Ára: 1275 Ft

A *fib* MAGYAR TAGOZAT LAPJA

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF *fib*

Dr. Farkas János – Dr. Léderer Károly – Tímár József – Zalán Ákos
AZ ÉSZAK-IRAKI KURD RÉGIÓ PENJWEEN ÉS DARBANDIKHAN ALAGÚTJAINAK MÉRETEZÉSE FÖLDRENGÉSRE 50

Hlavička Viktor – Dr. Lublóy Éva – Dr. Balázs L. György
A BETON POROZITÁSÁNAK HATÁSA A TAPADÁSOS CSAPOK TÖNKREMENETELÉRE 55

Bogdándy Béla – Dr. Hegedűs István
A NYOMOTT ÖV NYÍRÁSI TEHERBÍRÁSA ÉS AZ EUROCODE SZERINTI NYÍRÁSI ELLENÁLLÁS KAPCSOLATA 62

BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK 2015. FEBRUÁRTÓL 68

SZEMÉLYI HÍREK
Mátyássy László köszöntése 65. születésnapjára
Kandó György köszöntése 65. születésnapja alkalmából
Dr. Kausay Tibor köszöntése 80. születésnapján
Reviczky János Állami-díjas hídépítő mérnökre emlékezünk 69

***fib* BULLETIN 72: BOND AND ANCHORAGE OF EMBEDDED REINFORCEMENT** 72

2014/3

XVI. évfolyam, 3. szám

HÍDTECHNIKA

1138 Budapest, Karikás F. u. 20.
Tel.: 465-2329 Fax.: 465-2335
Web: www.hidtechnika.hu

A HÍDTECHNIKA **Hídépítő, Karbantartó és Szigetelő Kft. 1991-ben alakult.**

Tevékenysége napjainkban:

- szigetelések (mélyépítés, magasépítés),
- korrózióvédelem (üzemi, helyszíni)
- sóvédelem,
- közlekedési, mélyépítési, magasépítési létesítmények komplett építési munkái (autópálya hidak, felüljárók, mélygarázs),
- hidak és egyéb mérnöki létesítmények rehabilitációs munkái,
- környezetvédelmi létesítmények készítése (hulladéklerakók, hulladékgyűjtő szigetek),
- injektálások, betonlövési munkák,
- ipari padlóburkolatok készítése.

VASBETONÉPÍTÉS
műszaki folyóirat
a ***fib*** Magyar Tagozat lapja

CONCRETE STRUCTURES
Journal of the Hungarian Group of ***fib***

Főszerkesztő:
Dr. Balázs L. György
Szerkesztő:
Dr. Träger Herbert
Szerkesztőbizottság:
Dr. Bódi István
Dr. Csíki Béla
Dr. Erdélyi Attila
Dr. Farkas György
Kolozsi Gyula
Dr. Kopecskó Katalin
Dr. Kovács Károly
Lakatos Ervin
Dr. Lublóy Éva
Madaras Botond
Mátyássy László
Polgár László
Dr. Salem G. Nehme
Telekiné Királyföldi Antonia
Dr. Tóth László
Vörös József
Wellner Péter

Lektori testület:
Dr. Dulácska Endre
Királyföldi Lajosné
Dr. Knébel Jenő
Dr. Lenkei Péter
Dr. Loykó Miklós
Dr. Madaras Gábor
Dr. Orosz Árpád
Dr. Szalai Kálmán
Dr. Tassi Géza
Dr. Tóth Ernő
(Kéziratok lektorálására más kollégák is felkérést kaphatnak.)

Alapító: a ***fib*** **Magyar Tagozata**
Kiadó: a ***fib*** **Magyar Tagozata**
(***fib*** = Nemzetközi Betonszövetség)
Szerkesztőség: BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.
Tel: 463 4068 Fax: 463 3450
E-mail: fib@eik.bme.hu
WEB http://www.fib.bme.hu
Az internet verzió
technikai szerkesztője: Czoboly Olivér

Tervezőszerkesztő: Halmai Csaba
Nyomdai kivitelezés: Navigar Kft.

Egy példány ára: 1275 Ft
Előfizetési díj egy évre: 5100 Ft
Megjelenik negyedévenként
1000 példányban.

© a ***fib*** **Magyar Tagozata**
ISSN 1419-6441 online ISSN: 1586-0361

Hirdetések:
Külső borító: 220 000 Ft+áfa
belső borító: 180 000 Ft+áfa
A hirdetések felvétele:
Tel.: 463-4068, Fax: 463-3450

Címlapfotó:
Zik-zak híd YuYuan Garden, Shanghai, Kína
Fotó: Dr. Balázs L. György

TARTALOMJEGYZÉK

50 Dr. Farkas János - Dr. Léderer Károly - Tímár József - Zalán Ákos
AZ ÉSZAK-IRAKI KURD RÉGIÓ PENJWEEN ÉS DARBANDIKHAN ALAGÚTJAINAK MÉRETEZÉSE FÖLDRENGÉSRE

55 Hlavička Viktor – Dr. Lublóy Éva – Dr. Balázs L. György
A BETON POROZITÁSÁNAK HATÁSA A TAPADÁSOS CSAPOK TÖNKREMENETELÉRE

62 Bogdándy Béla – Dr. Hegedűs István
A NYOMOTT ÖV NYÍRÁSI TEHERBÍRÁSA ÉS AZ EUROCODE SZERINTI NYÍRÁSI ELLENÁLLÁS KAPCSOLATA

68 **BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK 2015. FEBRUÁRTÓL**

69 **SZEMÉLYI HÍREK**
Mátyássy László köszöntése 65. születésnapjára
Kandó György köszöntése 65. születésnapja alkalmából
Dr. Kausay Tibor köszöntése 80. születésnapján
Reviczky János Állami-díjas hídépítő mérnökre emlékezünk

72 ***fib*** **BULLETIN 72: BOND AND ANCHORAGE OF EMBEDDED REINFORCEMENT**

A folyóirat támogatói:
Vasúti Hidak Alapítvány, Duna-Dráva Cement Kft., ÉMI Nonprofit Kft.,
A-Híd Zrt., MÁV Zrt., MSC Mérnöki Tervező és Tanácsadó Kft.,
Lábatlani Vasbetonipari Zrt., Pont-Terv Zrt., Swietelsky Építő Kft., Uvaterv Zrt.,
Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt., Hídtechnika Kft.,
Betonmix Mérnökiroda Kft., CAEC Kft., SW Umwelttechnik Magyarország Kft.,
Union Plan Kft., DCB Mérnöki Iroda Kft.,
BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék,
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

AZ ÉSZAK-IRAKI KURD RÉGIÓ PENJWEEN ÉS DARBANDIKHAN ALAGÚTJAINAK MÉRETEZÉSE FÖLDRENGÉSRE

Dr. Farkas János - Dr. Léderer Károly - Tímár József - Zalán Ákos

Jelen cikk cikk célja, hogy alagutak földrengés számításának hatékony végeselemes módszerét mutassa be egy konkrét exportmunka példáján. Jelen cikkben nem célunk az exportmunka alagutak komplett elemzése, sem a tervellenőrzés és tanácsadás folymatának részletes bemutatása.

Kulcsszavak: alagút vasbeton héjazat, alagutak méretezése földrengésre

1. BEVEZETÉS

A Transinvest-Budapest Kft. 2013-ban létrehozta a Transinvest Irak Branch Office Ltd-t Suleymaniai székhellyel, és ez év májusában elnyerte a Kurdistan Region Ministry of Construction & Housing D.G of Roads, Construction and Housing (észak-iraki Kurd Régió Közlekedési és Építési Minisztériuma) által megpályáztatott a következő alagutak tender terveinek tervellenőrzési munkáit.

a) 5 km hosszú közúti Penjween alagút két alagútcsőben
b) 2 km hosszú közúti Darbandikhan alagút két alagútcsőben.

A tervellenőrzés folyamatos szaktanácsadással és oktatással is kiegészült, amit különböző szakágakat képviselő mérnökök (változóan 3-5 fő) a helyszínen, és a nagy tudású és tapasztalatú kollégák bevonásával megszervezett budapesti háttériroda „back-office" biztosítottak.

A kőzetkörnyezet osztályozásához a helyszíni fúrásokat, feltárásokat és a laboratóriumi munkákat az iráni Sham-E consulting Engineering Co., az alagút- terveket a teheráni Behin Taraddod Pars Consulting Engineers és a Saff-Rosemond Co. készítette.

2. AZ ALAGUTAK SZERKEZET-TERVEZÉSI SZEMPONTBÓL TÖRTÉNŐ RÖVID BEMUTATÁSA

Az alagutakat az északkelet-iraki Kurd Régió és az Irán közötti újonnan létesítendő kétszer kétsávosra tervezett új építésű és kereskedelmi célokat szolgáló útvonalra tervezték, közel az iráni határhoz. Ez a terület a Zagros-hegység mészköves vidéke, amely az Alpine-Himalája rendszer része, a domborzat erősen tagolt, a klíma szélsőséges (nagyon nagy nyári meleg és csapadékhiány, hideg telek, és adott esetben több méteres a hó, hirtelen olvadással), a növényzet gyér. Az alagútak mintegy 1400 m-es magasságban épülnek.

A terület az arab és az eurázsiai lemez találkozásánál fekszik, a seizmikus tevékenység nagyon intenzív, az alagút 300 km-es körzetében 10 aktív vetőzóna (törésvonal) van, ráadásul a Penjween alagút a „Main Zagros Fault" aktív vetőt keresztezi. A vető partjai közötti mozgás-különbség az arábiai lemez mozgásával azonosan évi kb. 10-12 mm-re tehető. A Megbízó által meghatározott bányászati alagútépítési technológia lövelltbetonos NÖT (NATM) típusú volt. A portálszerkezeteket kitakarásos módszerrel kellett tervezni.

Az alagutak vasbeton héja passzív tűzvédelmére kiemelt fontosságot kellett fordítani.

A kiírás szerint a tervezett élettartam 100 év.

A nyugat-iráni terület geológiailag (litológiailag, tektonikailag, szeizmikusan stb.) nagyon jól fel van térképezve, és nyilván ez jó alapot teremtett a szomszédos kurd területekre vonatkozó feltárásokhoz, és a komplex geológiai értékeléshez is.

Továbbiakban csak a Penjween alagúttal foglalkozunk. A geológiai feltárások szerint a Penjween alagút kőzetkörnyezete öt geológiai régióra (kőzetosztályra) osztható. A fúrások alapján mindegyik geológiai régióra alapvetően elkészültek ill. megtörténtek a

- a rétegszelvények geometriai, és a hozzájuk tartozó kőzetmechanikai jellemzők (γ, UCS, E, μ, c, ϕ) meghatározásai,
- a kőzetek anizotrópiája, inhomogenitása, töredezettségére, repedezettségi irányokra stb. vonatkozó vizsgálatok,
- a fentiek alapjána a kőzetek mérnökgeológiai komplex kőzettest-osztályozása (RQD, RMR, Q, GSI).

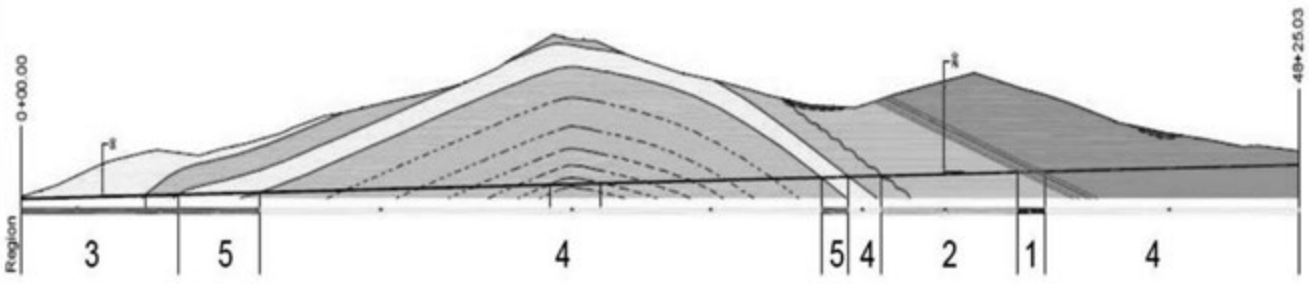
Ezek a geotechnikai alapadatok szolgáltattak alapul kőzetosztályonként

- a tapasztalati úton felvett különböző alagútszelvény- és fejtési/biztosítási osztályok meghatározásához,
- valamint az ezt követő, és fejtés/biztosítás- és szerkezetoptimalizálást szem előtt tartó alagútépítési számítási modellek kialakításához, végső soron az alagútfalazat méretezéséhez.

Az 5 geotechnikai kőzetosztályból végül - a portálszerkezetek nélkül - öt fejtési/biztosítási osztály és öt féle alagútszelvény lett (*1. ábra*).

Az iráni tervezők az amerikai alagútépítési és vasbetonszerkezeti szabványokat alkalmazták.

A szerkezettervezés általános feladatai a Penjween alagútnál az alábbiak voltak:



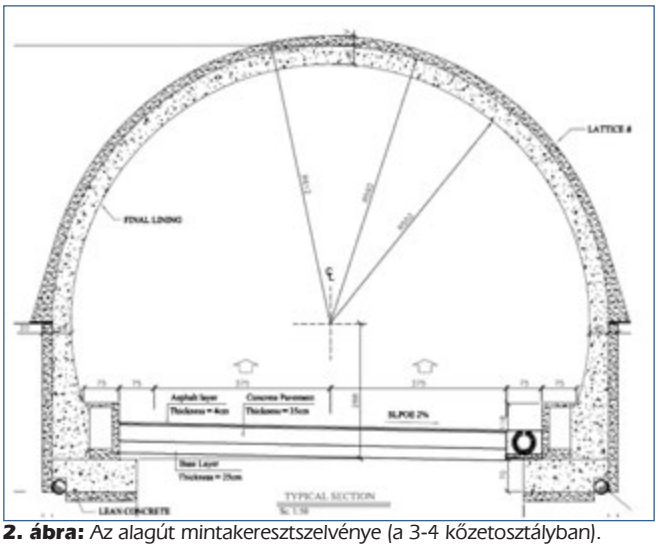
1. ábra: *Geotechnikai régiók (kőzetosztályok)*

Kőzetosztály	GSI	Egyteng nyomófesz.(MPa)	Takarás(m)	c(kPa)	Rug. modul(GPa)	ϕ(°)
1	30	30	220	250	1.0	18
2	35	40	260	350	1.6	20
3	45	80	80	350	4.0	40
4	50	65	300	750	4.8	30
5	55	90	110	650	7.6	43

Magyarázat:

GSI Geológiai szilárdsági index
c kohézió
ϕ belső súrlódási szög

1. ábra: Geotechnikai régiók (kőzetosztályok)



2. ábra: Az alagút mintakeresztszelvénye (a 3-4 kőzetosztályban).

a) Portál-és kitakarásos építési mód számításai és tervezése
b) Bányászati módszer NÖT (NATM) építési mód, az alagút szakaszos építése különböző geotechnikai kőzetosztályban, a kőzetmechanikai besorolásnak megfelelő és adott fejtési sorrend és választott ideiglenes biztosítás feltételezésével (lőttbeton, talajhorgonyok, acéltámok) a számítások és tervek elkészítése és a vájatvég biztosítások számításai és tervezése. Ennek keretében a szakértés feladata volt:
   1. A földrengésre történő méretezés és tervezés a különböző geotechnika kőzetosztályban a kőzetmechanikai besorolásnak megfelelő szelvénytípusokkal, a végleges vasbeton héjjal.
   2. Az aktív vető (törésvonal) miatt a földrengési energia megnő. Új hatásként avetőmozgás is belép, aminek megfelelően a szerkezetet erre is tervezni kellett.
   3. A passzív tűzvédelem biztosítása (vasbeton héj méretezése tűzhatásra).
   4. Avízelvezetési rendszer és szigetelés tervezése az alagútban.
   5. Egyéb feladatok (pl. a bejárati támfalak, alagútkeresztezések, tárolóhelységek, fülkék, biztonsági leállók, stb.) szerkezeti számításai és tervezése.

3. A FÖLDRENGÉSRE TÖRTÉNŐ MÉRETEZÉS KIINDULÁSI ADATAI

Az alagútfalazat szemben a magasépítési szerkezetek tömegarányos jellegű igénybevételeivel együtt deformálódik a környező kőzettel. A számítási módszer függvényében ezért a környezet időben lezajló deformációját, vagy annak egy maximális értékét kell meghatározni, amiből következtetni lehet a falazat deformációjára, igénybevételeire. A Kurd Régió nem az európai országokban szokásos földrengési zónákra van felosztva, hanem a területre vonatkozó földrengés adatokból statisztikai feldolgozás után és empirikus képletekkel képezik a földrengés számítás alapadatait. A statisztikához jelen esetben 1930-tól kezdődően 347 esetet vizsgáltak az iráni geológusok.

A gazdaságosságra törekvő tervezés alapján általában a földrengésnek különböző szintjeit adják meg (hasonlóan, mint a vízierőművek földrengés számításánál M.Wieland (2011)), és alapvetően két szintet vizsgálnak, hasonlóan a hidak üzemi (SLS) és teherbírási állapotához (ULS).

3.1 A földrengés rengési gyorsulása PGA (Peak Ground Acceleracion)

A bányászati módszerrel épült, mély, homogén és viszonylag merev talajkörnyezetben, rugalmas elmélettel, a talajkörnyezet deformációi és az alagútfalazat merevsége alapján lehet kiszámolni az alagútfalazatra jutó földrengésből származó igénybevételeket. A földrengés-számítások kiindulási alapja a maximális rengési gyorsulás (PGA).

A PGA értékeket végeredményként közöljük a Sham-E Consulting Co. (2012) alapján. Itt a konkrét területre vonatkozó, és statisztikailag alátámasztott, a kőzetben keletkező gyorsulási értékeket a következőképp adták meg:

az „üzemi szint” (visszatérési periódus 500 év):
- H (horizontális) PGA = 0,39g
- V (vertikális) PGA = 0,20g

a maximális, azaz „teherbírási szint”: (visszatérési periódus 500 év):
- H (horizontális) PGA = 0,42g
- V (vertikális) PGA = 0,21g.

Amint azt a fenteikből látni, ezek a tervezési szintek nagyon közel vannak egymáshoz, ezért nem szükséges a kétszintű tervezés.

A hosszú vetők „fölerősítik” a földrengést. A vetőben kialakuló földrengési energiát jellemző Ms (felületi magnitudó), függ a közvetítő kőzet tulajdonságaitól, a vető hosszától, a földrengés epicentrumától való távolságtól és a rengési hullámok keletkezési pontjának mélységétől. Az adott területre vonatkozóan, az európai-közel-keleti adatok statisztikai feldolgozása alapján a Sham-E Consulting Co.(2012)-ben az Ms-re vonatkozó empirikus-logaritmikus képletet (Ambraseys-Melvill) a konkrét 300 km-es sugarú körben levő vetők adatait felhasználva, pedig a Campbell-Borzognia (2003)-as képletét alkalmazták a PGA kiszámítására, (azt vízszintes és horizontális összetevőkre bontva).

