

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**



KANIZSÁR SZILÁRD

TORONYHÁZAK ALAPOZÁS ÉS SZERKEZETTERVEZÉSE – 1. RÉSZ

74

DR. OROSZ ÁRPÁD – NAGY JÁNOS

RÉSPILLÉREKKEL GYÁMOLÍ- TOTT ALAPLEMEZEK ERŐJÁ- TÉKA, ÁTSZÚRÓDÁSA ÉS A TÓRUSZ VASALÁS ALKALMAZÁSA – 2. RÉSZ

81

DR. MAJOROSNÉ LUBLÓY ÉVA ESZTER –
DR. BALÁZS L. GYÖRGY – FÖLDES TAMÁS
– DR. KAPITÁNY KRISTÓF –
HLAVICKA VIKTOR

CT ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ ÉPÍTŐ- ANYAGOK VIZSGÁLATÁNÁL

89

SZEMÉLYI HÍREK

DR. SEIDL ÁGOSTON

65. SZÜLETÉS NAPJÁRA

DANCS LÁSZLÓ 65. SZÜLETÉS NAPJÁRA

WELLNER PÉTER 85. SZÜLETÉS NAPJÁRA

94

„BETON TÚZÁLLÓSÁGA” NVKP_16-1-2016-0019 PROJEKT BESZÁMOLÓ

96

2018/4

XX. évfolyam, 4. szám



ÉMI-TÜV

Értéket teremtünk.
Bizalmat építünk.

Az ÉMI-TÜV SÜD csapata

Műszaki szolgáltatásaival sikerre
kovácsolja munkáját a minőségügy
és a biztonságtechnika területén

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

- Felvonók, mozgólépcsők, színpadtechnikai berendezések
- Építő-, emelő- és anyagmozgatógépek
- Nyomástartó berendezések, kazánok, gázpalackok
- Hegesztési technológiák, hegesztők, hegesztőüzemek
- Magas- és mélyépítési létesítmények tartószerkezetei, épület- és szakipari szerkezetek
- Építési célú termékek
- Szórakoztatóipari és mutatóanyag berendezések
- Játszótéri eszközök
- Fogyasztási termékek (vegyi anyagok, ruházati cikkek, kozmetikumok, élelmiszerek, építési termékek)
- Irányítási rendszerek, munkabiztonság

Szolgáltatásaink az építőipar területén:

- Meglévő építmények műszaki felülvizsgálata
- Épületdiagnosztika
- Meglévő tartószerkezetek átalakításának tervezése
- Szerkezetmegerősítések tervezése
- Új épületek tervezése a koncepciótervtől a gyártmánytervekig
- Tartószerkezeti, épületszerkezeti szakértés
- Kiegészítő laboratóriumi vizsgálatok
- MSZ EN szabványok szerinti felülvizsgálat
- Üzemi gyártásellenőrzés, termék tanúsítás

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. Lublói 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, Műgyetem 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: Igény a zöld környezet iránt –

épülethomlokzat Madrid egyik főutcáján

Készítette: Dr. Balázs L. György

TARTALOMJEGYZÉK

74 KANIZSÁR SZILÁRD **TORONYHÁZAK ALAPOZÁS- ÉS SZERKEZETTERVEZÉSE – 1. RÉSZ**

81 DR. OROSZ ÁRPÁD – NAGY JÁNOS **RÉSPILLÉREKKEL GYÁMOLÍTOTT ALAP- LEMEZEK ERŐJÁTÉKA, ÁTSZÚRÓDÁSA ÉS A TÓRUSZ VASALÁS ALKALMAZÁSA – 2. RÉSZ**

89 DR. MAJOROSNÉ LUBLÓY ÉVA ESZTER – DR. BALÁZS L. GYÖRGY – FÖLDES TAMÁS – DR. KAPITÁNY KRISTÓF – HLAVICKA VIKTOR **CT ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ ÉPÍTŐ- ANYAGOK VIZSGÁLATÁNÁL**

94 **SZEMÉLYI HÍREK** DR. SEIDL ÁGOSTON 65. SZÜLETÉSNAPJÁRA DANCS LÁSZLÓ 65. SZÜLETÉSNAPJÁRA WELLNER PÉTER 85. SZÜLETÉSNAPJÁRA

96 **„BETON TÚZÁLLÓSÁGA” NVKP_16-1-2016-0019 PROJEKT BESZÁMOLÓ**

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

TORONYHÁZAK ALAPOZÁS- ÉS SZERKEZETTERVEZÉSE – 1. RÉSZ



Kanizsár Szilárd

DOI: 10.32969/VB.2018.4.1

A 100 m magasságot meghaladó épületek tervezése a hazai mérnöki gyakorlatban kevésbé ismert területnek számít. A cikkben a terjedelmi korlátok ellenére törekszem arra, hogy átfogó képet adjak a téma iránt érdeklődők számára mind szerkezettervezési, mind geotechnikai szemszögből. Külföldi szakirodalmi művek alapján, és megépült szerkezetek példáin keresztül alapozási és szerkezettervezési koncepciókat ismertetek, melyeket értékelve szó esik a budapesti lehetőségekről is. A magasház fogalmának tisztázása után kitérek a tervezéshez szükséges hazai előírások alkalmazhatóságára, valamint a toronyházak építésszerűen szóba jöhető méreteinek szerkezeti vonatkozásaira. Szót ejtek a külföldi magasépületeknél felhasznált szerkezeti anyagok szilárdsági jellemzőiről, valamint ezek alkalmazása kapcsán a világban megfigyelhető trendekről. Betekintést nyújtok a toronyházak tartószerkezeti rendszereinek típusaiba. Külföldi példákon keresztül szemléltetem a leggyakrabban alkalmazott alapozási megoldások elvi működését, gyakorlati kialakítását. Röviden vázolom Budapest geotechnikai adottságait a toronyházak vonatkozásában. A tartószerkezetről és az alapozásról szóló fejezetek végén áttekintem, hogy az ismertetett tervezési koncepciók melyike jöhet számításba a hazánkban megvalósuló projektek esetében.

Kulcsszavak: toronyház, magasépület, belső szerkezeti rendszer, külső szerkezeti rendszer, outrigger, alapozás, CPRF

1. BEVEZETÉS

A Fővárosi Közgyűlés az 5/2015.(II.16.) sz. rendeletével elfogadta Budapest Főváros Rendezési Szabályzatát (továbbiakban BFRSZ), amely szakított a korábbi konzervatív hozzáállásával, és bizonyos területeken 120 m-re emelte a korábbi 55 m magassági korlátot.

A Budapest városképét napjainkban jellemző épületek magassági mérettartománya a szerkezet- és alapozástervezésben elméleti és gyakorlati szempontból is jól ismert, megszokott és a mérnökök által biztos kézben tartott tervezési kategóriát jelent. Nincs ez így azonban a toronyházak esetében, hiszen a korábbi építési szabályok korlátozó előírásai miatt az előbb említett mérettartományt jelentősen meghaladó épületek idáig nem épülhettek. Így az ezekkel kapcsolatos korszerű műszaki igények és azokra adandó válaszok természetesen még meg sem fogalmazódtak. Míg a megszokott mérettartományba eső épületek esetében a geotechnikai körülmények, a tervezési és építési eljárások többé-kevésbé rutinszerűen kezelhetők, addig a toronyházak esetében ezek egyértelműen speciális megközelítést igényelnek.

Jelen cikk a toronyházak alapozási és tartószerkezeti koncepcióinak kérdéskörével kapcsolatos alapfogalmak ismertetése mellett igyekszik rámutatni arra, melyek a legfontosabb, a tervezést megelőzően tisztázandó, mérlegelendő és megválaszolandó kérdések, illetőleg melyek azok a ma még hiányzó ismeretek, amelyek pótlása elengedhetetlen. Külföldön (pl. Ausztria, Németország, Spanyolország) megépült 100-200 m magassági tartományba eső épületeket elemeztem geometriai kialakítás, beépített szerkezeti anyagok, felszerkezeti és alapozási rendszerek, terhek, deformációk és építési technológiák

szempontjából. Az összegyűjtött adatok alapján megállapíthatók, melyek az említett mérettartományba eső épületek esetén leginkább alkalmazott műszaki megoldások, amelyek kifejlődése mögött több évtizedes tapasztalat áll. Ezek ismerete mindenképpen hasznos segítséget jelenthet a hazai projektek esetében, de természetesen mindig mérlegelni szükséges, hogy egy-egy műszaki megoldás mi módon adaptálható a hazai körülmények között.

2. A MAGASÉPÜLET FOGALMA A VILÁGBAN ÉS HAZÁNKBAN

Két felfogás létezik a magasépület (high-rise / tall building) definiálásáról. A CTBUH (Council on Tall Buildings and Urban Habitat) ajánlása szerint a magassági kategóriák a következők:

- 200-300 m: magas épület (tall building)
- 300-600 m: szuper-magas épület (super-tall building)
- > 600 m: extra-magas épület (megatall building)

Látható, hogy e kategóriarendszer szerint egy Budapestre tervezett 120 m magas épület nem minősül magasnak, hiszen még a legalsó mérettartományba sem sorolható be. A másik, kevésbé egzakt megközelítésmód szerint a magas épület fogalma általánosságban nem definiálható egyértelműen a szintek száma vagy a felszerkezet terepszint feletti magassági mérete alapján. Az abszolút méreteket rögzítő felfogáshoz képest ez utóbbi értelmezés nem számszerűsíti azt a „bűvös” magassági határt, szintszámot vagy karcsúságot, amely felett az épület a „magas” kategóriába sorolandó, alatta pedig nem illeti meg ez a jelző. Amikor egy szerkezet tervezése során a hangsúly a

statika területéről a szerkezeti dinamika irányába eltolódik, a függőleges teherhordó szerkezet kialakításának problémájánál dominánsabb kérdéssé válik a vízszintes teherviselő szerkezet megkonstruálása, akkor lehet érzékelni, hogy az épület a „magas” kategóriába tartozik. Utóbbi álláspont szerint a mérnökök számára semmiféle éles határvonal meghúzásának nincs értelme, hiszen az épületek magasságának növekedésével a statika illetve dinamika kérdései fokozatos átmenettel válnak hangsúlyosabbá, vagy éppen kevésbé dominánssá.

A hazai jogi szabályozás természetesen e filozofikus gondolkodásmódot félretéve és a CTBUH kategóriákat mellőzve megoldotta a mérnökök által objektív módon nem definiálható magassághatárok kijelölését, így jelenleg a hatályos Budapest Fővárosi Rendezési Szabályzata a következőképpen rendelkezik:

„Magasháznak nevezzük azokat a magasépületeket, amelyek legmagasabb pontja (OTÉK fogalom) legfeljebb 65 méter. Az ennél magasabb épület már toronyház, amelynek legmagasabb pontja – jelen szabályozás szerint – nem haladhatja meg a 120 métert.”

Ha világviszonylatban kitekintést teszünk, érzékelhetjük, hogy a magasság fogalma mennyire relatív. Bár csodálattal szemlélhetjük a lenyűgöző méretű arab, ázsiai, amerikai épületeket, e tornyok megvalósításához szükséges know-how jóval meghaladja azt a szintet, amelyet a mi majdani 120 m magas épületeink igényelnek. Világos, hogy ezért elsősorban a kisebb léptéket képviselő nyugat-európai példák lehetnek relevánsak számunkra, ezek tanulmányozásából nyerhetünk közvetlenül hasznosítható tudást. Az 1. ábra egy Budapestre tervezhető toronyházat ábrázol a nyugat-európai magasépületek viszonylatában. Bár ebben a közegben is szembetűnő a méretkülönbség, az európai léptékekkel épült magasházak műszaki megoldásai képviselik azt a sok évtized alatt összegyűlt tapasztalatot, amelyet a hazai mérnököknek is érdemes megismerni.

3. TERVEZÉS FELTÉTELEI, A HAZAI SZABVÁNYOK ALKALMAZHATÓSÁGA

Bizonyos, hogy a címben szereplő szerkezetek tervezése kizárólag a hatályos, Eurocode alapú magyar szabványok szerint nem végezhető el, hiszen az építmény méretéből adódó különlegessége miatt több hazai előírást sem lehet a tervezés során alkalmazni. Ezeket a hiányzó előírásokat egyrészt külföldi szabványok adaptálásával lehet pótolni, másrészt a tudományos

szakirodalmi ajánlások, valamint a külföldi tervezési gyakorlat követése jelenthet támpontot.

Természetesen a mérnöki tervezés, az Eurocode-ok elvei, fogalomrendszere érvényes, s ezeknek megfelelően a tervezésben három lényeges feltételnek teljesülnie kell:

- az összes teher és hatás számítható legyen, belőlük a mértékadó teherkombinációkat meg lehessen határozni a megfelelő parciális tényezők alkalmazásával,
- az egyes szerkezetek ellenállása megbízható módon számítható, elmozdulásai a szükséges pontossággal becsülhetők legyenek,
- az egyes tervezési határállapotokhoz rendelhető megfeleltetési kritériumok világosak, egyértelműek legyenek.

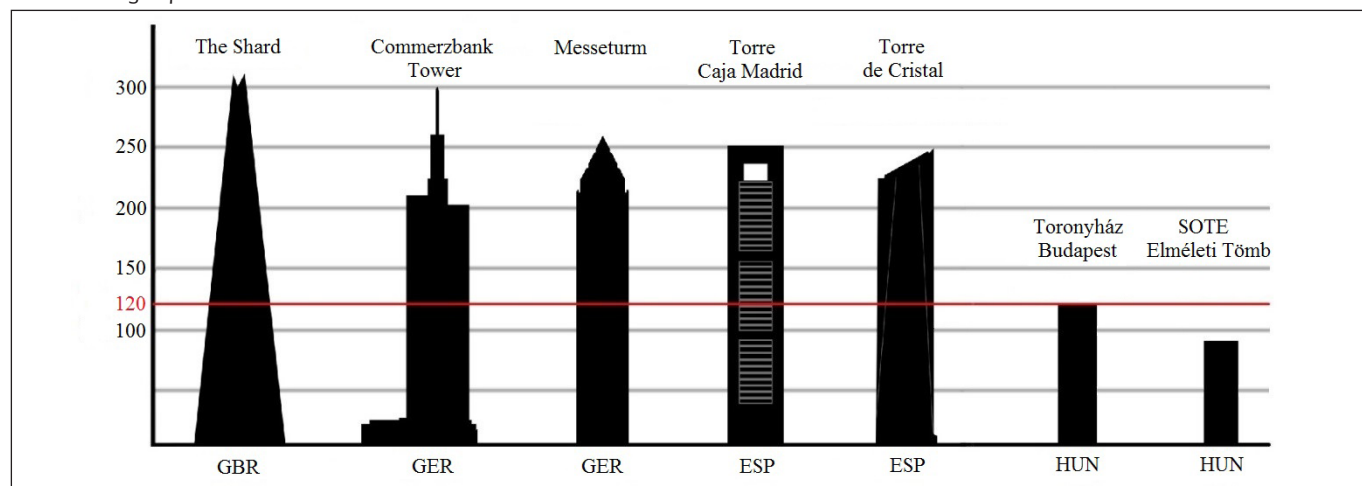
Jelenleg a felsorolt három pont mindegyikéhez említhető legalább egy-egy olyan példa, amivel kapcsolatban a hatályos hazai szabványunk nem ad útmutatást. Ilyenek rendre a következők:

- az MSZ EN 1991-1-4:2007 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások 1-4. rész: Általános hatások. Szélhatás c. szabvány nem vonatkozik az alábbi esetekre
a) szél miatti „csavarási rezgések, pl. központi merevítőmaggal készült magasépületek esetén,”
b) „olyan rezgések, ahol az alaprezgésnél magasabb sajátrezgéseket is figyelembe kell venni,”
- az MSZ EN 1997-1:2006 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok c. szabvány cölöpökről szóló része rögzíti, hogy a cölöpökre vonatkozó előírások nem alkalmazhatók közvetlenül a magas épületek legelterjedtebb alapozási rendszerének, a CPRF-alapozásnak a cölöpjeire,
- MSZ EN 1997-1:2006 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok c. szabvány H melléklete tájékoztatást ad a tartószerkezetek alakváltozásaira és az alapmozgásokra vonatkozó határértékekre, de ugyanakkor világosan kimondja, hogy
„A süllyedések korlátozására adott ezen irányelvek a szokványos, rutinszerű tartószerkezetekre vonatkoznak. Nem helyes olyan épületek vagy tartószerkezetek esetében alkalmazni őket, amelyek a szokásostól eltérnek, vagy amelyek terhelése markánsan egyenetlen.”

