	0-10	0,32(1,5)	0,03(0,2)	0	0	11,67
12/2	Pályalemez	10-20	0,25(1,1)	0,02(0,1)	0	0	11,77

5. táblázat: Károly király úti M7 felüljáró (Budaörs) rézsűburkoló betonlapjaiból vett porminták kémiai vizsgálati eredményei (2000)
(A zárójelbe tett számok a cement tömegére vonatkoztatott értékek.)

Minta jele	Mintavétel(levegővel érintkező oldalak felől)		Szulfátion, SO_4^{2-}	Kloridion, Cl^-	Nitrátion, NO_3^-	Nitrition, NO_2^-	pH
	vizsgált réteg színe	mélysége,mm	tartalom, tömeg %				
L1/1	világos	0-5	0,98(7,3)	0,19(1,4)	0,013	0,005	10,10
L1/2	világos	5-10	0,73(5,9)	0,17(1,4)	0,017	0,005	10,60
L1/3	világos	10-25	0,49(4,3)	0,34(3,0)	0,050	0,012	11,70
L1/4	világos	25-40	0,44(3,5)	0,24(1,9)	0,033	0,010	11,70
L2/1	szürke	0-5	0,48(3,3)	0,40(2,7)	0,002	0,002	11,15
L2/2	szürke	5-10	0,42(3,3)	0,62(2,7)	0,002	0,002	11,50
L2/3	szürke	10-25	0,40(2,8)	0,69(4,8)	0,002	0,002	11,70
L2/4	szürke	25-40	0,35(2,4)	0,57(4,0)	0,002	0,002	11,85

mintát fúrtunk ki a Balaton felőli oldalon, 0,5-0,6 m-es magasságban. A helyszínen végzett további magfúrások (a pillérből és a felszerkezet betonjából) nem eredményeztek szilárdsági mérésre alkalmas mintákat a sűrű vasalás miatt).

A pillérből fúrt két 100 mm átmérőjű magmintából 1-1 acélbetétől mentes, 110-120 mm magasságú próbatestet alakítottunk ki. A hengereken mért nyomószilárdság 56,1 és 61,5 N/mm² volt, a testsűrűség pedig 2331, illetve 2351 kg/m³.

Magmintát fúrtunk a Budaörs felőli rézsűburkoló betonlapokból is, amelyek az M7 autópálya szélső forgalmi sávjától csupán 1-2 m-re voltak beépítve, a pályaszinttől mintegy 300 mm magasságtól kezdődően. Ebből a rézsűburkoló lapból, a lap teljes átfúrással 5 db 50 mm-es átmérőjű hengert fúrtunk

ki, melyek közül 3 darabon szilárdságot (41,0-43,1 N/mm²) és testsűrűséget (2295-2322 kg/m³) határoztunk meg.

A különböző helyekről származó betonok tömörségének az ellenőrzésére vizsgáltuk azok vízfelvételét (2. táblázat).

A pillérből vett porminták kémiai vizsgálatának eredményeit a 3. táblázat, a pályabetonból vettekét a 4. táblázat szemlélteti. A táblázatokban egyes szennyeződések megadtunk a cement tömegére vonatkoztatva is. A rézsűburkoló lapok pormintáinak kémiai vizsgálati eredményeit a 5. táblázatban foglaltuk össze.

A kémiai vizsgálatokat a pillérből származó 1-es jelű magminta bevonat alatti részéből laboratóriumban vett pormintákon is elvégeztük, továbbá a magminta belsejéből (kb. 250 mm mélyen) vett darabon is. Az eredmények szerint a pillér-

beton bevonat alatti kb. 10 mm-es rétegében még kimutatható volt csekély klorid- és nitrátion-szennyeződés, a mélyebb rétegben viszont már nem.

Tájékozódásul megvizsgáltuk a mészkő burkolókö alatti szárnyszalag betonját is. Ebbe a szerkezeti betonba kloridion már nem tudott bejutni, de a légszennyező anyagok bediffundálhattak, amit a felületi rétegben kimutatott kis szulfátnövekmény és a mérhető nitrátion tartalom is jelzett.

2.4 A vizsgálati eredmények értékelése

a) A pillér és rézsűburkoló lap szilárdsága, vízfelvétele

A vizsgált betonok minősítéséhez nem állt rendelkezésünkre elegendő (számú, illetve méretű) próbatest, az eredmények alapján azonban annyi megállapítható, hogy a pillérbeton mind a testsűrűségét, mind szilárdságát tekintve jó minőségű betonnak felelt meg. A rézsűburkolólap betonjának szilárdsága valamivel kisebb volt.

A 24 órás és 4 napos vizsgálati eredmények alapján minden megvizsgált betonminta vízfelvétele kicsi volt, ami jó tömörségre utal.

A rézsűburkoló betonlapok törési felületén, a levegővel érintkező oldalon, 30-40 mm-es vastagságú, világos színű réteget figyeltünk meg mindkét minta esetén. Ezek a részek egyúttal a nagyobb vízfelvételűek is voltak, ami a szennyező anyagok károsító hatásával függhet össze.

A pillérből fűrt magminták azt mutatták, hogy:

- a lövellt beton javítóréteg egyes helyeken jól odatapadt a korábbi betonhoz, míg más helyeken elvált,
- a pillér fővasalását alkotó sima acélbetét felülete enyhén rozsdás volt. A rozsdafoltok lenyomata a betét eltávolítása után az őt körülvevő beton felületén is jól látható volt.

b) A pillér szennyeződése

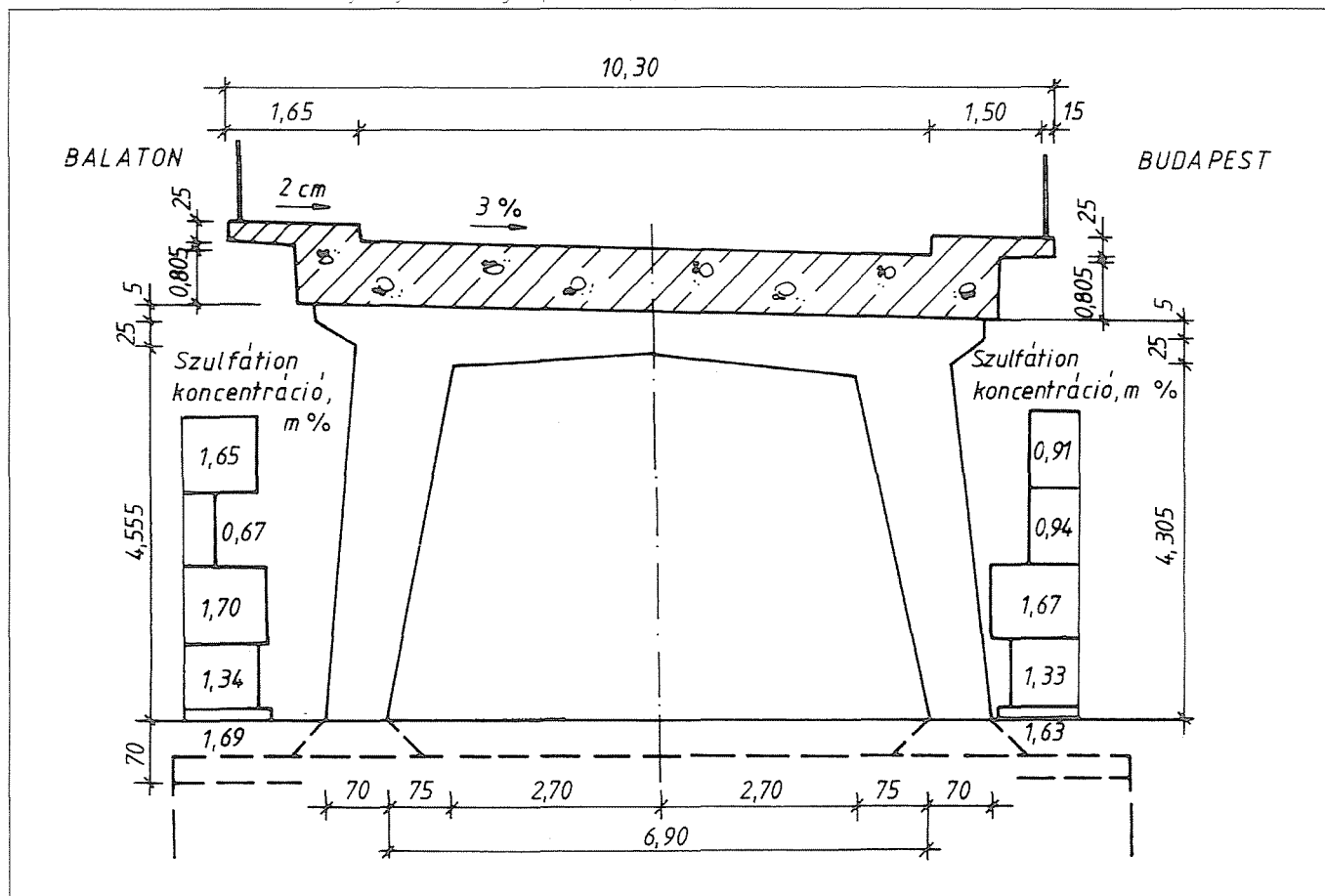
- A pillérre a 80-as évek végén felhordott, 25-30 mm-es lövellt beton a környezeti hatások következtében jelentősen szennyeződött mind a jégmentesítő sózásból származó kloridionokkal, mind a levegőből és a gépjárművek füstgázaiból származó szulfát-, nitrát- és nitritionokkal.
- A javító réteg szennyeződése az útpálya síkjától felfelé és a réteg belseje felé csökkent.

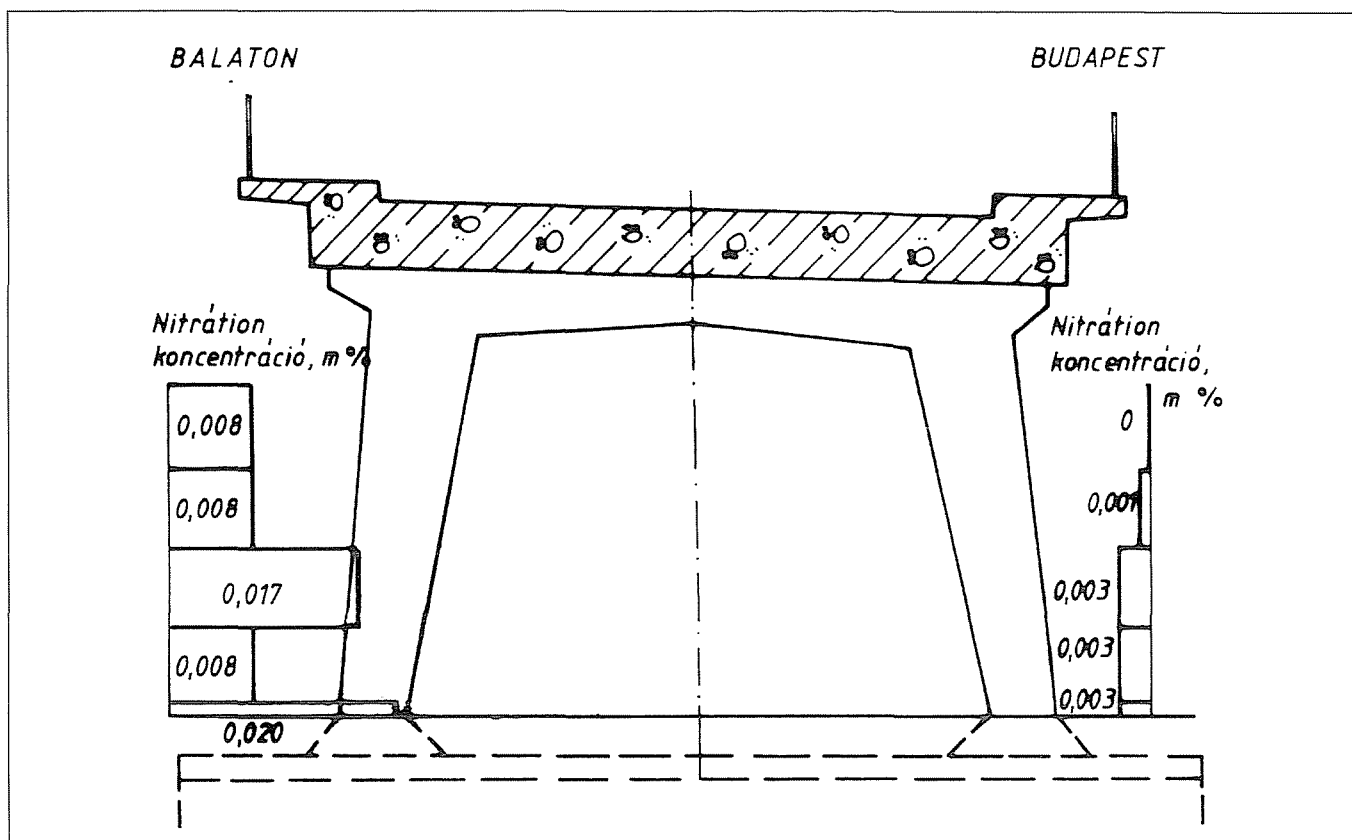
A porminták pH értékeit összevetve az 1. táblázatban megadott karbonátosodási mélységekkel eltérés tapasztalható a Balaton felőli pillér mintái esetén: a mért pH értékek még a külső, 10 mm-es mélységben is nagyobbak voltak, mint ahogyan azt a nagy karbonátosodási mélység (25-30 mm) alapján vártuk volna. Az ellentmondás abból adódhatott, hogy a karbonátosodási mélységet a pillér környezeti hatásoknak jobban kitett elein mértük, a pormintákat viszont az élektől kb. 300-400 mm-rel beljebb eső felületből vettük.

A vizsgált valamennyi anion koncentrációja (klorid-, szulfát-, nitrát- és nitrition) minden esetben a külső, 0-10 mm-es mélységben volt a legnagyobb. A beton tömegére vonatkoztatott klorid-, szulfát-, nitrát- és nitrition koncentráció változását ebben a rétegben ábrákra szemléltetjük. A pillér lábai mellé rajzolt oszlopdiagramok a különböző magasságokban mért szennyező anyagok koncentrációját mutatják (1-4. ábra).