Végeredményként közöljük a Sham-E Consulting Co.(2012)-ben közölt, ill. a Main Zagros aktív vetőben a területre vonatkozó, és statisztikailag alátámasztott

1. az általános (nem vetőben) levő helyen levő keresztmetszetre 50%-os valószínűséggel előforduló (m=középértékben):
- H (horizontális) PGA = 0,509g
- V (vertikális) PGA = 0,324g

2. a vetőben 84%-os valószínűséggel előforduló (m+σ által lehatárolt területen; σ=szórás):
- H (horizontális) PGA = 0,762g
- V (vertikális) PGA = 0,512g

A vetőben levő keresztmetszet méretezéséhez az utóbbi, 84%-os valószínűséggel előforduló értékeket használták! A vetők környezetében az alagútszelvény „patkó” helyett zárt (fenékboltozat került betervezésre), továbbá az alagútfalazat és a kőzet közé csillapító-szigetelő réteget építettek be.

3.2 A földrengés rengési sebessége (PGV)

A gyorsulásból a Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels (2009)-ben közölt kétféle módszerrel is, ill az (Pescara, Gaspari, Repetto 2011) által közölt módszerrel is ki lehet számolni a sebességet (V_s-t). A részletezést elhagyva az alábbi adatokat kapjuk.

1. az üzemi szintre:
V_s = H PGV (Ms = 7,5; t > 30 m, l = 20-50 km) = 0,7x1,09x0,39=0,297 m/s.

2. a maximális, azaz teherbírási szintre:
V_s = H PGV (Ms = 7,5; t > 30 m, l = 20-50 km) = 0,7x1,09x0,42=0,32 m/s

3. 84%-os valószínűséggel előforduló szintre:
V_s = H PGV (Ms =7,5; t > 30 m, l = 20-50 km)=0,7x1,09x0,762=0,58 m/s

ahol
- Ms a földrengés magnitudója
- t takarás
- „l” a rengés és az alagút távolsága

3.3 A kőzet deformációja

1. $\gamma_{max} = V_s/C_s$
2. V_s- lásd a 3.2. pontot
3. $C_s = (G_m/\rho_m)^{0,5}$

ahol
G_m a kőzet nyírási modulusa: $G_m = E/(2x(1+\mu))$
ρ_m a kőzet fajlagos tömege
μ a kőzet Poisson száma.

A továbbiakra való tekintettel egy „h” magasságú végeselemes téglalap háló vízszintes elmozdulása tehát a középponttól h/2-re, a téglalap alsó és felső élében $\Delta x_{max} = \gamma_{max} x(h/2)$.

4. AZ ALAGÚTFALAZAT MÉRETEZÉSE FÖLDRENGÉSRE

A földrengésből a kőzet közvetítésével az alagútfalazatra az alábbi főbb hatások hatnak
- hosszirányban a húzó-nyomó igénybevételek (vízzáró fúgák jelentősége!),
- hosszirányban a hajlító igénybevételek, (főleg a hosszabb, L > 500m) alagutaknál van jelentősége),
- keresztirányban az alagútfalazat nyírási torzulásából keletkező igénybevételek
- a talajfolyósodás hatása (az kőzeteknél általában nem fordul elő).

A fúrt, viszonylag merev kőzetekben a legjelentősebb hatás az alagútfalazat nyírási torzulásából keletkezik, mi a továbbiakban csak ezzel a hatással foglalkozunk.

A bányászati módszerrel készülő alagútfalazat általános mérnöki méretezési módszerei a földrengésre:
- rugalmas anyagmodellel, homogén kőzetben, quasistatikus „**free-field” módszer**, zárt képletekkel, kör és négyszög szelvényekre, egy alagútcsőre,
- **a „free-field” módszer továbbfejlesztett változatai**, pl. a rugalmas anyagmodellel, inhomogén (több rétegű) kvázistatikus végeselemes „free field” módszer, bármilyen alakú alagútszelvényre, (a két csöves alagút kezelhetősége, a vasbeton héj merevségkülönbségei figyelembe vehetők, stb)
- **dinamikus, végeselemes, időintegrálásos** Lysmer-Kühlemeyer (hullámáteresztő /elnyelő) peremfeltételekkel, akár nemlineáris kőzet és/vagy alagútfalazati anyagmodellel.

A kitakarásos módszerrel készülő alagútfalazat általános mérnöki méretezési módszerei földrengésre:
- a talaj (kőzet) statikus terhek a Mononobe-Okabe módszer szerint,
- mint a bányászati módszerrel épülő alagútszelvényeknél.

5. A FÖLDRENGÉSI KOMBINÁCIÓ ÉS A KAPOTT EREDMÉNYEK

A rendkívüli állapot értelmezése az AASHTO LRFD (2011) szerinti rendkívüli kombinációra történt, $\gamma_i = 1$ fontossági tényező figyelembevételével.

A „free field” kézi módszerrel, képletek és táblázatok felhasználásával készült, és a rugalmas, homogén, egy alagútcsőre és zárt, állandó keresztmetszetű körszelvénnyel

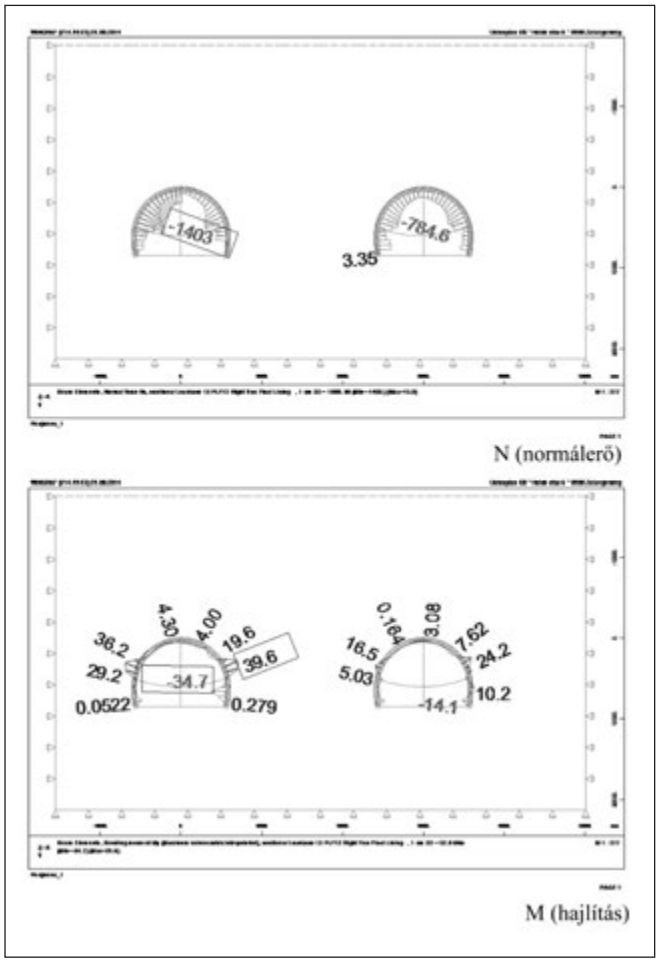
rendelkező alagútfalazattal történő számítás a konkrét „patkó” keresztmetszetű, változó merevségű és két alagútcsővel rendelkező modellhez képest közelítés.

Ezért a továbbiakban a (Pescara, Gaspari, Repetto, 2011) által kidolgozott módszert alkalmaztuk, pontosítva a kézi „free field” módszert. Ez a pontosított módszer három fő lépésre bontható:

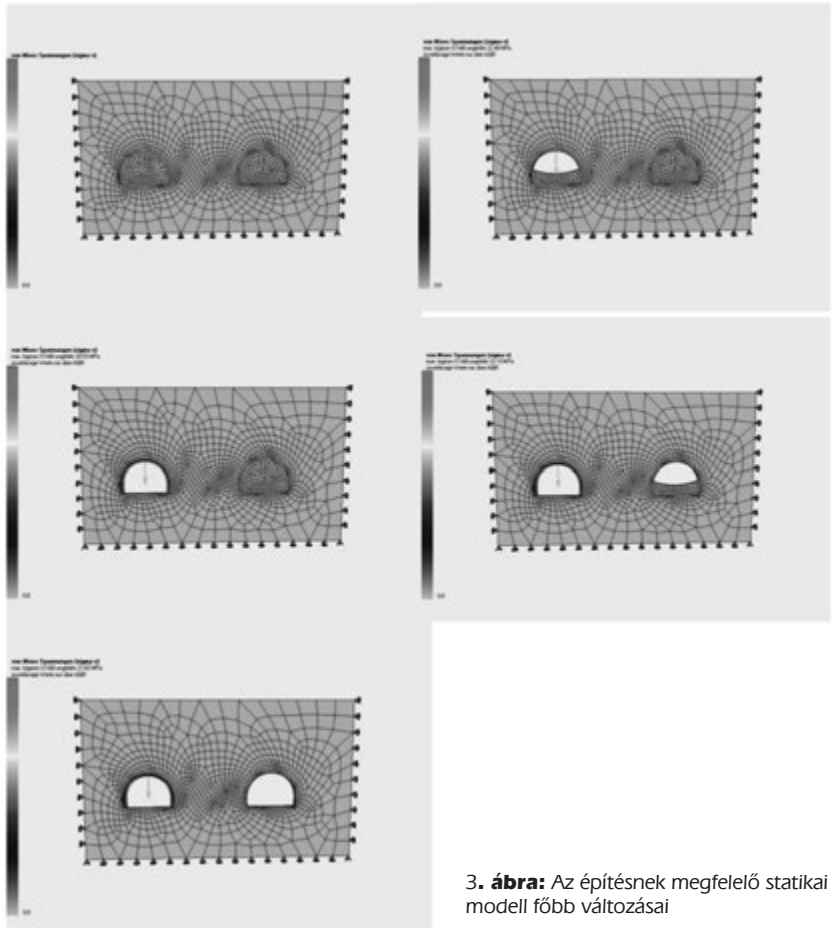
1. lépés: A geotechnikai kőzettest-besorolásnak megfelelően kiválasztott többlépcsős fejtési/biztosítási modellnek, a környező kőzet kőzetmechanikai paramétereinek, valamint a fedésnek megfelelően minden egyes kőzetosztályban kiszámoltuk a változó statikai vázzal és terheléssel a környező kőzetben a t_{oo}=t végtelenben keletkező feszültségi-alakváltozási és az alagútfalazatban az igénybevételi állapotot.

Mi a Sofistik programrendszert használtuk az alábbi főbb kiindulási adatokkal:

γ (kN/m^3) = 24
E(kN/m^2) = 4.800.000 (!)
μ = 0,25
Mohr féle nemlineáris anyagmodell, $\varphi = 30°$; $c = 750$kN/m^2
A kőzet repedezettségének irányszögei:
Függőleges síkhoz az $\alpha = 15°$
Vízszintes síkhoz a $\beta = 15°$.
Takarás az alagút fölött: 107 m.
Ideiglenes biztosítás: Lőttbeton szilárdsági osztály: C 20, vastagság 15 cm.
Alagútfalazat: Beton szilárdsági osztály: C 25, vastagság 40 cm.
A főbb építési fázisok végeselemes modelljeit a 3. ábra tartalmazza. (A 21, itt részleteiben fel nem sorolt terhelési-számítási esetből csak az öt főbb, és rajzilag a modell-változást látványosan bemutató esetet adjuk meg).
Az alagútfalazat építéstől függő igénybevételeit végállapotban a 4. ábra tartalmazza.



4. ábra: Igénybevételek


3. ábra: Az építésnek megfelelő statikai modell főbb változásai

2. lépés: Az adott földrengési teherkombinációnak megfelelően az 1. lépés eredményeire szuperponáltuk a (Pescara, Gaspari, Repetto 2011) által kidolgozott, a kézi „free field módszer” hiánnyosságait kiküszöbölő numerikus, tovább fejlesztett free-field módszert.

A felhasznált adatok:

γ = 2400 kg/m^3;
E_{dyn} = ca. 2xE = 9.600.000 kN/m^2;
G_m = $E_{dyn}/(2x(1+\mu))$ = 3.840.000 kN/m^2
C_s = $(G_m/\rho_m)^{0,5}$ = 1265 m/s;
V_s = 0,3 m/s;$\gamma_{max} = 0,3/1265 = 2,3710^{-4}$
Végeselemes háló magasságának fele 20 m.
$\Delta x_{max} = \gamma_{max}(h/2) = 5$ mm
A *5. ábra* a terhelési ábra, a *6. ábra* a terhelésnek megfelelő igénybevételi ábra.

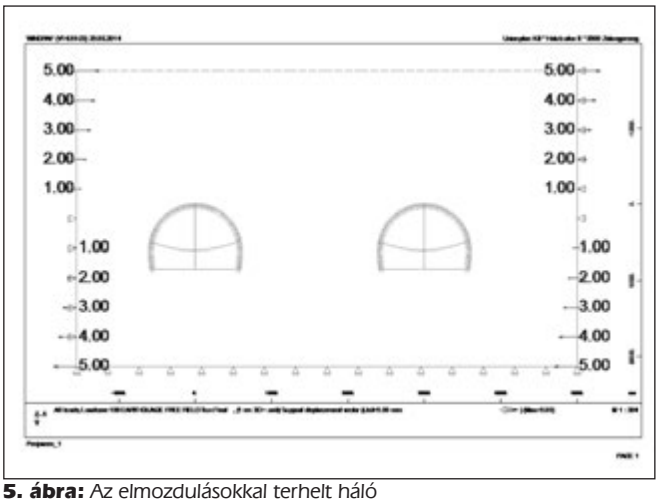
A földrengési kombináció igénybevételei a méretezéshez:

$\Sigma N = N + \Delta N_{erthq} = 1403-137 = 1266$ kN
$\Sigma M = M + \Delta M_{erthq} = 39,6+13,5 = 53,1$kNm

3. lépés: Az alagútfalazat összegzett igénybevételeivel (N,M interakcióval igénybevett) terhelt keresztmetszet ellenőrzése abból a szempontból, hogy a keresztmetszet berepedt vagy sem [ACI 318-1995] szerint.

Ha nem repedt be, akkor a számítás a méretezéssel befejeződik.

Ha berepedt, akkor célszerű többlépcsős



5. ábra: *Az elmozdulásokkal terhelt háló*

közelítéssel a berepedés miatti lokális alagútfalazati merevségcsökkenést figyelembe venni.

Esetünkben az alagútfalazat nem repedt be.

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

1. A Transinvest-Budapest Kft. a nemzetközi piacon és számunkra idegen kultúr- és műszaki környezetben, észak-Irakban, a Kurd Régióban szerzett tervellenőrzési mérnöki-tanácsadói szerződést alagutak tervellenőrzésére. A feladathoz kialakított menedzsmentjének és szervezeti felépítésének, valamint a hazai mérnöki tudásnak a hatékony és integrált felhasználásával a Megbízó megelégedésére elvégezte a tervellenőrzést.

2. Az alagúttervek tervellenőrzése során az egyik feladat a szerkezetterv ellenőrzés volt. A szerkezettervezésnek csak az egyik szelete a földrengésre történő méretezés, ami ugyanakkor a szeizmikusan aktív területen nagy jelentőséggel bír. Számunkra kevésbé ismert- az európai területi zónákra osztással viszonylag könnyen leírható földrengési hatásokkal szemben mélyebb, geotechnikai-statisztikai alapon nyugvó-földrengés hatás meghatározást, és annak módszertanát kellett befogadni, és azt alkotó módon a továbbiakban alkalmazni. A tervező a földrengés méretezésre a szakirodalomból ismert „free-field" közelítő módszert alkalmazta. Mi a „free-field" módszer egy a szakirodalomból átvett továbbfejlesztett változatát adaptáltuk az adott körülményekre, amivel a geometriának a szabályostól való eltérését, a merevségek változását is le tudtuk követni. Ezzel a „kézi" módszert meghaladva pontosítottuk az alagút vasbeton falazatában keletkező igénybevételeket.

7. HIVATKOZÁSOK

AASHTO LRFD (2011) Bridge Design Specifications

ACI 318-95 (1995): „Building Code Requirements for Reinforced Concrete"1995.

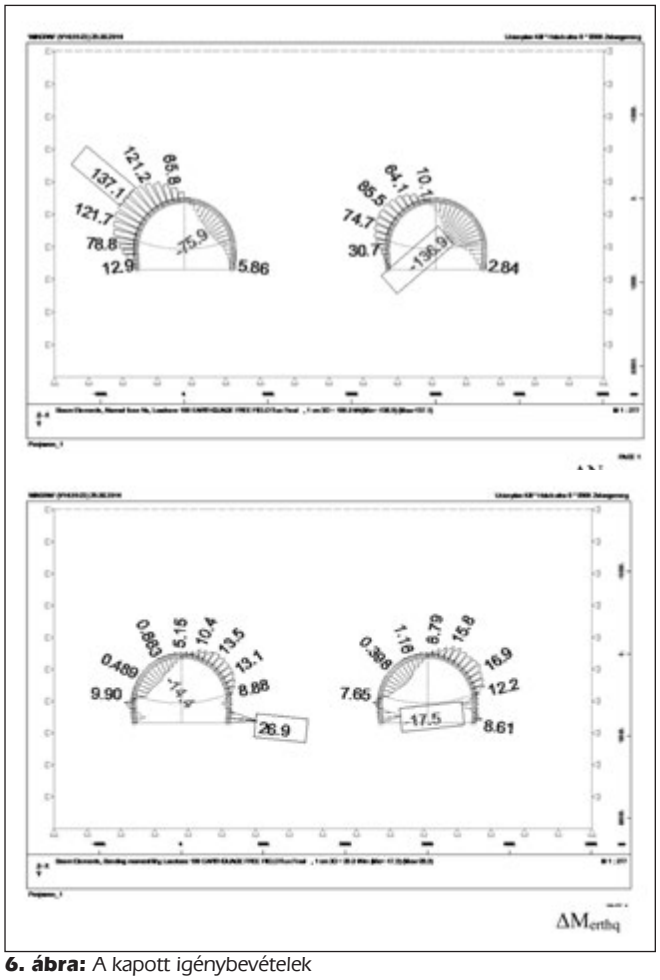
Pescara, M., Gaspari, G. M., Repetto, L. (2011) „Design of underground structures under seismic conditions along deep tunnel and a metro tunnel". *ETH Zurich – 15 dec. 2011 Colloquium on seismic design of tunnels*

Sham-E Consulting Co.(2012): „Geotechnical Report - Penjween Tunnel-Plan"

Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels (2009). *FHWA-NHI-10-034":*

Wieland, M. (2011), „Seismic Aspects of Underground Structures of Hydropower Plants"

Dr. Farkas János (1958), okl.építőmérnök, a műszaki tudomány kandidátusa hídszerkezetek szaktudományból. Az Union-Plan Kft. főtervezője. Fő érdeklődési területei: vasbeton és feszített beton hidszerkezetek, NSZ/NT betonok, hídépítési technológiák statikája, az alagútépítés tervezési kérdései, szerkezetek méretezése földrengésre.



6. ábra: *A kapott igénybevételek*

Dr. Léderer Károly (1946) okleveles repülőtér tervező mérnök, műszaki tudományok kandidátusa. A Transinvest Budapest Kft ügyvezető igazgatója. Fő szakterületei a közelekési infrastruktúra beruházások tervezése, és lebonyolítása, repülőterek tervezése, fejlesztése, FIDIC döntnök TFDL II.

