

VASBETONÉPÍTÉS

CONCRETE STRUCTURES

JOURNAL OF THE HUNGARIAN GROUP OF **fib**

9 771419 644000

20222 >



SPRÁNITZ FERENC

BETONTECHNOLÓGIAI ISMERETEK JELENTŐSÉGE A DIGITALIZÁCIÓ ÉS A 3D BETONMARÁS TERÜLETÉN

34

DEZSŐ ZSIGMOND –
MAGYAR MÁTÉ**FLORIDAI KÖNNYŰBETON-KOMPOZIT SZERKEZETŰ, NÉGY SZINTES LAKÓÉPÜLET TERVEZÉSI TAPASZTALATAI**

42

SZEMÉLYI HÍREKDR. FARKAS GYÖRGY
75. SZÜLETÉSNAJÁRAADLER GYÖRGY
75. SZÜLETÉSNAJÁRADR. KOVÁCS KÁROLY
80. SZÜLETÉSNAJÁRADR. OROSZ ÁRPÁD
(1926-2022) EMLÉKÉREDR. TÓTH ZOLTÁN
(1942-2022) EMLÉKÉRE

55

BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS A BME ÉPÍTŐMÉRŒÖKI KARÁN 2023-2024

60

2022/2

XXIV. évfolyam, 2. szám

Mapefast Ultra, a fenntartható beton innovatív technológiája

A Mapei új MAPEFAST ULTRA adalékszere rekord-idő alatt tette lehetővé az új genovai híd megépítését, az itt használt beton fenntartható, tartós és ellenáll az agresszív szereknek. Az új genovai híd építésének vezérelve a fenntarthatóság volt. A betongyártáshoz a CEM III/A típusú cementet használták, amelynél előírás a klinker 40%-ának kohósalakkal - az acélglyártási ciklus mellékterméke - történő helyettesítése. Ezt a cementet alacsony CO₂-kibocsátás (körülbelül 500 kg CO₂/tonna, szemben a hagyományos Portland cement körülbelül 900 kg CO₂/tonna értékével), valamint az agresszív anyagoknak ellenálló, tartós beton előállításának bizonyított képessége jellemzi, mint ahogyan azt a híd építésénél is tervezték (az UNI EN 206 európai szabvány szerinti XA1 környezeti kitéti osztály).

Új híd 13 hónap alatt a Mapei támogatásával

A projekt második jellemző eleme eme alapvető infrastruktúra létrehozása volt a lehető leggyorsabban Genova városának gazdasági újjászüléséhez. 2019. június 25-től, a 9-es pillér első öntésének időpontjától a 2020. augusztus 3-i felavatásig mindössze 13 hónap telt el, ami a munka méretéhez képest rekordidő. A híd legimpozánsabb elemei a 18 pillér, a 45 méteres beton óriások, amelyek a hídpályát tartják. Keresztmetszetük (9,50 x 4 méter) a függőleges profil mentén állandó a munka perspektívikus egységének biztosítása érdekében. Az azonos típusú, moduláris falú külső zsaluzat használatának köszönhetően sikerült jelentősen felgyorsítani a technológiai időket.

A Mapei a Padovai Egyetemen közösen dolgozott a megfelelő megoldásért

A speciális technológiák ellenére azonban nem lehetett volna időben befejezni a munkát a MAPEFAST ULTRA innovatív szilárdulás gyorsító adalékszer alkalmazása nélkül, amelyet a Mapei kutatólaboratóriumában fejlesztettek ki a Padovai Egyetem Földtudományi Tanszékének Circe Központjának közreműködésével. Ennek az az oka, hogy a CEM III/A cement - kohósalakban gazdag összetétele miatt - nem tudta biztosítani a pillérek gyors felállításához szükséges mechanikai szilárdságot, különösen télen, amikor az alacsony hőmérséklet erősen lassította a cement hidratációját. A kötőanyag 40%-át kitevő salak puccolános reakciója nem azonnal alakul ki, hanem csak néhány héttel az öntés után kezd jelentősen hozzájárulni a mechanikai szilárdsághoz.

A MAPEFAST ULTRA használatának köszönhetően az öntéstől számított 16 óra elteltével még a tél közepén is el lehetett távolítani a zsaluzatokat, és rendkívüli ütemben, havi 3 pillérral lehetett folytatni a munkálatokat.

A MAPEFAST ULTRA-t a többi összetevővel együtt a normál gyártási ciklusban adagolták a betonhoz. A DYNAMON XTEND W400N és a DYNAMON EW szuperfolyósító szerek kombinációját használták az S5 konzisztenciaosztály (roskadás > 210 mm) 120 percnél túli megőrzésére, a betonüzemből az építkezés helyszínére történő szállítás során. Az 1. táblázat mutatja a hídpillérek építéséhez használt beton összetételét.

A 2018-as Mario Giacomo Levi díjat a MAPEFAST ULTRA adalékszer kapta

A MAPEFAST ULTRA tanulmányozása és fejlesztése érdekében végzett kutatásért 2018-ban az Olasz Kémiai Társaság Ipari Kémiai Szakosztálya a Mapei-t és a Padovai Egyetem Circe Központját Giacomo Levi Aranyéremmel tüntette ki a legjobb közös ipari-akadémiai kutatásért, amely elérte az ipari meg-

valósítás szakaszát. A MAPEFAST ULTRA alapvető szerepe az új genovai híd építésében megerősíti az ipar és a tudományos közösség közötti együttműködés fontosságát az innovatív technológiák fejlesztése terén, és bizonyítja a Mapei elkötelezettségét az épületek fenntarthatóságára való áttérés előmozdítása és megkönnyítése mellett, valamint érzékenységét az újrahasznosított gazdaság alapelveivel kapcsolatban.

Szakirodalom

Artioli, G., Valentini, L., Dalconi, M.C., Parisatto, M., Voltolini, M., Russo, V., Ferrari, G., 2014. "Imaging of nano-seeded nucleation in cement pastes by X-ray diffraction tomography", *International Journal of Materials Research* 105 (7).
 Artioli, G., Valentini, L., Voltolini, M., Dalconi, M.C., Ferrari, G., Russo, V., 2014. "Direct imaging of nucleation mechanisms by synchrotron diffraction micro-tomography: superplasticizer-induced change of C-S-H nucleation in cement". *Crystal Growth & Design* 15 (1).

ADATOK

Referencia: beton autópálya völgyhíd

Helyszín: Genova, Olaszország

Kivitelezés ideje: 2019-2020

Mapei termékekkel végzett munkálatok: adalékszer szállítása (mix design beton összetétel; javítóhabarcsok nem megfelelőség esetén; vízszigetelő termékek

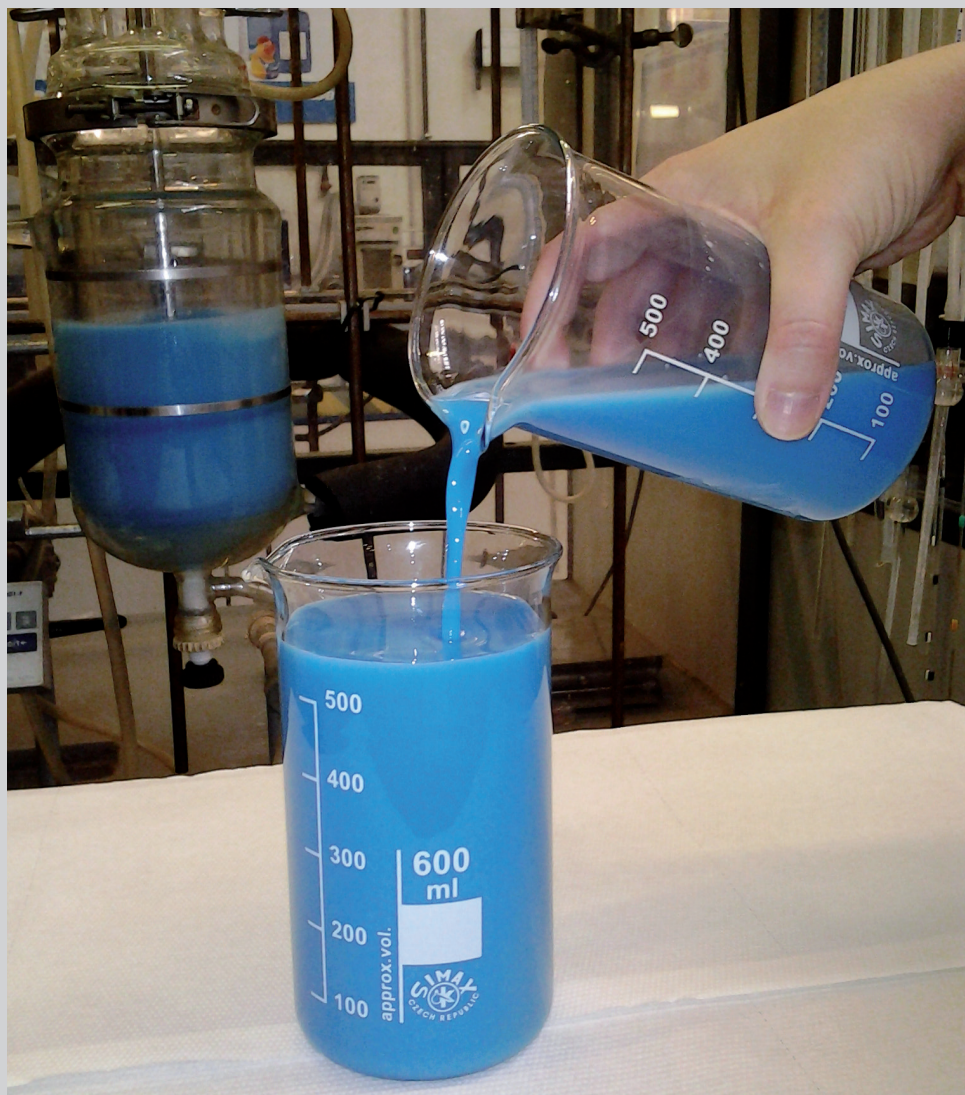
Beruházó: Újjáépítési Rendkívüli Biztos

Generálkivitelező: GENOVA részéről (Salini Impregilo Spa; Fincantieri Infrastructure Spa)
 Kivitelező: Cossi Costruzioni SPA
 Tervezők: RPBW Renzo Piano Building Workshop
 Vezető mérnök: Stefano Mosconi
 Mapei kapcsolattartó: Zaffaroni, Lattarulo, Broggio, Zamorani, Siboni, Citton, Ferrari, Rossi, Profili, Dimilito, Lanzini, Iliev, Calò

További információ: www.mapei.hu

1. táblázat: A genovai híd pilléreihez használt beton összetétele

Cement típus	CEM III/A 42.5N
A cement adagolása	400 kg/m ³
Kiegészítő anyag	70 kg/m ³
Dynamon Xtend W400N	A cement tömegének 0,75%-a
Dynamon EW	A cement tömegének 0,5%-a
Mapefast Ultra	A cement tömegének 2,66%-a
Konzisztencia osztály	S5 (roskadás > 210 mm)
Az aggregátumok maximális átmérője	16 mm



VASBETONÉPÍTÉS

műszaki folyóirat
a **fib** Magyar Tagozat lapja

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

Főszerkesztő:

Dr. Balázs L. György

Szerkesztő:

Dr. Träger Herbert[†]

Szerkesztőbizottság:

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

Lektorai testület:

Dr. Dulácska Endre
Királyföldi Lajosné
Madaras Botond
Dr. Madaras Gábor
Dr. Orosz Árpád[†]
Dr. Szalai Kálmán
Dr. Tóth Ernő
(Kéziratok lektorálására más
kollégák is felkérést kaphatnak.)

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

Tervezőszerkesztő: Halmai Csaba

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:

Az épülő Budapest madártávlatból
Készítette: Gyukics Péter

TARTALOMJEGYZÉK

- 34** SPRÁNITZ FERENC
**BETONTECHNOLÓGIAI ISMERETEK
JELENTŐSÉGE A DIGITALIZÁCIÓ ÉS
A 3D BETONMARÁS TERÜLETÉN**
- 42** DEZSŐ ZSIGMOND – MAGYAR MÁTÉ
**FLORIDAI KÖNNYŰBETON-KOMPOZIT
SZERKEZETŰ, NÉGY SZINTES LAKÓÉPÜLET
TERVEZÉSI TAPASZTALATAI**
- 55** **SZEMÉLYI HÍREK**
DR. FARKAS GYÖRGY 75. SZÜLETÉSNAPJÁRA
ADLER GYÖRGY 75. SZÜLETÉSNAPJÁRA
DR. KOVÁCS KÁROLY 80. SZÜLETÉSNAPJÁRA
DR. OROSZ ÁRPÁD (1926-2022) EMLÉKÉRE
DR. TÓTH ZOLTÁN (1942-2022) EMLÉKÉRE
- 60** **BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ
TOVÁBBKÉPZÉS A BME ÉPÍTŐMÉRNÖKI
KARÁN 2023-2024**

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

BETONTECHNOLÓGIAI ISMERETEK JELENTŐSÉGE A DIGITALIZÁCIÓ ÉS A 3D BETONMARÁS TERÜLETÉN



Spránitz Ferenc

<https://doi.org/10.32969/VB.2022.2.1>

*A betonipari robottechnológia kb. 13 éve, a csatornázási aknafenek elemek 3D betonmarásos üze-
mi előregyártásában kezdte el térhódítását. Már ekkor célként fogalmazódott meg a szakmunkások
képzettségétől és lelkiismeretességétől független, nagy precizitású, nagy termelékenysé-
gű, sablonpark
nélkül is szinte tetszőleges geometriai kialakításra lehetőséget nyújtó termékgyártás. A robottechnológiát
méltató több tucatnyi írásból a betonismeretek fontosságára mindössze egyetlen cikkben található utalás:
Managing director thanks his two concrete technologists: „Concrete is the key. And I’m glad that my team
had the courage and ideas needed to implement the new solution“ (Rinninger, 2011).*

*A betonipar is átlépte egy új kor küszöbét; a még különlegesnek tűnő megoldások (UHPFRC, 3DCP) is
lehetnek akár rövid időn belül nyereségesek, ha a résztvevő felek felismerik a tervezés-ipar-egyetemi képzés
kapcsolat és a szakmaspecifikus ismeretek fontosságát.*

Kulcsszavak: programozható robotok, sablon- és bérköltségek csökkenése, finomszemcsés beton, technológiához illeszkedő konzisztencia, friss és szilárd beton jellemzők, betonstruktúra

1. BEVEZETÉS

1.1 Miért fontos a betontechnológia?

A betonipar fejlődését a kisebb anyagigények irányába kényszeríti az alapanyagkészletek világméretű fogyása és az ipari termelés CO₂-lábnomának szükségszerű csökkentése.

A minél kisebb anyagigényhez és élőmunka-ráfordításhoz társul a növekvő lakhatási és infrastrukturális szükségletek kielégítése, melyek a digitalizáció és a 3D technológiák alkalmazásával tűnnek megoldhatónak.

A betontechnológia kulcsfontosságát erősíteni fogják a fenti folyamatok, mert a rövidesen hatályba lépő új EC-2 és EN 206 szabványok szerint az erőtani tervezést olyan anyagtani tervezés is ki kell egészítse, mely a műszaki ismeretek mai szintjén, számszerűsített formában veszi figyelembe a várható környezeti igénybevételeket (pl. karbonátosodás, fagyás, kloridok) és a beton anyagának ellenállását (CEN TC 250 – N 993

2013, Bilag 2014, BAW Merkblatt 2019, BME Kutatás 2019).

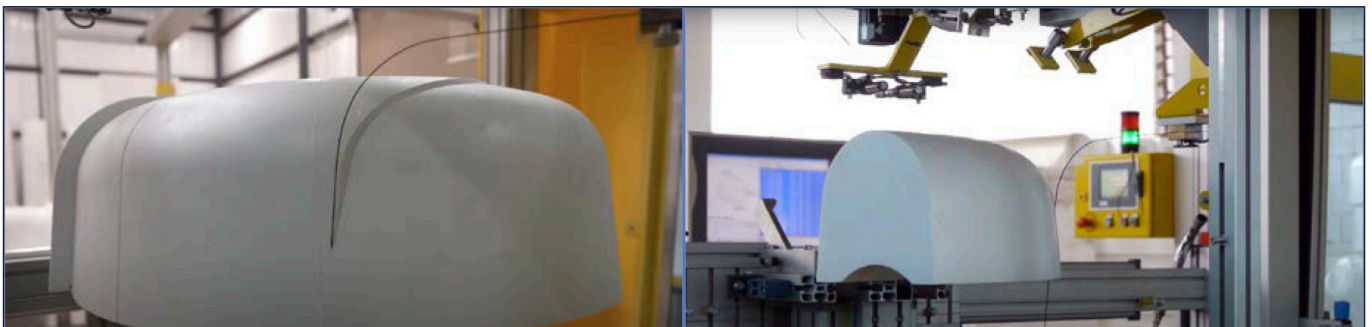
A jelenleg még prenormatív dokumentumok szerinti anyag-
tani tervezésen alapuló számszerűsített tartóssággal (pl. 50,
100, 200 vagy 500 év) megjelölt betonösszetételnek illeszked-
nie kell ahhoz az állaghoz is, amelyet a friss keverék építéshelyi
szállítása, tömörítési-bedolgozási módszere igényel, sőt még a
bedolgozás időpontjában éppen aktuális időjárási viszonyokat,
szerkezeti méreteket stb. is számításba kell venni.

E feladatok teljesítése nagy komplexitású mérnöki
átlátóképességet igényel; a különböző természeti-fizikai
törvényszerűségekhez szorosan kapcsolódó, esetenként új
anyagtani ismeretek megszerzése válhat szükségessé.

1.2 Első generációs betonipari 3D technikák és mozgatórugóik

A betonipar korai 3D technikái az előregyártás területére
koncentrálódtak; különösen a szennyvízcsatorna hálózatok
aknafenek elemeit, főként a bonyolult alakzatú, egyedi geo-
metriáit vették célba. A kifejlesztett különböző digitalizálási

1-2. ábra: Digitalizált folyásfenék negatív formájának kimarása EPS-ből robottechnológiával





3-4. ábra: A mágnessel rögzített negatív forma körbeöntése öntömörödő betonnal [fotók: Spránitz]



5-8. ábra: Az előregyártásban 2009-től terjed a 3D betonmarás (fotók: Spránitz)

módszerek és robottechnikák segítségével teljes mértékben elhagyhatóvá vált az utólagos építéshelyszíni vésés, a különböző görbületű folyásfenék-kialakítások helyszíni betonozása, a csőcsatlakozások helyszíni habarcsolása.

1.2.1 Aknaalj digitalizált negatív folyásfenéke
Németországban és Olaszországban talákoztam olyan csatornázási aknafenek elemekkel, melyekben a polisztirolhab tömbökből robottechnológiával kialakított és mágnesekekkel

9-11. ábrák: Aknaalj folyásfenék részének és csőcsatlakozásainak 3D marása (fotók: Spránitz)



fémsablonhoz rögzített negatív formára öntik rá az öntömörödő betont (1-4. ábra)

1.2.2 3D betonmarással készülő aknaaljgak

A szennyvízának előregyártásához Európában leginkább a mindössze 2-3 órás korban még száraz megmunkálásra lehetőséget adó 3D betonmarás terjedt el. (5-11. ábra).

Tény, hogy a 2000-es évek elején Németországban közel 40 milliárd euro/év költség kellett a kommunális szennyvízelvezető rendszerek oldódásos, azaz savkorrózió miatti kárainak elhárításához, ráadásul kb. 40%-ot tett ki a csatornahálózatokba kívülről bejutó talajvíz is (Nehdi et al 2007).

A betonipar e területén elindult technológiai fejlődéshez fenti tényezők is hozzájárulhattak, de vélhetően erős cselekvési készletet jelentett, hogy más iparágak is felfedezték a piacnak ezt a beavatkozásra alkalmas szegmensét (pl. kerámiaacsovek, műanyag tisztítóaknáknak), másrészt, pedig a német vízdíjakba beépítették az amortizációs díjtételt, mely jelentős áremelkedéshez vezetett mindazokon a területeken, ahol olyan, szokásos betoncsövek és tisztítóaknáknak kerültek beépítésre, melyek várható élettartamát max. 25 évre csökkentették Düsseldorf város csatornavizsgálatának eredményei alapján (Kovács, Füstös 2007).

2. A 3D BETONMARÁSOS ROBOT-TECHNOLÓGIA

2.1 A betonkeverék összetétele, friss és megszilárdult beton jellemzői

A 2-3 órás korban robotmarásra alkalmas, tehát még csak „zöldszilárdsággal” rendelkező friss beton jellemzőit firtató kérdéseimre a robotmaró technológiát (hardvert és szoftvert) eladó cég képviselői azt válaszolták, hogy ők nem betontechnológusok, hanem gépgyártók, de a korábbi vásárlóknál az alig földnedves, ún. „Dry-Cast Concrete”, azaz a 10 mm-nél kisebb roskadással jellemezhető állag vált be, melynek adalékváz legfeljebb $d_{max}=2$ mm szemmagyságú.