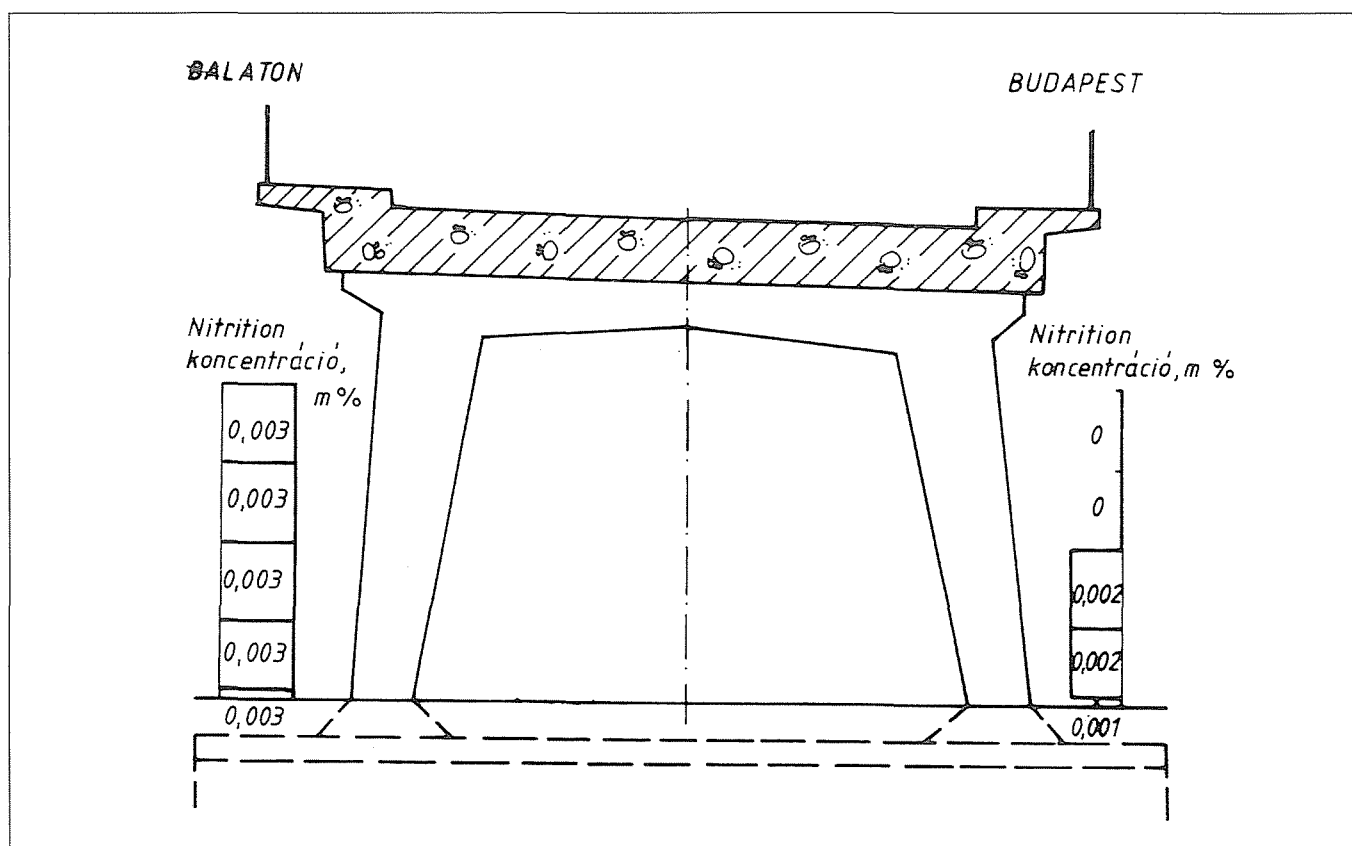
A szulfát- és kloridion értékeit minden mérési hely 10-20 mm-es rétegében megadtuk a cementtartalomra vonatkoztatva is. Megállapítható, hogy ebben a rétegben a szulfátion értékei gyakorlatilag megegyeztek a cement eredeti szulfátion tartalmából adódó értékkel, illetve azt alig haladták meg. A réteg kloridion-tartalma a Balaton felőli pillér 0,1 és 1 m-es magasságában lényegesen nagyobb volt, mint a Richartz-féle 0,4 m%-os határérték, a többi esetben ez alatti. (A külső 0-10 mm-es réteg esetén a kötőanyag-tartalmat nem lehetett a sósavból oldódó – esetenként extrém nagy – rész alapján számítani.) Nitrátiont (sőt nitritiont is)

1. ábra: Szulfátion koncentráció a Károly király úti M7 felüljáró pillérében (2000)





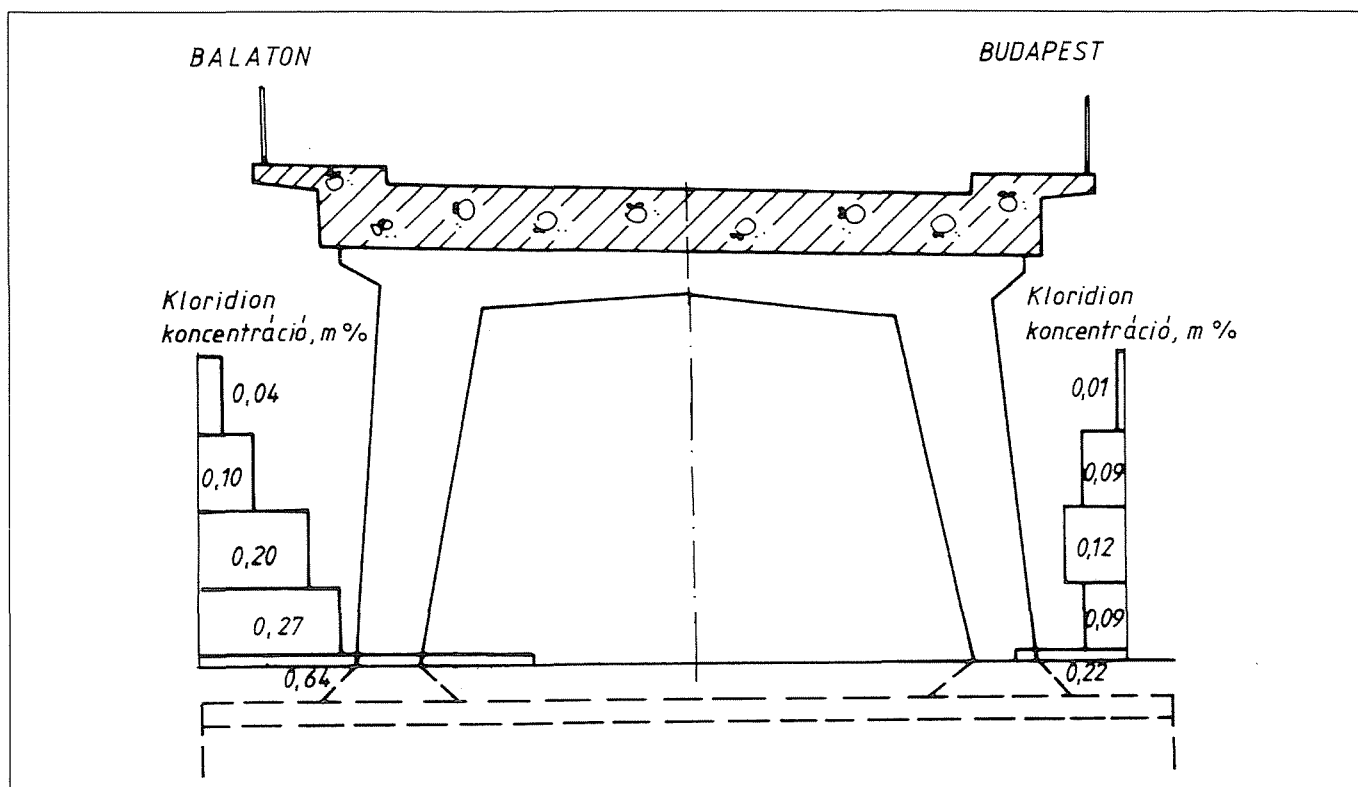
2. ábra: Nitrátion koncentráció a Károly király úti M7 felüljáró pillérében (2000)



3. ábra: Nitrition koncentráció a Károly király úti M7 felüljáró pillérében (2000)

csaknem minden mintában kimutattunk. A vizsgálatok eredményei alapján egyértelműen a Balaton felőli oldal volt a szennyezettebb. A kloridion-szennyezettség nagy mértékben függött a magasságtól, legnagyobb az útfelszín közelében volt.

A javítóréteg alatti beton külső rétegében már csak kis mennyiségű klorid- és nitrátion jelenlétét észleltük, ugyanitt – a beton jó állapotára utaló – 12-es pH-t mértünk.



4. ábra: Kloridion koncentráció a Károly király úti M7 felüljáró pillérében (2000)

c) A pályabeton szennyeződése (4. táblázat)

A pályabeton pormintáiban szennyeződésként kloridiont mutattunk ki. Ennek mennyisége a lemezben kisebb volt (a cementre vonatkoztatva 0,1-0,2 %), a kerékvetőben – a jégmentesítő só lecsorgása miatt – nagyobb (0,4-0,5 %).

Szulfátion-feldúsulást nem észleltünk, sőt a szegélyben inkább kismértékű kioldódásment végbe. A mért pH értékek egyébként (11,6-11,8) jó állapotú betonra utaltak.

d) Rézsűburkoló betonlap szennyeződése (5. táblázat)

A rézsűburkoló betonlapok felületi szennyeződésének vizsgálatához laboratóriumban vettünk pormintákat mind az L1 jelű lap világosabb színű felületi rétegéből, mind a teljes keresztmetszetében homogénnek mutatkozó L2 jelű lap felületéből.

Vizsgálataink szerint a jó minőségű, eredetileg kellő tömörségű, kis vízfelvételi – környezeti szennyeződéseknek évtizedek óta kitett – rézsűburkoló betonlapok az útpályához viszonyított elhelyezkedésüktől függő mértékben szennyeződtek.

A felfreccsenő sólének közvetlenül kitett lapban volt jelentősebb a kloridion koncentráció (L2), és 20–40 mm mélységben mértük a legnagyobb értéket, a cement tömegére vonatkoztatott 4,8 %-ot (a felületi rétegekből a szintén felcsapódó esővízzel egy része kimosódott).

Az útpályához képest magasabban elhelyezkedő lap esetén viszont a füstgázok okozta szulfát- és nitrátion feldúsulás volt jelentősebb (a mért legnagyobb szulfátion mennyisége 2-3-szorosa volt a cementtel bevitt eredeti mennyiségnek).

A kipufogógázok savas szennyező anyagainak (szén-dioxid, kén-dioxid, nitrogén-dioxidok) hatása észlelhetően csökkentette a beton pH-ját is, sőt – a kötőanyag egy részének kioldása révén – mérhető vízfelvétel növekedést is okozott. Az L1 jelű lapok felülete világosabb színű és porózusabb volt.

e) Szárnyfal betonjának szennyeződése

A kőburkoló lapok mögötti szárnyfal betonjába a sólé már nem tudott bejutni csak a gáz állapotú levegőszennyező anyagok, amit a mérhető-nitrátion tartalom és a szulfátion többlet jelzett.

3. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Az ipari termelés és a közúti közlekedés jelentősen terheli a levegőt, elsősorban SO_2 (kén-dioxid) és NO_x (nitrogén-oxidok) kibocsátása által. Meglévő szerkezetek vizsgálata során azt kutattuk, hogy ez mennyire káros vasbeton szerkezeteinkre (az acélbetét korróziójára). Ez esetben vizsgáltuk az utak jégmentesítő sózásának vasbetonra gyakorolt hatását is.

Valamennyi műtárgy betonjában észleltük a légszennyező SO_2 okozta gipszképződést. Ez a beton 10 mm-es kérgében volt a legnagyobb. Ipari üzemektől távol eső helyeken kicsi volt az értéke, míg az erősen szennyezett levegőjű körzetekben, az idősebb betonban elérte a cementtel eleve bevitt gipsznek a háromszorosát is.

Legnagyobb nitrátion-tartalmat a Borsodchem Rt. telepén lévő betonszerkezetben mértünk, ennek oka a nitrogén-műtrágya gyár közelsége volt. Más helyeken a NO_2 szennyezés hatását elsősorban a közúti forgalom sűrűsége befolyásolta.

Legtöbb műtárgyban észleltünk – rendszerint elhanyagolható mennyiségű, de friss szennyeződésre utaló – nitritiont is.

Az M7 autópálya elbontásra szánt, Budaörs Károly király úti felüljárójának vizsgálata azt is megmutatta, hogy a téli sózás okozta kloridion-szennyeződés az útpálya közelében volt a legnagyobb és felfelé rohamosan csökkent, továbbá a híd Balaton felőli oldalán nagyobb volt a szennyeződés, mint a Budapest felőlin.

Az esettanulmányok is alátámasztották elméleti kutatásainknak alábbi következtetését: feltételezhető, hogyha a beton jele legalább C20 és a betonfedés legalább 20 mm, kis nedvességtartalmú betonban az acélbetét korróziója még extrém mennyiségű légszennyeződés esetén sem következik be. Esettanulmányaink során a korróziót mindig a téli sózás okozta.

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak az Országos Tudományos Ku-

5. HIVATKOZÁSOK

Balázs Gy. – Csányi E.: (2002), „A levegő szennyezettségének hatása az acélszerkezetek korróziójára – esettanulmányok 1.” *VASBETONÉPÍTÉS* 2002/1, PP. 18-23.

Gálos M. – Balázs L. Gy. – Kocsányiné Kopecskó K. – Csányi E.: „Budaörs, Károly király úti felüljáró betonjának és kőanyagának lebontás előtti állapotáról” *szakvélemény*, Budapest, 2001.

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 14 könyve, 6 könyvrészlete, 240 szakcikke jelent meg.

Csányi Erika (1945) okl. vegyész (JATE, Szeged Természettudományi Kar), 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.

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

INFLUENCE OF AIR POLLUTION ON THE CORROSION OF REINFORCEMENT - CASE STUDIES 2.

Prof. György Balázs, Erika Csányi, Prof. György L. Balázs

Various structures (like bridges, industrial buildings etc.) were selected in areas of rather concentrated air pollution. Influences of SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- and CO_2 were investigated.

Based on the presented case histories it is supposed that air pollution would not induce corrosion of reinforcement whenever the concrete grade is at least C20 and the concrete cover is at least 20 mm. Corrosion was induced in all of our case histories by chloride ions.

Az 1967-ben épült vasbeton gabonasiló oldalfalain megjelent repedéseken bejutó csapadékvíz az üzemeltetést zavarta, az elégtelen teherviselő képesség és az acélbetétek korrózió elleni védelme, a felületvédelem felújítása is a javítást igényelte. A különböző megerősítési módszerek összehasonlítása alapján a hálós vasalással kialakított, műszál adagolású lövellt betonos külső köpeny alkalmazása mellett döntöttek. A repedések korlátozása érdekében a beton lövésének idejére a cellákat gabonával feltöltötték, így a külső kéregben lényegében húzófeszültség nem keletkezett. Új repedésáthidaló felületvédő bevonattal esztétikailag is kedvező megjelenést értek el.

1. ELŐZMÉNYEK

- A tervezett vasalás $2 \times \varnothing 8/25$ cm volt, és ezt a legtöbb helyen – de nem mindenütt - be is építették.
- Az acélbetétek betontakarása kevés (átlagosan 15 mm), ezért a megindult korrózió következtében leválások, feltáskásodások jelentkeztek.
- A felületvédő réteg előregedett, rideggé vált és felújításra szorult.
- Az egyes cellafalak meghibásodása lényegesen különbözik: egyesek tűrhető, míg mások igen rossz állapotban vannak, és javításuk nem halasztható.
- A beton szilárdsága általában kicsi (átlagosan C12) és egyenlőtlen, tömörsége változó és a beton fészkes.

2. A MEGERŐSÍTÉS MÓDSZERÉNEK MEGVÁLASZTÁSA

Az Alföldi Gabonai Rt. vezetősége úgy döntött, hogy a javítás, ill. megerősítés módszerét pályázat alapján választja ki. A javasolt megerősítések:

- a) Külső és belső *acél abroncsok* felerősítése, amelyeket a cellák összemetsződésénél lévő „piskótába” kötnek be.
- b) Új, *belső vasbeton köpeny* beépítése.
- c) *Külső* lövellt vasbeton *köpeny* készítése
- d) *Szénzsálas lamellák* felragasztása.

Az a) és b) megoldás lehetővé teszi a *részleges megerősítést*, azaz a legrosszabb állapotban lévő cellák megerősítésével kezdve, a *munkálatok időben elhúzhatók* a pénzügyi helyzetnek megfelelően.

A *külső vasbeton köpenyezés* esetében a részleges megerősítés, javítás, szakaszolás nehezen oldható meg, technológiai előnyei és gazdasági hatékonysága akkor érvényesül, ha az *egész silótömböt felújítják*.

A siló üzemeltetője a körülmények mérlegelése alapján végül a külső vasbeton köpenyezéssel való megerősítés mellett döntött és a kivitelezéssel az EKS-Service Kft-t bízta meg (Erdei 2001). A megvalósítási részletterveket a CAEC Kft. készítette.

3. AZ ERŐTANI ELLENŐRZÉS

3.1 A silóterhek meghatározása

A gabonasilókban tárolt anyagból származó ún. silónyomások számítására sokféle módszert alkalmaznak, ezek ismertetése és elemzése nem ennek a dolgozatnak a feladata. Jelen esetben az Orosz (1998) által javasolt eljárást választottuk az alábbi indokok alapján:

- A legismertebb Janssen-féle elméleten alapul.
- Mind a tárolási mind az ürítési állapotra megadja a nyomások értékeit.
- Összetartozó értékpárokat ad meg és így nemcsak függőleges, hanem ferde falak esetében is használható.
- Egyszerűen kezelhető és a biztonság oldaláról közelít.
- Olyan ideális ömlesztett anyagjellemzőket alkalmaz, amelyeknek figyelembe vételével a silóban *mindenféle mezőgazdasági szemestermény* tárolásából adódó erőjáték számítható és így a siló használhatósága nincs anyagfajtához kötve az élettartama folyamán.

Az idealizált gabona fizikai jellemzői:

- térfogatsúlya: $g = 9 \text{ kN/m}^3$
- az oldalnyomás tényezője:
tárolás alatt: $k' = 0,6$
ürítés alatt: $k'' = 1,0$
- a falsúrlódás tényezője:
tárolás alatt: $m' = 0,4$
ürítés alatt: $m'' = 0,24$

A vasbeton cella geometriai adatai a következők.

