

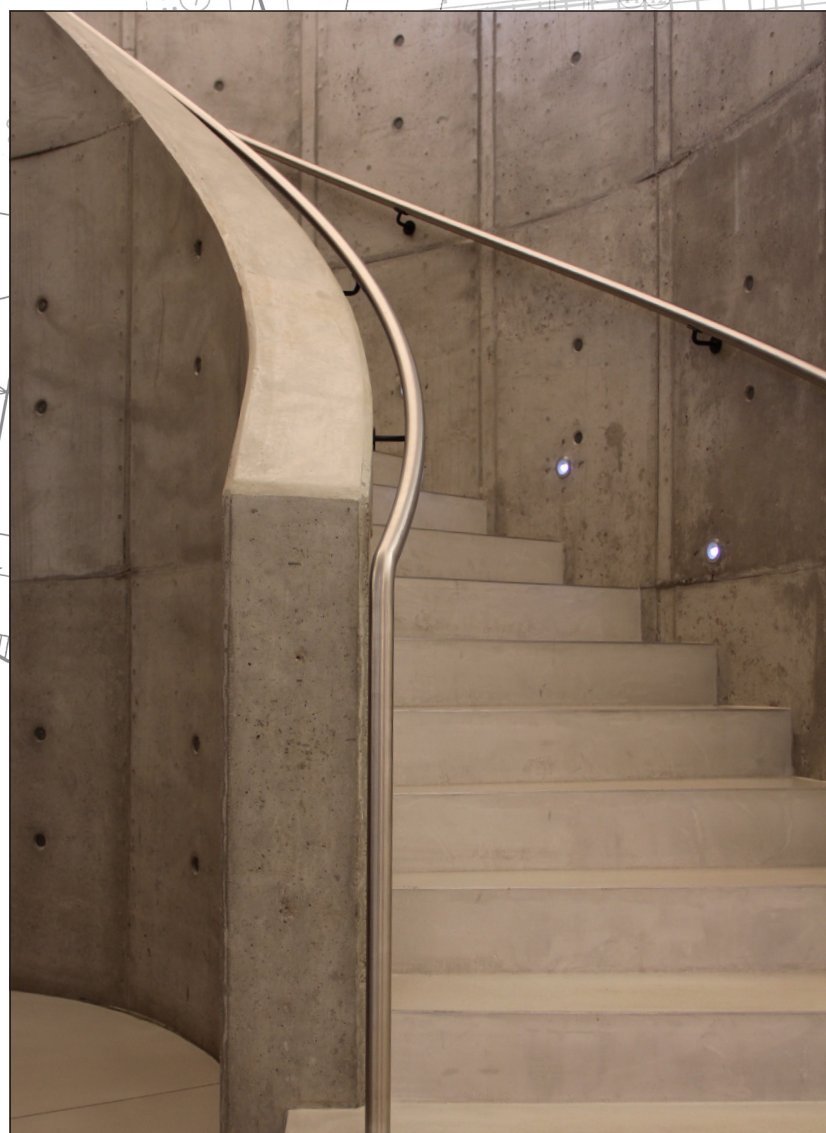
VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**



9 771419 644000 20192



DR. KOVÁCS KÁROLY
**NUKLEÁRIS ALKALMAZÁSÚ
VASBETONOK**

26

JOBBÁGY DÁVID –
DR. VÖLGYI ISTVÁN
**VASBETON LEMEZEK
ÁTSZÚRÓDÁSI MÉRETEZÉSÉNEK
VÁLTOZÁSA NAPJAINKBAN**

32

DR. ALMÁSI JÓZSEF –
NEMES BÁLINT
**MONOLIT VÁZZAL KOMBINÁLT
ELŐREGYÁRTOTT VASBETON
FÖDÉMRENDSZER BEFOGÁSI
VISZONYAI**

40

FEHÉR KRISZTINA –
DR. HABIL. SAJTOS ISTVÁN –
DR. HABIL. KRÄHLING JÁNOS
**A TARTÓSZERKEZETI OKTATÁS
ALAKULÁSA ÉS HATÁSA
A MŰEGYETEMI ÉPÍTÉSZKÉPZÉS
1945 ELŐTTI RAJZFELADATAIRA**

45

SZEMÉLYI HÍREK
DR. VISNOVITZ GYÖRGY KÖSZÖNTÉSE
65. SZÜLETÉSNAPIJÁN
DR. TÓTH LÁSZLÓ KÖSZÖNTÉSE
75. SZÜLETÉSNAPIJÁN
SZABÓ ISTVÁN KÖSZÖNTÉSE
85. SZÜLETÉSNAPIJÁN

53

fib BULLETINS 79, 80, 81, 82

55

2019/2

XXI. évfolyam, 2. szám



COLAS

KÖZLEKEDÉSEPÍTŐ

Colas Közlekedésépítő Zrt.

1113 Budapest, Bocskai út 73.

Tel.: +36 1 883 1082 / Fax: +36 1 883 1137

E-mail: kozlekedesepito@colas.hu / Web: www.colas.hu

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:

Barta János
Dr. Bódi István
Dr. Csíki Béla
Dr. Czoboly Olivér
Dr. Erdélyi Attila
Dr. Farkas György
Koloszi Gyula
Dr. Koris Kálmán
Dr. Kopecskó Katalin
Dr. Kovács Károly
Dr. Kovács Imre
Dr. Kovács Tamás
Lakatos Ervin
Dr. Lublőy Éva
Mátyássy László
Dr. Móczár Balázs
Dr. Nehme G. Salem
Dr. Orbán Zoltán
Pisch Zsuzsanna
Polgár László
Dr. Sajtos István
Telekiné Királyföldi Antónia
Dr. Tóth László
Várdai Attila
Dr. Völgyi István
Vörös József

Lektori testület:

Dr. Dulácska Endre
Királyföldi Lajosné
Dr. Loykó Miklós
Madaras Botond
Dr. Madaras Gábor
Dr. Orosz Árpád
Dr. Ratay Robert
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
Magasépítés 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: Dr. 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:

Liberec Lazne belső beton lépcső

Fotó: Balázs L. György

VASBETONÉPÍTÉS • 2019/2

TARTALOMJEGYZÉK

- 26** DR. KOVÁCS KÁROLY
NUKLEÁRIS ALKALMAZÁSÚ VASBETONOK
- 32** JOBBÁGY DÁVID – DR. VÖLGYI ISTVÁN
**VASBETON LEMEZEK ÁTSZÚRÓDÁSI MÉRETE-
ZÉSÉNEK VÁLTOZÁSA NAPJAINKBAN**
- 40** DR. ALMÁSI JÓZSEF - NEMES BÁLINT
**MONOLIT VÁZZAL KOMBINÁLT ELŐRE-
GYÁRTOTT VASBETON FÖDÉMRENDSZER
BEFOGÁSI VISZONYAI**
- 45** FEHÉR KRISZTINA – DR. HABIL. SAJTOS ISTVÁN –
DR. HABIL. KRÄHLING JÁNOS
**A TARTÓSZERKEZETI OKTATÁS ALAKULÁSA
ÉS HATÁSA A MŰEGYETEMI ÉPÍTÉSZKÉPZÉS
1945 ELŐTTI RAJZFELADATAIRA**
- 53** **SZEMÉLYI HÍREK**
DR. VISNOVITZ GYÖRGY KÖSZÖNTÉSE
65. SZÜLETÉSNAPIJÁN
DR. TÓTH LÁSZLÓ KÖSZÖNTÉSE 75. SZÜLETÉSNAPIJÁN
SZABÓ ISTVÁN KÖSZÖNTÉSE 85. SZÜLETÉSNAPIJÁN
- 55** **fib BULLETINS 79, 80, 81, 82**

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., Uvater 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 Magasépítés Tanszék,
BME Hidak és Szerkezetek Tanszék



Dr. Kovács Károly

DOI: 10.32969/VB.2019.2.1

Viszonylag ritkán kerül sor nukleáris alkalmazású szerkezetek építésére. Nem várható el, hogy a tudomány mindenkori állása szerint az építőipar rutinszerűen kezelje azokat a kényes egyensúlyi folyamatokat, amelyek szükségesek a nukleáris alkalmazású megfelelőséghez. A szokásos építőipari ismereteket felül kell bíráltni a nukleáris fizika, kémia, technológia, továbbá a biológia, polimertechnológia, korróziós hatások, élettartam-vizsgálatok, kontaminálódások kezelése stb. szempontjai szerint.

E munka keretében sorra vettem azokat hatásokat, amelyek okozzák, ill. felerősítik nukleáris környezetben a műszaki problémákat, és külön intézkedéseket igényelnek az állapot megőrzése érdekében a tervezett üzemidő végéig.

Érintőlegesen említem nukleáris közegben a vasbeton alkotók tönkremenetelének érzékeny kérdéseit.

Kulcsszavak: sugárállóság, hőállóság, acélbetét polarizáció, nehéz és hidrát adalékanyagok

1. BEVEZETÉS

Joggal merül fel a kérdés, hogy miért kell külön diszciplínaként kezelni a nukleáris iparban alkalmazott vasbetonok készítésére, majd használatára vonatkozó szabályokat.

Hazánkban fejlett vasbetonépítő ipar működik, művelői képzett betontechnológusok, jól tudják irányítani a készülő vasbetonok tulajdonságait.

A beton készítéséhez szükséges nyersanyagok általános és speciális tulajdonságai is globálisan és rendszerszerűen ismertek.

Miért kell mégis külön kezelni a nukleáris iparban alkalmazott betonok készítésére, alkalmazására, használatára vonatkozó, ismereteket? Részleteiben vizsgálva a fenti összefoglaló megállapításokat belátható, hogy az általánosan érvényes szakmai kívánalmakon túlmenően olyan feltételeket is teljesíteni kell, amelyek jelentősen felülírják az előzőeket és ezekhez az építőiparban nem ismert, vagy nem használt anyagokat, technikákat kell alkalmazni és mindenképpen igénybe kell venni más tudományágakban járatos szakemberek tudását is.

Alapvetően a legfontosabb különbség abból adódik, hogy a betonoknak közismert funkcióin túlmenően teljes értékű biológiai védelmet kell nyújtania a rendszerben dolgozóknak és a létesítmény környezetének.

Nukleáris jellegű alkalmazások egy szakember pályafutása alatt csak egy-két esetben fordulnak elő, ezért az ide szükséges mélyebb szakismeretek áttekintése, felfrissítése hasznos lehet.

Arra nincs mód, hogy e különleges eljárások, okok indokait, teljes kihatásait ebben a cikkben ismertessük, meg kell elégedni azzal, hogy felhívjuk a jelenségekre a figyelmet.

A következőkben sorra vesszük az eltérések lényegét és megokolásukat.

2. JELENTŐS ELTÉRÉSEK A SZOKVÁNYOS TECHNOLÓGIÁKTÓL, ANYAGOKTÓL

Radioaktív térben működnek, tehát nem változtathatják meg tulajdonságaikat sugárhatásra. Normál üzemeltetés esetén nem

válhatnak sugárzóvá. Besugárzásra, vagy bármely a technológiából, ill. egyéb okokból származó hatásra sem válhatnak mágneses tulajdonságúvá (pl. magnetit tartalmú adalékanyagok).

A szükséges funkciók végett testsűrűségük erősen változik. (pl. nehézbetonok)

Mivel döntő szempont a gammasugár gátlásban a megfelelően nagy testsűrűség, ill. a megfelelően nagy kémiai kötött víz, azaz hidrogén tartalom a neutronok befogásához, ezeket kell elsődlegesen biztosítani még akkor is, ha a felhasznált adalékanyagok szemalakja betontechnológiai szempontból emellett előnytelen. (pl. lemezes és/vagy rostos alakú). Mindemellett törekedni kell a cementtartalom leszorítására, mivel tömegbetonokat kell készíteni, ahol a fejlődő hő mennyiségét is korlátozni kell.

A beton szerkezeteknél nem szokványos és viszonylag gyorsan változó üzemi hőmérsékletek hatására is repedésmentes betonokat kell készíteni úgy, hogy ez a tulajdonsága a betervezett üzemidő végéig garantáltan megmaradjon.

Technológiai és biológiai védelmi okokból a szerkezetek alakikeresztmetszeti kialakítása bonyolult, helyi-elrendezési célszerűségből kifolyólag nagymértékű változékonyságot foglal magában, így helyenként hőtorlódások keletkeznek.

Az alkalmazott cementek hidratációs hője legyen alacsony, ne keletkezzen szilárdulás közben sem olyan mértékű feszültség, amely deformációhoz, ill. zsugorodásból származó repedésképződéshez vezet.

Zsugorodás következtében a betontest nem „szakadhat le” az acélzsálat felületéről, a zsálatba kötés legyen feszültségárhányos.

A hegesztési kapcsolat ne okozzon az acélokban sem olyan szövettani elváltozást, ami a rugalmas kapcsolatot rontja.

Zsugorodás kompenzációs segédanyagok legyenek méretezettek (sugár-, hő-, vegyszerálló).

A betonozási adalékszerek önmagukban és keverékeikben legyenek összepróbáltak, ne képezzenek tervezetlen pórusokat, vagy egyéb zavarokat a bedolgozás, ill. a tervezett élettartam folyamán.

A technológiában alkalmazott egyéb vegyszerek ne okozzanak zavarokat a beton tervezett alkatrészeiben (bórsavak, ill. egyéb vegyszerek). A betonfelületre felhordott

dekontaminálható és/vagy egyéb célú burkolatok összeférhetősége minden egyes szerkezeti betonalkatrészre legyen bizonyított.

A betonban az előbbi intézkedések ellenére keletkezett bármilyen eredetű repedés méreteit és mozgásigényét ellenőrizni kell és megfelelő technológiával, ill. anyaggal el kell tömíteni.

Belátható, hogy a felsorolt elvárások jóval meghaladják a betoniparban szokásos követelményeket.

Ezért nukleáris szerkezetek kivitelezéséhez az általános építőipari ismereteken messze túlmutató kiegészítő elméleti és gyakorlati szaktudás szükséges.

A feladatok megoldását tovább nehezíti, hogy a felhasználható alapanyagok jelentős része a természetből kinyert, bányászott, ún. „istenadta” termék, melynek tulajdonságai a kitermelő hely adottságaitól erősen függenek még adott lelőhelyen belül is. Ez kisebb-nagyobb gondot okozhat az általános építőipari felhasználásoknál is, a nukleáris alkalmazások azonban általában kémiaiilag „tiszt” nyersanyagokat igényelnek, ha ez nem megoldható, úgy teljes életciklusra kiterjedően kell bizonyítani zavarmentes alkalmasságukat. A teljes életciklusba számításba kell venni az aktív alkalmazás utáni bontási, letárolási időszakot is.

A felsorolt igénypontok kielégítésének súlyozása a nukleáris létesítményen belül a technológia és annak elrendezése szerint különböző, és a rendszertervező-építéstervező-technológus felelőssége ezek meghatározása. A kivitelező ezeken változásokat csak az előzőekkel egyetértésben tehet.

A következőkben érintőlegesen tárgyaljuk a feladat anyagtani megoldásának lehetőségeit, a felmerülő nehézségeket.

A problémák alapos megértéséhez szükséges elméleti ismeretek különböző szakkönyvekben lelhetők fel. (sugárfizika, sugárkémia, építőanyagok anyagtana, szilikátkémia, polimerkémia, kolloidika stb.).

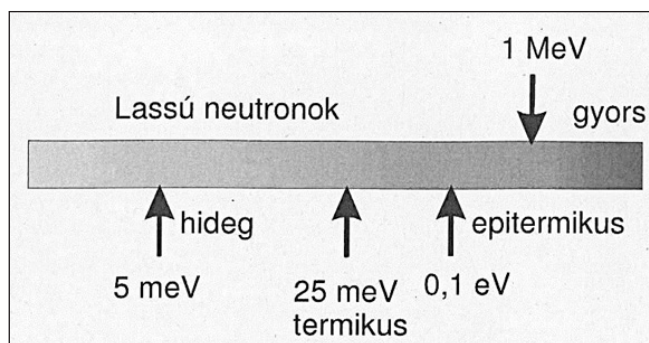
3. A NUKLEÁRIS BETONOKAT KÉPEZŐ ANYAGOK

Általánosságban az jelenti a problémát a rendszer tárgyalásában, az alkalmazástechnikában, hogy olyan anyagcsoportot kell kémiaiilag jellemezni, majd a gyártásában, későbbi használatában szigorú feltételek közé helyezni, amelynek tulajdonságai a heterogenitása miatt széles sávban változnak.

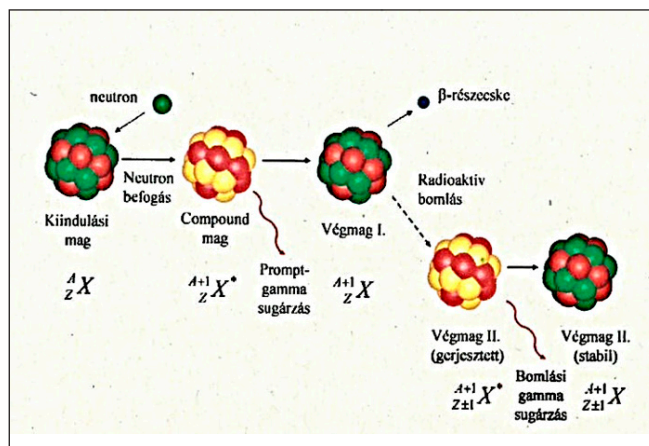
A betonok heterogén diszperz rendszerek, tehát struktúrájuk makroszkopikus, mikroszkopikus és szubmikroszkopikus méreteiben is határfelületekkel elválasztott különálló, de egymáshoz rögzített részekből tevődnek össze. A részecskék tulajdonságai különbözőek és esetiek. A nukleáris alkalmazási tulajdonságokban az igen kis mennyiségű (nyomokban jelen lévő) anyagok jelenléte is szerepet játszik. Ezért alkalmazásuknak feltétele ezeknek az ismerete. Az általánosságban készített betonoknál ezek ismerete nem feltétel, így az alapanyagok és intermedierek vizsgálata, minősítése ilyen felbontásban esetenként hiányos és pótlendő. Ez vonatkozik a bányászott és a gyártott termékekre is, ami azt jelenti, hogy a felhasználandó nyersanyagok minősítését **nukleáris megfelelésre** is el kell végezni olyan részletességgel, hogy biztosítva legyen a nem odavaló, a gyártást esetleg nem is zavaró, de a későbbiekben problémát okozó anyagok kizárása.

Fentiek tekintetében a technológiából adódó sugárhatás jelenti a legrejtettebb problémát.

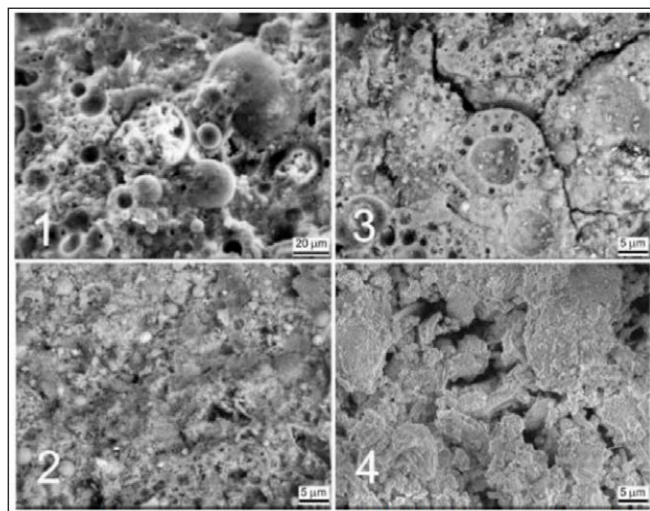
Ilyen szempontból a vasbeton szerkezetek fokozottan kényesek. Bár feladatuk éppen a biológiai sugárvédelem, ha kontaminálódnak, akkor a sugárhatást kiterjeszthetik. Ez abban az esetben fordulhat elő, ha a sugárzó anyag folyadék, szilárd,



1. ábra: Neutronok csoportosítása energiatartalmuk alapján (Szentmiklósi-Katovszky, 2012)



2. ábra: A neutron hatása adott molekulán (Szentmiklósi-Katovszky, 2012) Az elnyelt sugárzás gyengíti a betonszövetet



3. ábra: Pernye és portlandcement keverékből készült cementpép mikrostruktúrájának változása gamma sugárzás hatására 1. 0 MGy; 2. 290 MGy; 3. 466 MGy; 4. 1188 MGy. (Lowinska-Kluge, Piszora, 2008) (A gray (jele: Gy, ejtése: gréj) az [elnyelt sugárdózis](#), a fajlagos (közölt) energia [SI származtatott egysége](#). MGy=megagréj)

gáz állapotban, vagy sugárzásos úton kerül a szerkezetbe. A beton kapilláraktivitása, a benne közlekedő folyadékok révén a szerkezetben „szétterülnek” a hatások, így ha **parciális kontamináció** állapítható meg, a szerkezet teljességét kontaminálnak kell tekinteni.

A neutronok (hideg és termikus neutronok) aktiválhatnak néhány erre érzékeny, nem aktív anyagot. Ezért kell ezeket a rendszerből kizárni. A probléma jól ismert, pl. az analitikában is használják a jellemző aktiválódásból származó identifikációt– Neutron Aktivációs Analitika (NAA és PGAA módszer, stb.), amelyekkel a betonozáshoz használt anyagok hosszútávú alkalmassága eldönthető.

Alapvetően a portlandcementek felelnek meg a célokra azzal

a megkötéssel (amit az előző fejezetben jeleztünk), hogy csak olyan gyártásból származhatnak, amelyekből az aktiválható elemeket kizárták, vagy csak olyanok maradhatnak, amelyek a felezési idejük rövidsége folytán gyakorlatilag nem jelentenek veszélyt.

Jelenleg az európai szabályozások az általános felhasználásoknál nem zárják ki a cementek aktiválhatóságát, tehát nukleáris alkalmazásokhoz külön cement szortimenteket kell előállítani, melyek bizonyítottan nem tartalmaznak ismeretlen, nem odavaló elemeket.

Az alkalmazásoknál a betontechnológiai tapasztalat és szabályzatok szerinti szortimenteket kell mindezen felül betervezni. (nagyszilárdságú; tömegbetonok; késleltetett-gyorsított kötési betonok; önterülő betonok; vegyszerálló betonok stb.) Rögzíteni kell a cementek klinkerösszetételét, őrlésfinomságát stb.

A cementfajták kiválasztásához a kiegészítő anyagok (latens hidraulikus adalékok), hulladék anyagok alkalmazását külön vizsgálat alapján kell elrendelni.

A cementek megfelelőségét az összes alkalmazandó adalékszerrel és kombinációban végig kell vizsgálni. Vizsgálni kell a vegyszeres betonkeverékek szilárdsági, kémiai változásait friss és megszilárdult állapotban, hangsúlyozottan az ionmozgékonyságokra, kioldhatóságokra, korróziós érzékenységre (félcella potenciálok).

4. ADALÉKANYAGOK

Az adalékanyagok fajtáinak megválasztása a nukleáris betonok esetében attól függ, hogy milyen környezeti hatások érik. Ebben irányadó hatásként a sugárzás fajtáját kell figyelembe venni, ill. számolni kell a technológiában alkalmazott vegyszerekkel.

Normál testsűrűségű betonok készülnek nem sugárterhelt, ill. gyengén sugárterhelt helyekre. Ezek szerkesztése, használata azonos az általános építésű szerkezetekével. Szigorúbb szerkesztési, kivitelezési elvek mégis azért szükségesek, mert a technológia és a bio védő hatás miatt méreteik sokkal vastagabbak, az acélbetétek méretei és fedettségük is sokkal nagyobbak a szokásosnál, ezért testtömegük is nagyobb, ill. testsűrűségük szórása is jelentős lehet. Emiatt a testsűrűségeik szórását szigorúbban korlátozzák (kötött testsűrűségű betonok).

Speciális összetételű normál testsűrűségű betonok készülnek olyan helyekre, ahol a sugárzási energiát főként a neutronok jelentik. Ennek a kiszűrését nagy hidrogén tartalommal kötött anyagokkal lehet elvégezni, így nagy (kémiaiilag) kötött víztartalmú kőzetekből (pl. szerpentin), speciális neutronelnyelő anyagokból (ból vegyületek).

A 2. ábrából azonban kivehető, hogy az aktiválás és/vagy maghasadás következtében itt is keletkeznek gamma fotonok, így a betonnak ezek gátlására is meg kell felelnie.

Normál, sőt könnyű betonok is készülhetnek speciális szerkezetként (pl. tűzvédelem). Ezekre a speciális hatás teljesítése mellett figyelembe kell venni a többi normál testsűrűségű nukleáris betonra vonatkozó követelményeket.

Nehézbetonok készülnek a gammasugárzás, röntgen, mikrohullám, radar stb. kivédésére.

Mivel e sugárzások áthatolóképessége a tömegük függvénye, tervezésüknél az előforduló maximális intenzitást figyelembe véve kell a betontest méreteit kialakítani. A testsűrűségük növelésével csökkenthetőek a méretek, mivel azonban a testsűrűség tényleges mértéke nagyobb szórásokat mutat, mint a szerkezet geometriája, ezért nagyobb biztonsági faktorról kell méretezni.

A nagy testsűrűségű adalékanyagok kimunkáltan a nukleáris

építkezések számára csak nagyon korlátozottan állnak rendelkezésre, ezért a megvalósításban ezek miatt is a biztonságot a méretnövekedés jelenti.

A szokásos adalékanyagok általában a vasérccek egy meghatározott fajtája. Ezek közismerten keverten fordulnak elő, így tulajdonságuk is változó. (hematit, magnetit, limonit stb.) Ezekhez további idegen ásványok is kerülhetnek (pl. dolomit, szilikátok, barit).

Mivel csupán ezekkel nem érhető el túl nagy testsűrűség, általában vasanyagú mesterséges idomokat is hozzáadnak (golyók, sörétek, vasipari hulladékok, kohászati salakok, stb.) Ezek anyagi összetételére vigyázni kell:

- az új komponens esetleg aktív a neutronra (pl. kobalt tartalmú sörétek);
- megváltozik az acélbetétek polaritása (7. ábra).

E különleges adalékanyagok szemcsézettsége, szemalakja majdnem biztosan nem ideális, így újabb anyagokkal kell azt feljavítani.

A szemcsék önszilárdsága változó, így nem biztos, hogy velük közepesnél jobb szilárdságok is készíthetők (pl. kigyókö).

Bármely adalékanyag alkalmazásánál figyelembe kell venni a rejtett alkalmatlansági tulajdonságok mértékét (ASR, ACR, duzzadás, gázképződés), pl. a baritok ASR érzékenysége.

Sok ilyenfajta adalék vízfelszívó. Ez problémát okozhat a szilárdságban, majd később a bezárt nedvesség miatt a hőhatásnál (100-200 °C és kondenzáció, repedésképződés).

A sokkomponensű beton mátrix megváltoztatja a cement oldhatósági és reagáló képességét pl. kötéstgátlás, gyorsítás, koaguláció stb. Pl. kioldódó szulfátok miatt szulfátálló cementet kell használni)

Akármilyen adalékanyag használata esetén vizsgálni kell az összeférhetőséget, oldhatóságot stb. az összes előforduló komponenssel szemben egyedileg és variációiban a teljes életciklusra és a tervezett, ill. a nem tervezhető haváriák körülményeire is. (hőmérséklet, kémiai elváltozások, káros kibocsátások, szilárdsági és reológiai átalakulások stb.)

A fentiek **időtartam** vizsgálatokat jelentenek, ami miatt nem mondhatjuk, hogy elegendő idő áll rendelkezésre az előkészületekre. Mivel az anyagtani változások külső jelei nehezen észlelhetők és nem arányosak a belső elváltozások mértékével, ezért a folyamatok nyomonkövetése elsősorban a technológiai körülmények modellezésével és a közben végzett vizsgálatokkal, elemzésével lehetséges.

5. ADALÉKSZEREK

A betervezett betonszerkezetek bármelyikéhez adalékszerek használata is szükséges.