Az ilyen állagú frissbeton megfelelő tömöríthetősége a gyártósablon alatt elhelyezkedő külső vibrátorok esetében olyan gyártóberendezést igényel, mely széles intervallumban változtatható, programozható amplitúdó- és frekvenciaszabályozóval is fel van szerelve. Míg a kisebb méretű és tömegű termékeknel a kezdeti, rövid idejű nagyobb amplitúdójú rezgést követően általában célszerű a kisebb amplitúdójú,

nagy frekvenciájú vibrálás, addig a magasabb termékeknel nagyobb amplitúdó-beállításra és alacsonyabb frekvenciára lehet szükség, hogy a különböző magasságokat egyenletesen tömörítse a vibrálás energiája. Erre az emlékre „még futotta” a betontechnológiai szakmérnöki képzésen Dr. Rác Kornéliától megtanult gépészeti ismeretekből.

A beüzemelés követő néhány hét próbagyártás végén már betontechnológiai szemszögből is elfogadhatónak tűntek a $d_{max}=2$ mm-es adalékvázzal legyártott és kimart termékek (12. ábra).

A technológia beszerzésétől eltelt 10 év alatt - a gépgyártó kérésének eleget téve - Afrika kivételével a Föld valamennyi kontinenséről fogadtunk potenciális, 3D betonmaró technológiát vásárolni szándékozó ügyfeleket, ill. fogadtuk az esetenként évek óta sikertelen gyártással küszködő cégek képviselőit is.

Betonkeverék összetételei jellemzői:

- péptartalom: 31 V%,
- tervezett levegőtartalom (tömörítési hiányosság): 2 V%
- pépfázis szárazanyagtartalma: 49,5 V%
- kötőanyag: kis C_3A -tartalmú cement+kohósalak+metakaolin
- víz/kötőanyag tényező: $x=0,33$.

Frissbeton jellemzők:

- keverőgép teljesítmény kijelzőjének adata 1 m³ esetében: 520-540 mV (függ a mérőműszer típusától, érzékenységtől és a keverőlapátok kopásának mértékétől)
- keverék hőmérséklete: min. +8 °C max. 32 °C.

Fürt magmintákon mért szilárd beton jellemzők [8]:

- testsűrűség: 2.400-2.440 kg/m³
- tömörítési hiány okozta levegőtartalom: 2-4 V%
- nyomószilárdság: $R_{\phi 100 \times 100} \geq 60$ N/mm²
- primer vegyszerállóság: nincs károsodás (közegek: 400 mg/l NH_4^+ , 6.000 mg/l Mg^{2+} , 30.000 mg/l SO_4^{2-} tartalmú oldatokban és pH=3 kénsav oldatban tárolás 1 hónapig)
- szekunder vegyszerállóság (mart felületeken): pH=1 kénsavoldatban való 1 hónapos tárolás után a felületi keménységcsökkenés kisebb, mint 15%.

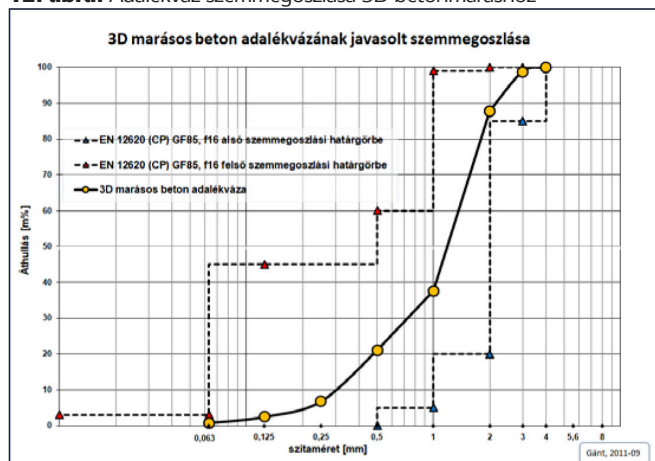
2.2 A 3D marású friss- és szilárd-beton jellemzők anyagtani háttere

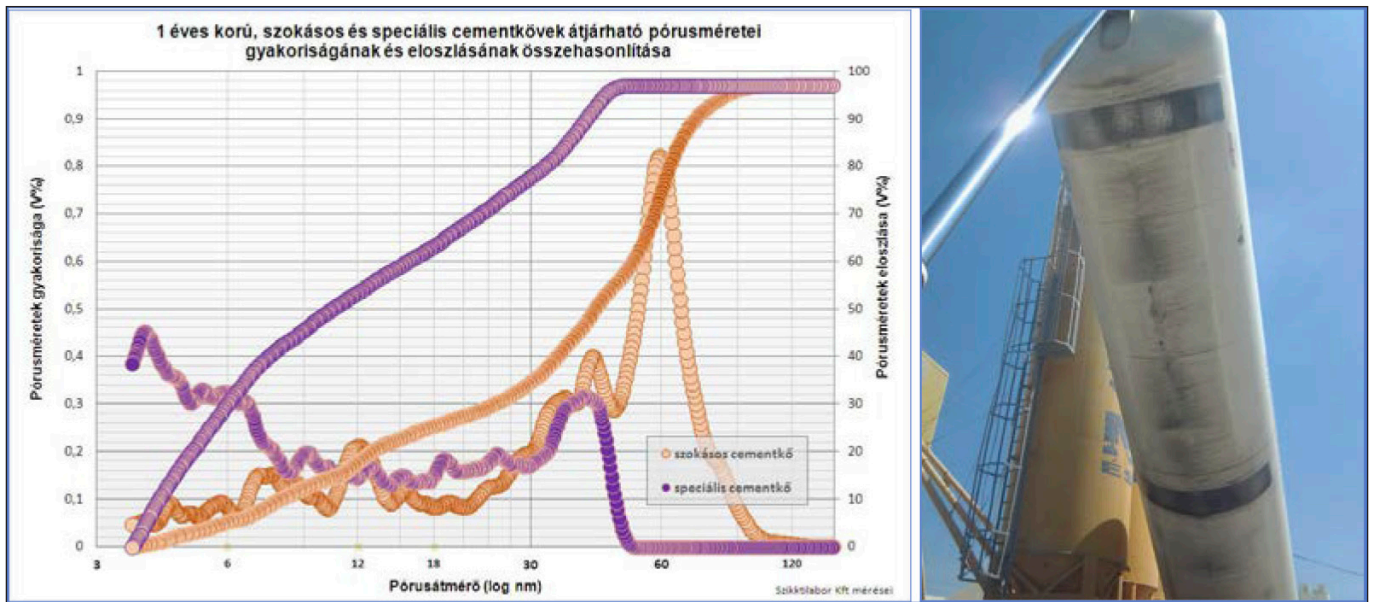
A szokásos portlandcementekkel készített, megfelelően tömör és repedésmentes szerkezetek is gyorsan károsodhatnak, ha agresszív közegek igénybevételének (pl. savaknak, kloridoknak) vannak kitéve. A gyors károsodás legfőbb okozói a porózus cementkő mezostruktúrájában végbemenő transzportfolyamatok. Ennek során viszonylag gyors vándorlási sebességet is elérhetnek el a pórusfolyadékba jutó olyan ionok és molekulák, melyek a portlandit vagy akár a kalcium-szilikáthidrátok kioldódását, az acélbetétek korrózióját, majd a beton repedezését eredményezik.

A cementkő eredendően kedvezőtlen pórusméret-eloszlását és nagy portlandit tartalmát előnyösen befolyásolja a jól ismert, szokásosan alkalmazott örölt kohósalak és szilikapor mellett a metakaolin és kőszénpernye is, melyeket célszerű ömlesztett formában, silóban tárolni és a recepteknek megfelelően automatikusan adagolni a betonkeverőbe (13-14. ábra).

A frissbetontól megkívánt mozgékonyasági, reológiai jellemzők is jelentősen befolyásolhatók az egyes cementkiegészítő anyagokkal. Az örölt kohósalak pl. többnyire nem változtat a vízigényen és mozgékonyaságon, de megnöveli a betonkeverék érzékenységét a vérzésre; a metakaolin valamelyest megnöveli a vízigényt, ill. lényegesen javítja a friss termék

12. ábra: Adalékváz szemmegoszlása 3D betonmaráshoz





13-14. ábra: 1 éves cementkő pórusméret-eloszlásának és gyakoriságának javítása puccolánokkal (baloldali ábrán narancsszínű a tiszta cementkő, lila a kötőanyag-keverék)

állékonyságát és korai szilárdságát, míg a kőszénpernye csökkenti a vízigényt és megnöveli a keverék mozgékony-ságát. E kölcsönhatások magyarázatára jó lehetőséget adnak az elektronmikroszkópos felvételek is. A 15-17. ábrák SEM fotói 3500-szoros nagyításban vizualizálják egy kohósalak, egy metakaolin és egy kőszénpernyetípus szemcsehalmazát.

A megtanult szakmai alapismeretekből tudjuk, hogy hang-súlyosan fontos a cementkiegészítő anyagokat tartalmazó, frissen bedolgozott beton megfelelő védelme és utókezelése.

A gépgyártók, technológiát forgalmazók szerint „ezzel a kérdéssel nem nagyon kell foglalkozni, mert a finomszemcsés alig földnedves betonban olyan kevés a víz, hogy azt biztosan megköti a cement”.

Altalában nem egyszerű feladat ilyen esetekben meggyő-zni a cégvezetést az elhangzottak ellenkezőjéről. A szakmai érvek alátámasztására laborméréseket végeztünk a gyár-tásból kivett, kis víztartalmú („Dry Cast Concrete”), de je-lentős mennyiségű kötőanyagot, hidraulikus és puccolános kiegészítőanyagot tartalmazó keverékből, hogy a korai víz-vesztést és a betonkeverékben rejlő szilárdsági lehetőségek kiteljesedének mértékét számszerűsítsük.

A vízvesztés és a hajlító-húzószilárdság mérésére irányu-ló laborkísérleteink során 4×4×16 cm-es hasábokat készí-tettünk, azokat letakartuk, majd 6 óras korban kiszalztuk, tömegüket megmértük és 4×4 cm-es véglapjukra állítva la-borklímán tároltuk a rákövetkező vizsgálatokig.

A komponensek sűrűségéből, a keverési arányokból és a kiszalzáskori tömegmérésből számított, tömörítési hiány

okozta levegőtartalom ($V_{lev} = 6-7 V\%$) azért haladta meg kissé a termékgyártás során mért értékeket, mert a speciális gépi tömörítés hatásfokát a nagy gondosságú, rétegenkénti tömő-rítéssel sem érthettük el.

A Haegermann-sablonokból kiszaluzott próbatestek leve-gővel érintkező felületeit különböző vizes diszperziós bázisú kipárolgás-csökkentő szerekkel lepermeteztük, majd 1, 3 és 28 napos korban megmértük a hajlító-húzószilárdságokat és a tömegmérésekből kiszámítottuk a 6 órás kort követő vízvesz-tés mértékét (18. ábra).

Az összehasonlító jellegű mérésekből azt a következtetést vontuk le, hogy a kis víztartalmú keverékből készített, utó-kezeléstől mentes, nagy párolgó felületű beton 3 napos korra $30 \pm 7\%$ -ot elérő szilárdságvesztést szenvedhet el a jelentős korai vízvesztést nem elszenvedett betonhoz képest, mely veszteség 28 napos korra már $50 \pm 5\%$ -ra nő.

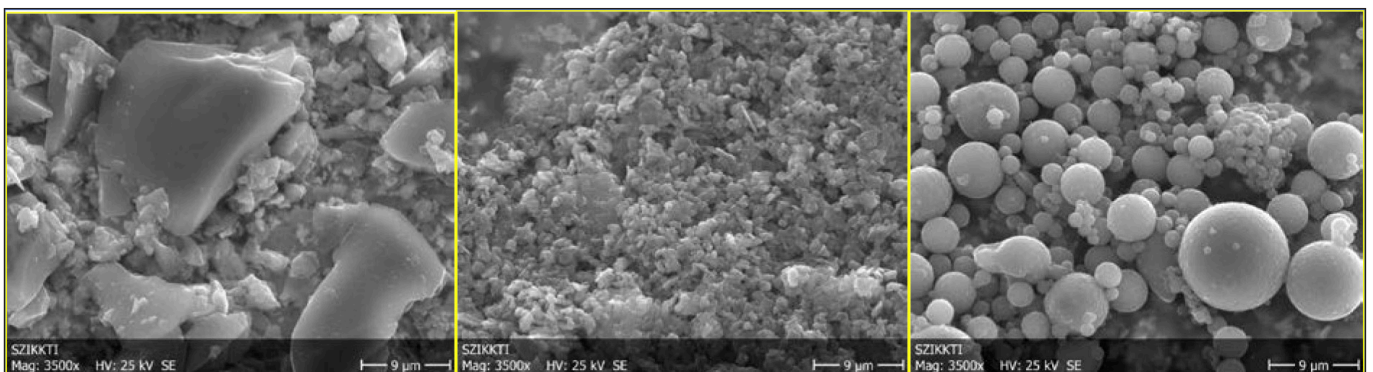
Az eredményekből megfigyelhető, hogy a 72 órás korú vízvesztés és a hajlító-húzószilárdság igen szorosnak tűnő, tengelyesen szimmetrikus összefüggést mutat.

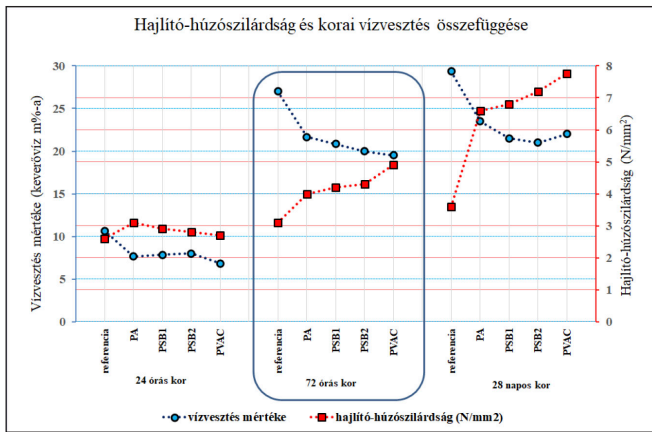
A 4-féle kipárolgáscsökkentő adalékszer fajlagos anyag-költsége a vizsgálatok idején $50-630 Ft/m^2$ volt, azaz a több tízezer Ft értékű 3D betonmarású termékek gondos utókeze-lésével a szilárdsági jellemzők a duplájára növelhetők a ter-mékár mindössze 0,1-1 %-nyi költségével.

2.3 Robotmarás előkészítése

A megrendelő által közölt egyedi jellemzőket számítógépes programmal modellezzük a gyárthatóság szempontjából (pl.

15-17. ábra: A kohósalakszemcsék alakja (baloldalon) leginkább a nyújtott szemmegoszlású zúzottkőre, a metakaoliné (középen) egy sűrű szövésű csipkére, míg a kőszénpernyéről készült felvétel a csapágygolyókra emlékeztet





18. ábra: Korai vízvesztés és hajtító-húzószilárdság összefüggése

csatornázási akna átmérője, falvastagsága és magassága, ki- és becsatlakozó csövek külső és belső átmérője, irányszögei, ki- és befolyások közötti szintkülönbségek, csöcsatlakozások lejtése stb.), majd a gépkezelő számítógépállomásának szoftvere ezeket a jellemzőket lefordítja a marórobot nyelvére (19-21. ábra).

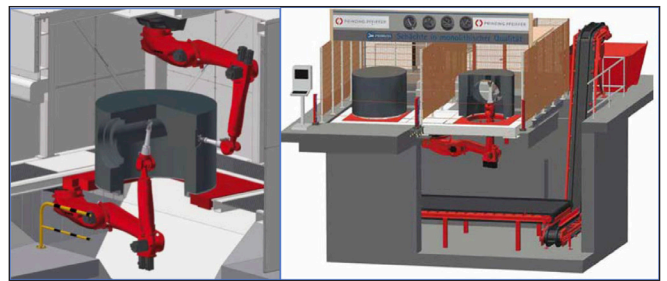
A kinyomtatott és a termékre felragasztott gyártási adatlap nem csak az emberi agy által szokásosan értelmezhető betűkkel és számokkal jelzi az egyedi termék paramétereit, hanem a rajta lévő vonalkód segít a robot számára azonosítani a végrehajtandó feladatot.

A vonalkód beolvasását követően a gépkezelő megjelöli a használni kívánt forgatóasztalt, majd a kezelőpult számítógépállomás elvégzi a biztonsági protokollokat, lefordítja a robot nyelvére az aktuális termékparamétereiket, s átadja a marórobotnak a gyártást.

A gyártási adatlapot - rajta az elszállíthatóság napját - e-mailben megkapja a megrendelő, és rendszerint 2 nap múlva (kivételes esetben 24 órán belül) elszállítható az optimális áramlási jellemzőkkel tervezett és legyártott egyedi csatornázási fenékelem.

2.4 Robotmarás

Az általunk használt (23. ábra szerinti), 2 forgatóasztalos, 6-tengelyes robotmaró, egyedileg konfigurálható szerszámgépként működik, önállóan, automatizálva végzi el a munka egyes lépéseire tartozó precíz, háromdimenziós munkafolyamato-



22-23. ábrák: 2 robot és 1 forgatóasztal (bal) vagy 1 robot és 2 forgatóasztal (jobb)

kat. A szokásos méretű, bonyolultságú aknafenek legyártása során kb. 4000-6000 parancsot hajt végre a robot.

Az egyedileg konfigurálható aknafenek elemek gyártásához a robot 3,5 m sugarú körben képes elérni szinte minden pontot. Kellően gyors munkavégzést eredményez a marófejek 4200 fordulatszám/perc forgási sebessége, de biztosítva van a gépkezelő számára a fogásmélység és előtolás kézi szabályozhatósága is, mely fontos a hosszú marásidejű termékek betonjának keményedésekor felerősödő szerszámkopás mérsékléséhez. A marófejek ipari gyémánttal bevont, gyorsan cserélhető marólapkák találhatók.

A „nagy és erős” robotmaró „gyenge és kicsi oldalbordája” az ún. KCP kontrollpanel, mely a robot kézi programozó készüléke, s egyben a robot „agy”. Ezzel a kisméretű KCP készülékkel (24. ábrán baloldalon) történik a robot ki- és bekapcsolása, a robotkarok tetszőleges irányítása, a folyamatban lévő parancs teljesítésének képernyőn való megjelenítése, az esetlegesen fellépő hibák kijelzése és azok kezelése.

Az aknaelem méretétől, a marás bonyolultságától függően mintegy 15-50 perc szükséges a tervezett konfiguráció 3D marásához. Kétműszakos gyártás esetén akár napi 40-50 db egyedi termék is gyártható.

A napi gyártások ütemezése során kb. 5 percnyi pontossággal kell megtervezni az egyes betonadagok keverésének és a termék legyártásának időpontját. Erre azért van szükség, mert ha gyorsabb az egymást követő termékgyártás, mint a marási idő, akkor a marásra várakozó friss termék túlzottan megkeményedhet, s a gyártás meghiúsulhat; míg, ha túl korán kezdődik a marás, akkor a nem kellő „zöldszilárdságú” betontermék könnyen roncsolódhat. A gyártást megelőző napon

19-21. ábra: A megrendelés (baloldalon), a vonalkóddal kinyomtatott gyártási lap (középen), valamint a gépkezelő számítógépállomása, mely rögzíti a lézerszenkerral aktuálisan megadott vonalkódot



24-25. ábra: A KCP készüléken (baloldali ábrán) a gépkezelő csökkenti a marás előtolását, mely főként a jobboldali ábrán látható, hosszú marásidejű aknáknál válik szükségessé

előkészített gyártási terv több szempontot is figyelembe vesz (pl. az egyes marások várható időtartama, gyártás hideg vagy meleg időszakban, dolgozók étkezési szünetének időpontja, elvárt hatékonyság, selejmentesség, kis szerszámkopás stb.).

A 3D betonmaráshoz tartozó három számítógép hálózati kapcsolatban kell legyen. Az irodai gépen, a megrendelői adatok alapján elkészül a gyártási lap; a gépkezelő számítógépe a gyártási lap vonalkódját befogadva lefordítja a műszaki adatokat a robot nyelvére; s végül a robot KCP-je pedig ez alapján adja ki a parancsokat a robotnak.

Ezek, a betonipari gyakorlatban korábban ismeretlen informatikai történések számos izgalmas „leckét” adnak fel, mint pl. a számítógépek közötti hálózati kapcsolatok ún. „pingelés” ellenőrzése, a marófej megszorulása miatt leálló robot újraindítása a KCP billentyűzetén való „lin visszalépegetésekkel”, a KCP által bármilyen okból hibásnak értelmezett xml fájl cseréje, vagy a robot számára kezelhetetlen, ún. egyedi helyzet fellépése esetén szükséges teendők stb.

3. IPAR ÉS EGYETEM EGYÜTTMŰKÖDÉSÉNEK EREDMÉNYE

2021 tavaszától hiánytermékeknek minősültek egyes, kisméretű, vasbeton termékek.

Mind a vasszerelés díj-, mind pedig annak anyagköltsége drámai módon emelkedett meg. A díjköltség emelkedését a vasszerelés esetenkénti bonyolultsága és a szakemberhiány magyarázta; az anyagköltség növekedését pedig az alapanyaghiány és a nemzetközi szállításokban keletkezett zavarok.

Az adott vasbeton termékek árának ésszerű határokon belül tartásához célul tűztük ki a hagyományos vasalás teljes mértékű helyettesítését szálereősítéssel.

Műszaki-gazdaságossági számításaink szerint még a jelentősnek tekinthető szálmennyiség (1,6-2 V%) költsége is átlagosan kb. 10.000 Ft/db előnyt mutatott fel az adott termékek esetében a szálereősítés javára, a hagyományos vasalással való összehasonlításban.