Tímár József (1958) okl. közlekedés építő mérnök, okl.építőmérnök, mérnök üzemgazdász. A Transinvest Budapest Kft szakági igazgatója. Fő szakterületei a közlekedési infrastruktúra fejlesztés, és infrastruktúra beruházások lebonyolítása, közúthálózat üzemeltetési és fenntartási feladatok kidolgozása, szakértői tevékenység ellátása.

Zalán Ákos (1975) okl.építőmérnök, a Transinvest – Budapest Kft főmérnöke. Fő szakterületei a közlekedésfejlesztési, főként útépítési, de egyéb infrastruktúra beruházások tervezése, illetve a beruházások lebonyolítása, FIDIC szakértői tevékenység ellátása

János Farkas - Károly Léderer - József Tímár- Ákos Zalán:
CALCULATION AND DESIGN OF PENJWEEN AND DARBANDIKHAN TUNNELS FOR EARTHQUAKE IN KURDISTAN REGION OF IRAQ

Transinvest Budapest Ltd has gained a contract in the international market, in foreign culture and technical environment for engineering consultancy and design control for tunnel designing in North Iraq, Kurdistan Region.

Transinvest Budapest Ltd. has carried out the design control and consultancy activities by his management with using his effective and integrated engineering knowledge. The contract was performed with the Employer's satisfaction.

During the checking of the design for the tunnel, one of the task of the contract was the checking of the structure desings. To take into consideration that the area and the location of the planned tunnel is in a substantial seismic area this calculation for earthquake was very important element of the design document. With consideration of the above mentioned first of all we needed to accept and understand the calculation and methodology of the earthquake based on a detalied geotechnical statistic philosophy against the known european methodology. The designer used a „free-field" methodology – *known in the literature* – for the calculation for eathquake. We adapted an advanced version of the free-field methodology for the existing conditions and circumstances, which version was appropriate to follow the geometric conditions and the stiffness. We could specified the stresses in the reinforced concrete walls of the tunnel by this "manual method".

A BETON POROZITÁSÁNAK HATÁSA A TAPADÁSOS CSAPOK TÖNKREMENETELÉRE

Hlavička Viktor – Dr. Lublóy Éva – Dr. Balázs L. György

Az építőipar fejlődése magával hozta az egyre bonyolultabb és egyre nagyobb teherbírású rögzítőelemek (más néven: csapok) kifejlesztését és ezáltal a rögzítéstechnika fejlődését is. Ebben a cikkben a rögzítéstechnikai elemek fő jellemzőinek áttekintésén túlmenően saját kísérleti eredményeinket mutatjuk be. Az elvégzett kísérletekkel arra a kérdésre kívántunk választ adni, hogy a beton porozitása befolyásolja-e a tapadásos (ragasztott) csapok teherbírását.

Kulcsszavak: rögzítéstechnika, rögzítőelem, tapadásos csapok, húzó vizsgálat, nyomószilárdság, beton, porozitás

1. RÖGZÍTŐELEMEK CSOPORTOSÍTÁSA

A rögzítőelemeket alapvetően a rögzítés elhelyezése szerint csoportosíthatjuk. A rögzítőelemeket vagy a betonozás előtt, vagy utólag, a beton megszilárdulását követően, helyezik el a szerkezetben.

A szerkezeti elem betonozása előtt elhelyezett rögzítőelemek rendelkeznek a nagyobb teherbírással, viszont ennél a kialakításnál már a tervezés során szükséges a rögzítőelemek pontos helyének eldöntése. A bebetonozott rögzítőelemes kapcsolatok hátránya az is, hogy a kapcsolódó szerkezeteknél csak nagyon kis eltérés engedhető meg. Fix elhelyezkedésük miatt a felszerelendő szerkezeteknek nagy méretpontossággal kell rendelkezniük, ami sok esetben nehézséget jelent. A bebetonozott rögzítőelemek kategóriájába tartozik a duzzasztott fejű menetes szár, a C profil, a belső menetes hüvely és a bordás betonacél.

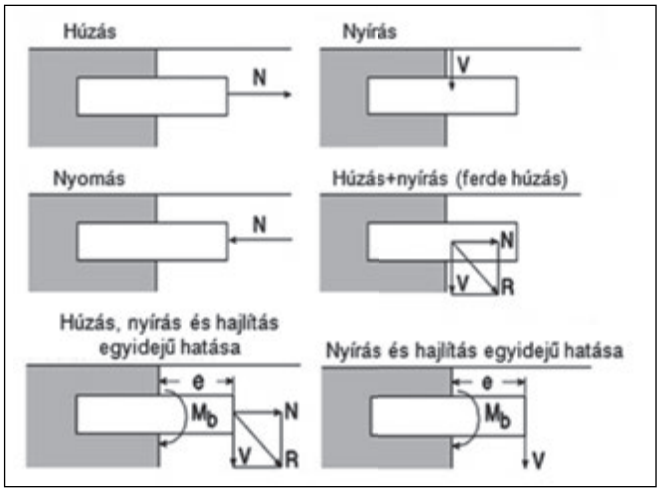
Az utólagosan elhelyezett rögzítőelemek előnye, hogy nagy szabadságot biztosítanak a tervezés során. Elhelyezésük sokkal szabadabb, teherbírásuk azonban némiképp elmarad a bebetonozott rögzítőelemek teherbírásától. Napjainkban az utólagosan elhelyezett rögzítőelemek fejlesztésével és a ragasztók összetevőinek módosításával a gyártók egyre jobban megközelítik a bebetonozott rögzítőelemek teherbírását.

Az utólagos rögzítőelemek két további csoportra bonthatóak. Az egyik csoportba tartoznak a belőtt rögzítőelemek. Az utólagos rögzítések másik módja esetében a elhelyezéshez fúrt lyuk szükséges. Ebbe a kategóriába tartoznak a terpesztett csapok, alámetsző csapok, tapadásos csapok, műanyag csapok és betoncsavarok *(Eligehausen, Hofacker, Lettow, 2001; Eligehausen, Mallée, Silva, 2006)*.

2. TERHELÉS

Rögzítőelemeknek általában a következő igénybevételeket kell felvennie (*1. ábra*) *(Fischer, 2010; Fuchs, 2001; fib MC 2010)*:

- tiszta húzás
- nyomás



1. ábra: Rögzítőelemekre ható igénybevételek (Fischer, 2010)

- nyírás
- húzás és nyírás együttes hatása (ferde húzás)
- húzás, nyírás és hajlítás együttes hatása
- nyírás és hajlítás együttes hatása

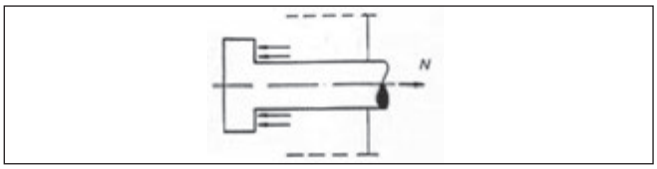
3. ERŐÁTADÓDÁS

3.1 Erőátadódás húzás esetén

Bebetonozott rögzítőelemek esetén a rögzítőelem a terhelést közvetlenül a fogadóanyagnak (betonnak) adja át. Az erőátadást segíti a rögzítőelem kialakítása, ami megakadályozza, hogy a csap kihúzódjon (pl.: duzzasztott fejű csap). Ezt az erőátadási módot nevezzük nekifeszülésnek (*2. ábra*) *(Fuchs, 2001; fib MC 2010; Balázs, Józsa, Liptay, 1976)*.

Utólagosan elhelyezett csapok erőátadási módjai *(Fischer, 2010; Fuchs, 2001; fib MC 2010)*:

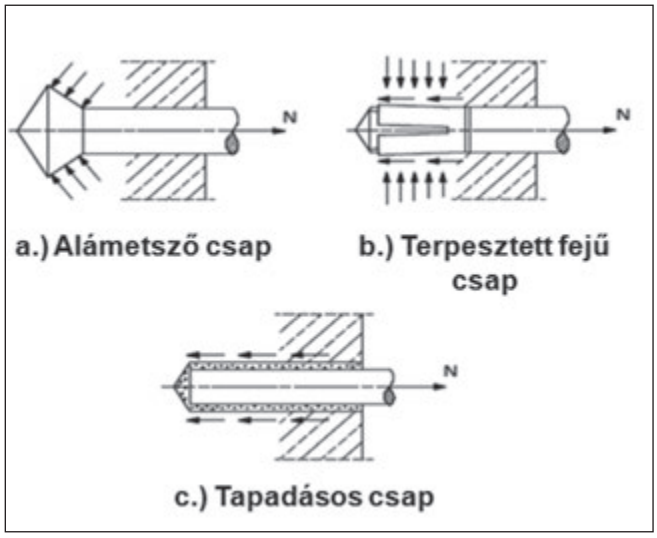
Alámetsző csap: A kapcsolat kialakításához speciális fúró szükséges, ami egyedi üreget készít a furat végén a csap számára. A csap behelyezése után annak a vége szétnyílik és nekifeszül az üreg falának, így adva át az igénybevételeket (*3a. ábra*).



2. ábra: Nekifeszülés (Fuchs, 2001)

Terpesztett csap: Az elem rögzítésekor (lehet elmozdulás- vagy nyomatékvezérelt) nagy keresztirányú erő keletkezik, ami a rögzítőelem csúszó része és a furat fala közti súrlódási ellenállást nagymértékben növeli. A rögzítőelem csúszó része megfelelő csavarónyomaték vagy elmozdulás hatására szétnyílik, nekifeszül a furat falának, így hozva létre a fent említett ellenállást a húzóerő felvételére (*3b.* ábra). A szükséges nyomaték nagysága a csap típusától függ.

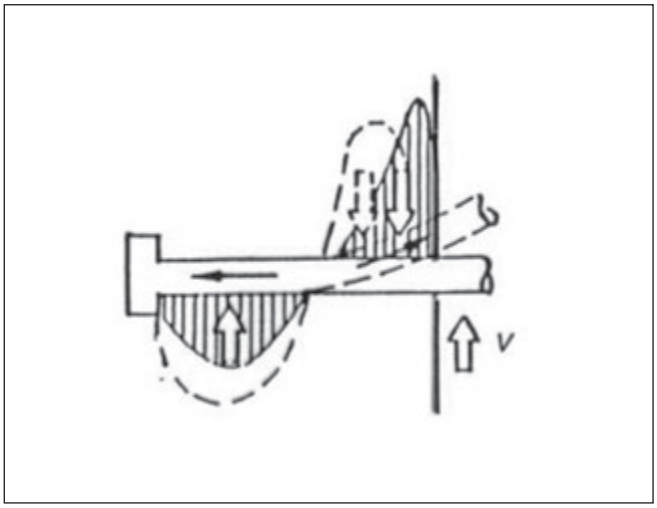
Tapadásos csap: A folyékony ragasztó beszivárog a fogadóanyagba és a menetes szár menetei közé. Így terheléskor a megszilárdult ragasztóban nyíró igénybevétel keletkezik. Rögzítéskor a szár átmérőjénél nagyobb furatot kell létrehozni, hogy a ragasztó teljesen körbe tudja zárni a menetes szárat (*3c. ábra).*



3. ábra: Utólagosan elhelyezett csapok erőátadási módjai (Fuchs, 2001) a. Alámetsző csap, b. Terpesztett fejű csap, c. Tapadásos csap

3.2 Erőátadás nyírás esetén

Nyíró igénybevétel esetén a csap palástjáról nyomóerő adódik át a furat felületére. A *4. ábrán* látható a csap tengelye mentén kialakuló merőleges erőrendszer a csap deformációját is figyelembe véve.



4. ábra: Erőátadás nyíró igénybevétel esetén (Fuchs, 2001)

4. TÖNKREMENETEL

4.1 Tönkremeneteli módok húzó-igénybevétel esetén

Az acél szár szakadása: A kapcsolatoknak nem jellemző tönkremeneteli módja, mivel ennek kiküszöbölése tervezhető (F*ischer, 2010; Fuchs, 2001; fib MC 2010; Simon, Eligehausen, Kirtzakis, 2005).*

Szakadókúpos tönkremenetelek: Ez a fajta tönkremenetel a fogadóanyag húzószilárdságának elérésével kapcsolatos. Alapvetően két típusra különíthető el:

a.) *Teljes szakadókúp:* Ebben az esetben a szakadókúp a hatékony rögzítési mélységből indul. A *fib Model Code 2010* szerint ebben az esetben használjuk ki a kapcsolat teljes teherbírását.

b.) *Részleges szakadókúp:* Ilyenkor a szakadókúp nem a hatékony rögzítési mélységről indul, hanem jellemzően a mélység felső egyharmadáról. Ilyenkor az alsó szakaszon fellépő ragasztó elnyíródása, illetve a ragasztó és a csap közti tapadás kimerülése kombinálódik *(Fischer, 2010; Fuchs, 2001; fib MC 2010; Simon, Eligehausen, Kirtzakis, 2005)*.

Az acél menetes szár kihúzódása: Ebben az esetben a rögzítőelem kihúzódik a fogadóanyagból szakadókúp létrejötte nélkül.

Ragasztott kapcsolatok esetén a szár kihúzódásával kapcsolatos tönkremenetel további három altípusra bontható:

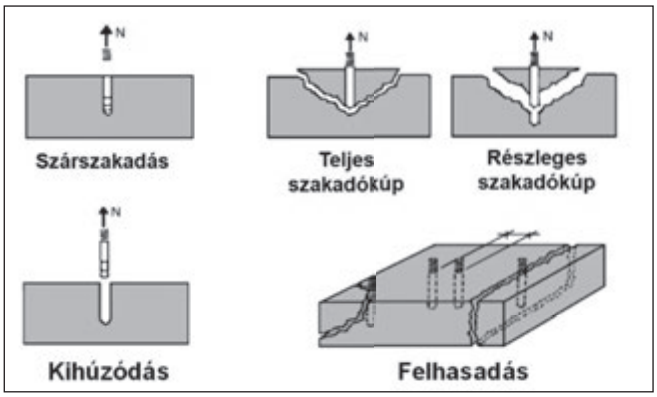
a.) Ragasztó elnyíródása: Ragasztott kapcsolatoknál a menetes szár és a fogadóanyag között a ragasztó biztosítja az erőátadást. A ragasztóanyag elnyíródhat (és a menetes szár kihúzódhat), ha a ragasztóanyag szilárdsága kimerül.

b.) Tapadószilárdság kimerülése: Húzási igénybevétel esetén a ragasztó a fogadóanyagnak a köztük fellépő kapcsolati erőrendszer révén adja át a szárban lévő húzóerőt. Ha a tapadószilárdság nem elég nagy ahhoz, hogy felvegye a húzásból átadódó igénybevételt, akkor a menetes szár kihúzódik. A kihúzódás oka az is lehet, hogy a furatlyukban por marad, ami megakadályozza a ragasztó kellő mértékű beszivárgását a fogadóanyagba.

c.) Részleges elnyíródás: A fent említett két eset kombinációjánál az ágyazási hossz egy részén elnyíródik a ragasztó, ezek után a megmaradt rész már nem tudja tapadás révén átadni a húzásból származó igénybevételt, a maradék felületen az együttdolgozás kimerül, és a szár kihúzódik *(Fischer, 2010; Fuchs, 2001; fib MC 2010; Simon, Eligehausen, Kirtzakis, 2005; Nemes, Török, 2014).*

Próbatest felhasadása: Leggyakoribb oka az előírt geometriai méretek (széltől való távolság, saroktól való távolság, rögzítőelemek egymástól való távolsága) be nem tartása. Előfordulhat, ha a fogadóanyag vastagsága nem megfelelő. Különösen laboratóriumi vizsgálatok esetén fordul elő, mivel ebben az esetben a próbatestek méreteit gyakran a minimális távolságok és vastagságok alapján alakították ki. Továbbá rossz befogás, vagy ferdén elhelyezett rögzítőelem esetén a kapcsolatban hajlítás is felléphet, ami szintén felhasadásos tönkremenetelhez vezethet *(Fischer, 2010; Fuchs, 2001; fib MC 2010; Simon, Eligehausen, Kirtzakis, 2005; Nemes, Török, 2014).*

A tönkremeneteli formákat az *5. ábra* foglalja össze.



5. ábra: Tönkremeneteli módok húzó igénybevétel esetén (Fuchs, 2001)

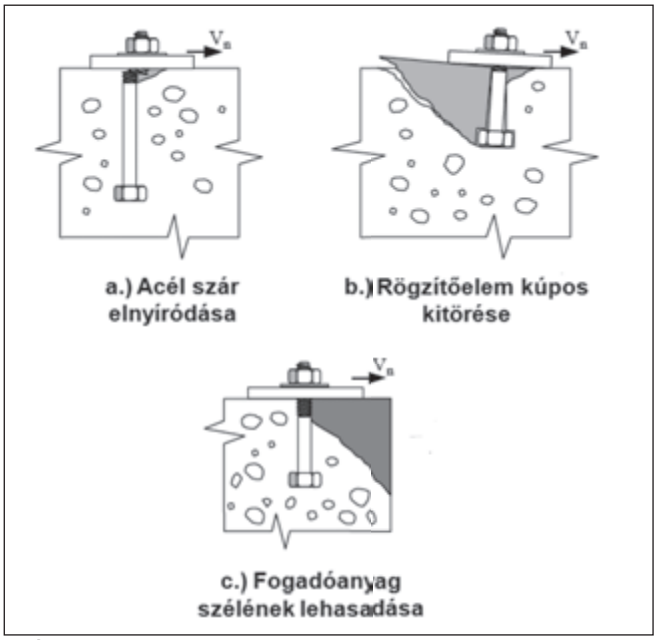
4.2 TÖNKREMENETELI MÓDOK NYÍRÓ IGÉNYBEVÉTEL ESETÉN

Acél szár elnyíródása esetén a beton kis mértékű összemorzsolódása is megfigyelhető a tönkremenetel közelében (*6a. ábra*) **(***Fuchs, 2001; Breen, Eichingen, Fuchs, 2011***)**.

A rögzítőelem kúpos kitörése esetén a beton húzószilárdságának kimerülése következtében jön létre a tönkremenetel, elsősorban akkor, ha a rögzítési mélység kicsi (*6b. ábra*).

A fogadóanyag szélének lehasadásakor a rögzítőelem túl közel helyezkedik el a próbatest széléhez. A rögzítőelemben a nyíró igénybevételből adódó hajlítás a betonra nyomásként adódik át, ami lehasadásos tönkremenetelt okozhat, ha a csap közel helyezkedik el az elem széléhez (*6c. ábra*).

A nyíró igénybevételből adódó tönkremeneteli módokat *6. ábra* foglalja össze:

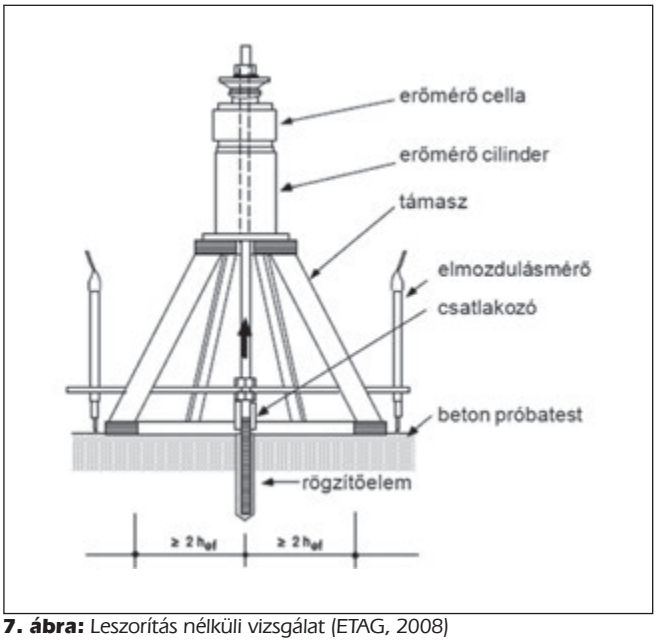


6. ábra: Tönkremeneteli módok nyíró igénybevétel esetén (Breen, Eichinger, Fuchs, 2011)

5. KÍSÉRLETI ELRENDEZÉS

Saját kísérleti összeállításunkban a ragasztott kapcsolatok húzási igénybevételét vizsgáltuk eltérő porozitású betonokban. A vizsgálatra a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki és Mérnökgeológiai Tanszék laboratóriumában került sor.