A használhatósági határállapotok vizsgálata előtt meg kell határozni azokat a kritikus értékeket, amelyekhez viszonyítva eldönthető, hogy a vizsgált szerkezet, vagy szerkezeti elem a teherbírási követelmények mellett megfelel-e a használhatósági vagy éppen a rendkívüli állapotra vonatkozó elvárásoknak. Ilyenek többek között az alábbiak:

- alapozásra vonatkozóan például a süllyedés, relatív süllyedés, dőlés,

1. ábra: Magasépületek az EU-ban



- felszerkezetre vonatkozóan többek között az épület legfelső pontjának kilengése 50 éves gyakoriságú szélteher hatására (wind deformation limit), a szintek közötti vízszintes irányú, rövid ideig tartó relatív eltolódás szél, illetve földrengés hatására (max interstory drift) vagy éppen a legfelső lakott szint vízszintes irányú gyorsulásának átlagértéke 5 éves gyakoriságú szélteher esetén (5-year rms acceleration)
- Mielőtt a toronyházak tervezésébe fognánk, tisztázni kell, hogy a jelenlegi hazai szabványok tartalmazznak-e ilyen kritériumokat, s a külföldi szabványok tükrében mérlegelni kell, hogy azok toronyházakra is vonatkoztathatók-e, ha vannak, illetve meg kell alkotni őket azokra támaszkodva, ha nincsenek.

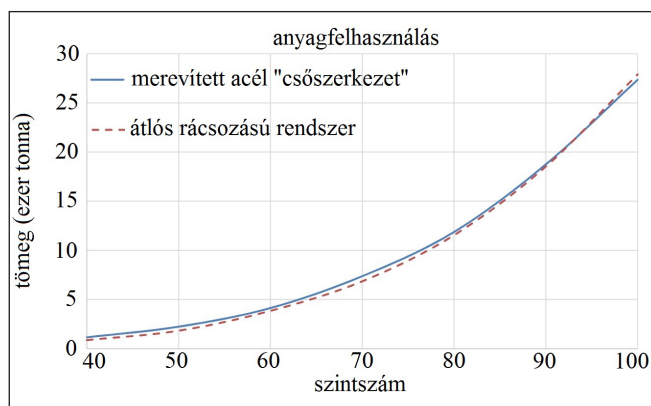
4. JELLEMZŐ MÉRETEK ÉS KARCSÚSÁG

Budapest Főváros Rendezési Szabályzata rögzíti a toronyházak fő méreteinek maximális értékeit (1. táblázat). Ezek a méretek kizárólag az építészeti funkciók (pl. használható alaprajz) és a városépítészeti szempontok (pl. kitakaras, sziluett látvány) alapján születtek, szerkezeti megfontolások nem kerültek szóba.

Az előzetes számítások azt mutatják, hogy 27-30 m minimális szélességi méret, és legalább 700 m² hasznos alapterület szükséges ahhoz, hogy építészeti szempontból olyan alaprajzot lehessen kialakítani, amely kielégíti a közlekedőmagokra vonatkozó szigorú előírásokat (liftek száma, menekülőlépcső stb.). Ezt figyelembe véve, egy ilyen befoglaló méretekkel rendelkező épület szerkezeti szempontból nem számít karcsú építménynek, hiszen a 120 m magassághoz tartozó minimálisan szükséges 27-30 m szélesség körülbelül 1:4 arányú építészeti karcsúságot jelent.

Külföldi példákat tekintve azt találjuk, hogy a hasonló magasságú épületek karcsúsága 1:3 – 1:4 körüli érték (pl. Orbi Tower – Bécs 115 m/38,6 m vagy Vienna City Gate – Bécs 108 m/26,5 m). A magasabb, 200 métert meghaladó tornyoknál ez az arányszám 1:6 – 1:8 között változik (pl. Torre de Cristal – Madrid 230m/33m). Az 1:4 karcsúságú épületekbe speciális, a szélterhekből származó lengések kompenzálására szolgáló csillapítószerkezetet nem építettek be, ellentétben az 1:8 karcsúsági arányt meghaladó, bécsi DC Tower 220 m magas épületével, amely 26,5 m rövidebb alaprajzi oldallal, így 1:8,5 arányú karcsúsággal épült. A szélterhekből származó lengések csillapítása miatt ez a karcsúság már egy 300 tonnás TMD (tune mass damper) csillapító inga alkalmazását tette szükségessé az emberi tartózkodás miatt előírt használhatósági követelmények betarthatósága végett.

Megépült külföldi épületek adataiból jól látszik, hogy az építészeti karcsúságnak milyen ára van. Alsóbb éves mechanikai tanulmányainkból, számítások nélkül is sejthető, hogy a szintszám lineáris növekedésével az épületszerkezet tömege korántsem lineárisan nő. Mivel egy egyszerű, egyen-



2. ábra: Épülettömeg a szintszám függvényében (Forrás: Poulos, 2017)

letesen megoszló teherrel terhelt konzol esetén is a konzol hosszának növekedése a konzolnyomaték nagyságát négyzetesen befolyásolja, ez a fajta exponenciális tömegnövekedés figyelhető meg az épületmagasság változása esetében is, de természetesen más mértékben. A 2. sz. ábra acélszerkezeti tartórendszerekkel megépült épületekre vonatkozóan azt mutatja, hogy a szintszám növekedése 50-ról 100-ra, azaz 2-szeresre, körülbelül 11-szeres tömegnövekedést eredményez. E példa jól szemlélteti, hogy a merevségi követelmények kielégítése a szintszám növekedésével egyre nehezebb feladattá válik.

A hazai magassági korlátozások miatt ilyen szélsőséges esetekre nem kell felkészülni. A külföldi tapasztalatok alapján azt lehet mondani, hogy az említett 1:4 körüli karcsúság esetén a hazai épületek szükséges merevsége megfelelően méretezett szerkezetekkel is biztosítható lesz, speciális csillapítószerkezetekre valószínűleg nem lesz szükség.

5. SZERKEZETI ANYAGOK

A toronyházak fejlődése szükségessé tette, hogy a szokásos mérettartományú épületekben használt anyagokhoz képest lényegesen nagyobb teherbírású szerkezeti anyagokat (is) alkalmazzanak. Ez egyrészt magasabb szilárdsági jellemzőjű anyagok, másrészt a hazai hagyományos magasépítésben kevésbé használt kompozit (ösvér) szerkezetek alkalmazásával érhető el. Természetesen mindkét megoldás új ismereteket, szofisztikáltabb tervezést, és a kivitelezés során szigorúbb technológiai fegyelmet igényel.

A hazai magasépítési gyakorlat helyszínen betonozott monolit szerkezetekben ritkán alkalmaz C35/45 jelű betonnal nagyobb szilárdságú keveréket. A betongyárak termékpalettáin legfeljebb a C40/50 szilárdságú beton található meg, amit jellemzően az infrastruktúraépítésben használnak, ám nem elsősorban statikai okokból, hanem valamilyen speciális kitéti osztályba való besorolás igénye miatt (pl. fokozott kopásállóság). Ezzel szemben az európai gyakorlat azt mutatja, hogy a toronyházak függőleges teherviselő elemei statikai okok miatt

1. táblázat: Magasépületek egyes méreteinek legnagyobb értékei (Forrás: Budapest Főváros Rendezési Szabályzata, 2017)

Magasépület	Az épület legmagasabb pontja [m]	Magasépület 30 m feletti önálló közlekedőmaggal rendelkező szintjeinek	
		bruttó alapterületeiből számított átlagérték maximuma [m ²]	legnagyobb alaprajzi kiterjedéseiből számított átlagérték maximuma [m]
Magasház	33-45	750	45
	46-65	900	50
Toronyház	65-90	1050	55
	90-120	1200	60

megkívánják a C50/60 (pl. Torre Espacio – Madrid, 223 m), (Calzón, Navarro, 2008), de akár C70/85 (pl. DC Tower – Bécs, 220 m) jelű betonok alkalmazását is (Bollinger, Grohmann, Berger, 2015). Ez a fajta igény természetesen a gyártást-szállítást, valamint a bedolgozást végzők számára betontechnológiai szempontból is különleges kihívást jelent.

A többszáz méter magas, betonszerkezetű épületek létüket a mikroszilikát (silica fume) tartalmazó beton 1900-as évek utolsó évtizedeiben történő kifejlesztésének köszönhetik. Az akkortájt forradalmian új betontechnológiai eljárásnak köszönhetően sikerült a betonok nyomószilárdsági értékeit jelentősen, 80 N/mm² fölé növelni. A cementszemcsékhez képest két nagyságrenddel kisebb, 0,1-0,3 mm szemcse-méretű mikroszilikának a cement tömegére vonatkoztatott 5-10%-os adagolásával nagyobb szilárdság és rugalmasság érhető el, fokozottabb korrózióvédelem, kedvezőbb szulfát- és kloridállóság tapasztalható. Az ilyen betonoknak nagyobb a tömörségük, kisebb a vízáteresztőképességük, erősebb a tapadásuk a betonacélra, és kúszásjellemzőik is kedvezőbbek a hagyományos betonokéhoz képest.

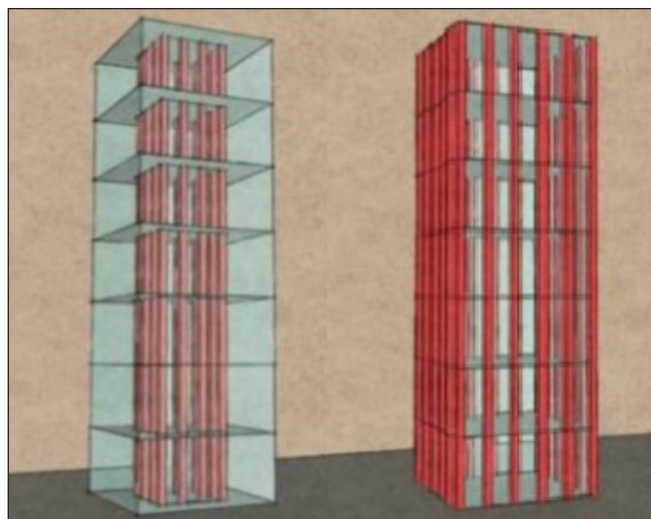
Hasonló fejlődés figyelhető meg a szerkezeti acélok vonatkozásában is. A hazai magasépítési gyakorlat jellemzően megelégszik az S235 szilárdságú acél nyújtotta mechanikai jellemzőkkel, az európai példákat tekintve azonban fel kell zárkózni a fokozottabb statikus és dinamikus igénybevételek esetén előnyösebben használható, magasabb szilárdsági osztályú acélok alkalmazásával. Példaként említhető a Madridban épült Torre de Cristal (230 m) toronyház, ahol a beépített szerkezeti acélok legmagasabb szilárdsági osztálya S460 volt (Temprano, Castilla, Vinals, 2008), vagy a bécsi DC Tower (220 m) épülete, amelynél S690 jelű acélokat is használtak.

A tisztán acélból, illetve vasbetonból épült szerkezetekhez képest sok szempontból előnyösebb a beton és az acél elemek speciális kapcsolóelemekkel együtt dolgoztatott szerkezete. A kompozit (öszvér) szerkezetek alkalmazása a magasépületek területén a 80-as években indult hódító útjára, és mára a külföldi gyakorlatban olyannyira uralkodó szerephez jutott, hogy a világ 300 méternél magasabb épületeinek 60%-a kompozit anyagú. A világtrendet az európai épületszerkezetek a kisebb magasságaik miatt visszafogottabb módon követik, a több, mint 700 db 100 métert meghaladó épület kevesebb, mint 10%-a épült öszvérszerkezetként (pl. európai kompozit szerkezetű toronyház a 202 m magas bécsi Millennium Tower), a legtöbb európai toronyépület anyaga vasbeton.

Magyarországon az öszvérszerkezetek elsősorban a hídépítésben, kevésbé a magasépítésben terjedtek el. Az ok egyszerű: az öszvérszerkezet előnyeit annál jobban lehet kihasználni, minél magasabb az épület. A hazánkban szokásos méretű épületek esetében az említett előnyök költséghatékonysága nem feltétlenül jelentkezik a hagyományos anyagú épületekkel szemben, azonban a majdani toronyházak esetében célszerű megvizsgálni a kérdést. Az öszvér anyagú épületek ugyanis a szerkezeti és építészeti előnyökön túl egy további fontos előnnyel is rendelkeznek, ami a magasságukból adódóan kiemelt jelentőségű, ez pedig a tűzvédelmi szempont.

6. TARTÓSZERKEZETI KONCEPCIÓK

A magas épületeket tartó szerkezeti rendszerüket tekintve a vízszintes terhek felvételére kialakított szerkezet szempontjából szokás megkülönböztetni, hiszen koncepcionális szinten a magasság növekedésével elsősorban a vízszintes teherhordó rendszer kialakítása változhat. A szerkezeti rendszereket két



3. ábra: Belső és külső szerkezeti rendszer

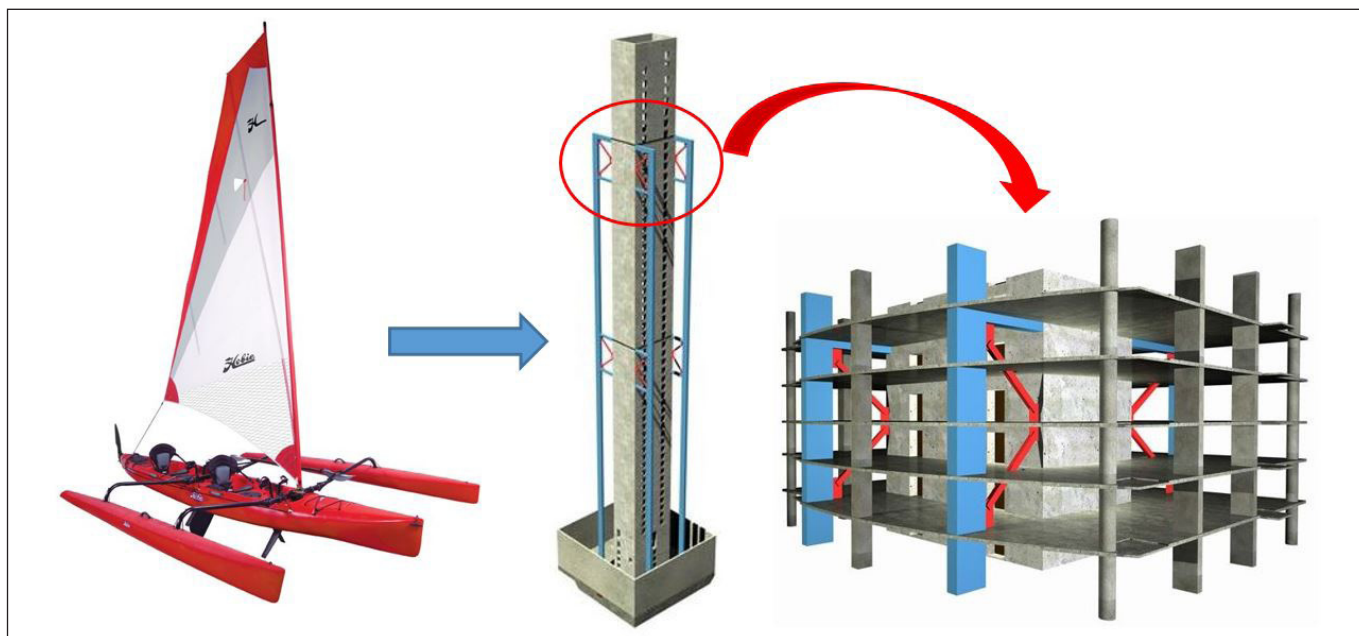
fő csoportba osztva aszerint különböztetjük meg, hogy az elsődleges vízszintes teherviselő rendszer szerkezeti elemei az épület mely részén koncentrálódnak. Ennek megfelelően beszélhetünk belső és külső (3. ábra) szerkezeti rendszerekről (Ali, Moon, 2007), amelyek közül az épület magasságának és a várható vízszintes terhelés nagyságának függvényében kell választani.

A belső rendszerek szükséges vízszintes irányú merevségét az épület belsejében, annak alaprajzi súlypontjában elhelyezett teherviselő elemek (merevítő falak, rácszatok) biztosítják. A belső rendszereken belül három különböző szerkezet létezik: a sarokmerev keret, a belső merevítő maggal ellátott szerkezet, valamint az outrigger rendszer. Az első két típus hazánkban is közismert és alkalmazott megoldás, ezért a mérnökök körében a kevésbé ismert outrigger rendszert érdemes legalább alapszinten megismerni. Az említett előbbi két szerkezeti kialakítás 25-30, illetve 60-70 szintig hatékony, outrigger rendszerrel azonban akár 140-150 szintet is el lehet érni.