Az elképzelés megvalósításához szükség volt az ún. UHPFRC („Ultra High Performance Fibre Reinforced Concrete) típusú beton rutinszerű előállítására.

Kis szálltartalmú, száladagolás nélküli, valamint rövid szálakkal kevert nagyszilárdságú betonokra voltak már többé-kevésbé sikeres gyártási tapasztalataink, de ezek egyike sem eredményezett nagy szívósságú, repedést követően felkeményedő betont.

Közel 1 hónap laboratóriumi és ipari keverési próbáit követően tapasztaltuk, hogy a kizsaluzott betontermékek rendkívüli szívósságúak, szinte törhetetlenek; de a mérnökiileg számszerűsített mértéket csak az egyetemi laborvizsgálatok deríthették ki.

Egyazon összetételű keverékhez adagolt 3 fajta szállítással és egy szálereősítés nélküli verzióval készítettünk - valós, ipari keverékekből - gerenda és kocka próbatesteket, melyeket a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék laboratóriumában vizsgáltattunk meg.

Dr. Balázs L. György professzor javaslatára az egyes szállítástípusok hatásának értékeléséhez az MSZ EN 14651:2005+A1 szabvány szerinti gerendakísérlettel meghatározható, erő – CMOD (Crack Mouth Opening Distance) görbe felvételét kértük.

3.1 Az ipari megoldás

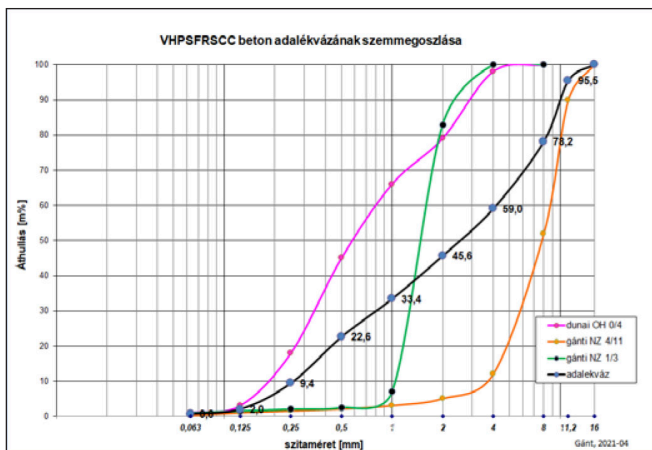
A betongyári keverőgépben a korábbi években már sikeresen bizonyult a hosszú és nagy mennyiségű szállal való betonkeverés, ill. a vékony és rövid acélszálak pedig a keverő tengelyének tömítéseit roncsolva bejutottak a zsírzással kent forgási helyekre, ezért az ún. felkeményedő típusú, szívós beton iparszerű gyártása az ifjúkori vágyalmok polcára került.

2021 tavaszán, a korábbi tapasztalatok birtokában kezdtük el az új típusú, ún. kétütemű betonkeverést.

Az első ütemben 49 V% pépfázissal kevertük meg a $d_{max}=12$ mm-es adalékvázat (26. ábra), majd a második keverési ütemben a betonkeveréket adagoltuk az 50 mm hosszú, nagy mennyiségű (1,6 V%) acélszálhoz. Szemmel is jól látható volt, hogy a betonkeverék jól befogadja, esetenként a köszemcsék alakjához görbíti az acélszálakat.

Az első ütemben megkevert frissbeton pépfázisa 61 V% szárazanyagtartalommal és e szárazanyagtartalomra vetített 4 V% PCE folyósítószer tartalommal (MC-Bauchemie Kft.) készült. A pépfázis szilárdanyag része az előzetes laborkísérletek alapján összeállított porkeverék. A porkeverék összetevőinek célzott megválasztásával nem csak a friss pépfázis, ill. a frissbeton reológiai jellemzői befolyásolhatók, hanem a megszilárd betonban lezajló, ion- és molekulavándorlással járó transzportfolyamatok sebessége is, mely a beton tartósságának talán a legfőbb jellemzője (Ujhelyi 2005). E transzportfolyamatok sebessége jó korrelációban van az átjárható pórusok méretelosztásával, különösen a 30 nm alatti pórusok részarányával (Laczkó, Spráncz 2021).

Ipari gyakorlati keveréseink során tapasztaltuk, hogy az $l/d=50$ körüli „aspect ratio”-vel jellemezhető, kampós kivitelű acélszállal (Avers Kft.) akár még a 2 V% (kb. 160 kg/m³)



26. ábra: UHPFRC beton adalekvázának szemmegoszlása

mennyiség is homogénre keverhető, ha van lehetőség a szálak 2. ütemben történő bekeverésére. Ehhez a módszerhez kézenfekvőnek tűnt a Bobcat munkagépünk keverőadapterébe szórt egy zsák (25 kg) acélszálhoz adagolt, előzetesen már megkevert 200 l beton (27-29. ábra) másodszori megkeverése. A keverék öntömörödő jellege láthatóan elősegítette a viszonylag nagy szálmennyiség 3-4 percen belüli homogén eloszlását.

Ez a frissbeton a szokásosan alkalmazott, nyírásra vékonyodó reológiai viselkedéssel szemben nyírásra már éppen vastagodó, így nem áll fenn az acélszálak ülepedésének veszélye.

3.2 BME vizsgálatok, egyetemi szakértés

A BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék a szakértésében megemlíti, hogy a bevizsgált négyféle betonkeverékből a nagy mennyiségben, hosszú acélszálakat tartalmazó betonösszetétel szívóssága meghaladja a szokásos szálerősítésű betonokét, ezért különösen alkalmas lehet a fásztzó jellegű és a nagy dinamikus terhek tartós elviselésére [Balázs, Sólyom, Dunai 2021].

Az elvégzett nagyszámú laboratóriumi vizsgálat eredményeiből az 50 mm hosszú, 125 kg/m³ acélszáltartalmú betonon mért értékeket tartalmazza az 1. táblázat.

Örültem, hogy az egyetemi CMOD laborvizsgálatokon jelen lehettem, mert a több mint 10 éve megcélzott, repedést követő felkeményedést végre sikerült elérni, sőt ezt az eredményt számszerűsítette is a BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék akkreditált Anyagvizsgáló laboratóriuma (33. ábra).

27-29. ábra: A Bobcat munkagép keverőadapterével gyorsan homogenizálható a 125 kg/m³ acélszál



1. táblázat: Acélszálás betonösszetételen elvégzett mechanikai vizsgálatok eredményei

Mechanikai vizsgálatok	Mért eredmények, min-max (zárójelben az átlagérték)
Hajlító-húzószilárdság (N/mm ²)	12,8-15,4 (14,1)
Arányosági határ, azaz a 0,05 mm repedésmegnyíláshoz tartozó feszültség (N/mm ²)	7,7-8,7 (8,1)
CMOD _{0,5} , azaz maradó hajlító-húzószilárdság 0,5 mm repedéstágasságnál (N/mm ²)	12,4-15,4 (13,9)
CMOD _{1,5} , azaz maradó hajlító-húzószilárdság 1,5 mm repedéstágasságnál (N/mm ²)	12,3-14,4 (13,3)
CMOD _{2,5} , azaz maradó hajlító-húzószilárdság 2,5 mm repedéstágasságnál (N/mm ²)	10,8-12,9 (11,9)
CMOD _{3,5} , azaz maradó hajlító-húzószilárdság 3,5 mm repedéstágasságnál (N/mm ²)	9,7-11,9 (10,8)
Nyomószilárdság a hajlítóvizsgálat után levágott gerendavégeken (N/mm ²)	115-133 (126)
Nyomószilárdság a 15 cm élhosszúságú próbakockákon (N/mm ²)	121-124 (123)
Testsűrűség próbakockákon (kg/m ³)	2466-2558 (2520)
Testsűrűség hajlítóvizsgálat után levágott gerendavégeken (kg/m ³)	2533-2560 (2548)

4. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A hazánkban, de talán világszerte is még különlegesnek tekinthető betonok (pl. 3D marás, UHPFRC) szakértői vizsgálatával is foglalkozó BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék korszerű vizsgálóberendezésekkel és felkészült műszaki gárdával segíti az ipari innovációs kezdeményezéseket.

A betoniparnak, de tulajdonképpen az egész országnak jelentős értékeremtést eredményez, hogy a BME Építőmérnöki Karán már több mint 20 éves a betontechnológus szakmérnök-képzés, melyre, mint eddig is, úgy a remélhetően közelgő 3D betonnyomatás korszakában is támaszkodhatnak a tervezők és az ipar képviselői. Ez a típusú és tematikájú szakmérnöki képzés az ország szinte minden szegletében forrása a jelentős mérnöki alkotások jó gyakorlati megvalósításának.



30-32. ábra: Az önjáró Bobcat munkagép sablonokba is üríti a kívánt adagokat

A 3D betonmarás iránt érdeklődő, különböző országokból érkezett, valamint hazai ipari szakemberekkel folytatott szakirányú információcseréket értékelve elmondható, hogy a betontechnológia területén Európa-szerte kivételes előnyünk lehet.

A hajdani betontechnológus szakmérnök képzés elindításához hasonlóan, talán már közel járhatunk egy új képzés, a 3D betonnyomtató szakmérnöki képzés bevezetéséhez.

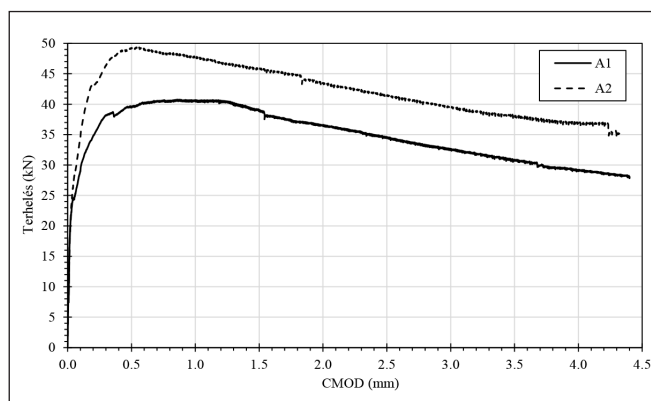
A 3D nyomtatású betonokkal kapcsolatban publikált kísérleti és ipari gyakorlat szakirodalmának tanulmányozásából kitűnik, hogy az építészeti szabadságot nyújtó egyedi formák megvalósítása, az anyag-, élőmunka- és építési időigény csökkentése látványos, erőteljes fejlődést mutat, ugyanakkor a tartósságra irányuló anyag- és betontechnológiai tervezés, valamint ezek gyakorlatba való átültetése terén még további kutatásokra van szükség.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk szerzője köszönetet mond a Dolomit Kft. vezetőségnek, akik a bizalmat és az anyagi támogatást adták a munkához, valamint köszönettel tartozik a cég betonüzeme dolgozóinak.

6. HIVATKOZÁSOK

- Balázs L. Gy., Sólyom S., Dunai. L. „Gerenda próbatestek CMOD vizsgálata és beton nyomószilárdság vizsgálat – kísérleti eredmények összefoglalása”, Szakértői vélemény, OM: FI23344, BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, 2021.06.01.
- BAW Merkblatt (2019): Dauerhaftigkeitsbemessung und -bewertung von Stahlbetonbauwerken bei Carbonatisierung und Chlorideinwirkung (MDCC) – megtekintve 2021.11.09.
- Bilag (2014), http://www.expertcentre.dk/media/24477/bilag_2_n26_-_jwg_presentation_-_tc104_sc1_-_tc250_sc2_-_march_2014.pdf – megtekintve 2021.11.09.
- BME Kutatás (2019), NVKP_16-1-2016-0019, Fokozott ellenálló képességű beton termékek _ anyagtudományi, kísérleti fejlesztése, <https://em.bme.hu/em/nvkp>, megtekintve 2021.11.09.
- CEN/TC 250 – N 993 (2013), http://www.psc.ro/wp-content/uploads/2013/07/M515_TC-250-answerAnnexes.pdf - megtekintve 2021.11.09.
- Kovács, K., Füstös, A., Düsseldorf csatornavizsgálat eredményei és következményei- Vízű Panoráma szakmai lap, 2007/2. Különszám
- Laczkó L., Spráncz F., Vasbeton szerkezetek 5, 50 500 vagy 5000 évre?, online konferencia 2021.03.30., <https://www.epitmenyeink.hu/eloadasok-2021-2>
- <https://drive.google.com/file/d/1jSdb4TcaH9eHtszhZBZPwMTloFkICHRx/view>
- Nehdi M. et al (2007), https://www.researchgate.net/publication/242418868_Using_concrete_admixtures_for_sulphuric_acid_resistance - megtekintve 2021.11.09.



33. ábra: Terhelő erő - repedéscsúcs megnyílás (CMOD) diagram

Rinninger (2011); http://primuss.samagentur.de/fileadmin/user_upload/bilder/Press/DE/Rinninger_Mai_2011.pdf - megtekintve, 2021.11.08.

Ujhelyi, J., Betonismeretek, Egyetemi tankönyv, BME, 2005

Spráncz Ferenc (1961) okl. építőmérnök (1985), okl. betontechnológus szakmérnök (2000). Építésügyi szakértő, betonüzem vezető a Dolomit Kft-nél. Fő érdeklődési területei: betonok szövetszerkezete, áteresztőképessége, élettartama; vibropréselt, öntömörödő, nagy teljesítőképességű, szálerősített és felkeményedő viselkedésű betonok üzemszerű gyártása, levegőn szilárduló és hidraulikus kötőanyagú termékek, gyártástechnológiák fejlesztése, padozati szerkezetek (esztrich, ipari padló). Több szakmai szervezet tagja: **fib** Magyar Tagozat, MMK, SzTE, ÉTE, Burkolástechnika Egyesület, az Esztrich és Ipari Padló Egyesület tiszteletbeli elnöke.

IMPORTANCE OF CONCRETE TECHNOLOGY BY THE DIGITALISATION AND BY 3D CONCRETE MILLING Ferenc Spráncz

The robot technology started to appear in the production of prefabricated shafts of concrete drainage tubes elements about 13 year ago. The objective of the development was realize production of high precision and high productibility which enables the production without special formworks and without qualification and exactness of handworkers. Importance of parameters of concrete technology is mentioned only in this paper form many publicatins: „Concrete is the key. And I’m glad that my team had the courage and ideas needed to implement the new solution“ (Rinninger, 2011). The concrete industry is looking for new solutions. The new technologies of special characters (UHPFRC, 3DCP) can be economically advantageus, whenever the participants realize the importance of collaboration of design-industry-university in order to be able to solve specific questions.

FLORIDAI KÖNNYŰBETON-KOMPOZIT SZERKEZETŰ, NÉGY SZINTES LAKÓÉPÜLET TERVEZÉSI TAPASZTALATAI



Dezső Zsigmond – Magyar Máté

<https://doi.org/10.32969/VB.2022.2.2>

A floridai óceáni partszakaszra épült lakóépület, az élők munkája igény minimalizálására különleges egyedi szerkezeti kialakítással épült. A tervezést nehezítette a nagy fesztávolságok és konzolos kinyúlások szigorú alakváltozási korlátozásai mellett, a helyszíni adottságokhoz meghatározott rendkívüli terhek és hatások – úgy, mint parti erózió, cunami és hurrikán – figyelembe vétele is. A helyszíni zsaluzás nélküli, de mégis monolitikus tartószerkezetek kialakításában, csak új technológiára épülő előregyártott és előszerelt, részben önhordó szerkezeti megoldás jöhetett számításba. A nagyfokú előregyártás és előszerelés a szerkezetépítés nagy részét függetlenítette az építési helyszíntől, mely jelentős költségcsökkentő tényezőnek bizonyult. A kialakításában szokatlan – a hazai gyakorlatban nem alkalmazott megoldás, mint a – merevacélbetétes, szerkezeti könnyűbeton ösvérszerkezet különleges tervezési, gyártástechnológiai és kivitelezési problémái miatt, az 1:1-es modellkísérlettel alátámasztva számos tapasztalattal szolgált a jövőre nézve.

Kulcsszavak: könnyűbeton, kompozit, előregyártott szerkezet, parti erózió, cunami, hurrikán

1. BEVEZETÉS

Különös tervezési feladattal kereste meg irodánkat egy építető. Olyan épületszerkezeti megoldások alkalmazását kérte tervezendő épületén, melyek a lehető legkevesebb helyszíni munkával, gyors és költséghatékony beruházást tesznek lehetővé, figyelembe véve az építési helyszín adta különleges körülményeket is. Ilyen nehezítő körülmények voltak: a partszakasz viharos hullámmász okozta hosszú távú súlyos eróziójának és az árvízszintnek, illetve cunaminak, valamint a viharos szélnek, illetve hurrikánnak a figyelembe vétele, melyek miatt ezen floridai partszakasz, viharvédelmi szempontból a legmagasabb veszélyeztetettségű zónák közé esik. További igényként merült fel az épület teherhordó szerkezeti rendszerének monolitikus kialakítása, olyan részben önhordó előregyártott elemekből összeépítve, melyek teljes egészében biztosítják a betonozáshoz szükséges zsaluzatot is.

A tervezés szokásos menetét nehezítette még az is, hogy bár sikerült megegyezni az Eurocode használatában – melyet a hatóságok is elfogadtak – néha mégis komoly fejtörést okozott, a hatóságok eltérő szokásainak, illetve igényeinek megfelelni, különösen a part menti szigorú szabályozások esetében, ahol a műszaki paraméterekből adódó gazdaságos kialakítást, bizonyos szokásjogok is felülírták. További nehézséget jelentett még, a számunkra szokatlan, a hazánkban is járatos, decimális SI mértékegységektől jelentősen eltérő mértékegységek, mint a ft (feet), az inch, vagy a lb (pound) használata. Így a hatékony ellenőrzés és átláthatóság érdekében, mind a számítás, mind pedig a tervek is, mindkét mértékegységnek megfelelően elkészítettük.

2. ELŐZMÉNYEK

1.1. Alkotók

Amerikai partner:	Structural Systems. Inc. George A. Hegedus
Építész tervező:	BORD Építész Stúdió Bordás Péter
Tartószerkezeti tervező:	HydraStat Mérnöki Iroda Dezső Zsigmond Magyar Máté

1.2. Helyszín

Az építési terület az Amerikai Egyesült Államok, floridai partszakaszán található, Miami-tól egy kicsit északra Fort Lauderdale városában, melyet kiterjedt és bonyolult csatornarendszerének köszönhetően Amerika Velencéjének is neveznek. (1. ábra) Az épület, az óceánpart eróziós hatásoknak is kitett part menti sávjába esik.

1.3. Az épület ismertetése

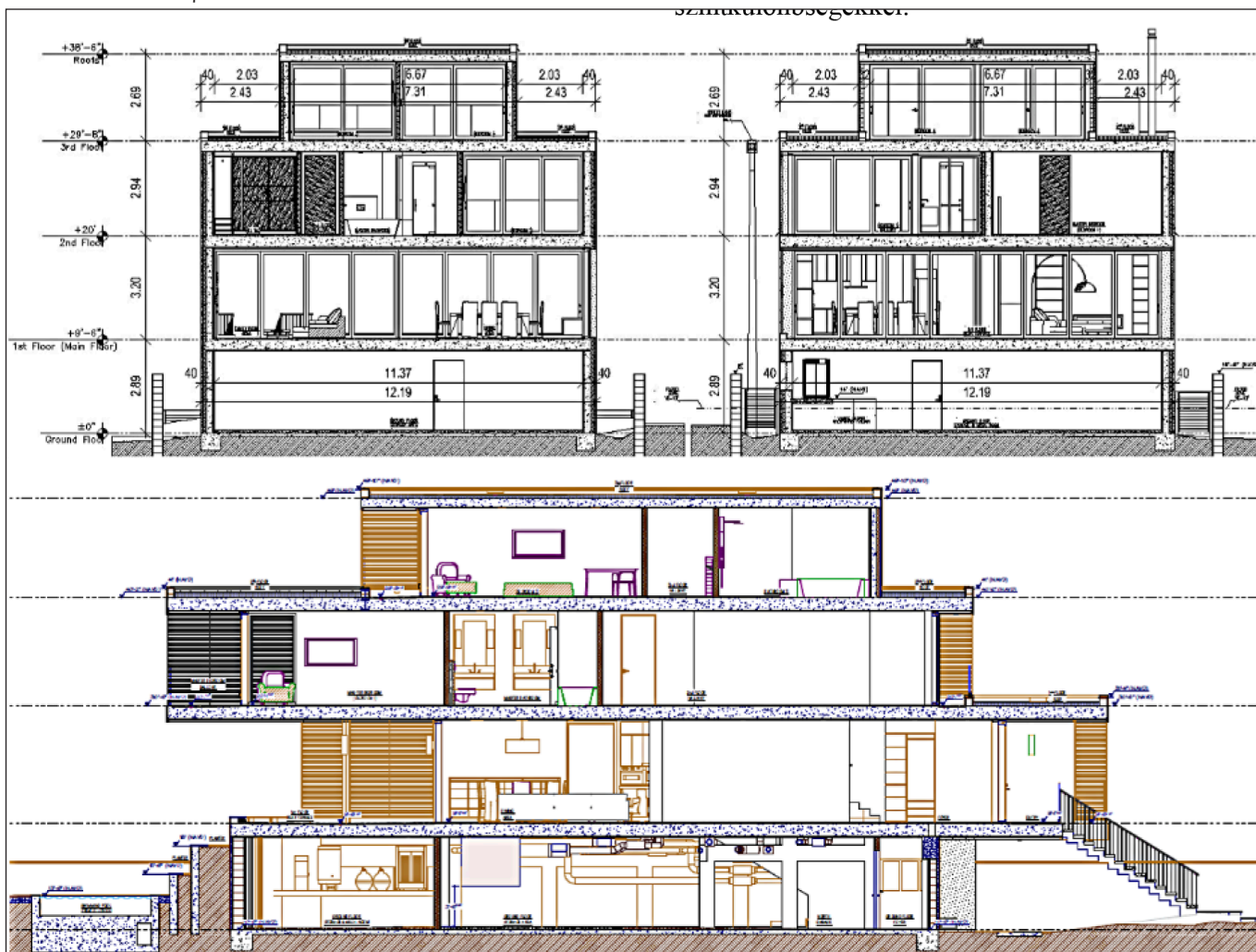
Az épület egy - közel szabályos derékszögű négyszög alaprajzú – önálló dilatációs egységből álló épülettömb jellemzően kéttámaszú, a terhelési irányra merőlegesen konzolos, alul-felül sík kompozit, merevacél betétes lemezszerkezetű födémekkel, a garázs szinten monolit vasbeton pillérváz, míg a fentebbi szinteken homlokzati hosszfőfalas szerkezeti rendszerben kialakítva. A födém mezők jellemző fesztávolságai 11,40 m falközméretűek, az erre merőleges konzolok kinyúlásai 4,00-5,00 m közöttiek. (2. ábra) A lakóház fő tömege a teret négy szintre osztva garázs + magas földszint + I-II. emelet + lapostetős kialakítással készült, kb. 3,00 m-es szintkülönbségekkel.