Ezek kereskedelmi fantázianeveken (márkanamek) kerülnek forgalomba, melyekből a kémiai hovatartozásuk nem, vagy csak hozzávetőlegesen követhető, továbbá sok esetben technikai keverékek. Hatásukra vonatkozóan is csak hozzávetőleges ismereteink lehetnek. Tudni kell, ha megjelölik is a kémiai alapnevet, tulajdonságaik ezen belül is széles körben változnak gyártási helyek szerint. A polimerkémiai ismeretek szerint az előállított molekula alakja, hossza, elágazásai, kombinációi a tulajdonságokat erőteljesen befolyásolják, így a cementes zágy reológiája, majd a beton tulajdonsága is csak közelítéssel előbecsülhető. Következésképpen a rendszerek tulajdonságainak kialakítása is kísérleti alapokon lehetséges, ami a beton összes komponensének jelenlétében végezhető.

Mihamarabb szükséges tehát a kísérleti komponensek összeállítása.

A nukleáris betonokhoz használt adalékszerek alapkövetelménye, hogy a szokványos betonokhoz képest az életciklusa



4. ábra: Sajjo forrásvíze, Hiroshima (Masaru, 2004)

alatt ne okozzon többlet nehézségeket. (pl. gázképződés, hőmérséklet-érzékenység, porozitás- növekedés, komponensek kioldódása, stb.)

6. VÍZ

Az általában használt vizek ide is megfelelnek. Meg kell azonban jegyezni, hogy az igen nagyszilárdságú, a különleges porozitású betonok finom tulajdonságait, az extrém kisméretű szerkezeti elemek felületi minőségét egyes vizek minősége is befolyásolja.

A BME Építőanyagok Tanszékén az 1970-es években jómagam vizsgáltam az ún. Pados féle elektromos vízkezelővel előkészített vizek hatását a betonok tulajdonságaira. Megállapítottam, hogy a kezelt vizekkel pórus eloszlás különbségek keletkeztek.

Azóta megállapították, hogy a vizek sem tisztán monomolekulaként léteznek, hanem laza hógolyószerű állapotban áramlanak (cibotaktikumok), így is reagálnak, esetenként így is fagynak ki. Masaru Emoto japán kutató albumot állított össze a fagyott víz kristályairól (4. és 5. ábra).

Idevágó ismeret ez alapján, hogy a víz finomszerkezetét a besugárzások és az extrém vibrációk is befolyásolhatják, ami befolyásolja az időskori betonok ridegedését.

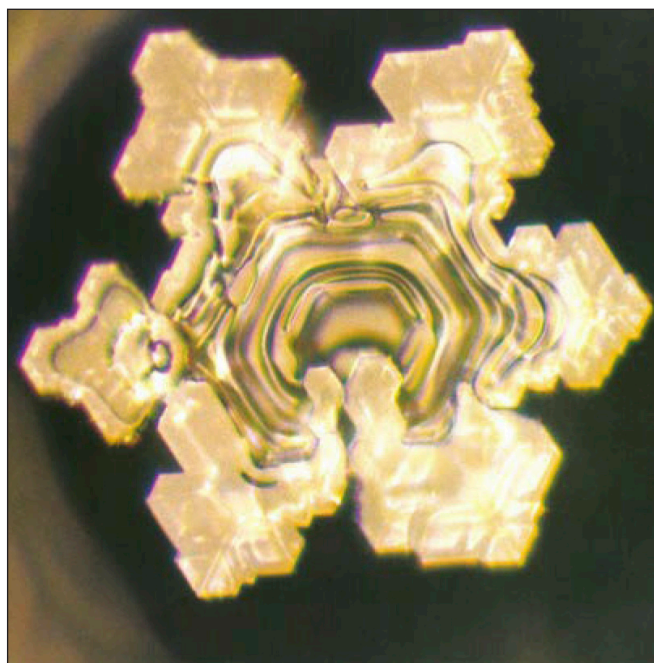
7. BETONOK

A nukleáris hatások alatt üzemelő vasbeton szerkezetek igénybevétele a szokványos terheken felül rendkívülinek ítéltető a hőmérsékleti ingadozások miatt is.

A különböző helyeken működő vasbetonok jelentős részét magas hőmérsékleti hatások sokkolják. Üzemindításkor néhány óra alatt 70-80 °C-ra emelkedik a hőmérséklet. Egyes helyeken azonban ennél nagyobb hőmérséklet is előfordulhat (gőzfejlesztők környéke).

Kisebb üzemzavaroknál, vagy egyéb okból napokig akár 120 °C is lehetséges, nagyobb zavarok esetén akár 200 °C is.

Közismert, hogy az emelkedett hőmérséklet befolyásolja a szilárdságot. Először a szilárdság emelkedik, mert a felületaktív erők zárnak (lágulási hatás megszűnik). Emellett a gipszkötés és az ettringitek is leépülnek. 150 °C körül az összes



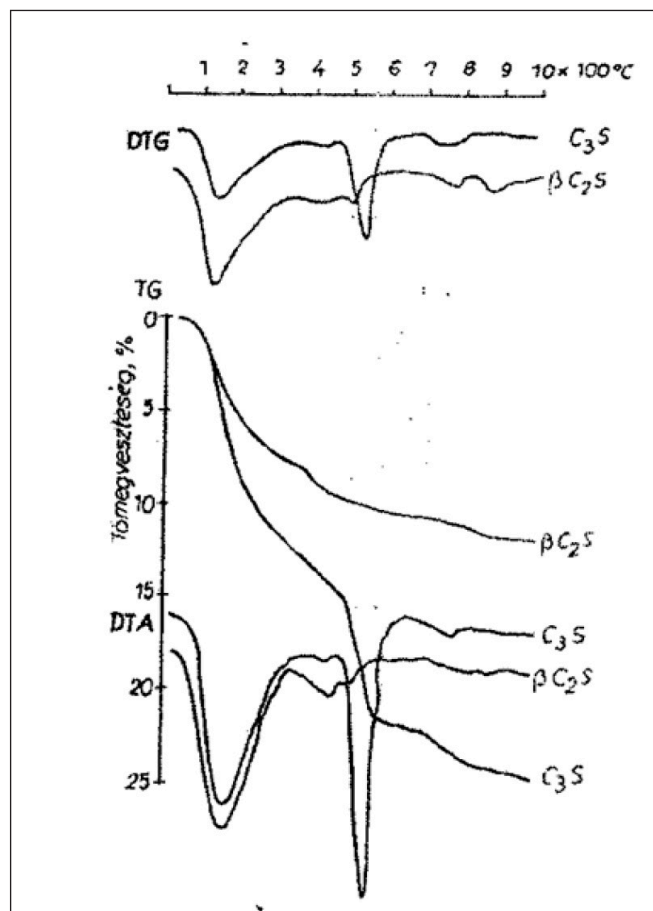
5. ábra: Mozart 40. szimfóniája G-mollban (Masaru, 2004)

fizikai kötőerő megszűnik, a szilárdság csökkenni kezd. Ezek az erők már nem épülnek vissza, így nem nagy, de végleges szilárdságcsökkenést jelent. Megszűnik a beton öngyógyuló képessége (hajszálrepedés eltömődés). Párazárt térben a leépült alkotóelemek eláramlása fokozódik.

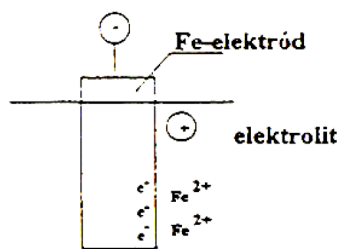
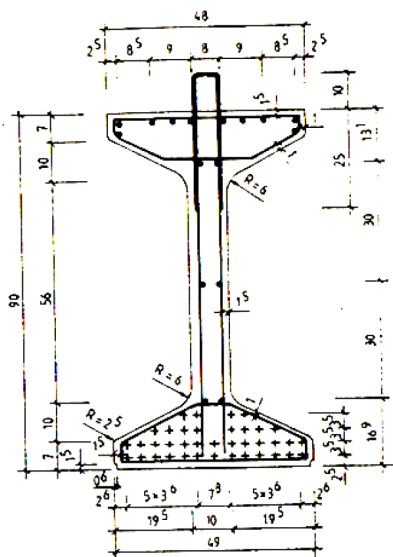
A betontestek átlagos hőérzékenységét a 6. ábra mutatja be.

A bajt az tetézi, hogy időnként technikai szünetek folytán a berendezés leáll, így gyors lehűlés következik be.

A hőfokingás lehűlő fázisában a repedések kialakulása



6. ábra: A megszilárdult portlandcement két legfontosabb szilárdsághordozójának derivatogramja (C3S és βC2S). A TG görbén észlelhető, hogy 200 °C-ig jelentős a tömegvesztés (Balázs, 2001)



A keletkező elektródpotenciál értékét a Nernst egyenlete alapján számítjuk

$$E = E_T^* + \frac{RT}{nF} \ln c$$

ahol: E = elektródpotenciál értéke

E_T^* = standard elektród potenciál

R = egyetemes állandó

T = abszolút hőmérséklet

n = vegyérték

F = Faraday állandó

c = ionkoncentráció

25°C-ra egyszerűsítve (tíz alapú logaritmussal)

$$E = E^* + \frac{0,059}{n} \lg c(V)$$

$$E = \frac{0,059}{n} \lg \frac{c_I}{c_{II}} (V)$$

Ha különböző anyagú elektródák rendszerbe kapcsolására kerül sor, akkor a Nernst egyenlet alakja

$$E = E_I^* - E_{II}^* + \frac{0,059}{n} \lg \frac{c_I}{c_{II}}$$

másként polarizálódó vasbetonnal, akkor az egyik helyen feleslegbe kerülő elektronok eláramlanak, így tartós áramforrássá válnak. A polarizáció különbség létrejöhet akár a fémek, akár az adalékanyag, cement, vegyszerek különbségéből, vagy koncentráció különbségéből (7. ábra).

A nukleáris betonok korróziós hajlama jelentősen nagyobb a szokásosnál és ez sem ítélt meg teljesen az alapanyagok deklarált adatai alapján.

A nukleáris betonok-vasbetonokat érő hatásokat vizsgálva megállapítható, hogy tervezésük-nél jelentős többlet igénybevétel-lel kell számolni, mert nem csak a hagyományosan eddig figyelembe vett környezeti hatások nagyobbak a szokásosnál, hanem ezek-re szuperponálódik a nukleáris hatásból származó, kifejezetten minőségromtó hatás is. Példaként látható a 8. ábrán a sugárzásokból származó szilárdságromlás, de ugyanígy számítani kell a zsugorodás, kúszás és egyéb jellemzők megváltozására is.

A 8. ábrán észlelhető, hogy az érték csökkenése folytonos, tehát a tervezett élettartam lejártával szükség van a biztonságos és megfelelő szint ellenőrzésére.

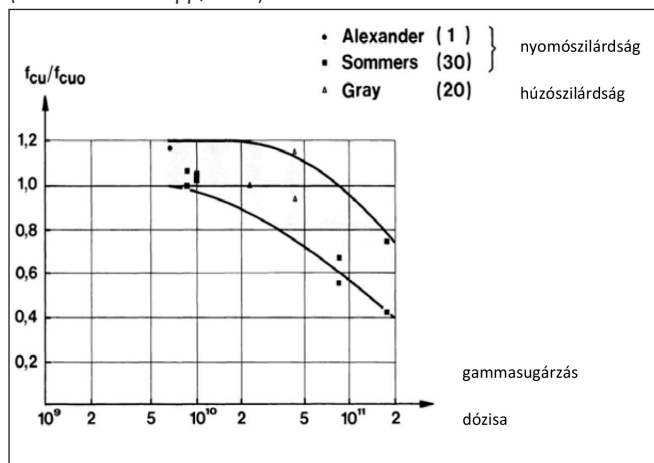
7. ábra: Vasbeton Danielle elemképződés (Balázs-Tóth, 1997)

jellemző, mely a szerkezet hatáskeresztmetszetén átfut, így végleges működő repedéssé válik.

A párazárt szerkezet repedéseiben a technológiai folyadék a kapilláráktívitásnál sokkal nagyobb kapacitással terjed és degradál.

A sugárelnyelés céljából alkalmazott különböző adalékanyagok a hidratált cement vizes termékeivel ionos oldatokat képeznek. Közismert, hogy ha bármely fém ionos oldatba merítünk, akkor polarizálódik. A vasbetonban lévő acélbetét tehát feszültségforrássá válik. Ha galvanikus kapcsolatba kerül

8. ábra: A gammasugárzásnak kitett beton nyomó-, és húzószilárdsága (f_{cu}) a nem kitett kontroll próbatestek szilárdságának (f_{cu0}) arányában (Hilsdorf-Koch-Kropp, 1978)



8. KÖVETKEZTETÉSEK

Mindezekből látható, hogy a nukleáris betonok teljes értékű előállítása kényesebb feladat a szokásosnál és a kísérleti technológiák pontos és állandó önkíértékelő folyamatát igényli a következők szerint:

1. A szerkezet pontos céljának kijelölése;
2. A betonösszetétel megtervezése;
3. A laboratóriumi kísérletek elvégzése, kiértékelése;
4. Félüzemi méretű kísérletek elvégzése, kiértékelése, az ipari nagyságból adódó hatások elemzése (pl. léptékhatásból adódó hőfejlődés hatása a célminőségre);
5. Pilot projekt kísérletek elvégzése. A tervezett megvalósulás berendezéseivel végzett kísérletek és kiértékelésük;
6. Nullszéria kísérletek. Mintaszerkezet készítése, felügyeleti szervezeti kiértékelése, engedélyek, a know how elkészítése.

Látható, hogy sok a feladat, melyeket úgy kellene mederbe terelni, hogy a jelenlegi szakirodalmi és garantált piaci ismeretek alapján kijelölt és jól definiált néhány anyaggal el kell készíteni a modell szerkezeteket és mintatesteket, majd az időtartam vizsgálatokat elindítani.

9. HIVATKOZÁSOK

- Balázs Gy., Tóth E. (1997): „Beton és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I.”, *Műegyetemi Kiadó*, pp. 252-256.
- Balázs Gy. (2001): „Barangolásaim a betonkutatás területén”, *Akadémiai Kiadó, Budapest*, p.85.
- Hilsdorf, H. K. Kropp, J. and Koch, H. J.: „Der Einfluss radioaktiver Strahlung auf die mechanischen Eigenschaften von Beton” (*Ernst u.*

Sohn, 1976), melyet majd az ACI amerikai adatokkal kiegészítve leközölt [„The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete,” American Concrete Institute, Special Publication 55, 1978, p. 223] <http://large.stanford.edu/courses/2015/ph241/anzelmo1/docs/hilsdorf.pdf>

Lowinska-Kluge, A., Piszora, P. (2008): „Effect of Gamma Irradiation on Cement Composites Observed with XRD and SEM Methods in the Range of Radiation Dose 0 – 1409 MGy?”, *Acta Physica Polonica A*, Vol. 114, pp. 399-411. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.114.399>

Masaru E.: „A víz üzenetei”, *Vízterítő Kiadó* 2004. pages 34, 70.

Szentmiklósi L., Kasztovszky Zs., „MTA Energiatudományi Intézet PGAA gyakorlat ELTE vegyész és mérnökfizikus szakos hallgatók”, https://energia.mta.hu/sites/default/files/elte_labgyak_jegyzet_2012-szl.pdf

H. J. Koch: *The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete*, American Concrete Institute, Special Publication 55, 1978, p. 223, <http://large.stanford.edu/courses/2015/ph241/anzelmo1/docs/hilsdorf.pdf>

Dr. Kovács Károly, 1966-ban vegyészmérnökként végzett a Budapesti Műszaki Egyetemen. 5 évig cellulózgyárban dolgozott, ahol a szulfitszennylűg keletkezett, mellyel frissbeton képlékenyítő vizsgálatokat végzett. 1971-től a BME Építőanyagok Tanszéken dolgozott, ahonnan 1996-ban az Építésügyi Minőségellenőrző Intézetbe került divízióvezetői beosztásba. Az egyetemen a betonok vizsgálataival és javításával foglalkozott, javítóanyagokat készített, vizsgált. (PC, PCC, PIC). Részt vett betontechnológiák kidolgozásában és megvalósításában. (pl. hidak betonjai). A Paksi Atomerőműben a vasbetonszerkezetek, szigetelések, dekontaminálható bevonatok öregedéskézelési vizsgálataiban rendszeresen részt vett. Jelenleg is vizsgál atomerőművi betonokat. Részt vesz a paksi bővítés előkészítésében. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

NUKLEÁRIS ALKALMAZÁSÚ VASBETONOK

További értelmezés

Nukleáris alkalmazásoknál a szokásos funkcióik mellett a vasbetonok biológiai védelmük is szolgálnak. Fontos ezért, hogy ne szennyeződjenek be, ne

váljanak sugárzóvá. Az alkotók megválogatásánál kizáró ok, ha azok akár csak nyomokban is tartalmaznak olyan elemeket, melyek bármely hatásra sugárzóvá válnak. (pl. neutron aktivizáció)

A betonokkal szemben támasztott többletigény a magas üzemeltetési hőmérsékletet, továbbá a relatív gyors hőmérsékletváltásokat tulajdonságváltozás nélkül elviselő szövetstruktúra.

A sugárzásvédelem fő szempontja a megfelelő anyagú és testsűrűségű betonok alkalmazása a környezet védelmére. Ennek céljából sokszor olyan adalékanyagokat alkalmaznak, amelyek jó sugárvédő tulajdonságúak, de a betonok egyéb tulajdonságait csak különleges anyagok adagolásával tudják biztosítani. A betontechnológiában szokatlan anyagok egymás melletti megjelenése, a magas hőmérséklet, az acélzsálaszat által bezárt pára, a technológiai vegyszerek az acélbetétek nagyobb mértékű polarizációját okozzák, így a vasbetonok nagymértékű korróziós hatásnak vannak kitéve.

CONCRETES FOR NUCLEAR UTILIZATION

Károly Kovács

In addition to the normal functions the reinforced concretes have a biological protection role in case of nuclear utilization. That is why important not to be contaminated and does not become radiant. Only the ingredients can be used which does not contain particles can be activated by neutron activation or gamma radiation.

The extra demand for the texture of concretes to bear the conditions comes from the high operation temperature and the fast temperature change without any changes of properties. The utilization of appropriate concretes having high density and proper compounds is the main aspects for the protection of environment against radiation. For increasing the radiation protection ability of concretes have to use additives, but this additives decrease the mechanical properties of the concretes which can compensate with further special additives. Because of the usage of different materials which is unusual in concrete technology, and the extra high temperature; the vapor closed by the steel shuttering and the used chemicals causes the intense polarization of the steel reinforcement which results the high corrosion effect of the iron.

VASBETON LEMEZEK ÁTSZÚRÓDÁSI MÉRETEZÉSÉNEK VÁLTOZÁSA NAPJAINKBAN (MAGYAR SZABVÁNY, EUROCODE 2, MODEL CODE 2010)



Jobbágy Dávid – Dr. Völgyi István

DOI: 10.32969/VB.2019.2.2

Paraméteres vizsgálatunk apropója, hogy az Eurocode szerinti átszűrődési méretezés a szabvány közelmúltbeli módosítása következtében szigorodott. A változásoknak számottevő hatása volt a síklemez födémekkel készült tartószerkezetek méreteire, versenyképességére. A szerzők arra keresték a választ, hogy milyen tendencia várható ezen a területen a jövőben. Ennek kapcsán bemutatják az európai vasbetonszerkezeti méretezés közeljövőjét jelentő Model Code 2010-es dokumentum szerinti méretezési eljárást. Ezt követően néhány tipikus alkalmazási példa segítségével összevetik a múltbeli (MSZ15022), a jelenlegi (MSZ EN 1992) és a jövőbeli számítási módszerekkel kapható ellenállás értékeket. A szerzők ezek ismeretében javaslatot tesznek a vasbeton födémek fejlesztési irányaira vonatkozóan.

Kulcsszavak: vasbeton, átszűrődés, MSZ, EC2, Model Code 2010, paraméteres vizsgálat, összehasonlítás

LEGFONTOSABB JELÖLÉSEK

EC/EC2	MSZ EN 1992-1-1:2001/A1:2016 a vonatkozó hatályos magyar szabvány
MC	Model Code 2010
MSZ	MSZ 15022/1-2000 Az utolsó MSZ szabvány az EC2 bevezetése előtt
d, d_v, h	az átszűrődés vizsgálat szempontjából releváns hasznos magasság EC, MC, MSZ szerint
ψ	a kritikus zóna elfordulása MC
k_ψ	a kritikus zóna elfordulásától függő tényező MC
r_s	a nyomatéki nullvonal oszloptengelytől mért távolsága MC
$L_x; L_y$	a lemez irányonkénti támaszköze
B	pillér oldalméret
r_1	húzott hajlítási geometriai vashányad a pillér felett a vasbeton lemezben
u_{EC}, u_{MC}, u_{MSZ}	a kritikus átszűrődési kerület hossza EC, MC, MSZ szerint
$V_{Rdc}^{EC}, V_{Rdc}^{MC}, T_{Ha}$	beton által felvehető átszűrő erő tervezési értéke EC, MC, MSZ szerint
$V_{Rds}^{EC}, V_{Rds}^{MC}, T_{Hs}$	vasalás által felvehető átszűrő erő tervezési értéke EC, MC, MSZ szerint
$V_{Rdcs}^{EC}, V_{Rdcs}^{MC}, T_{Has}$	vasalás és beton által felvehető átszűrő erő tervezési értéke EC, MC, MSZ
$V_{Rdmax}^{EC}, V_{Rdmax}^{MC}, T_{Hf}$	átszűrődési teherbírás felső korlátja EC, MC, MSZ.

1. BEVEZETÉS

Az átszűrődés (átlyukadás) a vasbeton lemezek pontszerűnek tekinthető terhelésének környezetében létrejövő tönkremeneteli mód. A törést elsősorban a terhelt felület környezetében kiala-

kuló nagy nyírási igénybevétel okozza. A jelenség rokonságot mutat a vasbeton gerendák nyírásával, de annál komplexebb.

Az oszlopfej erőjátékának összetettsége miatt a valóságot minden lényeges szempontból jól közelítő kísérletek végrehajtása költségigényes. A rendelkezésre álló kísérleti eredmények száma jelentős, de messze elmarad az egyéb területeken megszokottól.

Az elmúlt évszázadban számos számítási modell, méretezési módszer született. Ezek áttekintése meghaladja jelen dolgozat terjedelmét, ezért azon modellekre, módszerekre koncentrálunk, amelyek segítenek megérteni a korábbi (MSZ15022/1-2000; MSZ), a jelenlegi (MSZ EN 1992-1-1 2016-os nemzeti melléklettel, EC2) és a jövőbeli (*fib* Model Code 2010; MC2010) magyarországi szabályozás különbözőségeit. A szabályzatok összevetése lehetőséget teremt, hogy betekintsünk a módszerek fejlődésébe, és segít felmérni, mire kell számítani, ha új szerkezetet kell terveznünk, vagy egy jövőbeli felújítás során korábbi szabvány szerint készült tartószerkezettel dolgozunk.

Az említett három szabályzat méretezési módszerében, jelölésrendszerében és szóhasználatában számos kisebb-nagyobb különbség található, de egyeznek a következőkben:

- Az átszűrődési méretezés az átszűrődési kúpokat jellemző átszűrődési kerületek sorának elemzése.
- Kis igénybevétel esetén a beton biztosítja az átszűrődési ellenállást, vagyis a nyíróerő felvételét.
- Átszűrődésre vasalt lemezek ellenállása a beton és az átszűrődési vasalás teherbírásának alkalmas összegzésével kapható.
- A vasalt lemez átszűrődési ellenállása az átszűrődési felső korlát fölé nem növelhető.

Röviden áttekintjük a szabványok szerinti eljárások ellenállási oldalát. Az igénybevétel oldalon meglévő eltéréseket részletesen nem tárgyaljuk.

2. AZ MSZ15022/1-2000 MODELLJÉRŐL ÉS MÓDSZERÉRŐL RÖVIDEN

A fajlagos átszűrő erőt az átszűrő erő 20%-kal növelt értékéből kell számítani. Az MSZ módszere szerint az első vizsgálandó kerületet a terhelt felülettől $0.5h$ távolságra kell felvenni, ahol h a hasznos magasság. Itt kell ellenőrizni az átszűrődési felső korlát megfelelőségét. A lemez bevasalható, ha a vizsgált kerület (u' , továbbiakban u_{MSZ}) mentén a fajlagos átszűrő erőt meghaladja a fajlagos határerő tervezési értéke.

$$t_{Hf} = 0.2h \times \sigma_{bH},$$

ahol σ_{bH} a beton nyomási határfeszültsége, ami a karakterisztikus hengerszilárdság 1.4–1.5 értékkel való osztása útján kapható.

Átszűrődési vasalás nem szükséges, ahol a fajlagos átszűrő erő kisebb, mint fajlagos határerő alsó értéke:

$$t_{Ha} = 0.5h \times \sigma_{bH},$$

ahol a húzási határfeszültség σ_{bH} értéke a karakterisztikus hengerszilárdság 1.4–2.0 értékkel való osztása útján kapható. Átszűrődésre vasalt zóna ellenállása:

$$t_H = \sum t_{Hs} + t_{Hb} + t_{Hc},$$

ahol a lemezsíkkal α szöget bezáró, σ_{bH} határfeszültségű, sugárirányban t osztástávolsággal kiosztott, kerületenként A_s átszűrődési vasmenyiségből számított ellenállás:

$$\sum t_{Hs} = 0.85\sigma_{bH} \frac{A_s}{t} \sin \alpha.$$

A berepedt beton figyelembe vehető

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

teherbírása egyre csökken, ha az átszűrő erő közelíti a felső értéket.

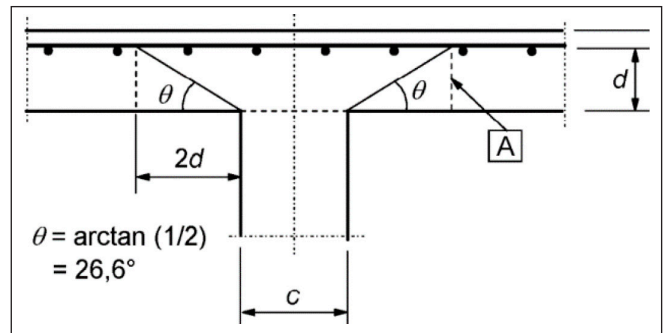
Az eredő fajlagos ellenállás a terhelt felület h környezetében növelhető a

$$t_{Hc} = 0.5a' \sqrt{\sigma_{bH} \sigma_{sH}}$$

értékkel, ahol a' a nyomott oldali hatásos fajlagos hosszvasmenyiség. A hatás azt fejezi ki, hogy a terhelt felület környezetében kialakuló esetleges meredek repedés mentén a beton fajlagos ellenállása nagyobb, mint a szokványos repedésgeometria esetén.

Látható, hogy a vasalt lemez ellenállásának számításakor a betonteherbírás és a vasalás teherbírását is redukálni kell.

Az átszűrődési vasalás kialakítására vonatkozó részletes szabályokat az MSZ15022-es sorozat nem tartalmaz. Számos egyéb dokumentum foglalkozik azonban a kérdéssel. A magyar gyakorlatban megtalálhatók a zömített fejű csapok és a hosszvasalást közrefogó kengyelek mellett a hosszvasalási síkok között futó átszűrődési vasalások. Ezek hatékonyságát kialakítás függvényében határozza meg az irodalom (MMK (2004)).



1. ábra: Legkisebb átszűrődési kúp és u_1 kerület [A] felvétele EC2 szerint

3. AZ MSZ EN 1992 MODELLJÉRŐL ÉS MÓDSZERÉRŐL RÖVIDEN

Az EC2 módszere a nyírás témaköréből jól ismert rácsostartó modellen alapul. Az átszűrődésre vasalatlan (továbbiakban vasalatlan) lemez ellenállását az oszlop peremétől $2d$ távolságra futó u_1 kerület mentén kell ellenőrizni. Az ellenállás megfelel, ha a kerületen kívül eső területekről átadódó nyíróerő u_1 kerület mentén fajlagosított értéke (v_{Ed}^{u1}) kisebb, mint a beton fajlagos nyírási ellenállása (v_{Rdc}). A v_{Ed}^{u1} a nyírási méretezés szerinti V_{Ed}^{red} értékének felel meg.