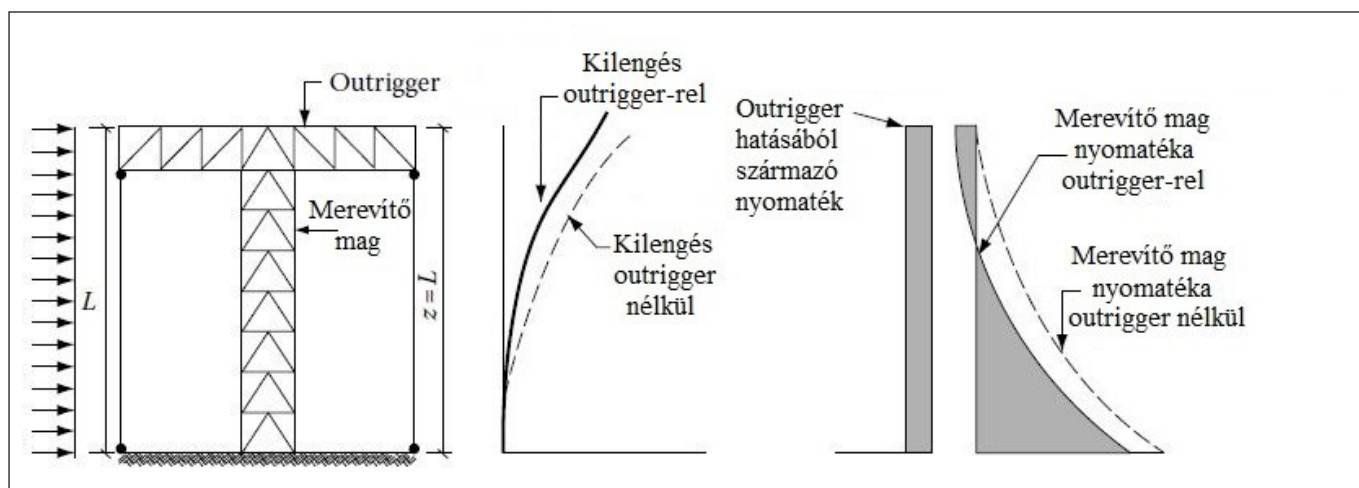
Ez a horizontális terhek viselésére szolgáló szerkezet a merevítő maggal ellátott épületek vízszintes irányú merevségének növelésére egy vagy több szinten elhelyezve a konzolnyomatékok csökkentésére szolgál. Az elvet a mérnökök a toronyházak szerkezeteiben egy ideje az ősi kenek stabilizálására használt eszköz mintájára alkalmazzák (4. ábra). Az angol szónak a hazai alkalmazás hiánya miatt nincs meg a magyar nyelvű megfelelője. A német gyakorlat is a fordítás nélküli, angol szóalakot használja, ezért az a jelen cikkben is így szerepel. A konzolnyomatékok redukálása (5. ábra) úgy valósul meg, hogy az outrigger szerkezet a nyomatékok egy részét húzó-nyomóerőkké transzformálja, melyeket az alaprajzi súlyponttól minél távolabb elhelyezett pillérek vezetnek le az alapozásig. A konzolnyomatékok mellett természetesen a vízszintes irányú elmozdulások és elfordulások is csökkennek.

Az outrigger szerkezeti rendszer elemei (6. ábra) (Taranath, 2010, 2012):

- a. merevítő mag, merevítő falak,
- b. outrigger, azaz a maghoz/merevítő falhoz sarokmereven kapcsolt, annak hossz tengelyére merőleges, vízszintes síkban terhelt vb. födém vagy rácsos tartó, mely az épület magassága mentén, több szinten is elhelyezhető,
- c. övtartó (belt truss), az outrigger tartók (ha az nem vb. födém) végeit köti össze az épület kerülete mentén,
- d. húzott-nyomott oszlopok, melyek az övtartó, vagy az outrigger födém pereme mentén helyezkednek el, minél távolabb a magtól, hogy az erőkar növekedjen.



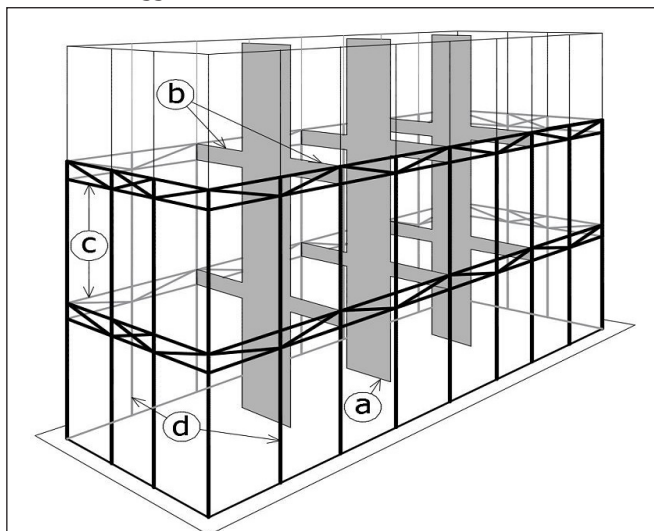
4. ábra: Kettős outrigger vitorlás és az outrigger szerkezeti rendszer



5. ábra: Az épület tetején elhelyezett outrigger és erőjátéka (Forrás: Taranath, 2010)

A külső szerkezeti rendszerek értelemszerűen az alaprajzi kerület mentén, az épület külső részén helyezkednek el, pillérek, falak, ferde merevítések stb. együttesen alkotják a hajlított nyírt konzol öveit és gerincét, valamint sokszor a homlokzaton építészeti is megjelenített ferde merevítésekkel biztosítják az épület vízszintes terhekkel szemben szükséges ellenállását.

6. ábra: Outrigger szerkezeti rendszer



A külső szerkezeti rendszerek alkalmazása az európai léptékű épületeknél kevésbé indokolt, főképpen a világviszonylatban is magasnak számító épületek esetén használt szerkezeti koncepció, ezért e rendszer típusait a következőkben csak röviden ismertetem. A rendszerek nevei ugyan magyar fordításban olvashatók, de mivel nem mindegyik angol kifejezésnek van magyar megfelelője, a néha kissé esetlen magyar fordítás mellett is szerepeltetem az eredeti angol megnevezést. A külső szerkezeti rendszerek (Poulos, 2017) következő példait a cikk terjedelmi korlátja miatt nem illusztrálhattam képekkel, de érdemes interneten megkeresni azokat, mert egy, az adott épületre jellemző kép sokszor beszédesebb, mint a szöveges leírás.

- Csőszerű rendszer (tube systems): egy vízszintes erővel terhelt függőleges tengelyű, alul befogott, vékonyfalú cső analógiájára működő térbeli szerkezeti rendszer, melyben a csőnek az átmérőjéhez képest vékony falát az épület teljes kerülete mentén elhelyezett teherviselő szerkezeti elemek alkotják. Legfeljebb ~150 szintig jelent hatékony megoldást. E rendszernek négy altípusa ismert:
 - Keretvázis „csőszerkezet” (framed tube): az épület kerülete mentén egymáshoz közel elhelyezett oszlopokból és azokkal sarokmereven összekapcsolt, nagy szerkezeti magasságú peremgerendákból álló keretrendszer (pl.: World Trade Center Twin Towers).
 - Merevített „csőszerkezet” (braced tube): az előbbihez

hasonló rendszer azzal a különbséggel, hogy az épület kerülete mentén az oszlopok nem sűrű kiosztásban, hanem egymáshoz képest nagyobb távolságban helyezkednek el, de köztük keresztirányú merevítések vannak (pl.: John Hancock Building, Chicago).

- Kötegelt „csőszerkezet” (bundled tube): egyedi „csövek” összekapcsolt csoportja, mely egy összefüggő szerkezeti egységet képez. Az egyedi „csövek” különböző alakúak lehetnek, és különböző magasságban végződhetnek. Átlós merevítésekkel a hatékonyan elérhető magasság növelhető. (pl.: Willis/Sears Tower, Chicago)
- „Cső a csőben” szerkezet (tube in tube): ezzel a rendszerrel fokozható a keretváz „csőszerkezet” merevsége. A belső magot a külső „csővel” összekötő födém tárcsák megosztják a vízszintes terheket a két szerkezet között, a belső „cső” besegít a külső rész teherviselésébe, fokozza a merevséget.
- Átlós rácsoszású rendszer (diagrid system): az átlós irányú merevítő elemek vízszintes terhekkel szembeni ellenállását hatékony módon használja ki, mivel az ilyen szerkezetek hajlítási és nyírási merevséggel is rendelkeznek, ezért szükségtelenné válik a nagy nyírási merevségű belső mag alkalmazása. (pl.: Hearst Tower, New York). Nagyjából 100 szintig jelent célszerű szerkezeti koncepciót.
- Térbeli rácsoszat (space truss): a merevített „csőszerkezet” (braced tube) egy módosult változata, ahol az átlós irányú merevítések nem csak a fő homlokzati síkokban helyezkednek el, hanem azok a térbeli elhelyezkedésük révén új homlokzati síkokat is létrehozhatnak, adott esetben a külső „csövet” az épület belsejébe hatolva összeköthetik a belső résszel (pl.: Bank of China, Hong Kong). Maximum ~150 szintig alkalmazható előnyösen.
- Külső váz (exoskeleton): az épület vízszintes teherhordó rendszere egy külső vázként az épületen kívül, a homlokzatoktól távolabb helyezkedik el. Az ilyen szerkezeteknél a többi rendszertől eltérően kiemelt jelentősége van a hőmérsékletből származó mozgásoknak, illetve kényszereknek. (pl.: Hotel Arts, Barcelona). Az alkalmazhatóságának felső korlátja körülbelül 100 szint.
- Óriáskeret (superframe): extra méretű oszlopokból (megacolumns) és az azokat 15-20 szintenként összekötő többszintes rácsos tartókból alakítják ki. Az oszlopok mindegyike maga is egy-egy merevített keret, melyeket az épület sarokpontjaiban helyeznek el. (pl.: HSBC Headquarters Building, Hong Kong). A legmagasabb, 160+ szintszámú épületek szerkezeti rendszere.

Az egyes szerkezeti típusok alkalmazásának nem csak felső korlátja van, de létezik egy olyan minimális szintszám is, amely alatt az adott szerkezettípus műszakilag indokolatlan és gazdaságtalan. A belső szerkezeti rendszerek merevítő magos megoldása nagyjából 60-70 szintig biztosít kellő vízszintes irányú merevséget, az ennél magasabb épületek esetén a merevítő magon kívül egy vagy több szinten beépített outrigger szerkezetet ajánlatos alkalmazni, ami viszont építésetileg értékes területek elvesztésével jár. Erre a problémára nyújtanak megoldást 60-70 szint felett a külső szerkezeti rendszerek.

A Budapestre tervezhető toronyházak 120 m magassági korlátozása ~30-40 szintszámot enged meg. Ez mérlegelés nélkül is egyértelműen indokolatlanná teszi a külső szerkezeti rendszerek választását, hiszen ez a szintszám a belső szerkezeti rendszerek alsó kategóriájába pozicionálja őket. Ennek megfelelően a budapesti toronyházak várhatóan vasbeton maggal merevített csuklós keretként kialakított szerkezetekkel (pl. merevítő maghoz kapcsolt vasbeton pillérekkel alátámasztott síklemez födémek) épülhetnek meg. Ez a szerkezeti rendszer

megfelelő méretezés esetén rendelkezhet a szükséges vízszintes irányú teherbírással és merevséggel, s előzetes számítások nélkül, az európai példákat értékelve megállapítható, hogy outrigger szerkezetre nem lesz szükség.

7. ALAPOZÁSI ALAPELVEK

7.1. Tiszta alapozási rendszerek

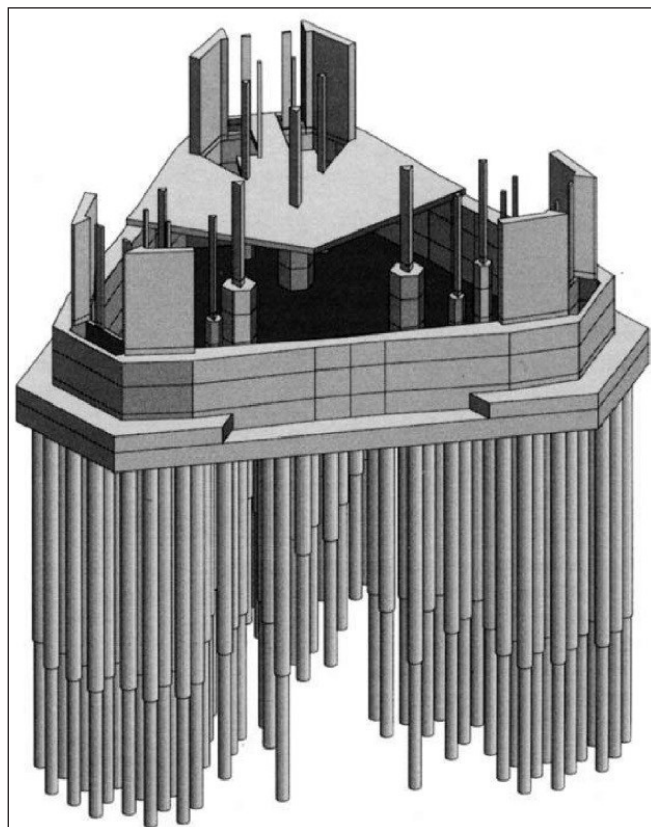
A megépült európai toronyházak alapozási szerkezeteit tanulmányozva megállapítható, hogy jellemzően mélyalapozással hárítják a terheket az altalajra, de akad példa síkalapozásra is. A Madridban épült Torre Espacio (223 m) (7. ábra) 53x43 méter alapterületű, 4,0 m vastag feszített vasbeton lemezen nyugszik, mely sem cölöpökkel, sem réspillérekkel nem lett alátámasztva. A különösen jó teherbírási homok alatti merev agyagra 1100 kPa maximális, 700 kPa átlagos feszültséget engedtek meg az alaplemez alsó síkján (Calzón, Navarro, 2008).

Hagyományos cölöpalapozással épült a frankfurti Commerzbank Tower (259 m), mert bár a cölöpök tetején

7. ábra: Torre Espacio (223 m), Madrid



8. ábra: Commerzbank Tower (259 m) cölöpalapozása



egy viszonylag vastag vb. lemez is van, az épület terhét gyakorlatilag teljes mértékben a frankfurti agyag alatti mészkőre állított cölöpök hordják. A közvetlen szomszédságban álló banképületekre tekintettel a süllyedések minimalizálása volt a legfőbb cél, ezért 111 db nagytérű, teleszkópikus formájú cölöpöt (a felső rész átmérője 1,80 m, az alsóé 1,50 m) fúrtak ~50 m mélységig, befogva azokat a mészkőbe (8. ábra). A köpenyellenállásnak a béléscső használatából eredő csökkenését kompenzálандó utólagos köpeny menti injektálást végeztek, a cölöp talpellenállását pedig 20 bar-os utóinjektálással fokozták. Az alkalmazott alapozási módszernek köszönhetően, mely egyébként meglehetősen költséges volt (átszámítva ~5 Mrd HUF 1995-ben!), a süllyedések valóban csekélyek ($s_{\max} \approx 2,1$ cm) maradtak (Katzenbach, Bachmann, Boled-Mekasha, Ramm, 2005).

A két megoldás egy-egy szélsőséges példa a tiszta síkalapozási és mélyalapozási megoldásokra. Az esetek túlnyomó részében azonban a különböző szerkezeti funkciók és igények miatt a sík- és mélyalapozás elemei egy komplex alapozási szerkezetben egyesülnek, melyek együtt elégítik ki a teherbírás követelményeket, a süllyedési- és alakváltozási kritériumokat, és megfelelnek a vízzárósági követelményeknek is.

7.2. Kombinált alapozás

A külföldi példák azt mutatják, hogy a kombinált alapozási mód legelterjedtebb képviselője a CPRF (combined pile raft foundation) szerkezet, melyet a magyar gyakorlat cölöppel gyámolított lemezalapnak nevez. Bár a CPRF és a magyar elnevezés is egy kissé kisajátítja a névhasználatot a cölöpök számára, a mélyalapozási elemek azonban lehetnek természetesen más mélyalapok, elsősorban réspillérek is.

A frankfurti agyagtalajon a 70-es, 80-as években síkalapozással épített első generációs magasépületek (pl. Deutsche Bank Twin Towers (155 m), Dresdner Bank Tower (166 m)) süllyedési problémái miatt fogalmazódott meg az igény a süllyedéseket csökkentő, gazdaságos alapozási módszerre. A 2-4 méter vastag lemezalapokra állított toronyépületek 20-34 cm-t süllyedtek, aminek következtében a felszerkezetet dölések, billenések terhelték, s ezek kompenzálása az építés alatt és után nehéz feladat volt. A kompenzálásra különféle technológiákat és eszközöket fejlesztettek ki, de a CPRF-rendszer bevezetése

után ezek szükségtelessé váltak (Katzenbach, Bachmann, Boled-Mekasha, Ramm, 2005).

A kombinált alapozási szerkezetek egyeduralkodója a torony-szerű épületek esetében azzal magyarázható, hogy a viszonylag nagy terhelések miatt síkalapozás csak a legkritikus esetben, kivételesen kedvező felszín közeli talajok esetében jöhet szóba. Többnyire süllyedési és nem teherbírás problémával kell szembenézni, s csak a cölöpözés hoz megoldást. Az általában többszintes mélygarázsok alsó vízzárásához viszont szükség van egy vízzáró vasbeton alaplemezre. Ha tehát lemez- és mélyalapot is indokolt építeni, akkor a kettőt kombinálva kihasználható a két szerkezet előnye: a cölöpökkel csökkenthetők a lemezalap abszolút és relatív süllyedései, vagy másik oldalról nézve, a lemezalap teherviselését **hasznosítva a cölöpök**re kisebb erők hárulnak. Azt, hogy a cölöpökre csupán a süllyedések és süllyedéskülönbségek csökkentése végett van-e szükség, vagy alkalmazásuk nélkül, tisztán síkalapozással meg sem oldható-e a feladat, már az előtervezés során látni kell.