1. ábra: Telepítési helyszín

Az épület alapozási szerkezeteit – az általunk megadott terhelések figyelembe vételével – az amerikai partner, cölöp alapozással tervezte kialakítani. Ezzel azonban az építető nem volt megelégedve, így kérte, hogy azt is tervezzük át a gazdaságosság maximális szem előtt tartása mellett. Ennek eredményeként a teher eloszlásához igazított alaprajzi elrendezésben, a cölöpöket összefogó, folytonos monolit vasbeton lemezsávokat terveztünk, kevesebb cölöpszámmal kialakítva.

2. ábra: A tervezett épület hossz- és keresztmetszetei

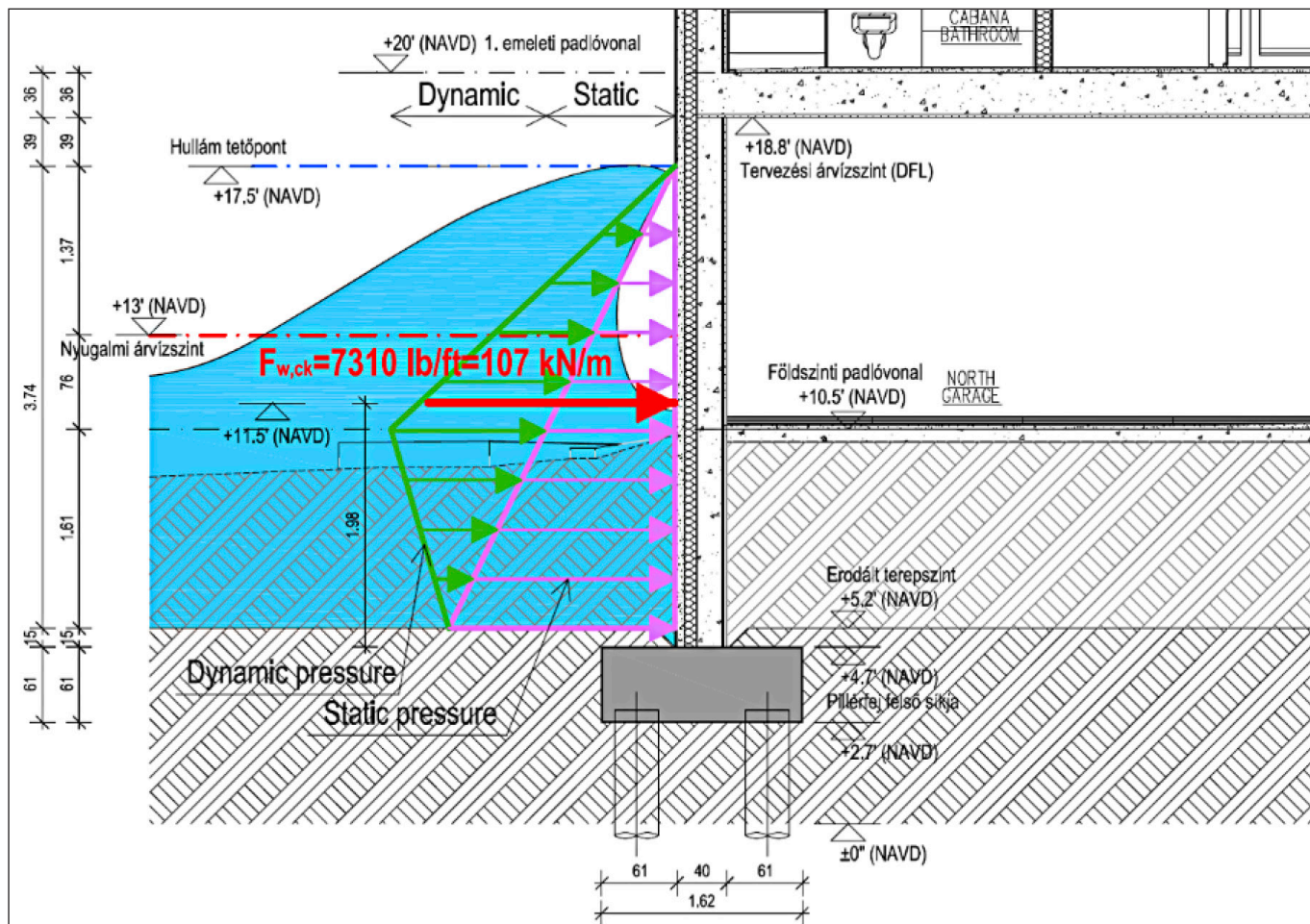


1.4. A felszerkezeti rendszerrel szemben támasztott megrendelői igények

Az épület tartószerkezeti különlegességét nem csak a viszonylag nagy fesztávok és konzolkinyúlások okozták, hanem az építés helyszíne és az ebből fakadó speciális tervezési feladatok, valamint a megrendelő által támasztott szerkezeti követelmények. Ezeket az alábbiak voltak:

- *előregyártás* (lehető legnagyobb mértékben előregyártott, előszerelt épületszerkezetek)
- *moduláris rendszer* (találjunk ki egy olyan modulrendszert, mely a legkevesebb elemszám mellett lefedi a geometriát, és a legjobban kitölti egy tengeri konténer térfogatát)
- *minimális súly* (a modulelemek a lehető legkisebb súlyúak legyenek, a szállítási költségek minimalizálása érdekében)
- *monolitikus szerkezet* (ugyanakkor ne legyen egy hagyományos könnyűszerkezetes ház, hanem az összeállított vázszerkezetet a helyszínen kibetonozva egy „kvázi” monolit vasbeton jellegű épületet tervezzünk)
- *minimális élőmunka* (lehetőleg helyszíni zszaluzás nélkül, a drága helyszíni élőmunka csökkentése érdekében)
- *nagy fesztáv* (a jellemzően 11,37 m-es fesztáv nem csökkenthető, a belső terek variálhatósága, mobilizálása érdekében a tiszta belméret szabadon kell maradjon).

A feladat tehát az volt, hogy tervezzünk egy olyan, bárhol a világon előregyártható, előszerelhető moduláris elemrendszert, mely könnyen szállítható, biztosítja a szabad fesztávolságot és lehetővé teszi a monolitikus kialakítást, a betonnal történő helyszíni kiöntését.



3. ábra: Árvíz- és hullámszintek

2. TERHEK ÉS HATÁSOK

Az óceán partra vonatkozóan a Florida állam Környezetvédelmi Minisztériuma meghatározta azokat a területeket, ahol speciális telekelrendezési és tervezési kritériumok betartása szükséges. Figyelembe kellett vennünk azonban, az NFIP (Nemzeti Árvízbiztosítási Program) által meghatározott árvízvédelmi zónákat és az ezekre vonatkozó szabályokat is. Mivel az építési telek közvetlenül az óceán partján, a CCCL (Partmenti Építési Irány Vonal) által határolt területen helyezkedik el (1. ábra), és a NFIP által meghatározott árvíz- és viharvédelmi szempontból a legmagasabb veszélyeztetettségű VE zónába esik, ezért ezeken a területeken a legszigorúbbak az épületekre vonatkozó különleges tervezési kritériumok, illetve itt a legnagyobbak az épületeket érő speciális terhek és hatások. Mindezek meghatározásához egy amerikai (környezetvédelmi és infrastruktúra fejlesztési) cég elkészítette a jelen építési telekre vonatkozó úgynevezett Tengerparti Tervezési Jelentését. Ebben meghatározták a már említett jellemző árvíz- és hullámszinteket, a viharok és hurrikánok 100 éves várható visszatérési periódusában fellépő hatásokat. Az épületekre vonatkozó különleges tervezési kritériumok és az épületeket érő speciális terhek és hatások az alábbiak:

- a felszíni erózió és a lokális kimosódás hatását,
- az első lakószint magasságának meghatározását,
- az épületszerkezetekre ható hullám terhelést,
- az épületekre ható szélterhelést.

2.1. Felszíni erózió és a lokális kimosódás hatása

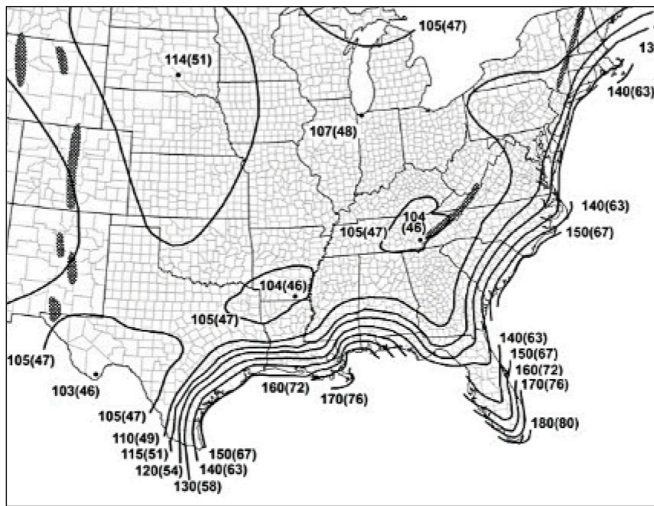
A viharok, hurrikánok 100 éves várható visszatérési periódusának figyelembe vételével az FDEP (Florida Állam

Környezetvédelmi Minisztériuma) meghatározta és ábrázolta az árvíz és a nagy sebességgel mozgó hullámok által okozott felületi erózió szintvonalát. A már korábban említett tervezési jelentésben megkaptuk az építési területre vonatkozó adatokat, az eredeti és az erodált terepsíkok diagramját. Eszerint az épületünk tenger felőli szélének távolsága a CCCL-től 103 ft (kb. 32 m), és épp itt a legnagyobb a felületi erózió magassága, így az eredeti terepvonal és az erodált terepvonal közti magasságkülönbség, ami kb. 1,60 m mélységű eróziót feltételez. Ezen adatok alapján került meghatározásra a cölöp alapozást összefogó fejtömbök felső síkja, melyek így elég mélyre kerültek ahhoz, hogy a vízáramlás okozta erózió és a lokális kimosódás hatása károsítaná az alapozási szerkezetünket.

2.2. A tervezési árvízszint, illetve az első vízszintes tartószerkezet alsó síkja

A viharok és hurrikánok 100 éves várható visszatérési periódusának figyelembevételével meghatározott árvíz- és hullámszintek az alábbiak: (3. ábra).

A piros szaggatott vonal jelzi a nyugalmi árvíz szintet, míg a kék szaggatott vonal a hullámzást is magába foglaló BFE, azaz a legmagasabb alap árvízszint. Ehhez tartozik, a tervezési árvízszint (DFL), mely meghatározza az épület vízszintes tartószerkezetének legalacsonyabban elhelyezhető magasságát. A mellékelt ábrán ez a földszint feletti födém alsósíkja. Ezeket a tartószerkezeteket, azaz a garázs feletti födémeket olyan függőleges tartószerkezetekkel (pillérekkel) kell gyámolítani, melyek lehetővé teszik a nagy sebességgel mozgó hullámok és a víz áramlását az épület alatt.

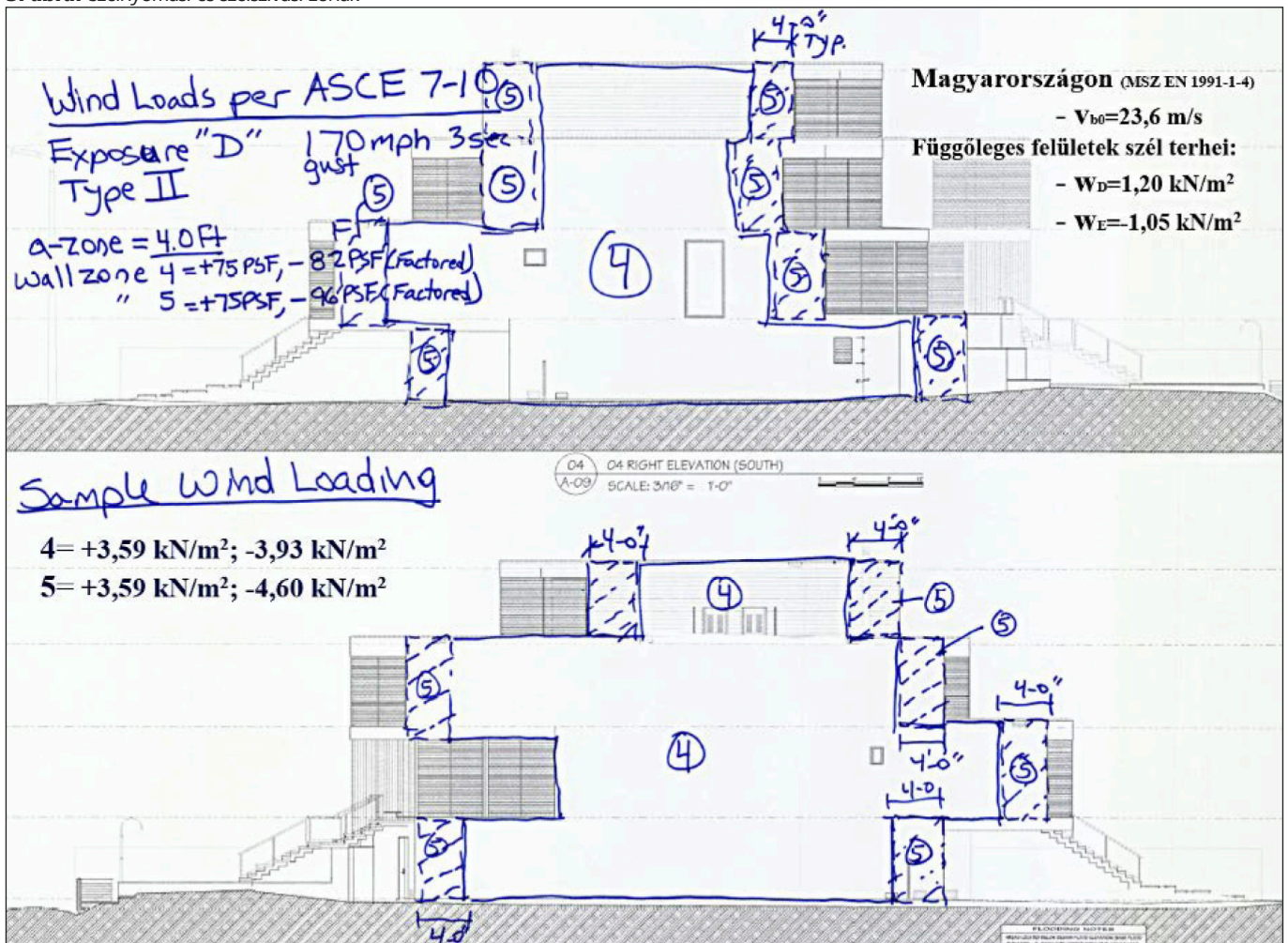


4. ábra: USA szélesség kiindulási értékei

2.3. Épületszerkezetekre ható hullámterhelés

A képen (3. ábra) látható az épület függőleges felületeire ható hullám- és árvízhatás nyomáeloszlása, mely két részből tevődik össze: a víz hidrosztatikai nyomásából, valamint a hullám hatás dinamikus terheléséből. Ezen függőleges felületen megoszló terhelések vonalmenti eredőjének karakterisztikus értéke: 107 kN/m, mely oldalnyomásra is méreteztük a függőleges tartószerkezeteinket. Ezen tervezési paraméterek alapján az épület garázs szintjén egy monolit vasbeton pillérváz rendszert terveztünk kialakítani, ahol a pillérek tetejét egy monolit vasbeton gerendarács fogja össze, mely

5. ábra: Szélnyomási és szélszívási zónák



a felszerkezet fogadására is szolgál, alul pedig befogottan csatlakoznak az alaptestekbe. Az oszlopok keresztmetszete kb. 40/40 cm (15,99"), 8 ϕ 25 fővasalással. Tovább előírás volt, hogy a pillérek közötti esetleges térelválasztó falakat úgy kell kialakítani, hogy a dinamikus hullámterhelések alatt összeomoljanak, kitörjenek, ezzel csökkentve a terhelését a hullámhatásnak és a vízáramlásnak kitett felületeket. Ezeket az úgynevezett „breakaway” falakat a helyi építési szokásoknak megfelelően vasalatlan, és kibetonozás nélküli zsalukő téglából alakítottuk ki.

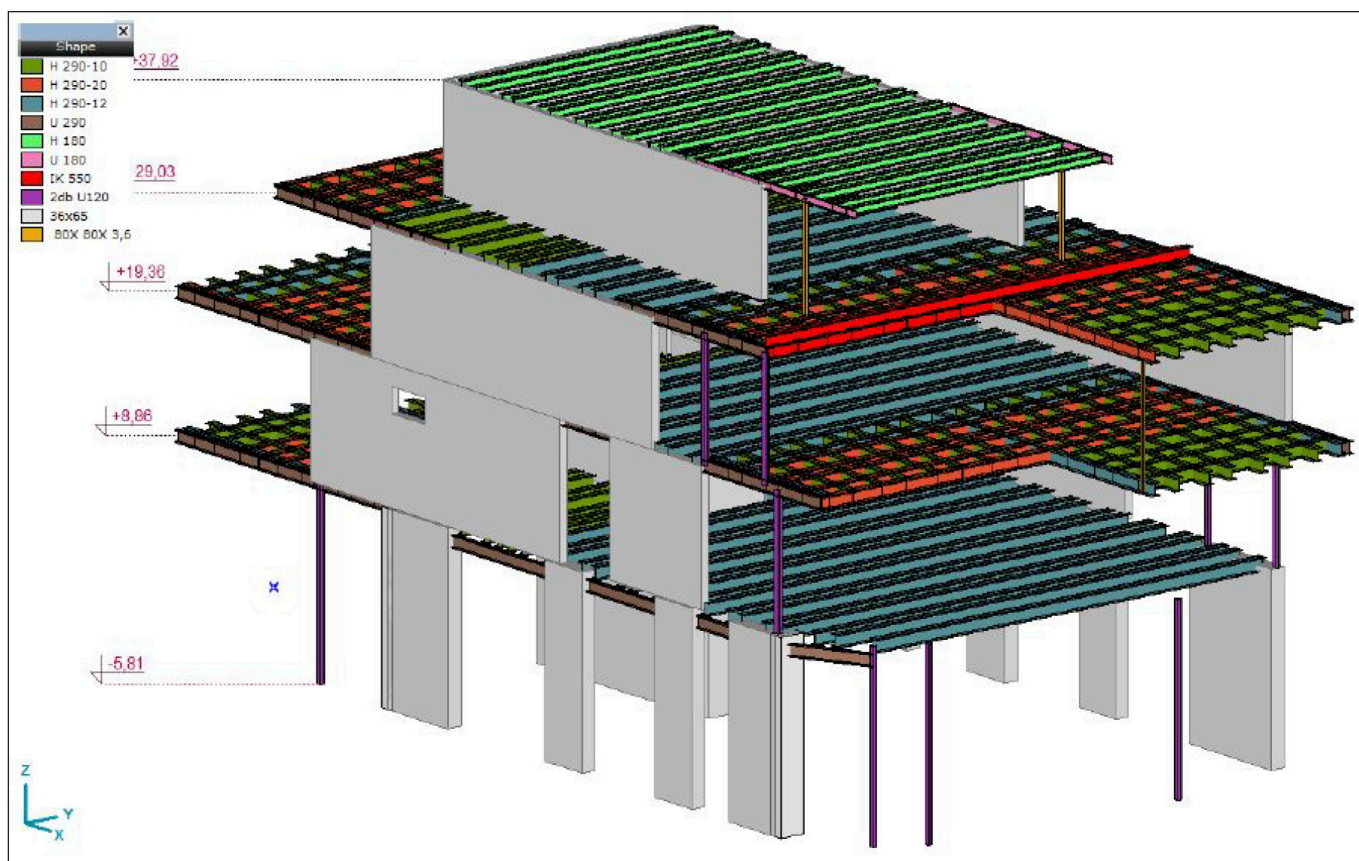
2.4. Épületekre ható szélterhelés

Tekintettel arra, hogy a Floridát érő szélhatások lényegesen nagyobbak, mint amiket a hazai viszonyaink között megszoktunk, így érdeklődéssel elemeztük az Amerikai Egyesült Államokban alkalmazott szélhatásokat, melynek a ASCE 7-16 szerint alkalmazott szélesség kiindulási értékei és zónái láthatóak a mellékelt térképen (4. ábra).