A cellafal középfelületének átmérője: $D = 5,00 \text{ m}$
a belső átmérő: $D_b = 4,86 \text{ m}$
a falvastagság: $t = 0,14 \text{ m}$

A tárolt gabona magassága a tölcsér felett $H=27,0 \text{ m}$

A *határmélység*: tárolás ill. ürítés esetén is azonos, mivel

$$k'm' = k''m''$$

$$z_0 = \frac{D_b}{4k\mu} = \frac{4,86}{4 \cdot 1 \cdot 0,24} = 5,6 \text{ m}$$

A tárolt gabonából származó *silónyomások legnagyobb értékei végtelen magas cella esetében*:

• a tárolás alatt

a függőleges nyomás:

$$p_{v,\max}^I = \gamma z_0 = 45,5 \text{ kN/m}^2$$

a vízszintes nyomás:

$$p_{h,\max}^I = \gamma z_0 k' = 27,3 \text{ kN/m}^2$$

a súrlódó nyomás:

$$p_{s,\max}^I = \gamma z_0 k' \mu' = 10,9 \text{ kN/m}^2$$

• ürítés közben

$$p_{v,\max}^{II} = \gamma z_0 = 45,5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{h,\max}^{II} = \gamma z_0 k'' = 45,5 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{s,\max}^{II} = \gamma z_0 k'' \mu'' = 10,9 \text{ kN/m}^2$$

Tetszőleges mélységben a silónyomások a Janssen-képlettel számíthatók:

$$p(z) = p_{\max} (1 - e^{-\frac{z}{z_0}})$$

z [m]	z/z ₀	1 - e ^{-$\frac{z}{z_0}$}	Silónyomások tetszőleges mélységben tárolás [kN/m ²]		ürítés [kN/m ²]
			P _v	P _h	P _s
5	0,99	0,628	28,6	17,2	6,8
10	1,97	0,861	39,2	23,5	9,4
15	2,96	0,948	43,2	25,9	10,3
20	3,95	0,981	44,6	26,8	10,7
25	4,95	0,992	45,1	27,0	10,8
27	5,34	0,994	45,2	27,1	10,8

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy e módszer szerint

$$p_v^I = p_v^{II} = p_h^{II} \quad \text{ill.}$$

$$p_s^I = p_s^{II}$$

feltevéssel élnek.

Jelen esetben csak a vízszintes nyomásokkal kell számolnunk, ennek magassága szerinti megoszlását a 2. ábra mutatja.

Az exponenciális nyomáeloszlás helyett Orosz (1998) javaslatára alapján a legnagyobb vízszintes nyomások eloszlását a $p_{h,\max}$ által meghatározott függőleges és az elméleti görbe érintőjének metszéspontját megadó, a kezdőpontból a z_0 határmélységig vezető egyenesekkel adhatjuk meg. Az elméleti nyomások e határoló egyeneseknél mindenütt kisebbek, így a közelítés a biztonságot szolgálja.

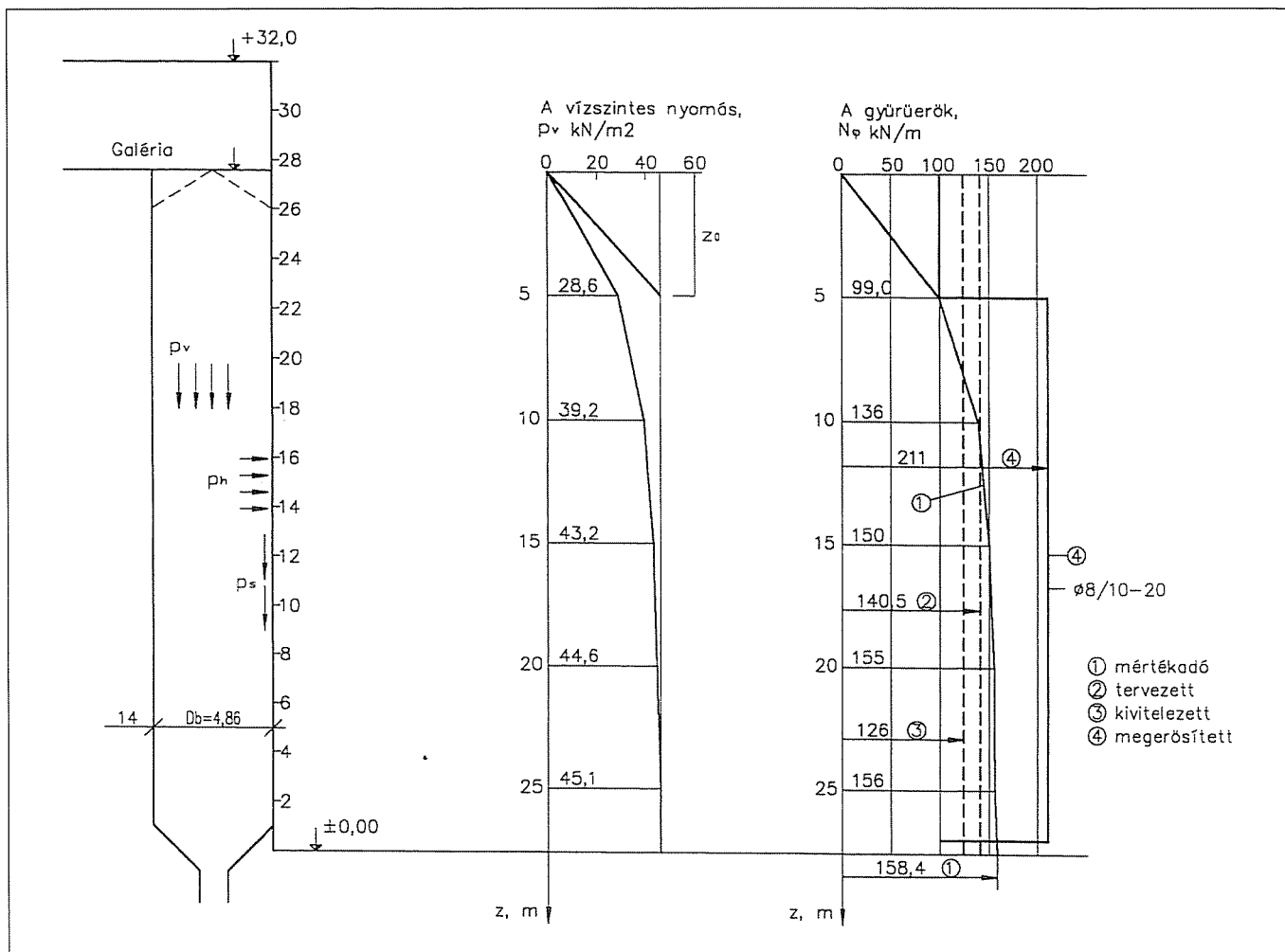
3.2 Az erősítés előtti állapot

3.2.1 A mértékadó és határerők

A cellafalakban fellépő húzóerő a kazánképlettel határozható:

$$N_{g\max} = n \cdot r_b \cdot p_{h,\max} = 1,3 \cdot 2,43 \cdot 45,5 = 144,0 \text{ kN/m,}$$

ahol $n=1,3$ a biztonsági tényező,
 $r_b=2,43\text{m}$ a cella belső sugara.



2. ábra: A számított nyomások és gyűrűerők

A napi, ill. évszakos hőmérsékleti hatás közelítően az ürítési nyomás 10%-ára vehető fel, így a mértékadó gyűrűirányú erő:

$$N_{g,M} = 144,0 + 14,4 = 158,4 \text{ kN/m.}$$

Az eredetileg tervezett vasalási állapot:

$$2 \times \emptyset 8/25; A_s = 402 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Az acél jele: B 60.40, $s_{aH} = 350 \text{ N/mm}^2$
a határerő:

$$N_t^h = 402 \cdot 350 = 140,5 \text{ kN/m} < 158,4 \text{ kN/m}$$

a hiány mintegy 11%.

A kivitelezett cellafalakban a vasalás elrendezése - a feltárások szerint - ezzel közel azonos, azonban az acélbetétek keresztmetszete a korrózió miatt csak mintegy 10%-os csökkenéssel vehető figyelembe, így a tényleges határerő az

$$A_s \approx 360 \text{ mm}^2/\text{m} \text{ vasalással számolva:}$$

$$N_{gH}^k = 360 \cdot 350 = 126 \text{ kN/m} < 158,4 \text{ kN/m}$$

a hiány ~ 20%. Ilyen mértékű teherbírási hiány esetében már erőtanai számításra alapuló megerősítésre van szükség.

3.2.2 A repedésérzékenység

A repedésérzékenység ellenőrzésére a skandináv kutatók által javasolt módszert alkalmaztuk, amely szerint a silófal megfelelő, ha a k repedésérzékenységi mutató

$$k = \frac{A_{sh}}{D_b^2} \geq 0,24$$

ahol A_{sh} - az alkalmazott vízszintes vasalás [cm^2/m],
 D_b - pedig a cellafal belső átmérője [m].

Jelen esetben a **tervezett** vasalással

$$k_t = \frac{4,02}{4,86^2} = 0,17 < 0,24$$

a **megelevő** vasalással pedig:

$$k_t = \frac{3,60}{4,86^2} = 0,15 < 0,24$$

azaz egyik esetben sem teljesül a javasolt repedésérzékenységi követelmény.

A repedésérzékenység szempontjából szükséges vasalás:

$$A_{s,r} = k \cdot D_b^2 = 0,24 \cdot 4,86^2 = 5,66 \text{ cm}^2/\text{m} > 3,60 \text{ cm}^2/\text{m}$$

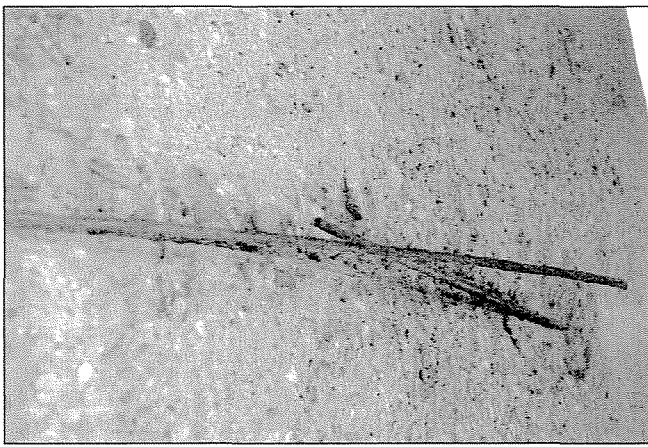
azaz mintegy 60%-os növelésre van szükség.

3.3 A megerősítés utáni állapot

Az acélbetétek mennyisége

A megerősítéshez szükséges acélbetétek mennyiségének meghatározása során két lehetőség közül kellett választani:

- a megelevő vasalás figyelembevétele és ehhez kiegészítő vasalás betervezése, vagy
- a teljes húzóerő felvételére alkalmas vasalás alkalmazása.



3. ábra: Az átfogásos toldások kinyílása

Az előzetes vizsgálatok során megállapították, hogy a beton szilárdsága viszonylag kicsi, és egyenlőtlen, a munkahézagoknál fészkes, a betontakarás nem megfelelő, a cellafal erőteljesen repedezett. Ezek alapján kétségesse vált a meglévő acélbetétek átfogásos toldásának hatékonysága. A ténylegesen beépített acélbetétek mennyiségével, ezek egymástól való távolságával kapcsolatban – a feltárások alapján – is agályok merültek fel. Ezek jogosságát a 3. és 4. ábrák szemléletesen igazolják. Jól látható, hogy a felület nagynyomású vízzel való tisztítása után, az elégtelen mértékű átfogásos toldások kinyíltak, a betontakarás levált, továbbá kiderült, hogy az acélbetétek egymástól való távolsága a tervezett 25 cm helyett, esetenként 40 cm – nál is nagyobb volt.

Így tehát tervezéskor olyan döntés született, hogy a meglévő vasalást figyelmen kívül hagyva, a teljes húzóerőt az új erősítő vasalás viselje.

A tervezett és beépített vasalás B60.50 jelű Ø8/10 – 20 hegesztett háló. Ennek keresztmetszeti területe $A_s = 503 \text{ mm}^2/\text{m}$, a határérő:

4. ábra: A beépített acélbetétek távolsága



$$N_H = 503 \times 420 = 211,0 \text{ kN/m} > N_M = 158,4 \text{ kN/m.}$$

A repedésérzékenységi mutató:

$$k_1 = \frac{5,03}{4,86^2} = 0,213 < 0,24$$

még így sem éri el a javasolt alsó korlátot, de közelebb van hozzá.

A hegesztett háló bekötése

A lövellt betonkéregben elhelyezendő hegesztett háló méreteit úgy választottuk meg, hogy függőleges toldásukra ne legyen szükség, – ezt a sarokcellák kivételével teljesíteni is lehetett.

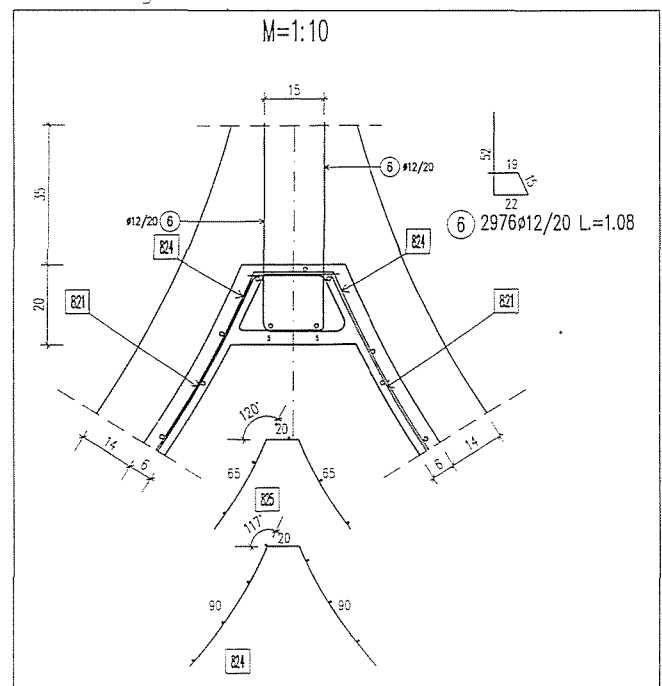
A cellák összemetsződésénél, a hegesztett háló bekötésének biztosítására a 5. ábra szerinti megoldást választottuk. E szerint egy vasalt függőleges borda kialakítására került sor, amelyet a betonba fűrt lyukakba ragasztott kengyelek horgonyoznak be a cellafalak találkozásánál. A lehorgonyzó kengyelek hatékonyságának ellenőrzésére helyszíni kihúzó kísérleteket végeztünk és ennek alapján határoztuk meg a furatok mélységét, ill. az alkalmazandó ragasztóanyagot. Ilyen vizsgálatokra minden hasonló jellegű erősítés esetében szükség van, mert csak így lehet megbízhatóan megállapítani a beton tényleges szilárdságától függő lehorgonyzó erőt. A hegesztett háló bekötésének szerkezeti kialakítását, illetve a beton lövése közben itt alkalmazott munkahézag kialakítását a 6. ábra szemlélteti.

A cella feltöltése a beton lövése közben

Ha a betonkéreg felhordásának idejére a cellát gabonával feltöltik, majd a kéreg megszilárdulása után átforgatással kialakítják az ürítési nyomást, ill. a gyűrűerőt, akkor a silóteherből a külső köpenyben húzófeszültségek nem keletkeznek, ill. üres siló esetében nyomófeszültségek lépnek fel. Ez a repedések megjelenése, ill. korlátozása szempontjából előnyös. Ez azonban csak akkor engedhető meg balesetvédelmi szempontból, ha az építés idejére a cella felhasadása, tönkremenetele kizárható.

A rövid idejű, mintegy két hetes időtartamú állapot esetében a gabona tényleges térfogatsúlyával ($g = 8 \text{ kN/m}^3$) számolva a gyűrűerő:

5. ábra: A hegesztett háló bekötésének vasalása





6. ábra: A hegesztett háló bekötése

$$N_g^0 = \frac{0,8}{0,9} p_{n,b} \cdot r_b = \frac{0,8}{0,9} \cdot 45,2 \cdot 2,43 = 99,5 \text{ kN/m}$$

A meglévő vasalással számított határerővel a biztonság

$$n = \frac{N_{gH}^k}{N_g^0} = \frac{126}{99,5} = 1,25 > 1,0$$

Azaz a feltöltés megengedhető és az ezzel járó kockázat vállalható.

4. A MEGERŐSÍTÉSI MÓDSZER ALAPELVEI ÉS JELLEMZŐI

A külső vasbeton réteg alkalmazásának *előnyei*:

- Az erőtanilag szükséges megerősítés, a cellafalak meglévő javítása, a vasalásának korrózióvédelme, a silótömb kedvező esztétikai megjelenése egy technológiai folyamattal elérhető.
- A megvalósítási munkálatok idején az üzemeltetés – lényegében korlátozás nélkül – zavartalan.
- Egy silótömb megerősítése néhány hónap alatt megoldható.

