

A „BETON” LÁTVÁNYA

THE “APPEARANCE” OF CONCRETE

ASZTALOS Péter¹ - LÁDA Péter² -
- PANKHARDT Kinga³ - KOVÁCS József⁴

Debreceni Egyetem Műszaki Kar

Építőmérnöki Tanszék

4028 Debrecen, Ótemető u. 2-4

¹hallgató, asztalos.peter@hotmail.com

²hallgató, rekesz.peti@freemail.hu

³főiskolai docens, kpankhardt@yahoo.com

⁴műszaki oktató, j.kovacss@gmail.com

Kivonat: A látszófelület a kész betonszerkezet olyan látható része, melyen kialakításának és elkészítésének jellemzői felismerhetők (forma, textúra, szín, zsaluhéj, munkahézagok, zsaluhéj illesztések, stb.), és mely mértékadóan meghatározza az épületrész vagy építmény építészeti hatását. Kutatásink során különböző beton recepteket és bedolgozási módokat vizsgálunk annak érdekében, hogy olyan összetélt és technológiát találjunk, amivel ezen esztétikai hatások fokozhatók. A lehetőségeket kihasználva három féle frissbeton konzisztencia vizsgálatot alkalmaztunk minden keverés során. A lemezek digitális képén vizsgáltuk a látható pórusok számát, ami befolyásolja a tartósságot illetve az esztétikai megjelenést is. Ez alapján tudtuk besorolni a Német Beton és Építéstechnikai Szövetség ajánlásában javasolt négy osztály valamelyikébe. A kész felületeket simaság szempontjából a Magyar Építőipari Szövetség ajánlása alapján osztályoztuk.

Kulcsszavak: látszóbeton, öntömörödő beton, felületképzés, zsalumatrix, strukturált felület

Abstract: The apparent surface is a kind of visible part of a concrete structure, on which the characteristics of shaping are clearly visible (form, texture, colour, formwork, joint gaps, formwork joint gaps, etc.), and which considerably defines the architectural impact of the part of the building or of the whole of the structure. During our researches we examined different concrete receipts and the ways of working in, in order to find a constitution and technology with which the aesthetical effects can be intensified. To exploit possibilities, we applied three different fresh concrete tests during all mixing. To appraise plates the digitalization of surfaces was needed. On the pictures of the plates we examined the number of pores, which has an influence on the durability and aesthetical appearance. We can classify it in four classes suggested by the Német Beton és Építéstechnikai Szövetség (Association of German Concrete and Building Technology) on the basis of this. Considering the smoothness of the finished surfaces we classify it on the basis of the suggestion of Magyar Építőipari Szövetség (Association of Hungarian Building Industry).