A szélességi értékek mérföld/óraban, mögöttük zárójelben pedig m/s-ban vannak feltüntetve. Megfigyelhetjük, hogy még a legalacsonyabb szélesség érték is – ami 40 m/s – nem sokkal kisebbek, mint a Magyarországon alkalmazott, szabvány szerinti 23,6 m/s kétszerese. Továbbá az is látható, hogy az építési helyszín, Fort Lauderdale a 170 mph, azaz a 76 m/s-os zónába esik, ami több mint 3-szor nagyobb szélességet jelent, mint hazánkban.

A 170 mph szélesség kiindulási alap értékből számított függőleges felületi szél terheket (szélnyomásokat és szívásokat), valamint a hozzájuk tartozó homlokzati zónákat szemlélteti az alábbi ábra (5. ábra).

A mértékegységek átváltása után kapjuk, hogy a homlokzatra



6. ábra: Szerkezeti modell

jellemzőbb belső 4-es zónában a szél támadta oldalon közel $-4,00 \text{ kN/m}^2$ a vízszintes szélnyomás, míg a szélárnyékos oldalon, a vele egy időben működő szélszívás értéke $+3,59 \text{ kN/m}^2$. A szélsőbb zónákban értelemszerűen egy kicsivel többre adódnak a szélnyomás értékei.

Összehasonlításképpen, ha Magyarországra terveznénk ezt az épületet, akkor ugyan ezekkel a geometriai paraméterekkel, $23,6 \text{ m/s}$ -os kiindulási szélsébséget figyelembe véve, az I. azaz a nyílt terep beépítettségi osztályhoz meghatározott torlónyomás értékkel számolva, a széltámadta oldalon $1,20 \text{ kN/m}^2$ szélnyomás, míg a szélárnyékos oldalon $-1,05 \text{ kN/m}^2$ szélszívás értékeket kapunk. Ezek az értékek még a harmadát sem érik el annak, mint amekkora szélterhelésre kellett méreteznünk az épületet.

3. SZERKEZETVÁLASZTÁS, KONSTRUKTÓRI MUNKA

Mint minden épület szerkezettervezése, így jelen esetben is a különböző feltételek biztonságos és optimális egyensúlyának megteremtésére irányult. Azonban itt, az épületnél – a tartósság és gazdaságosság követelményeinek megfelelően – elsődleges szempont volt a funkcionális és esztétikai igények mellett a nagyfokú előregyárthatóság, illetve előszerelhetőség, mely itt nem csak a tartószerkezetre vonatkozik, hanem az abban előre elhelyezhető gépészeti és egyéb vezetékrendszerek minél nagyobb fokú üzemi beépíthetőségére is.

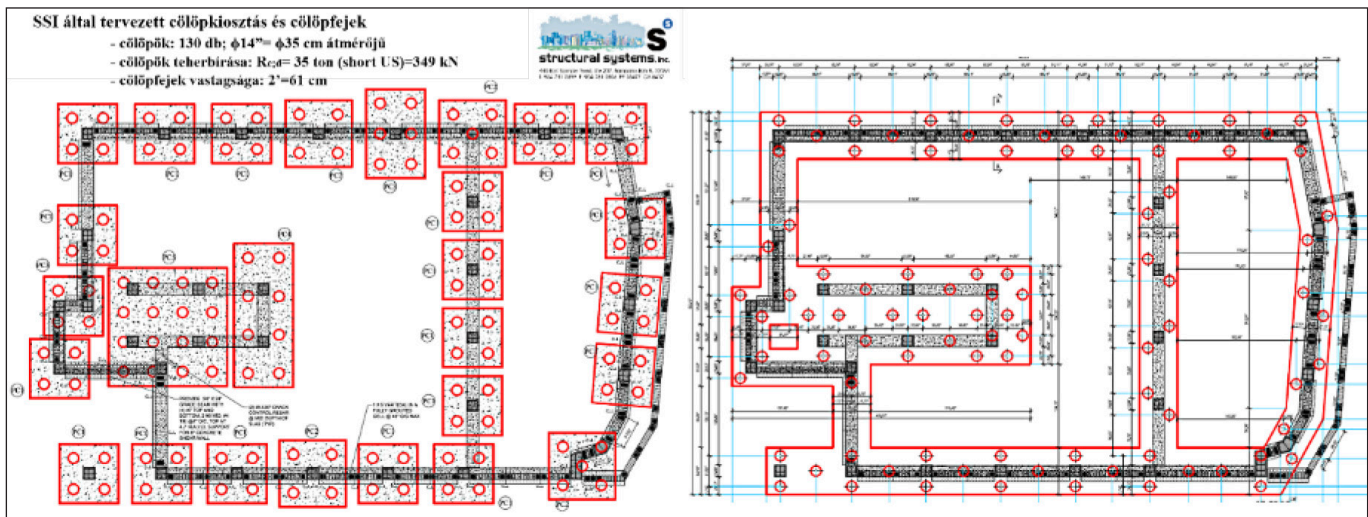
Olyan, több rétegből álló fal- és födémrendszert kellett kitalálni, mely moduláris rendszerben szerelhető, azaz könnyen mozgatható és szállítható kisebb egységekre bontható. A méretrendnek igazodnia kellett a zsaluzatot, illetve a burkolatot adó panelek gyári méretrendjéhez és a szállító konténer paramétereire is. Így mind a fal-, mind a födém előregyártott elemeinek gyártási szélessége 1250 mm lett, a zsaluzatot is biztosító kétrétegű erősített gipszrostlapok méretéhez igazodva.

A falpanelek szintmagassággal készültek, míg a födémek legnagyobb gyártási hossza $3,00 \text{ m}$ lett. A későbbiekben részletezetteknek megfelelően, a modul elemekből összeállítható lett a teljes felszerkezeti rendszer. A szerkezeti elemeket Európában teljes mértékben előregyártották, bele integrálva a gépészeti és elektromos csöveket, kábeleket, és dobozokat is. A próbaszereléseket követően az elemeket konténerekben hajóval a helyszínre szállították, majd ott szintenként összeszerelve a helyszínen szerkezeti könnyűbetonnal kibetonozták.

4. SZERKEZETI LEÍRÁS

Az épület szabadon álló, egy önálló dilatációs egységű, négy szintes épülettömb, független teherhordó szerkezettel. Teherhordó szerkezeti rendszere a földszinten (garázsszint) az alapozási szerkezetekbe befogott monolit vasbeton oszlopok, felszerkezete hosszfőfalas, ahol a zsalupanelekből összerakott, monolitikusan kibetonozott két homlokzati vasbeton fal alkotja a függőleges teherhordó szerkezeteket, míg a hasonló szerkezeti rendszerrel kialakított, önálló merevacélbetétes zsaluzati kéreggel ellátott födémek, szerkezeti könnyűbetonnal kiöntve, kéttámaszú síklemezként hidalják át a közel $12,0 \text{ m}$ -es szabadnyílást. A födémlemez szabad végeinél, teherhordási irányukra merőlegesen kialakított, jelentős méretű konzolos kinyúlások is készültek (6. ábra).

Az épület dilatációs egységének merevítését a földre lefutó belső lépcsőházi mag, illetve annak az épület teljes magasságában végig futó hossz- és haránt irányú vasbeton falai és a részlegesen befogott földszinti pillérek együttesen biztosítják. A kibetonozott födémek tárcsaként biztosítják a vízszintes terhelések szükséges és elégséges tehereloszlását.



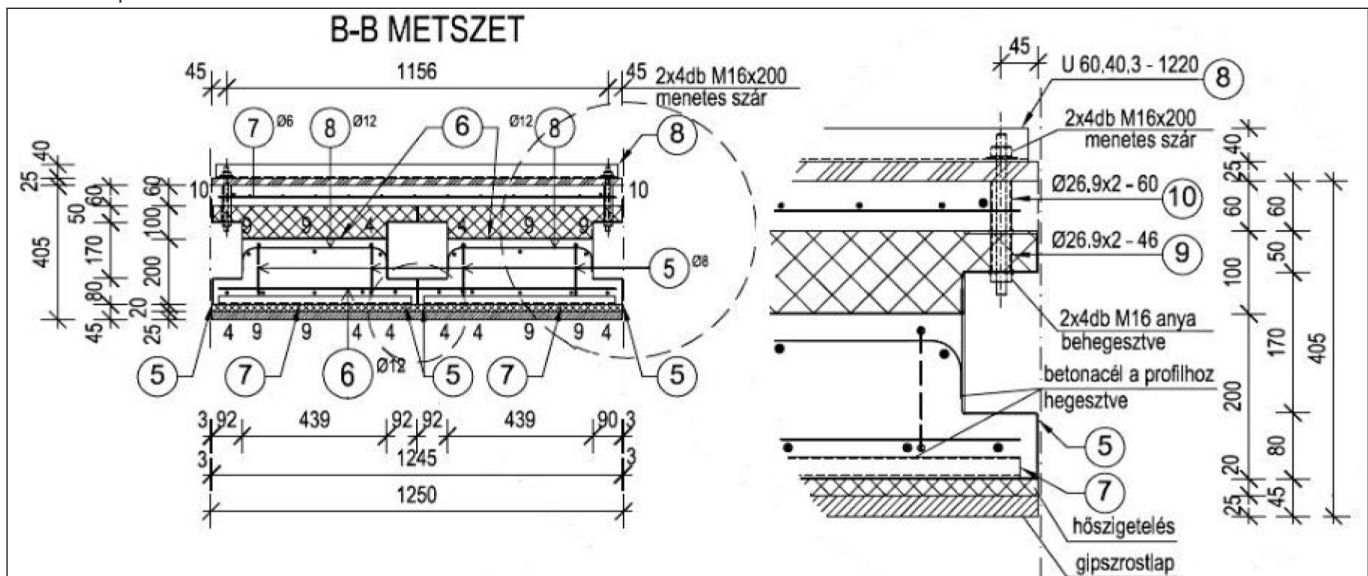
7. ábra: Eredeti és áttervezett alapozási terv

5. ALAPOZÁS

A tervezési munka folyamatában az építető megbízott egy floridai mérnöki irodát is, hogy az engedélyezési eljárásokban, a hatóságokkal való egyeztetésekben, és az ottani szabványok, adatszolgáltatások értelmezésében segítségünkre legyenek. Továbbá az ő feladatuk volt az alapozás megtervezése is, mely során minden pillér és befogott „vázpillér” önálló fejtömbbel kialakított cölöp csoportot kapott (7. ábra). Ennek eredményével már az építéskivitelezés kezdetén elégedetlen volt az építető, így ezt követően azzal a kéréssel fordult felénk, hogy próbáljuk meg az alapozást is racionálisabb módon kialakítani, illetve mi megtervezni.

Ennek következtében átosztottuk a cölöpöket az épület alatt, melyeket egy összefüggő, folytonos monolit vasbeton lemezsávval fogtunk össze az alaprajzi elrendezéshez és a tehereloszláshoz igazítva (7. ábra). Így az egymástól független, önálló cölöpfejtömbökből álló rendszer helyett, egy „kvázi” kombinált alapozási rendszer alkalmazásával egyszerűsítettük a fejtömbök rendszerét, létrehozva egy összefüggő fejröndöt, ezzel együtt csökkenteni tudtuk a cölöpök számát, illetve csökkentettük a süllyedések mértékét is. A módosított alapozási terv nem csak olcsóbb és egyszerűbb megoldást adott, hanem az alsó szint hullámterhelésre ellenálló befogott pilléreinek is nagyobb befogási merevséget biztosít.

8. ábra: Falpanel szerkezeti kialakítása



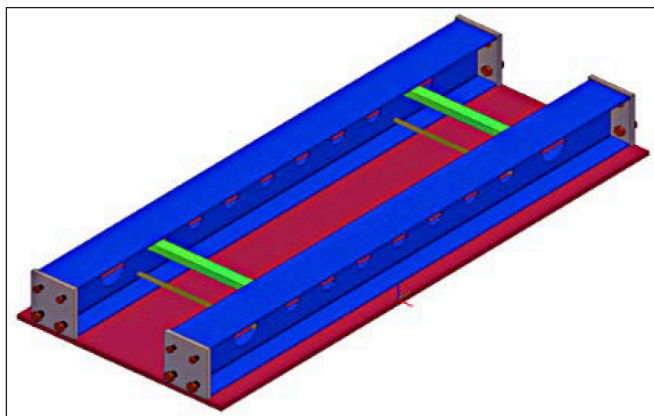
6. FELSZERKEZET

Az épület összefüggő felszerkezetét a szintenként azonos szerkezeti kialakítású, egymásra épülő szintek alkotják. A fal- és födémmodulok azonos szélességű kialakítása biztosítja, a fal- és födém elemek problémamentes összeépítését, és a szükséges hosszban sorolt egymásmellé építésüket. A monolitikus kialakítást, a falak szintenként történő, egy szinten belüli együtemű kibetonozása, majd a csatlakozó födémek szerelése és szintén együtemű betonozása biztosítja.

6.1. Falszerkezetek kialakítása

A falpanelek vázát egy speciálisan kialakított „S” alakú, vékonyfalú szelvényekből összeállított, zárt szelvényekkel, valamint a perforált lemezek között elhelyezett armatúrával merevített szendvics szerkezet alkotja, mely a helyszínen kibetonozható. Kívülről került rá még 7 cm hőszigetelés, 2,5 cm vastag 2 rtg.-ű gipszrostlap, valamint a kőburkolat. Belső oldalon pedig hagynunk kellett még 7 cm függőleges légrést a gépészeti, elektromos szerelvények számára, majd valahogy rögzíteni a belső oldali gipszrost lapokat. A speciális „S” alakú vékonyfalú profilok összeforgatásával kialakul egy függőleges négyzög keresztmetszetű áttörés, melyben a gépész szabadon közlekedhet, és befordulhatott a födémek síkjába (8. ábra).

Nagy kihívást jelentett még a kétoldali betonnyomás felvétele, amit a perforált lemezek közé kellő sűrűségben elhelyezett átkötő betonacélokkal oldottunk meg, így



11. ábra: Födémpanel szerkezeti kialakítása

7. MINTAELEMOK GYÁRTÁSA

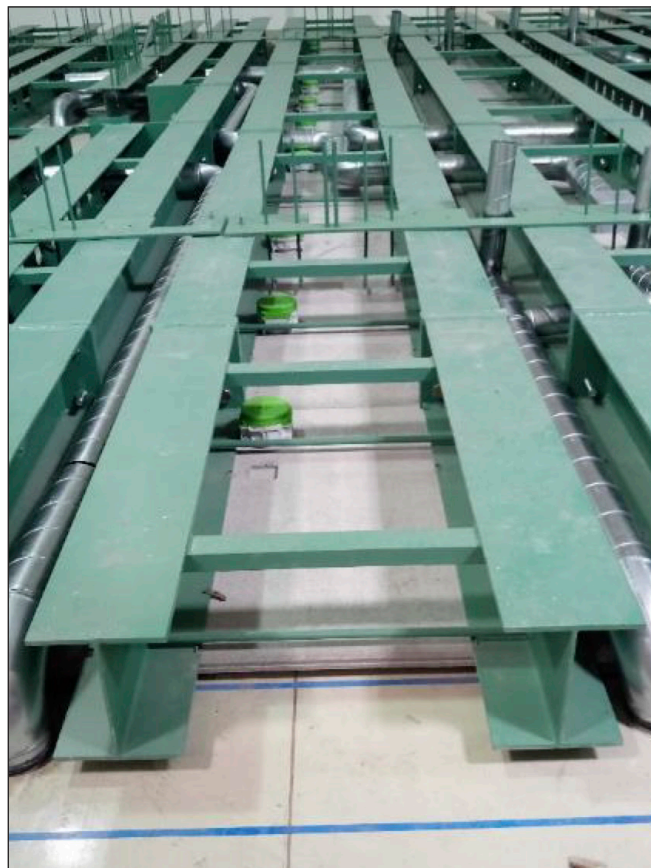
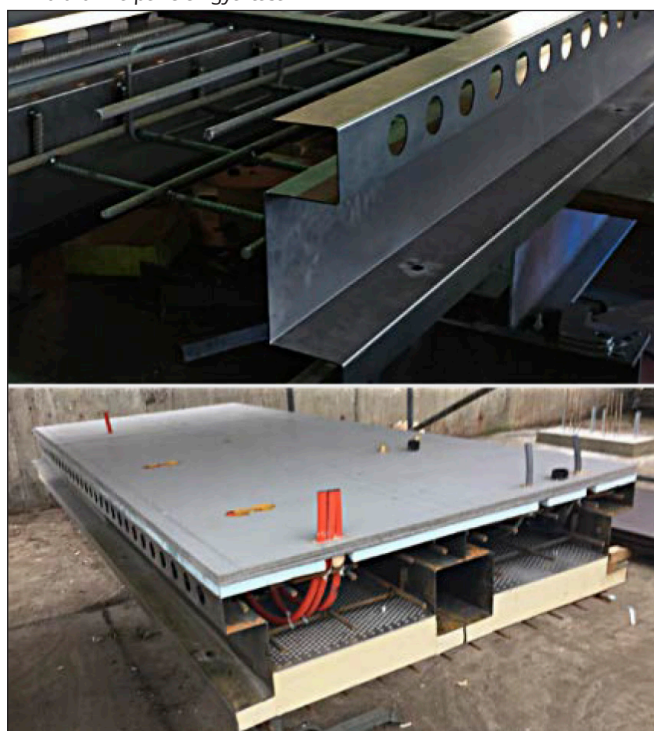
A próbagyártás és próbaszerelés, ilyen összetett technológiájú előgyártás esetén a gyártási folyamat nélkülözhetetlen része, hiszen a sorozatgyártásra kerülő elemek minden szerkezeti elemének a leggazdaságosabb méretűnek és kialakításúnak kell lenni. Sok esetben azonban számítással nem leellenőrizhető, olyan szerelési akadályok miatt szükséges egy-egy szerkezeti elemet változtatni, melynek problémáját csak a gyakorlatban lehet felismerni. Ezért csak a gyakorlat által is bizonyított elemre mondhatjuk, hogy gyártásra kész, sorozatgyártása kezdhető. Jelen esetben azonban még ennél is többről volt szó, hiszen nem csak az elemek gyárthatóságáról, hanem azok szállíthatóságáról, és helyszíni szerelhetőségéről is meg kellett győződni, azaz a gépészeti vezetékek összeépíthetőségéről és a helyszíni betonozhatóságáról is.

7.1. Próbaszerelés

A próbaszerelés során egyaránt vizsgáltuk a fal- és a födémpanel tervezett szerkezeti kialakításait.

A próbaszerelésnek és próbaterheléseknek, különösen a falpanelnél (12. ábra), komolyjelentőséget tulajdonítottunk, mert a számítások mellett leginkább így lehetett meggyőződni a gyártás és szerelés leghatékonyabb módjáról, a szerkezeti elemek

12. ábra: Falpanel gyártása



13. ábra: Födém előszerelése

gyakorlatban is használható legkisebb választott méreteinek alkalmasságáról. Fontos volt, hogy az anyagmennyiségek nem a már említett súlycsökkentések miatt, hanem gazdasági okokra visszavezethetően is minél kevesebbre adódjanak. Ezért a betonozáshoz szükséges minimális lemezvastagságok és segédstruktúrák kialakítását csak így tudtuk biztonsággal a legkisebb szükséges méretekre felvenni.

A falpanel mellett a födémek előszerelése is megtörtént, de itt minden esetben a teljes födém „száraz” összeszerelése és gépészeti előszerelése is elkészült, mert a teljes gépészet kialakítása tulajdonképpen az 1:1-es modellen vált véglegesessé (13. ábra).