A módszer alkalmazása során azonban figyelembe kell venni a következőket:

- Csak *kedvező időjárási feltételek* esetén lehet kivitelezni.
- A viszonylag vékony (6-8 cm-es) lövellt betonkéreg miatt, a kezdeti zsugorodási repedések megakadályozása érdekében célszerű műanyagszálat adagolni a betonhoz.
- A beton utókezelése fokozott figyelmet igényel.
- A felület megtisztítása, ill. a beton lövése során keletkező finom szemcsét tartalmazó „felhő” képződése miatt

a környező építmények, ill. a már elkészített felületek védelme érdekében intézkedni kell, figyelembe véve az uralkodó szélirányt is.

A megerősítési módszer technológiai lépései az alábbiak:

- A felület megtisztítása nagynyomású homokfúvással.
- A laza betonrészek levésése, kezelése korrózióvédő bevonattal.
- A vasalás, azaz a hegesztett hálók, bekötések szerelése, felerősítése.
- A betonkéreg *lövése előtt a cella gabonával való feltöltése*, melyet a kéregbeton 14 napos koráig célszerű megtartani.
- A betonkéreg lövése, lesimítása és a munkahézagok gondos kialakítása.
- A felületvédő bevonati rétegek felhordása.

Megemlítjük, hogy a lövellt beton szilárdsági osztályának előírása során figyelembe kell venni a cellafalak eredeti betonjának tulajdonságait. A meglévő fal és az új kéreg együttdolgozása ugyanis a nyúlási merevségek közel azonos mértéke esetében biztosítható. Mint ismeretes a merevbb szerkezetek a terheket „magukra vállalják”, a lágyabbak viszont „kitérnek” előlük. Ezért nagyon fontos a *régi és új szerkezetek együttműködésének elősegítése érdekében az alakváltozási, merevségi tulajdonságok közelítése*. Jelen esetben a viszonylag kis eredeti betonszilárdság miatt várható volt, hogy a jóval ridegebb lövellt kéreg a teherviselésben nagyobb mértékben fog részt venni, ezért célszerűnek és megnyugtatónak azt tartottuk, ha az *új külső kéreg a teljes silóteher viselésére alkalmassá válik és ezt a vasalás mennyiségének meghatározásánál figyelembe is vettük*.

5. A KIVITELEZÉS, A MŰSZAKI ÉS MINŐSÉG-ELLENŐRZÉS

5.1 A betonfelület előkészítése

A cellafalak javításához egyszerre három cella munkába vételét lehetővé tevő állványt készítettek.

A *betonfelület előkészítése* az egész felújítás – megerősítés sikerességét megalapozó munkafolyamat. Ahhoz, hogy az erőátadó kapcsolat létrejöhessen az őbeton és a lövellt kéregbeton között, a siló felületét alaposan meg kellett tisztítani, a laza és feltáskásodott betonrészeket el kellett távolítani, a megfelelő szilárdságú kb. C12-es betonrészek eléréséig.

A cellafalak valamint a gépház felületéről eltávolították a meglévő bevonatot, a cementhabarcs és a kapcsolatot akadályozó anyagokat (mészköliszt, szilikátpor, homokliszt stb.). A felülettisztítás *szemcsefúvási módszerrel* (0,5-1,25 mm-es szemnagyságú, éles kvarchomok alkalmazásával), mobil homokszóró berendezésekkel történt. A száraz homokfúváshoz szükséges 7 m³/min./gép levegőmennyiség, illetve 7-8 bar nyomás biztosításáról egy 20 m³/min teljesítményű, környezetbarát elektromos kompresszor gondoskodott.

Kézi-gépi vésőeszközökkel eltávolították a gyenge szilárdságú, laza betonrészeket. A visszavésés mélysége helyenként az 50-70 mm-t is elérte. Mivel ez a folyamat a homokszórással egyidejűleg folyt, a szabaddá vált acélbetéteket egyúttal homokszóróval is megtisztították. Az így feltárt betonacélok keresztmetszet - csökkenése *meghaladta az előzetesen becsült értéket*.

A felületi tisztítás és visszavésések eredményeként nagyobb mennyiségű anyag pótlásra volt szükség, mint azt a megelőző vizsgálatok alapján feltételezni lehetett.

A megtisztított felületen a betonfelület hibái láthatók (3 és 4 ábrák).

5.2 A cellafal eredeti betonjának ellenőrzése

Az előzetes szakértői vizsgálatok részletes adatokat erre ugyan nem adtak, de egyértelmű volt a viszonylag kis és egyenetlen szilárdság. A régi cellafal és az új betonkéreg tapadásos kapcsolatához a megfelelő 1 N/mm² tapadó-húzószilárdság elérésének bizonytalansága miatt a kéregben alkalmazott hegesztett háló bekötésére fokozott figyelmet kellett fordítani.

A siló szemrevételezéses vizsgálatából arra lehetett következtetni, hogy a függőleges repedezettség a támrudak hiányos kiinjektálásának következménye. A vízszintes vasalások előrehaladott korróziós állapota, amelyet a 10 mm-nél szélesebb kipergés, feltáskásodás, lerepesztett betonfedés is igazolt, baleseti veszélyt is jelentett, ezért annak részletes és általános felülvizsgálata halaszthatatlanná vált.

A CAEC Kft. az eredeti betonfelületen beton – nyomó és tapadószilárdságot mért, valamint az acélbetétek szakító szilárdságáról mérési jegyzőkönyvet készített.

A betonszilárdságot roncsolásmentes módon, Schmidt-kalapáccsal, 5 mérési ponton vizsgálták. A mért átlagos beton-szilárdság 16,0 N/mm², jellemző betonszilárdság 12,0 N/mm² volt.

A tapadószilárdságot felragasztott 50 mm-es tapadókorong leszakításával vizsgálták 5 mérési helyen. Az átlagos tapadószilárdság 1,2 N/mm², a mért legkisebb szilárdság 0,52 N/mm² volt.

A vizsgálatok során megállapították, hogy a tapadószilárdság megfelelő, de egyenlőtlen. A betonszilárdság C12 jelű, az acélbetétek szakító szilárdságának figyelembe vehető határszilárdsága 300 N/mm² volt.

Minden egyes homokszórásos felülettisztítási, valamint kézi-gépi feltárási szakaszt követően ellenőrizték a felületpor, régi bevonat, egyéb szennyeződés, illetve laza részekről való mentességet.

5.3 A lövellt beton jellemzői

A követelmények

- C20 (MSz 4719 – MSz 4720) jelű beton,
- a legnagyobb szemmagyság: $D_{\max} = 8\text{ mm}$,
- folytonos szemszerkezet.
- kis kezdeti repedési hajlam,
- legnagyobb légzárvány mérete: 5 mm,
- polipropilén műszál adagolás: 1,0 kg/m³,
- gondos utókezelés biztosítása.

Lényegében tehát olyan betont kell alkalmazni, amelynek az alakváltozó képessége az átlagosnál jobb, és erre a PP műszál adagolású betonok alkalmasak. A műszál adagolás előnye még, hogy a friss beton korai zsugorodási repedéseinek megjelenését gátolja és csökkenti a beton lövése közben visszahulló anyag mennyiségét.

A beton összetétele

Az egyenletes betonösszetétel érdekében gyárilag előkészített, zsákolt lövellt betont alkalmaztak.

A lövellt betonkéreg teljes mértékben gyári szórható lőthabarc keverékből készült, amelyhez a vizet a keverőfejben adták hozzá (ún. száraz eljárás).

A lőthabarc összetétele az alábbi:

	(tömegre) kg
víz: (víz/cement tényező = 0,25	100 l/m ³
portlandcement CEM I 42,5	400 kg/m ³
ásványi eredetű homok (0-8 mm)	1689 kg/m ³
adalékszer	12 kg/m ³
műanyagszál	1 kg/m ³

A Keston MM4, ill. MM8 25 kg-os kiszerelésű beton szilárdsági jele C20, a polipropilén műszál gyárilag adagolták.

A lövellt beton szilárdságának ellenőrzése

A lövellt beton – keverék hajlító-húzó – és nyomószilárdságát a gyártó cég folyamatosan ellenőrizte. Ennek keretében – a műszaki ellenőr utasítására – az alábbiakra került sor.

A 4 x 4 x 16 cm³ próbatesteken végzett laboratóriumi vizsgálatok (MSZ EN 196 – 1: 1996 9.2 és 9.3 pontok) 6,88 N/mm² átlagos hajlító - húzó szilárdságot, valamint 45,86 N/mm² átlagos nyomószilárdságot mutattak ki: ez nagyobb a gyári műszaki adatlapokon feltüntetett értéknél.

A fellőtt beton szilárdságának és egyenletességének ellenőrzésére *tapadókorongos leszakító vizsgálatot végeztek*. A mért átlagos 1,28 N/mm² – es leszakító húzószilárdság biztosítani tudja a védőbevonattal való *megfelelő együttműködést*.

A kiviteli terveket készítő CAEC Kft. szűrőpróba jellegű ellenőrzést végzett.

A lövellt beton minősítése

Az építési helyszínen készített 15 x 15 x 15 cm-es próbatestek MSz 4715 szerinti laboratóriumi vizsgálati eredményei alapján a beton nyomószilárdsági osztálya MSz 4719 szerint C20. A vizsgált próbatestek a beton jeléhez tartozó minősítő értéket (kockán 25 N/mm²) elérték.

Az elvégzett vizsgálatok az alábbiakat igazolták:

- a fellőtt beton C20 szilárdsági osztályúnak fogadható el,
- a minőség egyenletes,
- a felületek lesimítása megfelelő.

5.4 A vasalás szerelése

Az acélbetétek anyaga

Az erősítési terv szerint a cellafalak felületére a +2,0 m és +22,8 magasság között Ø8/10 – 20 – as hegesztett hálót, a +22,8 m és +27,40 m között Ø7/10 – 20, a +27,40 és +32,00 között Ø4,2/10 – 20 hegesztett hálót alkalmaztunk. A háló acélbetétek anyaga B 60.50, MSz 339 szilárdsági osztályú volt.

A háló bekötésének vizsgálata

A külső felületre felszerelt hálók átfogásos toldását, ill. a cellák összemetsződésénél lévő vápába való bekötését – amint korábban említettük – az 5. ábra szerint alakítottuk ki.

A bekötés megbízhatóságát a helyszínen fűrt és beragasztott tüskézés kihúzásával ellenőriztük, és a terv szerint előírt 39 kN helyett a kihúzóerő mért értékek átlaga 55 kN volt. Ezek alapján a Ø12 mm átmérőjű bekötő kengyeleket 350 mm mély és a Ø16 mm átmérőjű fűrt lyukakba AM 1000 quick mix (Techno-Wato) ragasztóanyaggal kötötték be a cellafal betonjába.

A hegesztett hálók felszerelése

A hegesztett hálók felerősítésére 50/50 cm-es osztásban elhelyezett tüskézést alkalmaztunk. Ezzel el lehetett érni a lövés alatt szükséges merevséget, továbbá a viszonylag gyenge alapbetonnal való kapcsolatot.

Az adott cellaméret esetében a 8 mm – es acélbetétekből készült hegesztett *háló a felületre még ráhajlítható*. Nagyobb átmérő esetében a háló előhajlítására lenne szükség, ami már szerelési nehézségekkel is járna.

A felület tisztaságának ellenőrzését követően elkészültek a *csumóponti lehorgonyzó acélbetétek (kengyelek)* elhelyezéséhez szükséges 35 cm mély furatok. A lehorgonyzó kengyeleket 20 cm-ként kettőzve ragasztottuk be a kb. 22 cm széles összemetsződési hosszban. A kengyelek beragasztásának minőségét szűrőpróbaszerűen kihúzóvizsgálattal ellenőriztük.

A cellák összemetsződési függőleges szakaszában – a lehorgonyzó kengyelek beragasztása előtt – rögzítettük a helyszíni hajlítású, vályú alakú hálókat, amelyeket váltakozóan 0,90 illetve 0,65 m átfedéssel a cellafalakra rögzített hálókval csatlakoztattuk. A hegesztett hálók felszereléséhez, rögzítéséhez 2 db/m² beragasztott acéltűskét alkalmaztunk és a falsíktól 1 cm minimális távolságot tartottunk.

Különösen nagy figyelemmel és óvatossággal végeztük az egészben 2,40 x 6,00 m méretű hálók szereléseit, mert az állványzat külső részén szintre emelt hálónak a cellafalakra való juttatása csak az állványzat egyes lehorgonyzási pontjainak feloldásával volt megoldható, illetve a Ø8 – as gyűrű irányú hálókat a cellák ívére nehezen tudták illeszteni és rögzíteni.

5.5 A beton lövése, a munkahézag kialakítása

A beton fellövése előtt a felületet előnedvesítettük, a lövellt betont matt nedves felületre hordtuk fel.

A külső lövellt betonkerget felülről lefelé haladva készítettük. A cellafalakat *erőtani* okok és a repedésérzékenység miatti – a +2,00 és +26,70 m magasság között 6 cm vastag, vasalt ellátott külső lövellt betonkéreggel erősítettük meg, +26,70 és +34,00 m magasság között pedig a betonacélok *korrozio elleni védelme érdekében* és a felületi leválás ellen 3 cm vastag, repedést gátló erősítő hálóval kialakított külső lövellt betonkerget készítettünk.

A 6 cm-es betonkerget minimálisan 20 mm, valamint a 3 cm-es betonkerget minimálisan 15 mm betontakarással készítettük.

A kéregbeton vízszintes munkahézagainak környékén megjelenő hajszálrepedések képződésének csökkentése érdekében szögacélból készített, a cellafal ívére hajlított merev lezáró elemeket alkalmaztunk. Ezzel értük el a lövellt beton és a betontakarás megfelelő vastagságát, illetve tömörségét. A függőleges munkahézagokat a függőleges behorgonyzó bordánál alakítottuk ki úgy, hogy a cellák összemetsződésénél az első ütemben csak 6 cm vastag megerősített réteget készítettünk. A következő silócella megerősítésekor a második ütemben készítettük el a teljes megerősített behorgonyzó bordát, ami a munkahézagot teljes egészében átfedte. A második ütem előtt az acélbetétekre lerakódott betont eltávolítottuk.

A megfelelő rétegvastagság elérése után a beton felületét lesimítottuk, részben a felületvédő bevonat felhordásának megkönnyítése, ill. a folyamatos és egyenletes rétegvastagság elérése, másrészt a kedvezőbb esztétikai megjelenés érdekében.

A beton lövését úgy szerveztük meg, hogy egy cellán függőleges munkahézag csak az összemetszésekénél legyen, a vízszintes munkahéagnál pedig az említett ívesen hajlított szögacél szelvényt alkalmaztak, amelyet a hegesztett hálóhoz erősítettek.

Az alkalmazott munkahézag – képzés előnyei az alábbiak:

- Biztosítani lehet a hálós vasalás felett a 25 mm-es egyenletes betonfedést.

- Az acélszelvény merevsége miatt a hozzá lövellt beton kellően tömör lesz.
- Az acélszelvény leszerelése után az új kéreg tömör betonfelületre lövellhető.
- A munkahézag a felületre merőleges, ezzel elkerülhető, hogy az új kéreg lesimítása során a régi felületen olyan vékony rásimított réteg alakuljon ki, amely feltáskásodásra, utólagos leválásra hajlamos.

A tapasztalat azt igazolta, hogy az így kialakított munkahézagokban – az egyébként elkerülhetetlen – hajszálrepedések nagyon ritkán jelentek meg.

Az egy cellafalon alkalmazott egy darab íves acélszelvénnyel egyenletesen ívelt felületet lehetett kialakítani, a korábbi egyenetlenségek eltűntek, és ezzel az eredetinel kedvezőbb esztétikai megjelenést értünk el.

5.6 A felületvédő bevonat

A lövellt betonkéregben elkerülhetetlenül megjelenő hajszálrepedések (zsugorodás, munkahézagok, eredeti cellafal-repedések, hőmérsékleti hatások) lefedésére, a repedésekbe bejutó csapadék káros hatásának megakadályozása, továbbá a silótömb kedvező esztétikai megjelenése érdekében a felületvédő bevonat alkalmazása nélkülözhetetlen.

A több rétegben készített bevonattal szemben támasztott követelmények:

- rugalmas repedésáthidaló képesség,
- *meglévő* felületi tapadás,
- UV sugárzásnak álljon ellen,
- páraáteresztés,
- fényvisszaverő tulajdonság (napsugárzásból származó hőhatás csökkentése),
- javíthatóság.