Átszűrődési vasalás jelenléte esetén ellenőrizni kell a nyomott és a húzott rácsrúd ellenállását. A nyomott beton rácsrudat az oszlop pereme mentén (u_0) kell ellenőrizni a teljes nyíró (átszűrő) erőre. A nyomott rácsrúd megfelel, ha a beton és a vasalás együttes teherbírása (v_{Rdmax}) meghaladja a fajlagos átszűrő erőt (v_{Ed}^{u0}).

Az EC2 2016-os módosítása óta ugyancsak felső korlátot jelent, hogy a lemez igénybevétele az u_1 kerület mentén ne haladja meg a betonteherbírás k_{max} -szorosát, tehát $v_{Ed}^{u1} \leq k_{max} v_{Rdc}$. Az összefüggésben k_{max} 1.5 és 2.5 között változhat az átszűrődési vasalás típusa és kialakítása függvényében.

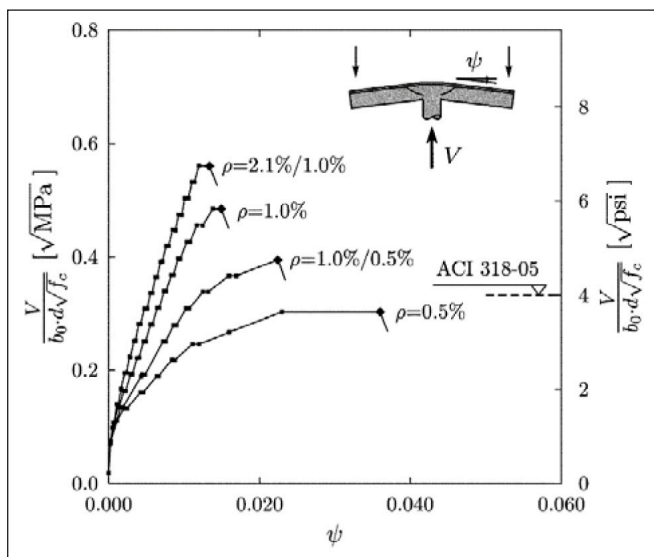
Ellenőrizni kell továbbá a húzott rácsrúd ellenállását. A húzott rácsrúd megfelel, ha a beton és a vasalás együttes teherbírása (v_{Rdc}) meghaladja a fajlagos átszűrő erőt az u_1 kerület mentén (v_{Ed}^{u1}). Utóbbi vizsgálatot addig kell folytatni, amíg a vizsgált kerület akkorára nem nő (u_{out}), hogy a beton nyírási teherbírása önmagában elegendő. A közös v_{Rdc} teherbírásban a beton teherbírásának 75%-át vehetjük számításba, és a vasalás szilárdságát is redukálni kell. A nyírási vasak megfelelő lehorgonyozottságának biztosítása céljából a $2d$ szélességű zóna helyett csak a $1.5d$ zónán belüli átszűrődési vasak vehetők figyelembe.

A fajlagos nyíróerőnek az átszűrő erő külpontosságából fakadó növekményét az átszűrő erőnek a külpontosságtól függő β növelő tényezővel vesszük figyelembe.

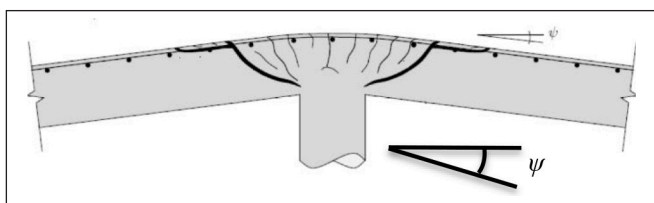
4. A FIB MODEL CODE 2010 MÓDSZERÉNEK ELMÉLETI ÉS KÍSÉRLETI HÁTTERE

Az MC2010 a fent említett alapelvekben hasonlít az MSZ és az EC2 eljárásához, ugyanakkor mind elméleti háttérben, mind összefüggéseiben jelentősen eltér tőlük. Az MC2010 az Aurelio Muttoni kutatócsoportja által megalkotott kritikus nyírási repedés elméletén (Critical Shear Crack Theory, CSCT) alapszik (Muttoni 2008, 2009, 2013).

Kinnunen és Nylander (Kinnunen 1960) kísérleti eredmé-



2. ábra: Az átszűrődásra vasalatlan lemez átszűrődési mechanizmusának jellege a hajlítási vasalás mennyiségének (ρ) függvényében. (Muttoni 2008)



3. ábra: Az átszűrődásra vasalatlan lemez átszűrődési kritikus zónája – repedéskép és a ψ relatív elfordulás értelmezése (MC2010)

nyek megmutatták, hogy az átszűrődásra vasalatlan lemezek átszűrődési teherbírásának mechanizmusa, jellege jelentősen függ a hajlítási vasalás mennyiségétől (2. ábra). A fajlagos vasmennyiség növekedésével a teherbírás nő, de a szerkezet alakváltozó képessége jelentősen csökken.

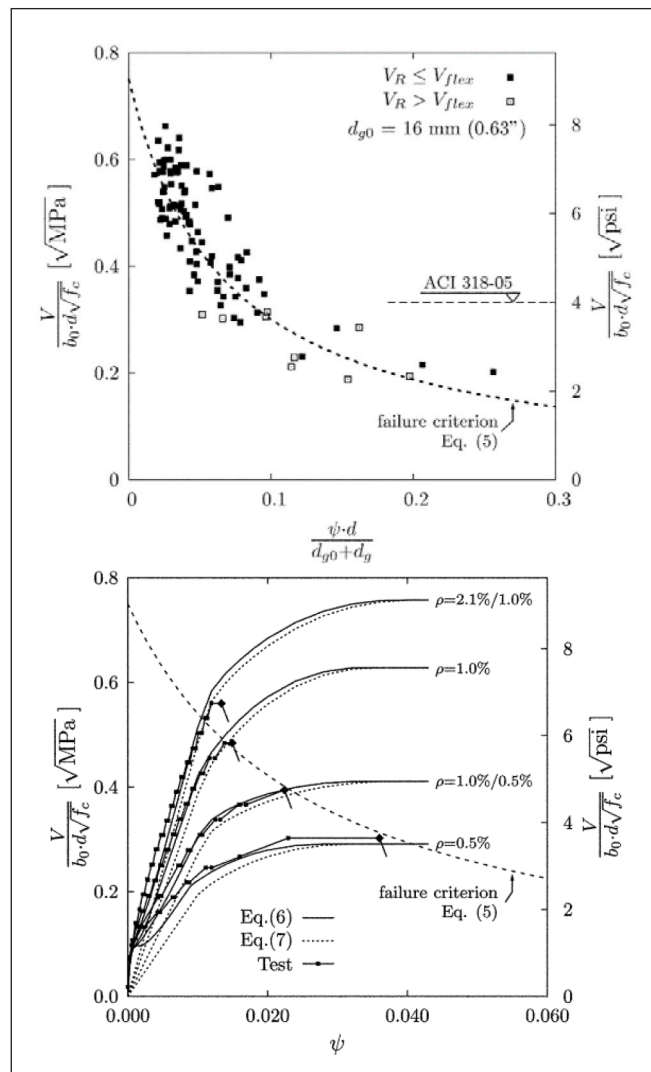
A CSCT alapja a kritikus nyírási repedés helyének, alakjának megértése és a metszet mentén fellépő teherbírás komponensek azonosítása, becslése az átszűrődési zóna ψ relatív elfordulása függvényében. Muttoni elmélete szerint a kritikus repedés megnyílása csökkenti a nyomott beton rácsrúd szilárdságát, így csökkenti az átszűrődési teherbírás¹. A jelenséget leíró paraméter lehet a keresztmetszet görbülete, a repedés tárgassága vagy kritikus zóna relatív elfordulása (ψ). Utóbbi a görbületfüggvény vizsgált hosszon történő összegzésével nyerhető, könnyen mérhető, és a repedéstárgassággal (w) arányos mennyiségnek tekinthető: $w \sim \psi d$. A ψ relatív elfordulás definícióját a 3. ábra tartalmazza.

Az átszűrődési ellenállás meghatározása a kritikus nyírási repedés mentén felvett metszet egyensúlyának felírásán alapszik. A szakirodalomban leggyakrabban szereplő teherbírás komponensek a következők:

- A repedésmentes nyomott betonzóna nyírási ellenállása
- A repedés édes partjainak elcsúszása okán létrejövő repedéssúrlódás (szemcsehatás)
- A hajlítási vasalás meghajlításához szükséges erő (csaphatás).

Ezek részesedése, relatív jelentősége megosztja a témával foglalkozó kutatókat. A CSCT elmélete nem választja szét a felsorolt komponenseket, de számottevő szerepet tulajdonít a repedéssúrlódásnak. Walraven eredményeire (Walraven 1981) hivatkozva a CSCT a repedéssúrlódás hatékonyságát

¹ Más kutatók a teherbírás csökkenését a növekvő tárgasságú és hosszúságú, a számított nyomott zónába behatoló repedések okozta nyomott betonzóna teherbírás csökkenéssel (Windisch 1988.) (Völgyi 2014.) vagy a keresztmetszet növekvő görbületével (Bogdányi 2014.) magyarázzák, hasonló végkövetkeztetéssel.



4. ábra: A hajlítási teherbírás elért (négyzet) és el nem érő (teli négyzet) próbatestek átszűrődési ellenállása a repedés tárgasságát és repedés érdességét leíró tényező függvényében (Muttoni 2008.), illetve a Kinnunen-féle kísérleti eredmények, és a számított erő-elfordulás összefüggések (pontvonal – bilineáris, folytonos-kvadrilineáris nyomtér-görbület összefüggés felhasználásával), valamint a tönkremeneteli pontokra illeszthető tönkremeneteli kritérium (Muttoni 2008.)

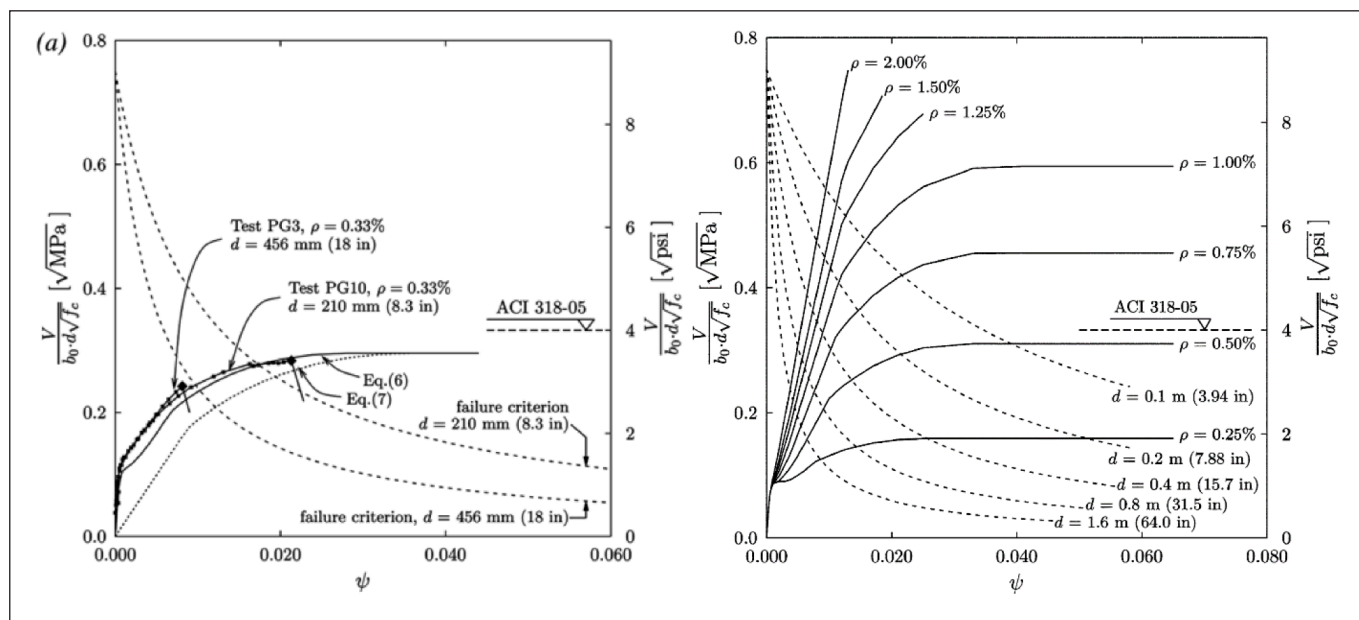
(k_ψ) a vizsgált repedés tárgassága ($\sim \psi d$) és a repedés maximális szemcsemérettől függő érdessége mérőszám (k_{dg}) függvényében határozza meg². A 4. ábra jól mutatja, hogy a szakirodalmi kísérleti átszűrődési ellenállás értékek és a repedés relatív érdességére jellemző paraméter között határozott összefüggés mutatható ki.

A CSCT szerint az átszűrődás akkor jön létre, amikor lemez nyomtér-görbület diagramja metszi a görbülettől ($\sim \psi$) függő tönkremeneteli kritériumot. A feladat szimmetrikus esetben egy kimetszett lemezdarab egyensúlyának felírásával oldható meg.

A CSCT a lemezek átszűrődása esetén a nyírásvizsgálathoz hasonlóan kezeli az úgynevezett mérethatást. Az 5. ábra (a) részén látható diagramok mutatják a számos kísérlettel alátámasztott hatást, miszerint a tartómagasság (d) növelésével a fajlagos nyírási (átszűrődési) ellenállás csökken³. Ez teszi szükségessé, hogy a tönkremeneteli kritérium függjön a lemezvastagságtól, lásd 5. ábra (a) és (b) rész. Az ábra jól mutatja, hogy a gyakorlatban előforduló hajlítási vasmennyiségek esetén rideg viselkedésre kell számítani. Az alakváltozó képesség tovább csökken a lemezvastagság növelésével.

² A repedéssúrlódás működésének feltétele, hogy a repedéspartok között olyan mozgás alakuljon ki, ami az adalékszemek „összeakadását” lehetővé teszi (Völgyi 2017.).

³ Más elméletek szerint az eltérés háttérében részben az eltérő átmérőjű betonacélok eltérő tapadási, lehorgonyzási tulajdonságai miatt előálló eltérő repedéstárgasság értékek állnak.



5. ábra (a) Azonos fajlagos hajlítási vasmennyiséggel készülő, de eltérő vastagságú lemezek (PG3; PG10) erő-elfordulás diagramja, illetve (b) tönkremeneteli kritérium eltérő fajlagos vasmennyiségek és változó lemeztvastagságok esetén [Muttoni 2008.]

A **fib** Model Code 2010 négy eltérő almodszert (LoA I-IV = Level of Approximation I-IV = I-IV. szintű közelítés) tartalmaz. Az I-III. szintű közelítések azonos modellen alapulnak, de a méretezés alapját jelentő ψ relatív elfordulás értéket elnagyoltabb vagy pontosabb feltételezések alapján számítják. Az első, legegyszerűbb módszert előtervezéshez, a későbbieket részletes számításhoz javasolják.

Az I-III. szintű közelítés szerint a kritikus zóna ψ relatív elfordulása rendre a következő összefüggésekkel becsült irányonkénti értékek maximumaként vehető fel:

$$\psi = 1.5 \frac{r_s}{d} \frac{f_{yd}}{E_s} \left(\frac{m_{Ed}}{m_{Rd}} \right)^{1.5} \quad \psi = 1.2 \frac{r_s}{d} \frac{f_{yd}}{E_s} \left(\frac{m_{Ed}}{m_{Rd}} \right)^{1.5},$$

ahol $r_s \approx 0.22L_x$ vagy $0.22L_y$ a nyomatéki nullvonal oszloptengelytől mért távolsága, m_{Ed} az oszlopsávban számított átlagos mértékadó negatív nyomaték az oszlop vonalában. A II. közelítés számottevő nyomatéki átrendezés esetén is alkalmazható. A III. modell akkor alkalmazható ha r_s és m_{Ed} értékét lineárisan rugalmas, repedésmentes modellel (tipikusan VEM modell) számították.

Az átszúródásra vasalatlan lemez átszúródási ellenállása a kritikus zóna ψ relatív elfordulásától függő k_ψ tényező felhasználásával a következő összefüggéssel számítható:

$$k_\psi = \frac{1}{1.5 + 0.9k_{dg}\psi d [\text{mm}]} \leq 0.6$$

$$V_{Rdc} = k_\psi \frac{\sqrt{f_{ck}} [\text{MPa}]}{\gamma_c} b_0 d_v.$$

Az összefüggésben szereplő d hajlítási hasznos magasság nem feltétlenül egyezik az átszúródási hasznos magassággal (d_v). A repedés érdességét figyelembe vevő k_{dg} tényező értéke $d_g \geq 16$ mm-es maximális szemmagyság esetén 1.0, egyéb esetekben a

$$k_{dg} = \frac{32}{16 + d_g [\text{mm}]} \geq 0.75,$$

összefüggéssel számítható. Érdekesség, hogy az MC2010 könnyűbetonok és nagyszilárdságú betonok esetén elhanyagolja

a repedés érdességének (repedéssűrűlódás, szemcsehatás) szerepét ($d_g=0$). Előbbi esetben az adalékszemek csekély szilárdsága, utóbbi esetben az adalékszemeken átfutó, így sokkal kisebb érdességet eredményező törési felület áll a háttérben. Átszúródási vasalás alkalmazása szükséges, ha $V_{Ed}^{b0} > V_{Rdc}$.

4.1. Az átszúródási ellenállás felső korlátja

Az átszúródási ellenállás felső korlátja a következő összefüggéssel számítható:

$$V_{Rdmax} = k_{sys} k_\psi \frac{\sqrt{f_{ck}} [\text{MPa}]}{\gamma_c} b_0 d_v \leq \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_c} b_0 d_v,$$

ahol a k_{sys} tényező azt veszi figyelembe, hogy az átszúródási vasalás milyen hatékonyan korlátozza a kritikus repedés megnyílását, helyezi többtengelyű feszültségállapotba a fiktív nyomott beton rácsrudat (abroncsolás). Általános esetben a $k_{sys}=2.0$ alkalmazható.

Az EC2 2016-17-es módosításához hasonlóan lehetőség van arra, hogy a felső korlát számításakor a tervező figyelembe vegye az alkalmazott vasalás típusát, elhelyezését és a kivitelezés körülményeit:

- $k_{sys}=2.4$ a nyomott oldalon tökéletesen lehorgonyzott, a húzott oldalon kampózott kengyelek alkalmazása esetén.
- $k_{sys}=2.8$ a szár háromszorosát elérő átmérőjű zömített fejjel kialakított csapok alkalmazása esetén.

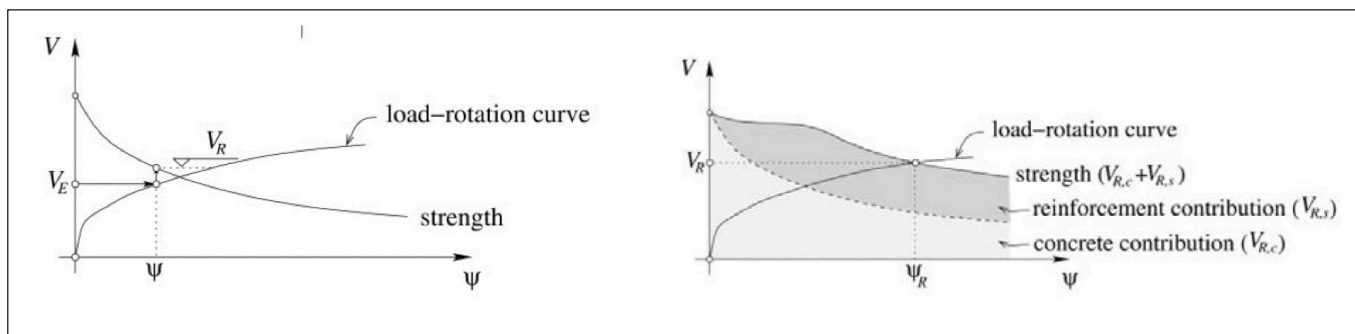
A növelt k_{sys} értékek alkalmazásának feltételei:

- A vasalási elemek sugárirányú távolsága elegendően kicsi: $s_0 \leq 0.5d_v$; $s_1 \leq 0.6d_v$.
- A vasalási elemek elhelyezési távolságát, alsó és felső betonfedését (c_v) (helyes függőleges pozíciót) a helyszínen ellenőrzik.

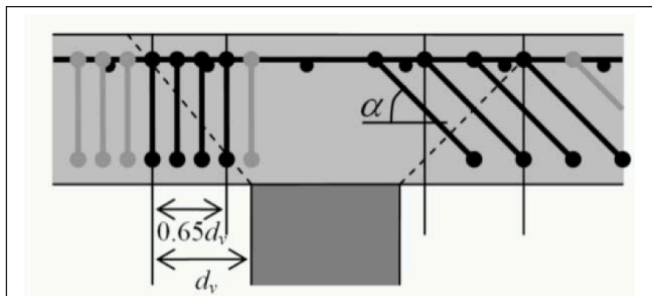
A lemez átszúródásra vasalható, ha $V_{Rdmax} \geq V_{Ed}$.

4.2. AZ ÁTSZÚRÓDÁSRA VASALT LEMEZ ÁTSZÚRÓDÁSI ELLENÁLLÁSA

A vasalt lemez ellenállása a beton és a vasalás teherbírásának összegeként számítható. Más modellekhez hasonlóan a beton



6. ábra: Erő-elfordulás (load-rotation curve) összefüggés, tönkremeneteli kritérium (strength) valamint a beton ($V_{R,c}$) és az átszűrődési vasalás részese-
sedése ($V_{R,s}$) átszűrődésre vasalatlan, illetve vasalt esetben (Muttoni 2013)



7. ábra: Az első átszűrődési kúp ellenőrzésekor figyelembe vehető átszűrődési vasalás tartósíkra merőleges, illetve ferde vasalás esetén (MC2010)

ellenállását redukálni kell. Ennek részleteit a 6. ábra mutatja be. Ha a mértékadó átszűrő erő kisebb, mint a tönkremeneteli kritérium által meghatározott ellenállás ($V_E < V_{R,c} = V_{Rdc}$), a lemez átszűrődési vasalás nélkül megfelelő. Ellenkező esetben az elvárt ellenállás (V_R) kimetszi az erő-elfordulás görbe megfelelő elfordulás értékét (ψ_R), illetve a hozzá tartozó redukált beton-teherbírás értéket ($V_{R,c}$). A fennmaradó erőt a vasalás veszi fel ($V_{R,s}$ vagy $V_{Rdc,s}$). Az ábrán jól kivehető, hogy a nagyobb teherhez tartozó nagyobb alakváltozás (görbület, repedéstágasság) csökkenő beton teherbírásrészt eredményez.

$$V_{Rds} = \sum A_{sw} k_e \sigma_{swd} \sin \alpha (\geq 0.5 V_{Ed})$$

A nyírási vasalás teherbírása a 45°-os átszűrődési kúp által metszett lehorgonyozott vasalás figyelembe vételével számítható. A 7. ábra szerinti $0.65d_v$ zónán belüli lehorgonyozott vasak tekinthetők hatékonyak ($\sum A_{sw}$). Az EC2 szerinti $1.5d$ helyett $0.65d_v$ távolságot kell alkalmazni. Ez azt eredményezi, hogy a vasalást terhelő erőt gyakran mindössze néhány (2-3) kerület mentén elhelyezett vasalással kell felvenni.

A növekvő alakváltozás az átszűrődési vasalás nagyobb nyúlását okozza, ezért a ψ érték növekedése a vasalás σ_{sw} hatékony feszültségének növelését eredményezi:

$$\sigma_{swd} = \frac{E_s \psi}{6} (\sin \alpha + \cos \alpha) \left(\sin \alpha + \frac{f_{bd}}{f_{ywd}} \frac{d}{\phi_w} \right) \leq f_{ywd}$$

A 6. ábra jobb oldalán látható, hogyan nő a vasalás által felvehető erő a ψ növekedésével (sötétebb kitöltés).

4.3. Az átszűrődésre vasalt zóna méretének meghatározása

Vasalt zónának az a tartomány nevezhető, ahol az átszűrődési vasalási elemek gyűrűirányú távolsága nem haladja meg a $3d_v$ távolságot, vagy az a tartomány, amelynél a vasalási elemektől irányonként $1.5d_v$ távolságon belüli átszűrődési kerület figyelembe vételével is igazolható az elvárt teherbírás, lásd 8. ábra.

Az átszűrődési vasalási elemek elhelyezését addig kell folytatni, amíg a külső vaselemtől mért $0.5d_v$ távolságra futó átszűrődési kerület (b_0^*) mentén a teherbírás vasalás nélkül is igazolható. Az oszloptól távolodva a vaskiosztás sok esetben ritkítható.

Terjedelmi okokból a szerkesztési szabályokat nem tárgyaljuk.

4.4. Az oszlop környezete duktilitásának, szívósságának biztosítása

Az átszűrődésre vasalt lemez kritikus zónájának duktilitása megfelelőnek tekinthető, ha a vasalás teljesíti a $V_{Rds} \geq 0.5 V_{Ed}$ összefüggést.

Az átszűrődésre vasalatlan zóna rideg viselkedésű. A nyomott betonzóna nem képes viselni a rá nehezedő nyomó- és nyíróerőt. A kritikus repedés erőteljesen megnyílik, a húzott oldali hajlítási vasalás kiszakad (9. ábra).

A lemez átszűrődése a teljes szerkezet progresszív tönkremeneteléhez vezethet, amit meg kell akadályozni. Ennek módja az oszlop felett átvezetett nyomott oldali integritási hosszvasalás (a 10. ábra esetében az alsó hosszvasalás), ami a lemez törése esetén kötélhatással gátolja meg annak lezuhanását.

Az integritási vasalás ($\sum A_{sint}$) működését rendkívüli állapotnak lehet tekinteni, ennek megfelelő teherszinten lehet az igénybevételeit számítani⁴. A lehorgonyozott integritási hosszvasalást a lemez nyomott zónájában kell az oszlop fölött átvezetni. Az MC2010 az integritási vasalás ellenállását a folyáshatár tervezési értéke alapján határozza meg.

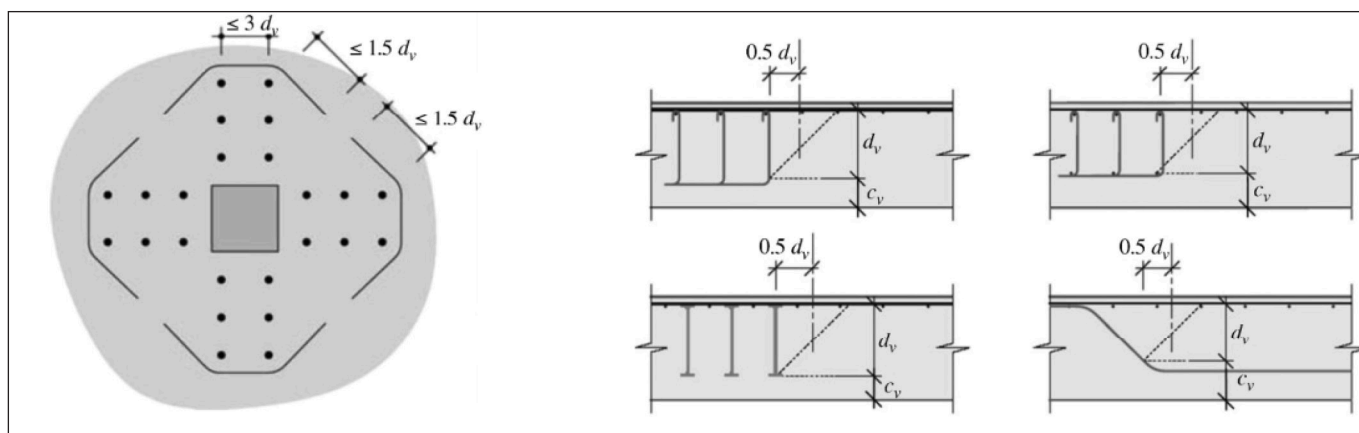
$$V_{Rdint} = \min \left(\frac{\sum A_{sint} f_{yd} \left(\frac{f_t}{f_y} \right)_k \sin \alpha_{ult}}{0.5 \sqrt{f_{ck} [\text{MPa}]} \frac{d_{res} b_{int}}{\gamma_c}} \right) \geq V_{Ed,acc}$$

ahol $(f_t/f_y)_k$ az integritási vasalás szakítószilárdsága és folyáshatára hányadosának duktilitási osztálytól függő karakterisztikus értéke.