A kísérleteket úgy állítottuk össze, hogy megfeleljenek a szabványos, leszorítás nélküli kihúzókísérletnek (unconfined tests) *(ETAG, 2008)*. A leszorítás nélküli vizsgálat esetén a berendezés úgy támaszkodik a betonelemre, hogy ne befolyásolja a vizsgált csap tönkremenetelét, így ez a fajta összeállítás lehetővé teszi a szakadókúpok létrejöttét is (*7. ábra*).



7. ábra: Leszorítás nélküli vizsgálat (ETAG, 2008)

A kihúzóvizsgálat során tiszta húzást modelleztünk. A kísérleti elrendezésbe beépített csuklók segítségével kiküszöbölhető volt a kapcsolatban ébredő hajlítás. Az összeállítás tartalmazott két elmozdulásmérőt és egy erőmérő cellát, így a rögzített adatokból felrajzolható volt a kapcsolatok tönkremeneteléhez tartozó erő-elmozdulás görbe.

A próbatestet lefogó lemez a rögzítőelemtől mért 12,5 cm sugarú körben ki volt vágva, ez lehetővé tette a szakadókúp létrejöttét (*Nemes, 2007; Nemes, Lublóy, 2011*).

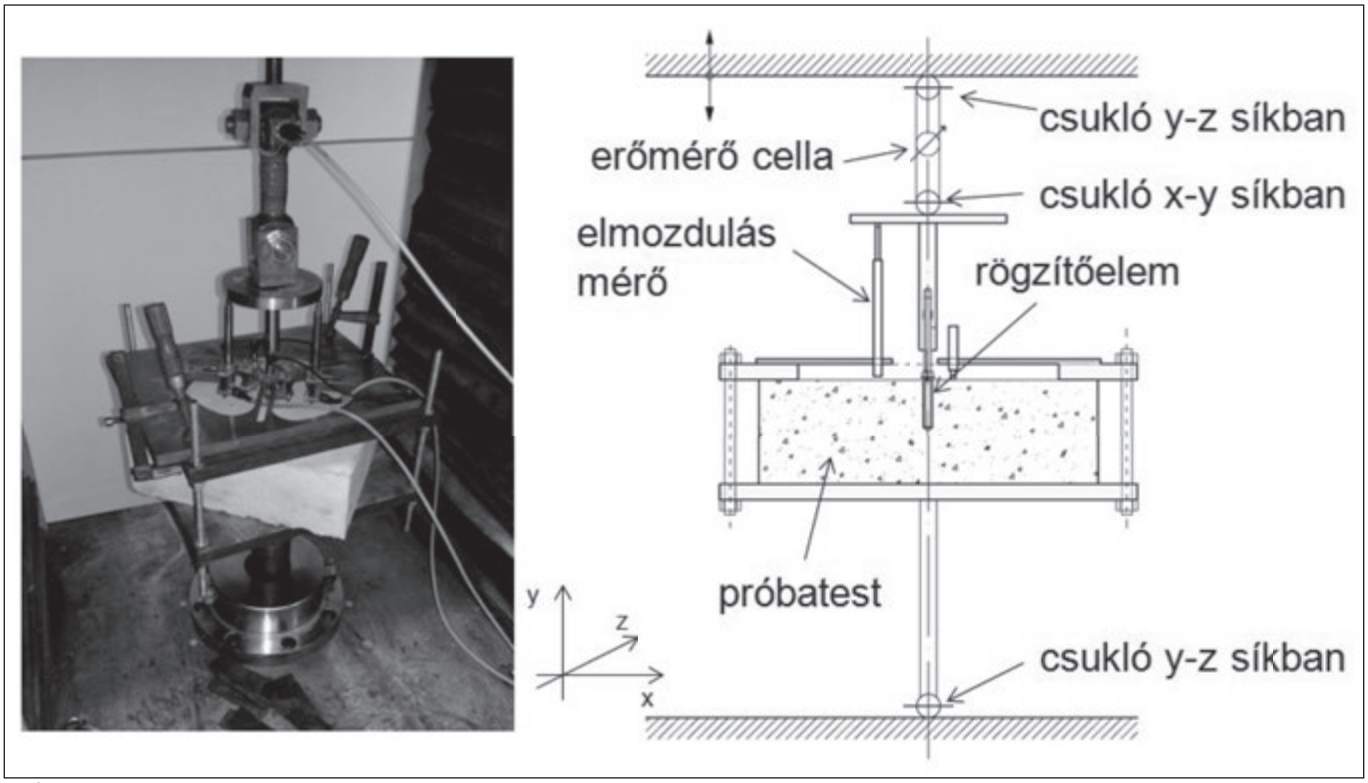
A vizsgálati összeállítást a *8. ábra* mutatja.

A vizsgálatok elvégzéséhez elmozdulásvezérelt terhelő berendezést használtunk. Ez lehetővé tette, hogy a kapcsolat tönkremenetele után a teherbírás leszálló ága és a maradó erőkhöz tartozó elmozdulás is mérhető legyen. A terhelési sebesség minden esetben 1 mm/perc volt.

6. KÍSÉRLETI PARAMÉTEREK

Ragasztott kapcsolatok vizsgálata során mértük a beton nyomószilárdságát és látszólagos porozitását, hogy összefüggéseket keressünk a beton anyagjellemzői és a ragasztott kapcsolatok teherbírása között. Ehhez négy különböző receptúrájú betonkeveréket készítettünk. A keverékek receptúráit az *1. táblázat* foglalja össze.

A betonkeverékek nyomószilárdságának megállapítását receptúránként négy-négy 150x150x150 mm-es próbakocka vizsgálatával végeztük. A beton próbakockákat az *MSZ EN 12390-3:2009* szerint vizsgáltuk, a keveréstől számított 28 napos korban. A terhelés sebessége minden esetben 11,25 kN/s volt. A vizsgálat elvégzésére az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laboratóriumában található FORM TEST ALPHA 3000 akkreditált nyomószilárdság-mérő eszközzel került sor. A szilárdságmérés előtt elvégeztük a kockák tömegének és geometriai méreteinek mérését.



8. ábra: Kísérleti elrendezés (Tóth, Hlavička, 2011)

1. táblázat: Betonkeverékek receptúrái

Receptúra jele	Adalékanyag [kg/m³]			Cement [kg/m³]	Víz	Adalékszer [kg/m³]
	0/4 mm	4/8 mm	8/16 mm	CEM I 42,5	[kg/m³]	Glenium C323
A	844	469	563	300	180	0,6
B	812	451	542	380	180	1,5
C	776	431	517	380	211	0,8
D	878	488	585	300	150	2,1

A beton látszólagos porozitásának meghatározásánál feltételezzük, hogy a beton valamennyi nyitott pórusa megtelik vízzel. Így ha teljes víztelítést végzünk, akkor az anyag által felvett víz térfogata a víz számára járható pórusok térfogatával lesz egyenlő (*Kausay, 1999*).

A vizsgálat az *MSZ EN 934-2:1999* szabvány alapján készült. A beton próbatesteket tömegállandóságig szárítottuk, majd lemértük a tömeget és a térfogatát. Vízbe helyezés után 1, 24, 48, 72 óra elteltével újra tömeget mértünk. A tömegállandóság elérése után kiszámoltuk a beton próbatest látszólagos porozitását

A mérést 70x70x250 mm-es hasábokon végeztük el. A paramétervizsgálatok eredményeit a *2. táblázat* foglalja össze.

7. TEHERBÍRÁST BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

7.1. Furattisztaság

Ragasztott kapcsolatoknál, vagy súrlódásos kapcsolatoknál, a furatban felgyülemlett por jelentősen csökkenti a kapcsolat teherbírását (*Eligehausen, Mallee, Silva, 2006*). A mikro-súrlódásos erőátadás létrejöttének feltétele, hogy a furat belső felülete érdes legyen. Amennyiben a fúrás után a furatot nem tisztítják ki az előírt módon, akkor lehetővé válik a por megtapadása a furat belső felületén. Az így kialakuló felület sima, ami nem teszi lehetővé a mikrosúrlódások létrejöttét, ezen felül pedig akadályozza, hogy megfelelő tapadás jöjjön létre a beton és a ragasztó között *(https://www.hilti.co.uk/fstore / holuk/techlib/docs/HIT-Z_Non-cleaning_expertarticle.pdf.)*. A *9. ábra* a tisztított és a nem tisztított furatba ragasztott menetes szár teher-elmozdulás görbéjét hasonlítja össze:

Látható, hogy a tisztított furatba elhelyezett menetes szár teherbírása sokkal nagyobb, mint a nem tisztított furatba elhelyezett rögzítőelemé. A két teherbírás között akár 60% is lehet az eltérés. Ezenkívül a nem tisztított furat esetében létrejövő elmozdulások is sokkal nagyobbak, ami ragasztott kapcsolatnál.nem engedhető meg A teherbírás ilyen nagymértékű eltérése miatt a gyártók pontos leírást adnak a termékeikhez a rögzítések előtti furattisztítási eljárásokról.

7.2. A beton nyomószilárdsága

A ragasztott rögzítőelemek teherbírását nagyban befolyásolja a fogadóanyag húzószilárdsága. A kapcsolat maximális kihasználtságával járó tönkremenetel a szakadókúp kialakulása. Ebben az esetben a betonban húzó igénybevétel alakul ki, a húzószilárdság kimerülésével jön létre a szakadókúp.

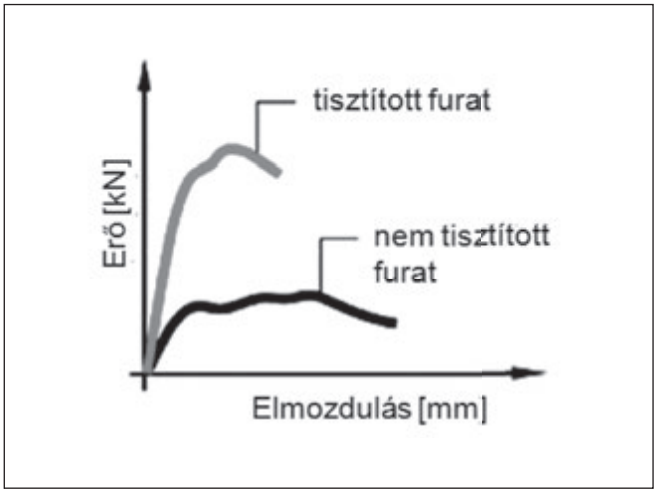
Mivel a beton húzó- és nyomószilárdsága között jól ismert összefüggés van (szabványok szerint átszámítható), ezért a gyártók a teherbírást a beton nyomószilárdságának függvényében adják meg.

Kísérleti eredmények alapján a ragasztott rögzítőelemek teherbírása és a beton nyomószilárdsága közti összefüggést a *10-11. ábrák* szemléltetik.

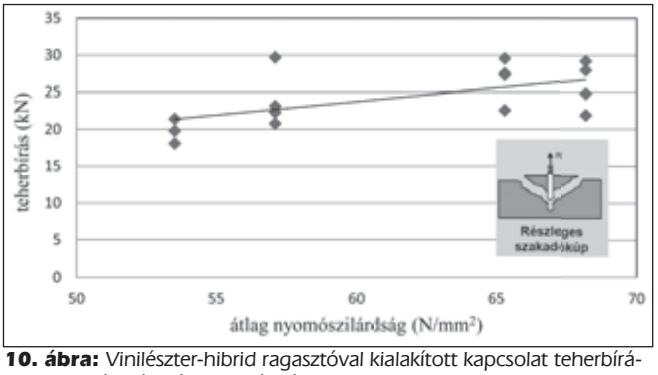
2. táblázat: Beton paraméterek összefoglalása

Receptúra jele	Nyomószilárdság (N/mm²)	Átlag szilárdság (N/mm²)	Minősítő szilárdság (N/mm²)	Minősítés
A	58,4	57,1	47,4	C35/45
	57,8			
	56,7			
	55,4			
B	71,5	68,2	56,94	C45/55
	70,7			
	65,6			
	64,9			
C	51,2	53,5	43,22	C30/37
	52,7			
	55,5			
	54,4			
D	61,8	65,3	53,76	C40/50
	66,5			
	65,6			
	67,1			

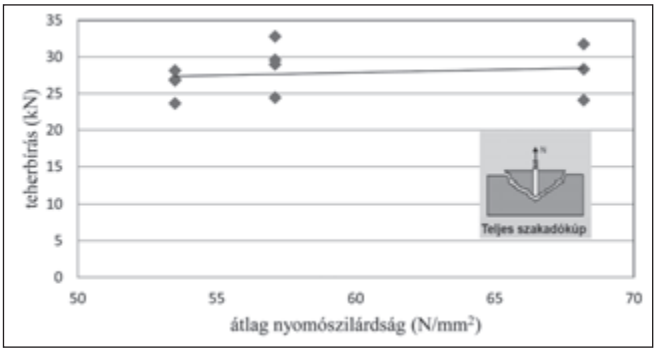
Receptúra jele	Látszólagos porozitás (V%)	Átlag porozitás (V%)	Vízfelvétel (m%)	Átlag vízfelvétel (m%)	Testsűrűség (kg/m³)	Átlag testsűrűség (kg/m³)
A	11,9-12,7	12,3	5,3-5,7	5,5	2226-2255	2240
B	11,9-12,4	12,1	5,2-5,4	5,3	2262-2281	2271
C	13,8-15,3	14,2	6,1-6,9	6,4	2209-2247	2233
D	10,1-10,8	10,5	4,4-4,7	4,5	2299-2324	2315



9. ábra: Sematikus erő-elmozdulás görbék tisztított és nem tisztított furat esetén (https://www.hilti.co.uk/fstore/holuk/techlib/docs/HIT-Z_Non-cleaning_expertarticle.pdf.)



10. ábra: Vinilészter-hibrid ragasztóval kialakított kapcsolat teherbírása a nyomószilárdság függvényében (Hlavička, 2013)

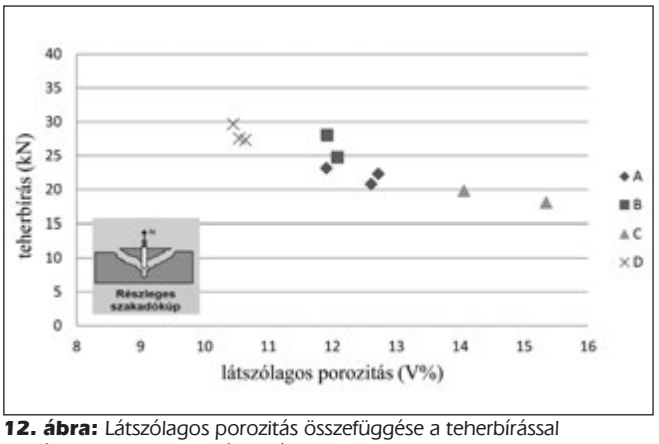


11. ábra: Epoxi ragasztóval kialakított kapcsolat teherbírása a nyomószilárdság függvényében (Hlavička, 2013)

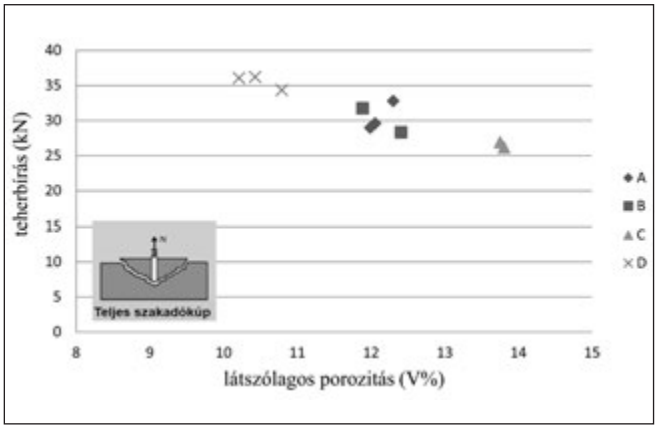
Az eredményekből látható, hogy a beton nyomószilárdságának függvényében nincs jelentős eltérés a két ragasztó teherbírásának növekedése között. A *10.* és *11. ábrát* összehasonlítva elmondható, hogy vinilészter-hibrid ragasztó esetén a kapcsolatok teherbírása kisebb, mint epoxi ragasztó esetén. A mérések során megfigyelhető volt, hogy a vinilészter-hibrid ragasztóval kialakított kapcsolatok minden esetben részleges szakadókúppal, míg epoxi ragasztóval kialakított kapcsolatok teljes szakadókúppal mentek tönkre. Ezt okozhatja, hogy a vinilészter-hibrid ragasztó által kialakított tapadás nem olyan mértékű, mint az epoxi ragasztó esetén. Ez egyben magyarázatot ad a kétféle kapcsolat teherbírásában látható eltérésre is.

7.3. POROZITÁS

Ragasztott kapcsolatok esetén a beton nyomószilárdságán kívül a beton porozitása is jelentős szerepet játszhat.



12. ábra: Látszólagos porozitás összefüggése a teherbírással vinilészter-hibrid ragasztó esetén (Hlavička, 2013)



13. ábra: Látszólagos porozitás összefüggése a teherbírással epoxi ragasztó esetén (Hlavička, 2013)

Ragasztott kapcsolatoknál az erőátadás két részre bontható. A húzóerő a rögzítőelemről a ragasztó-acélszár és a ragasztó-beton között fellépő tapadás segítségével adódik át a betonra. Az erőátadásban viszont a mechanikus jellegű kapcsolaton kívül a ragasztó és a beton közt fellépő kémiai kötés is jelentős szerepet játszhat.

Vinilészter-hibrid ragasztók erőátadása mechanikus jellegű és csak kis mértékben játszik szerepet a ragasztó és a beton közt fellépő kémiai kötés (*https://www.hilti.co.uk/fstore/holuk/techlib/docs/HIT-Z_Non-cleaning_expertarticle.pdf.),* ez megmutatkozik az epoxi ragasztóval rögzített elemek magasabb teherbírásában. A vinilészter-hibrid ragasztók esetében a porozitás növekedésével csökken a beton szilárdsága, ami nagyban befolyásolja a ragasztott kapcsolatok teherbírását is. Ezt a tendenciát mutatja a *12. ábra*. A *12. ábrán* bemutatott eredmények kísérleti értékek, vinilészter-hibrid ragasztó és 10.9 M8-as menetes szár felhasználásával.