Ezeket az alkalmazott KESTON FLEX II. anyag teljesíti, a tapadókorongos leszakító vizsgálatok alapján a felületi tapadás megközelítette az 1 N/mm² értéket tehát az előírások szerinti 0,5 N/mm² tapadószilárdság közel kétszeresét érték el.

A felületi bevonat élettartama 10-15 évre becsülhető, így állapotának felülvizsgálatát mintegy 10 évenként el kell végezni.

A lövellt betonköpenyt, majd a felületvédő bevonatot is a megrepedt eredeti szerkezetre hordták fel, ezért *erőtani* és hőmérsékleti hatások következtében hajszálrepedések jelentkezhetnek, emiatt a felületvédő bevonatot úgy választottuk ki, hogy alkalmas legyen a 0,2 mm repedéstágasság áthidalására.

A védőbevonat alkalmazását indokoltá tette az új lőttbeton réteg meteorológiai hatásokkal szembeni fokozott védelme, továbbá a lövellt beton jellemző légzárányos szerkezete.

Az alkalmazott felületvédelem akrilát kopolimer alapú, vi-
zes diszperziós anyagrendszer, amely mélyalapozó koncentrátumból és 2 réteg fedőrétegből tevődik össze. A felületvédő bevonat 0,2 mm repedéstágasság áthidalására alkalmas, tartósan rugalmas, fényvisszaverő, vízzáró és páraáteresztő.

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Több mint három évtizede épített vasbeton siló üzemeltetését korlátozó meghibásodásai miatt a javítást nem lehetett tovább halasztani. A hiányosságok felderítése érdekében részletes szakértői vizsgálatokat végeztek és megállapították, hogy a repedezettségi állapot javításán kívül *erőtani* szempontból is szükség van a megerősítésre. A megerősítési módszerek alapos elemzésével választották ki az optimális megoldást és a

külső lövellt vasbeton köpenyezés megvalósítását javasolták.

Külföldön lövellt vasbeton kéreggel Kanadában (Collins, 1997) és Jugoszláviában erősítették meg a vasbeton silókat, azonban ezeknél a vasalt kéreg csak a silófal magasságának kétharmadáig ért, és külső felületvédő bevonatot nem alkalmaztak. A kanadai silónál az erősítés után néhány éven belül a lövellt betonkéreg *megrepedését* tapasztalták. Ez arra figyelmeztet, hogy repedésáthidaló külső felületvédő bevonatra mindenképpen szükség van.

Magyarországon először a marcali 2000 vagonos vasbeton gabonasilót erősítették meg külső – lövellt – vasbeton kéreggel. (Orosz – Csató – Tamáska, 1999). Ebben az esetben a kérget teljes magasságban elkészítették, 2/3 magasságig vasalással, e fölött vasalást csak helyenként, viszont az egész felületen védőbevonatot alkalmaztak. Ennél a silónál alkalmazták először a műsál – adagolósú lövellt betont, amellyel kedvező tapasztalatokat szereztek. A megerősítés után három évvel – a teljes kapacitással üzemelő silón – repedést, meghibásodást nem tapasztaltak, csupán egy vízszintes munkahézagnál jelent meg festékleválás.

A törökszentmiklósi siló esetében az eddigiekhez képest továbblépést jelentettek az alábbiak:

- Az új kéreg teljes magasságban vasalva és lövellt betonnal készült.
- Az erősítő kéregben alkalmazott vasalás a silóteherből származó teljes húzóerő felvételére alkalmas.
- A vízszintes vasalást, a hegesztett hálót – a sarokcellák kivételével – toldás nélkül készítették.
- A cellafalon a lövellt betonkéregben csak vízszintes munkahézagok voltak.
- Az acélsablonnal kialakított munkahézagok kedvező hatása jól érvényesült mert a beton lövése után hajszálrepedések alig jelentek meg.

A Megrendelő a teljes rekonstrukciós folyamat során közvetlenül, ill. műszaki ellenőrn keresztül folyamatosan és rendszeresen ellenőrizte a beépítendő anyagokat, és azok minőségi bizonyítványait. A felújítás minden jelentős fázisát külön – külön ellenőrizték, és ennek alapján szakaszonként vették át a munkát.

A kivitelezés közben végzett rendszeres műszaki és minőség-ellenőrzés alapján a lövellt beton C20 – as szilárdsági osztályba sorolható.

Az ellenőrzés azt is megállapította, hogy a felület megtisztítása, az acélbetétek szerelése, a beton lövése, utókezelése, a felületvédő rétegek felhordása megfelelő volt.

Ismételten beigazolódott, hogy a lövellt betonban a műszáladagolás a repedezési hajlam ellen hat, amint ez nagyki-terjedésű betonfelületek esetén (pl. térburkolat, pályabeton) manapság már közismert tény.

A külső lövellt betonkéreggel való megerősítés legnagyobb előnyei az alábbiak:

- egy technológiai ütemben valósítható meg az erőtani megerősítés, a javítás ill. korrózióvédelem,
- a munkálatok idején a siló gyakorlatilag korlátozás nélkül használható,
- a felületi bevonattal esztétikailag kedvező, tartós védelem jön létre.

Későbbi siló-felújítások esetén az eddigieknél nagyobb hangsúlyt kell fektetni a szerkezet állapotának pontos felmérésére, mind a tényleges betonminőség mind a tényleges vasalás feltárása terén.

A kivitelező valamennyi ponton tartotta az előre rögzített ütemtervet, így a felújítás nem okozott üzemviteli problémát a megrendelőnek.

Végeredményben megállapítható, hogy

- a bemutatott erősítési módszer hatásos, rövid idő alatt és megfelelő minőségben elkészíthető és
- hosszú időre biztosítja a siló zavartalan üzemelését.

7. HIVATKOZÁSOK

- Collins, M.P., Seabrook, P.T., Kuchma, D., Sacré, P. (1997). "External Repair of Cracked Grain Silos", *Concrete International*, 1997. nov. pp. 22-28.
- Erdei Gy. (2001). "Ajánlatelmező szakvélemény a Törökszentmiklósi", Alföldi Gabona Rt. 8200 tonnás gabonasilójához 2001. *Kézirat*
- Folic, R.-Ivanov,D.-Desovski,Z. (1995). "Results of Testing and Repair of Cells of 8000 Ton Silo" *Proceedings of the Sixth International Conference on Structural Faults and Repair*, London, Volume 3. pp. 67 – 74.
- Herkó D. (1999). "A törökszentmiklósi 8000 tonnás vasbeton gabonasiló szerkezeti felülvizsgálata", *Szakértői vélemény*, 1999. kézirat
- Orosz Á. (1998). "Megjegyzések a silónyomás számításához vasbeton gabonasilók esetében", *BME Építőmérnöki Kar Tudományos Közleményei*, 1998, 172-180. old. Vasbetonszerkezetek Tanszéke.
- Orosz Á, Csató Gy, Tamáska J. (1999). "A marcali 2000 vagonos gabonasiló megerősítése" *Vasbetonépítés*, I. évf. 1999/2, pp. 55-62.
- Orosz Á. (2001). "Vasbeton silók javítási módszerének megválasztása", *A BME Építőmérnöki Kar Tudományos Közleményei* 2001. 145-150. old. Hidak és Szerkezetek Tanszéke

Dr. Almási József (1940) okl. mérnök. Munkahelyei: Láng Gépgyár (1958), Mélyépítő Vállalat (1964 – 66), BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke (1967 – 95), 1995 – től Ügyvezető a Cronauer Almási Engineering Consulting CAEC Kft – nél. A fib Magyar Tagozat tagja, Palotás László díjas (2002).

Erdei György (1954) okl. mérnök, ügyvezető. Munkahelyei: 1979 – 81 HŐTECHNIKA Építő és Szigetelő Vállalat, 1981 – 86. SZOLNOKTERV, 1987 – 90 PROFIL Mérnöki Iroda, 1991 – 92. MANOKA (Sevilla EXPO' 92), 1993 – 95. REKONTERV Kft, 1996- től Erdei és Társa Kft.

Édes Imre (1951) mérnök. Munkahelyei: GELKA 1970 – 71, Fűtőber 1975 – 1976, Alföldi Gabonaiipari Rt. 1976 – től műszaki főosztályvezető.

Koncz Lóránt (1967) okl. mérnök, műszaki vezető. Munkahelyei: Németország Adam Hörnig GmbH, Mauer & Söhne GmbH (1992 – 95), műszaki vezető az EKS – Service Kft – nél (1995 – től).

Dr. Orosz Árpád (1926) okl. mérnök, nyugalmazott egyetemi tanár. Munkahelyei: MÁV Hidépítő Vállalat 1953, Vasúti Tudományos Kutató Intézet (1954 – 56). 1956 – től műszaki egyetemi oktató, a BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke vezetője 1977 – 1991), 1995 – től nyugdíjas. Szakterületei: vasbeton szerkezetek, medencék, silók stb. tervezése, felújítása, megerősítése.

EXTERNAL STRENGTHENING OF A GRAIN SILO AT TÖRÖKSZENTMIKLÓS IN HUNGARY

Dr. József Almási – György Erdei – Imre Édes – Lóránt Koncz – Dr. Árpád Orosz

The 8000-ton grain silo in Marcali, Hungary was completed in 1967. In later years imperfections, defects and longitudinal cracks were found due to the regular usage of the silo and the constant exposure to the elements, thus causing damage to the stored grain. Due to the corrosion of the reinforcing steel and separation of the protective cover, a complete renovation could not be postponed. After analyzing and comparing various strengthening techniques, it was decided that employing a wire mesh covered with fiber reinforced shotcrete was the best plan of action. To prevent or limit the appearance of cracks, the silo was filled with grain during the application of the shotcrete, so as to eliminate the tensile stresses in the outer cover. Finally a protective layer was applied that could endure temperature and shrinkage effects as well as bridge cracks. Since completion of the strengthening project, the silo has been in continuous operation, supporting the effectiveness of this method.



Dr. Gilyén Jenő

Nyírási igénybevétel magában nem jön létre, mert akkor az már hasító igénybevétel és legfeljebb előre gyártott vagy elkészített vasbetonszerkezetből kinyújtott tüskékhez hozzábetonozott kiegészítő szerkezetnél jelentkezik. A nyírási igénybevétel egyensúlyozása mindenkor húzó- nyomó erőkkel lehetséges s így szerephez jut a beton húzószilárdsága. A beton lokális húzószilárdsága különösen megbízhatatlan értékű a zsugorodási repedések és a gátolt hőtágulásból eredő húzó igénybevétel miatt. Ezért a vasbetonra vonatkozó szerkesztési szabályok általában gondoskodnak a húzószilárdság hiánya esetére is az erőegyensúly létrejöhétőségéről a minimális húzott vasak és kengyelek révén. Ennek különböző módozatait ábrákkal illusztrálva tárgyalja a tanulmány.

Kulcsszavak: nyírás, repedés, rövid konzol, vonórudas boltozati hatás, lehorgonyzás

1. NYÍRÓ IGÉNYBEVÉTELRE VALÓ MÉRETEZÉS

Mióta az ember épít, azóta fontos szerepe van a szerkezetek biztonságában és tartósságában a nyírási ellenállásnak. Az ókori építészet kőgerendás szerkezeteiben és álboltozataiban a húzó szilárdság mellett a nyírási szilárdság is fontos szerephez jutott. Az etruszk találmányú boltozat latin- római közvetítéssel lehetővé tette a kis és megbízhatatlan húzószilárdságú kő és kőserű anyagokból nagyobb terek létrehozását.

A vasbeton építés kezdeteikor az új összetett építőanyaggal folytatott kísérletekben is fontos szerepe volt a nyírási ellenállás kutatásának a méretezés és szerkesztési szabályok megalkotásához. A gerendák törő kísérletei során kialakult a nyírásra méretezés a rácsos tartó analógia alapján. A nyírásra méretezés sokféleségére rámutatott az 1. ábra szerinti kísérleti modellel dr. Csonka Pál professzor az Alkalmazott Szilárdságtan Tanszék tanára a statika iránt kevésbé fogékony építésmérnök hallgatók részére. A modell szerint a végig menő, s jól lehorgonyzott szalagon kívül nincs más húzásra működő

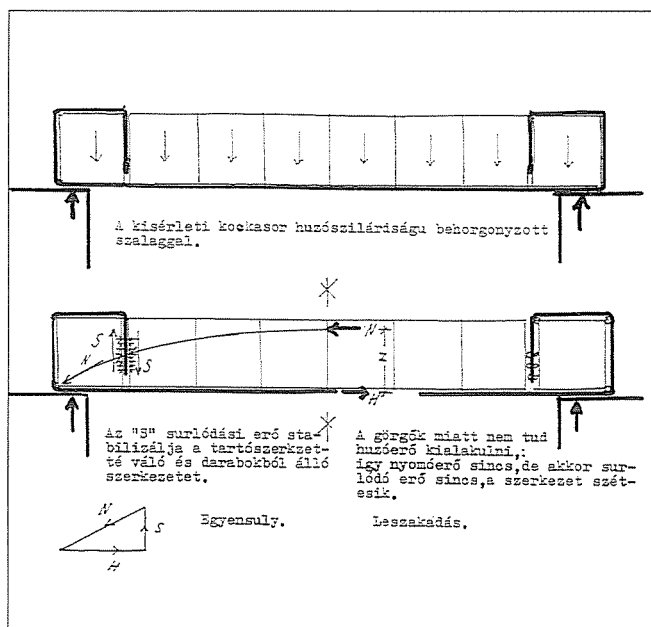
elem, a tartó mégsem megy tönkre nyírás következtében. Mert belép a vonórudas boltozati modell s a lehorgonyozásnál a súrlódás. Ha a nagyon hajlékony húzott szalag iránytöréseinél és a becsipett végénél is súrlódásmentes görgőket helyeznénk el, akkor a kockákból épített tartó összeomlana.

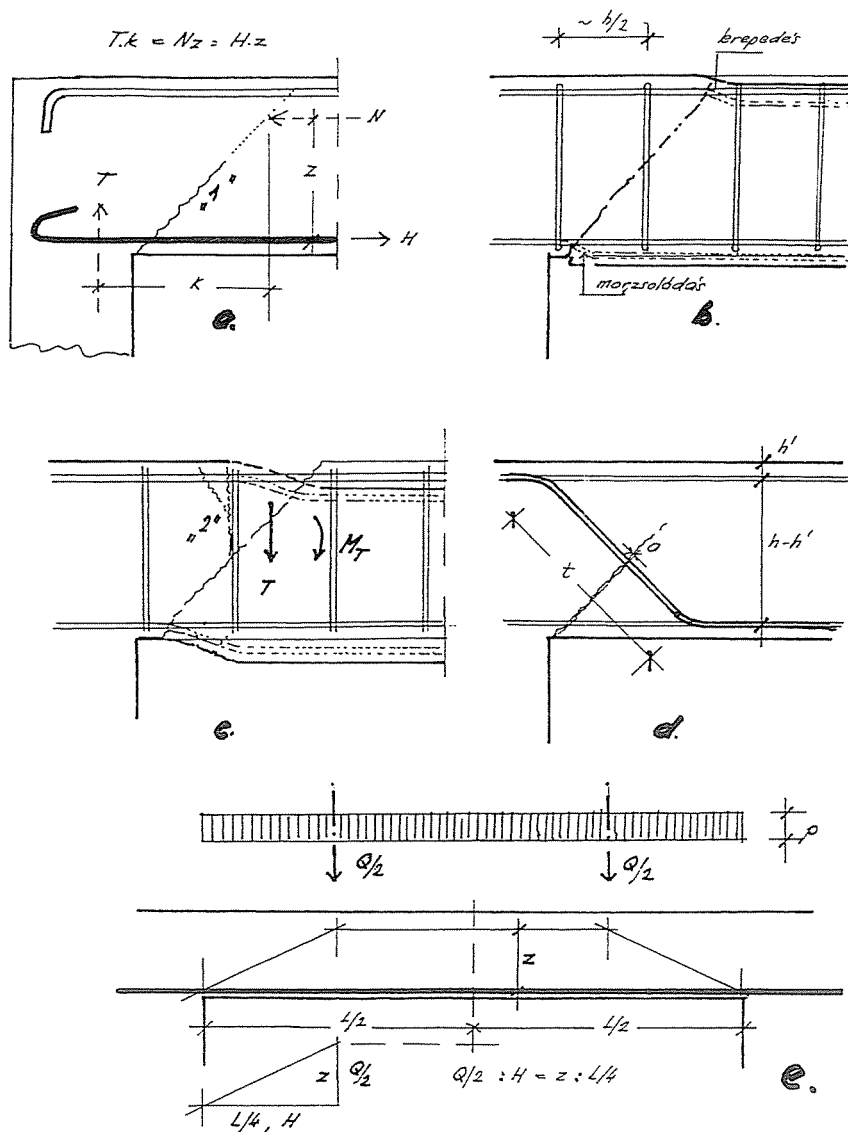
Tehát a kísérleten fontos szerephez jut a vonórúdként működő húzott szalag, s annak súrlódással való lehorgonyozása. A tartó darabokból összeépítve is megfelelt a nyomatéki és a nyíró igénybevételre. A példa is mutatja, hogy a nyírásra méretezésnek több módja van, és a szerkezet is válogathat ezek között. Továbbá érdemes foglalkozni nyíró igénybevételből eredő valós és vélt meghibásodásokkal is a szakértői gyakorlatban tapasztaltak alapján.