Keywords: concrete structure, texture, self-compacting concrete

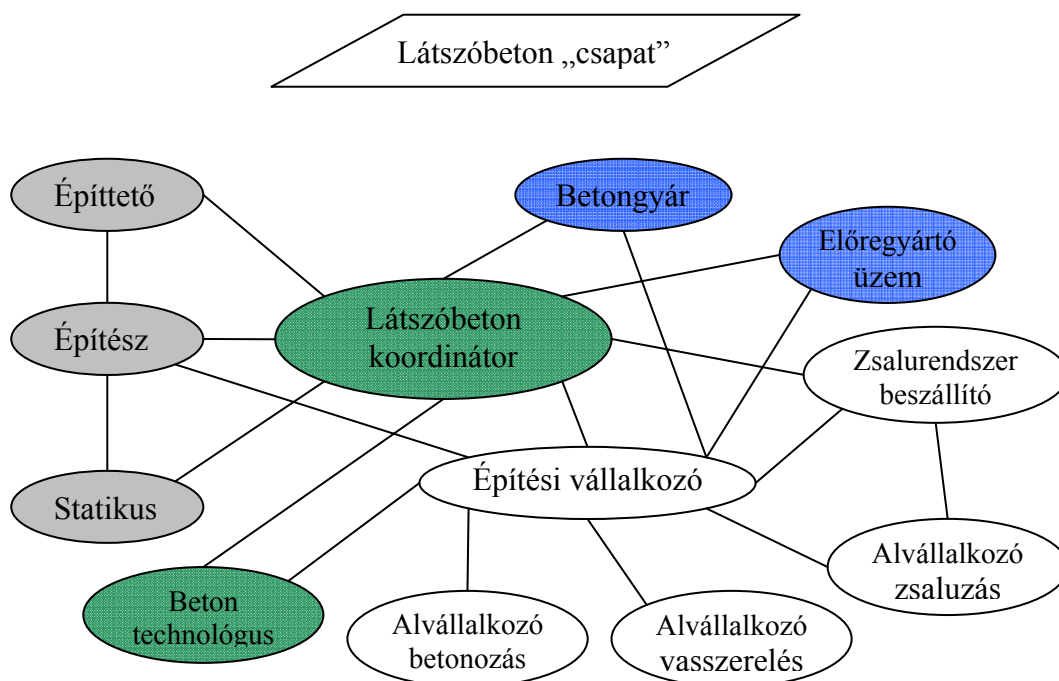
1. BEVEZETÉS

A mai modern építészetben reneszánszát éli a látszó betonfelület, mint építészeti élmény. A beton elsődleges felületté lépett elő, amely maga mutatja meg a szerkezet és a tér összefüggéseit. A látszóbeton szinte határtalan lehetőséget ad a térformálás, a felületkialakítás tekintetében. Ezért egyre több nemzetközi kutatás irányul a tervezést és a kivitelezést segítő megfelelő szabványok kialakítására. Az építőipar felső kategóriájának számít a minőségi betonépítés keretein belül a látszóbeton felületek kialakítása, mely csúcstechnológiát, nagy szakértelmet és precizitást igényel. Szakemberek szerint több oka van, hogy Magyarországon egyelőre kevésbé terjedt el a látszóbeton, holott a technológia itt is rendelkezésre áll

A látszóbeton-felületek megítélésekor sok olyan elemmel találkozhatunk, melyekhez nincs viszonyítási alapunk. Gyakran nem tisztázott, hogy ki mit ért e címszó alatt, s emiatt vita alakulhat ki a megrendelők, a kivitelezők illetve a betongyártók között. E kérdés megoldásában segíthet, hogy a Magyar Betonszövetség és a Magyar Szerkezetépítők Szövetsége megalkotta a látszóbeton gyártás

minőségi irányelvét. [2] Ennek alapján négy minőségi osztályba sorolják a látszóbetonfajtákat, amelyekhez részletesen hozzárendelik a tervezői, kivitelezői munkálatokat. Az ajánlás arra is javaslatot tesz, hogy a költségek szempontjából mely osztályt milyen építési felületként érdemes felhasználni.

A végső megjelenés a tervezés és kivitelezés összetett folyamatának eredménye, amelyből igazán nem lehet kiragadni egy jelentős fázist vagy szereplőt, mivel bármely mozzanata befolyásolhatja, illetve meghatározó lehet a kész felület tekintetében. Rendkívül sok minden múlik a részleteken. A kivitelezés a normál szerkezetépítéstől eltérően, magas műszaki felkészültséget, kvalifikált szakembereket és különösképp figyelmet igényel. Az 1. ábrán látható, az egyes szereplők kapcsolata a kivitelezés során.



1. ábra Látszóbeton „csapat” [1]

2. LÁTSZÓBETON

A látszóbeton legnagyobb előnye az esztétikus megjelenés, amelyhez a tervezés és a kivitelezés összehangoltsága, fegyelme nélkülözhetetlen. A különösen nagy kivitelezési pontosság nagyobb költségvonzattal rendelkezik, mint a hagyományos beton technológiák. (2-4 ábra) Ezzel szemben a látszóbeton felületek használata során karbantartási költségek terén megtakarításokat érhetünk el, mivel kizsaluzást követően azonnal a kész felületet látjuk. Nincs szükség utólagos felületképzésre, amivel a szűkös határidőkre való tekintettel pénzt és időt takaríthatunk meg. Ennek a gyorsaságnak azonban az-az ára, hogy bármilyen tervezési vagy kivitelezési hiba minőségbeli problémát eredményezhet.