Epoxi alapanyagú ragasztók esetén a kapcsolat kialakításában a ragasztó és a beton között létrejövő kémiai kötés játszik nagyobb szerepet (*https://www.hilti.co.uk/fstore/holuk/techlib/docs/HIT-Z_Non-cleaning_expertarticle.pdf.)*.

A beton porozitásának növekedésével kialakuló szilárdságvesztés befolyásolja ugyan a kapcsolat teherbírását (*13. ábra*), ugyanakkor a ragasztó pórusokba való beszivárgásával egyre nagyobb olyan felület jön létre ahol létrejöhet a kémiai kötés a ragasztó és a beton között, ezért epoxi ragasztó esetén kisebb mértékű csökkenés (28%) figyelhető meg, mint vinilészter ragasztó esetén (40%). A *13. ábrán* bemutatott eredmények kísérleti értékek, epoxi ragasztó és 10.9 M8-as menetes szár felhasználásával *(Hlavička, 2013)*.

8. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A rögzítéstechnika fejlődésével a gyártók egyre változatosabb megoldásokat és termékeket kínálnak az építőipar számára. A tervezéshez használt segédleteikben a kapcsolatok teherbírását csak a beton nyomószilárdságtól teszik függővé. Ez gyakran nem elégséges, és így szükségessé válnak további vizsgálatok, akár helyszínen, akár laboratóriumban. Ezért fontos az olyan további befolyásoló tényezők kutatása, amik jelentős hatással lehetnek a kapcsolatok teherbírására.

Laboratóriumi méréseink során igazoltuk a beton szilárdságának a ragasztott kapcsolatok teherbírására gyakorolt hatását.

Azt is megállapítottuk, hogy a beton porozitása hatással van a különböző alapanyagú ragasztók teherbírására. Vizsgálataink során kétféle ragasztót használtunk: vinilészter-hibrid ragasztót, amelynél az erőátadás mikrosúrlódás útján történik, és epoxi ragasztót, amelynél az erőátadás adhézió útján jön létre (*https://www.hilti.co.uk/fstore /holuk/techlib/docs/HIT-Z_Non-cleaning_expertarticle.pdf.*). A mérési eredményekből kirajzolódik, hogy a porozitás függvényében a kétféle ragasztó esetén a teherbírás eltérő módon csökken. A kapcsolatok teherbírásának eltérő csökkenési tendenciáját magyarázza a két ragasztó által létrehozott eltérő erőátadódási mód. Az epoxi ragasztó esetén a porozitás növekedésével a ragasztó anyag nagyobb mértékben integrálódik környezetébe. Így az epoxi ragasztónál a teherbírás csökkenése kisebb mértékű (28%), mint a vinilészter-hibrid ragasztó esetén (40%).

9. HIVATKOZÁSOK

Balázs Gy, Józsa Zs. (1977), „Ragasztott és terpesztett csapok (a szerelő jellegű építőipar új kapcsolóelemei)“, *BME Továbbképző Intézete* Előadássorozatából 5032. Budapest, pp. 96.

Balázs Gy., Józsa Zs., Liptay A. (1976), „Ragasztott és terpesztett csapos kapcsolat“, *Magyar Építőipar* XXV.: (6-7.) pp. 374-393.

Breen, J., E., Eichinger, E., M., Fuchs W. (2001), „Anchoring to concrete: The new ACI approach“, *Proceedings* of International Symposium on Connections between Steel and Concrete (Eds.: Eligehausen, R.) , Volume One, Stuttgart, Germany, pp. 31-44.

Eligehausen, R., Hofacker, I., Lettow, S. (2001), „Fastening technique – current status and future trends“, Proceedings of International Symposium on Connections between Steel and Concrete (Eds.: Eligehausen, R.), Volume One, Stuttgart, Germany, pp. 11-27.

Eligehausen, R., Mallée, R., Silva, J. F. (2006), „Anchorage in Concrete Construction“, *Ernst&Sohn* 2006, ISBN-13 978-433-01143-0

ETAG 001, Part 5, Februar 2008, Bonded Anchors.

fib (2013) „Model Code for Concrete Structures 2010, Chapter 6.3: Concrete to steel“, pp. 183-189.

Fischer (2010), „Technical Handbook International“, *Fischerwerke GmbH.*, Germany, (2010), pp. 13-19.

Fuchs, W. (2001), „Evolution of fastening design methods“, Proceedings of International Symposium on Connections between Steel and Concrete (Eds.: Eligehausen, R.), Volume One, Stuttgart, Germany, pp. 45-60.

Hlavička V. (2013), „Porozitás hatása ragasztott rögzítőelemek teherbírására“, *BME Építőmérnöki Kar TDK Konferencia,* Építőanyagok és Magasépítés szekció

https://www.hilti.co.uk/fstore/holuk/techlib/docs/HIT-Z_Non-cleaning_expertarticle.pdf „The influence of borehole cleaning on performance of injection bonded anchor systems for use in concrete“, (letöltés időpontja: 2013.10.02.)

Kausay T. (1999), „Víztartalom, vízfelvétel, látszólagos porozitás“ http://www.betonopus.hu/notesz/viztartalom.pdf (letöltés időpontja: 2014.03.10.)

MSZ EN 12390:2009, „A megszilárdult beton vizsgálata – A próbatestek nyomószilárdsága“

MSZ EN 934-2:1999, „Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz“

Nemes, R. (2007), „Expansion and Bonded Anchors in Expanded Clay Aggregate Concrete“, *Proceeding* of 2nd International Symposium on Connections between Steel and Concrete, Stuttgart, Germany, pp. 955-962.

Nemes, R., Lublóy, É. (2011), „Application of anchors under special concrete conditions“, *Periodica Politechnica* – Civil Engineering, 55: (1), pp. 73-79.

Nemes R., Török B. (2014), „Betonacél tapadása különböző könnyű adalékanyagok esetén“, *Építőanyag,* Vol. 66., No. 1., pp. 7-12.

Simon, I., Eligehausen, R., Kirtzakis, V. (2005), „Behaviour of Post-Installed Rebars in Uncracked and Cracked Concrete", *Proceedings* of Keep Concrete Attractive (Eds.: Balázs, Gy. L., Borosnyói, A.), Hungarian Group of *fib*, 23-25 Mai, 2005, Budapest, pp. 669-674.

Tóth M., Hlavička V. (2011), „Rögzítőelemek kihúzóvizsgálata eltérő szilárdságú betonból és terméskőből", *BME Építőmérnöki kar TDK Konferencia,* Építőanyagok és Magasépítés szekció

Hlavička Viktor (1987) okl. építőmérnök (MSc), a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék doktorandusza. Fő érdeklődési területei: rögzítéstechnika, mechanikus és ragasztott csapok betonokban való viselkedése és végeselemes modellezése.

Dr. Lublóy Éva (1976) okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki Kar 2001), adjunktus a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén (2008). Fő érdeklődési területei: vasbetonszerkezetek viselkedése tűz hatására, tűzkárok mérnöki tanulságai. A ***fib*** Magyar Tagozat tagja.

Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, matematikai szakmérnök, PhD, Dr. habil, egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék vezetője. Fő érdeklődési területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), szálerősítésű betonok (FRC), nem acélanyagú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, erőátadódás betonban, vasbeton tartó repedezettségi állapota, vasbetonszerkezetek tartóssága. A ***fib*** TG 4.1 „Használhatósági határállapotok" munkabizottság és a Special Activity Group 2 „Dissemination of knowledge" elnöke, valamint további ***fib*** bizottságok tagja. A ***fib*** Magyar Tagozat elnöke. A ***fib*** tiszteletbeli elnöke.

EFFECT OF CONCRETE POROSITY ON THE FAILURE OF BONDED ANCHORS

Viktor Hlavička – Éva Lublóy – György L. Balázs

In recent technical handbooks, the maximal load bearing capacity of bonded anchors only depends on the strength of the concrete material. On the other hand, based on our previous tests, it can be presumed that porosity of concrete also has a significant effect on the resistance. This research aims to prove this presumption through experimental tests. During our tests, two different bonded anchor systems (vinyleaster, epoxy) have been examined for concrete materials that have similar strength, but different porosity. After an extended summary of previous researches on this topic, a unique test assembly is introduced and pull-out test results of altogether 40 specimens are presented in this paper. Beside the pull-out tests, destructive and non-destructive test have been carried out for the concrete material.

A NYOMOTT ÖV NYÍRÁSI TEHERBÍRÁSA ÉS AZ EUROCODE SZERINTI NYÍRÁSI ELLENÁLLÁS KAPCSOLATA

Bogdándy Béla – Dr. Hegedűs István

A dolgozatban, méretezett nyírási vasalás nélküli, hajlított-nyírt vasbeton keresztmetszet nyírási ellenállását vizsgáljuk és feltételezzük, hogy a nyírótörés kialakulása során a csaphatás és a szemcsesúrlódás hatása elhanyagolható, a nyírási teherbírás a nyomott-nyírt betonzóna ellenállásával jól jellemezhető.

A számított eredményeket koncentrált erőkkel terhelt, méretezett nyírási vasalás nélküli gerendakísérletek eredményeivel hasonlítjuk össze, valamint közelítő összefüggéseket adunk meg a hajlított vasbeton keresztmetszet viselkedése szempontjából jellemző állapotokra vonatkozóan, így rugalmas berepedt, valamint törési állapotban.

A kapott összefüggések alapján kapcsolatot keresünk az Eurocode 2 méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó szerkezeti elemekre megadott empirikus összefüggésével, felfedve ezáltal annak vasbeton szilárdságtani hátterét és megmutatva alkalmazhatóságának határát.

Kulcsszavak: vasbeton gerenda, nyírási ellenállás, Eurocode

1. BEVEZETÉS

A hajlított vasbeton szerkezetek nyírási viselkedése a több évtizedes kiterjedt kutatómunka ellenére sem tekinthető megnyugtató módon tisztázott kérdésnek. A nyírótörés problémájának megértésében a nyírási modellek sokfélesége, az eltérő nyírási értelmezések sem segítenek.

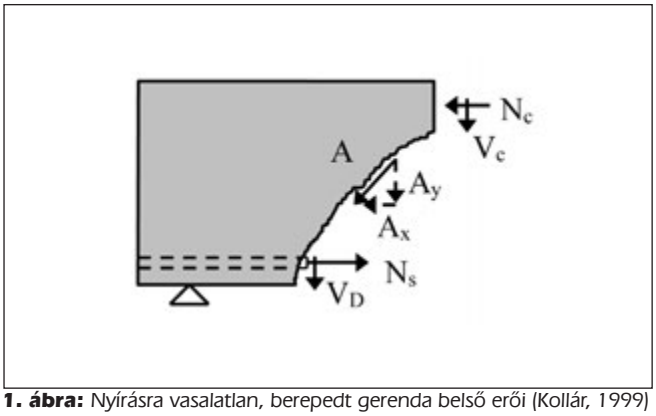
Különösen igaz ez méretezett nyírási vasalást nem tartalmazó szerkezeti elemek esetén, amelyeknél a szabályzatok kísérleti eredményekre alapozott összefüggéseket adnak, így a nyírási ellenállást hordozó tagok összemosódnak, a vasbeton szilárdságtani háttér, ezzel együtt az adott összefüggés alkalmazhatóságának határa is eltűnik.

A következőkben nyírásra vasalatlan, hajlított vasbeton keresztmetszet nyírási teherbírását vizsgáljuk meg, különös tekintettel a nyomott-nyírt betonzóna nyírási ellenállására.

2. VASBETON KERESZTMETSZET NYÍRÁSI ELLENÁLLÁSA

A hajlított vasbeton keresztmetszet nyírási ellenállását a legtöbb szabályzat a beton és a nyírási vasalás által felvehető erők összegeként adja meg, azonban a mai napig vitatott kérdés az, hogy hogyan összegezhetők az egyes teherbírást hordozó tagok, miképp változik és mekkora értékkel vehető figyelembe a beton által felvehető nyíróerő.

Vizsgáljunk egy nyírásra vasalatlan gerendát, amelyben a hajlított-nyírt szakaszon ferde repedés alakul ki *(1. ábra)*. A bal oldali gerendaszakasz egyensúlya alapján a nyírási ellenállás $V_{Rc}=V_c+A_y+V_D$, ahol V_c a nyomott betonzóna által felvett nyíróerő, A_y a nem tökéletesen sík repedésben kialakuló nyírósúrlódásból (szemcsehatás) adódó erő függőleges összetevője és V_D a hosszanti acélbetét (csaphatás) által felvehető nyíróerő. A nyírásra vasalatlan gerenda hirtelen, ridegen megy tönkre, a V_{Rc} -t a beton által felvett nyíróerőnek, a beton nyírási ellenállásának szokták nevezni (Kollár, 1999).



1. ábra: Nyírásra vasalatlan, berepedt gerenda belső erői (Kollár, 1999)

Tekintettel arra, hogy a vasbeton gerendák nyírótörése komplex jelenség, az egyes, a teherviselésben szerepet játszó elemek külön-külön történő vizsgálata rendkívül nehézkes. Különösképpen igaz ez a beton által felvett nyíróerőre, ezért az egyes szabályzatok a beton nyírási ellenállását kísérleti eredményeken alapuló, empirikus összefüggésekkel adják meg. Az empirikus összefüggések nagyrészt

$$V_{Rc}=\tau_c\, k\, f(\rho_l)\, b\, d \qquad (1)$$

alakúak, ahol τ_c a beton fajlagos nyírási ellenállása, k a hatékony magasság függvényeként megjelenő mérethatás tényező, $f(\rho_l)$ a fajlagos hajlítási vasaltság függvénye, b a nyírt keresztmetszet szélessége, amely gerendáknál a gerinc b_w

szélességét, lemezek esetében az u_{cont} ellenőrzési kerületet, d pedig a hasznos magasságot jelenti *(fib, 2001)*. Valójában ezt az utat követi az Eurocode 2 szabvány is, ahol $\tau_c = 0{,}18\, f_{ck}^{1/3}$, $k = 1 + \sqrt{200/d} \le 2{,}0$ és $f(\rho_l) = (100\,\rho_l)^{1/3}$ értékkel szerepel (MSZ EN 1992). Fontos azonban azt megjegyezni, hogy az (1) összefüggésben szereplő τ_c értéke a hatékony nyírt vasbeton keresztmetszetre vonatkoztatott, szilárdság jellegű, származtatott mennyiség, az nem a beton nyírószilárdságával azonos.

3. A HAJLÍTOTT KERESZTMETSZET NYOMOTT-NYÍRT ZÓNÁJÁNAK NYÍRÁSI ELLENÁLLÁSA

A nyírásra vasalatlan gerendákon végzett kísérletek a vasbeton keresztmetszet hosszanti acélbetéteinek mint nyírt rudaknak a nyírási teherbírását nem mutatták jelentősnek, ugyanis a betonfedés a hosszacélbetét nyírási ellenállásánál lényegesebben kisebb nyíróerőnél leválik és az acélbetét a gerendából kiszakad anélkül, hogy elnyíródna (Massányi, Dulácska, 1989). A szemcsesúrlódás tekintetében a kutatók véleménye nem egységes, hiszen annak hatása a kísérletekben rendre a nyomott betonzóna által felvehető nyíróerővel együtt jelenik meg. A szemcsesúrlódás kialakulásához a kritikus repedés kis tágasságára, ezzel egyidejűleg a repedéspartoknak a repedéssel párhuzamos elmozdulására van szükség, mely feltételek meglétét a húzott zónában a kísérletek nem igazolták (Völgyi, Windisch, Farkas, 2011).

A nyomott betonzóna nyírási teherviselésben betöltött szerepe kétségtelenül jelentős, ám nagysága erősen függ a keresztmetszet axiális kihasználtságától.

A hajlított-nyírt vasbeton keresztmetszet nyomott öve a síkbeli feszültségi állapot jellegzetes esete, melyet az elasztoviszkózus betonra tekintettel a Mohr-féle törési elmélettel célszerű leírni. A síkbeli feszültségállapotot a Mohr-féle burkológörbék helyett a gyakorlat, annak egyszerűsége miatt, a tiszta húzás és a tiszta nyomás főköre közti szakaszt érintő Coulomb-egyenessel szokta helyettesíteni (Palotás, 1973). A *2. ábrán* a beton Mohr-féle feszültségi főköreit, a főköröket érintő Coulomb-egyenest és a Mohr-féle másodfokú burkológörbét, valamint a nyomott-nyírt betonra vonatkozó $\tau(\sigma)$ törési feltételt ábrázoltuk. Az ábrán és a (2) képletekkel a Coulomb-egyenes érintési feltételéből levezethető törési feltételt, $\tau(\sigma)_{MOHR}$, a másodfokú burkológörbe érintési feltételéből Walther által levezetettet, $\tau(\sigma)_{WALTHER}$ (Walther, 1962), valamint a kísérleti tapasztalok alapján Juhász által felállított összefüggést, $\tau(\sigma)_{JUHÁSZ}$ (Szalai, 1988), adtuk meg.

$$\tau(\sigma)_{MOHR} = \sqrt{\frac{f_c\, f_{ct}\,(f_c - \sigma)(f_{ct} + \sigma)}{(f_c + f_{ct})^2}} \qquad (2.a)$$

$$\tau(\sigma)_{WALTHER} = \frac{1}{2}\sqrt{f_c\,\sigma - \sigma^2} \quad \text{ha} \quad \sigma > f_c/4 \quad \text{illetve} \qquad (2.b)$$

$$\tau(\sigma)_{WALTHER} = \frac{f_c}{8}\sqrt{1 + \frac{8\sigma}{f_c}} \quad \text{ha} \quad \sigma < f_c/4\,, \text{ és} \quad f_{ct} = f_c/8$$

$$\tau(\sigma)_{JUHÁSZ} = \frac{1}{f_c}(f_c - \sigma)(f_{ct} + \sigma) \qquad (2.c)$$

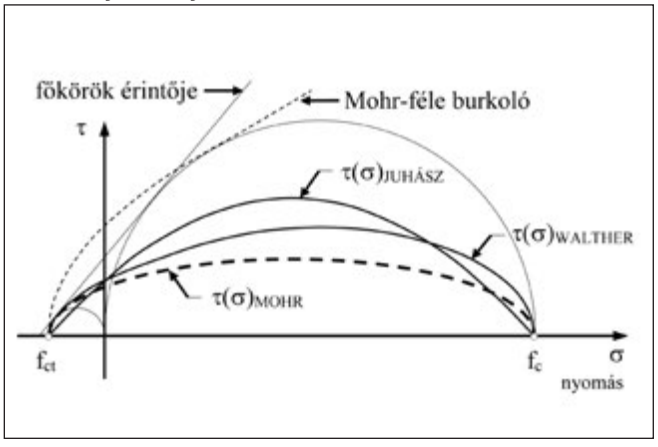
A Coulomb-egyenes érintési feltételéből levezethető törési feltétel valójában egy ellipszis egyenlete, a $\tau(\sigma)_{MOHR}$ elnevezést azért kapta, mert a függvény maximuma $\tau(\sigma)_{\max} = 0{,}5\sqrt{f_c\, f_{ct}}$, amely Mohrnak a beton nyírószilárdságára adott összefüggésével egyezik.