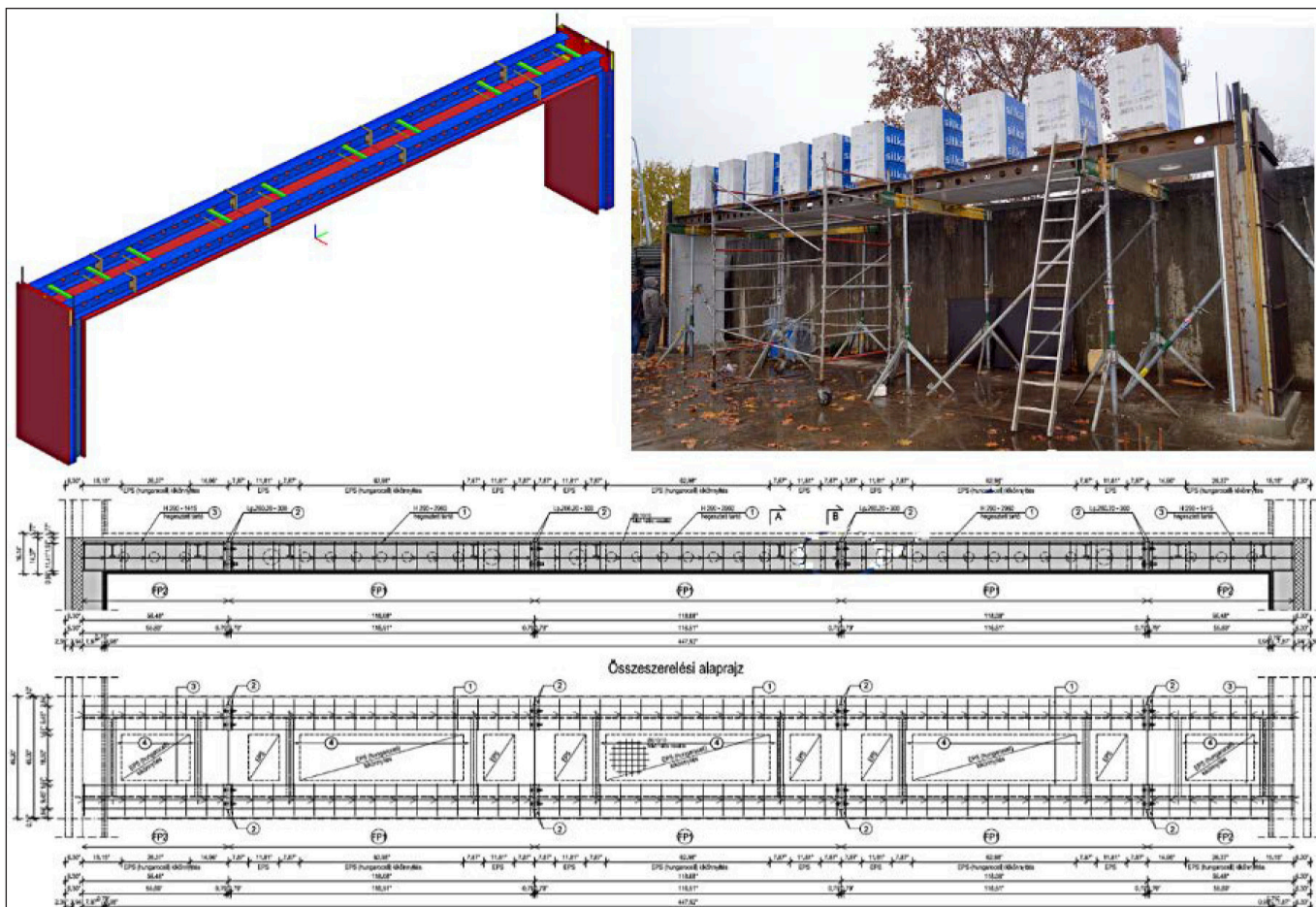
A födémek előszerelése során vizsgáltuk az egyszerű és pontos szerelhetőséget, a gépészeti vezetékek teljes körű elhelyezhetőségét, a gipszrost zsaluelemek falcolt csatlakozásainak precíz zárását, és a zsaluzat folytonosságát.

7.2. Próbaterhelés

A tervek és a gyártás véglegesítése előtt nem csak az elemek szerelhetőségét, hanem azok betonozhatóságát és a szerkezeti könnyűbeton viselkedését is vizsgáltuk, különös figyelemmel annak alkalmazhatósági gyakorlati kérdéseire és viselkedésére. A próbaterhelésre legyártott egy épületszegmens fal és födém betonozása során betontechnológiai kérdések is előtérbe kerültek, hiszen a szerelvényekkel sűrűn átszőtt falak felülről történő betonozása hagyományos vibrálást nem tett lehetővé, a födémek esetében pedig a minél könnyebb, de mégis minél erősebb szerkezeti könnyűbeton optimális receptúrájának a megválasztása és vizsgálata merült fel.

A falak nehezen tömöríthető betonozásához kis szemmagyságú, öntömörödő betont, míg a födémekhez Liaporos könnyűbetont írtunk elő. Mindezeknek megfelelően a szerkezeti betonok anyagjelölése:

- falaknál: LC16/18- ρ_{LC} 1,2-duzzasztottagyvakvics-XC1-16-F3,
- födémeknél: C20/25- \bar{X} C1-16-F3 -öntömörödő



14. ábra: Egy fal-födém szerkezeti szegmens

A megfelelő betonok alkalmazásához, az előírtak figyelembevételével Dr. Salem Georges NEHME (PhD) okl. építőmérnök, szakmérnök betontechnológus (BME, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék egyetemi docens, laborvezető) készített betontechnológiai utasítást, illetve betonreceptúrát. A szerkezeti könnyűbeton esetében a minimálisan elérhető testsűrűség 1460 kg/m^3 -re adódott (Liapor 4-8 25% és 6-16 38% mellett), mert ennél alacsonyabb testsűrűség már csak jelentős szilárdságvesztés mellett lehetett volna elérhető. A próbaterheléshez készített mintaelem ezeknek megfelelően készült, így a vizsgálatoknál és a számításaink kísérleti validációjánál is a tervezetnél valamivel nagyobb testsűrűségű betonnal számoltunk.

A 14. ábrán látható az épület legáltalánosabb szerkezeti elemeiből összeállított kb. 12 m fesztávolságú tartószerkezet, melyeknek egymás mellé való sorolásával az épület – a konzolos részek kivételével – lefedhető. A tervezés során ezt a szerkezetet vizsgáltuk és próbaterheltük.

Először a falszerkezetet adó két falpanel kibetonozása készült el, mely során ellenőriztük a zsaluzatot adó gipszrost kérgék állapotát, illetve a betonozást követő alaktartásukat. Tekintettel arra, hogy a falelemek végleges kialakítása, már korábbi minta falelem gyártásának és kibetonozásának tapasztalatai alapján készült, így a teljes szegmens modell falelemei – a kellő sűrűséggel beépített összekötő elemeknek köszönhetően – már megfelelő módon viselték az öntömörödő frissbeton oldalnyomását (15. ábra).

Mindemellett hasonlóan, precízen kellett meghatározni a födémkonstrukció minden elemének a szerkezeti méretét is, ahol nehezítette a helyzetet a viszonylag nagy fesztávolságok miatt létrejövő jelentősebb alakváltozás is. Ugyan megfelelő számításokat végeztünk a kompozit szerkezet alakváltozására vonatkozóan, de a számítások bizonytalanságát, nem csak a



15. ábra: Falelem próbaszerelése

kompozitok körülményes számítása, hanem a könnyűbeton szerkezeti betoneként való alkalmazásának feltételei is növelték, mivel annak alkalmazása még nemzetközi viszonylatban is csekély gyakorlati tapasztalaton alapul.



16. ábra: Födém próbaterheléses vizsgálata

Mindezeket figyelembe véve számítási eredményeinket feltétlenül igazolni kellett modellkísérletekkel. Ezt egy általános elemsáv, szerkezeti szegmens megépítésével (1:1-es modellkísérletével) végeztük el, különböző szerkezeti kialakítások, illetve eltérő építési fázisok alatt, előre meghatározott terhelési lépcsőkben. Az alakváltozásokat a födemelemek toldási pontjaiban mértük, azaz egyenletesen és szimmetrikusan kiosztva, összesen 4 helyen.

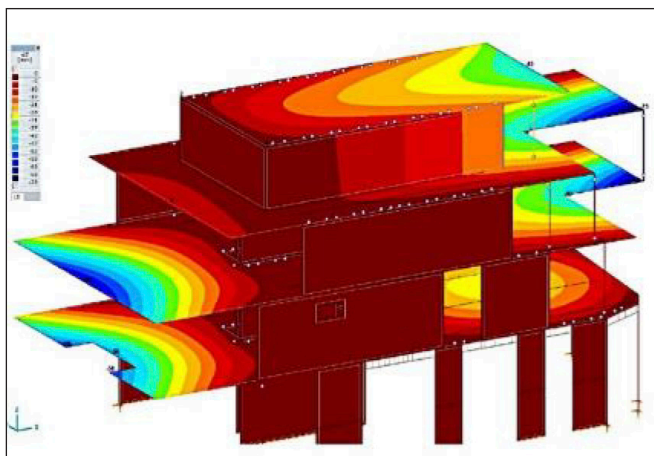
A gyártáskori próbaterheléseket, a paneleket gyártó lakatos üzem udvarán végeztük (16. ábra). Mivel a födemelemek a tervezett módon a falpanelekre helyezett vízszintes síkban helyezkednek el, így a tényleges helyzetnek megfelelően a falpanelekkal alátámasztva végeztük a próbaterheléseket.

Először csak a kibetonozás nélküli, összeszerelt födémszakasz saját önsúlyának hatására történő lehajlását vizsgáltuk, majd még mindig csak a beton nélküli födémszakaszt 600 kg/m^2 -es megoszló (9000 kg egyenletesen elosztott össz-) terhelésre. A 600 kg/m^2 -es terhelés a födémbe kerülő könnyűbeton és a tervezett rétegrend együttes terhelésének felel meg. Természetesen a mért alakváltozások a számított és feltételezhető görbülettel, szimmetrikus értékekre adódtak, az önsúlyból 15 mm-es legnagyobb lehajlási értékkel, míg a terhelés hatására ez 69 mm-re növekedett (a középső előregyártott 3,0 m-es panelem két végén 62 mm). Ezek számítással lényegesen kisebbre (8 és 45 mm-re) adódtak, melynek oka a csavaros csomópontok túlzott megnyílása, illetve szögelfordulása volt. Ezért a fentiek ismeretében előírtuk a homloklemez kapcsolattal csatlakozó födemelemek összeszerelésénél a csavarok nyomatókkulccsal történő meghúzását és a födém szerkezet kb. 3 cm-es túlemelését. Az alsó M30-as feszített csavarok meghúzási nyomatókát 1962 Nm-ben határoztuk meg. A túlemelést a felső csavaroknál beépített acéllemezekkel értük el, a középső elem két végén 2 mm-es lemezt, míg a szélső elemek végeinél 1 mm-es lemezt alkalmaztunk. Az így kialakult felhajlás, illetve túlemelés számított értéke 32 mm volt. A födém szerkezet

szerkezeti könnyűbetonnal történő kibetonozását követően, a megszilárdul födém alátámasztását eltávolítva a födém pontosan a vízszintes síkba állt be. Ezt követően a kompozit szerkezetű födémmező próbaterhelését három terhelési lépcsőnek megfelelő deponált teherrel végeztük el: 300 kg/m^2 , 420 kg/m^2 és 580 kg/m^2 a kibetonozással együttes önsúly feletti terhelésekre. A három teherlépcső során a középső elem végein mért alakváltozások: 300 kg/m^2 -es terhelésnél 4 mm, 420 kg/m^2 terhelés esetén 8 mm, míg 580 kg/m^2 terheléssel 25 mm volt (16. ábra). A próbaterhelési eredmények rövididejű terhekhez tartoznak, a tartós terhek hatására ennél nagyobb alakváltozási értékek adódnának, melyet a túlemelésnél igyekeztünk figyelembe venni. Csak a „száraz” hegesztett acélszelvényű gerendával számolva ezek a lehajlások rendre, lényegesen nagyobbra adódtak ($19 > 4$, $26 > 8$ és $36 > 25$ mm-re), ami a szerkezeti könnyűbeton kedvező merevségi hatását igazolta. Így a szerkezeti könnyűbetonnal kiöntött kompozit födemelemek kedvezőbb merevségi hatásukkal túlteljesítették a várakozásainkat, mivel a statikai számításainknál a könnyűbeton együttdolgozását és merevségét nem tudtuk eléggé egzakt módon figyelembe venni.

8. GYÁRTÁS ÉS KIVITELEZÉS TECH- NOLÓGIAI KÉRDÉSEI

A vasalással és gépészettel felszerelt, véglegesített $1250 \times 3480 \times 470$ mm-es előregyártott falelemeket és az $1250 \times 3000 \times 325$ mm-es födemelemeket előbb hatosával kötegették, majd görgős szállítólapokkal és alacsony profilú emelővel konténerekbe rakták. A hajóval Miami szállított fal- és födemelemeket a helyszínen szintenként összeszerelték és kibetonozták. A szerelést a földszinti falelemek elhelyezésével kezdték, mely a már kész garázsszinti pilléreket összefogó monolit vasbeton gerendába elhelyezett „szögvastüskékre” történő egyszerű ráhúzást jelentett. A falelemek „S” alakú



17. ábra: Alakváltozási, illetve lehajlási ábra

profiljaiba beépített felső szögvasakhoz hasonlóan a fogadó gerendában elhelyezett szögvasak a falelemek „S” alakú profiljaiba illeszkedve lehetővé tették az induló elemek azonnali pontos és gyors elhelyezhetőségét. A falelemek helyszíni kibetonozása az öntömörödő beton alkalmazásának köszönhetően minden szinten gond nélkül lezajlott.

Ezt követően a födemelemek összeszerelése és kibetonozása következett.

A próbaszerelés során szerzett tapasztalatok és a próbaterhelési adatok – az acéllemez ékek beépítésével – lehetővé tették az ortogonálisan anizotróp szerkezet jelentősen eltérő geometriai viszonyaiból, illetve a födémperemekre terhelő, viszonylagosan nagy kinyúlású konzolos szerkezeti kialakításából adódó számottevő és rendszertelen lehajláskülönbségek (17. ábra) precíziós túlemeléssel történő kiegyenlítését. A legnagyobb számított lehajlások elsősorban a

konzolokat tartó belső födemelemeknél mezőközepén, illetve a konzolvégeken (max. 73 mm) jelentkeztek.

Különösen nagy jelentősége volt ennek a burkolatba süllyesztett „tokoza nélküli” nyílászárók elhelyezésénél, illetve megjelenésénél. Így a szereléshez megadtuk a támaszokat és a túlemeléseket (18. ábra), mely a közbelső paneltoldásoknál általában 30 mm, a szélső panel toldásánál 10 mm volt. A konzollal terhelt tartóknál 35 mm-es, míg a konzolvégeken 40 mm-es túlemelést írtunk elő. A túlemeléseket a helyszíni szerelésnél is a főtartók felső csavarjainál beépített acéllemezekkel, míg a konzoloknál az alsó csavaroknál beépített acéllemezekkel értük el.

Az (18.) ábrán az eltérő keresztmetszeti merevségű acélszelvényeket különböző színnel jelöltük, ahol a hegesztett H szelvények öveinek és gerinclemezeinek a vastagságai az alábbiak:

zöld: öv: Lp10 mm, gerinc: Lp6 mm

kék: öv: Lp12 mm, gerinc: Lp8 mm

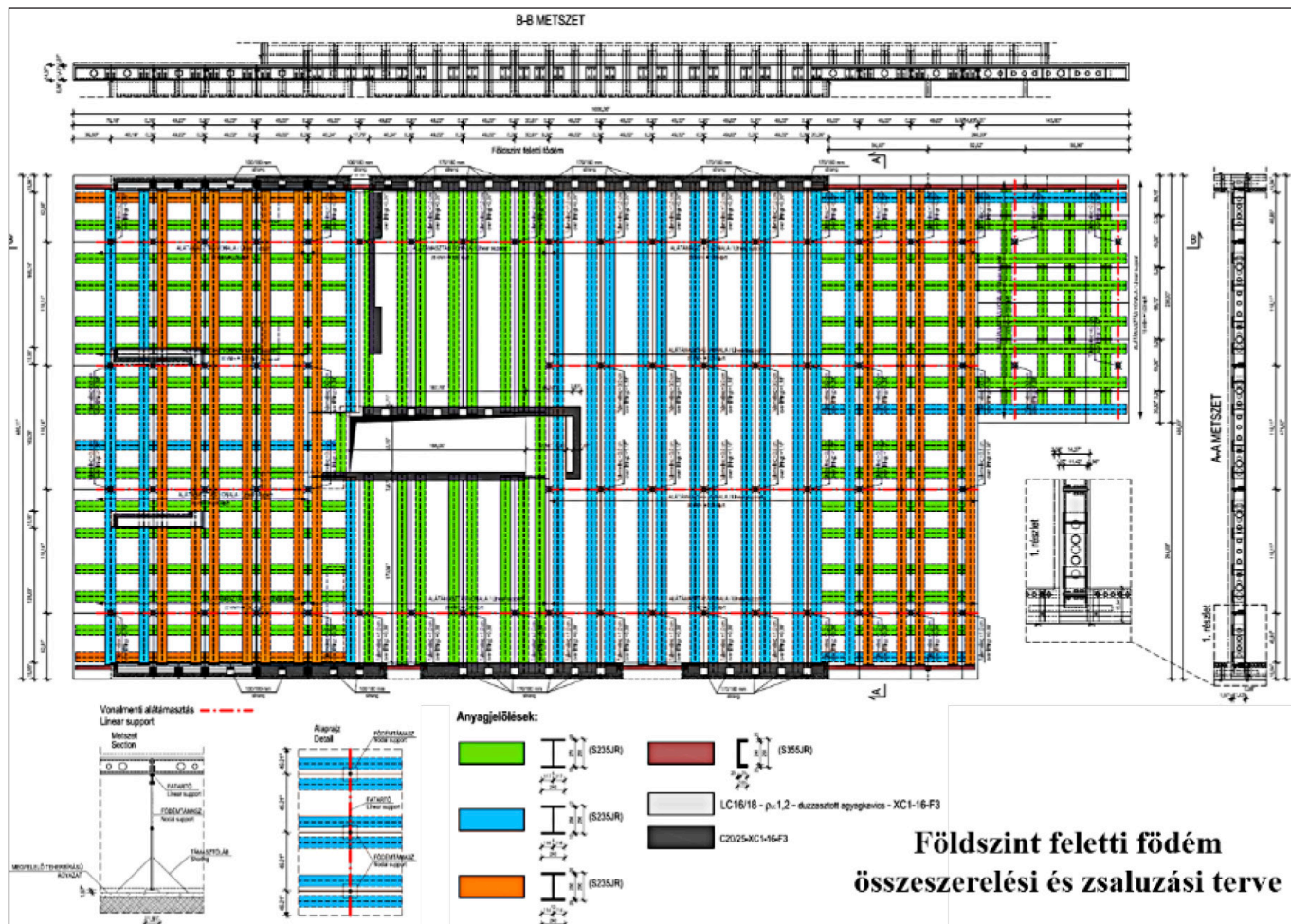
okker: öv: Lp20 mm, gerinc: Lp12 mm.

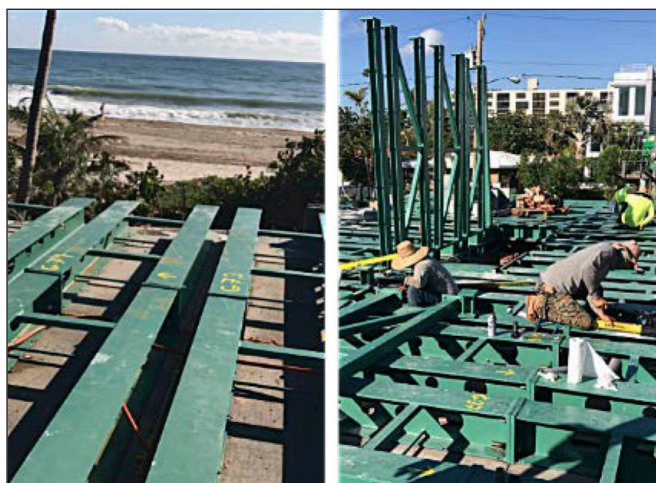
A bordó szín egy erős profilú hegesztett lemezes U szelvényt jelent, Lp25 mm-es lemezből, az emelt feletti födémkonzolt tartó peremgerendánál.

A piros vonalak a vonalmenti alátámasztásokat, illetve dúcolási vonalakat jelölik, az elemek toldási pontjaiban a túlemelési értékekkel feliratozva.

A helyszíni szerelés helyi építőipari segéd munkások közreműködésével történt, a próbaszerelésnél is jelenlévő két szerelő irányítása mellett. Ez a födemelemek elhelyezésén túl, a csatlakozások teherhordó feszített csavarjainak nyomatékkulcsos meghúzásából, az előre beszerelt gépészeti vezetékek illesztéseinek összeépítéséből és a felső hálós vasalás elhelyezéséből állt (19. ábra).

18. ábra: Födém dúcolási és túlemelési terve





19. ábra: Födém helyszíni szerelése

A födémek szerkezeti könnyűbetonnal történő kibetonozásához a környékbeli betongyár szállította saját receptúrája alapján a szerkezeti könnyűbetont, majd a betonozáshoz hagyományos betonszivattyú helyett, egy kisebb méretű estrich-betonpumpát használtak.

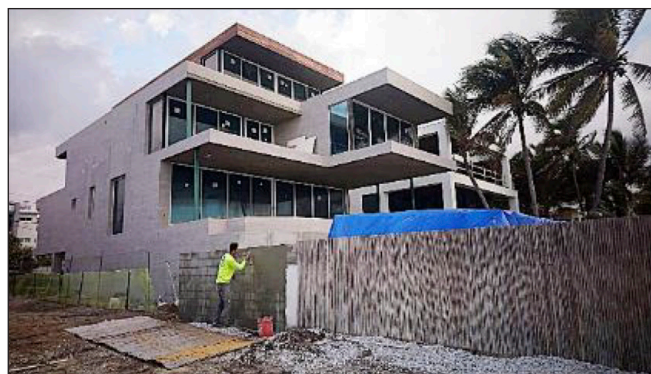
A helyszíni kivitelezésnél is gondot okozott a megfelelő szilárdságú és kellően könnyű beton kikeverése, így a próbaterhelésnél már tapasztaltak alapján a tervezettnél magasabb, közel 1600 kg/m^3 térfogatsúlyú szerkezeti könnyűbeton beépítéséhez is hozzájárultunk. Azt tapasztaltuk, hogy hiába a Liapor vázlatos (*kimondottan tájékoztató jellegű, felelősségvállalás nélküli*) irányreceptúra ajánlása az LC20/22- $\rho_{LC} 1,3$ magas betonszilárdságú és kellően alacsony testsűrűségű betonra, ezt ma egyszerű építkezési helyszínen bedolgozható formában nem tudtuk elérni, sem itthon, sem Floridában!