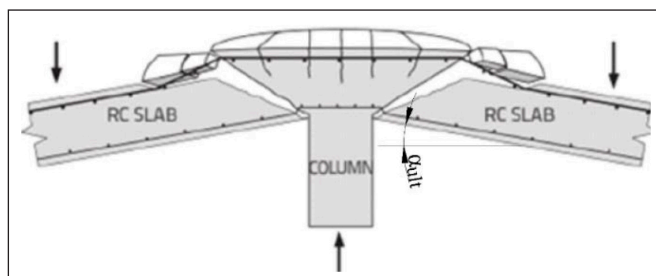
Az összefüggésben szereplő α_{ult} érték az a szög, amit a vasalás a szakadása előtt a kötélként belógó lemezben a vízszintessel bezár (9. ábra). B duktilitási osztályú betonacél esetén $\alpha_{ult} = 20^\circ$, C/D osztály esetén $\alpha_{ult} = 25^\circ$, felhajlított vas esetén pedig $\alpha_{ult} \leq 40^\circ$ alkalmazandó.

Az integritási vasalás teherbírása képletében szereplő b_{int} az átszűrődés után az integritási vasalás által aktivált kerület hossza.

⁴ Az integritási vasalás tervezése szempontjából mértékadó igénybevétel felvételében érzékelhető némi ellentmondás a szabályozásban. Az előírás általános, ezért nem azonosítható a kvázi állandó igénybevétellel együtt átszűrődést okozó rendkívüli hatás. (Következésképpen ennek figyelembevételére sincs lehetőség). Javasoljuk konkrét esetekben annak mérlegelését, hogy az átszűrődést milyen rendkívüli hatás okozhatja (rendkívüli teher vagy megváltozó statikai vázon számítható kedvezőtlenebb igénybevétel-eloszlás, támaszsüllyedés, stb.) Ha valószínűsíthető, hogy a vizsgált oszlopnál a kvázi állandónál nagyobb átszűrő erő hat, javasoljuk az integritási vasalás tervezését a V_{Ed} mértékadó átszűrő erőre elvégezni.



8. ábra: Az effektív átszűrődési kerület szakaszok és a d_v hasznos magasság (MC2010)



9. ábra: Az integritási vasalás működése és az α_{ul} szög értelmezése (Bartolac, Damjanovic és Ivan 2015.) ábrája nyomán

Értéke a 10. ábra szerinti s_{int} és d_{res} távolságok segítségével számítható:

$$b_{int} = \sum \left(s_{int} + \frac{\pi}{2} d_{res} \right).$$

5. AZ MSZ, AZ EC2 ÉS A MC2010 SZERINTI FÖDÉMTEHERBÍRÁS ÉRTÉKEK

A szabványok által közölt módszerek összevetésére számos példát számszerűen kidolgoztunk. Egy irodaépület különböző d/b (hasznos magasság és oldalméret) arányú pillér-födém csomópontjait vizsgáltuk (pince pillér-alaplemez, átlagos méretű közbenső pillér, karcsú tetőszinti pillér) eltérő kihasználtsági fok mellett (alacsony, közepes, magas). A kihasználtság jelen esetben azt jelenti, hogy mennyire közelíti meg az átszűrő erő az átszűrődési teherbírás felső korlátját. Minden kihasználtsági szinten hat esetet elemeztünk, melyek d/b aránya a 0.42-1.89 tartományban mozgott. A teherbírás számításokhoz az EC2 alapján felvettünk egy átszűrődési vasalás kiosztást, ami az

adott geometria és terhek mellett megfelelő teherbírással rendelkezik, majd ezt az elrendezést ellenőriztük a többi szabvány szerint. Az 1. táblázatban ennek az eredményei láthatóak. Az összehasonlítást elvégeztük az EC és MC szerinti felső korlátok leggyakrabban használt értékeivel ($k_{max}=2.0$; $k_{sys}=2.0$), illetve a szabványok által megengedhető legmagasabbakkal is ($k_{max}=2.5$; $k_{sys}=2.8$). A teherbírás értékek mellett különböző részeredményeket (vizsgálandó átszűrődési kerületének hossza, beton által felvehető nyíróerő, vasalás által felvehető nyíróerő stb.) is közlünk. Megjegyezzük, hogy a módszerek objektív összehasonlítása igen nehéz, mert sok és eltérő paramétertől függenek az eredmények, ráadásul több esetben elágazásokat tartalmaznak az algoritmusok, illetve a paraméterek változtatásával esetenként ugrásszerű a teherbírás értékek változása. A szabványok ilyen összevetése e nehézségek ellenére fontos szerepet kap, ha egy EC2 szerint tervezett épületet később pl. funkció váltás miatt MC szerint ellenőrizni kell.

Az összehasonlításokban az alábbi feltételezésekkel számoltunk:

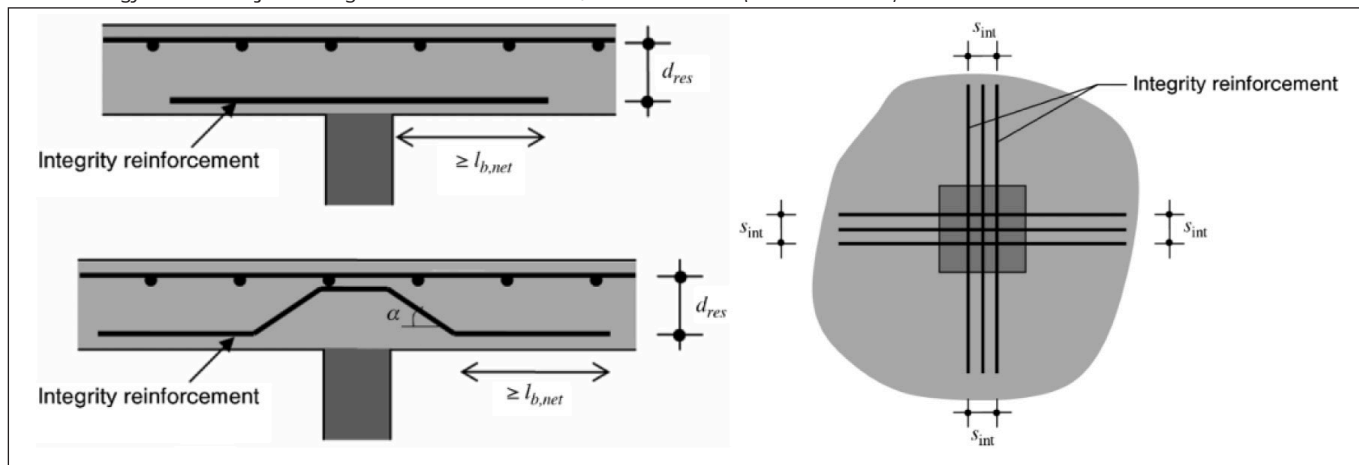
- átszűrődési vasalás típusa: zömített fejű csapok sugárirányban kiosztva
- betonacél folyáshatár karakterisztikus értéke: 500 MPa
- a hajlítási vasalás megfelelően le van horgonyozva
- beton szilárdsági osztály: C30/37.

A táblázatot vizsgálva az alábbi megfigyeléseket tehetjük:

A vizsgált esetek alapján kijelenthető, hogy az EC2 szerint megtervezett oszlopfej számított teherbírása a másik két szabvány szerint számítva szinte minden esetben kisebb lesz. A számítási részeredmények elemzésével a következők figyelhetők meg:

- Az eltérő vizsgálati kerületek miatt az EC2 több átszűrődési vassort vesz figyelembe, illetve nagyobb kerületen összegzi a beton fajlagos határerejét.
- A beton által felvehető átszűrő erő – még a 75%-os redukció

10. ábra: Egyenes és felhajlított integritási vasalás – metszetek, illetve felülnézet (MC2010 7.3-34)



1. táblázat: A kidolgozott esetek eredményei ($k_{\max}=2.0$; $k_{\text{sys}}=2.0$ bal oldalt; $k_{\max}=2.5$; $k_{\text{sys}}=2.8$ jobb oldalt-csak a változó mennyiségeket ismételtük meg)

				$k_{\max}=2.0; k_{\text{sys}}=2.0$														$k_{\max}=2.5; k_{\text{sys}}=2.8$									
B [mm]	$d_{d,t}$ [mm]	d/B [-]	ρ_l [%]	u_{EC} [mm]	u_{MC} [mm]	u_{MSZ} [mm]	V_{Rd}^{EC} [kN]	V_{Rd}^{MC} [kN]	T_{fix} [kN]	V_{Rd}^{EC} [kN]	V_{Rd}^{MC} [kN]	T_{fix} [kN]	V_{Rd}^{EC} [kN]	V_{Rd}^{MC} [kN]	T_{fix} [kN]	V_{Rd}^{EC} [kN]	V_{Rd}^{MC} [kN]	T_{fix} [kN]	V_{Rd}^{EC} [kN]	V_{Rd}^{MC} [kN]	T_{fix} [kN]	V_{Rd}^{EC} [kN]	V_{Rd}^{MC} [kN]	T_{fix} [kN]			
500	210	0.42	1.63	4639	2660	2660	550	388	213	1007	1446	887	1640	1834	1160	1439	776	1943	1439	<u>776</u>	1160	1835	1086	1640	<u>1086</u>	1160	
300	210	0.70	1.63	3839	1860	1860	456	271	118	883	1259	774	1407	1530	935	1157	542	1358	1157	<u>542</u>	935	1157	759	1157	<u>759</u>	935	
250	210	0.84	1.21	3639	1660	1660	391	279	125	670	964	593	1120	1243	756	964	558	1212	964	<u>558</u>	756	964	781	964	781	<u>756</u>	
200	210	1.05	1.21	3439	1460	1460	369	245	95	673	964	593	1098	1209	722	771	491	1066	771	<u>491</u>	722	771	687	771	687	722	
800	1135	1.42	0.60	17463	6766	6766	5769	1607	2336	25786	13830	15102	32420	15437	17714	15076	3213	26710	15076	<u>3213</u>	17714	16676	4498	16676	<u>4498</u>	17714	
600	1135	1.89	0.60	16663	5966	5966	5505	1417	1700	25826	13830	15102	32156	15247	17046	12507	2833	23552	12507	<u>2833</u>	17046	12507	3966	12507	<u>3966</u>	17046	
500	210	0.42	2.00	4639	2660	2660	590	353	153	1364	1928	1182	2042	2281	1396	1541	707	1943	1541	<u>707</u>	1396	1928	989	1928	<u>989</u>	1396	
300	210	0.70	1.66	3839	1860	1860	459	269	118	883	1259	774	1411	1528	935	1157	539	1358	1157	<u>539</u>	935	1157	754	1157	<u>754</u>	935	
250	210	0.84	1.59	3639	1660	1660	428	255	88	887	1259	774	1380	1514	901	964	509	1212	964	<u>509</u>	901	964	713	964	<u>713</u>	901	
200	210	1.05	1.30	3439	1460	1460	379	238	95	672	964	593	1108	1202	722	771	476	1066	771	<u>476</u>	722	771	666	771	<u>666</u>	722	
800	1135	1.42	0.81	17463	6766	6766	6387	4044	1661	31616	7898	18458	38961	11942	20395	16676	8087	26710	16676	<u>8087</u>	20395	16676	1132	16676	<u>11320</u>	20395	
600	1135	1.89	0.64	16663	5966	5966	5641	3799	2702	17025	5280	10127	23513	9079	13072	12507	7598	23552	12507	<u>7598</u>	13072	12507	1064	12507	<u>10640</u>	13072	
500	210	0.42	1.18	4639	2660	2660	495	433	276	628	1062	571	1197	1495	908	1292	867	1943	1197	<u>867</u>	908	1649	1213	1197	1213	<u>908</u>	
300	210	0.70	0.98	3839	1860	1860	385	324	197	410	708	381	853	1032	620	1005	648	1358	853	648	<u>620</u>	1157	907	853	907	<u>620</u>	
250	210	0.84	1.08	3639	1660	1660	377	293	167	412	708	381	845	1001	586	964	586	1212	845	<u>586</u>	<u>586</u>	964	820	845	820	<u>586</u>	
200	210	1.05	1.03	3439	1460	1460	351	265	138	416	708	381	819	973	552	771	529	1066	771	<u>529</u>	552	771	741	771	741	<u>552</u>	
800	1135	1.42	0.50	17463	6766	6766	5430	1782	4350	8174	9220	5093	14418	11002	9719	14190	3563	26710	14190	<u>3563</u>	9719	16676	4988	14418	<u>4988</u>	9719	
600	1135	1.89	0.47	16663	5966	5966	5094	1557	3211	12639	9220	7595	18498	10777	11050	12507	3115	23552	12507	<u>3115</u>	11050	12507	4360	12507	<u>4360</u>	11050	

figyelembe vételével is – az EC2 esetében a legnagyobb.

- A nagyobb hatékony feszültség miatt gyakran magasabb az átszűrődési vasalás MC szerinti ellenállása, a figyelembe vett vasak alacsonyabb száma ellenére is.
- Bár a MC esetében a vasalás által felvehető erő gyakran jóval nagyobb, mégis az EC2 szerinti teherbírás lesz magasabb, mert a MC szerinti felső korlát gyakran korlátozza azt.
- Az MSZ nem csökkenti a vasalás effektív feszültségét, viszont csak 0,85d széles zónán belül veszi figyelembe a csapokat. Ez a vizsgált esetekben többnyire csak az első sort (fajlagosan számolva ~1,3 sornyt) jelenti. Így összességében azonos átszűrődési ellenállás eléréséhez nagyobb átszűrődési vasmennyiség elhelyezésére van szükség MSZ szerint, mint EC2 szerint.

Az átszűrődési teherbírás felső korlátját illetően az alábbi megállapítások tehetők:

- A MC a legszigorúbb a felső korlát tekintetében. Az EC2 módosítása jelentős szigorítást jelent a kis d/b arányú lemezek esetében. Egyedül a nagy vastagságú lemezek vizsgálatakor fordul elő EC2 esetében, hogy közepes és magas teher szinten is a vasalás teherbírása a mértékadó.
- Az MSZ felső korlátja magas. Így minden vizsgált esetben

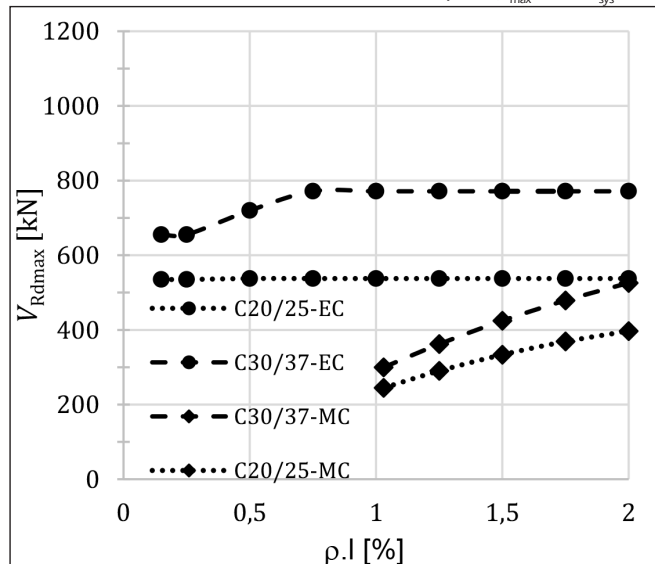
a vasalás határereje volt a mértékadó. A vasalás alkalmas növelésével az MSZ esetében növelhető leginkább a teherbírás értéke.

- Az MSZ szerinti felső korlát csak a betonminőségtől, az EC2 szerinti azonban néhány további paramétértől is függ. A MC felső korlátjának meghatározása a legbonyolultabb. Ez alapvetően összefügg a hajlítási vasalás tervezésével.

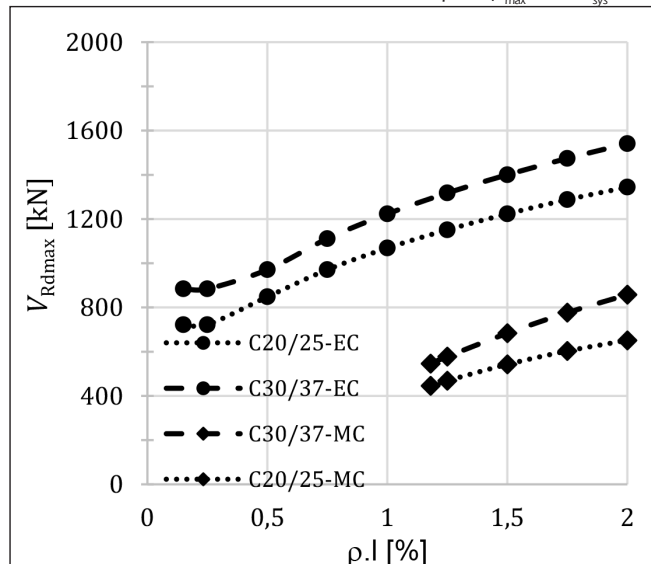
6. AZ ÁTSZÜRÖDÁSI TEHERBÍRÁS FELSZŐ KORLÁTJÁNAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA AZ EC2 ÉS A MC2010 SZERINT

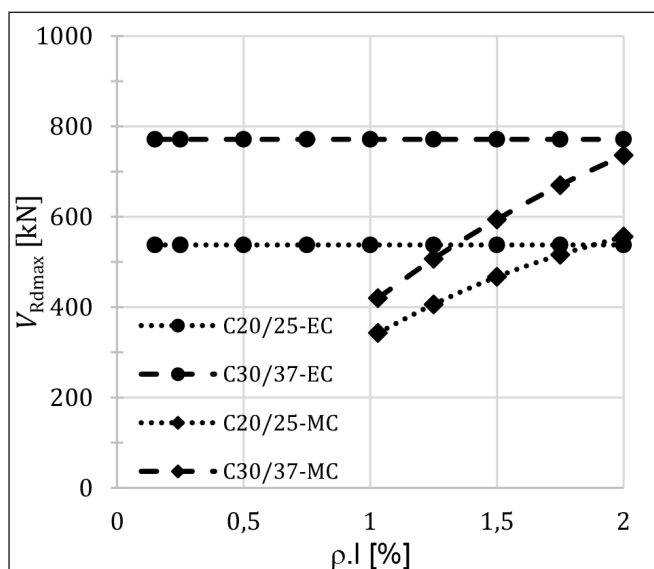
Az EC2 szerinti felső korlát 2016-os módosítása nagy megdöbbenést váltott ki a tartószerkezeti tervezők körében. Ennek fényében érdekes, hogy mire kell számítanunk a jövőben az adott lemezvastagsággal áthidalható támaszközök kérdésében. Készítettünk egy rövid összehasonlítást, melyben a jelenlegi EC2 és a MC átszűrődési teherbírásának felső korlátját hasonlítjuk össze a hajlítási vashányad függvényében. Az alábbi összehasonlítás nem általánosan érvényes, hanem csak

11. ábra: Felső korlátok összehasonlítása 20/20 pillér ($k_{\max}=2.0$; $k_{\text{sys}}=2.0$)



12. ábra: Felső korlátok összehasonlítása 50/50 pillér ($k_{\max}=2.0$; $k_{\text{sys}}=2.0$)





13. ábra: Felső korlátok összehasonlítása 20/20 pillér ($k_{\max}=2.5$; $k_{\text{sys}}=2.8$)

a vizsgált – tipikus – pillér-födém elrendezéshez (méretek, vasalás, teher) használható közvetlenül. Az eredmények a különböző tendenciák érzékeltesére alkalmasak.

A vizsgált elrendezés egy 20/20 és egy 50/50 cm-es pillérhez tartozik, melyek egy 25 cm vastag födémlemezhez kapcsolódnak. A 100%-os nyomatéri kihasználtságot pl. ~1%-os hajlítási vashányaddal kapjuk. A következőkben 2×3 db diagramot közlünk, melyek vízszintes tengelyén a fajlagos hajlítási vashányad, függőleges tengelyén pedig az átszűrődési teherbírás felső korlátja található. Az első két ábra (11.-12. ábrák) a $k_{\max}=2.0$, illetve $k_{\text{sys}}=2.0$ esethez, míg a következő kettő (13-14. ábrák) a $k_{\max}=2.5$; $k_{\text{sys}}=2.8$ esethez tartozik. A C20/25 és a C30/37 betonszilárdsági osztályokat vizsgáltuk.

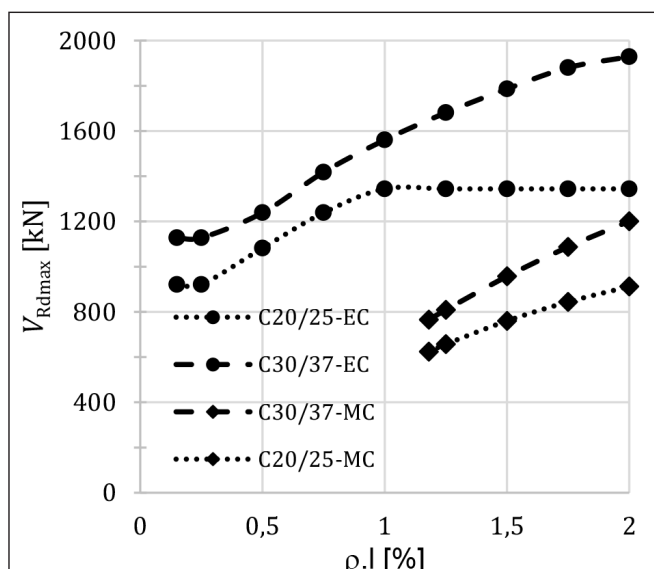
A MC felső korlátja gyakorlatilag minden vizsgált esetben kisebbre adódik, mint az EC2 szerinti érték. Tekintve, hogy a vizsgált esetek tipikusak a tendencia világos: a MC szigorítja az átszűrődési teherbírás felső korlátját a jelenleg hatályos szabványhoz képest.

Megjegyezzük, hogy – amennyiben az geometriailag lehetséges – a hajlítási vasalás növelésével (a hajlítási kihasználtság csökkentésével) az elérhető átszűrődési felső korlát növelhető.

7. ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

Áttekintettük az utolsó MSZ, az EC2 és a várhatóan a közeljövőben bevezetésre kerülő MC átszűrődési méretezésre vonatkozó előírásait, és elemeztük néhány tipikus EC2 szerint megtervezett magasépítési síklemez födém szabványos ellenállását. Elemeztük a komponensenkénti és a végeredményben látszó különbségeket és azok hátterét.

A síklemez födémek jövőbeli versenyképessége szempontjából legfontosabb megállapítás szerint a MC bevezetésével az azonos lemezvastagsággal és betonszilárdsággal áthidalható támaszköz mérete csökken. Az építészeti trendek viszont nem tolerálják az oszlop raszterek csökkentését, ezért a versenyképesség fenntartásához a tervezői gyakorlat módosítása, és sok esetben fejlesztések szükségesek. Az egyik irány a lemezek betonszilárdságának növelése, vagy az oszlopok kerületének növelése. E mellett javasolt olyan megoldások fejlesztése, amelyek alacsony helyszíni élőmunka és rövid építési idő útján képesek kiszolgálni a kor igényeit. A körülmények várhatóan arra sarkallják a mérnököket, hogy a monolit és az előregyártott megoldások előnyeinek ötvözésével alakítsanak ki félmonolit gombafejes födémeket.



14. ábra: Felső korlátok összehasonlítása 50/50 pillér ($k_{\max}=2.5$; $k_{\text{sys}}=2.8$)

8. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Bogdándy, B., Hegedűs, I. (2014): A nyomott öv nyírási teherbírása és az Eurocode szerinti nyírási ellenállás kapcsolata. Vasbetonépítés. 2014/3. pp.62-67.
- Kinnunen S., Nylander H. (1960): Punching of Concrete Slabs Without Shear Reinforcement. Transactions of the Royal Institute of Technology. No.158. Stockholm, Svédország.
- Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozat (MMK) (2004): Síklemez födémek átlukadás elleni méretezése. Budapest
- Muttoni A. (2008): Punching Shear Strength of Reinforced Concrete Slabs without Transverse Reinforcement. ACI Structural Journal, July-August pp.440-450.
- Muttoni, A., Fernández, R. M., (2009): Application of the critical shear crack theory to punching of R/C slabs with transverse reinforcement. ACI Structural Journal, 106, 4, pp. 485-494, <https://doi.org/10.14359/56614>
- Muttoni A., Ruiz M. F., Bentz E., Foster S., Sigris V. (2013): Background to fib Model Code 2010 Shear provisions – part II. Punching shear. Structural Concrete 14 No.3. pp.204-214., <https://doi.org/10.1002/suco.201200064>
- Völgyi, I., Windisch, A. (2014): Resistance of reinforced concrete members with hollow circular cross-sections under combined bending and shear - Part II: New calculation model. Structural Concrete. 15/1. pp.21-29., <https://doi.org/10.1002/suco.201200036>
- Völgyi, I., Windisch, A. (2017): Experimental investigation of the role of aggregate interlock in the shear resistance of reinforced concrete beams. Structural Concrete. pp.792-800., <https://doi.org/10.1002/suco.201600137>
- Walraven J. C. (1981): Fundamental Analysis of Aggregate Interlock. Journal of Structural Engineering. ASCE V.107. No.11 pp.2245-2270.
- Windisch A. (1988): Das Modell der charakteristischen Bruchquerschnitte. Beton und Stahlbetonbau. 83 pp.251-255., <https://doi.org/10.1002/best.198800400>

Jobbágy Dávid (1991) okleveles építőmérnök (2016), M-TEAMPANNON Kft. tartószerkezeti tervező: középületek, irodaházak tervezése.

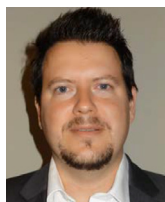
Dr. Völgyi István (1979) okleveles építőmérnök (2002), Betontechnológiai szakmérnök (2009), PhD (2011), a BME Hidak és Szerkezetek Tanszék docense. Kapcsolódó kutatási területek: vasbeton rúdszerkezetek nyírási viselkedése, vasbeton lemezek átszűrődési viselkedése. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

DEVELOPMENT OF DESIGN CODES FOR PUNCHING DESIGN OF REINFORCED CONCRETE SLABS

Dávid Jobbágy – Istvan Völgyi

The design rules for punching of reinforced concrete slabs according to the MSZ EN 1992 standard has been changed a few years ago. The more strict rules have a significant effect on the thickness and competitiveness of the reinforced concrete slabs. The aim of the paper is to show the trends of this field in the close future. The punching design method of the Model Code 2010 and background is shown in the paper. The design resistance for slabs of typical buildings according to the earlier hungarian standard (MSZ15022), the current standard (MSZ EN 1992) and the Model Code 2010 is analysed.

MONOLIT VÁZZAL KOMBINÁLT ELŐREGYÁRTOTT VASBETON FÖDÉMRENDSZER BEFOGÁSI VISZONYAI



Dr. Almási József - Nemes Bálint

DOI: 10.32969/VB.2019.2.3

Manapság ritkán előforduló esemény, hogy a tervezőnek lehetősége legyen az általa tervezett szerkezet tényleges viselkedését mérésekkel ellenőrizni és abból a gyakorlat számára használható információkat leszűrni. Cikkünk arról számol be, hogy a két gyakran használt födém típus elméleti számítási eredményeit milyen mértékben lehet a tényleges viselkedéshez igazodóan korrigálni, és ezzel gazdaságosabb tervezést elérni.

Kulcsszavak: az elméleti és tényleges szerkezeti viselkedés, próbaterhelés, befogás mértéke

1. BEVEZETÉS

A hazai építési gyakorlat szívesen alkalmazza a monolit vb. vázzal kombinált előregyártott vb. födémrendszert.