Az európai és így a hazai szabványok nem térnek ki a kombinált alapozásra. A külföldi tervezési gyakorlat bizonyos esetekben megengedi, hogy a cölöpök összegzett teherbírásánál nagyobb terhek is működjenek. Ha ugyanis a cölöpteherbírás kimerül, a kombinált szerkezet kontrolálható süllyedések mellett képes többletterhek viselésére. Ezen ok miatt a várható süllyedések előzetes, minél pontosabb meghatározásának van kiemelt jelentősége. A tervezőnek értenie s modelleznie kell a kombinált szerkezet viselkedését, tisztázni s értékelnie kell, hogy az elemei miként működnek külön-külön és együtt, milyen részt vállalnak a teherviselésből és milyen interakciók működnek a talaj és az alapozási szerkezetek között (Bak, Koch, Palotás, Szepesházi, 2010). A toronyházak optimalizált alapozástervezése ugyanúgy nem képzelhető el a legkorszerűbb anyagmodellekkel dolgozó 3D-s geotechnikai szoftverek nélkül (Ray, Scharle, Szepesházi, 2010), mint ahogy már jó ideje a felszerkezet számításához sem a legfeljebb síkbeli ke-retekkel dolgozni képes, elavult szerkezettervező szoftverek használatosak.

(Jelen cikk folytatódik, kérjük, azt is olvassa majd el. A 2. rész tartalmazza mindkét részre vonatkozóan a Hivatkozások listáját és a szerző adatait.)

RÉSPILLÉREKKEL GYÁMOLÍTOTT ALAPLEMEZEK ERŐJÁTÉKA, ÁTSZÚRÓDÁSA ÉS A TÓRUSZ VASALÁS ALKALMAZÁSA – 2. RÉSZ



DOI: 10.32969/VB.2018.4.2

Dr. Orosz Árpád – Nagy János

Jelen cikk 1. része a VASBETONÉPÍTÉS 2018/3 szám 50-56 oldalán jelent meg.

5. SZÁMPÉLDÁK

Az egyszerűsített módszer gyakorlati alkalmazását az alábbi példán mutatjuk be.

5.1. A lemez nyomatékának számítása

5.2. A SZÁMÍTÁSI MÓDSZEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Tájékoztatásul a legnagyobb oszlopteherre ($P_0=12350$ kN, $\alpha=0,6$) bemutatjuk a különböző számítási módszerekkel meghatározható nyomatékokat. A 3. táblázatban (Eisenbiegler-Lieb:1979, CEB 1985, Orosz 2016) látható, hogy az eltérések

Általában az 50 cm-es lemezvastagság a célszerű megoldás, 40 cm-nél vékonyabb alaplemez esetében a módszer nem alkalmazható.

Adatok: $d_0 = 50$ cm, $d = 45$ cm, beton C30/37, $f_{cd} = 2$ kN/cm², $f_{cta} = 0,14$ kN/cm², acél B500, $f_{yd} = 43,5$ kN/cm², $l_x = l_y = 750$ cm

Először meghatározzuk a $d_0 = 50$ cm vastag alaplemez vasalását $\rho = 30\%$ –os alsó-felső kétirányú, $\emptyset 16/15$ cm osztású alaphálóval, illetve az osztások felezőiben elhelyezett kiegészítő hálókcal.

	Háló jele	A vasalás jele	A_s cm ² /m	ρ %	M_{oh} kNm/m	$P_l = \frac{M_{oh}}{0.15}$ kN
alapháló	H _{af}	$\emptyset 16/15$	13,40	0,30	254	1690
Kiegészítő alsó hálók	HA1	$+\emptyset 16/30$	20,12	0,47	375	2500
	HA2	$+\emptyset 16/15$	26,81	0,60	491	3270
	HA3	$+\emptyset 20/15$	34,34	0,76	615	4100
	HA4	$+\emptyset 25/15$	46,12	1,02	802	5340
	HA5	$+\emptyset 28/15$	54,45	1,20	926	6160

1. táblázat: Alaplemez vasalása

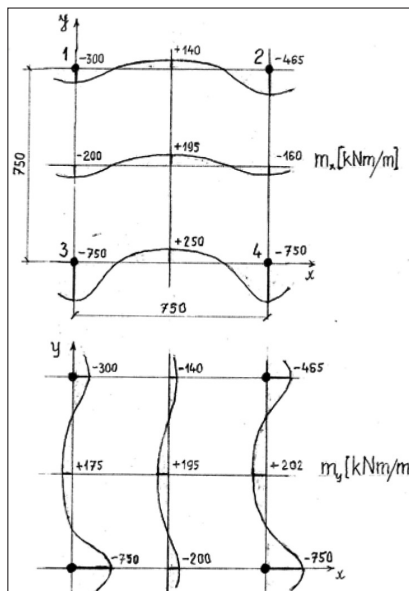
Az 1. táblázat szerint a határnyomatékok segítségével ismertté válik a lemez által felvehető P_l pillérteher határértéke. A tehermegosztást úgy válasszuk meg, hogy az átlagos terhek esetében 50%-os megosztást, míg a legnagyobb terheknél, a réspillérekre nagyobb terhet hárítva 60-40 %-os arányt alkalmazunk.

Hely	Oszlopteher kN	Lemezteher kN	%	Résteher kN	%
1	5000	2500	50	2500	50
2	6200	3100	50	3100	50
3	11000	5000	45	6000	55
4	12350	5000	40	7350	60
5	9000	4000	45	5000	55

2. táblázat: A teher megosztása

A lemezteher a teljes teher 35%-nál kisebb ne legyen, néhány kiemelkedően magas oszlopteher esetében kivételesen az alaplemez helyi vastagítása is alkalmazható. A 2. táblázat szerinti lemezterhekkel számított hajlítónyomatékokat az 5.1. ábrán tüntettük fel.

Megjegyezzük, hogy a pillérek alatti nyomatékokat közvetlenül az adott erőből határoztuk meg az $M_{oh} = -0,15P_l$ képlettel, a mezőnyomatékokat a két szomszédos lemezteher átlagával számítottuk a 2.2 fejezetben megadott c értékekkel. A mezőközépen a nyomatéknál a négy lemezteher átlagát vettük figyelembe. Az így számított mező nyomatékok mindenütt kisebbek, mint az 1. táblázatban az alaphálóra megadott határértékek.



9. ábra: A hajlító nyomatékok megoszlása

3. táblázat: A számítási módszerek összehasonlítása

Nyomaték kNm/m	CEB	Eisenbiegler	AXIS	Orosz
m_0^-	1265	1008	1956	741
m_0^+	265	252	287	248
m_m^-	213	94	95	198
m_m^+	91	163	180	248

jelentősek, az Orosz által javasolt egyszerűsített eljárás esetében az oszlop alatti nyomaték csökken, a mezőnyomatékok eloszlása egyenletesebb. (Itt csak egy oszlopterhet vettünk figyelembe).

Az eltérések alapvető oka az, hogy az első három módszer rugalmas, repedésmentes állapotra érvényes. Az Orosz-féle eljárás közelítően ugyan, de figyelembe veszi a megrepedt állapotban a merevségváltozás miatt bekövetkező erőátrendeződést, továbbá az egyenlőtlen eloszlású talajfeszültségek időbeli változását, egyenletesebbé válását (Orosz, 2016).

5.3. Az átszűrődási teherbírás számítása

5.3.1 Számpéldák

5.3.2 A számpéldák értékelése

A réspillérekkel gyámoltított alapozási rendszer méretezését az alaplemez teherviselő képességének meghatározásával kell elkezdni. A lemezvastagság felvétele után kialakított vasalási rendszer alapján kiszámíthatók a nyomatékok és a lemezre hárítható P_l lemez terhek határértékei (1. táblázat). A továbbiakban néhány százalékkal csökkentett lemezterhekkel számolunk, ami a biztonságot szolgálja (2. táblázat). Az ezekkel számított hajlító nyomatékok (9.ábra) így a határértéket nem haladják meg. Az átszűrődést okozó lemez terheket is a 2. táblázatban megadott értékekkel vesszük figyelembe. A dolgozatban bemutatott módszerrel a nyírt kúp figyelembevételével számított átszűrődási teherbírás nagyobb, mint az átszűrődést okozó teher. Ez azt jelent, hogy ezzel a módszerrel, mind a hajlítási, mind az átszűrődási

teherbírás igazolható. Ismételten hangsúlyozzuk, hogy ez az eredmény a gyűrűirányú acélbetétekkel rendelkező tórusz és az átszűrődési zónára kiterjedő átkötő vasalás alkalmazásának a következménye, azaz a módszer csak ilyen vasalás esetében használható.

Megemlítjük, hogy földlemez esetében az átszűrődési törés a teherviselő képesség megszűnését jelenti. A réspillérekkel gyámoltított alaplemezknél a teljes oszlopteher a réspillérekre hárul, ami süllyedést okoz, repedések jelennek meg, de a monolit vasbeton szerkezetek merevsége miatt az állékonyság nem szűnik meg.

6. A VASALÁS MÓDSZERE

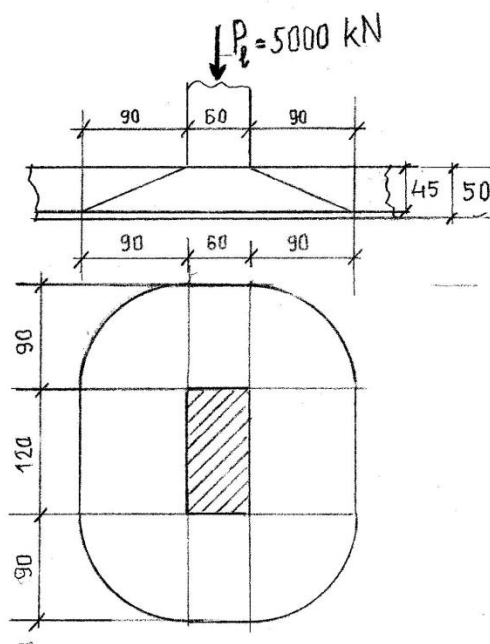
Az alaplemezben kétirányú alsó-felső alaphálót kell alkalmazni, jelenleg Ø16/15cm kiosztásban (min. Ø14/15 cm). Ez kellő mennyiségű járható felületet biztosít, ami a munka-, illetve balesetvédelmi követelményeknek megfelel. A vasalási terven ennek részleteit nem kell megadni, elegendő az előírásokra való utalás, szerelése egyszerű.

Kiegészítő hálók

Az acélbetéteket az alapháló osztásának felezőjében kell elhelyezni és minél kevesebb típust kell alkalmazni. Általában 4-5 típusú kiegészítő hálóval a feladatot meg lehet oldani (lásd számpélda) Ezeket csak egyszer kell ábrázolni, a vasalási terven elegendő a típus jelét megadni. Így a vasalási terv egyszerű, áttekinthető és jól ellenőrizhető. Ezzel a vasalási módszerrel csökkenthető az acélbetétek fajtáinak száma, ami a munkahelyi tárolás, elhelyezés szempontjából komoly előnyt jelent. A hálók helyszíni szerelése egyszerű és gyors.

Az átszúródás vizsgálatára két példát mutatunk be, egy nyújtott és egy kör alakú tórusz alkalmazásával, a 4 jelű, míg a másik a 2 jelű pillérekre meghatározott terhek esetében (5.2. és 5.3. ábrák).

P4 pillér, T4 tórusz



10. ábra: T4 tórusz

Adatok:

$d_0 = 50 \text{ cm}$, $d = 45 \text{ cm}$, beton C30/37, $f_{cd} = 2 \text{ kN/cm}^2$, $f_{cta} = 0,14 \text{ kN/cm}^2$,
betonacél B500, $f_{yd} = 43,5 \text{ kN/cm}^2$,

Az ellenőrzési kerület $U_0 = 2(a + b) = 2 * 180 = 360 \text{ cm}$

a felület: $A_0 = U_0 d = 360 * 45 = 16200 \text{ cm}^2$

A nyomott kúp átszúródási teherbírása:

$$T_o = 0,25 A_0 f_{cd} = 0,25 * 16200 * 2 = 8100 \text{ kN} \geq P_l = 5000 \text{ kN}$$

A nyírt kúp átszúródási teherbírása:

A kúp alapterülete: $A_k = 4d(a + b + d\pi) = 180(180 + 45\pi) = 57834 \text{ cm}^2$

$$T_k = 0,55 f_{cta} A_k = 0,55 * 0,14 * 57834 = 4453 \text{ kN}$$

A beton által felvett erő:

$$T_c = A_k \tau_{Rd} = 57834 * 0,035 = 2024 \text{ kN}$$

Ezt azonban nem vesszük számításba.

Az átszúródást okozó teher, a P_l lemeztehernek az átszúródási zónába eső teherrel csökkentett értéke.

Az átszúródási zóna területe, a nyírt kúp és az oszlopterület összege:

$$A_z = A_k + ab = 57834 + 120 * 60 = 65034 \text{ cm}^2 \quad (12\text{-os területnövekedés})$$

$$\text{A mező területe: } A_m = l_x l_y = 750 * 750 = 562500 \text{ cm}^2$$

Az átszúródási teher a felületek aránya alapján

$$T_a = P_l \left(1 - \frac{A_z}{A_m}\right) = 5000 \left(1 - \frac{65034}{562500}\right) = 0,884 * 5000 = 4422 \text{ kN}$$

A nyírt kúppal

$$T_a = P_l \left(1 - \frac{57834}{562500} \right) = P_l 0,897 = 4486 \text{ kN}$$

elegendő pontosság érhető el, gyakorlatilag elegendő ezzel számolni.

Az átszűrődési zónán kívüli lemezrész vizsgálata:

Az ellenőrzési felület $c = 3d$ esetén, a nyírt kúp alaprajzi vetületével:

$$A_{k3} = 2c(a + b) + c^2\pi = 6d(a + b) + 9d^2\pi = 270 \cdot 180 + 9 \cdot 45^2\pi = 48600 + 57226 \\ = 105826 \text{ cm}^2$$

A beton által felvett erő: $\tau_{Rd} = 0,035 \text{ kN/cm}^2$ alapfeszültséggel

$$T_{c3} = A_{k3}\tau_{Rd} = 105826 \cdot 0,035 = 3704 \text{ kN}$$

A csökkentett átszűrődő erő:

$$T_{a3} = P_l \left(1 - \frac{A_{k3}}{A_m} \right) = 5000 \left(1 - \frac{105826}{562500} \right) = 0,812 \cdot 5000 = 4049 \text{ kN} > T_{c3}$$

ez nagyobb, mint T_{c3} , a különbséget vasalással kell felvenni.

$$\Delta T = T_{a3} - T_{c3} = 4059 - 3704 = 355 \text{ kN}$$

$$8 \text{ db átkötő vassal} \quad \Delta T_H = 8 \cdot 49,1 = 393 \text{ kN} \quad \text{megfelel.}$$

Ha figyelembe vesszük, hogy ebben a zónában az 1%-os lehorgonyzott hajlítási vasalás van, akkor az EC2 szerint $c = 0,45$ számításba vehető.

$$\text{Ekkor} \quad \tau_{Rd} = 0,45 \cdot 0,14 = 0,063 \text{ kN/cm}^2,$$

$$T_c = 105826 \cdot 0,063 = 6667 \text{ kN} > T_{a3} = 4059 \text{ kN}$$

azaz a beton felveszi az átszűrődő erőt, vasalás nem kell.

A tóruszok

Itt is kevés típus alkalmazására kell törekedni, ezeket is elegendő egyszer ábrázolni, és a vasalási terven csak a típus jelét kell megadni. Az egyszerű, jól áttekinthető vasalási terv mind a tervezés, mind a megvalósítás és ellenőrzés számára előnyt jelent (14. ábra).

Megemlítjük, hogy a gépi számítással megkapott részletes vasalás a fentiek alapján a kivitelezés számára előnyösebb megoldásra átalakítható. A tipizálás miatt megjelenő vasalási többlet költségét az egyszerű szerelésből eredő időnyereség kiegyenlíti, sőt előnyt is jelenthet.

A tóruszokban alkalmazott átkötő vasakat célszerű úgy elhelyezni, hogy a külső hálót is összekössék. Nem kell ragaszkodni a függőleges szereléshez, az oszloptól kifelé dőlés előnyös, mivel ez a nyírási repedésre merőleges.

Az átkötő vasakkal alsó-felső alapháló külső acélbetéteit mindenképpen össze kell fogni. A külső betétek összefogásával az átkötő vasak hurkos végei a betontakarásba kerülnek. A szerzők véleménye szerint ez tűrhető, mivel az alaplemez alatt 5-6 cm vastag szerelőbeton van, továbbá a lemezre repedésáthidaló burkolatot alkalmaznak. A szabványokban megadott betonfedések ugyanis burkolatlan, nyers betonfelületre vonatkoznak.

Megjegyezzük, hogy a tórusz síklemezek esetében is alkalmazható. Javasoljuk a gyűrűirányú vasalásnak a nyomott kúp talpánál való sűrítését, az átszűrődési biztonság növelése érdekében. Ugyanis átszűrődési tönkremenetel esetében, a nagy süllyedés miatt a felszerkezet is jelentős károsodást szenvedhet.