A Liapor-os, duzzasztott agyagkavics adagolású könnyűbeton bedolgozhatósága a normál betonéhoz képes jelentős különbséget, illetve nehézséget nem okozott. Egyedül annak tömörítése volt eltérő, mivel a szétosztályozódás veszélye miatt, csak rövid idejű vibrálással lehetett a betont tömöríteni. Különös figyelmet igényelt a sós vízi párák levegő a hazai viszonyokhoz képest, ezért a tenger, illetve óceán közeli épületek acél és betonacél felhasználású szerkezeti elemeinek a korrózióvédelmére szigorú előírások vonatkoznak. Ilyen környezetben kifejezetten kedvező a Liapor-os könnyűbeton alkalmazása, mert korrózióálló hatása a normálbetonéhoz képest kifejezetten kedvezőbb, azaz korrózióra kevésbé érzékeny és a tengeri sós közeget is sokkal jobban bírja.

A falpanelek elhelyezése és kibetonozása szintenként 3-4 napot vett igénybe, míg a födémpanelek beemelése, elhelyezése és szerkezeti összeszerelése, a túlelélési acéllemezek beépítésével együtt, kb. egy hétig tartott. További kb. egy hetet vett igénybe a készre szerelt gépészeti csövezések csatlakozásainak végleges ragasztott és hegesztett illesztése. Mindezeket figyelembe véve a három felmenő szint teljes helyszíni szerkezetépítése – de a teljes falban és födémekben elhelyezett gépészeti szereléssel együtt! – két hónapig tartott (20. ábra).

9. MEGÁLLAPÍTÁSOK

Egyre szélesebb körben merül fel igényként az épületszerkezetek monolitikus kialakítása mellett, a gyorsabb építési időt és kevesebb helyszíni élőmunka ráfordítást lehetővé tévő technológiák alkalmazása. Erre egy példa a kompozit szerkezeti könnyűbeton felhasználásával épült négy szintes floridai



20. ábra: Szerkezetkész állapot

lakóépület, ahol sikerült olyan szerkezeti konstrukciót kitalálni, amely a lehető legnagyobb mértékben megfelelt a megrendelő sokrétű igényeinek. Így a tervezet tartószerkezet a gépészettel is maximálisan előszerelt, moduláris méretrendű, minimális súlyú, könnyen szállítható elemekből áll, mely a helyszíni élőmunka igény jelentős csökkentése mellett, összeszerelt állapotában biztosítani tudja az azonnali betonozás lehetőségét, a tartószerkezet végleges állapotának monolitikus kialakítását. Mindezt a nagy fesztávolságok és konzolkinyúlások mellett, a rendkívüli hatásokkal terhelt környezetben is biztonságos formában.

Különös előnye a tervezett szerkezeti rendszernek az alacsony helyszíni élőmunka igény és a gyors helyszíni kivitelezési idő mellett, a kisméretű és tömegű elemek könnyű szállíthatósága, mely az előregyártás, illetve előszerelés anyag- és munkaigényes részét mobilissá teszi. Ennek köszönhetően nincs akadálya az előregyártást, az anyag és munkaerő szempontjából a legolcsóbb, illetve a legoptimálisabb helyszínre telepíteni, mely – mint a bemutatott konkrét esetben is – jelentős költségmegtakarítást eredményezhet.

Az előregyártott elemes szerkezeti rendszer tervezése bizonyította, hogy az intelligens, objektum orientált modellezés (BIM) a bonyolult, sokrétű előregyártott szerkezeti elemek megjelenítését és megértését jelentősen megkönnyíti, így a BIM rendszerek alkalmazása bizonyos esetekben kis épületeknél is lehet hasznos és gazdaságos.

A bemutatott példa a szerkezeti könnyűbeton felhasználásának lehetőségeire, illetve korlátaira is számos tapasztalattal szolgál. Így legfőképpen arra, hogy a minél magasabb szilárdsághoz tartozó kis térfogatsúly optimális arányának, illetve párosíthatóságának kiválasztását elsősorban nem a tervezés során megkívánt követelmény határozza meg, hanem alapvetően a helyszíni lehetőségek szerint előállítható olyan receptúra, mely a kivitelezhető, azaz a gyakorlatban is akadály nélkül megvalósítható, illetve megfelelően bedolgozható.

Mivel szerkezeteinkkel szemben egyre nagyobb elvárást jelent a különleges geometriai kialakítás, így a szerkezeti alakváltozások mindpontosabb meghatározása is egyre inkább előtérbe kerül. Ehhez, vagyis a szerkezeti könnyűbetonok betervezhetőségéhez fontos lépés a jövőben, a piac kutatókkal szembeni elvárása, a szerkezeti könnyűbetonok rugalmassági modulusának részletes kutatása, a számításba vehető rugalmassági modulusuk lehetőség szerinti pontosabb meghatározása.

Mindezeket figyelembe véve a floridai épület újszerű kompozit könnyűbeton szerkezete és moduláris előszerelt fal-és födémek szerkezeti rendszere csakis a tervezésben és gyártásban dolgozó mérnökök és kollégák együttműködésével, összehangolt, folyamatos tervezési és fejlesztési munkájával jöhetett létre, mely a tervezett elemek próbagyártása és



21. ábra: Az elkészült épület az óceán felől nézve

szerezése, valamint az azokon végzett próbaterhelések nélkül nem valósulhatott volna meg. Különösen nem, az építető teljes megelégedettsége mellett (21. ábra).

A nem szokványos szerkezeti elemek tervezése, gyártása és szerelése bizonyítja - az előre gyártott és előszerelt szerkezetépítés ismert számos előnye mellett – a vasbeton építésben rejlő további lehetőségeket. Megállapítható, hogy szokatlan körülmények között is, a térbeli monolitikus vasbeton szerkezetek is lehetnek gazdaságosan „előregyárthatók”, illetve előszerelhetők, mely a mind nagyobb gépészeti igényeket is figyelembe véve, egyre nagyobb helyszíni élőkommunikáció igény csökkenéséhez vezethet. Az újabb és újabb technológiai megoldások alkalmazhatóságának vizsgálata, illetve figyelembe vétele a jövő útkeresésének szerves része, mely nélkülözhetetlen a modernkori tervezésében.

Dezső Zsigmond (1959) okl. építőmérnök, Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Kar, Szerkezetépítő szak; Tartószerkezet tervezők Mesteriskolája V. ciklus (1991). 1983-tól Keletterv-nél statikus tervező, 1988-tól számítástechnikai és tervezés-fejlesztési csoportvezető. 1989-1993 a Tér és Forma Kft-nél statikus tervező, 1993-1997 A. K. Terv Kft. ügyvezető, 1997-től a Hydrastat Kft-nél statikus vezetőtervező, ügyvezető. 1989-2009 között a Hajdú-Bihar megyei Mérnöki Kamara elnöke. A MMK Tartószerkezeti Tagozat elnökségi tagja. Elismerései: 2002 Zielinski Szilárd-díj, 2003 Csonka Pál érem, 2007 Tierney Clark díj, 2008 Debrecen Város Pro Urbe-díja, 2008 Pro Sientia Transsylvania érem, 2010 Pekár Imre-díj, 2013 Palotás László díj, 2014 Menyhárd István díj, 2014 Csonka Pál érem, 2017 Év Mérnöke Aranygyűrű díj, 2021 Debrecen Város Díszpolgára.

Magyar Máté (1987) okl. szerkezet-építőmérnök, Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar; 2013-tól a Hydrastat Kft-nél statikus tervező.

DESIGN EXPERIENCE OF A FLORIDA FOUR STOREY RESIDENTIAL BUILDING WITH A LIGHTWEIGHT CONCRETE AND COMPOSITE STRUCTURE

Zsigmond Dezső – Máté Magyar

The building is located on the Florida oceanfront and has been designed with a special custom structure in order to minimize the need for live labor.

In addition to the strict deflection limits of the long spans and cantilevers, the main design challenges were the exceptional loads and actions due to the unique local conditions - coastal erosion, tsunamis, and hurricanes. For the design of the cast in-situ concrete structure to be built without the use of on-site formwork, only prefabricated and pre-assembled, partly self-supporting structural solution could be taken in to account. The high degree of prefabrication and pre-assembly made most of the structural construction independent of the construction site, which proved to be a significant cost-cutting factor. The unusual structural solution - that is not used in the Hungarian practice -, due to the special design, manufacturing and construction problems of the lightweight concrete composite structure, has provided a great deal of experiences for the future, fully supported by a 1:1 scale model experiment.

Keywords: lightweight concrete, composite, prefabricated structure, coastal erosion, tsunami, hurricane

DR. FARKAS GYÖRGY 75. SZÜLETÉSNAJÁRA



Dr. Farkas György 1971-ben szerezte szerkezet építőmérnöki oklevelét a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán. Ettől kezdve kisebb megszakításokkal az Egyetem oktatója. 1971-től 1976-ig tanársegéd, 1976 és 1994 között adjunktus, 1994- től 2000-ig egyetemi docens, 2000 és 2016 között egyetemi tanár, 2016-óta professor emeritus. 1975-ben Mérnöki Matematikai

Szakmérnöki oklevelet, 1976-ban Műszaki Doktori címet szerzett. 1994-ben a műszaki tudomány kandidátusa (PhD), 1999-ben habilitált. 1997-től 2001-ig Széchenyi Professzori Ösztöndíjas. 2004-ben a Magyar Mérnökakadémia rendes tagjává választotta 1995-től a Vasbetonszerkezetek Tanszék, majd 2000 és 2010 között jogutódja, a Hidak és Szerkezetek Tanszék tanszékvezetője. 1997-től 2005-ig az Építőmérnöki Kar dékánja. 2005 és 2016 között a BME Szenátusának választott tagja, a Gazdasági Bizottság elnöke. A **fib** magyar tagozatának megalakulása óta aktív tagja, a Tanácsadó Testület elnöke. Pályafutása során széleskörű nemzetközi kapcsolatokra és tapasztalatokra tett szert. 1977-78-ban Párizsban, az ENPC egyetem ösztöndíjas kutatója, 1979 és 1982, majd 1985 és 1989 között az oráni USTO és az algéri ENP egyetemeken oktatott, kutatott és szerzett tervezési tapasztalatokat az arab világban. 1992-ben a svájci állam ösztöndíjasaként vendégkutató volt a lausannei EPFL egyetemen.

Az 1990-es években a BME Francia Tagozatának kari vezetője, egy évig igazgatója, majd az Építőmérnöki kar TEMPUS koordinátora. A 2000-es évek első évtizedében elnökségi tagja az Európai Építőmérnöki Karok Szövetségének (AECEF) és az európai építőmérnöki képzés harmonizálására létrehozott (EUCEET) szervezetnek. Kutatásvezetőként közreműködött nemzetközi INCO- COPERNICUS, PHARE és COST programok munkájában is. 1991-ben kollégáival létrehozták a Pannon Freyssinet vállalatot, melynek egy ideig műszaki igazgatója volt.

Oktatói, kutatói, szakmai munkásságának szűkebb szakterülete a vasbetonépítés, elsősorban a feszített vasbeton

szerkezetek és a nagyszilárdságú betonok alkalmazásával kapcsolatos kutatások, fejlesztések, és a hídépítés. Saját kutatásai mellett számos doktorandusz hallgató kutatásit is irányította. Több mint ötven éves pályafutása során számos épület, műtárgy és híd tervezésében, kivitelezésében, vagy szakértésében működött közre. Ezek közül például a Mostaganemi Kórház (Algéria) statikus terveit, gabonasílok megerősítését, közepes nyílású vasbeton hidak megerősítését, autópálya felüljárók terveit érdemes megemlíteni. Közreműködött a Paksi Atomerőmű élettartam hosszabbításának feltételeit vizsgáló és kidolgozó bizottság munkájában is. Szakmai munkásságát több mint kétszáz publikáció fémjelzi. Aktív szerepet vállalt a tartószerkezetek tervezése európai szabványrendszerének, az EUROCODE-ok kidolgozásában, oktatásában, hazai bevezetésében, az angol nyelvű európai szabványok lefordításában, a nemzeti mellékletek kialakításában is.

2000 óta a Magyar Szabványügyi Testület MSZT MB 119 tartószerkezeti műszaki bizottságának elnöke, 2019-ig a BME képviselője az MSZT Szabványügyi Tanácsában. 2019-től az MSZT elnöke. A Magyar Mérnöki Kamarának megalakulása óta tagja. Budapesti, majd országos küldött, 2008 és 2012 között a Tartószerkezeti Tagozat elnökségi tagja, 2009-től 2013-ig az országos elnökség tagja, és az oktatási albizottság elnöke. Jelenleg is a végzettségek szakirányúságát megállapító szakértői testület elnöke.

Oktatói, szakmai munkájának elismeréseként számos kitüntetésben részesült. 1996-ban, 2005-ben és 2016-ban az Építőmérnöki Kar Hallgatókért díját, 2000-ben a Közlekedéstudományi Egyesület (KTE) Irodalmi díját, 2003-ban a Magyar Köztársasági Érdemrend Lovagkeresztje kitüntetését, 2005-ben a BME Pro Juventute Universitatis díját, 2007-ben a BME József Nádor Emlékérmét, 2019-ben a Hidászokért Egyesület Apáthy Árpád díját kapta. A **fib** Magyar Tagozata nevében gratulálunk az eddigi gazdag szakmai életúthoz. További jó egészséget és sikereket kívánva szeretettel köszöntjük kedves kollégánkat születésnapja alkalmából.

Dr. Balázs L. György

ADLER GYÖRGY 75. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Adler György 1947. június 9-én született Győrben. Építészmérnök édesapja szakmai példáját követve a győri Hild József Építőipari Technikumban érettségizett. Építőmérnöki oklevelét a Budapesti Műszaki Egyetem Építőmérnöki Karán szerezte 1971-ben, majd 1978-ban építőipari gazdaságmérnöki oklevelet szerzett ugyanitt.

1971-től 1973-ig a Közlekedési Építő Vállalatnál (KÉV-Metró) kezdő munkahelyi mérnökként a 2-es és 3-as metró építésénél részalak és egyéb vasbeton szerkezetek kivitelezésében vett részt. 1973-tól az Általános Géptervező Irodánál statikus tervező, majd statikus csoportvezető lett. Az akkori Kohó és Gépipari Minisztériumhoz tartozó különböző gépipari üzemek vasbeton és acél gyártósarnokai, speciális kiszolgáló létesítményei szerkezettervezője volt. 1987-1990 között az Iparterv G Irodánál főleg erőművi új berendezések és rekonstrukciójuk statikai tervezését végezte.

1990-ben statikus és építész kollégáival megalapította a Megalit Mérnöki Irodát, melynek ügyvezetője és statikus tervezője lett. Ennek keretében több mint 20 éven át számos ipari, köz- és lakóépület statikai tervezését végezte.

1993-ban az osztrák Vorspann-Technik cég (továbbiakban VT) megbízta saját csúszóbetétes feszítési rendszerének magyarországi megismertetésével, a technológia hazai alkalmazása engedélyeztetésével. Ennek eredményeként a VT szabadkábélek alkalmazására elsőként a szolnoki ártéri Tisza híd megerősítésénél került sor. (Hídépítő Zrt. és Pont Terv Kft. tervei alapján.) Ezt követte a Bajánsenye-Nagyrákos vasúti híd, (Hídépítő Zrt. tervei alapján.) Később számos új szekrénytartós, szakaszosan tolt hídnál alkalmazták a VT technológiáját az M0, M6 ill. M7 hídjainál, ahol a tervezőkkel, kivitelezőkkel szükséges folyamatos koordináció volt feladata.

Emellett a Megalit Kft. keretein belül számos tartószerkezet csúszóbetétes feszítési munkáit irányította alvállalkozóként.

Ennek során hazánkban elsőként alkalmazták gyűrűirányú csúszóbetétes feszítést a debreceni szennyvíztelep vasbeton silói palástjainál (Mélyépterv Komplex tervei). Ezt több mint tíz szennyvízkezelő siló, biogáztartály, cukorsiló, mészköpor siló vb. palástja feszítésének kivitelezése követte, nagyrészt saját tervei alapján. Több híd utólagos csúszóbetétes megerősítése kivitelezését irányította. (pl. M7-es autópálya feletti érdi hidak, Pont-Terv Kft. tervei) új ferdekábeles gyalogos híd a Ferihegyi gyorsforgalmú út felett (Speciálterv Kft.) valamint a Balatonújlak közeli, az M7 feletti közúti vb. híd hossz és keresztirányú feszítése.

A hidak és silók mellett több csúszóbetétes feszített monolit vasbeton szerkezet tervezését és kivitelezését végezte. Első 1997-ben a Madách Színház rekonstrukciója volt, ahol nagyfeszítávú, nagy terhelésű feszített monolit vasbeton gerendák készültek. Ezt követően elsőként alkalmazták csúszóbetétes feszítést előregyártott T keresztmetszetű 24 m-es vasbeton főtartóknál a győri Philips gyár, valamint az Audi gyár üzemcsarnokai kivitelezésénél. Fontos tevékenysége volt nagyfeszítávú vasbeton födémek tervezése és kivitelezése. (pl. a Bp. XII. Gesztenyekert födéme, a Vörösmarty téri Vigadó épülete födémei

Az új feszített szerkezetek mellett több mint 40, szerkezetében károsodott műemlék épület csúszóbetétes feszítéssel való stabilizálását, megerősítését tervezte és kivitelezte. Ezek közül kiemelkedik a szentesi Református Nagytemplom és a budapesti Deák téri Evangélikus Templom megerősítése.

2021 végén nyugdíjba ment, és kisebb statikus tervezési feladatok mellett már inkább a családjával, unokákkal való tevékenység került előtérbe.

A *fib* Magyar Tagozata szeretettel köszönti Adler Györgyöt, a rendkívül sok oldalú, mérnököt 75. születésnapja alkalmából, aki a feszítési technológiák hazai elterjesztése, tervezése és kivitelezés terén szerzet elévülhetetlen érdemeket.

Vörös József

DR. KOVÁCS KÁROLY 80. SZÜLETÉSNAPJÁRA



Kovács Károly vegyipari technikai érettségi és egyéves papíripari gyakornoki munka után a BME Vegyészmérnöki karán végzett 1966-ban. Az egyetem elvégzését követően néhány évig a Papíripari Tröszt Csepeli Cellulózüzemében dolgozott üzemmérnökként, majd üzemvezetőként. 1971-ben került a Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszékére, ahol először az MTA Mechanikai Technológiai

Kutatócsoportjának munkájában vett részt, később a tanszék tudományos munkatársa, majd adjunktusa lett. Hat évig a tanszéki laboratórium vezetője, tíz éven keresztül pedig tanszékvezető helyettese és egyúttal a gazdasági ügyek intézője volt. 1966-tól az ÉMI Kht. Vegyészet és Alkalmazástechnikai Tudományos Osztályának vezetője, majd 2005 és 2010 között az ÉMI Nonprofit Kft. Tűzvédelmi és Nukleáris Létesítmények Divíziójának vezetője, azt követően 2011. év végéig a Nukleáris Létesítmények Divízió vezetője volt. Műszaki doktori értekezését műanyagkötésű perlit rendszerek témában írta.

A szerves anyagok iránti érdeklődése későbbi kutatási tevékenységeiben is megjelent; mélyrehatóan foglalkozott a szilikátok, elsősorban betonok és szerves anyagok, betonok és műanyagok kapcsolataival. Másik nagy kutatási területe a betonok és vasbetonok korróziója, a károsodási okok és következményeik feltárása, a vizsgálati és javítási lehetőségek

kidolgozása, megfelelő betonanyagok tervezése volt. Kutatási és szakmai tapasztalatait számos alkotás bizonyítja, közöttük szabadalmak a hőszigetelés, páraszellőzés terén, javítási és felújítási technológiák kidolgozása. Publikációinak száma jelentős: 50-nél több szakcikk, könyvrészletek, emellett közel 40 konferencia előadás. A feldolgozott témák mind az építőmérnök hallgatóknak, mind a hasonló területeken dolgozó szakembereknek nagy segítséget nyújtanak.

Az elmúlt 40 évben a BME Építőmérnöki Kar nappali, levelező és szakmérnöki képzésében 13 tárgyat oktatott (köztük: Kémia, Szerkezetek védelme és javítása, Diagnosztika, Betonstruktúra - tartósság stb.). Közvetlen előadói stílusa és nagy tárgyi tudása sok emlékezetes és hasznos előadással gazdagította hallgatóit. Ma címzetes docensként tartja egyetemi előadásait. Szakmai közéleti tevékenysége kiterjedt; évtizedek óta az MTA Építészeti Munkabizottság Építőanyagok és Épületkémia albizottságának titkára, 3 évig a Szilikátipari Tudományos egyesület főtitkára volt, tagja a fib Magyar Tagozatának.

Jelenleg az ÉMI szerződéses munkatársa és a Paksi Atomerőmű öregedéskezelési programjában tevékenykedik. A Mérnökkamara által szervezett Nukleáris mérnökképzés részelőadója.

Kedves kollégánkat, aki ma is hatalmas energiával él mérnöki hivatásának, nem először köszöntjük lapunk hasábjain. Kívánjuk, hogy jó erőben, egészségben folytathassa hasznos tevékenységét az oktatás, a kutatás és a diagnosztika területén.

Cs.E.