A monolit váz-gerenda és az előregyártott födém elemek csatlakozásánál, illetve csomóponti kialakításánál többféle megoldás lehetséges, de mindezek közös jellemzője, hogy a monolit gerenda adta „befogási hatás” meghatározása a födém szerkezetre csak „becsléseken” alapul.

A közelmúlt egyik épületénél a beruházó támogatásával a fent jellemzett födémek próbaterhelését végezték el. Az így kapott eredményekből közelebbi megállapítások tehetők az előre gyártott födém elemek befogási viszonyaira és a számítás pontosítására.

A következőkben a vizsgált szerkezeti kialakítást, a próbaterhelés főbb eredményeit és a jövőbeni statikai számításokhoz használható következtetéseket ismertetjük.

2. A VIZSGÁLT SZERKEZETI KIALAKÍTÁSOK

Az 1. ábrán a monolit vb. gerendához csatlakozó előregyártott elemekkel kialakított födém szerkezet alaprajzi elrendezését láthatjuk.

A mai építészeti megoldások általános jellemzője, hogy mindkét irányban szívesen változtatják az alátámasztó oszlop közötti távolságot, hogy a funkcióhoz jobban igazodó építészeti megoldás születhessen. Ennek következménye a szerkezetre nézve igen sokirányú és többek között az építési költségek és főként az építési idő összhangját, továbbá a szerkezet tényleges viselkedését célszerű figyelembe venni az optimális szerkezeti kialakításhoz.

A bemutatott födémrészlet nagy nyílásokkal áttört és változó oszloptávolságú alaprajzot mutat.

Amennyiben a helyszíni építés és a helyszínen kívüli előregyártás együttes kombinációja mellett döntünk (az építési idő rövidítésére nyílik ezzel lehetőség), akkor

természetes módon adódik a monolit oszloprendszer és monolit gerendarendszer alkalmazása.

Csak zárójelben jegyezzük meg, hogy másik lehetőség az előregyártott gerendarendszerrel való kombináció lenne, azonban ennek elemzése most nem tárgya cikkünknek.

A bemutatott födémrészletnél a nagyméretű nyílások kialakítása döntően befolyásolja a monolit gerendák célszerű haladási irányát, amit az 1. ábrán vízszintes helyzetben látunk. A gerendákra merőleges irányban kettő előregyártott födém szerkezeti kialakítás látható: a kisebb nyílásoknál a körüreges födém elemek helyszíni felbetonnal, illetve a nagyobb nyílások esetén az előregyártott feszített gerendákra helyezett zsalupallók és helyszíni beton a szerkezeti megoldás. A próbaterheléssel vizsgált területet a 2. ábra mutatja.

A két szerkezeti kialakításnál az alaprajzi részletek és az alkalmazott csomóponti kapcsolatok a 3., 4. és 5. ábrán láthatóak.

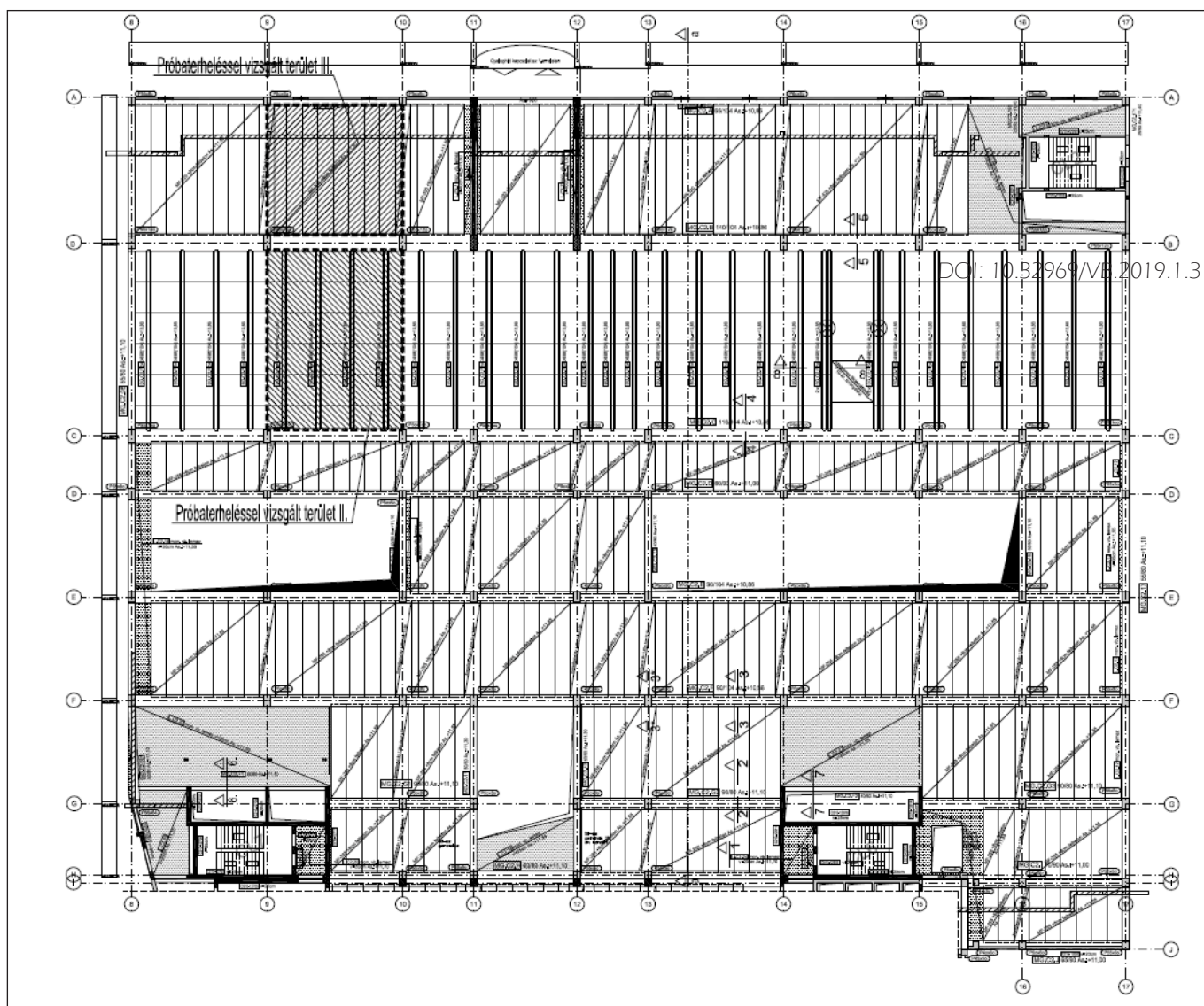
A csomóponti kialakításokból az látszik, hogy a kapcsolatok bizonyos befogási nyomatók kialakulását lehetővé tesznek az egyszerű kéttámaszú, csuklós feltámaszkodáshoz képest, amit célszerű az igénybevételek számításánál figyelembe venni.

Kérdés, hogy ezen befogások mértéke mennyi, amit a gyakorlati alkalmazás során figyelembe lehet venni, cikkünkben erre keressük a választ.

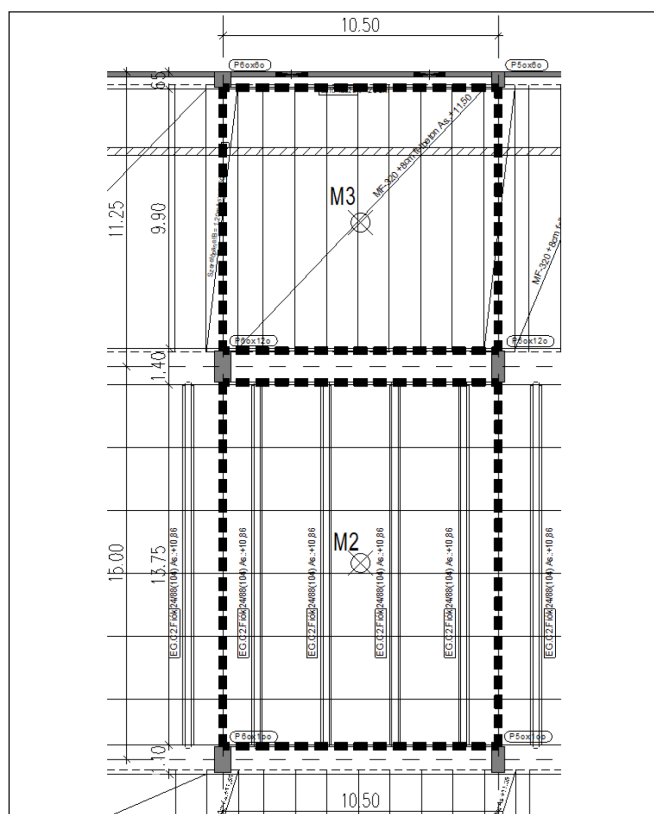
Amennyiben a körüreges pallók feszítettek – és rendszerint azok – akkor a gerenda csatlakozásánál a „körbe betonozás” és a támasz feletti vasalás mértékétől függően a palló a terheléskor befeszül és elfordulás ellen rögzített (vagy korlátozottan rögzített) végű tartóként viselkedik (3., 5. ábra).

A zsalupallóval kombinált feszített gerendás födémnél a feltámaszkodásnál kialakított horonyban (4.b ábra) a gerendavég szintén „befeszül”, ami a „kvázi túlemelésből” (feszítésből származó felhajlásból) származó jelentős többlet igénybevétel (hajlítás – normál erő) felvételére teszi alkalmassá a tartórendszert, ami a két végén megtámasztott rendszerhez képest többlet teherbírást eredményez.

Mindkét födém kialakításnál a „kvázi befogás” mértéke a kérdés.



1. ábra: Előre gyártott elemekkel kialakított födémrendszer



2. ábra: Probaterheléshez kiválasztott födémterület

3. A PRÓBATERHELÉS ÉS A MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A feltett kérdésre választ kaphatunk, ha az elkészült szerkezetet próbaterheljük és viselkedését alakváltozásméréssel követjük.

A kiválasztott födémszakasz próbaterhelésének végső elrendezését az 6. és 7. ábra mutatja.

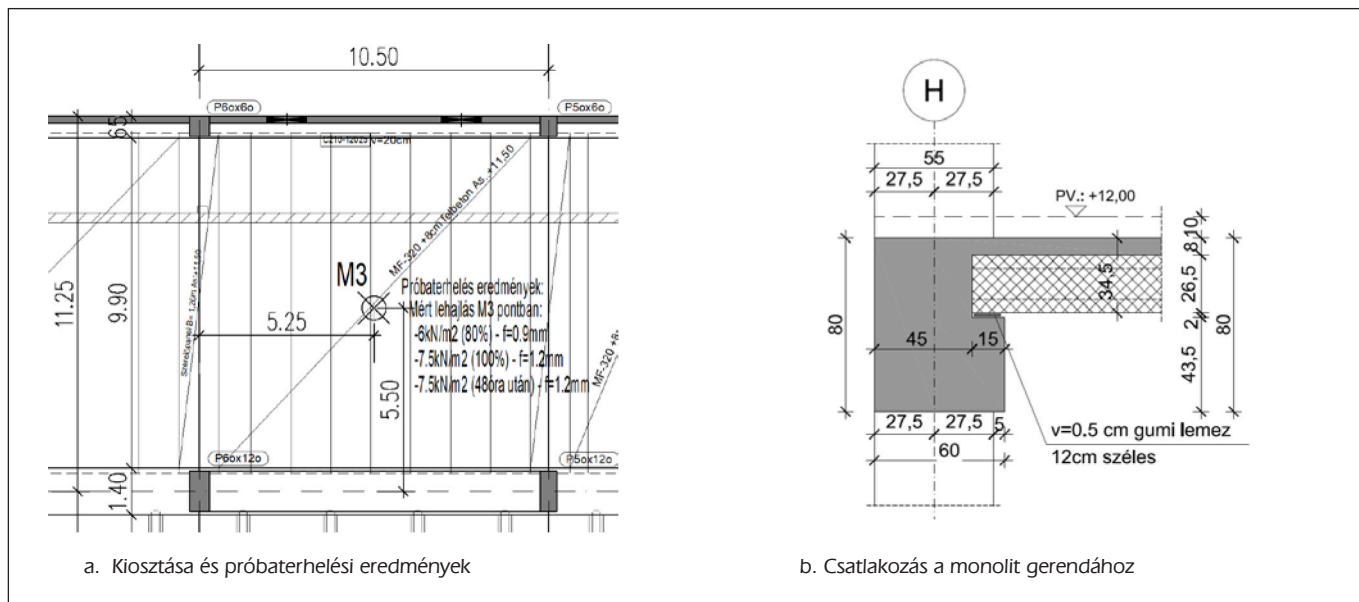
A 7,5 kN/m² hasznos terhelés felhordása két lépcsőben történt, olyan kvázi egyenletesnek tekinthető teher elrendezése mellett, hogy a födémrendszert közel egyenletesen „hajlítsa”, ne okozzon koncentrált hajlítást. A vizsgált kialakítások jellemzőit mutatja az 1. táblázat.

A terhelés során a födém lehajlásokat mértük a nyílás közepén (3.a és 4.a ábra).

A számított (csuklós) és mért (befogott) lehajlások végértékei a 2. táblázatban láthatók. Továbbá megadtuk ezen statikai vázakhoz tartozóan számítható nyomatékokat.

1. táblázat

Fióktartó + zsalu elem és felbeton	L=13,8 m	q=7,5 kN/m ²
Körüreges elem + felbetonnal MF320	L=10,05 m	q=7,5 kN/m ²



3. ábra: Körüreges födém

4. A BEFOGÁS MÉRTÉKÉNEK ÉS HATÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A próbaterheléskor mért lehajlási értékek a kéttámaszú csuklós tartó esetében számított lehajlásoktól jelentősen eltérnek (2. táblázat)

Kisebb eltérést tapasztalunk a lehajlásoknál, ha az összehasonlítást a két végén befogott tartó esetére végezzük el.

Ezen összehasonlításokból arra a következtetésre juthatunk, hogy a megvalósult szerkezeti kialakítás inkább a két végén befogott tartórendszerhez áll közelebb, mint a kéttámaszú csuklós tartórendszerhez. A befogás mértékének pontosabb meghatározására a mért és számítható lehajlási értékek összevetéséből indulunk ki.

A két végén csuklós tartó középső keresztmetszetének lehajlását az $5/384 \cdot ql^4/IE$ összefüggés, míg a két végén befogott tartónál $1/384 \cdot ql^4/IE$ összefüggés adja meg, tehát „tisztá” esetben (elméletileg) a különbség ötszörös értéket mutat.

A kéttámaszú csuklós tartó számított lehajlása a próbaterheléskor mért lehajlásához képest:

a fióktartós födémnél $7/1,5 = 4,66$,
a körüreges födém felbetonnal $7,2/1,2 = 6,00$

hányados értéket mutat.

2. táblázat: A próbaterheléskor mért lehajlási értékek

	lehajlás	mezőnyomaték	támasznyomaték
	mm	kNm	kNm
Fióktartós $L=13,8 \text{ m}$, $q=7,5 \text{ kN/m}^2$			
Kéttámaszú csuklós	7,0	469	0
Kéttámaszú befogott	1,4	156	313
Próbaterhelési eredmény	1,5	nincs adat	nincs adat
Körüreges felbetonnal MF320 $L=10,05 \text{ m}$, $q=7,5 \text{ kN/m}^2$			
Kéttámaszú csuklós	7,2	114	0
Kéttámaszú befogott	1,44	38	76
Próbaterhelési eredmény	1,2	nincs adat	nincs adat

Az elméleti ötszörös hányadostól való eltérésekre a következő magyarázatokat adhatjuk.

4.1. Fióktartós kialakítás esete (4.a és 4.b. ábra)

A 4,66-os hányados érték azt jelzi, hogy ez a kialakítás közel van a teljes befogásnál kiadódó 5,00 értékhez, azaz az alkalmazott kialakítással majdnem 100 %-os a tartóvég befogása.

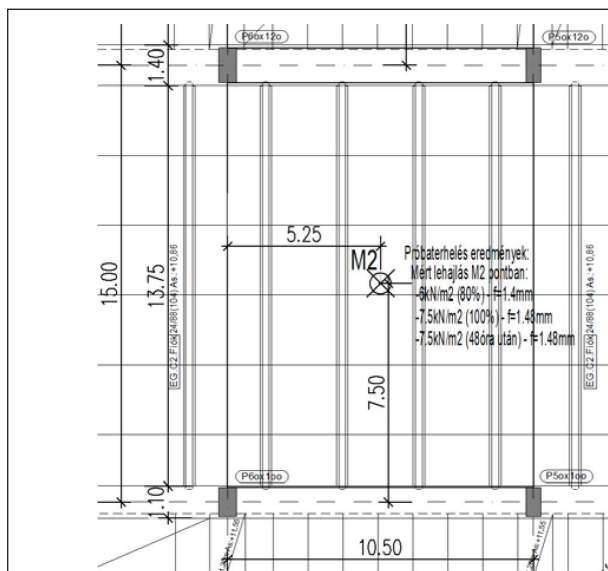
Nyilván ebben a feszítésből származó felhajlás adta „ívhatás” is megjelenik, azonban ennek mértékét az elvégzett próbaterhelés esetéből nem lehet megállapítani (szétválasztani), így a kettős hatás (befeszülés és ívhatás) együttesen jelenik meg. A mért lehajlási eredményből így is megállapítható a tartórendszer többlet teherbírási képessége.

Amennyiben a biztonság mértékét $\gamma_c=1,5$ értékre vesszük fel, akkor a tényleges viselkedést figyelembe vevő és igénybevételt csökkentő szorzó (arányosítási tényező) határozható meg:

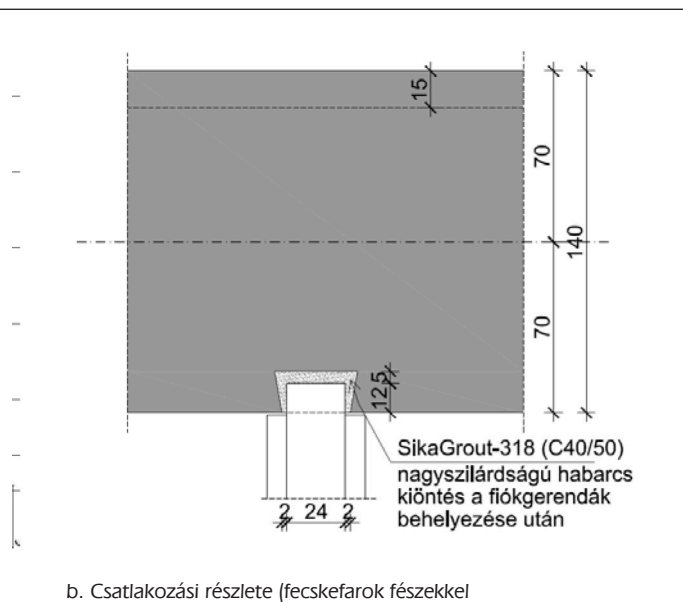
$$n_b = \frac{4,66}{1,5} = 3,1, \quad \text{és a}$$

$$\text{lehajlás összefüggése: } f = \frac{5/3,1 \cdot ql^4}{384 \cdot EI} = \frac{1,61 \cdot ql^4}{384 \cdot EI},$$

a mező nyomaték tervezési értéke:

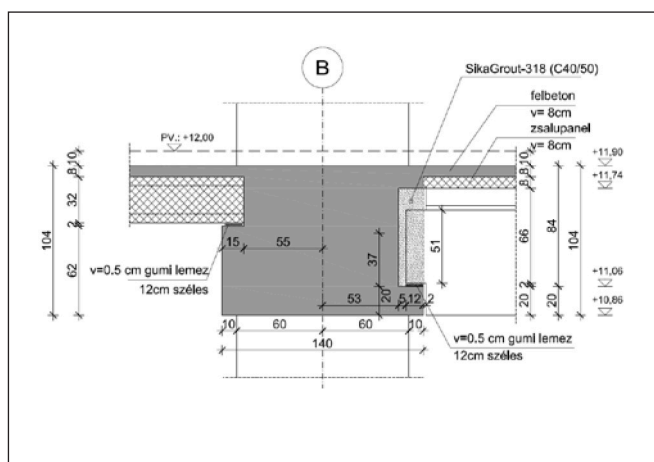


a. Zsalupalló elemek kiosztása és próbaterhelési eredmények



b. Csatlakozási részlete (fecskefarok fészekkel)

4. ábra: Feszített gerenda



5. ábra: Fiókgerenda és körüreges elem csatlakozása a monolit gerendához



6. ábra: Körüreges földem terhelése

$$m^+ = \frac{ql^2}{24} \cdot \sqrt{\frac{1}{\frac{3,1}{5,0}}} = \frac{ql^2}{18,89}$$

képlettel számítható, szemben a $\frac{ql^2}{8}$ értékkel.

4.2. Körüreges földem esete (3.a. és 3.b ábra)

Ebben az esetben meghatározott „lehajlási hányados” (6,0) azt jelzi, hogy a kialakításnál nem csak a befogás, hanem a „befeszülés” is jelentősebb mértékben érezteti hatását, ami a rendszer „egyenletes” (folyamatos) kialakításából (feltámaszkodásából) jobban is következik, szemben a fiókgerendás esettel, ahol a gerendaválnál van diszkrét pontokon vízszintes támaszkodás.

A fenti analógia alapján a tényleges viselkedést figyelembe vevő csökkentő szorzó (arányosítási tényező) $\gamma_c = 1,5$ biztonsági tényező esetén:

$$n_b = \frac{6,0}{1,5} = 4,0, \quad \text{és a lehajlás}$$

$$\text{összefüggése: } f = \frac{1,25}{384} \frac{ql^4}{EI},$$



7. ábra: Fióktartós földem terhelése

a mező nyomaték tervezési értéke:

$$m^+ = \frac{ql^2}{24} \cdot \sqrt{\frac{1}{\frac{4,0}{5}}} = \frac{ql^2}{21,46},$$

szemben a $\frac{ql^2}{8}$ értékkel.

4.3. A földem feltámaszkodási környezete

A földemelemek feltámaszkodási környezetében a 3. és 4. ábrán bemutatott kialakítások esetében egyaránt - a befogási környezetben - a befogott tartónak megfelelő nyomatékra célszerű a vasalást kialakítani

$$(m^- = \frac{ql^2}{12}).$$

A fentiekből azt láthatjuk, hogy mindkét földem kialakítás esetében jelentősen csökkentett mezőnyomatékra méretezhetjük a földemszerkezetet.

4.4. A nyíróerő értéke, nyírási vizsgálat

A földem tartóvégeknek a befogása a fellépő nyíróerő értékét nem változtatja meg a szabad feltámaszkodáshoz képest, tehát az így számított nyíróerőkre kell a nyírási teherbírás-vizsgálatot elvégezni. De érdekes lehet a nagymagasságú körüreges földempallók esete, ahol annak méretét jelentősen csökkentett nyomatékra ellenőrizzük, viszont a nyíróerőre való viselkedés ezen elemekkel óvatosságra int, mert a tényleges nyírási teherbírásuk általában az elméleti számított értékhez képest kisebb a kísérleti vizsgálatok szerint.

5. EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Dolgozatunkban az 1. ábrán bemutatott fiókgerendás plusz zsalu héjas, valamint a körüreges földempalló plusz felbetonnal kialakított földemek megtámaszkodásánál kialakuló befogás mértékét elemeztük próbaterhelési eredményekre támaszkodva. Ennek kapcsán azt vizsgáltuk, hogy a két végén „kvázi befogással” történő szerkezeti kialakításnál milyen mértékű mezőnyomatéki igénybevétel-csökkentés érhető el.

A megépített szerkezet próbaterhelése során meghatározott lehajlások és az elméleti lehajlások arányosításával csökkentő szorzókat állapítottunk meg, melyek segítségével levezettük a földem mezőnyomatékának meghatározására szolgáló összefüggéseket.

A csökkentett mezőnyomatéki igénybevétel számítására

javasolt összefüggéseket próbaterhelési eredményekre támaszkodva adtuk meg. Így a fiókgerendás földem esetében a mezőnyomaték

$$m^+ = \frac{ql^2}{18,89}, \text{ míg körüreges pallós földem}$$

$$\text{esetében a mező nyomaték } m^+ = \frac{ql^2}{21,46},$$

szemben a kéttámaszú tartó $\left(\frac{ql^2}{8}\right)$ értékével.

A lehajlások számítására fióktartós földem kialakítás esetében az

$$f = \frac{1,61}{384} \frac{ql^4}{EI}$$

összefüggést és a felbetonnal ellátott körüreges palló esetében:

$$f = \frac{1,25}{384} \frac{ql^4}{EI}$$

összefüggést ajánljuk.

A bemutatott vizsgálat azt is igazolja, hogy a szerkezet tényleges viselkedést követő számítási módszer kialakításához nagyon is célszerű a szerkezetek próbaterhelésének elvégzése, mert az ebből levonható következtetések részben előre viszik a tudományt és részben a jövőbeni szerkezetek gazdaságosabb kialakítását teszik lehetővé, tehát a befektetés bőven megtérül.

Dr. Almási József (1940) okl. építőmérnök (1964), műszaki doktor (1972), 29 évi kutatás a BME Vasbetonszerkezetek Tanszékén, több mint 200 szakvélemény készítője, 1995 óta a CAEC Kft, 2002 óta az APSE Kft. ügyvezetője. 2002-ben Palotás díjat kapott. A BME címzetes egyetemi docense.

Nemes Bálint (1976) okleveles építőmérnök (1999), vezető tervező, tartószerkezeti szakértő, műszaki ellenőr, 1999 óta statikus tervező a CAEC Kft-nél.

EFFECT OF COMPOSITE ACTION BETWEEN PRECAST CONCRETE FLOOR AND CAST IN SITU FRAME SYSTEM

József Almási – Bálint Nemes

Partial fixity ratio of prefabricated floor structures with a combination of cast in situ RC. frame. Today's practice gives very few possibilities to the structural designer to make in situ load test on built structures, to get real information about the deformation of floor decks. The article gives a summary about the proportion of partial restraint can be used for structural analysis of floor structures which are formed according Figs. 3 and 4. Based on the measured deflection and its reduction compared to the theoretical values, we propose a modified calculation of bending moments and deflection (4.1, and 4.2 points) which describes better the behavior of the built structure.

A TARTÓSZERKEZETI OKTATÁS ALAKULÁSA ÉS HATÁSA A MŰEGYETEMI ÉPÍTÉSZKÉPZÉS 1945 ELŐTTI RAJZFELADATAIRA



Fehér Krisztina – Dr. habil. Sajtos István – Dr. habil. Krähling János

DOI: 10.32969/VB.2019.2.4

A műegyetemi képzés évszázadokra visszanyúló történetében az építészek önálló tartószervezeti oktatása csak a 19. század legvégétől valósult meg. A Graphostatika és a Műszaki mechanika tantárgyak az építészeti tervezésre eleinte csak közvetett hatást gyakoroltak. A Vas és vasbeton szerkezetek tantárgy 1915-ös bevezetése már az új építészeti irányzatokkal állt összhangban, majd az 1920-1930-as évekre kialakult a tervezés, a szerkezeti ismeretek és az épületszerkezettani konstruálás egysége. Erről a folyamatról tanúskodnak az Építészettörténeti és Műemléki Tanszék Rajz- és Fotótárában található eredeti, oktatástörténeti szempontból kiemelkedő fontosságú rajzok, amelyek a történeti építészet, a kortárs tervezés és a szerkezeti ismeretek viszonyának időbeli változását mutatják. A gyűjtemény vizsgálata alapján leszűrhető, hogy a 19. századi historizáló építészek tervezésük során alkalmazott gótikus stílust, nem csak formakészletként, hanem szerkezeti rendszerként is értelmezték. Ekképpen a gótikus rendszer felfogható úgy is, mint a 20. század elején egyre inkább teret hódító vasbeton szerkezeti rendszerek egyike, amelyek szintén jellegzetes formai világgal, arányrendszerrel, méretrenddel és belső törvényszerűségekkel rendelkeztek.