A csökkentett átszűrődési erő számítása során az átszűrődési zóna tényleges területe helyett a nyírt kúp alapterületét alkalmazhatjuk. A tóruszon kívüli lemezrészen akkor is alkalmazzunk átkötő vasakat, ha erre a számítás szerint nincs szükség, a vasalás fokozatos csökkenése érdekében

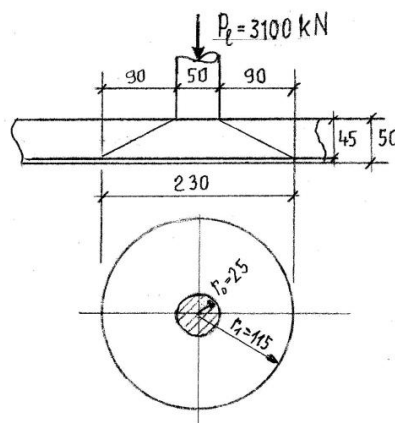
7. RÉSPILLÉREKKEL GYÁMOLÍTOTT ALAPOZÁSI RENDSZER

Az előzőekben bemutatott alapozási módszer egyes részei összességükben egy rendszert alkotnak. A rendszer legfontosabb összetevői, jellemzői:

- Részfalas munkagödör határolás.
- Az alaplemez gyámolítása réspillérekkel.
- Az alap és födémlemez bekötése a bélésfalba.
- A tehermegosztás módszere, az alaplemez teherviselő képességéből kiindulva.
- Az alaplemez vasalási rendszere, alsó-felső alapháló és kiegészítő hálók.
- Az átszűrődés vizsgálata és a tóruszvasalás alkalmazása.
- A tehermegosztás révén az alapozási rendszer erőjátékát a tervező szabályozni, uralni tudja.

Ha a határoló részfalak vízzáró talajba kötnek be, kialakítható a szivárgós, vízmentes rendszer, ennek előnyei:

- A teljes vízmentesség,
- Az alaplemezre nem hat víznyomás, így nincs felúszás.



11. ábra: T2 tórusz

Anyagok azonosak a T4 tóruszéval

Adatok:

Az ellenőrzési kerület: $U_0 = 2r\pi = 50\pi = 157 \text{ cm}$

a felület: $A_0 = 50\pi * 45 = 360 * 45 = 7065 \text{ cm}^2$

A nyomott kúp átszűrődési teherbírása:

$$T_0 = 0,25f_{cd}A_0 = 0,25 * 2 * 7065 = 3532 \text{ kN} > P_l = 3100 \text{ kN}$$

A nyírt kúp átszűrődési teherbírása:

$$A_k = \pi(115^2 - 25^2) = 39564 \text{ cm}^2$$

$$T_k = 0,55f_{ctd}A_k = 0,55 * 0,14 * 39564 = 3046 \text{ kN} > T_a = 2871 \text{ kN}$$

A beton által felvett erő:

$$T_c = A_k\tau_{Rd} = 39564 * 0,035 = 1385 \text{ kN}$$

Az átszűrődést okozó teher

Az átszűrődési zóna területe:

$$A_z = A_k + r^2\pi = 39564 + 1963 = 41526 \text{ cm}^2 \quad (5\text{-os területnövekedés})$$

Az átszűrődési teher:

$$T_a = P_l \left(1 - \frac{41526}{562500}\right) = 0,926 * 3100 = 2871 \text{ kN}$$

A nyírt kúppal:

$$T_{ak} = 3100 \left(1 - \frac{39564}{562500}\right) = 0,93 * 3100 = 2882 \text{ kN} \quad \text{A közelítés kielégítő.}$$

A 2d átszűrődési zónán kívüli lemezfelület vizsgálata.

Az ellenőrzési felület 3d esetén a leszakadó kúp alaprajzi vetületével $r_3 = 160 \text{ cm}$

$$A_k = (r_3^2 - r_0^2)\pi = (160^2 - 25^2)\pi = (25600 - 625) = 78422 \text{ cm}^2$$

A beton által felvett erő:

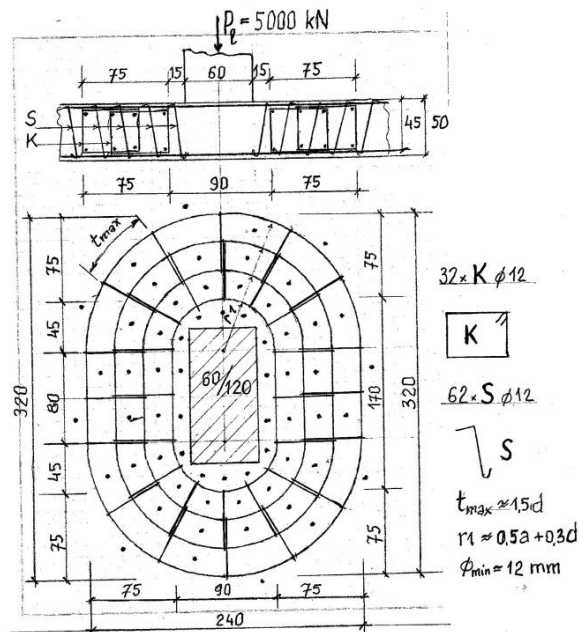
$$T_{c3} = A_{k3}\tau_{Rd} = 78422 * 0,035 = 2745 \text{ kN}$$

A csökkentett átszűrődő erő:

$$T_{a3} = P_l \left(1 - \frac{A_{k3}}{A_m}\right) = 3100 \left(1 - \frac{78422}{562500}\right) = 0,86 * 3100 = 2668 \text{ kN}$$

kiseb, mint a beton által felvett erő, így a tóruszon kívüli vasalásra nincs szükség.

A T4 tórusz vasalása



12. ábra: T4 tórusz vasalása

Egy kengyelszár teherbírása: $t_k = A_s f_{yd} = 1,13 * 43,5 = 49,1 \text{ kN}$

a 2d zónán kívül szükséges vasalás $\Delta T = 355 \text{ kN}$, $n = \frac{355}{49,1} = 7,2 \text{ db}$

alkalmazva 8 db átkötő vas.

A kengyelszárok száma: $n_k = 64 \text{ db}$

az átkötő vasak száma: $n_s = 32 + 16 + 14 = 62 \text{ db}$

Teherfelvétel:

$$T_k = 64 * 49,1 = 3142 \text{ kN}, T_s = 62 * 49,1 = 3044 \text{ kN},$$

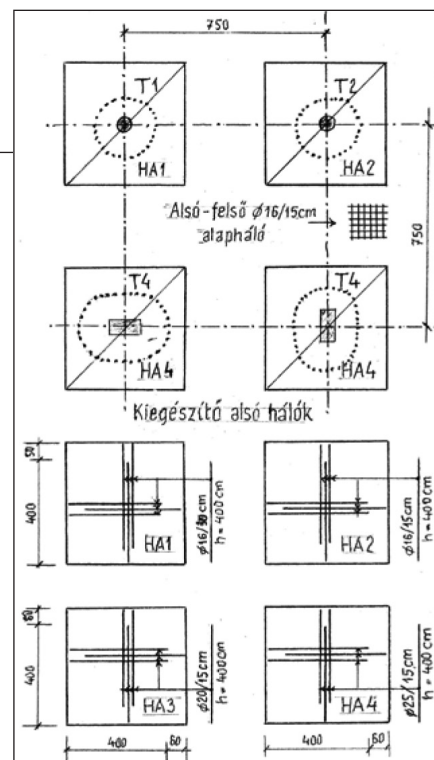
$$T_H = T_k + T_s = 6186 \text{ kN} > 5000 \text{ kN}$$

Az átkötő vasak felveszik az átszűrődő erő 60%-át.

A rendszer elemei összetartoznak, megváltoztatásuk a megbízhatóságot és hatékonyságot csökkenti.

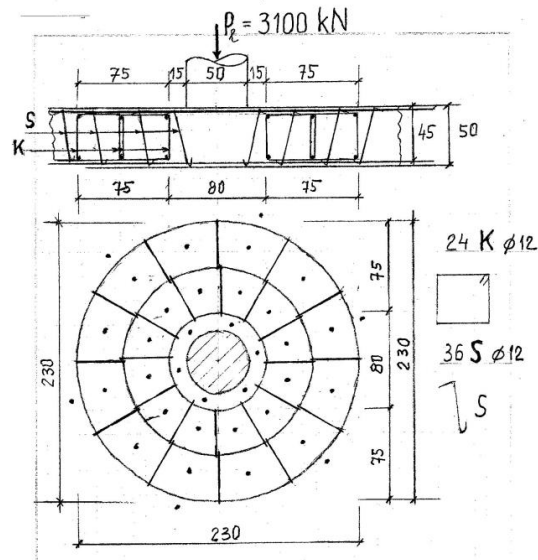
8. MEGÁLLAPÍTÁSOK, JAVASLATOK

- Az alapozási rendszer előnye, hogy a tehermegosztás megválasztásával mind a lemez, mind a résalap teherbírása optimálisan kihasználható, erőtanilag kedvező és így gazdaságos szerkezet alakítható ki.
- Jelentősen eltérő oszlopterhek esetében is csökkenteni lehet a süllyedéskülönbségeket.
- Mind a réspillérek, mind a síklemez kivitelezése, megvalósítása egyszerű.
- Megjegyezzük, a vékonyabb lemez miatti beton megtakarítást a réspillérek felemésztik, de az anyag oda kerül, ahol nagyobb erők működnek.



14. ábra:
Vasalási terv
részlet

A T2 tórusz vasalása



13. ábra: T2 tórusz vasalása

kengyelszárok száma $n_k = 48 \text{ db}$

átkötő vasak száma $n_s = 36 \text{ db}$ az átszűrődő zónán kívül 6 db átkötő vasat alkalmazunk.

Teherfelvétel:

$$T_k = 48 \cdot 49,1 = 2357 \text{ kN}, \quad T_s = 36 \cdot 49,1 = 3142 \text{ kN}$$

$$T_H = T_k + T_s = 4125 \text{ kN} > 3100 \text{ kN}$$

Az átkötő vasak felveszik az átszűrődő erő 57%-át.

- Az egyszerűsített vasalási módszer a megvalósítást, a szerelési időt jelentősen csökkenti.
- Az átszűrődési vizsgálatra javasolt modell használható eredményt szolgáltat, figyelembe veszi a gyűrűirányú és az átkötő vasalás kedvező hatását.
- A tóruszvasalás hatékony, előregyártható, szállítható, beemelhető, a helyszíni élőmunkákat jelentősen csökkenti.
- Az alapozási rendszer csak 40 cm-nél vastagabb és

$d = \frac{l}{10} - \frac{l}{25}$ karcsúságú lemezek esetében alkalmazható.

- Több mint félszáz megépült létesítmény hibátlan működése bizonyítja az alapozási rendszer használhatóságát.

Javaslatok: A gyűrűirányú vasalás, valamint a lemezkarcsúság hatásának elméleti és kísérleti vizsgálata további kutatást igényel.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A dolgozatban ismertetett alapozási rendszer fejlesztését a Vízép Vállalat támogatta, a próbaterhelések költségének vállalásával. A vállalatnál dolgozó mérnökök és külső szakértők anyagi juttatás nélkül tevékenykedtek. Külön ki kell emelnünk Bancsik Csaba főmérnököt, aki sok értékes javaslattal járult hozzá a rendszer sikeres megvalósításához,

valamint Zábrádi Ernő fő-építésvezetőt, aki a számítási módszer, illetve kivitelezés fejlesztésében hasznos tanácsaival segített. A bemutatott építési rendszer fejlesztése jó példa a Vízép kivitelező vállalat és a BME Vasbetonszerkezetek Tanszék közötti együttműködés hatékonyságára, igazolva azt, hogy az alkalmazott kutatást a vállalatoknak és az egyetemeknek közösen kell végezni

10. HIVATKOZÁSOK

- Almási J.- Völgyi I.: Vasbeton lemezek átszűrődésének vizsgálata az új előírások szerint. *IDEA Konferencia. Kecskemét 2018*
- Armuth M.- Deák Gy. (1999): Repedések mélygarázsok földemein, *VASBETONÉPÍTÉS* 3, pp. 85-91.
- Cracking and Deformations *CEB Manual, Lausanne, Suisse 1985*
- Dalmy D.: Vasbeton lemezek átszűrődése. *Doktori értekezés. BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke 1977*
- Deák-Draskóczy-Dulácska-Kollár-Visnovitz: *Vasbetonszerkezetek tervezése az Eurocode alapján. 3. bővített kiadás 2016*
- Dichte Schlitzwände, Richtlinie. *Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik, Wien 2002*
- Draskóczy A. (2009): Növelhető-e a betonra hárítható nyíróerő hányad vasbeton gerendák tervezésénél? *VASBETONÉPÍTÉS*
- Eisenbiegler, G - Lieb, H. (1979): Schnittgrößen und Verformungen von Pilzdecken mit Stützen Kopfverstärkungen infolge von Gleichlast. *Beton -und Stahlbetonbau Heft.9.1979, pp. 219-225*
- Farkas Gy. - Huszár Zs. - Kovács T. - Szalai K. (2006): Betonszerkezetek méretezése az Eurocode alapján, *Közüti Hidak, Épületek. TERC Kft.*
- Józsa V. - Móczár B. (2011): Talaj és szerkezetek kölcsönhatása. *Elektronikus jegyzet (HEFOP) Budapest 2011*
- Juhász B. (0992-1993): A Mammut I-II áruház alapozásának tervezése, *Kézirat*

Kézdi Á. (1963): Szakvélemény a kaposvári 1000 vagonos gabonasiló cölöpalapozásáról, (*Kézirat*)

Mahler A. (2008): Kaposvári gabonasiló alapozásának véges elemes modellezése, *Kézdi Árpád emlékkonferencia*, pp. 77-86

Mélygarázsok tervezése, Tervezési útmutató. *Magyar Vízügyi Társaság* 1998

MSZ En 1992.1.1 Eurocode – 2 Betonszerkezetek tervezése, *Általános és az épületekre vonatkozó szabályok* 2006

Nagy J. (2016): Vízmentes gyámolított alaplemezzel épített munkagödörök. *A BME Hidak és Szerkezetek Tanszék Tudományos Közleményei*

Orosz Á. (1997): Parkolóházak általános tervezési irányelvei, *BME Vasbetonszerkezetek Tanszéke, Vízügyi Építő Vállalat-OMFB tanulmány. Kézirat*

Orosz Á. (2005): Konstruktív elvek az alaplemezek átszúródásának vizsgálatához – átszúródás elleni kialakításához, Síklemez födémek átllyukadás elleni méretezése, *Tervezési segédlet 1. füzet* 2004, 2. Füzet, *Magyar Mérnöki Kamara, Tartószerkezeti Tagozat*

Orosz Á. (2005): Részfalba befogott alaplemezek és födémlemezek – az alapozási mód megválasztásának következményei. *Geotechnikai Konferencia, Ráckeve*

Orosz Á. (2014): Réspillérekkel gyámolított vasbeton alaplemez átszúródásának egyszerűsített vizsgálata, a tóruszvasalás alkalmazása. *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XVIII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Csíksomlyó pp. 248-252*

Orosz Á. (2016): Mélyalappal gyámolított alaplemezek. *BME Hidak és Szerkezetek Tanszék Tudományos Közleményei*

Orosz Á. – Nagy J.- Zábrádi E.- Horváth A.- Répáczki I. (2017): Foundation slabs supported by spot footing, *CCC2017 Tokaj 2017*

Összefoglaló jelentés a Vízép megbízásából az Óbuda Gate irodaház fenéklemezein mért talpfeszültségekről és alakváltozásokról, *Kézirat* 2000

Pfaffinger, D.-Thürlimann, B.: Tabellen für unterzuglose Decken, *Verlag AG, Zürich* 1967

Wasserundurchlässige Betonbauwerke -Weiße wannen. *Richtlinie Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik, Wien* 2002

Dr. Orosz Árpád (1926) okleveles mérnök (1953), professzor emeritus, MÁV Hidépítő Vállalat, műegyetemi oktató (1956), egyetemi tanár (1967), tanszékvezető (1967-91), dékán (1991), ipari vasbetonszerkezetek, héjszerkezetek oktatása. Érdeklődési területei: vasbeton silók, folyadéktárolók, mélyépítési műtárgyak, mélygarázsok, vasbetonszerkezetek javítása megerősítése.

Nagy János (1938) okleveles mérnök (1964), címzetes egyetemi docens, FTV-nél tervező, Vízép-nél tervező-igazgató (2003-tól) Swietelsky Magyarország műszaki tanácsadó, mélyalapozások tervezése, kivitelezések irányítása, dunakiliti vízlépcső építésének irányítása, emeltkelyhű víztornyok építése, a budapesti 4. metró Bocskai úti, Kálvin téri, Rákóczi téri állomásainak tervezése, kivitelezése. Százhalombatta (MOL) környezetvédelmi résfalak tervezése kivitelezése.