DR. OROSZ ÁRPÁD (1926-2022) EMLÉKÉRE



A Hidak és Szerkezetek Tanszék pótolhatatlan veszteségként érte, hogy dr. Orosz Árpád, a Tanszék Professzor Emeritusza 2022 május 1-jén kilencvenhetedik életében elhunyt. Törtelen optimizmusa és élni akarása az utóbbi években több egészségügyi krízisen átsegítette, de ez a legutóbbi, gyors lefolyású súlyos betegség legyűrte ellenállását.

Orosz Árpád 1926. január 16-án született Szentesen, elsőként egy kőműves család négy gyermeke közül. A tisztességes szegénységben élő családtól csak a kipróbált, szilárd értékrendszerhez való ragaszkodást, a család együvé tartozásának igényét és a többre, jobbra, magasabbra törés kötelezettségét kaphatta útravalóul, de ez az örökség az eszmék és értékek válsága idején is biztos eligazodást, beláthatatlan magaslatok meghódításához is elegendő hajtóerőt adott neki. Jó képességű diák volt, rajzi, zenei és sportbeli adottságai magasan diáktársai átlaga fölé emelték. Gimnáziumi tanulmányait jelentős részben saját diák-keresetéből fedezte. Anyagi okból mégis meg kellett szakítania tanulmányait, amikor az érettségi már belátható közelségében volt. Pályamunkásként a MÁV dolgozója lett. 1944 nyarán megítélték neki a tanulmányai folytatásához a Horthy Miklós tanulmányi ösztöndíjat, de az őszi események ezt az ösztöndíjat Horthy Miklóssal együtt elsodorták. Helyette katonai kiképzés, majd a hosszú hadifogság lett osztályrésze. 1945. tavaszától 1948 őszéig ismerkedhetett az akkori Szovjetunió vidéki életével. Ott tanult meg – anyanyelvi környezetben – oroszul.

1949-ben érettségizett a szentesi Dolgozók Gimnáziumában. Még ugyanebben az évben megkezdte egyetemi tanulmányait. Másodéves korában megházasodott, feleségével Mikola Annával jóban-rosszban túljutottak aranylakodalmukon is. Kítettetéses diplomájával már két gyermek apjaként tért vissza a MÁV-hoz, amellyel munkakapcsolata egyetemi éve alatt sem szakadt meg. A Vasúti Tudományos Kutatóintézetben töltött hároméves aspirantúra után a II. sz. Hídépítéstan Tanszéken lett tanársegéd, 1958-ban elkészült és megvédett kandidátusi disszertációja alapján kandidátusi fokozatot és műszaki doktori címet szerzett. 1959-ben egyetemi adjunktussá, 1962-ben egyetemi docenssé lépett elő. A II. sz. Hídépítéstan Tanszék kettéválása után 1964-től a Vasbetonszerkezetek Tanszéke docense lett. 1977 nyarán, Bölskei Elemér halálát követően egyetemi tanárrá nevezték ki, és ő vette át a Tanszék vezetését. Megbízatást egészen a tanszékvezetők számára megszabott korhatár eléréséig, 1991-ig ő töltötte be. 1996-ban 70 éves korában méltatlan körülmények közt nyugdíjazták. Ezt követően kutató professzorként, majd Professzor Emerituszként dolgozott a Hidak és Szerkezetek Tanszéken.

Az egyetemi pályaképhez hozzátartozik, hogy 1969-től 1975-ig az Építőmérnöki Kar oktatási dékánhelyettese és a Kari Oktatási Bizottság elnöke, 1990 és 1991 között az Építőmérnöki Kar dékánja volt.

Ugyancsak hozzátartozik a pályaképhez, hogy tagja, ill. vezetője volt egy sereg tudományos és szakmai bizottságnak, szerzője és társszerzője több tankönyvnek, kézikönyvnek és mintegy hetven műszaki témájú cikknek, itthon és külföldön harminc-egynéhány előadást tartott magas szintű

tudományos plénumok előtt. Közreműködött húsznál több országos jelentőségű mérnöki létesítmény tervezésében és megvalósításában, továbbá megszámlálhatatlanul sok szakvélemény, kutatási jelentés elkészítésében.

Szakmai tevékenysége központjában a vasbetonszerkezetek – elsősorban vasbeton silók, víztornyok és mélyépítési műtárgyak – tervezésének, építésének, üzemelésének és helyreállításának kérdései álltak. Szakcikkének nagyobb része is ebben a kérdéskörben íródott. Sok éven át tagja volt az Igazságügyi Műszaki Szakértő Intézet építésügyi felülvéleményezést végző testületének. Körültekintő szakvéleményeit az egész hazai mérnök-társadalom vitán felülinek tekintette.

1961 és 1992 között hat hónapot a Hannoveri Műszaki Egyetemen, hat hónapot a Római Egyetemen, hat hónapot az Adelaidei Egyetemen töltött tanulmányúton. 1966. és 2001. között tíz hivatalos kitüntetést kapott.

Kilencvenhat év történéseit, törekvéseit, sikereit és kudarcait lehetetlenség még címszavakban is elsorolni, ezekből szemezgetni meg tiszteltetés lenne, ami méltán válthatná ki az őt jól ismerők elégedettségét is. Így a továbbiakban csak arra vállalkozhatunk, hogy elmondjuk, milyen erényeket látunk a vázolt pályaképben olyannak, ami példa gyanánt állítható a kortársak és az utókor elé.

Amit mindenki első látásra-hallásra megérezett, a *derű*. Nem könnyedség, nem is vidámságra való hajlam ez – bár az utóbbi sem állt tőle távol – hanem világlátás és valami nagyon mély meggyőződésből táplálkozó békés kisugárzás. Ez a derű sok barátot és tisztelőt szerzett neki, sok nehéz konfliktus elhárításában és feloldásában segített. A derűhöz szervesen kapcsolódott a *közvetlenség* és a *bizalom*. Nem bizalmaskodás, nem is a gyarlóságok felett összekacsintó cimboraság, hanem nyílt és őszinte érdeklődés mindenki mindenféle problémája iránt.

Másik erénye a *méltóság* volt. Nem az, amit önteltségnek, távolságtartásnak, kenetteljességnek nevezhetnénk inkább az ellentettje ezeknek. Ami amögött a mással nehezen magyarázható tény mögött van, hogy ha megszólalt, rá azok is odafigyeltek, akik kevésbé vagy egyáltalán nem ismerték. Pedig sem kimagasló termete, sem szentori hangja nem volt, nem viselkedett sem kihívóan, sem bizalmaskodóan, nem öltözködött feltűnően, mégis, a pusztán jelenléte megemelte a társaság és a társalgás színvonalát. Ez a természetes méltóság tette lehetővé számára, hogy a katalógusok teljes mellőzésével tarthassa előadásait, emiatt tehette meg, hogy az oktatói respektus szikrányi veszélyeztetése nélkül adja elő bökkverseit a Vásárhelyi Napok hallgatóságának.

Harmadik erényként a *türelem* említhető a szó minden értelmében. „Apránként változtatni” volt a jelmondata oktatási dékánhelyettese alatt, és két dékáni ciklus során gyökeresen megújította az oktatási rendszert. A türelem erénye nyilvánult meg abban is, hogy tudatosan kerülte a nyílt konfrontációt, nem bocsátkozott szenvedélyes vitákba, ehelyett véleményei és szándékai fenntartásával kivárta, míg azok érvényre juthattak.

Talán legfontosabb erénye a *hitelesség* volt. Nemcsak az, hogy amit mondott, azt mindig úgy is gondolta, hanem az is, hogy szűkebb és tágabb környezet problémáiról mindig kiérlelt és kompetens véleményt tudott mondani. Ezt lehetne egyszerűen jólértesültségnek nevezni, de megfontolt

véleményei fedezetét nagyon szilárd értékrendszeren alapuló meggyőződés adta. Megejtő volt gondolkodásának módszeressége, sokoldalúsága és mély humánuma.

Ennek a hitelességnek meggyőző bizonyítékait a kilencvenes évek fordulója adta. A rendszerváltás kezdeti időszakában interregnum kialakulása és a kormányozhatatlanná válás veszélye fenyegette az Egyetemet. A karok ezért mindenki által hitelesnek ítélt személyekből álló testületeket alakítottak, ezek a feladata a működőképesség megőrzése és a megújuló szervezeti és működési szabályzatok előkészítése volt. Az

Építőmérnöki Kar professzorai egyhangúlag Orosz Árpádot találták alkalmasnak arra, hogy ebbe a testületbe delegálják. Aztán amikor a Kar – a kivételes helyzetnek megfelelően – közvetlenül választott új dékánt, a legtöbb ajánló szavazatot ő kapta, a választáson is elsöprő többséggel nyert.

Szinte élete utolsó napjáig dolgozott, utolsó tudományos közleménye még sajtó alatt van.

Példamutató életének emlékét megőrizzük.

Dr. Hegedűs István

DR. TÓTH ZOLTÁN (1942-2022) EMLÉKÉRE



Megrendülve vettük tudomásul, hogy életének 80. évében elhunyt dr. Tóth Zoltán okl. hídépítő mérnök, ny. főiskolai tanár, a műszaki tudomány kandidátusa, az intézmény korábbi főigazgató-helyettese, a Közlekedésépítési Intézet volt igazgatója, tanszékvezetője.

Dr. Tóth Zoltán az egykor Győrbe tervezett, de közben Szegeden és Szolnokon megvalósuló, majd a fővárosban a Budapesti Műszaki Egyetembe beolvadó Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem (ÉKME) hídépítési szakán végzett 1965-ben, s minőségvizsgáló szakmérnöki végzettséget is szerzett. Tudományos fokozata a műszaki tudomány kandidátusa, disszertációjának témája a közúti hidak korróziós fáradása.

A Széchenyi István Egyetem jogelőd intézményében, a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola Közlekedésépítési Karán, Budapesten, a Szerb utcában 1971. október 1-jén kezdte oktatói pályáját. 2012. közepéig, nyugdíjba vonulásáig tekintélyes, meghatározó résztvevője, alakítója volt a győri építőmérnöki képzésnek.

Intézményi, fakultási és tanszéki vezetőként is az új ismeretek, a munkaerőpiaci környezet és a mérnökképzés naprakész kapcsolatának folyamatos és rugalmas alakításáért dolgozott. Menedzser főigazgató-helyettesi pozíciójában, az 1990-es évek közepén a térség gazdaságának fejlődését az intézmény munkatársainak felhalmozott tudására alapozva szervezte. A térség több építőipari cége a technológia megújítását, az új anyagok és eljárások bevezetését, annak minőségbiztosítását dr. Tóth Zoltán közreműködésével valósította meg. Az új ismeretek így gyorsan bekerültek a győri építőmérnöki képzésbe, s mindez erősítette a széchenyis végzettség iránti érdeklődést.

Dr. Tóth Zoltán 1942 július 21-én született Lébényben. A győri Révai Miklós gimnáziumba (1956-58), majd a mosonmagyaróvári Kossuth Lajos Gimnáziumba járt (1958-60), és ott is érettségizett 1960-ban Egyetemi tanulmányait az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetemen folytatta, ott szerzett mérnöki oklevelet a hídszakon, jeles eredménnyel.

1967-68-ban a BME Építőanyagok Tanszéke által szervezett Építőipari minőségvizsgálat c. szakmérnöki oktatásban vett részt, ahol 1970 január 14-én kapott építőipari minőségvizsgáló szakmérnöki oklevelet.

1974-ben megszerezte a doktori címet *Lemezvázak szerkezetek alakváltozási és feszültségi állapota* c. doktori értekezésével. Az értekezés foglalkozott olyan számítási

módszer kidolgozásával, amely alkalmas bármilyen igénybevételű és elrendezésű lemezvázak épületek (főleg előregyártott paneles épületek) alakváltozási és feszültségi állapotának a meghatározásával.

1994-ben a műszaki tudomány kandidátusi fokozatot szerzett *Közúti vasbeton hidak korróziós fáradása* c. értekezésével. A disszertáció foglalkozott a szerkezeti anyagok fáradási folyamatával, ezen belül a folytonossági hibák fáradásra gyakorolt hatásával. Ilyen a közúti hidaknál az acélbetéteken a kloridok okozta lyuk-korrózió. Az így keletkezett hibák tovább terjedését a törésmechanika tételeinek alkalmazásával szimulálja. Új módszert dolgozott ki a képlékeny tartományra is kiterjesztett kontúrintegrál meghatározására, a felületi kör alakú korróziós károsodás feltételezésével.

Első munkahelye a Beton és Vasbetonipari Művek Lábatlan Gyára volt, ahol minőségellenőrzési osztályvezetőként tevékenykedett (1965-68). Utána a Győr megyei Állami Építőipari Vállalat Házgyárában dolgozott, először minőségellenőrzési osztályvezetőként (1968-69), majd technológiai és szerkezettervezői osztályvezetőként.

Eme gyakorlati ismeretszerzése után került az Építőipari és Közlekedési Műszaki Főiskola Hídépítési Tanszékére, majd az intézet jogutódjaként a Széchenyi István Egyetem Szerkezetépítési tanszékére, ahol először főiskolai adjunktus (1971-77), főiskolai docens (1977-94), majd főiskolai tanár (1994-2012) nyugdíjba vonulásáig. 2012-ben nyugdíjba vonult.

Elsősorban oktató és kutató volt. Oktatta a tanszék szinte valamennyi tárgyait. Kilenc főiskolai, ill. egyetemi jegyzetet írt. Tudományos munkássága során elsősorban gyakorlati (alkalmazott) tudományos problémákkal foglalkozott. Eddig 48 tudományos publikációja jelent meg és 2 db könyvrészletet írt. Előadásokat tartott hazai és nemzetközi konferenciákon. Gazdag volt szakértői tevékenysége is. Több híd felújítási, megerősítési, szélesítési tervének elkészítésében vett részt, vagy irányította.

Szabadalmi voltak: *Talajfelszín alatti műtárgy és eljárás, valamint dúcolat annak kialakítására*. Lajstromszám: 179 213. (Társszerzőkkel); *Eljárás hídszegély, vagy járda szigetelésére, és mechanikai hatásokkal szembeni védelmére szolgáló szerkezet készítésére*. Lajstromszám: 205 782. (Társszerzőkkel).

Széleskörű volt közéleti szereplése. A Főiskolán intézeti igazgatóhelyettes (1981-90), közben intézeti igazgató (1984), tanszékvezető (1983-91), menedzser főigazgató-helyettes (1989-94) volt.

A közlekedéstudományi Egyesület Mérnöki Szerkezetek Szakosztály vezetőségi tagja 2010-ig, az Építéstudományi

Egyesület Győri csoport vezetőségi tagja, és a Győr-Moson-Sopron megyei Mérnöki Kamara alelnöke (1998-2002), és a **fib** Magyar tagozatának tagja.

Kitüntetései, elismerései: Közlekedési Minisztérium Kiváló Munkáért (1985), Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium, Kiváló Munkáért (1986), Oktatási Minisztérium Kiváló Munkáért (1988), Közlekedéstudományi Egyesület Egyesületi aranyjelvény (1990), Építéstudományi Egyesület Alpár érem (202), Közlekedéstudományi Egyesület Jáky József díj (2003).

Dr. Tóth Zoltán négy évtizedes oktatói életútja alatt több

ezer mérnök-jelölttel ismertette meg a hidak vizsgálatának, statikájának legkorszerűbb ismereteit. Halk szavú, határozott véleményt mondó, a teljesítményt megbecsülő, barátságos kollégaként emlékeznek rá egykori munkatársai, volt hallgatói.

Tisztelettel búcsúznak dr. Tóth Zoltántól, a vasbeton hidak statikájának és korróziójának szaktekintélyétől a Széchenyi István Egyetem és a **fib** Magyar tagozat munkatársai. Emlékét tisztelettel megőrizzük.

Dr. Balázs L. György

BETONTECHNOLÓGUS SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉS A BME ÉPÍTŐMÉRNÖKI KARÁN 2023-2024

A BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék szervezésében induló négy féléves kurzusra várjuk az érdeklődő kollégák szíves jelentkezését

A betonnal szembeni fokozott elvárások (pl. nagy szilárdság, tartósság, veszélyes hulladékok tárolása stb.), a speciális igényeket kielégítő betonok kifejlődésének és az európai szabványok megjelenésének hatására a betontechnológia jelentősége egyre nagyobb hangsúlyt kap és érdeklődésre tart számot napjainkban.

A BME ÉMK *Építőanyagok és Magasépítés Tanszék* a diplomával záruló **Betontechnológus Szakirányú Továbbképzése** a betontechnológia körébe tartozó legújabb ismeretek átadásával kívánja segíteni a praktizáló kollégákat. Saját, jól felfogott érdekében minden cégnek rendelkeznie kell jó betontechnológussal.

A továbbképzés célja, hogy a résztvevők megszerezzék a legfrissebb betontechnológiai ismereteket. Ennek érdekében a hallgatók a betontechnológiai módszerek mellett elmélyedhetnek a speciális tulajdonságú betonok témakörében, a betonalkotók anyagtanai kérdéseiben, az építőanyagok újrahasznosításában, a környezetvédelmi kérdésekben, a betonstruktúra elemzésében és annak hatásában a tartósságra, a diagnosztika nyújtotta lehetőségekben – aminek eredményei megfelelő javítási vagy megerősítési mód kiválasztását teszik lehetővé, a mély és magasépítési szerkezetek betontechnológiai szempontból jelentős tervezési és kivitelezési kérdéseiben –, a betongyártás és előregyártásban, a minőségirányítás és minőségbiztosítás módszereiben, valamint áttekintést kapnak a vasbetonépítésben megjelent legújabb anyagokról is a tanfolyamon.

Mindezen ismereteknek még fokozottabb jelentősége van az MSZ EN 206:2014 európai betonszabvány és az MSZ 4798:2016 *“Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon”* szabvány megjelenése óta.

A tananyag egymásra épülő rendszerben áttekinti a betontechnológiához szükséges összes ismeretanyagot, valamint a hozzájuk kapcsolódó jogi, gazdasági és vezetélméleti kérdéseket.

A négy féléves képzés (legalább szakirányú BSc diplomával) levelező rendszerben történik – félévenként 3-3 konferenciahét általában hétfő 10.00-tól csütörtök 16.00-ig – amely az utolsó félévben szakdolgozat készítéssel zárul.

A következő tanfolyam kezdete: 2023. március 1.

Jelentkezési határidő: 2023. február 10.

A jelentkezéshez kérjük csatolja:

- a végzettséget igazoló oklevél másolatát,
- szakmai önéletrajzot.

További információ, ill. kérdés esetén forduljon Sánta Ildikóhoz (tel: (1) 463-4068, e-mail: santa.ildiko@emk.bme.hu)

A tanfolyam részletes leírása és a jelentkezési lap a

<http://www.em.bme.hu/em/betontechnologus> internetes oldalon található.

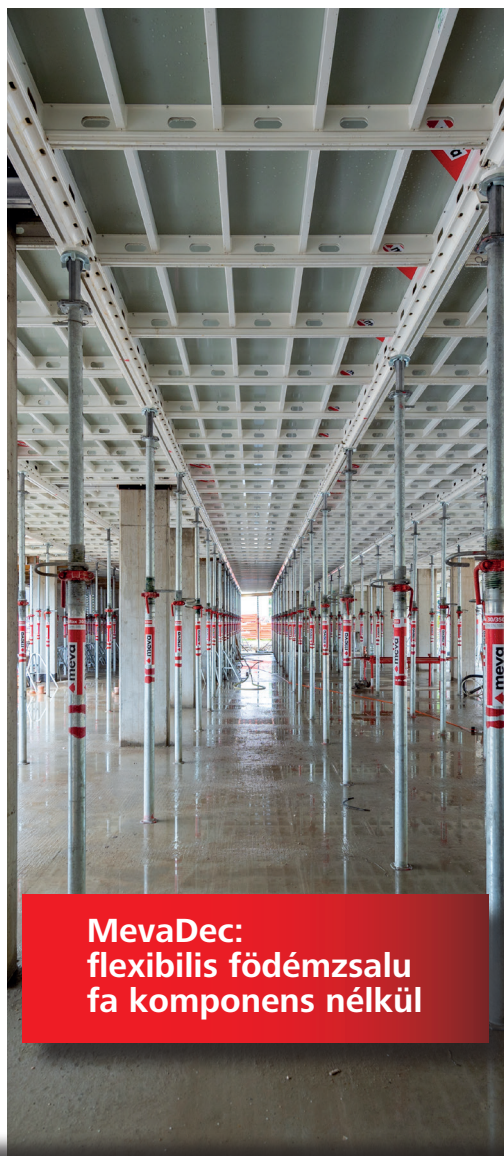
Dr. Balázs L. György tanfolyamvezető tanár
balazs.gyorgy@emk.bme.hu

Váltson a legkorszerűbb famentes zsaluzási technológiákra

- Ezzel az egyszeri beruházást igénylő, de hosszútávon maximálisan kifizetődő befektetéssel évtizedekig garantált a minőségi és környezettudatos kivitelezés.
- Válassza a MEVA innovatív zsalurendszeit!
- Frissítse készleteit! Rendeljen a www.shop.meva.hu oldalon!



AluFix: a legkönnyebb falzsalu műanyag polírozható héjjal



MevaDec: flexibilis földémzsalu fa komponens nélkül



StarTec XT: a leggyorsabb univerzális falzsalu



A JÖVŐT ÉPÍTJÜK

A-Híd Zrt. | 1138 Budapest, Karikás Frigyes u. 20. | www.ahid.hu