A látszóbeton alkalmazása széles körben elterjedt, melyre a következő képeken láthatunk példákat:



2. ábra Szécsy Tamás Sportuszoda



3. ábra Milleui Viadukt



4. ábra Phaeno Center

A látszóbeton készítése során az egyik legtöbbet előforduló hibaforrás a frissbeton tömörítéséből származik. (5. ábra) Az ilyes fajta hibák kiküszöbölése érdekében célszerű öntömörödő betonkeveréket alkalmazni. A normálbetonok zsaluzatba töltése után a frissbeton megfelelő tömörségét vibrálással érhetjük el. A vibrálás mértéke és ideje nehezen meghatározható, ez könnyen vezethet a felület nem várt inhomogenitásához.



5. ábra Tömörítési hibák

A 90'-es évek elején japán mérnökök magas cementtartalmú nagyszilárdságú betonok készítésekor rendkívül viszkózus viselkedést tapasztaltak. Ez a viselkedés a magas finomrész tartalomnak volt köszönhető. Az öntömörödő beton egy olyan vizes szuszpenzió, amely nem igényel tömörítési energiát a megfelelő bedolgozottsági fok eléréséhez, folyósságának köszönhetően csupán a nehézségi erő hatására, szétosztályozódás és kivérzés nélkül kitölti a zsaluzatot. [2;3;4] Az öntömörödő beton összetétele a normálbeton összetételétől a magas finomrész és a csökkentett durva adalékanyag tartalomban tér el. A különleges reológiai viselkedés a magas finomrész tartalomnak és a szuperfolyósító adalékszernek együttes hatásának köszönhető. [5;6;7] A cementpépben – ami a cement a kiegészítő finom szemcsés anyagok valamint a víz keveréke – a durva adalékszemcsék „úsznak”, „elgördülnek”, így a frissbeton belső sűrűsége lecsökken, a keverék viszkózussá, mozgékonyvá válik. [8;9]

3. LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK

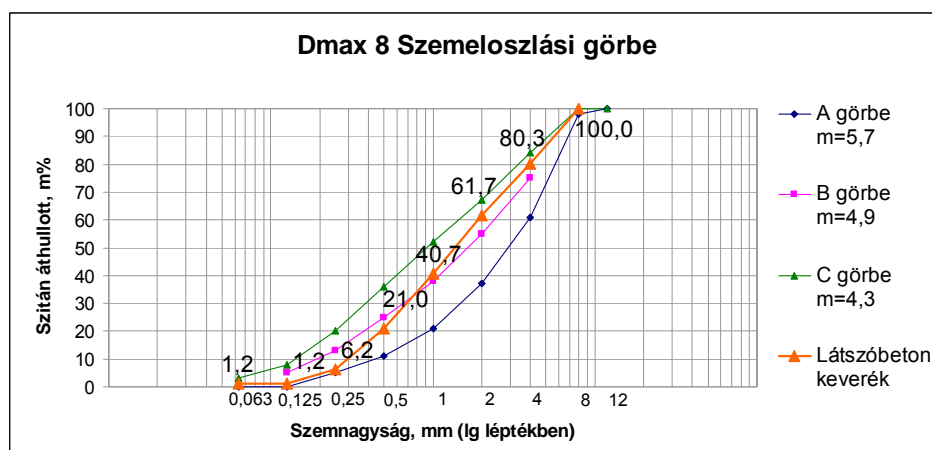
3.1 Vizsgálat tárgya

A Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék Szilárdságtani és Tartószerkezeti Laboratóriumában kísérleteket végeztünk látszóbeton próbatestek készítésével. Kutatásink során különböző beton recepteket és bedolgozási módokat vizsgáltunk annak érdekében, hogy olyan

összetételt és technológiát találjunk, amivel ezen esztétikai hatások fokozhatók. A próbatestek készítése során szem előtt kell tartanunk, hogy a látszóbeton, a normál betonnal ellentétben, nem csak a szilárdsági és tartóssági követelményeknek kell, hogy megfeleljen, hanem nagyon magas esztétikai igényeket is ki kell, hogy elégítsen számos épületszerkezeten, mivel felülete nem kerül vakolásra, elburkolásra, látható marad.