Amint az a *2. ábráról* is jól látható, az egyes törési feltételek között jelentős eltérés mutatkozik. A vasalatlan próbatestekkel többtengelyű feszültségállapotban végzett kísérletek eredményei csak nehezen adaptálhatóak, mivel e próbatestek feszültségállapota „homogén", míg a berepedt vasbeton gerenda nyomott-nyírt zónájában, a semleges tengely körüli elfordulás és a semleges tengely helyének a tartó hossza mentén történő változása miatt, a beton „inhomogén" feszültségállapotban van. Így az egymás melletti elemi betonrészek eltérő feszültségállapota a beton törési feltételére is jelentős befolyással van (Kármán, 1967). A *3. ábrán* Kármán kísérleti eredményeit, a kísérleti elrendezéssel együtt a vizsgált metszetre fajlagos értékekkel adtuk meg. Azokban az esetekben, amikor a törés nem a vizsgált metszetben történt, az eredményeket üres körökkel tüntettük fel. Az ábrán a $\tau(\sigma)$ függvényeket f_c= 49,5 N/mm^2 értékre, a vizsgálati elrendezések közül a csaknem központosan nyomott esetre vonatkozóan ábrázoltuk.

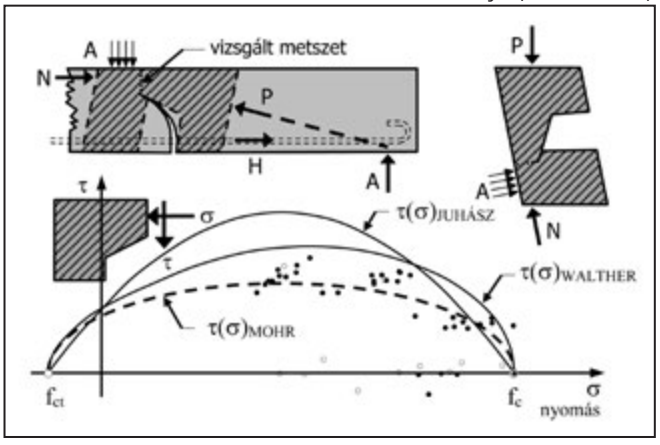
Mivel a törési eredmények által lefedett teherbírási tartomány a $\tau(\sigma)_{MOHR}$ és a $\tau(\sigma)_{WALTHER}$ függvények között helyezkedett el, ezért a számítások során a nyomott-nyírt zóna törési feltételeként a $\tau(\sigma)_{MOHR}$ (2.a) összefüggést vettük figyelembe.

A nyomott-nyírt betonzóna síkbeli feszültségállapotának leírására olyan feszültségeloszlást kerestünk, amely teljesíti az egyensúlyi feltételeket, kielégíti a Cauchy-féle egyenleteket. Kiindulásként egy rugalmas-berepedt állapotban lévő hajlított keresztmetszetet vettünk fel, ahol a nyomott betonöv magassága H, a betonfeszültség a repedéscsúcs felett f_{ct}, a nyomott szélsőszálban f_c, majd a keresztmetszetben megjelenő V nyíróerő hatására kialakuló feszültségeloszlást vizsgáltuk. A lineárisan-rugalmas anyagmodell feltevést kihasználva a (3.a)

2. ábra: Nyomott-nyírt betonzóna törési feltétele



3. ábra: Kármán kísérleti elrendezése és törési eredményei (Kármán, 1967)



szerinti F feszültségfüggvényt kaptuk, melynek megfelelő második parciális deriváltjai (3.b-d) a keresett feszültségek.

$$F = F(x,y) = \frac{f_{ct}\, y^2}{2} - \frac{3V\, x\, y^2}{H^2} + \frac{(f_c + f_{ct})\, y^3}{6H} + \frac{2V\, x\, y^3}{H^3} \quad (3.a)$$

$$\sigma_x = \sigma_x(x,y) = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} = f_{ct} - \frac{6V\, x}{H^2} + \frac{(f_c + f_{ct})\, y}{H} + \frac{12V\, x\, y}{H^3} \quad (3.b)$$

$$\sigma_y = \sigma_y(x,y) = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = 0 \quad (3.c)$$

$$\tau_{xy} = \tau_{xy}(x,y) = -\frac{\partial^2 F}{\partial x\, \partial y} = \frac{6V\, y}{H^2} - \frac{6V\, y^2}{H^3} \quad (3.d)$$

Fenti megoldás, tekintettel arra, hogy az a berepedt keresztmetszet nyomott övét írja le, a probléma egy partikuláris megoldásának tekinthető. A nyírófeszültségek eloszlása jól láthatóan másodfokú parabola, a normálfeszültségeket leíró függvény $x = 0$ helyen, a berepedt keresztmetszetben, az eredeti lineáris feszültségeloszlását adja vissza. A normálfeszültség függvénye $x \neq 0$ esetben már a nyíróerő és a nyomaték differenciális összefüggését is mutatja. Ha a normálfeszültségeket leíró függvényben az $x = 0$ helyre vonatkozó lineáris tagot megváltoztatjuk, azt m-ed fokú parabolára cseréljük, a kapott (4) függvény, a nyírófeszültségek (3.d) függvényével együtt, továbbra is teljesíti a Cauchy-felé egyenleteket, tehát a nyírófeszültségek eloszlása másodfokú parabola marad.

$$\sigma_x(x,y) = f_{ct} + (f_c - f_{ct})\left(1 - \left(1 - \frac{y}{H}\right)^m\right) - \frac{6V\, x}{H^2} + \frac{12V\, x\, y}{H^3} \quad (4)$$

A berepedt vasbeton keresztmetszet hajlított-nyírt betonövének nyírási ellenállása a nyírófeszültségek eloszlásának, valamint a síkbeli feszültségállapotra vonatkozó törési feltételnek az ismeretében számíthatóvá válik. A nyomott öv vizsgálatához olyan alkalmazást készítettünk, amely a keresztmetszet fajlagos elfordulásának függvényében meghatározza a nyomott betonzóna nagyságát, a keresztmetszet nyomatéki ellenállását és ezzel párhuzamosan a nyomott-nyírt zóna nyírási teherbírását is. Az alkalmazás betonacél esetében lineárisan rugalmas-képlékeny feszültség-alakváltozás összefüggést használ, beton esetében a σ-ε értékpárok felvételével, akár nemlineáris összefüggésként is megadható. A sík keresztmetszetek elvének felhasználásával, a σ-ε összefüggés alapján, a nyomott övben keletkező normálerő egy integrálként állt elő, a nyomott öv által felvehető nyíróerőt a nyomott zóna magasságának felében számított normálfeszültséghez rendelt τ(σ) érték figyelembevételével számítottuk. Az alkalmazásban a betont csak nyomásnak ellenálló anyagnak tekintettük, a betonra vonatkozó feszültség-alakváltozás összefüggésben húzófeszültség nem adható meg, ezért a nyomaték-görbület függvények a vasbeton keresztmetszet repedésmentes viselkedését nem mutatják, a beton húzószilárdságának elhanyagolásával pedig a számított eredmények kismértékben a biztonság javára közelítenek. Az elforduló keresztmetszetet és a berepedt vasbeton keresztmetszet feszültségeinek eloszlását a *4. ábra* mutatja.

Azokban az esetekben, ahol a betonra adott σ-ε összefüggés nemlineáris volt, figyelembe vettük azt is, hogy a nyírófeszültségek másodfokú parabolája csak érintheti a nyomott övben a törési feltétel alapján számítható határgörbét, ezért a szélsőszál f_c jellemző nyomószilárdsághoz közeli értékek esetén a maximális nyírófeszültséget redukáltuk *(4. ábra b eset)*. Tekintettel azonban arra, hogy a normálfeszültségek eloszlása nyilvánvalóan nem független a nyírófeszültségektől, azaz a keresztmetszetben megjelenő nyíróerő a normálfeszültségek eloszlását is megváltoztatja, a nyomott zóna nyírási ellenállásánál mind az eredeti, mind pedig a redukált értéket is megadjuk.

A nyomott-nyírt betonövre vonatkozó, a tényleges működést jól leíró feltételrendszer, a beton feszültség-alakváltozás összefüggésének és törési feltételének megtalálása közel lehetetlen vállalkozásnak tűnik, hiszen azok kölcsönösen összefüggnek, a törési eredményekben azok rendre együtt jelennek meg.

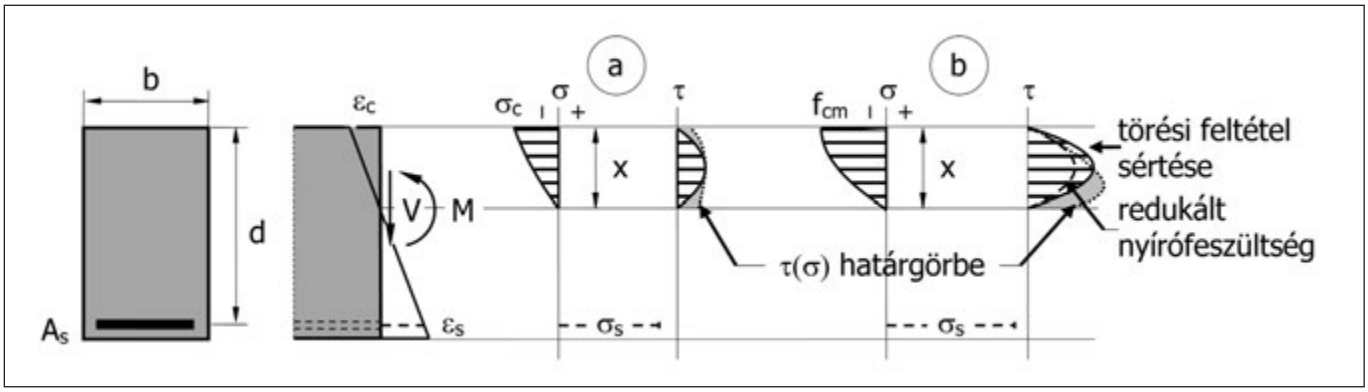
A nyomott-nyírt zóna nyírási ellenállásának számítható értékeit összehasonlítottuk Leonhardt és Walther koncentrált erőkkel terhelt, nyírási vasalás nélküli gerendakísérleteinek eredményeivel *(5. ábra)*.

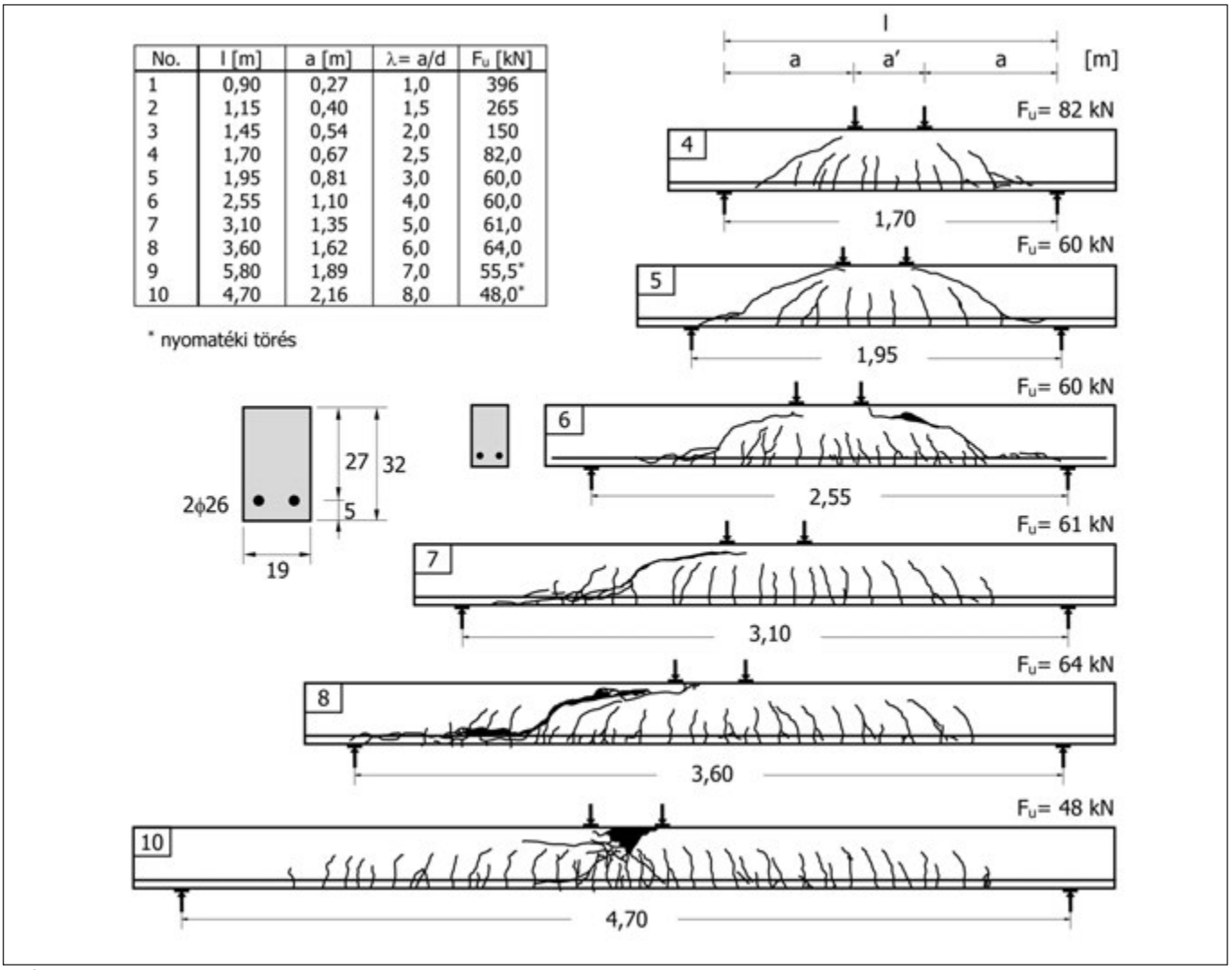
Elkészítettük a kísérleti gerenda keresztmetszetének nyomaték-görbület függvényét és ábrázoltuk a nyomott zóna betonjának számítható nyírási teherbírását, így arról a görbület függvényében a nyomatéki ordináták mellett az a nyíróerő is leolvasható, amely a keresztmetszet nyírási tönkremenetelét okozná *(6. ábra)*. Az ábrán a keresztmetszet Eurocode 2 szabvány szerinti nyírási ellenállás értékét is feltüntettük, a nyomott betonzóna számítható nyírási ellenállásának nagyságrendi összehasonlíthatósága érdekében. A számítás során a betonra vonatkozóan az Eurocode 2 szerinti nemlineáris σ-ε összefüggést használtuk, feltételeztük ezáltal, hogy az jól jellemzi a nyomott zóna viselkedését, és azt kielégítő pontossággal írja le kéttengelyű feszültségállapot esetén is. A nyomott öv nyírási ellenállásánál folytonos vonallal a redukált értéket, pontozottal az eredeti függvényt adtuk meg.

Az ábráról jól látható, hogy a keresztmetszet semleges tengely körüli elfordulásával a nyomott öv számított nyírási ellenállása gyorsan változik, az acélbetétek megfolyását a nyírási ellenállás függvényében látható törés mutatja.

A 6. ábrán a nyírási karcsúság $\lambda \geq 2{,}5$ esetére vonatkozóan elhelyeztük Leonhardt és Walther kísérletének törési eredményeit oly módon, hogy a törési eredményeket a törőerőből számított nyomatékhoz tartozó görbület értékéhez rendeltük. A 9. és 10. jelű gerendák esetében nyomatéki törés alakult ki, így ezekben az esetekben szaggatott vonallal azokat a teherszinteket jelöl-

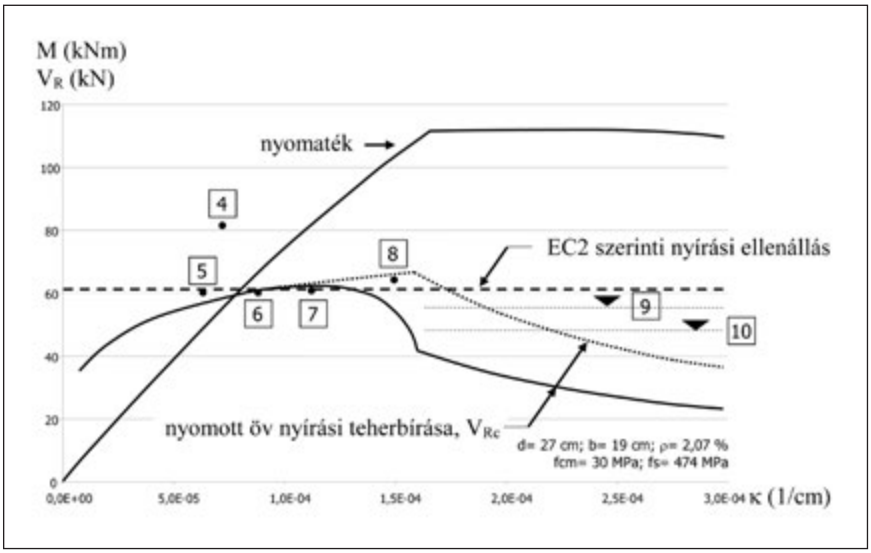
4. ábra: Feszültségek a berepedt vasbeton keresztmetszetben





No.	l [m]	a [m]	λ= a/d	F_u [kN]
1	0,90	0,27	1,0	396
2	1,15	0,40	1,5	265
3	1,45	0,54	2,0	150
4	1,70	0,67	2,5	82,0
5	1,95	0,81	3,0	60,0
6	2,55	1,10	4,0	60,0
7	3,10	1,35	5,0	61,0
8	3,60	1,62	6,0	64,0
9	5,80	1,89	7,0	55,5*
10	4,70	2,16	8,0	48,0*

5. ábra: Törésképek és törési eredmények Leonhardt és Walther nyírási vasalás nélküli gerendakísérleteiből (Leonhardt, Walther, 1962)



6. ábra: A vasbeton keresztmetszet nyomaték-görbület összefüggése és a nyomott öv nyírási teherbírása

tük, amelynél a nyírási ellenállás értéke biztosan nagyobb. A törési eredmények elhelyezésével a *6. ábra* a koncentrált erő melletti törési keresztmetszetre vonatkozik.

A törési eredmények azt mutatják, hogy a nyírási ellenállás a nyomott-nyírt zóna számítható nyírási teherbírásával jól jellemezhető, az a nyírótörést $\lambda \geq 3$ esetére (5-8 jelű gerendák) vonatkozóan kielégítő pontossággal írja le. A számított eredmények $\lambda < 3$ esetén (1-4 jelű gerendák) azonban rendre elmaradtak a kísérleti eredményektől, ami a gerendahatás mellett az ívhatás megjelenését mutatja, mely során a terhek egy része nyírást nem okozva közvetlenül a támaszra jut, arra boltozódik.

A 8. 9. és 10. jelű gerendák törési eredményei azt mutatják, hogy a nyírási ellenállásnak a nyomott szélsőszál f_c jellemző nyomószilárdsághoz közeli értékek esetén történő redukálása nem indokolt, a keresztmetszetben fellépő nyíróerő, a feszültségek átrendeződésével, a beton kiindulásként felvett σ-ε összefüggésének változását fogja okozni.

A nyomatéki plató elérésével, a nyomott öv beszűkülésével a nyírási ellenállás gyorsan csökken, annak $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ esetén számított minimuma $0{,}07N_c$ értéket vesz fel, ahol N_c a nyomott övben fellépő normálerőt jelöli. A törési eredmények ennek az alsó korlátnak az értékét nagyobbnak mutatták az, az 1970-es magyar szabványban is megjelenő, $0{,}1N_c$ értékkel biztonságosan felvehető.