Kulcsszavak: építészoktatás, tartószervezet - tervezés, graphostatika, vasbeton-történet, historizmus

1. BEVEZETÉS

A műegyetemi építészképzés kialakulása szorosan összefonódik a magyarországi historizmus építészetének térhódításával, kiteljesedésével. Az első, tervezést oktató tanszékek aszerint tagozódtak, hogy professzoraik melyik történeti korszak (ókor, középkor, újkor) stílusában való tervezést oktatták. A historizmus építészetéről és a stílusban tervezés oktatásáról már a szóhasználat miatt is az az általánosan elfogadott képzetünk, hogy a történeti korok stílusjegyei azok, amelyek meghatározzák a tervezést. A modern mozgalom éppen a felesleges külsőségek halmozása miatt hirdette (Komor, 1929) a történeti formák elvetését az építészeti tervezésben és a műegyetemi oktatásban egyaránt. Az Építészettörténeti és Műemléki Tanszék Rajz- és Fotótára (továbbiakban Éptört. Rajzt.) számos hallgatói rajzot tartalmaz, amelyek átfogó képet tudnak adni az intézményesült oktatás első szakaszától kezdődően zajló változási folyamatokról, amelyek nem csak az oktatásban, hanem azzal kölcsönhatásban a tervezésben is megmutatkoztak. A rajzokat szerkezeti szempontból vizsgálva kísérletet teszünk arra, hogy áttekintsük az építészeti tervezés és szerkezeti gondolkodás viszonyának változását a 19. századtól a második világháborúig terjedő időszakban.

2. A TARTÓSZERKEZET-OKTATÁS KEZDETEI

A Műegyetem szilárdságtan és tartószervezettan oktatásának kezdeti fél évszázadában három egymást követő periódust figyelhetünk meg.

2.1. Első szakasz

A József Nádor Műegyetem Építészeti osztályának megalakulásától fogva a mechanika oktatása jelentette azt a tárgycsoportot, amelyből a szilárdságtan és a tartószervezettan tárgyai kinőttek. Ez elsősorban elméleti jellegű előadásokat jelentett, a gyakorlati képzés ekkor még elenyészően kevés volt. Az építészeti szakosztály hallgatói 1885-ig a gépész- és építőmérnök hallgatókkal együtt vettek részt a mechanika előadásokon (Csonka, Deák, 1982). A *Grapho-Statikát* Kherndl Antal, a *Műszaki mechanikát* Szily Kálmán és Horváth Ignác, később pedig Nagy Dezső oktatta. A Királyi József Műegyetem Vezetőtestülete 1894-ben döntött a Mérnöki és Építészeti Szakosztály számára az önálló graphostatika-oktatásról (Batalka, 2007. 42-43.) Ehhez az elméleti háttérrel az építészeti szerkezetek vonatkozásában Carl Culmann könyve alapozta meg. (Culmann, 1880, továbbá lásd Andai, 1959. 308.) A graphostatika további szakirodalmi háttérét jelentették: Hausser, 1886; Bourlet, 1902. (Carlo Bourlet a párizsi École Nationale des Beaux-Arts professzora volt, 1902-ben kiadott műve pedig építészhallgatóknak és mérnököknek szólt.) Kherndl Antal, majd Czákó Adolf, akik Culmann-nál tanultak az Eidgenössische Technische Hochschulen Zürichben, lényegében ez alapján oktattak. Ritter Ágost *Műszaki mechanika* (Maurer Mór fordításában) című könyve, mint a szerkezettervezés egyik legkorábbi szakirodalmi forrása, megtalálható volt a Középkori Építéstan Tanszék könyvtárában. (Ritter, 1879) Az Építészettörténeti és Műemléki Tanszéken található, „*A m. kir. József Műegyetem Középkori tanszékének czimjegyzéke*” című forrásban a 632. sorszám alatt szerepelt. A könyv jelenleg a Szilárdságtani és Tartószervezeti Tanszék könyvtárában talál-

ható, benne „Steindl tanár tulajdona”, illetve az „Alkalmazott Szilárdságtan Tanszéke” pecséttel, kézzel írott száma: II/6a 1382. A könyvet nyilvánvalóan – más mechanika könyvekkel együtt – az 1898-ban alapított új tanszéknek adták át.) Ebből az időszakból maradt fenn Kherndl Antal graphostatika előadásainak sokszorosított, kézzel írt jegyzete hozzá tartozó ábragyűjteménnyel [Kherndl A. (Bernauer I., Tinkel R. szerk.) (1874?): Kherndl Antal előadásai után összeállította Bernauer Izidor és Tinkel Rezső]. A képzés elméleti hátterét jelentő *Handbuch der Architektur* könyvsorozat szerkezetani részei lényegében szintén a graphostatika elméleti alapjait követték. Kherndl Antal *A statikailag határozatlan reakciójú csuklós tartók grafikai elemzése* című művét a Magyar Tudományos Akadémia nagydíjjal tüntette ki, ezen kívül pedig megjelentek a magyar nyelvű graphostatika könyvek, például Maurer Mór 1882-es *Statique graphique appliquée aux constructions* (Maurer, 1882) című műve 1883-ban jelent meg magyar fordításban számos szöveggközi ábrával és 20 könyvomatú lappal (Maurer, 1883). Mindezeket túl Monier 1867-es szabadalma vasalt beton virágédények készítésére, majd 1873-ban hidakra és 1875-ben lépcsőkre (Andai, 1959. 316.), Magyarországon pedig Wünsch Róbert vasbeton szerkezeteinek megépülése jelentett előrelépést 1886-tól. Az 1890-ben épült sárbogárdi vasbeton híd (18 m fesztáv) például Monier szabadalma alapján készült. (A hidról csak egy rajz maradt meg, ami feltehetően a *Beton und Eisen*-ben megjelent Wayss und Freytag cég hirdetésében levő fényképről készült.) További mintát jelentettek a korábbi német példák is, úgy mint a Wayss és Freytag cég húzott vas – nyomott beton rendszere. Az építésképzés keretében megvalósuló tartószerkezet-oktatás kezdeti szakasza Magyarországon összhangban volt azzal a kezdetleges állapottal, ahogy az a német építésképző helyek órarendjében is szerepelt: lényegében anyagtani és alapvető épületszerkezeti ismeretekre korlátozódott, ahogy azt Rudolf Redtenbacher tanulmánya (1879) is megerősíti (Redtenbacher, 1879).

2.2. Második szakasz

A tartószerkezeti oktatás második szakaszának kezdetét az a fontos oktatástörténeti esemény jelzi, hogy 1898-ban Czakó Adolf vezetésével megalakult az Alkalmazott Szilárdságtani Tanszék. A tanszéknek és a tanszéken folyó oktatásnak, ahogyan azt Czakó Adolf megfogalmazta, az volt a célja, hogy „A tervező építész, mint az egész műnek az alkotója, ha a részletes számításokat nem is maga végzi, a kellő szakértelemmel vehessen részt a szoba jövő megoldások mérlegelésében és ne legyen pusztán szemlélője a mások által koncipiált szerkezeti megoldásnak.” Az elméleti oktatás mellett a számítások és labor-bemutatók is nagy szerepet kaptak. Erre a célra a tanszék a Múzeum körüli Műegyetem udvarán ideiglenes épületben működtetett labort. Ugyanebben az évben jelent meg Sobó Jenő Építéstan című kétkötetes műve, amely az első átfogó magyar nyelvű szerkezetani könyvnek tekinthető (Sobó, 1989). Ennek ábrái és szemlélete nagyban hozzájárult a századforduló szerkezetani oktatásának fejlődéséhez, Lechner Jenő és Warga László 1904-ben megjelent Építők Zsebkönyve is főleg erre épült (Lechner, Warga, 1904).

Az 1900-as évek elejétől az építőipar évkönyveiben, folyóirataiban egyre gyakrabban jelentek meg az új anyagokat és szerkezeteket propagáló cikkek, ismertetések, majd később számos fontos szakmai publikáció jelent meg a *Budapesti Építőmesterek Ipartestülete Évkönyveiben*.

Lechner és Warga 1905-ös zsebkönyve komoly szakirodalmi háttérre épült, továbbá az is kitűnik belőle, hogy a Petőfi híd túloldalán a főváros kísérleti állomást működtetett, ahol kö-

téglá- és más szerkezetek mechanikai vizsgálatait végezték. Ennek a laboratóriumnak Kazinczy Gábor volt a vezetője (Lechner, Warga, 1904).

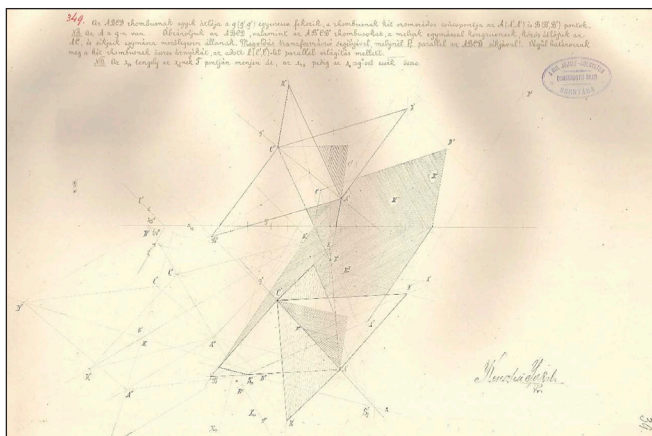
2.3. Harmadik szakasz

Az oktatás fejlődésének harmadik szakaszát a vasbeton építésének, tartószerkezeti működésének megjelenése jelentette. A legfontosabb változást Lampl Hugó és Sajó Elemér 1914-es vasbetonról szóló könyve hozta (Lampl, Sajó, 1914). Emellett rendkívüli jelentőségű volt a Hennebique-féle szabadalom magyar képviselője, Zielinski Szilárd munkássága (hídjairól lásd Andai, 1959. 318.), továbbá Mihailich Győző mérnöki szerkezeteinek megépülése, például a temesvári Liget úti közúti híd vagy a csepeli vámmentes kikötő gabonatarháza.

A vasbetonnak mint anyagnak és mint szerkezetnek az oktatása az építészmérnökök számára 1905-ben kezdődött meg először választható, utóbb kötelező tantárgyként.

A Műegyetemen 1910-ben indult a *Nagyobb fesztávú terek lefedése* című tantárgy, amelyre alapozva később Csonka Pál, majd Pelikán József vezetésével a modern tartószerkezet-oktatás kialakult. Czakó Adolf 1913-ban bemutatott falszerkezet-kísérletei egy újabb lépcsőfokot jelentettek az oktatás fejlődésében (Czakó, 1913; Czakó, 1909). 1915-ben az új tanterv életbe lépésével ifj. Szily Kálmán, majd Anderlik Előd előadásaival, *Mechanika* címmel új tantárgyat vezettek be, amelyhez a felsőbb félévekben az *Alkalmazott szilárdságtan*, majd később a *Vas- és vasbentonszerkezetek* tantárgy csatlakozott Czakó Adolf és Mihailich Győző vezetésével. Ebből az időszakból maradt fenn a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem központi könyvtárában egy nagyjából 1918-ból származó, Czakó előadásait összefoglaló kéziratos, sokszorosított jegyzet (Czakó, 1918). Czakó tevékenysége leginkább abban jelentett mérföldkövet az oktatás történetében, hogy előadásaiban összekötötte a szerkezetek statikáját és szilárdságtanát a gyakorlati, épületszerkezetani alkalmazással, vallva, hogy „a jó mérnökképzésnek elsősorban is a műegyetemi szakoktatásnak azon a gyakorlatias irányán kell alapulnia, mely az élet valódi szükségleteihez szabja a tanítás anyagát...” (Csonka, 1942. 173.).

A műegyetemi szerkezeti oktatás a későbbiek folyamán is magas színvonalon történt. A tanrend 1930-ban (Kotsis, 1930. 6-7.) az első évfolyamon a *Mechanika I.* tantárgycsoportot tartalmazta, amelyhez a második félévben társult az *Alkalmazott szilárdságtan I* és az *Épületszerkezetek I.* Ezek megalapozására a tanulmányok kezdetétől a *Matematika*, Ábrázoló Geometria és a *Chémia* szolgált. A második évfolyamon az *Alkalmazott szilárdságtan* és az *Épületszerkezetek* tárgycsoport folytatása történt, amik mellé a negyedik félévben már építészeti tervezés is társult. A harmadik évfolyam a megnövekedett tervezési óraszám mellett már az *Épületszerkezetek III.* és a *Vas és vasbeton szerkezetek I.* tárgyakat tanulta. Utóbbinak folytatását (*Vas és vasbeton szerkezetek II. és III.*) a következő félév tartalmazta. Az 1920-as években Mueller Félix előadásai alapján készült *Az épületszerkezetek statikája* című több kötetes jegyzet a szerkezetkonstruálás és a statikai, szilárdságtani ismeretek kölcsönhatását tükrözi (Mueller, 1927-1928). Mindezek mellett az ismereteket a különböző épületgépészeti rendszereket oktató tantárgyak egészítették ki. A tanrend felépítése is mutatja, hogy a tantárgyak egymásra épültek, logikusan és fokozatosan felépítve alapozták meg a tervezési ismereteket. A tartószerkezeti tárgyak szoros kölcsönhatásban voltak a graphostatikához szükséges ábrázoló geometriai, anyagtani és épületszerkezetani tárgyakkal (*1. ábra*).



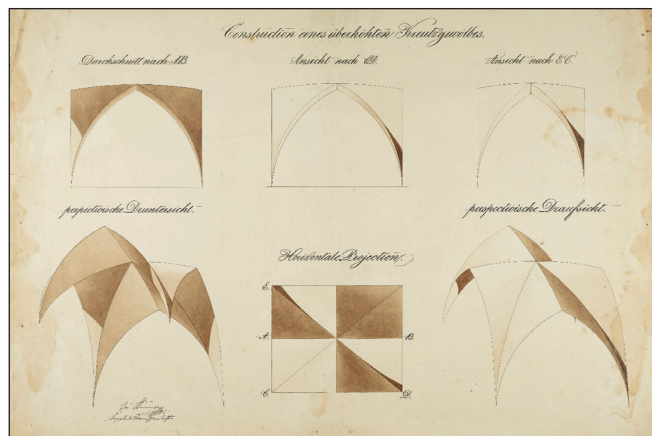
1. ábra: Keresztesi Jakab I. évfolyamos hallgató rajza ábrázoló geometria feladat megoldására az 1900/1901-es tanévből, a „Kir. József – Műegyetem Constructiv Rajzi Szertára” pecsétjével (forrás: BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszék)

3. TARTÓSZERKEZETI ISMERETEK HATÁSAI A RAJZTÁRI RAJZOKON

A tartószerkezeti oktatás 1894-es kezdetei valójában nem jelentettek azonnali változást a gyakorlati tervezésben. A tartószerkezettervezés mai gyakorlata nagyjából az 1920-as évekre alakult ki. Az építészet a századfordulótól kezdődően komoly átalakuláson ment keresztül, ami az oktatásban is gyakori változásokat, reformokat generált. A legszembetűnőbb változást természetesen a történeti stílusokban való tervezési feladatok csökkenése, az új, korszerű építészeti irányzatok megjelenése jelentette, habár a tervezésoktatást még 1929-ben is érték kritikák a tervező építészek irányából (Komor, 1929). Az Építészettörténeti és Műemléki Tanszék Rajz- és Fotótára számos dokumentumot tartalmaz az építészképzés teljes spektrumára vonatkozóan, de leginkább az építészettörténeti vonatkozású feladatok rajzait őrizte meg, ekképpen a 19. század második felétől a 20. század első néhány évtizedéig terjedő időszak tervezési gyakorlatáról, majd az átalakuló oktatás korából az építészettörténet szerepének változásáról nyújt átfogó képet. A szerkezettervezés szemszögéből vizsgálva ezt a kérdést, a hallgatói rajzok és oktatási segédanyagok fontos adalékként szolgálnak a historizáló tervezés megítéléséhez, annak árnyalásához.

A rajztárban megőrzött rajzok nem elsősorban konkrét műszaki tartalmukkal, hanem sokkal inkább építészeti formálásukkal, a történeti formák alkalmazásának követelményével teszik teljessé a Műegyetem oktatásának koncepcióját. Demonstrálják, hogy már a kezdetektől az építészeti és mérnöki szemlélet egysége, a termőművészeti formálás és a tartószerkezeti tervezés összefonódása határozta meg az oktatást.

A legkorábbi rajzok, amelyek a szerkezeti ismereteket tükrözik, a 19. század második feléből származhatnak. Ebből az időszakból két, igen korai, német nyelven feliratozott rajz maradt fenn, amelyek talán egyben a Rajztár legrégebbi rajzai is lehetnek. Mindkettő boltozatok szerkezeti rajzait ábrázolja. Keltezésük nem ismert, rajztechnikájuk, feliratozásuk azonban korai keletkezésükre utal. A 103143-as jelzetű rajz egyenes záradékú csúcsíves keresztboltozat különböző sík- és térbeli vetületeit ábrázolja, a hangsúlyt a geometriára fektetve. (2. ábra) A lap bal alsó részén található szignó azonosítása eddig sikertelen maradt. A 105862-es jelzetű rajz csehsüveg boltozat szerkezeti kialakítását ábrázolja. (3. ábra) Ez a szintén német nyelven feliratozott rajz az előzőnél részletesebben mutatja a szerkezeti ismeretek korai alkalmazását. Az ismeretlen szerző

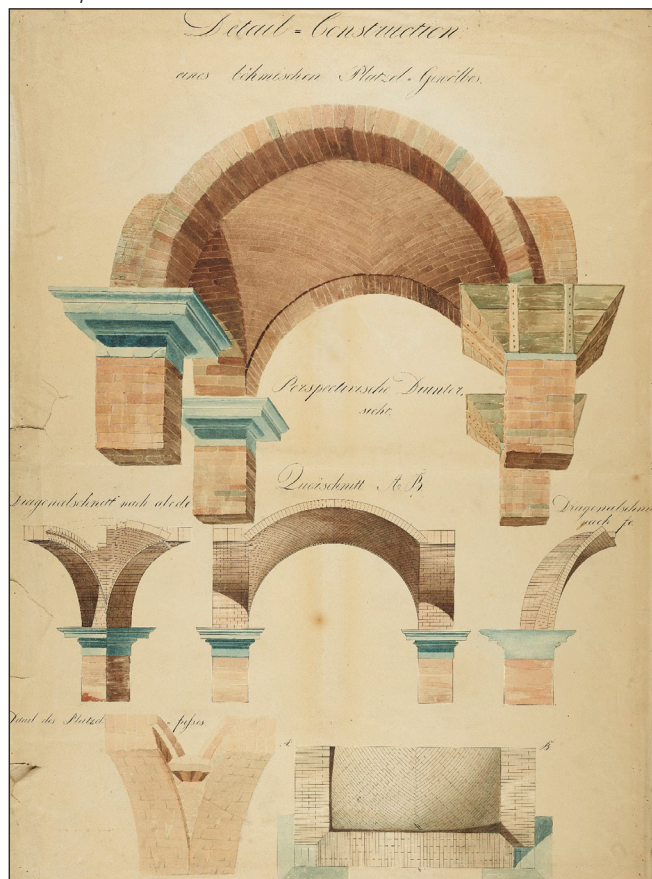


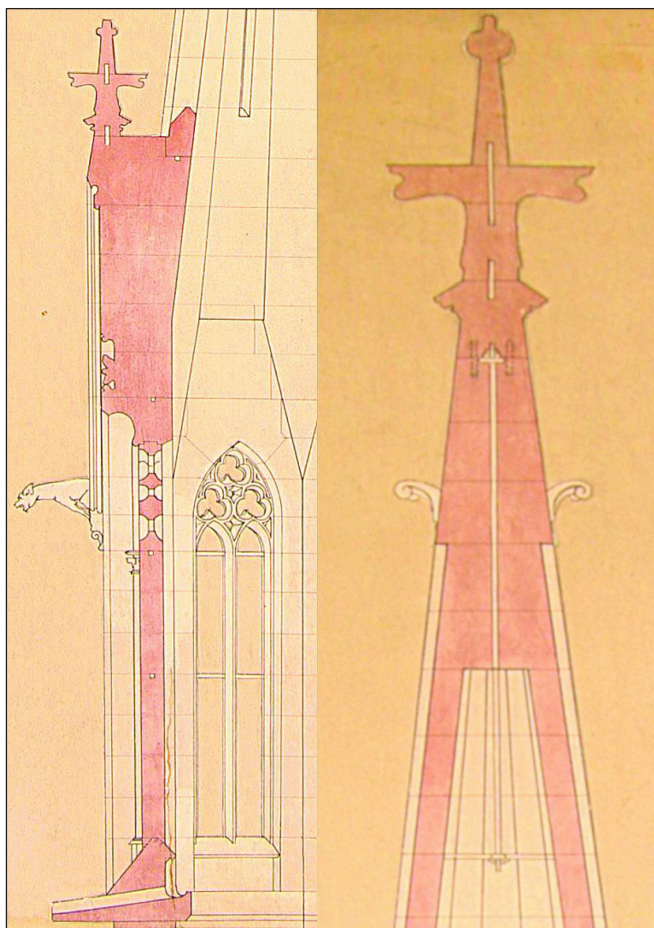
2. ábra: Csúcsíves keresztboltozat rajzai axonometriában, metszetekben, alaprajzban. Felirat: „Construction eines überhöhten Kreuzgewölbes”, keltezés: s.a. (forrás: Éptört. Rajzt. 103143)

a boltozat rajzánál utalt az anyagokra, az építés technológiájára és a téglakiosztásra is. Ez a részletekbe menő ábrázolásmód a Rajztár hasonló korú emlékeinek körében nagy ritkaságnak számít.

Az építészképzés első szakaszára a már említett stílusban tervezés és a történeti építészet beható tanulmányozása volt jellemző. A tananyaghoz szervesen kapcsolódott a különböző külföldi és magyarországi középkori emlékek nyári felmérése, tanulmányozása. Ezt az oktatási gyakorlatot Friedrich von Schmidt bécsi mester tanítványai, a Wiener Bauhütte csoport tagjai, Steindl Imre és Schulek Frigyes honosították meg a Műegyetemen. A Wiener Bauhütte mozgalom és kiadványok (*Publikationen des Vereines Wiener Bauhütte*, 1862) mintájára Steindl magyar középkori emlékek nyári felmérését szervezte

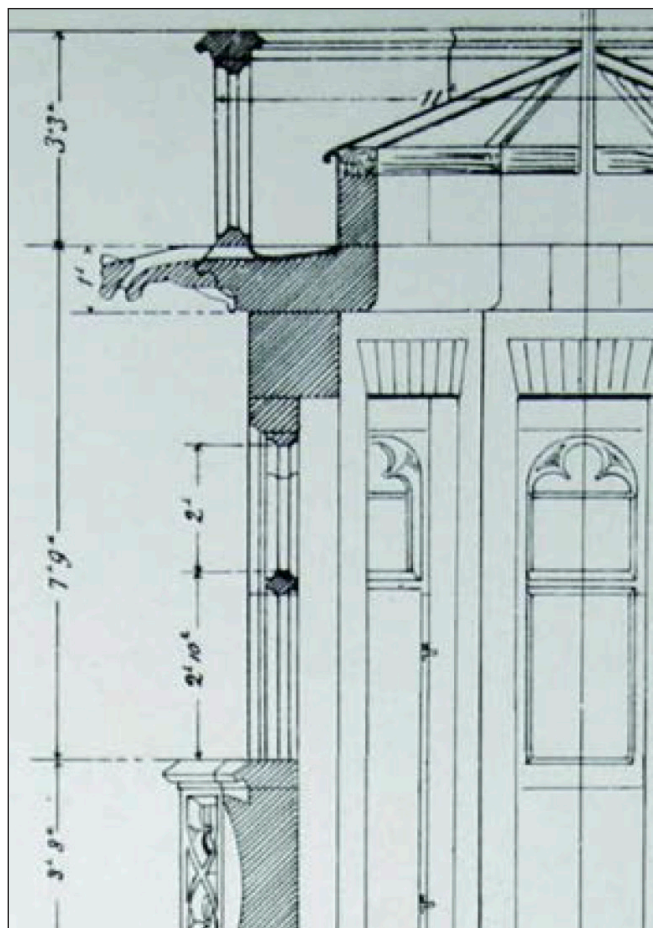
3. ábra: Csehsüveg boltozat részletes szerkezeti rajzai perspektívában, metszetekkel és alaprajzban ábrázolva. Felirat: „Detail-Construction eines böhmischen Platzel-Gewölbes”, keltezés: s.a. (forrás: Éptört. Rajzt. 105862)





4. ábra: Épületszerkezettani részletek egy gótikus torony metszetrajzáról, keltezés: s.a. (forrás: Éptört. Rajzt. 104040)

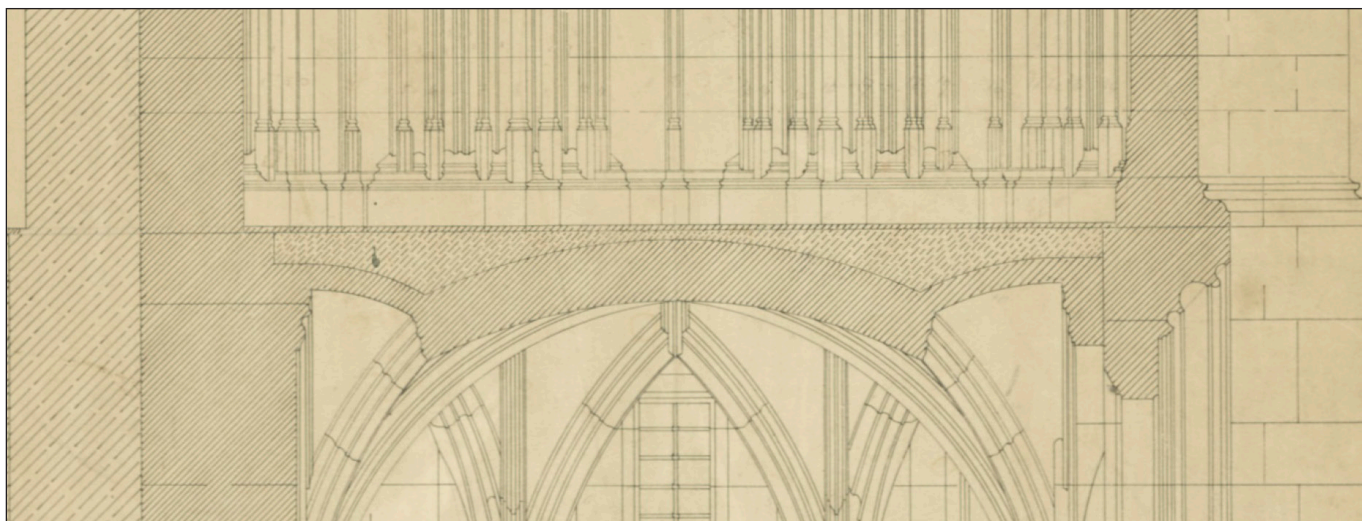
hallgatóival, amelyekből *Magyarországi műemlékek* (1878) címmel gyűjteményes kötetet szerkesztett. Ezek az oktatásban mintalapokként, tananyagként szerepeltek a tervezési gyakorlatokhoz, rajzfeladatokhoz. Azon kívül, hogy ezeket a lapokat művészi színvonalon rajzolták meg, szellemiségük műszaki beállítottságot is tükrözött. Steindl tanszékvezetése alatt a hallgatói rajzokhoz segédleteként használt mintalapok szerkezethelyesen ábrázolták az épületeket, utalva a középkori építéstechnológiára is. Példaképpen említhetők azok a Steindl tanári pecsétjével („*Steindl tanár tulajdona*”) ellátott eredeti rajzok (Éptört. Rajzt. 104040-104041), amelyekből később sokszorosított mintalapok készültek. (4. ábra) A rajzokon olyan épületszerkezettani és tartószerkezeti vonatkozású információt