FORCES AND PUNCTURING IN FOUNDATION SLABS SUPPORTED BY PILLARS AND APPLICATION OF TOROIDAL REINFORCEMENT Árpád Orosz – János Nagy

The paper briefly presents a simplified method to calculate the forces for a slab foundation supported by pillars. An investigation of the penetrative forces, based on the compression and shear cone model, is discussed in detail. The analysis demonstrates that this model enables explicit consideration of the implications of the placement and configuration of toroidal embedded steel reinforcement rings and stirrups, which provides a framework for optimization of foundation systems.

CT ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI AZ ÉPÍTŐANYAGOK VIZSGÁLATÁNÁL



DOI: 10.32969/VB.2018.4.3

Dr. Majorosné Lublóy Éva Eszter – Dr. Balázs L. György – Földes Tamás – Dr. Kapitány Kristóf – Hlavicka Viktor

Az építőanyagok belső szerkezetének ismerete számunkra nagyon fontos, hiszen az anyagok tulajdonságait és tartósságát az nagymértékben befolyásolja. Az anyagok belső szerkezete sok kiegészítő információt tartalmaz, melynek vizsgálata analitikai módszerekkel csak részben lenne lehetséges.

A komputertomográfiás (CT) felvételeken a vizsgálat tárgya szeletekre bontva látható. Az adatmátrixból előállított kép tulajdonképpen egy sűrűségterkép az adott anyagokról. Ezen sűrűségképen jól kirajzolódnak a vizsgált tárgy különböző sűrűségű elemei, ezáltal különböző sűrűségű összetevői is azonosíthatóak. A szeletek egymás utáni lejátszásával gyakorlatilag bele láthatunk az anyag szerkezetébe, de három dimenzióban is ábrázolhatjuk a vizsgált anyagot.

A cikk keretein belül szeretnénk áttekinteni, hogy a CT vizsgálatok hogyan lehetnek célszerűen használhatóak az építőanyagok vizsgálata során.

Kulcsszavak: anyagvizsgálat, CT, anyagszerkezet, roncsolásmentes vizsgálat

1. BEVEZETÉS

Az építőanyagok kis léptékű (mm) térbeli belső felépítéséről nehéz megbízható módon, roncsolásmentesen képet alkotni. Optikai vagy elektron mikroszkóppal roncsolásmentes módon csak felületi kép készíthető. Hagyományos módszerekkel a minta felszeletelése után lehetőség van egy-egy vékony szeletről további képek felvételére is, de ez meglehetősen időigényes, és a szeletek elkészítésekor megváltozhat a minta belső szerkezete, így a háromdimenziós eredeti belső szerkezetre a legtöbb esetben nehéz megbízható módon következtetést levonni. A hagyományos röntgenképek tartalmazzák a teljes háromdimenziós belső szerkezet vetületi képét, azonban ilyen felvételekből nem nyerhető ki a valós háromdimenziós szerkezet. A számítógépes tomográfiával (X-ray computed tomography, CT) lehetővé válik a teljes három-dimenziós belső szerkezetéről a képalkotás anélkül, hogy szükség volna minta előkészítésre vagy kémiai fixálásra.

A komputertomográfiás (CT) felvételeken a vizsgálat tárgya szeletekre bontva látható. A CT adatmátrixból vizualizált kép első közelítésben úgy kezelhető, mint egy szeletfelbontásnak megfelelő sűrűségterkép az adott anyagokról. Ezen sűrűség képen jól kirajzolódnak a vizsgált tárgy különböző összetevői (adalékanyag szemcsék, pórusok, repedések). A szeletek egymás utáni lejátszásával gyakorlatilag *beleláthatunk az anyag szerkezetébe.*

Az építőanyagok belső szerkezetének ismerete számunkra nagyon fontos, hiszen az anyagok tulajdonságait és tartósságát az nagymértékben befolyásolja. Ha az anyagok belső szerkezetébe belelátunk és ezáltal megismerjük, akkor sok kiegészítő információt kaphatunk, melyek vizsgálata analitikai módszerekkel csak részben lenne lehetséges.

A cikk keretein belül összefoglaljuk, hogy a CT-vizsgálatok hogyan lehetnek célszerűen használhatóak az építőanyagok vizsgálata során.

2. A SZÁMÍTÓGÉPES TOMOGRÁFIA (CT) MŰKÖDÉSE

A szakirodalomban a CT-vizsgálat más néven számítógépes (komputer) tomográfia néven ismeretes, ami a *radiológiai diagnosztika* egyik ága. A tomográfia szó a szeletelésre utal. A tomográfiás felvételeken a vizsgálat tárgya képzeletbeli szeletekre bontva látható. A komputertomográfia a hagyományos röntgenátvilágítási technika továbbfejlesztése.

A CT-készülékek is röntgensugárzást használnak a felvételek elkészítéséhez, de a sugarak nem filmet exponálnak, hanem detektorok segítségével érzékelik a röntgensugarakat, majd a detektorokból nyert elektromos jelekből számítógép segítségével készül el a rekonstruált keresztmetszeti kép. A tomográfiás felvétel esetében vékony, síkszerű röntgensugárral világítják át a vizsgált objektumot. Az objektum mögött elhelyezett detektor egy vonal mentén érzékeli, hogy a sugárralából hol és mennyi nyelődött el. A sugárralából egy adott síkban több irányból is átvilágítják a testet, és a mért intenzitásgörbékből kibontakozik az adott síkban (szeletben) elhelyezkedő részletek rajza. A síkot ezután arrébb tolják, és újra körbeforgatják. Az eljárás befejeztével a vizsgált test térbeli szerkezete feltérképezhető. „Szerkezetten” itt a röntgensugár áteresztő képesség szempontjából megkülönböztethető részletek, vagyis a különböző sűrűségű anyagok elrendeződése értendő (Berényi, Bogner, Horváth, Repa, 1997).

A vizsgálat a szükséges számításokkal együtt néhány perc alatt elvégezhető (Földes, 2011, Buzug, 2008). A teljes kiértékelés további jelentős feladatokat jelent.

A mérési módszer az anyagok eltérő sugárgyengítési tulajdonságain alapul. A μ sugárgyengítési együttható az anyagra jellemző tulajdonság, ami az anyag sűrűségétől és a röntgensugárzás spektrumától függ.

A CT felvételek minden egyes voxelje (térfogategysége)

egy-egy intenzitásértékkal rendelkezik, ami az adott térfogatelem relatív lineáris sugárgyengítését mutatja (Russ, 2011). A következő lépésben ezeket az értékeket egy skálához rendeljük az alábbi képlet alapján:

$$HU = \frac{K(\mu - \mu_{\text{vz}})}{\mu_{\text{vz}}},$$

ahol:

HU a Hounsfield-egység (Hounsfield Unit) [-],
K egy konstans, aminek az értéke 1000 [-],
 μ az adott képpont sugárgyengítési együtthatója,
 μ_{vz} a víz sugárgyengítési együtthatója.

A skála fix pontjai a víz Hounsfield-értéke, ami 0-ra van felvéve, és a levegő Hounsfield-értéke, ami -1000 Hounsfield-egység. A Hounsfield-értékek értelmezési tartománya általában -1024-től +3071-ig tart, de a modern készülékeken lehetőség van a skála kiterjesztésére, ezáltal részletesebb felosztásra is.

Tekintettel arra, hogy a CT ezek alapján csak a sűrűségkülönbségek mérésére szolgál, ezért azt kell megvizsgálnunk, hogy a megfigyelendő jelenség (pl: tűz hatására bekövetkező anyagszerkezeti változás) kimutatható sűrűségkülönbséget okoz-e.

3. A CT ALKALMAZÁSA AZ ANYAG-VIZSGÁLATOK SORÁN

A CT orvosi diagnosztikai alkalmazása ma már széles körben elterjedt, azonban az anyagvizsgálatok területén alkalmazásuk még egyáltalán nem, vagy kevésbé ismert. A CT a sűrűség különbségek mérésére szolgál, ezért azt kell megvizsgálnunk, hogy az anyagvizsgálatok mely területén elegendő a sűrűségkülönbség mérése, és mely tulajdonságok, illetve milyen anyagszerkezeti változások jellemezhetőek sűrűségkülönbség-méréssel. Tekintettel arra, hogy az építőanyagok nagy része inhomogén, tehát található benne sűrűségkülönbség, ezért anyagszerkezetük CT-vel jól vizsgálható. Továbbá az anyagszerkezeti leromlások során az anyagok sűrűsége, szerkezete lényegesen megváltozik, ezért ezek a folyamatok is vizsgálhatóak CT segítségével.

Méréseinkhez egy harmadik generációs CT berendezést (Siemens SOMATOM Sensation 16) alkalmaztunk, amely a vizsgálat tárgyát egy sík, legyezőszerű röntgensugárral világítja át.

A kutatás során komoly kihívást jelentett a CT-felvételek kiértékelése. A CT-felvételek zajossága miatt, a kiértékelés során képfeljavító eszközöket is alkalmaztunk. Ezek közé különböző szűrők (például átlagoló szűrő) tartoztak, továbbá külön foglalkoznunk kellett a CT-re jellemző nyálbkményedési korrekcióval is.

A felvételeken a különböző sűrűségű anyagokat szétválasztottuk, szegmentáltuk. A CT-felvételek feldolgozása és elemzése Matlab környezetben írt algoritmusokkal, automatikus módon, előre beállított paraméterekkel történt.

A kialakított algoritmusok egyenként elvégzik a CT-felvételeken a szegmentálást, majd elemzés után előállítják a szeletenkénti, térfogatszázalékos statisztikákat. A módszer határai közé tartozik, hogy orvosi CT-vel a 0,4 mm alatti adalékanyag szemcsék nem szegmentálhatóak, ezek szegmentálása csak mikro vagy nano CT-vel oldható meg, de ez építőanyagok esetén ezek az eljárások a korlátozott minta méret miatt nem, vagy csak nehezen alkalmazhatóak.

3.1 Aszfalt vizsgálata CT-vel

Az aszfalt esetén a hézagtartalom jelentősen befolyásolja az útpályaszerkezet tartósságát. A hézagtartalom laboratóriumi körülmények között történő mérése nagyon költséges és bonyolult lehet. A hézagtartalom vizsgálata azonban a CT-készülékkel viszonylag egyszerű, hiszen a hézagok és az adalékanyag, illetve a bitumenhabarcs sűrűsége jelentősen eltér egymástól. Aszfalt minta esetén a hézagtartalom-eloszlás alapján a réteghatárok is egyértelműen azonosíthatóak (1. ábra), mivel a réteghatároknál a hézagtartalom jelentősen megnő. Ennek oka, hogy a burkolat készítésekor hideg aszfalt felületre meleg réteget visznek fel, és az összedolgozás során a két réteg között nagy hézagtartamú rész keletkezik (Lublóy, Ambrus, Kapitány, 2014). Fontos kérdés lehet, hogy a réteghatárokon mennyire növekedett meg a hézagtartalom. A laboratóriumi mérések során a próbatestek vizsgálata előtt itt történik a vágás és ezáltal a hézagtartalomban feldúsult részről semmilyen információk nem lesz, pedig az a rész adhatna információt a két réteg összedolgozásának állapotáról, és ezáltal a pályaszerkezet várható élettartamáról is.

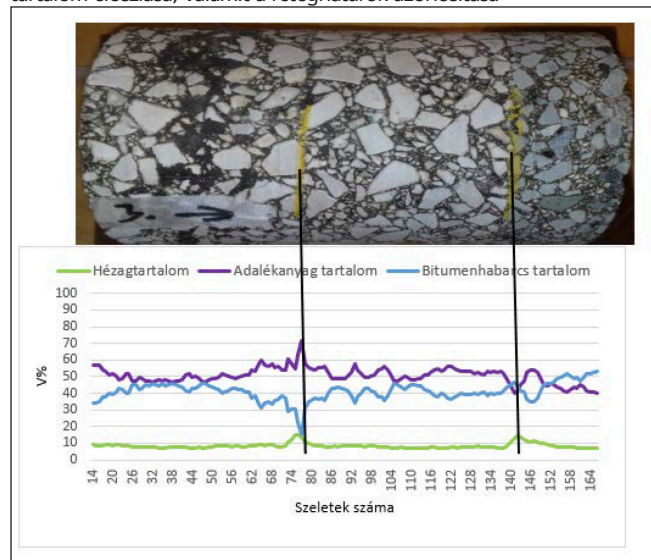
Aszfalt esetén a hézagtartalom mellett a 4 mm feletti adalékanyag szemcsék is jól szegmentálhatóak, vizsgálható az adalékanyagok szem (cse?) alakja, illetve a térbeli eloszlása is.

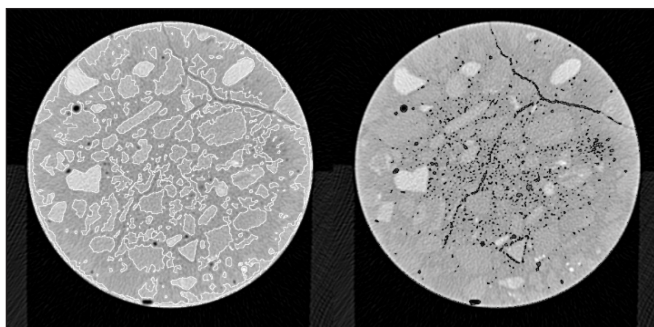
3.2 Beton vizsgálata CT-vel

A beton vizsgálata bonyolultabb az aszfalt vizsgálatánál, mert az adalékanyag és a cementkő sűrűsége nem tér el olyan jelentősen, mint az aszfalt esetén, így az adalékanyag szemcsék szegmentálása nehezebb feladat. Betonminta esetén a pórusok egyértelműen azonosíthatóak és ezáltal megadható a próbatest póruseloszlása is. Nagyon fontos, hogy a beton esetén a pórustartalom viszonylag könnyen és egyértelműen meghatározható, hiszen ez a tartóssági kérdéseknél nagyon fontos. Itt azonban meg kell jegyezni, hogy a mikropórusok vizsgálata, ami a fagyállóságot jelentősen befolyásolja csak nagyobb felbontású mikro CT-vel lehetséges, ahol azonban a próbatestek mérete limitált (kb 1 cm oldalhosszúságú kocka). Ez azonban a beton esetén kérdéssé teszi a releváns mintavétel lehetőségét.

Az anyagszerkezet vizsgálata esetén azonban a különböző leromlási folyamatokat is jól nyomon tudjuk követni CT segítségével. A 2. ábrán egy tűzkárosult betonból vett furatmagminta egy szeletét láthatjuk. A felvételeken jól

1. ábra: Aszfalt próbatest: az adalékanyag-, a hézag- és a kötőanyag-tartalom eloszlása, valamint a réteghatárok azonosítása





2. ábra: Beton próbatest: az adalékanyag- (fehér körvonal) és pórus-rendszer (fekete körvonal) a CT rétegvételeken

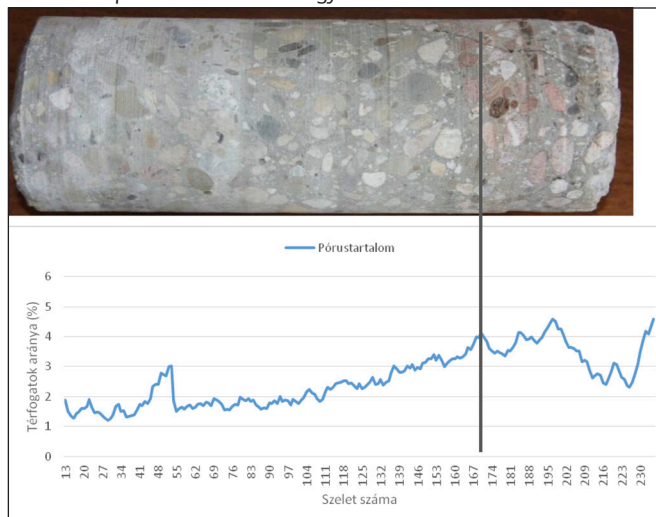
látszanak a kialakult repedések. A 3. ábrán megadtuk az adalékanyag-tartalmat, a habarcstartalmat és a pórustartalmat a minta hossz tengelye mentén. A görbékben látható csúcsok azzal magyarázhatóak, hogy a szeleteken belül eltérő lehet az adalékanyag- és a habarcstartalom. Jól látható, hogy a 100 jelű szelettől a porozitás megnő, ezért a pórustartalmat külön is ábrázoltuk. A 3. ábrán látszik, hogy a beton felület felső 100 mm vastagságú része károsodottnak tekinthető, ami szilárdságcsökkenésre utal.

A 4. ábrán falpanelelemek láthatóak a tűzvizsgálat után. A falpanelemeleken a betonfedés levált. A betonfedés leválásának oka a beton nagy szilárdsága (C 30/37) és az alkalmazott cementtípus (CEM I 52,5 R) volt.