4. A NYOMOTT-NYÍRT ZÓNA NYÍRÁSI TEHERBÍRÁSA ÉS AZ EUROCODE SZERINTI NYÍRÁSI ELLENÁLLÁS

Tekintettel arra, hogy a nyomott-nyírt zóna nyírási teherbírása a keresztmetszet fajlagos elfordulásának a függvénye,

ezért a vasbeton keresztmetszet nyírási vizsgálatát a hajlítással párhuzamosan kell kezelni. A nehézkes számítási eljárás helyett a nyírási ellenállás fentiek alapján számítható közelítő értékeit a hajlított vasbeton keresztmetszet viselkedése szempontjából jellemző állapotokra vonatkozóan, így rugalmas berepedt, valamint törési állapotban az alábbiakban adjuk meg.

A nyomott öv nyírási ellenállása nem kisebb, mint az $\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$ esetén számítható $0{,}07N_c$ érték, a törési eredményeket figyelembe véve a

$$V_{Rc,\min} = 0{,}1\, N_c \tag{5}$$

adható, ahol N_c a nyomott övben a törési állapotban fellépő normálerőt jelenti. Rugalmas berepedt állapotban pedig

$$V_{Rc} = \overline{\tau}_c\, x_{II}\, b \tag{6}$$

itt $\overline{\tau}_c$ a nyomott övben ébredő nyírófeszültség átlagértéke, x_{II} a nyomott betonzóna magassága rugalmas, berepedt állapot feltételezésével, és b a nyomott öv szélessége.

Mivel az átlagos nyírófeszültség $\overline{\tau}_c$ értéke csak a nyomott betonzónához tartozik, így az nem azonos az (1) összefüggés τ_c mennyiségével, amely a nyírt vasbeton keresztmetszetre vonatkozik. A $\overline{\tau}_c$ értékére a nyírófeszültségek másodfokú parabola eloszlását figyelembe véve, valamint azt, hogy a szélsőszál feszültség kis értékei mellett a nyírásra dolgozó betonöv magassága x_{II} értékénél nagyobb, $\overline{\tau}_c = 2/3\,\tau_{c,MOHR}$ javasolható, ahol $\tau_{c,MOHR} = \tau(\sigma)^{\max}_{MOHR} = 0{,}5\sqrt{f_c\, f_{ct}}$.

Fentiek alapján a hajlított-nyírt vasbeton keresztmetszet nyomott-nyírt zónájának nyírási teherbírása közelítően a folyási jelenség megindulásáig (6) szerint, azt követően pedig (5) alapján számítható. Ez utóbbi összefüggés olyan esetekben válhat mértékadóvá, ahol a hajlított vasbeton gerenda, vagy lemez tervezését képlékeny nyomatékátrendeződés feltételezésével végezték.

A rugalmas berepedt állapotra vonatkozó (6) összefüggést megvizsgálva, a képletbe a nyomott betonzóna relatív magasságának x_{II}/d hányadosát helyettesítve megállapítható, hogy a $\overline{\tau}_c\, x_{II}/d$ szorzat csupán a beton jellemző szilárdságának és a keresztmetszet fajlagos hajlítási vasaltságának a függvénye. A kapott $\overline{\tau}_c\, x_{II}/d$ függvény az egyes betonszilárdságokra vonatkozóan $\sqrt[3]{\ }$ alakú függvénnyel igen jól közelíthető, mely közelítést $\rho_l = 0{,}1\ldots3{,}0$ % tartományon, a legkisebb négyzetek elvének felhasználásával el is végeztük, a jellemző értékeket $f_c = f_{cm}, f_{ct} = f_{ctm}$ és $E_c = E_{cm} = 22\,(f_{cm}/10)^{0{,}3}$, valamint $E_s = 200$ GPa értékekkel vettük számításba. A kísérleti elrendezés $f_{cm} = 30$ MPa értékére vonatkozóan a $\overline{\tau}_c\, x_{II}/d$ és annak közelítő függvényét a 7. ábrán tüntettük fel, amelyből

$$V_{Rc} = \overline{\tau}_c\, x_{II}\, b \cong 1{,}44\,(\rho_l\, f_{ck})^{1/3}\, b\, d \tag{7}$$

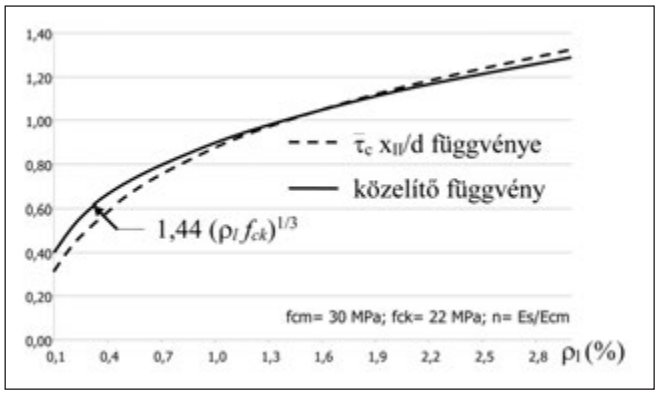
adódik. A konstans értékéből $100^{1/3}$-at kiemelve és bevezetve az Eurocode 2 szerinti méretthatás tényezőt, amelynek értéke a kísérleti elrendezésben $k = 1 + \sqrt{200/d} = 1{,}86 \le 2$, ahol d mm-ben szerepel, a

$$V_{Rc} = 0{,}17\, k\,(100\,\rho_l\, f_{ck})^{1/3}\, b\, d \tag{8}$$

összefüggést nyerhetjük.

A (6), ill. (8) közelítő összefüggések alapján számítható nyírási ellenállás $V_{Rc}^{(6)} = 57{,}82$ kN és $V_{Rc}^{(8)} = 57{,}92$ kN értékei, $\lambda \ge 3$ nyírási karcsúság esetére vonatkozóan, jó egyezés mutatnak Leonhardt és Walther kísérleteinek $F_u \cong 60$ kN törési eredményeivel.

A fenti kísérlet statikailag határozott, kéttámaszú elrendezése alapján azonban az is nyilvánvaló, hogy (5) összefüggés alapján számítható nyírási ellenállás nem lehet mértékadó, hiszen a keresztmetszetben meginduló folyás mint a nyomatéki plató kezdete, már a gerenda nyomatéki törését fogja mutatni.



7. ábra: $\overline{\tau}_c\, x_{II}/d$ és annak a $\rho_l = 0{,}1\ldots3{,}0\%$ tartományban vett közelítő függvénye

Talán még figyelemreméltóbb, hogy (8) javasolt közelítő összefüggés szinte megegyezik az Eurocode 2 szerint számítható nyírási ellenállás kísérleti eredményeken alapuló összefüggésével, ahol a konstans 0,17 helyett 0,18 értékkel szerepel. A további, az $f_{ck} = 12\ldots50$ MPa tartományban végzett vizsgálatok $k = 1{,}86$ esetére vonatkozóan a

$$V_{Rc} = 0{,}132\ldots0{,}240\, k\,(100\,\rho_l\, f_{ck})^{1/3}\, b\, d \tag{9}$$

összefüggést adták. Itt a konstansok valójában a betonszilárdság függvényei, így az $f_{ck} = 12$ MPa esetén a 0,132, $f_{ck} = 50$ MPa esetén pedig a 0,240 értéket veszik fel.

Bár a két összefüggés igen hasonló, alapvető eltérés az, hogy míg az Eurocode 2 szerint számítható nyírás ellenállás összefüggése a nyírt gerinc b_w szélességét tartalmazza, addig a nyomott-nyírt zóna teherbírását adó közelítő képletben a nyomott öv szélessége jelenik meg. Négyszög keresztmetszetre vonatkozóan ez természetesen megegyezik, fejlemezes tartók esetében azonban nem. Fejlemezes tartók esetében a nyomott-nyírt zóna teherbírásának számítása során a nyomott öv szélességének szerepét egy ún. hatékony övszélességnek kell átvennie, mely a nyírótörés során a gerinccel együtt átszakadó övlemez szélessége alapján kerülhet meghatározásra. Nyilvánvaló azonban, hogy alsó közelítésként ez a hatékony övszélesség a nyírt gerinc b_w szélességével azonosnak vehető.

Amint az látható, négyszög keresztmetszetek esetére vonatkozóan az Eurocode 2 szabvány nyírási ellenállásra adott empirikus összefüggése gyakorlatilag megegyezik, a rugalmas berepedt állapotban számítható nyomott-nyírt betonzóna nyírási teherbírásával. Ezzel a modell a szabvány nyírási ellenállásra adott összefüggését vasbeton szilárdságtani háttérrel ruházza fel és igazolja azt a feltételezést, mely szerint a nyírótörés bekövetkeztekor számottevő szemcsesúrlódás nem keletkezik.

A modell adta vasbeton szilárdságtani háttér ismeretében valójában az Eurocode 2 szerinti nyírási ellenállás értéke is azt mutatja, hogy a gerenda hajlított-nyírt szakaszán, hirtelen, ridegen bekövetkező nyírótörés kialakulásakor a beton nyomott szélsőszálában még nincs határösszenyomódás, a hajlított keresztmetszet még rugalmas berepedt állapotban van. Ezzel azonban megkérdőjeleződik a szabvány szerinti összefüggés alkalmazhatósága képlékeny erőtani vizsgálaton alapuló módszerek esetén, ahol jellemzően alacsony vasaltságú keresztmetszeteknél, a képlékeny csuklók környezetében a nyírási ellenállás értéke a szabvány adta értéknél kisebb lehet. Ezért képlékeny csuklók környezetében a keresztmetszet nyírási ellenállását az (5) összefüggés alapján is ellenőrizni kell.

5. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A dolgozatban méretezett nyírási vasalás nélküli hajlított-nyírt vasbeton keresztmetszet nyírási ellenállását vizsgáltuk és feltételeztük, hogy a nyírótörés kialakulása során a csaphatás és a szemcsesúrlódás hatása elhanyagolható, és a nyírási teherbírás a nyomott-nyírt betonöv ellenállásával jól jellemezhető. Olyan alkalmazást készítettünk, amely a keresztmetszet fajlagos elfordulásának függvényében a nyomott öv nyírási teherbírását is meghatározza. A számított eredményeket összehasonlítottuk Leonhardt és Walther koncentrált erőkkel terhelt nyírási vasalás nélküli gerendakísérleteinek eredményeivel.

A számított értékek $\lambda \geq 3$ nyírási karcsúság esetén jól egyeztek a törési eredményekkel, ami azt mutatta, hogy a nyírási ellenállás a nyomott-nyírt zóna számítható nyírási teherbírásával jól jellemezhető, míg $\lambda < 3$ esetben, a gerendahatás mellett jelentőssé váló ívhatás miatt, mely során a terhek egy része nyírást nem okozva közvetlenül a támaszra boltozódik, a számított értékek a törési eredményektől rendre elmaradtak. A számított eredmények azon feltételezés helyességét is igazolták, mely szerint a nyírótörés kialakulásakor a csaphatás és a szemcsesúrlódás hatása elhanyagolható.

A fajlagos elfordulás függvényében előálló nyírási ellenállás értékére, a hajlított vasbeton keresztmetszet jellegzetes állapotaiban, így rugalmas berepedt, valamint törési állapotra vonatkozóan közelítő összefüggéseket vezettünk le.

A rugalmas berepedt állapot leírására adott összefüggés, négyszög keresztmetszetek esetében gyakorlatilag megegyezett az Eurocode 2 szabvány nyírási ellenállásra adott empirikus összefüggésével, így azt vasbeton szilárdságtani háttérrel ruházta fel.

A modell alapján azonban megkérdőjeleződött az Eurocode 2 szabvány szerinti összefüggés alkalmazhatósága képlékeny csuklók környezetében, ahol a nyírási ellenállás értéke a szabvány adta értéknél kisebb lehet.

Tekintettel arra, hogy a nyomott-nyírt zóna nyírási ellenállása a keresztmetszet axiális kihasználtságának függvényében egyértelműen számítható, nyírási vasalással ellátott esetekben is egyértelműen megadja a beton nyírási ellenállásának értékét. Így az, a nyírási acélbetétek teherbírása mellett, hasonlóan az Eurocode 2 szabvány átszúródási vasalással ellátott lemezeknél adott megoldásához, additív tagként jelenhet meg.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet mondanak Windisch Andornak az ösztönzésért, a dolgozat megszületéséhez nyújtott támogatásáért.

7. HIVATKOZÁSOK

fib bulletin 12 (2001), „Punching of Structural Concrete Slabs”, Sprint-Druck, Stuttgart

Kármán T. (1967), „A hajlított vasbetontartó nyomott-nyírt zónájának teherbírásával kapcsolatos kísérletek”, ÉTI Tudományos Közlemények, Kutatási eredmények a szilárdságtan tárgyköréből (1967) pp. 25-42.

Kollár L. P. (1999), „Vasbetonszerkezetek I. (Vasbeton-szilárdságtan az Eurocode 2 szerint)”, Műegyetemi Kiadó, Budapest

Leonhardt, F., Walther, R. (1962), „Beiträge zur Behandlung der Schubprobleme im Stahlbetonbau”, *Beton- und Stahlbetonbau* (1962/2) pp. 32-44.

Massányi T., Dulácska E. (1989), „ Statikusok könyve”, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

MSZ EN 1992-1-1:2010 Eurocode 2, „Betonszerkezetek tervezése, 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok”

Palotás L. (1973), „A vasbeton elmélete”, Akadémiai Kiadó, Budapest

Szalai K. (1988), „Vasbetonszerkezetek”, Tankönyvkiadó, Budapest

Völgyi I., Windisch A., Farkas Gy. (2011), „Pörgetett vasbeton rudak nyírási-hajlítási viselkedésének kísérleti vizsgálata és modellezése”, Magyar Építőipar (2011/5) pp. 189-195.

Walther, R. (1962), „Über die Berechnung der Schubtragfähigkeit von Stahl- und Spannbetonbalken, Schubbruchtheorie”, Beton- und Stahlbetonbau (1962/11) pp. 261-271.

Bogdándy Béla (1976), okl. építőmérnök (2001), doktorandusz a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékén, a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építészmérnöki Tanszékének tanársegédje.

Dr. Hegedűs István (1941), okl. mérnök (1965), professzor emeritus a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékén. A műszaki tudomány doktora (1995), az MTA Elméleti és Alkalmazott Mechanikai Bizottságának tagja, 2013-ban Széchenyi-díjjal kitüntetve.

RELATIONSHIP BETWEEN THE SHEAR RESISTANCE OF THE CONCRETE COMPRESSION ZONE AND THE SHEAR RESISTANCE ACCORDING TO EUROCODE 2

Béla Bogdándy – István Hegedűs

In this paper the shear resistance of the member without shear reinforcement is investigated assuming that it can be well characterized by the shear resistance of the concrete compression zone. Using the resulting expression we explore the strength background of the empirical expression of Eurocode 2, and we show the limits of its applicability.

BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK 2015. FEBRUÁRTÓL

A betontechnológia jelentősége nagyon megnövekedett az elmúlt időszakban egyrészt a betonnal szembeni fokozott elvárások (pl. nagy szilárdság, tartósság, veszélyes hulladékok tárolása, stb.), másrészt a speciális igényeket kielégítő betonok megjelenése, harmadrészt az európai szabványok megjelenése miatt. Ennek megfelelően a betontechnológia óriási érdeklődésre tart számot. A diplomával záruló Betontechnológus Szakirányú Továbbképzés megszervezése révén a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke a betontechnológia körébe tartozó legújabb ismeretek átadásával kívánja segíteni a praktizáló kollégákat. Saját, jól felfogott **érdekében minden cégnek kell legyen jó betontechnológusa**.

***A továbbképzés célja**, hogy a résztvevők megszerezzék a legfrissebb betontechnológiai ismereteket. A tanfolyam során a hallgató elmélyedhet a betontechnológiai módszereken kívül a speciális tulajdonságú betonok témakörben, a betonalkotók anyagtani kérdéseiben, építőanyagok újrahasznosításában, környezetvédelmi kérdésekben, a betonstruktúra elemzésében és annak hatásában a tartósságra, a diagnosztika nyújtotta lehetőségekben, aminek eredményei megfelelő javítási vagy megerősítési mód kiválasztását teszik lehetővé, a mély- és magasépítési szerkezetek betontechnológiai szempontból jelentős tervezési és kivitelezési kérdéseiben, a betongyártás és előregyártás kérdéseiben, a minőségirányítás és minőségbiztosítás módszereiben és áttekintést kap a vasbetonépítésben megjelent legújabb anyagokról. Mindezeket jogi, gazdasági és vezetéselméleti kérdések egészítik ki.* A tananyag egymásra épülő rendszerben tekinti át a betontechnológiához szükséges összes ismeretanyagot.

A továbbképzéshez való felvételhez *a műszaki felsőoktatás területén legalább alapképzésben szerzett mérnöki oklevél* szükséges. A sikeres záróvizsga alapján végezetül *betontechnológus szakmérnöki oklevél* kerül kiállításra.

A képzés levelező rendszerben folyik félévenként 3-3 konferenciahéten (általában hétfő de. 10^{00}-től csütörtök 16^{00}-ig), és az utolsó félévben szakdolgozatot kell készíteni. A képzés hossza 4 félév amire BSc ill. MSc diplomával is lehet jelentkezni. A tanfolyam részletes leírása és jelentkezésI lap a www.epito.bme.hu/eat honlapon a *Hírek, események* címszó alatt található ill. kérhető a titkarsag@eik.bme.hu címről.

A jelentkezéshez le kell adni a végzettséget igazoló oklevél másolatát, 2 db igazolványképet, eredeti hatósági erkölcsi bizonyítványt és szakmai önéletrajzot. További információ, ill. kérdés esetén: Sánta Gyuláné (tel: (1) 463-4068).

MÁTYÁSSY LÁSZLÓ KÖSZÖNTÉSE 65. SZÜLETÉSNAPJÁRA

1949-ben született Budapesten. 1972-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen diplomázott okleveles híd- és szerkezetépítő mérnökként. Munkáját tervezőként az Uvaterv hídirodáján kezdte, ahol a nagy acélhidak tervezőosztályán részt vett a szegedi Tisza-híd, az újvidéki Duna-híd tervezésében, az Árpád híd szélesítésében. 1981 és 1982 között kiküldetésben a linzi Vöest-Alpine cégnél dolgozott, 1984 és 1988 között pedig a Kereskedelmi Tervező Vállalat statikus osztályvezetője volt.

Ezt követően ismét az Uvatervben folytatta munkáját, előbb szakosztály-, majd osztályvezetőként. Ebben az időszakban vett részt a szolnoki Szent István Tisza-híd és a győri autópálya Rába-híd tervezésében, irányította az M0 Dulácska völgyhíd és a cigándi Tisza-híd tervezését. 1994-ben többedmagával megalapította az ugyancsak hídtervezésre szakosodott Pont-TERV Zrt-t, melynek azóta is vezérigazgatója. Itt számos szép munka fűződik a nevéhez: az esztergomi Mária Valéria híd újjáépítése, a tiszaugi Tisza-híd új felszerkezete, a szekszárdi Szent László híd mederhídja, a Kőröshegyi völgyhíd társtervezése, az M6 autópálya Gyürüsárok völgyhídja, az M43 autópálya Móra Ferenc Tisza-hídja. Utóbbi hazánkban újszerű szerkezeti megoldásaival számos díjat nyert.