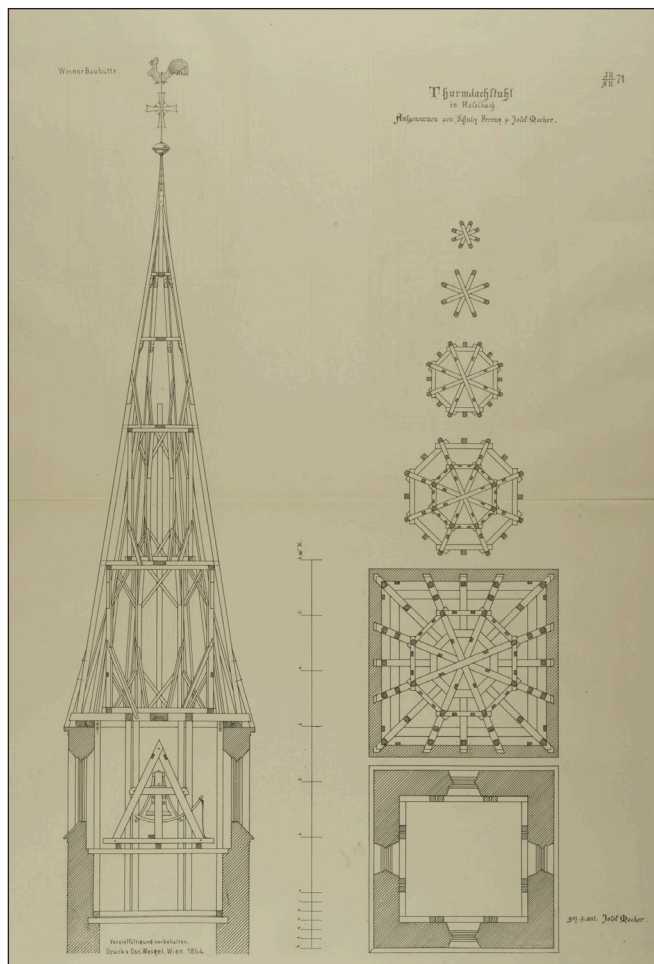


6. ábra: Épületszerkezettani részletek gótikus épületábrázolásokról. A pozsonyi vár kaputornya és egy kölni lakóház tornya, keltezés: 1863, 1864 (forrás: Éptört. Rajzt. 102942, 102856)

is ábrázoltak, mint a fiatornyok tetején lévő kereszttrózsák ölmkapcsos rögzítése, a vízelvezetés vagy a kő toronysisak felső lezárásának vasszerkezetű lehorgonyzása. Hasonló szerkezeti értelmezés látszik a *Magyarországi műemlékek* kiadvány rajzain, és a mintalapok alapján készült hallgatói rajzokon is. A csütörtökhelyi Zápolya-kápolna keresztmetszeti rajzán (Éptört. Rajzt. 103164) például a mai 1:50-es léptékű részletezettségnek megfelelően szerkezet- és anyaghelyesen rajzolták ki a csomóponti részleteket. Jelölték a falazat szerkezeti kialakítását, a fugákat, a boltozat támaszhoz való csatlakozását, a feltöltést és a padlólemezt is. (5. ábra) Hasonló részletezettséget és szerkezeti ismereteket tükröznek a minta-

5. ábra: épületszerkezettani részlet a csütörtökhelyi Zápolya-kápolna metszetrajzáról, Rátkovics Mihály hallgatói rajza 1863-as felmérési rajz alapján (forrás: Éptört. Rajzt. 103164)

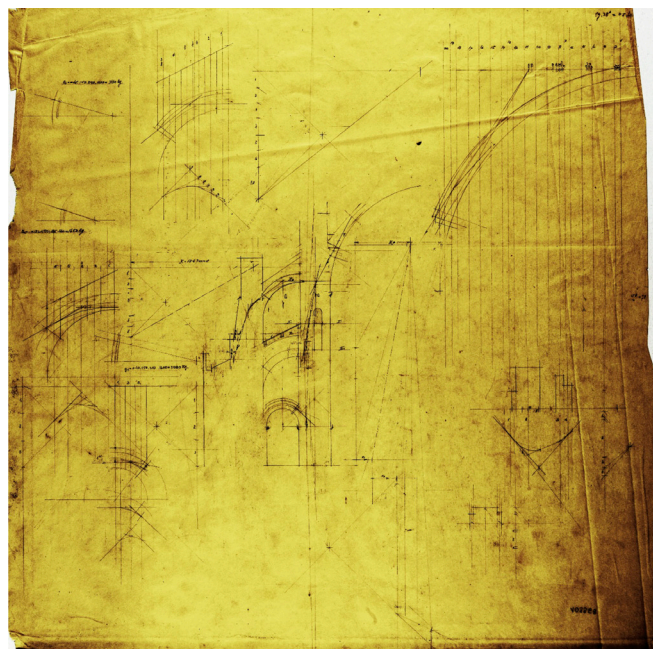




7. ábra: A hasselbachi templom toronysisakjának fedélszerkezeti rajza, keltezés: 1863 (forrás: Éptört. Rajzt. 102974)

lapok is (6. ábra), amelyek között gyakoriak a tetőszerkezetek ábrázolásai is (Például az Éptört. Rajzt. 102856, 102870, 102878, 102942, 102957, 102974-102976, 102980-102982, stb.). (7. ábra) Az 1890-es évekből fennmaradt hallgatói rajzok híven tükrözik a professzorok és az oktatási segédanyagok szerkezeti beállítottságát. Csányi Károly 1895-ös harmadéves rajza a bécsi Szent István Székesegyház fiatornyairól (Éptört. Rajzt. 102345) és egy Foerk Ernő tanári szignójával ellátott hallgatói rajz a heiligenkreuzi bencés apátsági kerengő részletéről (Éptört. Rajzt. 103178) arról tanúskodik, hogy szerzőik értették és jól ismerték a középkori szerkezetek geometriáját, felépítését. Utóbbi rajzon Lipták Pál harmadéves hallgató különböző anyagjelöléseket használva ábrázolta a kolostor-kerengő pillérinek kialakítását, a boltozati bordákat pedig szerkezeti vastagságukkal, profiljukkal együtt rajzolta meg.

Steindl Imrét 1903-ban Schulek Frigyes követte a Középkori Építéstan Tanszék vezetőjeként, aki szintén Friedrich von Schmidt-tanítványként a középkori építészeti szerkezeti mélységében ismerte és oktatta. A rajztárban fennmaradt saját tervein is látható erős szerkezeti beállítottsága, amiben talán még Steindl is meghaladta. A szegedi református templom terveihez készített skiccei talán még a felszerkesztett tervlapoknál is jobban mutatják, hogy egészen a legapróbb részletekig, az egyes faragott köelemekig és kerámia tetőcserepekekig kitalálta, megtervezte az épületet (Éptört. Rajzt. 105211-105245). A boltozatok, támpillérek, vagy az említett cserépelemek geometriájához rendkívül pontos számításokat végzett, gyakran kilenc tizedesjegű logaritmus táblázat segítségével. A rajztárban fennmaradtak a szegedi Fogadalmi Templom terveihez végzett graphostatikai szerkesztései is (Éptört. Rajzt. 103365-103369). (8. ábra) Ezekben a főhajó hevederívének,



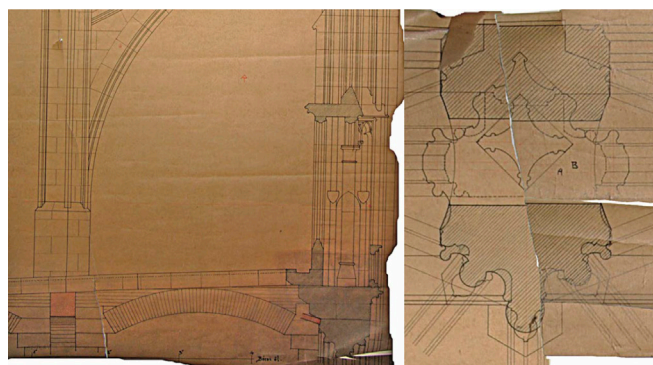
8. ábra: Schulek Frigyes graphostatikai szerkesztései a Szegedi Fogadalmi Templom terveihez, keltezés: s. a. [1910-1911] (forrás: Éptört. Rajzt. 103368)

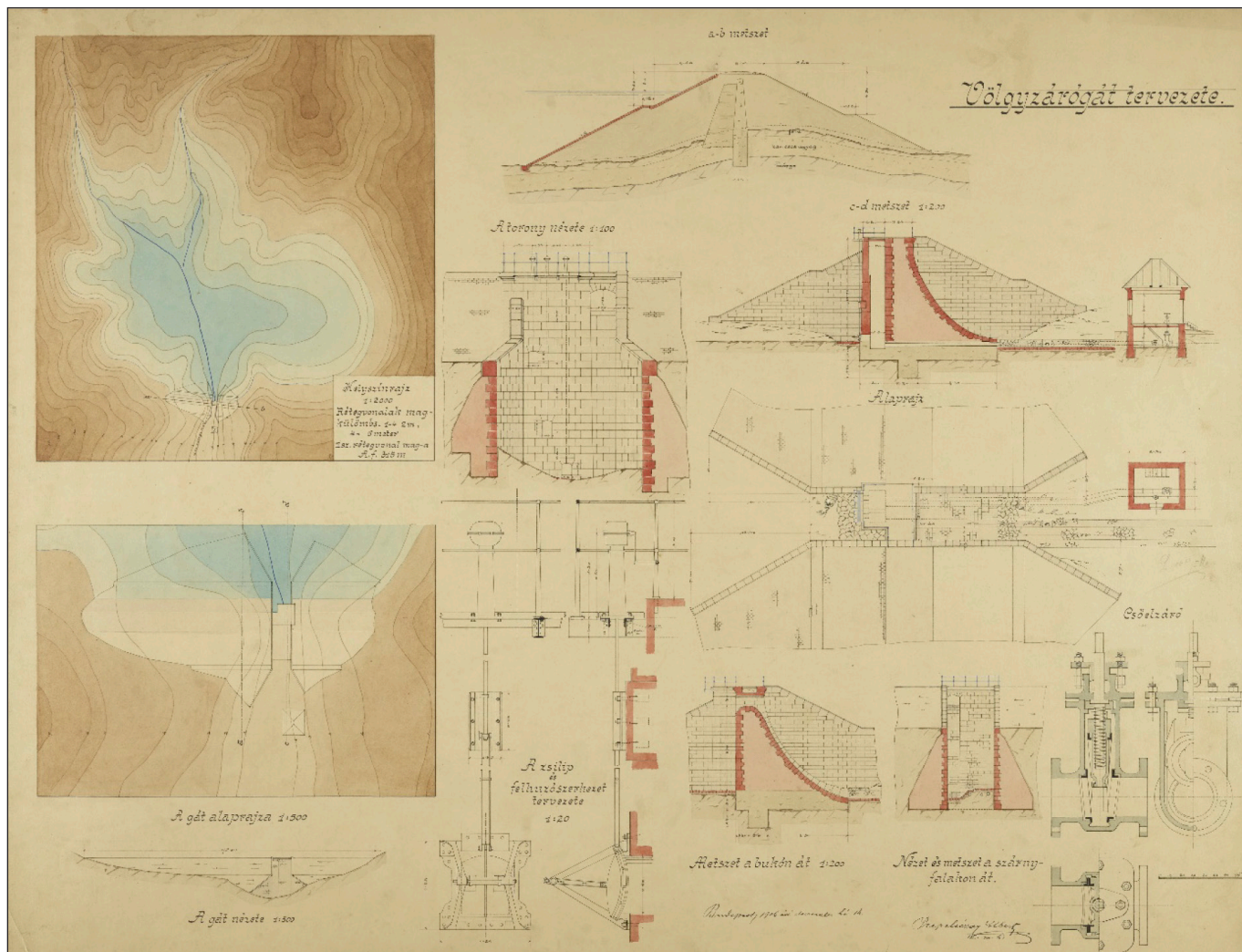
támíveinek és szerkezeti elemeinek szilárdsági vizsgálatait végezte el a graphostatika módszereivel.

Schulek tanári tevékenységének idejéből szintén maradtak fenn hallgatói rajzok, amelyek továbbra is tükrözték a történeti építészet szerkezeti mélységű ismereteinek megkövetelését az oktatásban. A tanári pecsétjével („Látta Schulek Frigyes tanár”) ellátott hallgatói rajzok gótikus baldachint ábrázolnak a prágai városházáról, illetve egy összefüggő rajzsorozat maradt fenn 1905-ből a prágai székesegyház támpilléreiről, belső kötegpilléreiről, hosszház-travéjáról és támvírendszeréről, amelyeken a megfelelő szerkezeti fugák mellett különböző színezéssel jelölték a tartószerkezeti rendszer elemeit (Éptört. Rajzt. 103169, 105984-105987). (9. ábra)

Szintén Schulek Frigyes professzori időszakából maradtak fenn Prepeliczay Albert rajzai, melyek az építészettörténet témakörén túlmutatva demonstrálják, hogy az oktatásban még milyen jellegű tervezési, konstruálási feladatok fordultak elő (Éptört. Rajzt. 100001-100008, 100010-100012). Prepeliczay 1905-ös oszloprendeket ábrázoló, harmadéves hallgatói rajzain az Ókori Építési Tanszék pecsétje („A Kir. József Műegyetem Ókori Építési Tanszéke”) látható, ezeken szintén megjelenik a szerkezeti elemek kirajzolása. Ezek mellett fennmaradtak másodéves, nyílászárókat ábrázoló 1:1-es léptékű és ennek megfelelő részletettségű rajzai is, amelyeken a „Nagy” tanári szignó talán Nagy Virgilt jelöli. Prepeliczay magas színvonalú szerkezeti tanultságát jellemzik azok a kisebb mérnöki

9. ábra: Szerkezeti részletek a prágai székesegyház támvívet és kötegpillérét ábrázoló rajzokról, keltezés: 1905 (forrás: Éptört. Rajzt. 105987, 105985)





10. ábra: Prepeliczay Albert völgyzárógát terve, negyedéves hallgatói rajz, keltezés: 1906 [forrás: Éptört. Rajzt. 100008]

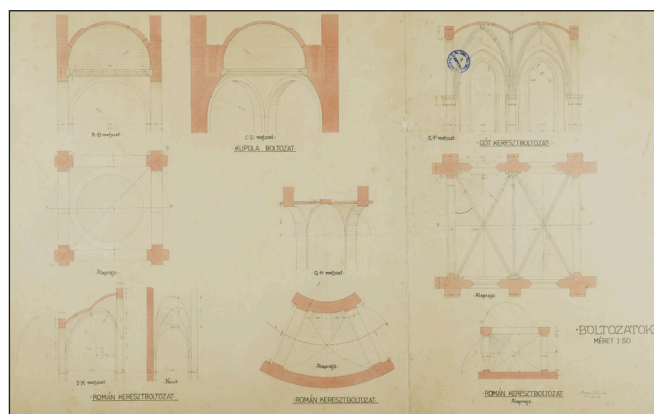
létesítmények terveit ábrázoló rajzai, amelyeket harmad- és negyedéves korában, 1905-1906-ban készített és csaknem minden korszerű tartószerkezeti rendszerből tartalmaznak egy-egy példát. Kaputerve vasszerkezetű. Völgyzáró gát tervében vegyes falazatú bukó-, rézsűburkolást és vasszerkezetű zsilipet tervezett, csatornakikötő tervében vasbetont, kamrazsilip tervében pedig kőszerkezeteket alkalmazott. (10. ábra)

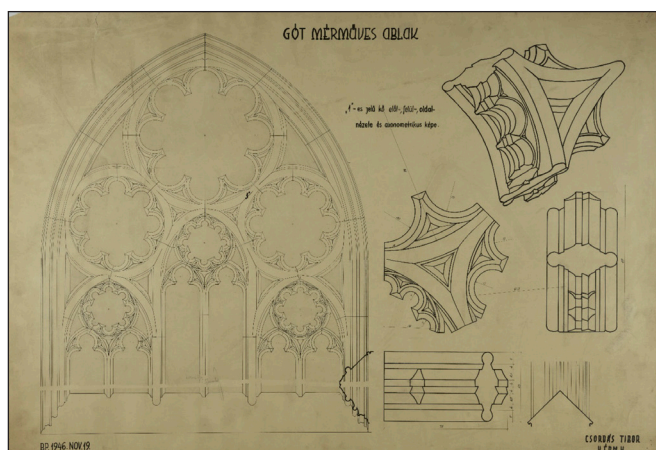
Schulek Frigyes 1915-ben Möller István váltotta fel a tanszékvezetői tisztségben. Möller a középkori építészet oktatását elődeihez hasonlóan felmérési és szakmai tapasztalataira, ezen kívül pedig szakirodalmi ismereteire, sőt saját kutatásaira építette. Ennek ellenére az ebből az időszakból fennmaradt építészettörténeti hallgatói rajzok már nem tükrözik a forma és a szerkezet olyan egységét, amely a korábbi időszakban volt tapasztalható. Ez leginkább az építészettörténet és a tervezés oktatásának elválására vezethető vissza, de korántsem jelenti azt, hogy a történeti témájú rajzok teljesen nélkülözni kezdték volna a szerkezeti ismereteket. Ifj. Möller István és Möller Károly kifejezetten szerkezeti gondolkodásról tanúskodó hallgatói rajzai átmenetet jelentenek a 19. századi hagyományok és a korszerű tervezéssel járó hangsúlyváltás között (Éptört. Rajzt. 102327-102328). Mindkét rajz boltozatokat ábrázol, és a „Kir. József Műegyetem I. Középítéstani Tanszéke” látta el pecsétjével. Jellegzetességük, hogy a boltozatokat nem építészeti kontextusukból kiragadva ábrázolták, mint például a korábban említett csúcsíves keresztboltozat vagy csehsüveg boltozat esetében, hanem különböző, középkorra jellemző alaprajzi rendszerben, mint például poligonális tér vagy szentély lefedése, négyzetes tér lefedése sarokátmeneteken nyugvó, nyolcszögre szerkesztett kolostorboltozattal, csegyeles kupola,

íves szentélykörüljáró lefedése román keresztboltozattal, gótikus tér lefedése emelt záródású csúcsíves keresztboltozattal. A térlefedéseket arányhelyes szerkezeti vastagsággal ábrázolták, Möller Károly pedig az erőjátékban részt vevő különböző anyagú elemeket is megkülönböztette. Ez a két rajz azért is rendkívül értékes, mert a példaként választott térlefedések kifejezetten bonyolultnak mondhatóak, például mindkét lapon a román keresztboltozatokat aszimmetrikus záradékmagasságú hevederekkel és süvegekkel szerkesztették meg. Ez összetett szerkezeti és geometriai ismeretekről és térlátásról tanúskodik. (11. ábra)

A boltozati rajzokhoz hasonlóan a korábbi szerkezeti beállítottságot tükrözik még ifj. Kismarthy-Lechner Jenő 1926-1927-ből származó hallgatói rajzai is (Éptört. Rajzt. 102235-102236).

11. ábra: Möller Károly hallgatói rajza középkori boltozatok szerkezeti kialakításáról, keltezés: s. a. [1916 körül] [forrás: Éptört. Rajzt. 102328]



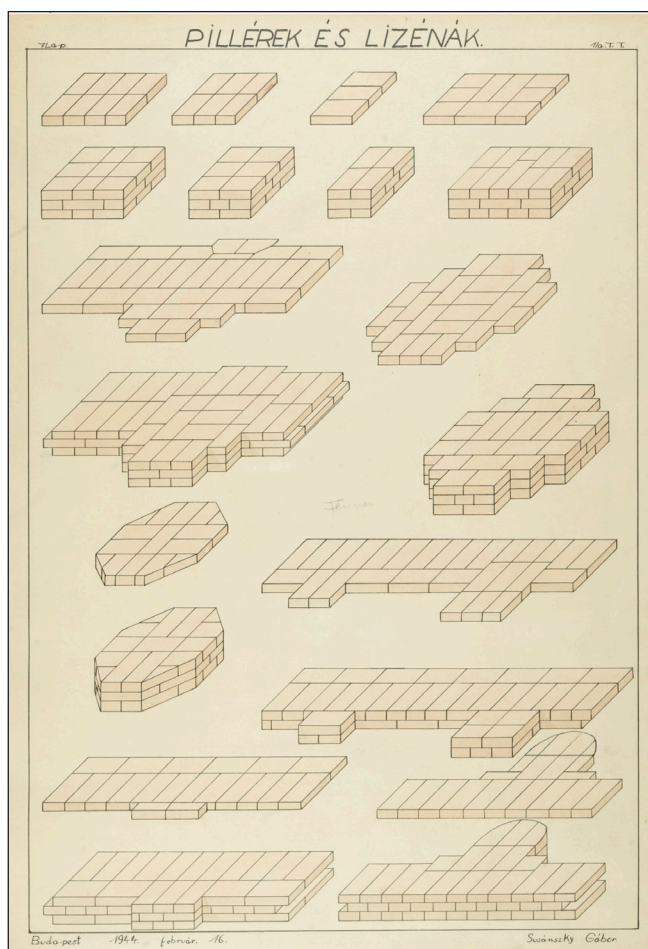


12. ábra: Csordás Tibor másodéves hallgató rajza mérműelemek szerkesztéséről, keltezés: 1946 (forrás: Éptört. Rajzt. 103322)

Elsőéves rajza a görög ion oszloprendről Prepeliczay 20 évvel korábbi, hasonló kompozíciójú rajzát idézi, míg középkori párkányokat ábrázoló rajzának a köelemek kirajzolása ad szerkezeti jelleget. Az 1910-1920-as évekből fennmaradt többi rajz inkább az építészettörténeti és a szerkezeti oktatás eltávolodásáról tanúskodnak. A mintalapok továbbra is a rajzfeladatok segédanyagaiként szolgáltak, másolásukból azonban már sematikusabb, kevésbé részletezett rajzok születtek (Éptört. Rajzt. 105980, 105982-105983, 105995). A későbbi évtizedekben már igazán elvéve találhatunk az építészettörténeti formák mögötti szerkezetekre fogékonyságot mutató rajzot. 1946-ból két másodéves hallgatói rajz maradt fenn, amelyek gótikus mérműves ablakok faragott köelemeit nagyobb léptékben, síkvetületekben és axonometriában rajzolták ki (Éptört. Rajzt. 103117, 103322). Egyiken a „József Nádor Műegyetem II. Építészettörténeti Tanszék” pecsétje látható. (12. ábra) Egyedülállóan tekinthető Susánszky Gábor rajza, amely pillérek és lizénák téglakiosztását ábrázolja 1944-ből (Éptört. Rajzt. 103133). (13. ábra)

4. KÖVETKEZTETÉSEK

A hallgatói rajzok, oktatási segédanyagok szerkezeti szempontú áttekintése nyomán megállapíthatjuk, hogy a tartószerkezeti tervezés és az építészeti formálás viszonya jelentősen megváltozott az építészoktatás 19. századi kezdeteihez képest. A legkorábbi dokumentumok megmutatták, hogy a historizmus tervezési kultúrája nem csak a történeti korok formai jegyeit, hanem azok tartószerkezeti és épületszerkezettani jellegét is integrálták. A statika és a vasbeton oktatásban való megjelenése összhangban állt az építészetben lezajló reformokkal. A századfordulón megjelenő új anyagok, szerkezeti rendszerek más tervezési módszertant kívántak. A speciális tartószerkezeti rendszereket leginkább az arra szakosodott mérnökök és kivitelezők ismerték, az építésznek pedig olyan ismeretei voltak, amik a terek megfelelő tervezéséhez, formálásához voltak elengedhetetlenül szükségesek. A tartószerkezetekkel foglalkozó tantárgyak száma megnőtt, hiszen az ismeretek is bővültek. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a szerkezettervezés a 20. század elejétől kezdett volna nagyobb szerepet játszani az építészeti formálásban, a historizmusban betöltött szerepét meghaladva. A 19. századból fennmaradt hallgatói rajzok és mintalapok ugyanis megmutatják, hogy az oktatás – és az ahhoz kapcsolódó nyári felmérési gyakorlatok – kifejezetten elmélyült szerkezeti ismeretekkel alapozták meg a historizáló tervezést. Ahogyan például a vasbeton vagy az acél megjelenésével új tartószerkezeti rendszerek jelentek meg, amikben



13. ábra: Susánszky Gábor rajza pillérek és lizénák téglakiosztásáról, keltezés: 1944 (forrás: Éptört. Rajzt. 103133)

minden elemnek megvan a maga szerepe, úgy felvethető, hogy a historizáló építészet szintén ilyen rendszert alkotó eszköztárral dolgozott. Számos utólagos kutatás és szakirodalmi munka tette napjainkra közzismertté, hogy például a gótikus építészetben a támvégeknek és pilléreknek, boltozati elemeknek, fiatornyoknak, sőt még a karcsú mérműveknek is megvan a maga tartószerkezeti szerepe. Ezeknek az elemeknek az együttműködése tehát egy tartószerkezeti rendszert határoz meg. Ahogyan manapság például az előregyártott vasbeton csarnok is meghatározott elemcsaláddal rendelkezik, az elemek összeépítése pedig szintén rendszersajátosság, úgy a gótikus építészetben is minden kőből faragott elemnek, azok kölcsönhatásának, erőjátékának megvan a maga szerepe. Ahogyan az előregyártott vasbeton csarnoknak is az anyag teherbírása, csomóponti összeépítések stb. miatt jellegzetes arányrendszere, esztétikai megjelenése van, ugyanígy a gótikus építészet formai jellegzetessége (stílusjegyei) sem öncélúak. A 19. század és a századelő mesterei, Steindl Imre, majd Schulek Frigyes, Möller István mind tanuló éveikben, mind pedig oktatóként komoly hangsúlyt fektettek a középkori építészet szerkezeti vonatkozásainak megismerésére, tanítására. Ennek leghatékonyabb módszere az eredeti épületek tanulmányozása, felmérése volt. Feltételezzük tehát, hogy a historizáló tervezés, a stílusban tervezés valójában szerkezeti rendszerben való gondolkodást jelentett, nem pedig a külső stílusjegyekkel való komponálást. Ez a feltételezés természetesen pontosítandó, hiszen a 19. században egészen más téri és funkcionális igények voltak, mint a történeti stílus saját korában. A historizmus mesterei mégis értő szemmel tekintettek a régi építészetre, és annak szerkezeti működését jól ismerve adaptálták korszerű igényeikre.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány megjelenését a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal 112906-os számú (OTKA) pályázata támogatta.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- Andai P. (1959), „A mérnöki alkotás története – a mélyépítés 5000 éve.”, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- Batalka K. (2007), „A Királyi József Műegyetem Vezetőtestületi ülései napirendi pontjainak jegyzéke I. (1871-1907) Fejezetek a Műegyetem múltjából. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Levéltárának kiadványai 2.”, BME OMIKK, Budapest
- Bourlet, C. (1902), „Cours de statique, comprenant les éléments de la statique graphique et du calcul des moments d'inertie”, Naud, Paris
- Csonka P., Deák Gy. (1982), „Adatok az Építésmérnök-kari mechanika oktatás történetéhez”, *Műszaki Tudomány*, LXII. pp. 446-448.
- Csonka P. (1942), „Dr. Csonka Pál ny. r. tanár búcsúbeszéde Czákó Adolf ravatalánál.”, *M. kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 1941/42. tanévi Évkönyve*, Budapest
- Culmann, C. (1880), „Traité de statique graphique”, Dunod, Paris
- Czakó A. (1909), „Táblázatok vasszerkezetek méretezéséhez és súlyszámításához”, Franklin, Budapest
- Czakó A. (1913), „Téglafalazatok szilárdsága. Különlenyomat A budapesti építő mesterek, kőmíves-, és kőfaragó- és ács mesterek ipartestületének IX. Évkönyvéből.”, Stephaneum Nyomda, Budapest
- Czakó A. (1918), „Fejezetek az Alkalmazott-szilárdságtanból. Hajlított tartó. Inercianyomatékok tana. (Katonai szolgálatot teljesített építészhallgatók számára.) Kézirat gyanánt.” Czákó Adolf [előadása után], Műszaki Könyvkiadó és Sokszorosító Intézet sokszorosítása, Budapest
- Hausser, A. E. (1886), „Statique graphique appliquée traité élémentaire de résistance des matériaux”, Dunod, Paris
- Kherndl A. (Bernauer I., Tinkel R. szerk.) (1874?), „Graphostatika. Ngys. Kherndl Antal előadásai után.” József Műegyetem Segélyező Egylet, [Budapest]
- Kherndl A. (1883), „A statikailag határozatlan reakciójú csuklós tartók grafikai elemzése I.”, *A Magyar Mérnök és Építész Egylet közlönye* XVII. 6. pp. 248-270.
- Kherndl A. (1884), „A statikailag határozatlan reakciójú csuklós tartók grafikai elemzése II.”, *A Magyar Mérnök és Építész Egylet közlönye* XVIII. 2. pp. 65-79.
- Kherndl A. (1895), „A függőhidak többnyílású merevítő gerendáinak grafikai elméletéről”, *A Magyar Mérnök és Építész Egylet közlönye* XXIX. 1. pp. 9-15.
- Komor M. (1929), „Az építésztanárok hivatásáról”, *Tér és Forma* II. 3. pp. 92-98.
- Kotsis I. szerk. (1930), „A budapesti M. Kir. József Műegyetem építészhallgatóinak tervkiállítása 1930.”, Kny. *Technika* XI. 7.
- Lampl H., Sajó E. (1914), „A beton”, Budapest
- Lechner J., Wurga L. szerk. (1904), „Építők zsebkönyve”, Singer és Wolfner kiadása, Budapest
- Maurer, M. (1882), „Statique graphique appliquée aux constructions”, Librairie Polytechnique Baudry, Paris - Liege
- Maurer, M. (1883), „Graphostatika”, Kilián Frigyes Kiadó, Budapest
- Mueller F. (1927-1928), „Az épületszerkezetek statikája I-VI. Vezérfonal Dr. Ing. Mueller Félix építész-tanár előadásaihoz”, Budapest

- „Publikationen des Vereines Wiener Bauhütte” Selbstverlag der „Wiener Bauhütte”, K. K. Akademie der Bild. Künste, Bécs 1862
- Redtenbacher, R. (1879), „Wie lernt und wie lehrt man die Baukunst?”, *Deutsche Bauzeitung* XIII. 39. pp. 197-199; 41. pp. 207-201; 43. pp. 217-220. (utánnnyomás: Johannes, R. szerk. (2009), „Entwerfen. Architekturausbildung in Europa von Vitruv bis Mitte des 20. Jahrhunderts – Geschichte Theorie Praxis”, Junius Verlag, Hamburg, pp. 526-543.)
- Ritter Á. (ford. Maurer, M.) (1879), „Műszaki mechanika”, Budapest
- Sobó J. (1898-1899), „Középtéstan. I-II.”, Országos Erdészeti Egyesület, Selmecbánya
- Steindl I. (1878), „Magyarországi Műemlékek. I. évfolyam”, Kiadja a Műemlékek Országos Bizottságának hozzájárultával a Budapesti M. K. József Műegyetem Építész Hallgatóinak Egyesülete Steindl Imre, ny. r. tanár vezetése alatt, Budapest

INFLUENCE OF STRUCTURAL TEACHING IN ARCHITECTURAL UNIVERSITY EDUCATION PREVIOUS TO 1945 IN VIEW OF DRAWING EXERCISES

Krisztina Fehér - Dr. habil István Sajtos – Dr. habil János Krähling

The education of load bearing structures of architects within the history the Technical University has only become independent at the end of the 19th century. While initially, the subjects of *Graphostatics* and *Technical mechanics* have just had indirect impact on design, the introduction of *Iron and reinforced concrete structures* has already been in accordance with the new architectural tendencies, and later the unity of design, structural knowledge and construction has taken place. Several original drawings of the Plan Collection of the Department of History of Architecture and Monument Preservation represent the changing relation of architectural history, design and structural education through time. By the research of the collection, the architects of the Historicism seem to have interpreted Gothic style as a structural system besides as an assortment of forms. From this aspect, Gothic system is similar to the reinforced concrete constructional systems of the 20th century of typical forms, proportions and internal logic.