Jellegzetes esetek: szabad feltámaszkodás, befogással kombinált feltámaszkodás, nyomatéki nullpontnál nagy nyírás, rövid konzol nyírása. Kritikus határigénybevételek, amelyek a nyírási ellenállásban fontos szerepet kapnak, a beton húzószilárdsága, a beton nyomó szilárdsága és a beton hasító szilárdsága, természetesen mindezek a kérdéses keresztmetszetben.

A nyíró erőkre való méretezésénél mindig számolunk valamilyen formában a beton húzószilárdságával. A beton húzószilárdsága az inhomogenitás és a zsugorodási mikró repedések miatt helyileg nagyon bizonytalan értékű. Ezeket a mikrórepedéseket elsősorban a hőtágulási mozgások tágitják, tovább fejlesztik. A hőtágulás miatt van a Szahara homokkal fedve, mert a napi hőingadozás 60 °C is lehet a felszínen, vagy a Holdat liszt finomságú por fedi, mert már évmilliók óta a holdnaponkénti – 28 földi naponként – kb. 250 °C hőingadozásból eredő alakváltozás aprította a kőzetet. Vasbeton szerkezeteinket ilyen nagy hőingadozások nem érik, de a mikrórepedések továbbfejlődését a nagyobb légpórus tartalmú betonokban a változó irányú igénybevétel is elősegíti. Az ókori építészek tapasztalták, hogy csak tömör finom szemcsézetű mészkövek és eruptív kövek voltak tartósak kőgerendázatos épületeiknél. A legjobb beton is inhomogén, de szerencsére a megfelelő sűrűségű és erősségű, járulékos, továbbá a méretezett vasalás több módot is kínál a nyírás elleni teherbírássra, mint a beton pusztá húzószilárdsága. Vizsgáljuk meg ezeket a lehetőségeket, már azért is, hogy meggyőzzük a járulékos vasalások szükségtelenségét hangoztató elméleti matematikus, s nem az anyagok törési mechanizmusában gondolkodókat.

1. ábra: A súrlódás is lehet nyíróerőt egyensúlyozó hatású.





2. a-d. ábra: Példák a nyírási törésre. A tartó húzott vasalása mint vonórúd.

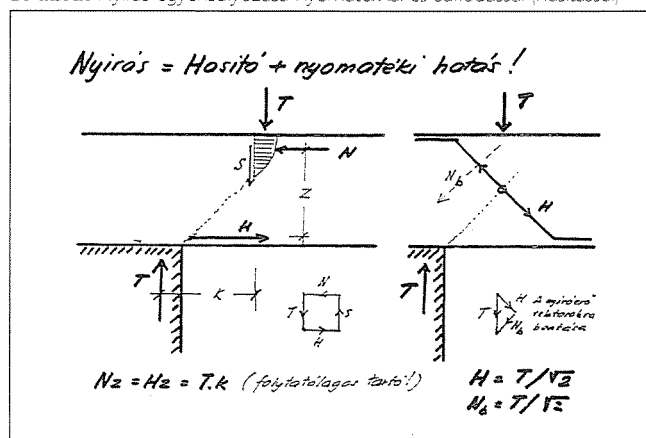
2. HAJLÍTOTT GERENDA TÁMASZPONT KÖRÜLI NYÍRÓSZILÁRDSÁGA

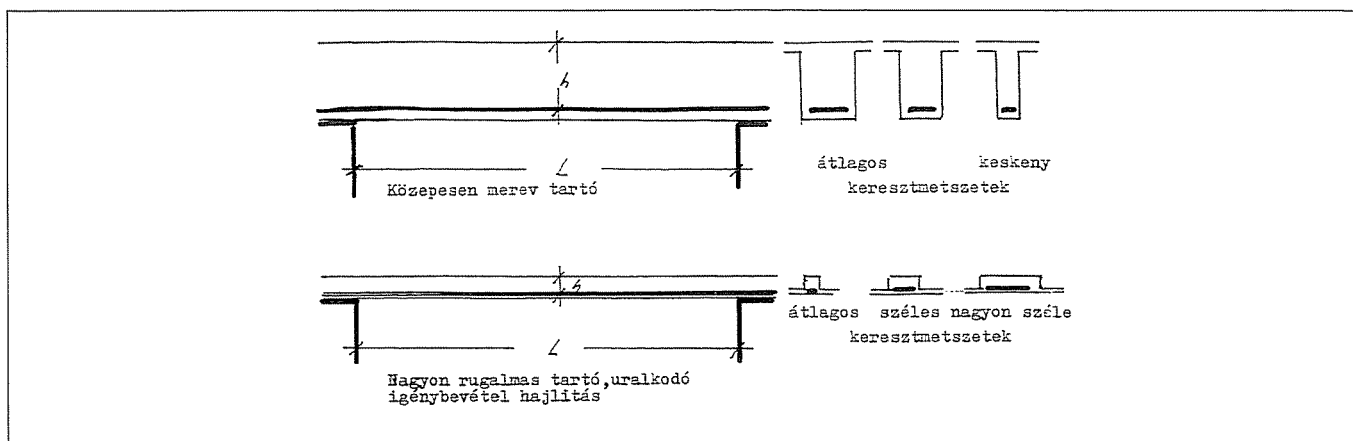
A 2. ábrán láthatóak a nyírási törés esetei és a hagyományos rácsostartó modell, továbbá az „e” jelű ábrarészben az egyszerűsített erővonalak. Az „a” ábrarész szerint a támaszra rávezetett elégséges alsó vasalás jól behorgonyozva mérsékelt repedéssel is képes a nyíró erők felvételére. Ez a folyamat a tartó magasság feszítáv arányaitól függően nagy lehajlással járhat, ami például a felette lévő padló vagy válaszfal megrepedését okozhatja. Ezért ezt a megoldást csak épület felülvizsgálatánál fogadhatjuk el költséges megerősítési vagy bontási döntés helyett. A végigvezetett nyomateki alsó vasalás mellett a keletkező húzó feszültség kicsiny, s így a repedés megnyílása is kicsiny, belső térben javítható. Arányaiban gyenge húzott vasalásnál és kengyelezésnél a tartó átrepedése bekövetkezik, a „b” és „c” ábrarészek szerint. Az „a” esetben teljes átrepedés nem jön létre s így a nyomott betonrészben a kb. $0,6 \cdot \sigma_b$ törőhasító szilárdság érvényesül. A hagyományos rácsostartó modellnél is felléphet repedés, sőt gyenge aránytalan szerkezeti vasalásnál átrepedés is lehetséges, mert a 45°-os felfüggesztővé vált acélbetét megnyúlása repedést okoz-

hat. A repedés általában azért nem keletkezik, mert ehhez a támaszok kis mértékű eltávolodása szükséges, mert az „e” ábrarészen látható támaszvonalból kialakul a nyírást egyensúlyozó erőháromszög. Az erőháromszög záró oldala $Q/2 = T$ azaz a nyíróerő.

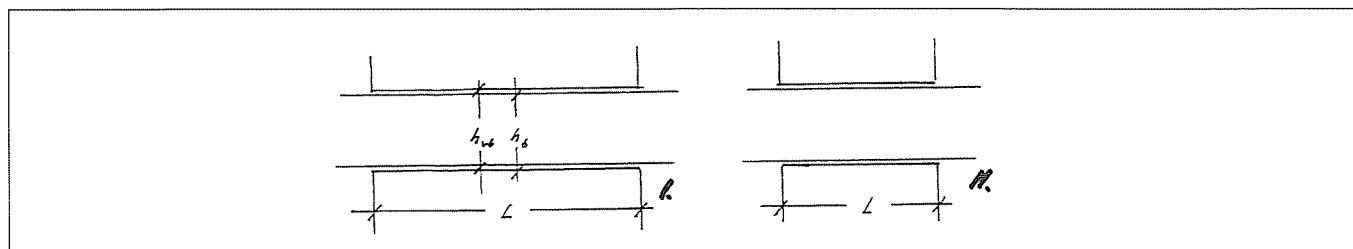
A 3. ábrán vázoltuk azt a két szélsőséges esetet, amikor nagyon nagy az alsó húzott vasalás és tökéletesen lehorgonyzott, illetőleg oly gyenge az alsó vasalás, hogy elhanyagolha-

3. ábra: Nyírás egyensúlyozása nyomatékkal és súrlódással (hasítással)





4. a ábra: A nyírási igénybevételek és a hajlítási igénybevételek arányai szempontjából. Jellegzetes tartó arányok



4. b ábra: Jellegzetes tartó arányok, melyeknél a nyírási igénybevételek már jelentősek, sőt a „II.” ábra szerinti arányoknál döntő hatású az alakváltozásban is

tó, s ebben az esetben a repedés biztosan bekövetkezik. Természetesen ezek a megállapítások szokványos arányoknál érvényesülnek, tehát nagyon lapos, széles lemezszerű áthidalónál és nagyon vékony s magas áthidalónál kissé eltérő jelenségek várhatók. Szokványos fesztáv/szerkezeti magasság 5-25 közötti, lapos tartónál szélesség/magasságnál 2-4 közötti, magas vékony gerendánál szélesség/magasságnál $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$ közötti még hasonlóan viselkedik. Nem szokványos eset, amikor a támasz közelében van nagy nyíróerőt okozó teher, mert ekkor a nyomatók nyíróerő viszonyból eredően a nyomatók vasalás jelentősége csökken, hasonlóan a kicsiny L/h arányoknál 5 és 2 között mert ekkor fokozatosan a nyírás válik uralkodó igénybevétellé. Ezeket érzékelteti a 4. ábrásor.

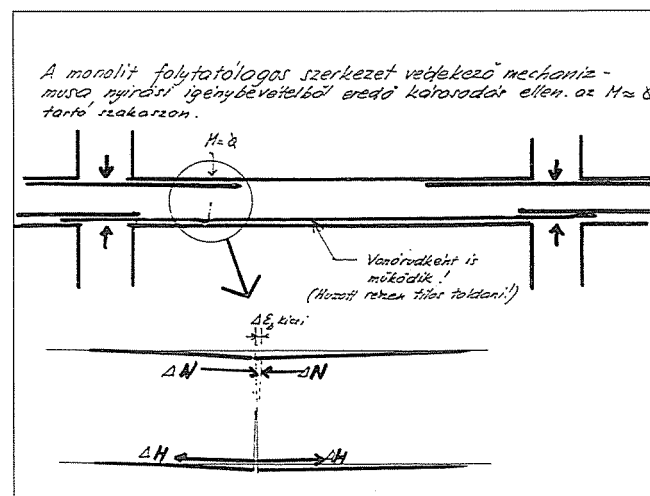
3. BEFOGOTT ÉS A FOLYTATÓLAGOS TÖBBTÁMASZÚ TARTÓK NYÍRÁSI IGÉNYBEVÉTELE

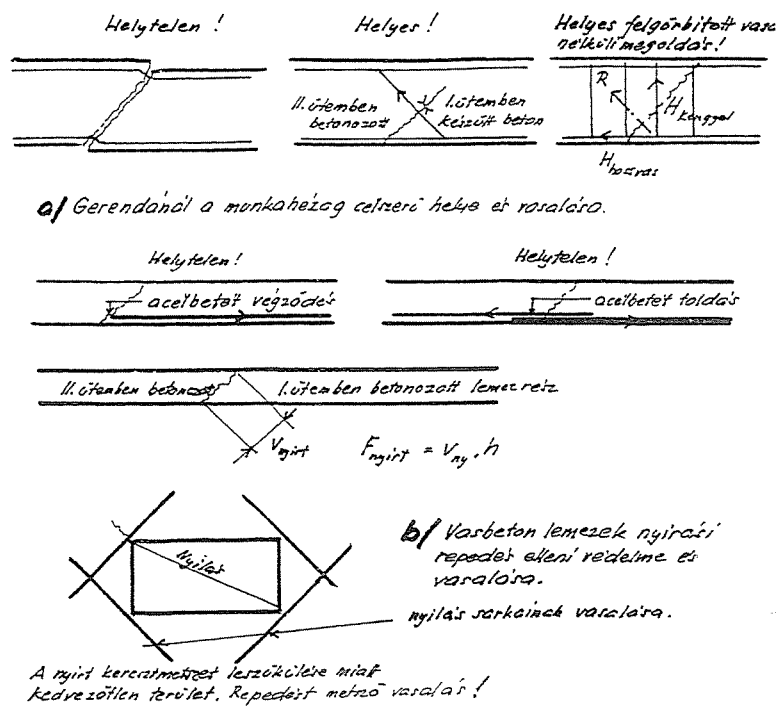
Befogott és a folytatólagos többtámaszú tartó közbenső támaszainál létrejött nyíró igénybevétel lényegében azonos hatású. A nyíró igénybevétel maximuma a támasz szélén van, továbbá a befogási ill. támaszponti nyomatókból kifolyóan jelentősebb mennyiségű acélbetét van, s jelentős a beton nyomottöv igénybevétele. Nyírási igénybevétel szempontjából kritikus szakasz még a null nyomató körüli tartórész, mert ott nem lévén számottevő nyomás a betonban, ezért súrlódással nem lehet számolni. Csak akkor vasbeton a tartószerkezet, ha legalább a minimális vasalást tartalmazza. Amennyiben ez az acélmennyiség elegendő vagy más kapcsolódó szerkezet elég erős a fellépő szétlazító hatások mellett a támaszok eltávolodását megakadályozni, úgy átrepedés nem jöhet létre. Ha nincs átrepedés, akkor működik a teljes tartó keresztmetszetre vonatkozóan a hasító szilárdság, amely nagyobb, mint a nyomatókra működő nyomottöv nyomószilárdsága. Másik lehetőség, hőtágulási vagy zsugorodási hatásból a tartó az alsó öv

felől bereped. Miután a húzott vasalást le kell horgonyozni és szerkesztési szabály- nagyon fontos – hogy a nyomatók vasalásnak legalább 30%-át a támaszra kell vezetni, és ott lehorgonyozni. Ebből eredően az 5. ábrán látható mechanizmussal a szerkezet a repedés következményét kivédi. Egyébként az ilyen eseteket részleteiben vizsgálva mindig kiderül, hogy a repedést támaszpont elmozdulás, vagy helytelenül a húzott övben abbahagyott acélbetét lehorgonyozása okozta. A húzott övben való lehorgonyzás még azért is veszélyes, mert már szokásos méretű lakástűznél is a vasak betonfedése lehámlik, s ezzel az acélbetétek letapadása oly mértékben csökken, hogy földem leszakadás valószínű annál is inkább, mert a többi acélbetét szilárdsága is lecsökken.

Hosszú folytatólagos tartónál általában a betonozás folyamán munkahézag keletkezik. A hézag összeforr, ha csupán 1-2 órától van szó, mert a kötés nem fejeződött be és így a folytatáskor vibrált betonból kötőanyag kerül a már korábban készült beton csatlakozó felületére. A munkahézag azonban tartógerendánál figyelmet érdemel a nyíró igénybevétel szempontjából. Zsugorodási repedés a munkahézagnál valószínű,

5. ábra: Folyatólagos tartón létrejövő nyírási törés elleni egyensúlyozó mechanizmus





6. ábra: Nyíró igénybevétellel terhelt munkahézagok erőjátéka és célszerű kialakítása

sőt hosszabb szünet után fizikai szükségsszerűségből létrejön. Ilyen esetben olyan helyen szabad csak munkahézag létesítését megengedni, ahol a hosszvasalásból és kengyelezésből a nyíróerő felvételéhez szükséges húzóerőre is van elegendő acélbetét. (6. ábra). A munkahézag nem lehet húzott acélbetét toldásnál, kivéve a lemezszerkezeteknél helyesen készített lépcsőzetes toldás esetét. A lemezszerkezetek általában kisebb igénybevétele és relatív nagy keresztmetszete folytán nyírás szempontjából kevésbé kritikusok. Nyílások körül azonban a hirtelen keresztmetszetváltás miatt jelentkező zsugorodásból is eredő repedés miatt pótvasalás célszerű a 6. ábra szerint.