3.2 Adalékanyag

Keverésünk elkezdése előtt az öntömörödő látszóbeton követelményeinek megfelelő szemeloszlású adalékanyagot kellett keresnünk. A régió adalékanyagainak sajátossága a csekély finomrész tartalom. Először Nyékládházáról származó homokos kavics szemeloszlását vizsgáltuk, melyet a Friss Beton Kft. bocsájtott rendelkezésünkre. A 0/4 és 4/12-es frakciókhoz kerestünk olyan keverési arányt, amivel öntömörödő látszóbeton keveréket lehet készíteni. A két frakciót próbáltuk olyan arányban keverni, hogy kísérleteinkhez megfelelő legyen. Az eredmények esetén megfigyeltük a kis finomrész tartalmat. A homok frakció aránya akkor a legmegfelelőbb, ha a B görbéhez simuló diagramot kapunk. Így ez az adalékanyag nem minősült megfelelőnek. Ezt követően Hejőpapiból származó adalékanyagot vizsgáltunk. (6. ábra) Ezen adalékanyag szemeloszlási görbéjén megfigyelhető, hogy itt nagyobb a finomrész tartalom, viszont a görbe felső szakasza kilép az A és C görbe által határolt területről. Azonban a keverékünkhöz $D_{max}=8$ mm legnagyobb szemmagyságú homokos kavics adalékanyag használatát terveztük, ezért a $D=8$ mm-nél nagyobb szemcséket a halmazból eltávolítottuk, ezáltal a megfelelő szemeloszlási görbéhez jutottunk. (6. ábra)



6. ábra Alkalmazott adalékanyag szemeloszlása

3.3 Kísérleti állandók

Kísérleteink során 4 darab betonreceptet alkalmaztunk, melyek esetén állandó volt:

- az adalékanyag szemeloszlási görbéje
- cement típusa CEM II B/M (V-II) 32,5 N
- cement mennyisége 400 kg/m^3
- víz-cement tényező $v/c = 0,48$ (vízmennyisége: 192 l/m^3)
- a kiegészítő anyag típusa mészköliszt

3.4 Kísérleti Változók

A beépítés és a megjelenés szempontjából megkülönböztettünk vízszintes és függőleges bedolgozást, illetve sima és strukturált felületeket. A vízszintes bedolgozás födémeket, a függőleges falakat és pilléreket modellez.

Kísérleti paramétereknél változók voltak:

- pigment használata (tartalmaz, nem tartalmaz)
5 m% a cement tömegéhez viszonyítva (20 kg/m³)
- finomrész-tartalom 580 kg/m³; 600 kg/m³; 620 kg/m³
- víz/finomrész-tartalom

3.5 Próbatetek

A négy beton összetételből keverésenként egyaránt 30 liter betont készítettünk, amelyből 500x500x50 mm-es lemezeket és 150 mm élhosszúságú próbakockákat készítettünk. A próbateteket a kizsaluzást követően az MSZ 4798-1: 2004 [10] szabványnak megfelelően a törés előtti 15. percg víz alatt tároltuk.

3.6 A zsaluzat kialakítása

A különböző bedolgozási irányok és felületi struktúrák megvalósítása érdekében saját tervezésű és készítésű zsaluzatra volt szükségünk. (7. ábra) A kísérleteink során faanyagú zsaluzattal dolgozunk, ami meglehetősen olcsóbb és könnyebben hozzáférhető acél és szilikon társainál, viszont tartóssága elmarad az utóbbiakétól. Zsaluzatot készítettünk 500x500x50 mm-es méretben az álló és fekvő helyzetű lemezek készítéséhez. A felületi struktúra kialakítását Dörken Drain felületszivargó lemezzel, síkpalával és farostlemezzel végeztük. A zsaluzat sérülésmentes leválasztása érdekében BEL-S típusú zsalu leválasztó olajt alkalmaztunk.