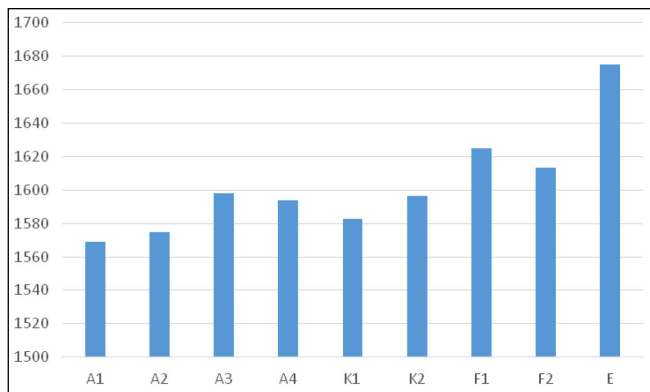
A tűzvizsgálat után a falpanel elemekből magmintát vettünk. A mintavételezés során ügyeltünk arra, hogy a mintákat a jellemző helyekről vegyük, ezért az alsó elemből, ami a legjobban károsodott, négy magmintát, a középső és az alsó elemből 2-2 mintát vettünk. A mintákat CT-vizsgálatoknak vetettük alá. A CT-vizsgálatok eredményeit az 5. ábrán adjuk meg. Az oszlopdiagramon a magmintákon mért HU értékek átlagát adjuk meg. Az oszlopdiagram alapján megállapíthatjuk, hogy a károsodás mértéke összefügg a meghatározott HU értékkel. A jobban károsodott részen egyértelműen csökkent a HU érték. Ezek alapján megállapítható, hogy abban az esetben is, ha a betonfelület levált, a tűzterhelést, illetve a károsodás mértékét meg lehet határozni CT-mérések segítségével.

Szálerősítésű betonok esetén nagyon fontos a szálak elhelyezkedése, hiszen ez befolyásolja a szerkezet teherbírását. A száltartalom és a keverési idő szálorientációra, szálelhelyezkedésre való hatásának vizsgálatához CT vizsgálatot végeztünk szálerősítésű betonokon (6. ábra). A CT vizsgálatot a száladagolást követően 5 percig kevert, 0,3 V% száltartalmú, illetve 0,5 V% száltartalmú keverékből és a

3. ábra: A pórusok eloszlása az egyes szeleteken belül



4. ábra: Az alsó falpanel elem károsodása a tűz után



5. ábra: A magminták átlagos HU értéke a falpanelelemből kifűrt mintákon (A alsó panelelem, K középső panelelem, F felső falpanelelem, E tűzterhelés nélküli panelelem)

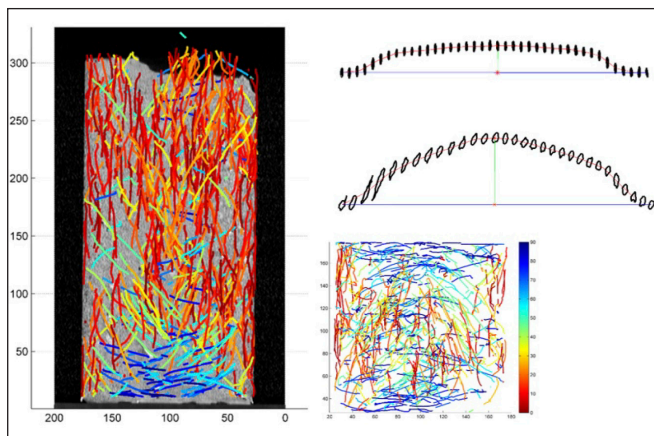
száladagolást követően 30 percig kevert, 0,5 V% száltartalmú keverékből készült 1-1 db félgerendán végeztük.

A CT felvételek alapján a következőket figyeltük meg:

- A száltartalom változtatásának nem volt jelentős hatása a szálelhelyezkedésre. A szálak betonban való hosszabb keverési ideje (5 perc helyett 30 perc) egyenletesebb száleloszlást eredményezett, azonban nem szüntette meg teljesen a lokális szálfeldúsulásokat.
- A szálak irányultságát jelentősen befolyásolta a betonba adagolt szál mennyisége. A nagyobb (0,5V%) száltartalom esetén a szálak már rétegesen irányítottá váltak.
- Vizsgálataink során kimutattuk, hogy 150×150×600 mm élhosszúságú próbatestek zsaluzott oldalain a szálak a zsaluzat irányába rendeződtek, míg a próbatest közepén véletlen irányultságúak voltak.
- A szálirányultságra nem volt jelentős hatása a keverési idő változtatásának. Jelentős hatása volt azonban a bedolgozásban, illetve a tömörítésben végzett kisebb változtatásoknak.
- Kimutattuk, hogy az acélszálak egy része a betonban való keverés hatására deformálódhat. A deformáció mértéke és gyakorisága csak kis mértékben növekedett a hosszabb (5 perc helyett 30 perc) keverés hatására (Balázs, Czoboly, Lublóy, Kapitány, Barsi, 2017).

3.3 Vasbeton víznyomócső vizsgálata

Vasbetonszerkezetek esetén fontos, hogy az acélbetétek korróziós állapotáról lehetőség szerint a legtöbb információt kapjuk. Az acélbetétek állapota, amiről csak a betonfedés eltávolítása után tudunk nyilatkozni, különösen fontos a későbbi teherbírás megítélése szempontjából. Jelen kutatás során kérdés volt, hogy mi található a már szemmel is



6. ábra: Az acél szálerősítésű betonok száeloszlás elemzése CT-vel

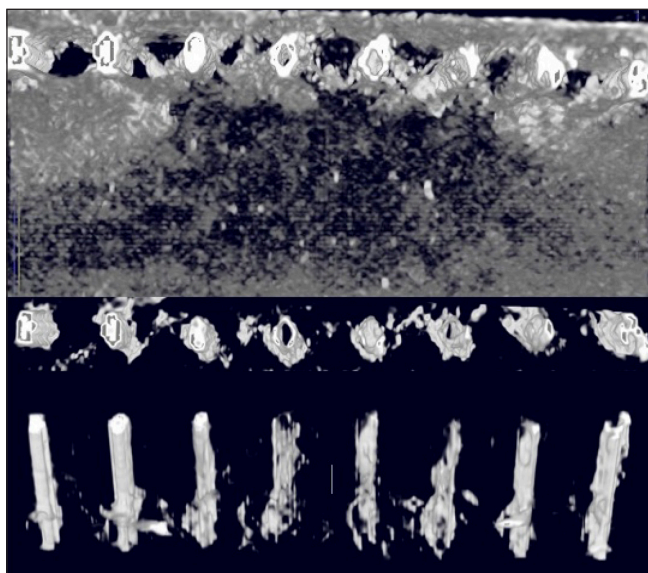
látható rozsdafoltok alatt. A CT felvételen jól látható, hogy az acélbetétek elszakadtak (7. ábra). A nagy rozsdafolt alatt a beton károsodását (kiüregelődését) is megfigyeltük. Az üreg közvetlen környezetéről felvételeket készítettünk. Megállapíthatjuk, hogy az acélbetétek környezetében kisebb sűrűségű rész látható, valószínűleg ez okozta a károsodást. A 7. ábrán az elszakadt acélbetétek keresztmetszetét is láthatjuk. A felvételeken megfigyelhető, hogy az acélbetétek közepén kiüregelődés jött létre (Czoboly, Lublőy, Balázs., Zimmer, 2014).

3.4 Azbesztcement vízcső vizsgálata

További kérdés, hogy más építőanyagok anyagvizsgálata, illetve leromlásának feltérképezésére is alkalmas-e a CT? Jelen kutatásban a vízvezeték ismert cső típusát, az azbesztcement csöveket vizsgáltuk.

A 8. ábrán az azbesztcement csőről készült komputertomográfiai felvétel látható. A CT felvételen a károsodott helyen a cső teherbíró részének elvékonyodása tapasztalható (8.a. ábra). A CT-felvétel színeinek módosítása után jobban érzékelhető az árnyalatok közti különbség, így a levált felület is jól elkülöníthető a CT-képeken, úgy ahogy a metszetről készült fényképfelvételen is. A 8.a. ábrán a világosabb színek a magasabb Hounsfield-értékű (sűrűségű) területeket adják meg, a sötétebb részek pedig az alacsonyabb sűrűségű részeket. A sűrűségcsökkenésből mindig valamilyen anyagszerkezeti leromlásra következtethetünk.

A 8.b. ábrán a károsodott rész környezetét láthatjuk. Jól látszik, hogy a károsodott rész sűrűségértéke jelentősen csökkent. A sűrűségcsökkenés nem egyenletesen következik be, hanem rétegesen. Ez a réteges sűrűségcsökkenés magyarázza a tényt, hogy más roncsolásmentes vizsgálat elég nehezen végezhető.



7. ábra: A Sentab csövek vizsgálata CT-vel

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikk keretein belül röviden áttekintettük, hogy a CT-vizsgálatok hogyan használhatóak célszerűen az építőanyagok vizsgálataihoz.

Vizsgálataink sorába tartoztak aszfalt, beton, vasbeton és azbesztcement elemek.

A kutatások eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a

- CT alkalmas a porózus építőanyagok belső szerkezetének feltérképezésére, természetesen a mérés során alkalmazott szeletvastagság és képi felbontás figyelembevételével, az ott létrejövő korlátok betartása mellett;
- a CT alkalmas az anyagokban bekövetkező szerkezeti változások (leromlás) nyomon követésére;
- a CT alkalmas az acélbetétek korróziós állapotának megítélésre a betonfedés eltávolítása nélkül.

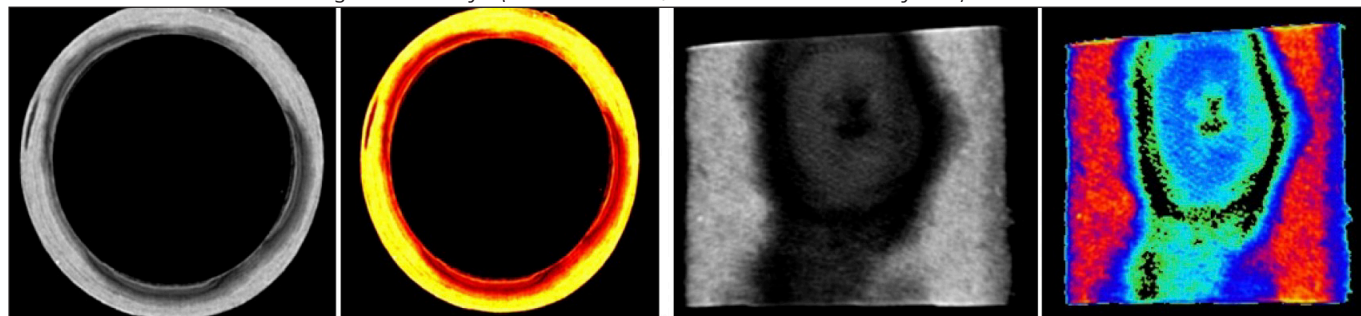
5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk szerzői köszönetet mondanak az NVKP_16-1-0019 "Fokozott ellenálló képességű (kémiai korrózióknak ellenálló, tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése" című pályázaton keresztül kapott kutatási támogatásért.



AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚNKP-18-4 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

8. ábra: Azbesztcement cső CT vizsgálati eredményei (a. Keresztmetszet, b. A károsodott rész környezete)



6. HIVATKOZÁSOK

- Balázs, L. Gy., Czoboly, O., Lublőy, É., Kapitány, K., Barsi, Á. (2017), „Observation of steel fibres in concrete with Computed Tomography”, *Construction and Building Materials* 140, pp. 534-541., <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.114>
- Berényi E., Bogner P., Horváth Gy., Repa I. (1997), Radiológia. Springer Hungarica, Budapest, 1997 Buzug, T. M. (2008), „Computed Tomography - From Photon Statistics to Modern Cone-Beam CT”, Berlin/Heidelberg : *Springer-Verlag*, 978-3-540-39407-5.
- Czoboly O., Lublőy É., Balázs L. Gy., Zimmer P. (2014), „Leromlási folyamatok Sentab Típusú nagy átmérőjű feszített vasbeton nyomócső esetén”, *Konferencia Kiadvány*, XVIII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia: ÉPKO 2014. Csíksomlyó, Románia, 2014.06.12-15, Kiadó Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) Kolozsvár, pp. 46-49.
- Földes T. (2011) Kőzetkarakterizáció röntgen computer tomográf(CT) mérésekkel végzett hidrodinamikai vizsgálatokkal, Újdonságok a geotermikában: Geotermikus koordinációs és innovációs alapítvány időszakos kiadványa, pp. 25-42.
- Lublőy É., Ambrus D., Kapitány K. (2014), „Aszfalt összetétel vizsgálata CT-vel”, *Konferencia Kiadvány*, XVIII. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia: ÉPKO 2014. Csíksomlyó, Románia, 2014.06.12-15, Kiadó Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) Kolozsvár, pp. 186-189.
- Russ, J. C. (2011), „Image Processing Handbook”, *Book*, Sixth Edition, ISBN: 1-4398-4045-8, CRC Press

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

Dr. Balázs L. György (1958) okl. építőmérnök, mérnöki matematikai szakmérnök PhD, Dr. habil., egyetemi tanár, a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék vezetője. MTA műszaki tud. kandidátusa. Fő kutatási területei: beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek (anyagai, laboratóriumi vizsgálata és modellezése), roncsolásmentes vizsgálatok. Speciális betonok és betétek: szálerősítésű betonok (FRC), nem acélanyagú (FRP) betétek, megerősítések anyagai és módjai, HPC, UHPC, LWC. Tűzállóságra való tervezés, tűzállóság fokozása. Fagyállóság fokozása. Kémiai ellenálló-képesség fokozása. Tartósság. Használati élettartam. Fenntartható építés. Erőátadás betonban, vasbeton tartók repedezettségi állapota. Fáradás. Lökés szerű terhelés. Nukleáris létesítmények. A *fib* (Nemzetközi

Betonszövetség) elnöke (2011-2012), jelenleg tiszteletbeli elnöke. A *fib* Magyar Tagozat elnöke. Az Int. PhD Symp. in Civil Engineering alapítója. A *fib* Com 9 „Dissemination of knowledge” elnöke.

Földes Tamás (1954) okl. geológus (ELTE 1979), 2005-ig a Kőolajkutató vállalatnál, majd pedig a MOL Rt-nél dolgozott. 2006-tól a Kaposvári Egyetem Diagnosztikai Intézetének munkatársa. 1999-től végez CT és MR mérési értékeléseket élettelen vizsgálati anyagokon, elsősorban kőzeteken. Fő érdeklődési területe: szénhidrogén rezervoár, geológiai modellezés, nagyfelbontású képalkotó roncsolásmentes mérések (CT, microCT, MR), élettelen anyagvizsgálati módszerek kiértékelése. A Magyarhoni Földtani Társulat, a Geofizikai Társulat és az EAGE tagja.

Dr. Kapitány Kristóf (1987) építőmérnöki (térinformatikus) BSc (BME Építőmérnöki Kar, 2009), Földmérő- és térinformatikai mérnök MSc (BME Építőmérnöki Kar, 2012), PhD hallgató a BME Fotogrammetria és Térinformatika Tanszékén. Fő érdeklődési területei: képfeldolgozás, orvosi képalkotás, objektumrekonstrukció orvosi képekből.

Hlavička Viktor (1987) okl. szerkezetépítő-mérnök (MSc), betontechnológus, tűvédelmi tervezési szakmérnök, a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék doktorjelöltje. Fő érdeklődési területei: rögzítéstechnika, mechanikus és ragasztott csapok betonokban való viselkedése és végelemes modellezése, tűzkárosult szerkezetek és szerkezeti anyagok mérnöki tanulságai. A *fib* Magyar Tagozat tagja.

POSSIBILITY OF APPLICATION OF CT IN CASE OF BUILDING MATERIALS

Dr. Éva Lublőy – Dr. György L. Balázs – Tamás Földes – Dr. Kristóf Kapitány – Viktor Hlavička

Keywords: material testing, CT, material structure, non-destructive testing

Detailed information on the internal structure of building materials is highly important for us, as it highly affects properties and durability of materials. Some information about the internal structure can only partly be obtained by analytical methods.

Images generated during a computer tomographic (CT) scanning are able to show sections of the specimens. The images that are constructed by a data matrix show the density distribution of the material tissue. Elements that have different density are visually separated and, therefore, can be clearly identified. If the sections are displayed in a line then the internal structure can be visualized in 3D.

DR. SEIDL ÁGOSTON 65. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Dr. Seidl Ágoston 1953. december 1-én született Budapesten, építész hagyományokkal rendelkező családban. Édesapja, Dr. Seidl Ambrus építész, az Ybl Miklós Technikum, később Főiskola tanszékvezető tanára, professor emeritus, régebbi felmenői Hüttl Dezső és Hauszmann Alajos műegyetemi tanárok akik a XIX-XX. század fordulójának neves építészei voltak. Ez a családi

indíttatás terelte Seidl Ágostont az építőipar területére, noha végzettsége szerint vegyészmérnök, de ezen belül érdeklődése a műanyagok, az építéskémiai termékek, az építőipari korrózió és a szerkezetek javítása felé fordult.