4. RÖVID KONZOLOK MÉRETEZÉSE

Rövid konzol lerepedése mutatja, hogy annál is van konzol nyomatók a nyírás mellett. A 7. ábra bemutatja az erőjátékot és a szükséges vasalást. Egy időben a rövid konzolokat tisztán nyírt szerkezetnek vélték a nagy hasító ellenállásra számítottak. Tudomásul kell venni, hogy a beton mindenhol hajlandó berepedni a benne lévő zsugorodásból eredő húzó feszültség miatt, amit még fokoz a hőmérséklet csökkenéskor jelentkező megrövidülés gátlásából eredő húzófeszültség. Az előre gyártott szerkezetek elterjedésével és a hőtágulási hézagoknál nagyon gyakran alkalmazott rövid konzol mellett az ipari építészben a darupályákat alátámasztó konzolok is rövid konzolok, ezért ezek helyes méretezése nagyon fontos épületeink szerkezeti épsége, élettartama szempontjából.

A konzolról lehasadni törekvő részen feltüntetett erőkből egyszerűen kirajzolható az egyensúlyozó erőrendszer és ebből látható a húzott acélbetétek helye és az őket terhelő húzóerő. Érdekes néha a szemléletes grafostatikához visszatérni tisztán látásunk végett.

A bemutatott vasalási példák nagy méretű és magasságú előregyártott gerendáknál célszerű széthúzott vasalási szerkesztést bemutat. Ezzel a széthúzott vasalással egyrészt megkönnyíthetjük a betonozást és a hatékony tömörítést, másrészt húzott betonban a zsugorodási repedések kialakulását

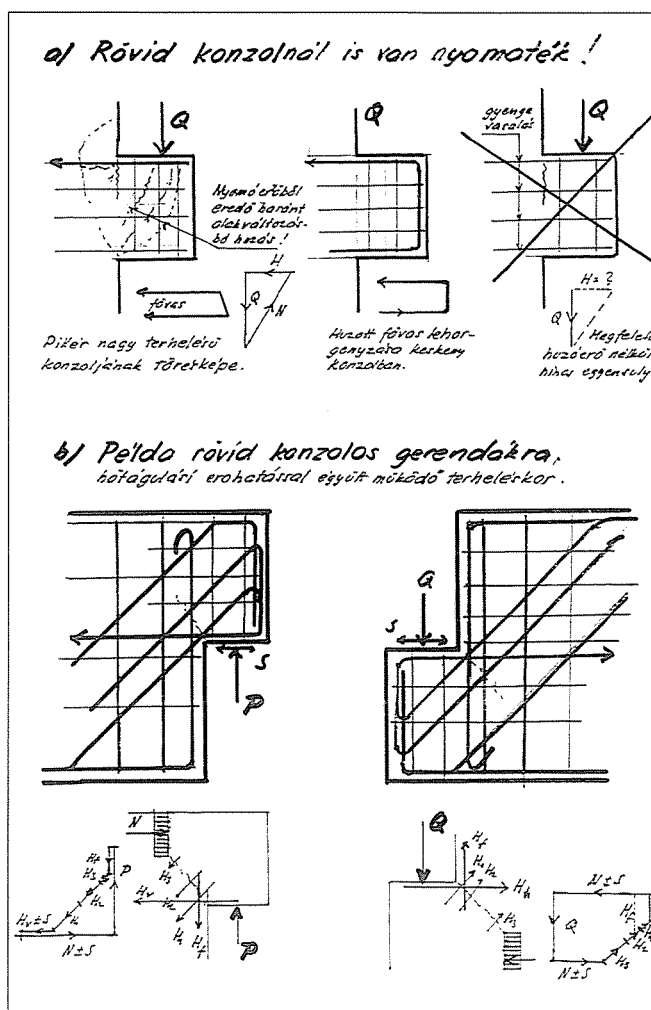
mérsékeljük. Általában magas tartók, faltartók hajlamosak zsugorodás miatt húzott vagy semlegesnek tekinthető zónájukban megrepedezni, elcsúfitva a szerkezetet. Ezért ezeket a helyeket célszerű kb. 0, 2- 0, 3% vasalással ellátni, nemcsak a mély építésben hanem a magasépítésben is.

A periódikus acélbetétek jobb lehorgonyzási képessége miatt túlzottan elterjedt nemcsak a kampózás elhagyása, de a felgömböltetett vasak mellőzése is. A bemutatott példák elég meggyőzően mutatják, hogy ez a gyakorlat elsősorban a nyírási igénybevételek esetén helytelen, sőt rövid konzolnál még veszélyes is!

5. ÖSSZEFOGLALÁS, AJÁNLÁSOK, JAVASLATOK

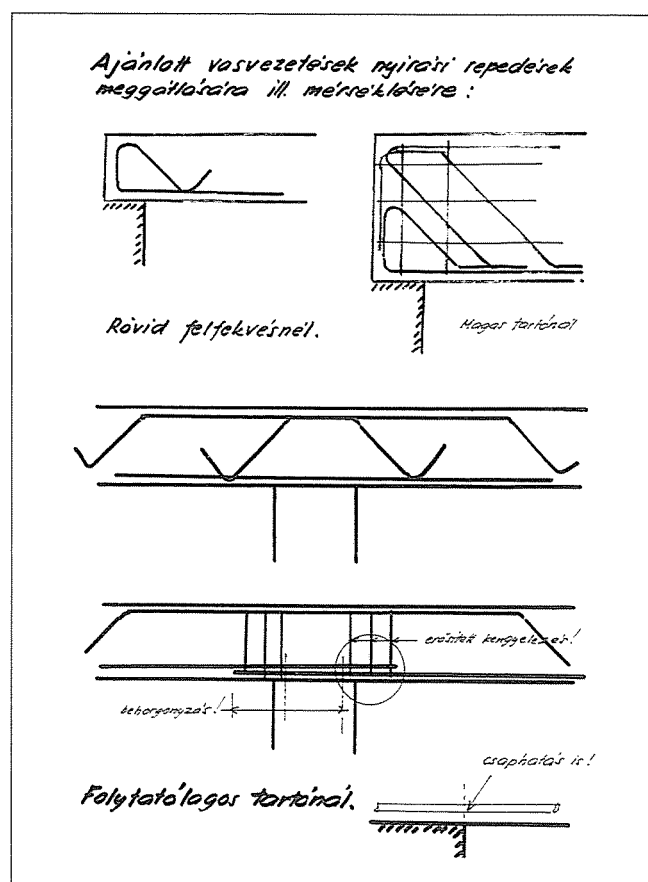
A vasszerelési munkát egyszerűsítő és csökkentő gyártmányok, bordázott, lapítós, megcsavart betétek, hegesztett hálók használata nem lehet a helyes vasvezetés akadály.

A jelenleg általánosan használt acélféleségek megnyúlása üzemi igénybevételének már messze túllépi a beton nyúlóképességét. Ezáltal vasbeton szerkezeink repedezettek az egyre fokozódó agresszív légköri környezetben. A nyíróerő miatt szükséges hajlított acélbetétek elkerülhetők, de helyette elegendő beton nyomó igénybevételi tartalék kell, és a nyírás egyensúlyozásához acélbetét többlet is szükséges. A nyírt keresztmetszetek repedés hajlama miatt ezeken a helyeken különösen nem szabad nagy acél igénybevételekkel számolni, mert ennek következtében a húzott övben erősen megnyíló repedés, összesűkíti a nyomott övet, s ebből eredő nagy beton csúcshúzófeszültség a nyomott zóna kirobantását okozza. Szerző gyakorlatában előfordult alacsony szilárdságú betonban nagy szilárdságú acélbetét kihasználásából előre gyártott áthidaló törése. Az előírt beton B200 (C14) a valóságban pedig B140 szilárdságú volt, tehát megengedett szórású betonban KB75.50 acélbetét 400 N/mm² határfeszültséggel oly tágasságú hajlítási repedést okozott, hogy a nyomott öv beszűkülve kirobant.



7. ábra: Nyirási igénybevétel a rövid konzolokon. Példák vasalásra.

Hasonlóan a középszilárdságú acélból hegesztett hálókka történő vasalásnál a sima acélszálak nem elégséges tapadása következtében a lehorgonyzás a keresztzálak útján jön létre és ez mindenkor repedés forrása. Különösen erősen jelentkezett ez a körülmény gözölt beton érlelésénél a két anyag eltérő hőtágulása és hővezetése következtében. Tudományos módszerességgel kutatások folytak a különböző periódikus acélbetétek behorgonyzási hosszának megállapítására. A rendkívül kicsiny behorgonyzási hosszának gyakorlatban való alkalmazását két fontos körülmény befolyásolja. Először a kutató helyen készített kísérleti darabok minőségét sorozatgyártásban vagy építési körülmények között elvárni nem lehet. A kivitelezés mindig valamilyen normatív idő szerint történik a rész feladatokról, továbbá az egyhangú munkánál nem lehet megvalósítani a kísérletnél elvárható figyelmet. Másik igen lényeges különbség, hogy ebben az esetben egy hatásról van szó, nem több hatás egyidejűségéről, amikor a kedvezőtlen hatások valószínűtlen egybeesésének értékelésre elegendőnek tekintik a 10^{-4} biztonsági tényezőt. Például szerző sok évtizedes működése során mintegy 10^8 darab acélbetét lehorgonyzását tervezte be típustervezési működésével együtt. Az acélbetétek lehorgonyzásának helyes és biztonságos megoldása éppen a tárgyalt témánál fontos.



8. ábra: Célszerű vasalási példák a nyirási igénybevételből eredő repedések ellen, ill. azok mérséklésére.

Végül a 8. ábrán a nyirási igénybevételek biztonságos és repedés képződését kedvezően befolyásoló megoldásaira mutatunk példákat.

Dr. Gilyén Jenő (1918) okl. építészmérnök (1943), egy. doktor, a műsz. tud. kandidátusa, c. egy. tanár. 1943-47 között egyetemi tanársegéd, s 1945-50 között kivitelezői gyakorlatot is szerez. A Népstadion szerkezettervezőjeként 1954-ben Kossuth-díjjal kitüntetik. Előbb középületek, típusszerkezetekkel foglalkozik, majd 1960-80 között a TÍPUSTERV szerkezetfejlesztési létesítményi főmérnöke, műsz. szaktanácsadó, szakági főmérnöként irányítja a hazai paneles építés sajátos méretezési módszereit, szerkezeti kialakításait, és szabályozását. A mérnök továbbképzés keretében az előbbi témákon kívül a régi épületek szerkezetével és méretezésével is foglalkozik napjainkig is.

THE ROLE OF SHEAR FORCES IN REINFORCED CONCRETE

Dr. Jenő Gilyén

Shear forces never act exclusively. Their presence and balancing occurs any time with co-acting compressive and tensile stresses. In this way the tensile strength of the reinforced concrete members becomes very important. Unfortunately, it is the tensile strength, which shows extreme variability in the concrete. Reasons of it are the shrinkage and the multiple repeating (constrained) thermal deformations. Taking into consideration all of these effects the widely used roles (like: BS Code of Practice) ensure that certain reinforcement must be placed even if there is no calculated tensile force in a part of the reinforced concrete. (Minimum density of stirrups, minimum amount of reinforcement in certain zones or directions, etc.) The additional reinforcement components make possible the resistance against secondary tensile requirements caused by shear, even if the tensile capacity of the concrete is actually not enough - (almost zero). A set of examples, with illustrations is dealt in this article.

JAVASLATTÉTELI FELHÍVÁS

PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ ODAÍTÉLÉSÉRE 2002-BEN

Két évvel ezelőtt egyesületünk, a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata Palotás László-díjat alapított a vasbetonépítés terén elért kimagasló eredmények elismerésére. A 2000. évi díjak átadásáról a *VASBETONÉPÍTÉS* folyóirat 2001/1 és a 2001. évi díjak átadásáról a 2002/1 számban számoltunk be. Az alábbiakban a Palotás László-díj Szabályzatát és Működési Szabályzatát ismét közzé tesszük egyrészt, mert a Kuratóriumot 2001. decemberében egyesületünk közgyűlése újraválasztotta a 2002-2006. időszakra, másrészt, mert a Kuratórium első ülése a Szabályzatokat csekély mértékben módosította.

A Palotás László-díj Kuratórium Működési Szabályzatának értelmében díjazásra javaslatot tehetnek egyesületünk tagjai (lásd 9. és 10. pontok). Tisztelettel várjuk a javaslatokat a *fib* Magyar Tagozat Palotás László-díj Kuratóriuma, 1111 Budapest Múgyetem rkp. 3. címre 2002. szeptember 15-ig. A javaslatokat a Működési Szabályzat 10. pontja szerint kell összeállítani.

Dr. Balázs L. György
a *fib* Magyar Tagozat elnöke

A PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ SZABÁLYZATA (2002-2006)

A *fib* Magyar Tagozata (továbbiakban *fib* MT) a beton-, és feszített vasbetonszerkezetek körében kifejtett kiemelkedő mérnöki teljesítmények szakmai elismerésére és díjazására 2000-ben

PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ

kitüntetését alapított. A díj a tervezés, a kivitelezés, a kutatás-fejlesztés és az oktatás, valamint az ezekhez csatlakozó területeken elért kimagasló eredményekért adományozható. A díjra azok a magyar alkotók lehetnek jogosultak, akik tevékenységükkel jelentősen segítették a vasbetonépítési kultúra fejlődését, öregbítették a szakma hazai és nemzetközi hírnevét és lehetőleg tagjai a *fib* Magyar Tagozatának (továbbiakban *fib* MT).

A díjjal kapcsolatos részletes intézkedések a következők:

A díjat évente egy alkalommal, egy vagy legfeljebb két hazai mérnök alkotó tevékenységének elismeréseként adományozza a *fib* MT, ezen kívül lehetőség van egy külföldön élő alkotó díjazására is. A díj rendkívüli esetben is adományozható, ha erre a *fib* MT vezetősége a feltételeket (a bevezetőben felsorolt szempontok, az illő alkalom, a szükséges pénzkeret) biztosítva látja.

A díjat a *fib* MT mindenkori elnöke a *fib* MT ünnepélyes összejövetelén adja át.

A díj formája bronz plakett, feltüntetve az adományozás évét és a kitüntetett nevét. Ehhez oklevél és pénzjutalom jár. A díj összegét a *fib* MT közgyűlése az éves költségvetésben határozza meg. A kifizetett nettó pénzjutalom után a törvényes járulékokat és adót a *fib* MT fizeti.

Javaslatot a díjra – kellő indoklással – az előírt, ill. megkívánt feltételeket igazoló dokumentumokkal együtt – a Kura-

tóriumnak címezve – a *fib* MT vezetőségéhez kell eljuttatni minden év szeptember 15-ig. A kuratórium a döntését az azt követő október 30-ig hozza meg.

A díj odaítéléséről a *fib* MT által választott héttagú kuratórium dönt. A kuratóriumban képviselést kapnak a *fib* MT tagjai közül a tervezők, a kivitelezők, az oktatók, a kutatók, a fejlesztők, az anyag- és szerkezetgyártók, valamint a *fib* MT vezetőségének egy tagja.

A kuratórium tagjainak választása az egyesület tisztségviselőinek választására vonatkozó szabályok szerint történik. A kuratórium megbízatása négy évre szól.

A kuratórium elnökét a kuratórium tagjai maguk közül választják.

A díj odaítélésének feltételeit, valamint a kuratórium működésének rendjét a kuratórium határozza meg és Működési Szabályzatban rögzíti, melyet nyilvánosságra hoz.

A kuratórium határozatképes, ha tagjainak legalább 2/3-a jelen van az előre meghirdetett ülésen. Döntéseit egyszerű szótöbbséggel hozza. Szavazategyenlőség esetén az elnök szavazata dönt.

A kuratórium döntése megfellebbezhetetlen, sem a *fib* MT vezetése, sem a közgyűlés nem élhet vétóval.

A díjak odaítélését követően a *fib* MT vezetése gondoskodik a kitüntetés tényének publikálásáról, és megszervezi a kitüntetett tevékenységét kellően reprezentáló kiállítási anyag összeállítását és bemutatását.

Jelen szabályzatot a *fib* MT vezetősége a közgyűlés felhatalmazása alapján hagyta jóvá, és léptette életbe, egyben hatályon kívül helyezte az első, 2000. áprilisban kelt Szabályzatot.