Fehér Krisztina (1989) doktorjelölt, okl. építésmérnök (2014), műeml. szak-mérnök. A BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszékének tanársegédje. PhD kutatási témája: gótikus építészeti szerkezetek geometriája, középkori építészettörténet, történeti épületek felmérése Építészettörténeti és Műemléki Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, H-1111, Műegyetem rkp. 3. K. II. 82. Budapest,

feher.krisztina@eptort.bme.hu

Dr. habil. Sajtos István (1961) egyetemi docens, tanszékvezető; okl. építőmérnök (1985), PhD, Dr. habil. Munkahelyek: 1985-90 Tervezésfejlesztési és Technikai Építészeti Intézet (TTI), 1990-95 Ybl Miklós Műszaki Főiskola, 1996- BME, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék. Tagság: fib Magyar Tagozata, ACI (American Concrete Institute), MTA Köztestületének tagja. Tevékenység: vasbeton és falazott szerkezetű épületek tervezése. Érdeklődési terület: beton és vasbetonszerkezetek viselkedése, új méretezési elvek; héjszerkezetek viselkedése; új és történeti falazott szerkezetek tervezése és viselkedése; épületek tervezése földrengésre. Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, H-1111, Műegyetem rkp. 3. K. II. 61. Budapest, sajtos@sz.t.bme.hu

Dr. habil. Krähling János (1962) okl. építésmérnök (1988), építészettörténész, habilitált doktor, a BME Építészettörténeti és Műemléki Tanszékének egyetemi tanára. Kutatási területe: az újkor építészete és elmélete, történeti épületkutatás, magyar építészettörténet. Építészettörténeti és Műemléki Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, H-1111, Műegyetem rkp. 3. K. II. 82. Budapest, kraehling@eptort.bme.hu

DR. VISNOVITZ GYÖRGY KÖSZÖNTÉSE 65. SZÜLETÉSNAPJÁN



Dr. Visnovitz György 1954. január 9-én született Budapesten, szülei egyetlen gyermekeként. Általános iskolai és gimnáziumi tanulmányait Budapest egyik legkiválóbb, 12 évfolyamos iskolájában, az ELTE Apáczai Csere János Gyakorló Iskola és Gimnáziumban végezte. 11 hónapos előfelvételis sorkatonai szolgálatot követően (Csongrád) a Budapesti Műszaki Egyetem Építésmérnöki Karán tanult,

és vörös diplomával 1979 januárjában végzett. Nős (felesége is építész), 4 felnőtt fiúgyermek és (jelenleg) négy unoka büszke apja, illetve nagypapja.

A diploma megszerzését követően életpályája mindvégig a BME Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszékével forrt össze, ahová Deák György professzor doktoranduszaként került. Vele haláláig szoros kapcsolatban maradt, Ő az, akinek mind szakmai, mind emberi vonatkozásokban a legtöbbet köszönhet. 2018-as nyugdíjba vonulásáig végig a Tanszék alkalmazásában állt, különféle státuszokban és beosztásokban.

Még egyetemi hallgatóként szakmai érdeklődésének megfelelően tartószerkezeti és építészettörténeti témában is készített TDK dolgozatot. A vasbeton gerendák műgyanta habarccsal ragasztott acéllemezes megerősítésével foglalkozó munkáját (társszerzőkkel) ÉTE különdíjjal jutalmazták. Ez a kettős (szerkezeti és történeti) érdeklődés a későbbiekben is jellemző maradt rá.

Pályája kezdetén a Deák professzor vezette tanszéki kutatócsoport tagjaként a tartószerkezetek használati állapota állt érdeklődése előterében. Egy KGST kutatási célprogram keretében ehhez kapcsolódott műszaki doktori dolgozata (1986), majd később PhD értekezése is (1995). A mintegy két évtizedes kutatómunka eredményei a CEB Bulletin d'Information N°235 kiadványban (1997) angolul is részletesen megjelentek. Három OTKA kutatásban vett részt, egyben témavezetőként.

Pályája második szakaszában egyre inkább a gyakorlatiasabb (oktatási, szakértési, tervezési) feladatok foglalkoztatták, de a kutatáshoz és az elméleti kérdésekhez való vonzódása mindvégig megmaradt.

Viszonylag kisebb számú (kb. 30) publikáció mellett mintegy 20 kutatási jelentés, 50 jelentősebb tartószerkezeti

szakvélemény, 30 tartószerkezeti engedélyezési és kivitelezési terv és számos oktatási segédlet köthető nevéhez. Tevékenyen közreműködött a tanszék híressé vált, több kiadásban megjelent és ma is széles körben használt „színes” Eurocode oktatási és tervezési segédletsorozatának létrehozásában: a „Vasbeton szerkezetek” füzetnek társszerzője, a „Tervezés alapjai. Terhek és hatások.” kiadványnak a társszerzősége kívül szerkesztője is volt.

Legfontosabb munkái olyan jelentős, műemléki védettségű vagy műemléki jellegű budapesti épületek rekonstrukciójához kapcsolódnak, mint a Műszaki Egyetem Központi Épülete, a New York palota, a Kálvin téri református templom, a Zeneakadémia, a Stollwerck üzemépülete a Vágóhid utcában, a Magyar Nemzeti Bank épülete a Szabadság téren, a Budapesti Értéktőzsde a Deák Ferenc utcában, a Concordia malom a Soroksári úton, századfordulós raktárépület a Révész utcában, az Északi Járműjavító csarnokai vagy az újabbak közül a Fővárosi Vízművek ikonikus épülete a Váci úton.

Az sem véletlen, hogy ezen épületek többsége részben vagy egészen vasbeton szerkezetű, ez a szerkezetípus állt hozzá mindig is a legközelebb. Kutatási munkái, publikációi és fő oktatási tevékenységei is ehhez az anyaghoz kapcsolódtak. Mindezek megkoronázásaként 2009-től a Vasbeton tartószerkezetek társszerzője volt az Építésmérnöki Karon. Az egyetemi oktatói munka végigkísérte egész pályafutását, négy évtized alatt a Szilárdságtani Tanszék összes tárgyában oktatott, beleértve a kiegészítő, szakmérnöki és idegennyelvű képzést is. Több mint három évtizeden keresztül volt a Kar Oktatási Bizottságának (korábban Tantervbizottság) tagja, három kari tanterv születésénél is bábáskodott. Tevékenységét 2018-ban Apáczai Csere János díjjal tüntették ki.

Nyugdíjasként talán több ideje marad a családra és hobbi-jaira: horgászatra, kertészkedésre, történelmi olvasmányokra és az etruszk nyelv rejtelmére. De amíg egészsége engedi, az oktatáshoz és a szakmai munkához sem marad hűtlen: Medgyaszay István nevezetes veszprémi színházának szakértésében vesz részt nagy lelkesedéssel.

Kedves Gyuri sok szeretettel kívánunk neked születésnapod alkalmából nagyon sok boldogságot, sok időt a hobbijaidra és a családnadra.

Balázs L. György

DR. TÓTH LÁSZLÓ KÖSZÖNTÉSE 75. SZÜLETÉSNAPJÁN



Dr. Tóth László 1967-ben szerzett mérnöki diplomát. Szerkezettervezőként a Mélyéptervben kezdett dolgozni. Különböző beosztásokban elsősorban a körszimmetrikus héjszerkezetekkel foglalkozott, így számos ivóvízmedence és vasbeton víztorny tervezője volt. Az 1970-es évek elejétől kialakítója és témafelelőse volt egy epoxigyanta ragasztott kapcsolatú előregyártott vasbeton panelcsaládnak. Az 1980-as évektől felelős szerkezeti és építéstechnológiai tervezője a 3000 m³ hasznos térfogatú, emelt kelyhes, 60-70 m magas vasbeton víztornyoknak, melyekből négyx épült Magyarországon. E témakörben disszertációt írt, s 1985-ben egyetemi doktorrá avatták. Elképzelései, tervei

alapján újszerűen végeztek csőátsajtolást Budapesten, nagy-átmérőjű vasbeton csövek alkalmazásával. A nagytérfogatú utófesztített vasbeton iszaprohasztó tornyok építési lehetőségeinek megteremtésén is dolgozott. Irányításával készültek a debreceni szennyvíztisztító telep 4500 m³ hasznos térfogatú utófesztített vasbeton iszaprohasztói, s ezt követően továbbiak. Az utóbbi években az árvízvédelem területén is tevékenykedik, irányításával épült Szentendrén, Szegeden és a Dagály uszoda környezetében – összesen 2,7 km hosszban – mobil árvízvédelmi falrendszer. Meghatározó szerepe volt az Országos Vízügyi Főigazgatóság megrendelésére 2018-ban elkészített „Műszaki irányelv a mobil árvízvédelmi falrendszerek alkalmazásához” című kiadvány összeállításában. Jelenleg a Pünkösdfürdői és az Aranyhegyi patak balparti árvízvédelmi rendszer kiviteli terveinek elkészítésén dolgozik.

A Mélyéptervben 1987-től irodavezetőként 150 ember munkáját irányította, majd az állami vállalat felszámolása után megalapította a Mélyépterv Komplex Mérnöki Kft.-t. Jelenleg a Mélyépterv Komplex Mérnöki Zrt.-t irányítja, ahol 35 állandó alkalmazott dolgozik. Különböző szakmai szervezeteknek (Magyar Hidrológiai Társaság, Építéstudományi Egyesület, **fib** Magyar Tagozat) tagja. A Vasbetonépítés szakmai folyóirat szerkesztőbizottságában is tevékenykedik. Rendszeresen publikál (20-25 szakcikk), konferenciák részt-

vevője és gyakori előadója, szakmai kiadványok társszerzője. Ipari konzulens, megbízott előadó a betontechnológia témájú szakmérnöki oktatásban. Számos kitüntetést kapott, melyek között említhető a Palotás László díj (2008) és a Vásárhelyi Pál díj (2016) is.

Kedves Laci, nagyon sok boldogságot és sok-sok aktív évet kívánunk születésnapod alkalmából.

Balázs L. György

SZABÓ ISTVÁN KÖSZÖNTÉSE 85. SZÜLETÉSNAPIJÁN



Szabó István 1934. augusztus 1-én született Mátészalkán. Középiskolai tanulmányait Nagykanizsán kezdte, majd Budapesten fejezte be 1952-ben. Két évig dolgozott a Villamosipari Központi Kutató Laboratóriumban, majd 1954-ben jelentkezett a Budapesti Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Mérnöki kar Híd- és Szerkezetépítő szakára, ahol 1959-ben szerzett diplomát. Ezt követően került a Mélyépítési Tervező Vállalathoz, ahol a dr. Márkus Gyula által vezetett Szerkezeti osztályon dolgozott.

Egy éves kivitelezői gyakorlat (31-es Á.E.V.) után 1966-tól mint irányító tervező dolgozott. 1969-ben megszerezte a BME vasbetonépítési szakmérnöki oklevelét. 1974-től szakosztályvezető, 1977-től műszaki-gazdasági tanácsadó, 1982-től osztályvezető helyettes.

Kiváló elméleti felkészültségét folyamatosan fejlesztette a „szakmai műhelyben”, s évtizedeken át volt dr. Janzó József munkatársa. A mélyépítési ágazat, s azon belül is a vízépítési műtárgyak (víztisztító és szennyvíztisztító telepek műtárgyai, víztároló medencék és víztornyok) tervezése jelentette szakmai főtevékenységét. Részes volt a különböző szerkezetű és építéstechnológiájú monolit, vagy előregyártott vasbeton medenceszerű műtárgyak kialakítóinak. Kiemelkedő példaként a Gellérthegyi 2x40 000 m³-es utófeszített ivóvíztároló komplexum, vagy számos 5 000-10 000 m³-es ivóvíztároló medence említhető. Egykori kiemelt állami nagyberuházások (Dunai Vasmű Konverteres Acélmű és Kokszolómű) vállalati főtervezőjeként érvényesítette komplex szakmai szemléletét, s irányította a különböző szakágazatok vezető szakembereinek munkáját.

Az állami vállalatot felszámolták, emiatt szakmai tevékenységét az 1992-ben alakult Mélyépterv Komplex Kft.-ben, majd ennek átalakulásával létrejött Mélyépterv Komplex Zrt.-ben folytatta szerkezeti főmérnökként. Az új cégben 15 fős építész-státikus egység munkáját vezette egészen 2009. áprilisáig. Azt követően részmunkaidőben dolgozott szaktanácsadóként.

Országos tervpályázatokon többször nyert díjat, vagy megvételt (pl. Víztorony építési pályázaton II. díj, víztároló medencék pályázat III. díj stb.)

A tervezési feladatok mellett, több mint 25 évig – a BME Építőmérnöki Kar Vasbeton Tanszékének felkérésére – mérnökhallgatók gyakorlatvezetését, diplomázók konzultálását, diplomatervek bírálatát végezte.

Több szakcikket írt, előadásokat tartott különböző konferenciákon, szimpóziumokon (Mérnöktovábbképző Intézet előadássorozat, Országos Közművesítési Konferencia, Nemzetközi Héjszerkezeti Szimpózium, stb.)

Több elfogadott és alkalmazott szabadalma volt (pl. „Szerkezet és eljárás térszín alatti zárt négyszögszelvényű vonalas műtárgyak létesítésére”, melynek alapján készültek pl. a meglévő út és vasút alatt, előregyártott vb. elemekből átsajtolt élővíz átvezetések, illetve közutak).

Külön kiemelendő, hogy a gyakorlott szakemberek mellett sokat foglalkozott a friss diplomás mérnökök nevelésével, s számukra a tervezés „mesterségbeli tudásának” átadásával.

Szakmai munkája mellett a zártkörű részvénytársaság meghatározó tulajdonosa és igazgatósági tagja is volt hosszú időn át. Felelősséggel tevékenykedett a megváltozott piaci körülmények között, s a legkülönbözőbb mélyépítési műtárgyak szerkezeti és építéstechnológiai megoldásainak kidolgozója.

Szakmai tudásánál csak szerénysége nagyobb, emiatt csak a szűkebb szakmai közélet szereplői között ismert. A **fib** Magyar Tagozatának tagja, s különböző konferenciák és rendezvények résztvevője. 2007-ben szakmai tevékenysége elismeréseként Menyhárd István- díj kitüntetésben részesült. Több mint 50 éves tervezői múlttal, óriási tudásával és tapasztalatával a mai műszaki élet kiemelkedő alakja. Az utóbbi években megromlott egészségi állapota miatt már nem aktív, de ma is tartja a kapcsolatot volt munkatársaival.

Kedves István, ezútonl kívánunk neked sok boldogságot és jó egészséget születésnapod alkalmából.

Balázs L. György

FIBRE-REINFORCED CONCRETE: FROM DESIGN TO STRUCTURAL APPLICATIONS - FRC 2014: ACI- FIB INTERNATIONAL WORK- SHOP

fib BULLETIN 79

Title: Fibre-reinforced concrete: From design to structural applications - FRC 2014: ACI-fib International Workshop
Category: ACI-fib workshop proceedings
Year: 2016
Pages: 480
Format approx. DIN A4 (210x297 mm)
ISBN: 978-2-88394-119-9

Abstract:

The FRC-2014 Workshop Fibre Reinforced Concrete: from Design to Structural Applications was the first ACI-fib joint technical event. The Workshop, held at Polytechnique Montreal (Canada) on July 24th and 25th 2014, was attended by 116 participants from 25 countries and 4 continents.

The first international FRC workshop was held in Bergamo (Italy) in 2004. At that time, the lack of specific building codes and standards was identified as the main inhibitor to the application of this technology in engineering practice. Ten years after Bergamo, many of the objectives identified at that time have been achieved. The use of fibre reinforced concrete (FRC) for designing structural members in bending and shear has recently been addressed in the fib Model Code 2010. Steel fibre reinforced concrete (SFRC) has also been used structurally in several building and bridge projects in Europe and North-America. SFRC has been widely used in segmental tunnel linings all over the world. Members of ACI544 and fib TG-4.1 have been involved in writing code based specifications for the design of FRC structural members.

More than fifty papers were presented at the Workshop from which forty-four were selected for this joint ACI/fib publication. The papers are organised in the document under six themes: Design guidelines and specifications, Material properties for design, Behaviour and design of beams and columns, Behaviour and design of slabs and other structures, Behaviour and design of foundations and underground components, and finally, Applications in structure and underground construction projects.



PARTIAL FACTOR METHODS FOR EXISTING CONCRETE STRUC- TURES

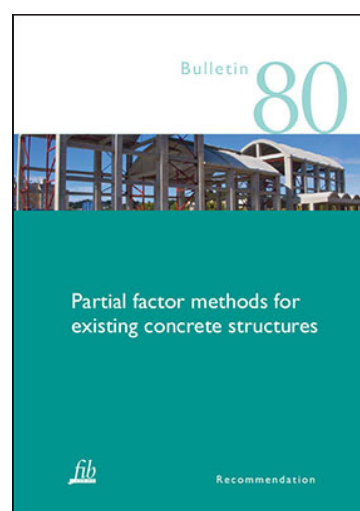
fib BULLETIN 80

Title: Partial factor methods for existing concrete structures
Category: Recommendation
Year: 2016
Pages: 129
Format approx. DIN A4 (210x297 mm)
ISBN: 978-2-88394-120-5

Abstract:

For a large part of the existing buildings and infrastructure the design life has been reached or will be reached in the near future. These structures might need to be reassessed in order to investigate whether the safety requirements are met. Current practice on the assessment of existing concrete structures however needs a thorough evaluation from a risk and reliability point of view, as they are mostly verified using simplified procedures based on the partial factor method commonly applied in design of new structures. Such assessments are often conservative and may lead to expensive upgrades.

Although the last decades reliability-based assessment of existing concrete structures has gained wide attention in the research field, a consistent reliability-based assessment framework and a practically applicable codified approach which is compatible with the Eurocodes and accessible for common structural engineering problems in everyday practice is currently missing. Such an approach however allows for a more uniform, more objective and probably more widely applied assessment approach for existing concrete structures. Hence, in this bulletin two different partial factor formats are elaborated, i.e. the Design Value Method (DVM) and the Adjusted Partial Factor Method (APFM), enabling the incorporation of specific reliability related aspects for existing structures. The DVM proposes a fundamental basis for evaluating partial factors whereas the APFM provides adjustment factors to be applied on the partial factors for new structures in EN 1990. In this bulletin both methods are elaborated and evaluated and a basis is provided for decision making regarding the target safety level of existing structures.



PUNCHING SHEAR OF STRUCTURAL CONCRETE SLABS

fib BULLETIN 81

Title: Punching shear of structural concrete slabs

Category: Technical Report

Year: 2017

Pages: 378

Format approx. DIN A4 (210x297 mm)

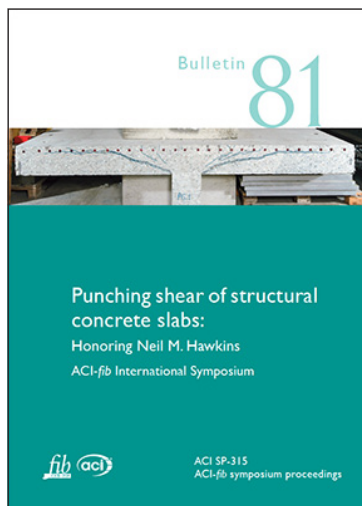
ISBN: 978-2-88394-121-2

Abstract:

fib Bulletin 81 reports the latest information available to researchers and practitioners on the analysis, design and experimental evidence of punching shear of structural concrete slabs. It follows previous efforts by the International Federation for Structural Concrete (fib) and its predecessor the Euro-International Committee for Concrete (CEB), through CEB Bulletin 168, *Punching Shear in Reinforced Concrete* (1985) and **fib**Bulletin 12, *Punching of structural concrete slabs* (2001), and an international symposium sponsored by the punching shear subcommittee of ACI Committee 445 (Shear and Torsion) and held in Kansas City, Mo., USA, in 2005.

This bulletin contains 18 papers that were presented in three sessions as part of an international symposium held in Philadelphia, Pa., USA, on October 25, 2016. The symposium was co-organized by the punching shear sub-committee of ACI 445 and by **fib** Working Party 2.2.3 (Punching and Shear in Slabs) with the objectives of not only disseminating information on this important design subject but also promoting harmonization among the various design theories and treatment of key aspects of punching shear design. The papers are organized in the same order they were presented in the symposium. The symposium honored Professor Emeritus Neil M. Hawkins (University of Illinois at Urbana-Champaign, USA), whose contributions through the years in the field of punching shear of structural concrete slabs have been paramount.

The papers cover key aspects related to punching shear of structural concrete slabs under different loading conditions, the study of size effect on punching capacity of slabs, the effect of slab reinforcement ratio on the response and failure mode of slabs, without and with shear reinforcement, and its implications for the design and formulation in codes of practice, an examination of different analytical tools to predict the punching shear response of slabs, the study of the post-punching response of concrete slabs, the evaluation of design provisions in modern codes based on recent experimental evidence and new punching shear theories, and an overview of the combined efforts undertaken jointly by ACI 445 and **fib** WP 2.2.3 to generate test result databanks for the evaluation and calibration of punching shear design recommendations in North American and international codes of practice.



PRECAST SEGMENTAL BRIDGES

fib BULLETIN 82

Title: Precast segmental bridges

Category: Guide to good practice

Year: 2017

Pages: 183

Format approx. DIN A4 (210x297 mm)

ISBN: 978-2-88394-122-9

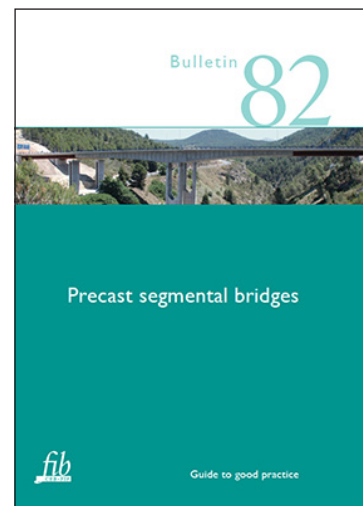
Abstract:

The concept of precast segmental bridges is not new: the first application documented was from the mid-1940s, designed by Eugene Freyssinet and built over the river Marne near Luzancy in France, between 1944 and 1946. Although innovative, it also contained traditional wet concrete joints between the members. The impressive breakthrough came slightly later with the introduction of match-cast joints by Jean Muller, first for a bridge near Buffalo (USA) in 1952, and later for a bridge across the River Seine at Choisy le Roi near Paris in 1962. This opened the way for a large number of new developments in terms of design, production approaches and construction techniques, and precast prestressed concrete segmental construction became rapidly one of the most efficient and successful bridge construction methods all over the world. These developments are still evolving, but the interaction between design, production and construction is a critical factor for success: the interaction creates opportunities to optimise the scheme, but at the same time is crucial to ensure safety, especially during construction, when large weights are moved, placed and secured, frequently at substantial heights. Engineers of all disciplines involved should interact during the development and realisation of precast segmental bridge (PSB) schemes, to conclude the optimum method statement and consequently check all the intermediate steps of the method statement in terms of stress, stiffness, stability, production and constructability. With the ongoing development of the PSB concept, and consequently moving limits in terms of dimensions, it was concluded to be appropriate to develop a Guide to good practice for the PSB construction method.

The present report was developed by an integrated team of engineers with roots in design, structural engineering, production and construction, and provides a valuable source of knowledge, experience, recommendations and examples, with particular emphasis on the **fib** Model Code for Concrete Structures 2010 and **fib** Bulletins 20, 33, 48 and 75.

I would like to thank all the members of Task Group 1.7, all the individual contributors from outside Task Group 1.7, and the reviewers of the Technical Council of the **fib** for their contribution to this Guide to good practice. In particular, I would like to thank Gopal Srinivasan and Marcos Sanchez, who, apart from their own contributions, did the final editorial work for this bulletin.

Prof. Aad van der Horst, M.Sc.



MAMMUT XT A XXI. SZÁZAD ZSALUJA



a zsaluzás új dimenziója
nagy teherbírás (100 kN/m²)

extrém magasság

három átkötési mód

legrövidebb zsaluzási idő

leggazdaságosabb megoldás



MEVA Zsalurendszerek Zrt.
www.meva.hu

1047 Budapest Labdarúgó u. 19. | TEL. +36 1 272-2222 | E-mail: info@meva.hu

A JÖVŐT ÉPÍTJÜK



A-HÍD ZRt.
H-1138 BUDAPEST
KARIKÁS FRIGYES U. 20.

www.ahid.hu



A-HÍD