A gimnáziumi érettségit a Budapesti Piarista Gimnáziumban tette le 1972-ben, majd egy év kényszerszünet és egy év katonaság után 1979-ben a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett vegyészmérnöki diplomát a műanyag ágazaton. Első munkahelye az Országos Szakipari Vállalat (ORSZAK) volt, ahol ismereteit az anyagvizsgáló laboratóriumában, fejlesztő mérnökként, később fejlesztési osztályvezetőként gyarapíthatta. Emellett végezte el a korróziós szakmérnöki kurzust, amit 1982-ben fejezett be. A Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat Korróziós Irodáján Dr. Medgyesi Iván alatt szakosodott az ipari korrózióvédelemre, ekkor (1986-ban) doktorált építőanyagok hidrofóbizálása témában.

Az állami építőipar felszámolása után két évig a svájci Sika cég képviselőjét látta el, majd 1993-tól a Merza Péter vezette Isobau Rt. irodavezető főmérnökeként dolgozott elsősorban közlekedési műtárgyak felújítása, korrózióvédelme témájában. Ezt a munkáját 2003 és 2011 között a Vegyész-csoportban és a MAHÍD Rt. főmérnökeként folytatta nyugdíjazásáig. 2011-től saját cégében, a Magyarádi Kft.-ben tevékenykedik korróziós szakértőként és tervezőként.

Tagja és szakosztályvezetője volt az Építőipari Tudományos

Egyesületnek, tagja és munkabizottság vezetője volt a WTA (Wissenschaftlich-Technischer Arbeitskreis für Denkmalpflege und Bauwerkserhaltung) nemzetközi szakmai egyesületnek, tagja a **fib** Nemzetközi Beton Szövetség magyar tagozatának.

Munkássága során gyönyörű épületek, szerkezetek javításával, védelmével, felújításával foglalkozhatott, mint pl. a budapesti New York palota, a hajdúdorogi Görögkatolikus Székes-egyház, a Lánchíd, a Petőfi híd, a hajógyári szigeti K-híd, az aradi Trajan híd, a hárosi M0-ás híd stb.

Már kezdetektől részt vett cégen belüli szakmai oktatásokban, 2000 óta a BME Építőanyagok Tanszékének óraadója az „Új anyagok és technológiák”, a „Rekonstrukció anyagai” tantárgyakban, rendszeres diploma záróvizsga bizottsági tag, a Mérnöki Kamara által szervezett továbbképzések gyakori előadója. Oktatói munkásságát 2006-ban címzetes egyetemi docensi címmel ismerték el. Szakirodalmi munkássága eddig 35 szakkikk, szakmai konferenciákon több, mint 70 alkalommal tartott előadást.

Négy gyermek édesapja, felesége dr. Wettstein Johanna orvos és könyvelő, gyermekei: Márta (építészmérnök), Eszter (gimnáziumi magyartanár), Miklós (tervező grafikus) és Dénes (most végzi a Zeneakadémiát trombita szakon).

Jelentős társadalmi munkát végzett a Nagycsaládosok Országos Egyesületében (csoportvezetőként, választmányi és elnökségi tagként, egy ciklusban főtitkárként), valamint a Máriaremete-Pesthidegkúti Ökumenikus Iskola megszervezésében és 29 évig az Iskolaszék elnökeként.

Szakmai munkáját ÉTE érdeméremmel (1989) és Palotás László-díjjal (2016), a családok érdekében végzett munkáját Pro Familis díjjal (2016), az oktatás terén kifejtett munkásságát Klebelsberg Kúnó díjjal (1998) ismerték el.

A **fib** Magyar Tagozat nevében kívánunk jó egészséget és további sok sikert.

Balázs L. György

DANCS LÁSZLÓ 65. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Nyíregyházán született tisztviselő szülők gyermekeként. BME-n tanulmányait 1978-ban fejezte be Vízépítőmérnöki szakon. Szakmai pályafutását szülővárosában, a Kelet-Magyarországi Közmű – és Mélyépítő Vállalatnál (KEMÉV) kezdte művezetőként.

1980-ban került Budapestre, ahol a Földmunkát Gépesítő Vállalat (később Földgép Zrt.) munkatársa lett. 1981-től már a Vasbetontechnológiai Főépítésvezetőségen építésvezetőként majd főépítésvezető-helyettesként irányította a vállalat üzemi és helyszíni betonacél gyártását és szerelését, valamint az üzemi betongyártás, szállítás, gépi bedolgozás és előregyártás szervezetét.

Ekkor alakult ki kötődése a betontechnológia és a vasbeton építés iránt, aminek hatására beiratkozott a BME Betontechnológiai szakmérnöki képzésére, ahol 1984-ben szerzett diplomát.

1984-ben került az Észak-pesti Üzemigazgatóságra, ahol

üzemigazgató-helyettesként, majd generál építésvezetőként tevékenykedett 1986-ig, amikor visszakért a Vasbetontechnológiai Főépítésvezetőségre immár főépítésvezetőként, és itt dolgozott 1992 szeptemberéig.

1983-ban elsőként munkatársaival létrehozták az akkor divatos vállalati gazdasági munkaközösségünket, melynek keretében – szabad idejük terhére – belekóstolhattak a vállalkozási lét “szépségeibe”. Az itt szerzett munkaszervezési és hatékonysági tapasztalatokat hasznosítani tudták a nagyvállalati kultúrában is, amivel hozzájárultak cégük talpon maradásához.

A Földgép Zrt.-nél eltöltött 12 év alatt főleg a budapesti lakásépítési programban dolgoztak, a panellakások mélyalapozási és fogadósínt építési, a csatlakozó közmű és útépítési munkák során igazi iparosként aktív részesei lehettek a budapesti városképet ma is meghatározó nagy lakótelepek megalkotásának. A vállalat egyik legemlékezetesebb egyéb feladata az Aszód-Galgamácsai veszélyes hulladék lerakó telep megépítése és a privatizáció időszakáig történő sikeres üzemeltetése volt.

A kivitelezésben eltöltött közel 15 év tapasztalataival felvértezve 1992-ben átnyergelt az építőanyag gyártás iparágba, és lett a Transbeton Kft. ügyvezető igazgatója.

1998. és 2003. között a cégcsoporton belül betekintett a cementgyártás és értékesítés világába. Két évig a Lábatlani Cementgyár Zrt. gyárigazgatója volt, majd a Hejőcsabai Cement és Mészművek Zrt.-vel történt egyesülés után az új cégben az Igazgatóság tagjaként, mint kereskedelmi igazgató dolgozott. Ebben az időszakban Európában elsők között vezettek be a Holcim márkanévet Magyarországon.

2003-ban megbízást kapott a négy országon átívelő tevékenységet végző Holcim Central Európa Zrt. Kavics- és Beton Üzletágért felelős stratégiai igazgatói feladatainak ellátására, mint a cég Igazgatóságának tagja. 2004-től az ismét önállósodott Holcim Hungária Zrt.-ben tovább irányította a Beton és kavics üzletágat, mint Üzletág igazgató 2007 októberéig.

Még "Földgép"-es korában került kapcsolatba a Budapesti Betonszövetséggel és 1997-től, mint az akkori soros elnökre, rá várt az a feladat, hogy a felhalmozott tudásanyag, valamint a szakmai érdekképviselő és kapcsolatrendszer megtartása, továbbfejlesztése érdekében újjászervezze a szövetségi munkát. 1998-ban iparági vezető munkatársaival együtt létrehozták a Magyar Betonszövetséget, ami több, mint 10 éven át sikeresen képviselte a betontechnológia hazai fejlesztésének igényét. A szövetség szakmai érdekképviselői tevékenységé-

nek kiemelkedő eredménye az MSZ 4798-1:2004 jelű betonszabvány megalkotása. Tevékenysége elismeréseként 2008-ban megkapta a "Magyar Betonszövetségért" érdemérmet.

Ebben az időszakban kerültem közelebbi kapcsolatba a **fib** Magyarország szervezetével, és azóta tagja a szervezetnek.

A Holcim csoporttól történő eltávoztása után 2007-ben létrehozta saját tulajdonú cégét, amelyben a mai napig eseti szerződések, megbízások alapján végez különböző szakértői munkákat (üzgyviteli tanácsadás, műszaki ellenőrzés, projektvezetés).

2009-2012 között a Vegyepszer Zrt. alkalmazottjaként dolgozott, mint anyag és eszkozgazdálkodási igazgató. 2012-ben korengedmennyel nyugdíjba ment és ekkortól, mint megbízott Vállalkozó végezte a Vegyepszer útépítési munkái garanciális javításának irányítását, szervezését 2016-ig.

A sport, amozgás végig kísérte életét, ma is szerves részét képezi napi tevékenységének, kiegészítve a családi házuk körüli tennivalók nagyrészt önálló elvégzésével. Szakmai és magánéletének kiteljesedését a szerető családi hátteret megteremtő felesége, Ágnes aktív támogatása is biztosította, akivel együtt várják, hogy két nagykorú, már önállósodott lányuk révén életük az unokák jövetelével váljon teljessé!

A **fib** Magyar Tagozta nevében kívánunk további sok sikert és a családi életben sok örömet.

Balázs L. György

WELLNER PÉTER 85. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Wellner Péter életútjának áttekintését és méltatását a VASBETONÉPÍTÉS 2013/4 számának 112. oldalán adtuk meg 80. születésnapja alkalmából.

Tisztelettel jelezzük továbbá, hogy az elmúlt időszakban kiemelkedő eseményként kell megemlítenünk Wellner Péter Életmű-díját a Hídepítő részéről, aminek átadására a 2015. december utolsó munkanapjára szervezett évzáró összejövetelen került

sor. Az Életmű-díját Apáthy Endre adta át, és a méltatást Encsi Balázs tartotta. A méltatásban Encsi Balázs kihangsúlyozta, hogy Wellner Péter 50 éves munkássága során a tervezői és kivitelezői szemlélet tökéletes összhangját valósította meg, ami a sikeres munkásságának alapja volt.

A **fib** Magyar Tagozat nevében kívánnunk további sok sikert és boldogságot.

Balázs L. György

Nemzeti Versenyképességi és Kiválósági Program, B alprogram: Anyagtudományi, technológiai nemzeti program

NVKP_16-1-2016-0019

Fokozott ellenálló képességű (kémiai korrózióknak ellenálló, tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése”, 2017 márc. 1. – 2020 febr. 28.

Projektvezető: Prof. Balázs L. György, tiszteletbeli elnök (**fib**)

Projekt altéma felelősök: Dr. Lublói Éva, Dr. Salem G. Nehme, Dr. Kopecskó Katalin

Tűzállóság altéma felelős: Dr. Lublói Éva

„BETON TŰZÁLLÓSÁGA” - Projekt beszámoló

2019 febr. 22. (péntek), BME K 1. em. 87.

9:00-9:10	Prof. Dunai László (BME)	Dékáni megnyitó
9:10-9:20	Dr. Stocker György (BME)	Tanszékvezetői megnyitó
9:20-10:00	Prof. Balázs L. György (BME)	Projekt célkitűzései. A tűzállósági kutatás aktualitása és szükségessége. Tapasztalt viselkedés. Nemzetközi szabályozás helyzete
10:00-10:20	Dr. Bérci László, dandártábornok, (Orsz. Katasztrófavédelmi Főig.)	Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) aktualitásai
10:20-10:40	Érces Gergely (Nemzeti Közszolgálati Egyetem)	Vasbeton építményszerkezetek tervezésének tűzvédelmi szabályozása
10:40-11:10	Tóth Péter (ÉMI)	Előregyártott elemek vizsgálati és minősítési módszerei, lehetőségei és korlátjai
11:10-11:40	Dr. Salem G. Nehme (BME)	Passzív védelem tűzállóságra
11:40-11:55	Hlavička Viktor (BME)	Rögzítőelemek teherbírása tűzterhelt betonban
11:55-12:10	Naser Alimrani (BME)	Study of shear strength subjected to high temperatures
12:10-12:20	Hozzászólások	
12:20-13:00	Gundel palacsinta meggyújtása és tesztelése	
13:00-13:40	Dr. Lublói Éva (BME)	CT vizsgálati lehetőségei tűzkárosult beton elemeknél
13:40-13:55	Dr. Kopecskó Katalin (BME)	Tűzállóság fokozása geopolimer kötőanyaggal
13:55-14:10	Lizakovszky Géza (SW)	Építészeti falpanelek az előregyártásban
14:10-14:25	Molnár Tamás (SW)	Födémpanelek gyártástechnológiai specialitási
14:25-14:40	Pujcsev Kristóf (MC Bauchemie)	Az adalékszerek és kiegészítő anyagok szerepe a tűzállóság fokozásában
14:40-14:50	Hozzászólások	
14:50-15:00	Prof. Balázs L. György (BME): Összefoglaló, Konklúziók. A konferencia nap zárása.	

Előadások publikálásra benyújthatók a VASBETONÉPÍTÉS folyóirathoz: <http://fib.bme.hu/kiadvanyok.html>

Nemzeti Versenyképességi és Kiválósági Program, B alprogram: Anyagtudományi, technológiai nemzeti program

NVKP_16-1-2016-0019

„Fokozott ellenállóképességű (kémiai korrózióknak ellenálló, tűzálló és fagyálló) beton termékek anyagtudományi, kísérleti fejlesztése”

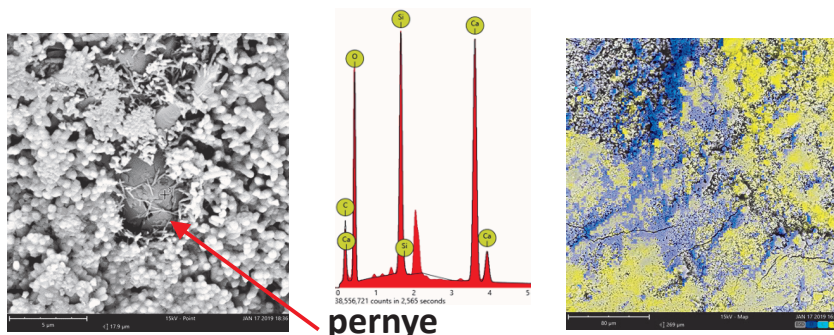
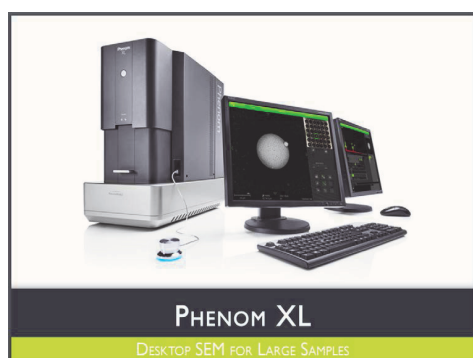
című pályázat keretében megvalósult laboratóriumi eszköz beszerzés

Projektvezető: Prof. Balázs L. György

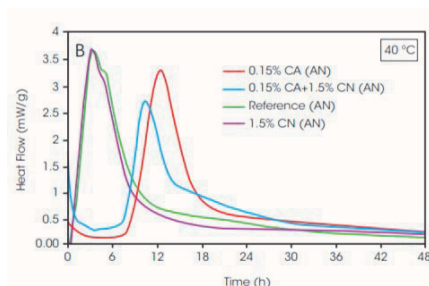
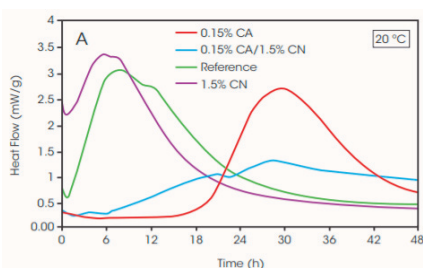
Projekt altéma felelősök: Dr. Lublőy Éva, Dr. Salem G. Nehme, Dr. Kopecskó Katalin

ANYAGTUDOMÁNYI VIZSGÁLATOK NANOSZINTTŐL-MAKROSZINTIG

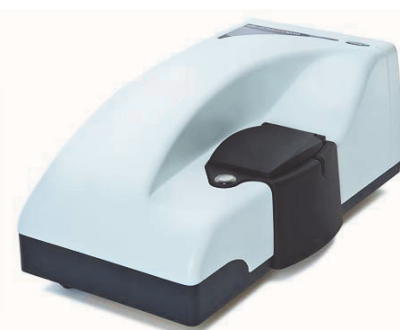
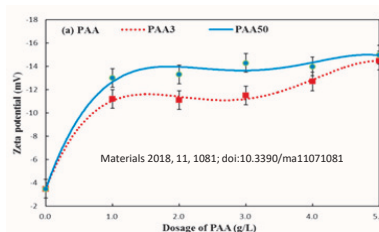
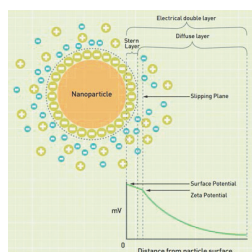
1. PHENOM XL asztali pásztázó elektron mikroszkóp (SEM) EDAX (energiadisziperz röntgensugaras) elemanalízissel, kis és nagy (max. 100 mm x 100 mm) mintákra



2. TAM Air 3-csatornás kaloriméter, 125 ml-es ampullákkal, alkalmazási tartomány: cementpéptől betonig



3. Zetasizer Nano ZS – Zéta potenciál mérése titrátorral (változtatható pH tartományban) 3,8 nm – 100 µm, részecske méret mérés 0,3 nm – 10 µm tartományban





Mapleton Crescent toronyház - London, Szerkezettervezők: Clancy Consulting & Barrett Mahony Consulting Engineers

www.axisvm.hu