Budapest, 2002. április

A *fib* Magyar Tagozatának vezetősége

A PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ KURATÓRIUMÁNAK TAGJAI A 2002-2006. ÉVEKRE

Dr. Balogh Tamás	tag	(kutatás, fejlesztés)
Dr. Józsa Zsuzsanna	tag	(oktatás, kutatás)
Dr. Loykó Miklós	elnök	(tervezés, kivitelezés)
Dr. Madaras Gábor	tag	(fejlesztés, <i>fib</i> MT alelnöke)

Szigyártó Lajos	tag	(kivitelezés)
Tápai Antal	tag	(szerkezetgyártás)
Zsomboly Sándor	tag	(tervezés)

A „PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ” KURATÓRIUMÁNAK MŰKÖDÉSI SZABÁLYZATA

A Kuratórium a „PALOTÁS LÁSZLÓ-DÍJ” Szabályzata alapján a jelen Működési Szabályzat szerint végzi tevékenységét.

A Kuratórium hét tagját a *fib* Magyar Tagozat (*fib* MT) által elfogadott szabályzat alapján a közgyűlés választja.

A Kuratórium munkáját az Elnök irányítja, akit a tagok maguk közül titkos szavazással választanak meg.

A Kuratórium ülése határozatképes, ha legalább 5 tagja jelen van.

A Kuratórium döntéseit szótöbbséggel hozza meg, szavazategyenlőség esetén az elnök szavazata dönt. A döntéseket határozatokban rögzíti és ezeket sorszámozottan nyilvántartja.

A Kuratórium üléseiről emlékeztető készül. Az emlékeztetőket, a határozatokat és a tevékenységgel kapcsolatos egyéb dokumentumokat az elnök őrzi. A jelöléssel és döntéssel kapcsolatos iratokat bizalmasan kell kezelni.

A díjjal való jutalmazásra a *fib* MT bármely tagja javaslatot tehet.

A Kuratórium minden év második negyedében Javaslattevői Felhívást tesz közzé a *fib* MT *VASBETONÉPÍTÉS* című folyóiratában.

A javaslatokat minden év szeptember 15-ig kell eljuttatni a Kuratóriumnak címezve a *fib* MT vezetőségéhez.

A javaslatnak max. 5-10 oldalon tartalmaznia kell:

A kitüntetésre javasolt személy nevét,

Rövid szakmai életrajzát és tevékenységének leírását,

A kitüntetésre okot adó alkotás (vagy alkotások) megnevezését, ismertetését,

A javaslat indoklását a javaslattevő(k) nevének feltüntetésével.

A Kuratórium minden év október 30-ig értékeli a javaslatokat és dönt.

Az értékelés során az alábbi fő szempontokat kell figyelembe venni:

- Az alkotás(ok) jelentősége
- Újszerűsége
- Hatása a szakmai életben
- Hasznossága (erkölcsi és anyagi értelemben)
- Részesült-e már más elismerésben ezért (ez lehet negatív szempont)

A Kuratórium a döntését a *fib* MT *VASBETONÉPÍTÉS* című folyóiratában való közzététellel hozza nyilvánosságra.

A Kuratórium a megalapozott döntéshozatalhoz szükséges mennyiségű ülést tart az igényeknek megfelelő időpontokban.

A Kuratórium elnöke évente köteles beszámolni a kuratórium tevékenységéről a *fib* MT közgyűlésének.

A Kuratórium a tevékenységét ellenszolgáltatás nélkül, a *fib* MT tagságának érdekében végzi.

Budapest, 2002. április

A Palotás László-Díj Kuratóriuma

RÖVID BESZÁMOLÓ AZ OSZTRÁK BETONNAPOK 2002 RENDEZVÉNYÉRŐL

A konferencia ideje és témaköre: 2002. március 13-15., kutatás és fejlesztés a közlekedési infrastruktúra valamint a magasepítés szakterületén.

A fenti nemzetközi szakmai konferenciát az Osztrák Beton- és Betontechnika Egyesület szervezte, a résztvevők száma kb. 1500 volt, ebből kb. 600 külföldi. Szakmai megosztás szerint a műszaki tudományos élet, a hatóságok, tervezők és kivitelezők képviselői voltak jelen. A közlekedési infrastruktúra szakterületén a következő legérdekesebb előadások hangzottak el:

1. Minőségellenőrzés a beton szerkezeteknél
2. Új osztrák műszaki előírások a transzport-betonokra vonatkozóan
3. Nagyszilárdságú betonok elmélete és gyakorlata
4. Építési tűzvédelem az alagútépítésben
5. Kiváló minőségű lövelt betonok a Köln-Rajna/Main nagysebességű vasútvonal építésénél
6. Ágyazat nélküli vasúti felépítmény a nagysebességű vasúti vonalakon
7. Új típusú, könnyített szerkezetű áthidalók,
8. Wien és St. Pölten közötti emelt sebességű vasútvonal építése
9. Löttschberg bázisalagút fejtésének és szerkezeti építésének technológiája
10. Városi alagutak építése laza talajokban
11. Zah- és állagmegóvási kérdések megoldása a bécsi metróépítésnél
12. Bécsen átvezető autópálya hídjainak felújítása
13. Autópálya vonalvezetése zárt vasbeton keretes műtárgyak alkalmazásával

14. Alagút szerkezetű hídépítés

15. Fejlesztési és beruházási irányzatok a magyar közlekedési infrastruktúrában

16. Ferihegy nemzetközi repülőtér fejlesztése

Szakmai program keretében lehetőségünk volt a Wien és St. Pölten közötti emelt sebességű (160 km/h) vasútvonal alagútépítési munkáinak helyszíni megtekintésére. Az alagútépítésnél az osztrák cég az eddigi módszerektől eltérő, saját technológiát alkalmaz. Ennek lényege az, hogy a felső szint biztosítása után termeli ki a "földmagot" és készíti el az alsó részt. Az alagút szelvényéből a föld 2/3 részét vasúton szállítják el. E vasútvonal beruházási költsége 1 millió euro, amelynek 80%-át az Európai Unió finanszírozza.

Általában megállapítható volt az a tény, hogy külföldön a környezetvédelmi feltételek kielégítése és a közlekedésépítéssel érintett lakosság véleményének figyelembe vétele jelentősen növelik a beruházási költségeket és a megvalósítási idő meghosszabbodik. Ennek egyik jellemző példája a 14. sz. előadás volt, ahol az autópályát 3 nyílású, 178 m hosszú, zárt keretszerkezetű hídban kellett a folyó felett átvezetni, és a megvalósítás 8 évig tartott.

A közelmúltban történt alagút tüzesetek miatt a legismertebb alagútépítési szakemberek több munkacsoportban (közúti és vasúti közlekedésre) új tűzvédelmi ajánlásokat dolgoznak. A munkák előreláthatóan 2002. év végére fejeződnek be.

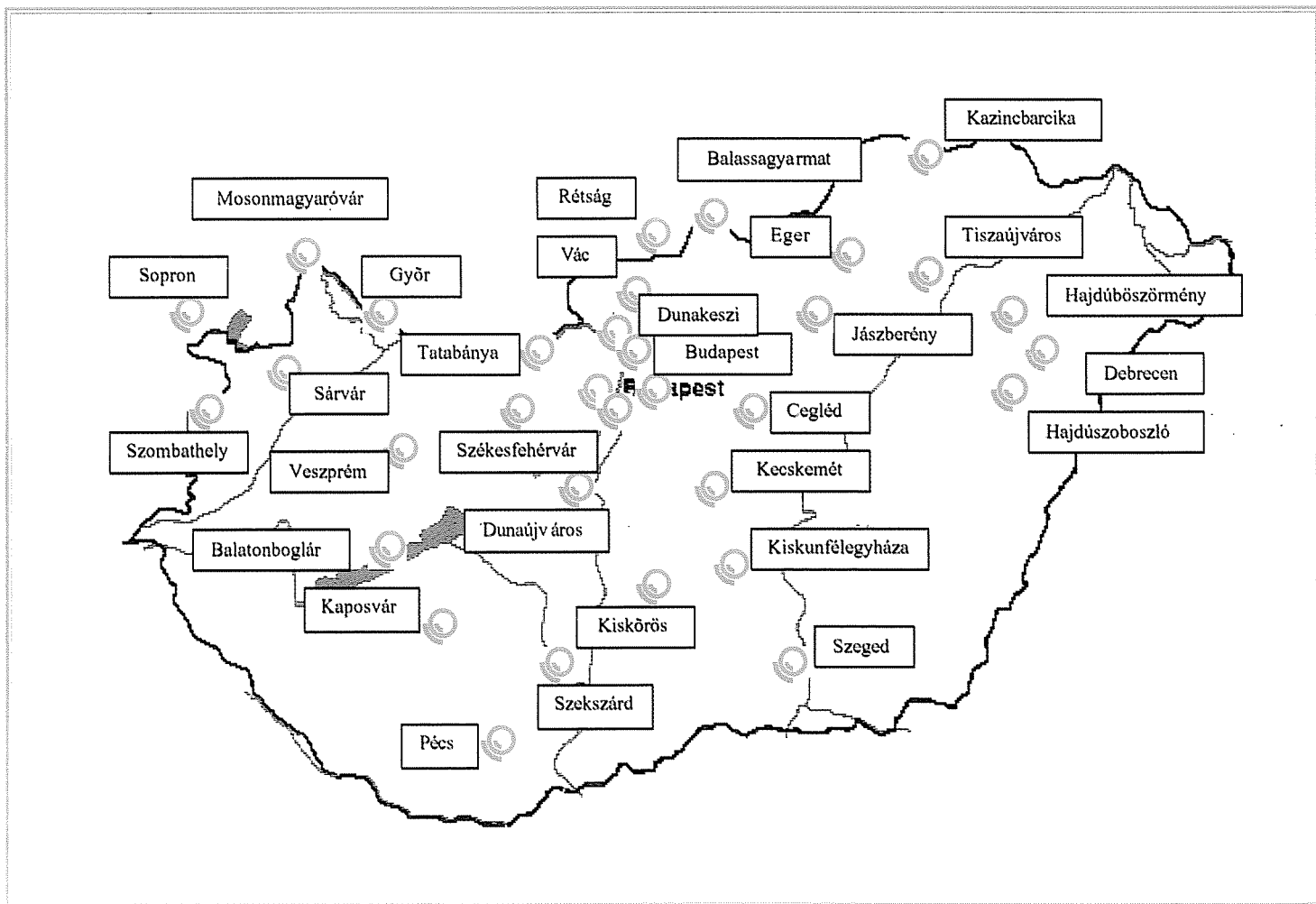
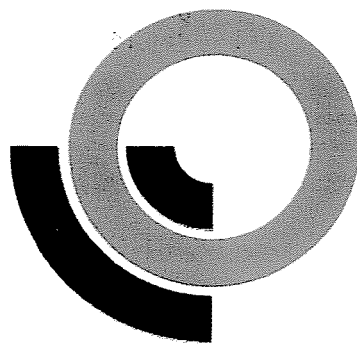
Rege Béla

Vasúti Hidak Alapítvány Kuratórium elnöke

TBG betongyárok Magyarországon

A TBG csoport betongyárai 1992-ben kezdték magyarországi működésüket. A Duna-Dráva Cement Kft.-hez tartozó TBG Hungária Kft. holding jelleggel, részben helyi vállalkozókkal közösen üzemelteti az ország egész területén, illetve egyes környező országokban lévő betongyárait és kavicsbányáit. Betongyáraink modern számítógépes vezérléssel működnek és minden olyan követelménynek megfelelnek, mely egy jó minőségű betonüzemben elvárás. A keverékek készítésénél többnyire a cégcsoporthoz tartozó bányákból származó, jó minőségű, mosott, osztályozott homok és kavics, valamint magas minőségű követelményeknek megfelelő magyar cementeket használunk. Az igényekhez alkalmazkodva sokféle adalékszer hozzáadására is lehetőség van, de leginkább a szintén a cégcsoporthoz tartozó STABIMENT adalékszerszalag termékei kerülnek a betonba. Minden keverőnél szigorú minőségellenőrző rendszer biztosítja a kiadott betonok egyenletesen jó minőségét, amely a jól felszerelt betonlaboratóriumainkban rendszeresen ellenőrzésre kerül! A minősített betonreceptjeink között találunk vízzáró, fagyálló, agresszív vegyi hatásoknak ellenálló vagy szűrő betonok, könnyűbetonok készítésére szolgáló recepteket is. A telepeinkről csak a rendelésnek megfelelő mennyiségű és minőségű beton kerülhet kiszállításra. A nagyobb keverőinkben a téli munkavégzés sem okoz gondot. Társaságaink több saját tulajdonú mixerkocsival és betonszivattyúval rendelkeznek. Ezen kívül számos, megfelelő felkészültségű, rendszeresen a részükre dolgozó alvállalkozó is a segíti a munkánkat. Jelenleg már 33 betongyárunk dolgozik az országban. Meglévő üzemünket folyamatosan korszerűsítjük. Kaposváron és Egerben – a régi keverők felváltására – új ELBA 55-ös, 5 frakciós, soradagolós keverőt építettünk. Az elmúlt évek során egyre nagyobb szerepet vállaltunk a különböző vidéki és fővárosi építkezések beton ellátásában. A keverőink által előállított transzportbeton mennyisége évről évre nő. Míg az első időkből évente csak pár tízezer m³ betont állítottunk elő, addig a 2001. évben már közel 800 000 m³-t. Ezzel a mennyiséggel a vezető transzportbetongyártó társaságok közé tartozunk. Büszkén mondjuk, hogy szállítottunk és jelenleg is szállítunk betont a keverőink térségében épülő szinte minden nagyobb munkához.

Bizakodva nézünk a jövő elébe, mert látjuk a fejlődést, a folyamatosan épülő országot és az egyre nagyobb lakásépítési lendületet.



Valamennyi munkatársunk azért dolgozik, hogy Vevőink kiszolgálása és kiadott betonjaink minősége megfeleljen az elvárásoknak.

TBG HUNGÁRIA Kft.

Budapest X. Basa utca 22.

Telefon (1) 264-2963, fax (1) 264-2947

e-mail: tbgkando@axelero.hu, www.tbgbeton.hu



TRANSPORTBETON

... egy szilárd kapcsolat



A jobb és tartósabb betonhoz vezető út

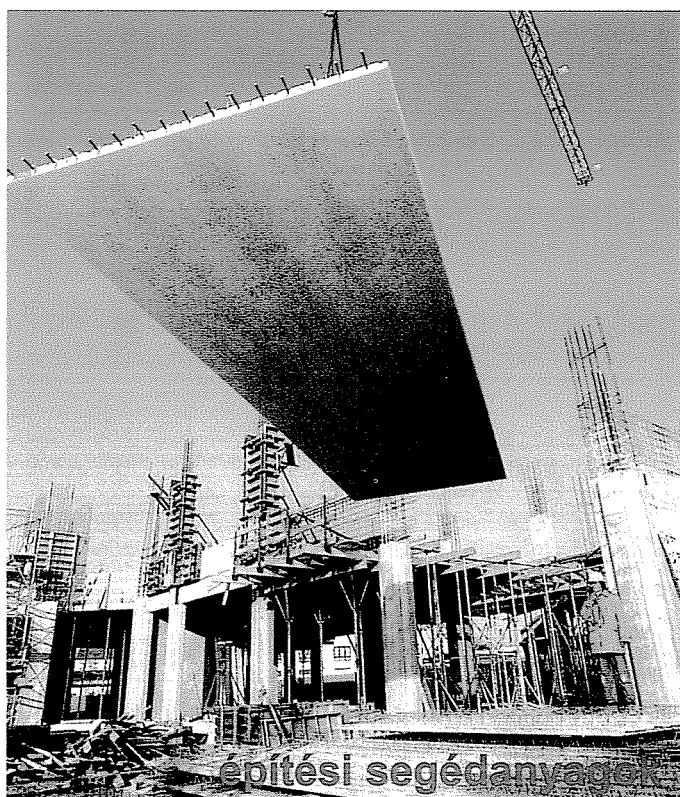
A STABIMENT Hungária Kft. a betont és habarcsot előállító üzemeknek, az ezt beépítő vállalkozóknak és a mindezt megálmodó tervezőknek nyújt segítséget, biztosít anyagokat és kínál szolgáltatásokat.



szárazhabarcs



habarcs adalékszerek



építési segédanyagok



beton adalékszerek

Társaságunk ezekkel a kiváló és ellenőrzött minőségű, német gyártású termékekkel és alapanyagokkal kíván hozzájárulni a hazai épített környezet szebbé és tartósabbá tételéhez.

STABIMENT HUNGÁRIA Kft. - Vác, Kőhídpart dűlő 2.

✉: H-2601 Vác, Pf.: 198. ☎/📠: (36)-27-316-723

📧: stabiment@elender.hu 🌐: www.stabiment.hu