Számos szakcikk szerzője, szakmai konferenciák rendszeres előadója. 2007-ben Feketeházy János-díjjal, 2008-ban Arany Mérföldkő-díjjal, 2010-ben Palotás László-díjjal tüntették ki. A Mérnöki Kamarában is aktív szerepet vállalt, 1998 és 2008 között a Hidász Szakosztály elnöke volt. Emellett a ***fib*** Magyarországi Tagozatának is tagja.

Munkáját ma is töretlen lelkesedéssel végzi, amihez jó egészséget és további sikereket kívánunk.

Pálossy Miklós - Pozsonyi Iván

KANDÓ GYÖRGY KÖSZÖNTÉSE 65. SZÜLETÉSNAPJA ALKALMÁBÓL

1949. december 6-án született Budapesten. Az akkor még megvolt Kvassay Jenő Híd-, Vízműépítő Technikumban, jó rendű érettségi tett. Az akkor induló Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola Közlekedés-építési Karán a Hídépítési és Fenntartási szakon folytatta tanulmányait. Ez az iskola most már Széchenyi István Egyetemként működik Győrben. 1971-ben jó rendű diplomavédését követően szakmai pályafutását a KÉV Metrónál műszakvezető mérnökként kezdte, majd 1978-tól építésvezető lett és 1985-ben fő-építésvezetőként hagyta el a vállalatot. Egy-két munkát kiemelve, dolgozott a 2-es és 3-as metró résfalas vonalszakaszainak és több lejtaknájának építésén, a paksi atomerőműnél, a dunakilitii vízlépcsőnél. Ebben az időben még csak nagy betonfelhasználó volt és később még jobban megismerte ezt az anyagot.

1985-ben a KÉV Metró Vasbetonipari Leányvállalatánál főüzemvezetői beosztásban folytatta munkáját. Itt főleg az előregyártás (metró kéregelemek, FT gerendák), vasszerelés (dunakilitii 24 m-es résfal armatúrák), majd később a különböző szerkezetépítési munkák irányítása tartozott a feladatai közé. E közben egyre közelebb került a betonhoz. A leányvállalat megalapította a Dunapart Kft-t, melynek már résztulajdonosa és egyben ügyvezetője volt. Itt igen sok egyedi (úszómedencék, ferde rámpák, liftaknák) vasbetonszerkezetet építettek és ezzel még közelebb került a betonhoz. A Kft.-t több tulajdonosi változás után 1994-ben hagyta el, amikor felkérték a nem sokkal előbb indult ausztrál tulajdonú Pioneer Kavics-Beton Ócsa Kft. értékesítési vezetői feladatainak ellátására. Innentől egyre jobban megerősödött a beton szakma iránti elkötelezettsége. A cég tulajdonviszonyainak változása után munkáját a TBG csoportnál folytatta, mint az értékesítés vezetője, majd később kereskedelmi igazgatója és egyik ügyvezetője. Kollégáival közös munkájának eredményeként a TBG csoport megerősítette helyét és elismertségét a hazai transzportbeton piacon. Sok kiemelkedő munka transzportbeton ellátása fűződik nevéhez. Ezek közül párat kiemelve érdemes megemlíteni: az M5 autópálya bevezető szakaszának és a Rákóczi híd pesti oldalának tolt hídjait, az M7 autópálya Zamárdi és Ordacsehi közötti szakaszát, benne a Kőröshegyi völgyhíddal, a Megyeri hidat, a csepeli szennyvíztisztítót, a dunaújvárosi és a szekszárdi Duna-hidakat. Ez idő alatt egy évig a Magyar Betonszövetség elnöki tisztét is ellátta. Ebben a munkájában igen hatékonyan közreműködött az MSZ EN 206 szabvány hazai bevezetésében. Mindig nagy hangsúlyt helyezett a transzportbetonok jobb megismerésére, a TBG csoporton belül – minden érdeklődő előtt nyitottan – évente tartottak szakmai ismeretterjesztést.

Miután elvált a TBG-től, akkor sem szakadt el a betontól. Immár a Beton Point kft. keretein belül, munkatársaival közösen állították össze a 4-es metró pályabetonozásának, valamint az Északi Vasúti híd pillér átépítéseinek betontechnológiai utasítását.

Munkája során kapott Közlekedés Kiváló Dolgozója miniszteri kitüntetést (1977), valamint Miniszteri Elismerő Oklevelet (2006).

További jó munkát kívánunk a ***fib*** Magyar Tagozat nevében.

Balázs L. György

DR. KAUSAY TIBOR KÖSZÖNTÉSE 80. SZÜLETÉSNAPJÁN

Nyíregyházán, 1934. október 1-én született. A család Abaúj, majd Szabolcs vármegyei nemesi és Háromszék vármegyei örmény gyökerű felmenő ágában pap, kultúrmérnök, levéltári igazgató, vármegyei aljegyző, alispán, gazdasági főfelügyelő, képzőművész, többségükben középbirtokosok találhatóak, édesapja miniszteri osztálytanácsos volt. A II. világháborút követő években a család az egzisztenciáját, minden ingatlanát, 1951-ben a lakását, ingóságát és két évre a szabadságát is elvesztette.

Kausay Tibornak a Budai Ciszterek Szt. Imre Gimnáziumában, majd az egyházi iskola 1948-as államosítása után a József Attila Gimnáziumban folytatott tanulmányai 1951-ben megszakadtak, és minthogy az utóbbiba később nem vették vissza, Budafokon a Budai Nagy Antal Gimnáziumban érettségizhetett 1955-ben. Építőmérnöki tanulmányait az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Mérnöki Karán 1956-ban kezdte meg. Diplomát a „Komáromi közúti felüljáró. Zárt acél szelvényű, nagyszilárdságú feszített csavar kapcsolatú rácsos gerendahíd, vasbeton pályalemezzel" tárgyú diplomatervének megvédésével a Híd- és Szerkezetépítő Szakon 1961-ben kapott. Ugyanott 1967-ben okleveles vasbetonépítési szakmérnöki oklevelet szerzett.

Az egyetem elvégzése után 1961-ben megnősült, három gyermeke és három unokája született.

Az egyetemi doktori fokozatot 1969-ban, a műszaki tudomány kandidátusa fokozatot 1978-¬ban nyerte el. Címzetes egyetemi docens lett 1985-ban, Ph.D. fokozatot 1997-ben kapott, 2003 óta a BME címzetes egyetemi tanára az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken.

Munkahelyei: 1951-1953: a mezőberényi állami gazdaságban, az építési vállalatnál és a folyamszabályozó vállalatnál segédmunkás; 1953-1954: az Út- Vasúttervező Vállalat Talajmechanikai Osztályán műszaki altiszt; 1955-1956: az Élelmezésipari Tervező Vállalatnál műszaki rajzoló; 1961-1963: a Budapesti Közúti Üzemi Vállalatnál műszaki előadó és építésvezető; 1963-1994: Építőanyagipari Központi Kutató Intézetben, majd jogutódjánál a Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézetben tudományos kutató, az utolsó tíz évben tudományos tanácsadó és a Betonosztály tudományos osztályvezetője. 1987-1992 között a SZIKKTI tengizi (Kazahsztán) betonlaboratóriumát is vezette. A SZIKKTI Betonosztály helyén 1994-ben létrejött a Betonolith K+F Kft. egyik alapítója és 1994-1996 között társügyvezetője volt. 1996-ban létrehozta a Betonopus Betontechnológiai és Kőzetalkalmazástani Mérnökiroda Betéti Társaságot.

1968 óta – közben öt év megszakítással – máig óraadó tanár a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok, illetve Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén. Építőanyagok tantárgyat oktatott 1991-2001 között az Ybl Miklós Műszaki Főiskola Építőanyagok Tanszékén, valamint 2000-2003 között és 2007-2008 között a Schulek Frigyes Kéttannyelvű Építőipari Műszaki Szakközépiskolában is.

A ***fib*** Nemzetközi Betonszövetség Magyar Tagozatának 2000 óta, a Magyar Mérnöki Kamarának 1996 óta tagja. A Magyar Tudományos Akadémia Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testületének 1992-ben tagja, 2003-ban tiszteletbeli tagja lett.

Tudományos egyesületi tagsága: Szilikátipari Tudományos Egyesület (2004-2010 között a Beton Szakosztály elnöke), Építéstudományi Egyesület, Magyar Útügyi Társaság, Közlekedéstudományi Egyesület, Magyarhoni Földtani Társulat.

Elismerései: Comporgan-díj (1988), Hungarokorr miniszteri nagydíj és különdíj (1988), MTA Gróf Lónyay Menyhért-Emlékérem (2003), MTESZ Emlékérem (2006), „A szilikátiparért" SZTE érem (2010).

Kutatási tevékenysége a betontechnológiára, az adalékanyagok és építési kőanyagok anyagtanára és azok alkalmazására terjed ki. Publikációinak száma mintegy 200. Legutóbbi jelentősebb munkái: „Betonkészítés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasznosításával" című beton- és vasbetonépítési műszaki irányelv (főszerkesztő: Balázs L. Gy., társszerző és szerkesztő: Kausay T.), ***fib*** Magyar Tagozata. Budapest, 2005; „Beton. A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése" című oktatási és továbbképzési kiadvány, Magyar Mérnöki Kamara, Budapest, 2013; MSZE 15612:2014 „Előre gyártott beton csatornázási aknaelemek" magyar előszabvány, Magyar Szabványügyi Testület.

Honlapján (http://www.betonopus.hu) megjelenő írásai az építőanyag oktatást és a szakmai ismeretek terjesztését szolgálják.

Tisztelettel köszöntjük dr. Kausay Tibort 80.születésnapja alkalmából, és további jó egészséget kívánunk munkájához.

Budapest, 2014. október 1.

Dr. Balázs L. György

REVICZKY JÁNOS ÁLLAMI DÍJAS HÍDÉPÍTŐ MÉRNÖKRE EMLÉKEZÜNK

Különleges embertől kell búcsút vennünk. Néhány hónappal kilencvenedik születésnapja előtt fejezte be földi pályafutását. Ez idő alatt mint ember és mint alkotó mérnök tette le névjegyét az utókor számára.

1925. február 13-án Esz-tergomban született.

Családjának építője, gondozója és figyelő alapítója példamutató életet élt feleségével, Kornélia asszonnyal az utolsó napig. És elindult a család építése két gyermekével, akit ő úgy említett, hogy Jancsi és Juliska. Mintha a meséből léptek volna ki...

Azóta szép számban születtek az utódok: hat unoka és tizenhárom dédunoka gondja és öröme töltötte ki napjait.

Magánéletében kiegyensúlyozott, békés ember volt. Soha, senkivel sem került összetűzésbe, talán még vitába sem, munkatársai mindig szívesen dolgoztak vele. Nem volt törtető ember, csak egyszerűen tette a dolgát, szorgalmasan, figyelmesen és eredményesen. Általános elismerést kapott, mint azt a pályafutása is indokolja. Egész szakmai pályafutása során egyetlen munkahelye volt, 1986-ig, nyugdíjazásáig az Uvatervnél dolgozott. Ezután sem szakított a szakmájával, a hídtervezéssel. Számos megbízással keresték meg, és ő tovább tevékenykedett a megszokott magas színvonalon. Számos jelentős műtárgy különböző terveit készítette, tervezését irányította. Ezek felsorolásával nem is próbálkozhatunk.

Széles hídtervezési és építési szakmai tevékenységéből a legjelentősebbre biztosan fog az egész szakma emlékezni.

A hatvanas évek elején alakult ki benne az a vélemény, hogy szükség lenne nagyobb nyílású feszített vasbeton hidak állványozás nélküli építésére hazánkban. Hosszú keresés után egy – a fejlődés igényét is magáévá tévő – minisztériumi főmérnök segítségével találtak egy erre alkalmas helyet, és megkezdődhetett a tervezési munka. Egy kis létszámú, talán öt fős csoport végezte a munkát. Itt mindent meg kellett oldani: a statikai számításokat, a szerkezeti és a technológiai terveket. Hazai példa nem volt. Itt kezdték először a számítógép segítségével végzett tervezési munkát. Így épült meg Kunszentmártonnál a 72 méteres középső nyílású Hármas-Kőrös-híd. Ennek építésénél a helyszínen sokat segített. Megteremtette azt a gyakorlatot, hogy a tervezés és kivitelezés együttműködése biztosítja a legjobb eredményt. Ennek az elfogadásához elengedhetetlen volt Reviczky János mérnök békés, az eredményt szorgalmával elérni szándékozó személyisége.

Nagy sikerrel vett részt országos tervpályázatokon. 1972-ben a budapesti lágymányosi Duna-hídra kiírt tervpályázaton nagy meglepetést okozva kis csapatukkal első díjas tervet készítettek. Itt szerepelt nyilvánosan első ízben az előregyártott elemekkel szabadszereléssel építhető híd.

1972 végén a csongrádi Tisza-hídra kiírt országos tervpályázaton a lényegében ugyanez a kis csapat egy első és egy harmadik díjat nyert. Itt az első díj egy újabb feszített-beton hídépítési technológiát, a szabadbetonozást mutatott be. Ezzel az előző pályázathoz hasonló meglepetést okoztak.

Ezt követően több további hidat tervezett szabadszerelés technológia szerint (köröstarcsai, körösladányi, dobozi, és békési hidak).

1978-ban egy tervező és három kivitelező társával együtt Állami díjat kapott a kunszentmártoni híd tervezéséért és építéséért.

Ezeket a kiemelkedő szakmai sikereket szakmai tudásán kívül a közvetlen munkatársakkal való együttműködés képessége biztosította.

Később e tulajdonságok tették alkalmassá arra, hogy a legnehezebb helyzetben is hozzá forduljanak a megoldás érdekében. Ezért bízhatták meg a híres Marx téri felüljáró javítási terveinek ellenőrzésével és a végrehajtás figyelemmel kísérésével. Abban az időben okkal vagy ok nélkül egymással bizalom hiányában szót érteni nem tudó emberek és hatóságok elfogadták pozitív véleményét. Személyisége, tudása hozzájárult ahhoz, hogy minden érintett csak az eredmény elérése érdekében tevékenykedett. A befejezés sikere nem maradt el.

Ezekkel a gondolatokkal búcsúzunk tőle. Reméljük, hogy gyakorlatát az itt maradottak közül sokan követni fogják. Ezzel tartozunk neki.

Nyugodjék békében.

Teiter Zoltán

fib Bulletin 70: Bond and anchorage of embedded reinforcement

Title: Bond and anchorage of embedded reinforcement: Background to the *fib* Model Code for Concrete Structures 2010
Category: Technical report
Year: 2014
Pages: 170
Format approx. DIN A4 (210 x 297 mm)
ISBN: 978-2-88394-112-0
Abstract:
As part of the preparation for the *fib* Model Code for Concrete Structures 2010, task group 4.5 *Bond Models* undertook a major review of rules for bond and anchorage of reinforcement in the CEB-FIP Model Code 1990. This bulletin presents the outcome of that review, describes the rationale for the revisions and presents the evidence on which the revisions are based.
The principle changes in MC2010 include raising the limit on concrete strength that may be used when determining bond resistance to 110MPa, introduction of a coefficient $\eta 4$ to cater for different reinforcement Classes, and coverage of new construction materials including epoxy coated and headed bars.
The format of design rules has been changed to permit more rational treatment of confinement from concrete cover and transverse reinforcement, the contribution of end hooks and bends for tension bars, and end bearing to compression laps.
New guidance is provided covering a range of construction techniques and service environments and the influence of long term degradation.
Analyses of various aspects of detailing on performance of laps and anchorages have resulted in discontinuation of the 'proportion lapped' factor $\alpha 6$, alterations to requirements of transverse reinforcement at laps, and have resolved inconsistencies in provisions for bundled bars between major national codes.
Apparent inconsistencies in existing rules for lapped joints and anchorages and between the local bond/slip model and design rules are also resolved, thus allowing integration of application rules and modelling. Finally, the basis for an attempt to introduce simple detailing rules for laps and anchorages is described.

As Reference:

Cairns, J., Balázs, G. L., Eligehausen, R., Lettow, S. , Metelli, G., Pantazopoulou, S., Plizzari, G., "Bond and anchorage of embedded reinforcement: Background to the ***fib*** Model Code for Concrete Structures 2010", ***fib*** Bulletin 72, 2014, ISBN: 978-2-88394-112-0

ÉMI-TÜV

Válassza a biztonságot
Teremtsen értéket

Az ÉMI-TÜV SÜD csapata

műszaki szolgáltatásaival sikerré kovácsolja munkáját a minőségügy és a biztonságtechnika területén

Vizsgálat, ellenőrzés, tanúsítás, megfelelőség értékelés és szakértői tevékenység az alábbi területeken

- Építési termékek (betonok, falazó elemek, beton termékek, előregyártott vasbeton termékek) üzemi gyártásellenőrzésének alapvizsgálata és felügyelete, ÜGYE tanúsítása
- Tartószerkezetek, épületszerkezetek
- Projektorientált komplex minőségbiztosítási rendszerek kiépítése és működtetése
- Új laboratóriumi nagyminta kísérletek
- Épületenergetikai tanúsítvány
- Liftek, mozgólépcsők, színpadtechnikai berendezések
- Építő-, emelő- és anyagmozgató gépek
- Nyomástartó berendezések, kazánok, gázpalackok
- Hegesztési technológiák, hegesztők, hegesztő üzemek
- Tervellenőrzés
- Fogyasztási cikkek, műszaki, könnyűipari és élelmiszeripari termékek
- Nemzeti és nemzetközi akkreditáció alapján minőségügyi rendszerek ellenőrzése, tanúsítása minőségirányítási rendszer, környezetirányítási rendszer, MEES, MEBIR, autóipari minőségirányítási rendszer TS 16949, EMAS
- Képzések a minőségbiztosítás és biztonságtechnika területén

ÉMI-TÜV SÜD Kft. 2000 Szentendre, Dózsa György út 26.
+36 26 501-120 info@emi-tuv.hu www.emi-tuv.hu

TÜV®

AXISVM 12

Végeselem programrendszer statikusoknak

- Teljeskörű megoldás az építőmérnöki feladatokhoz
- CAD rendszerű grafikus modellépítés és eredmény dokumentálás
- Szerkezetmodellezés egyszerű keretektől komplex épületekig
- Méretezési modulok EUROCODE és más szabványok szerint
- Hó- és szélterhek automatikus generálása Eurocode szerint
- Gerendák, oszlopok, lemezek, falak vasalásszámítása
- Homloklemezes csavarozott kapcsolatok ellenőrzése
- Acél rúdelemek szilárdsági és stabilitási ellenőrzése
- Acél rúdelemek keresztmetszeteinek optimalizálása
- Faszerkezetek szilárdsági és stabilitási ellenőrzése
- Pont- és sávalapok méretezése, geotechnikai ellenőrzése
- Átszúródás vizsgálat, repedéstágasság számítás
- Lineáris és nemlineáris statikai és rezgés számítások
- Földrengés vizsgálat, relatív szinteltolódások számítása
- Általános dinamikai vizsgálatok (időtörténet eljárás)
- 32 bites és 64 bites változat

www.axisvm.eu