7. ábra Alkalmazott zsaluzat

4. FRISSBETON TULAJDONSÁGOK

A frissbeton tulajdonságait az öntömörödő betonhoz tartozó konzisztencia vizsgálatokkal mértük. J-ring blokkoló gyűrűs konzisztencia vizsgálat, a viszkozitás meghatározására a V-funnel vizsgálatot alkalmaztuk illetve L-box vizsgálatot végeztünk az önkiegyenlítő hatás és a zárványképződési hajlam meghatározása céljából. [11;12;13] Ezek mellett minden keverés során számítottuk még a frissbeton testsűrűséget.

A J-ring vizsgálat eredményei 79 és 76 cm között voltak, amik megfelelnek a célzott 65 és 80 cm közötti értékeknek. A V-funnel vizsgálat során 10 és 14 másodperc közötti kifolyási időket mértünk, melyek megfelelnek a $t = 5-15$ másodperces intervallumba. Az L-box vizsgálatok alkalmával mért értékek $t_1 = 2; 3$ illetve $t_2 = 5; 6$ másodperc is megfelelnek a célzott értékeknek. A beton önkiegyenlítő hajlama minden keverés során jobbnak bizonyult, mint a célzott 80%-os érték. (1. táblázat)

A vizsgálatok során zárványképződést nem tapasztaltunk, a durvább szemcsék eloszlása egyenletes volt. Kivérzés és szétosztályozódás jelenségét nem észleltük.

Keverés sorszáma	Recept	Bedolgozási mód	Felületi megjelenés		Térfogat sűrűség [g/cm ³]	J-ring [cm]	V-funnel [s]	L-Box		
			Szín	struktúra [NS/S]				t ₁ [s]	t ₂ [s]	h ₂ /h ₁ [%]
1.	1.1 Recept	fekvő	szürke	NS	2,37	77	12	3	5	88,88
2.	1.2 Recept	fekvő	barna	NS	2,33	78	10	2	5	88,88
3.	2.1 Recept	fekvő	szürke	NS	2,38	76	12	3	6	80,00
4.	2.2 Recept	fekvő	barna	NS	2,37	79	14	2	4	88,88
5.	1.1 Recept	álló	szürke	NS/S	2,31	75	12	3	5	88,88
6.	1.2 Recept	fekvő	barna	S	2,36	76	14	3	5	84,20
7.	2.1 Recept	fekvő	szürke	S	2,37	75	12	3	6	88,88
8.	2.2 Recept	álló	barna	NS/S	2,35	78	13	2	5	88,88

1. táblázat Frissbeton vizsgálatok eredményei

5. MEGSZILÁRDULT BETON TULAJDONSÁGOK

5.1 Nyomószilárdsági vizsgálat

A nyomószilárdsági vizsgálatokat 2 vagy 3 illetve 7, 14 és 28 napos korban a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék Szilárdságtani és Tartószerkezeti Laboratóriumában kísérleteket végeztünk ADR AUTO típusú 3000 kN-os erővezérelt terhelő berendezéssel. A szabvány [10] előírásának megfelelő 11,2 kN/s terhelési sebességgel 150 mm élhosszúságú a törés előtti 15. percig víz alatt tárolt próbakockán. A 2. táblázat a törés előtti testsűrűséget és a törési eredményeket tartalmazza.

Keverés sorszáma	Recept	Bedolgozási mód	Felületi megjelenés		Testsűrűség [g/cm ³]	Nyomószilárdság [N/mm ²]				
			Szín	Struktúra [NS/S]		2	3	7	14	28
1.	1.1 Recept	fekvő	szürke	NS	2,3	13,4	N.A.	29,78	33,4	42,19
2.	1.2 Recept	fekvő	barna	NS	2,26	12,15	N.A.	27,92	34,3	42,92
3.	2.1 Recept	fekvő	szürke	NS	2,31	14,3	N.A.	23,68	34,3	39,73
4.	2.2 Recept	fekvő	barna	NS	2,23	13,65	N.A.	26,41	31,8	38,80
5.	1.1 Recept	álló	szürke	NS/S	2,23	N.A.	17,74	25,9	33,1	39,85
6.	1.2 Recept	fekvő	barna	S	2,32	N.A.	15,28	24,88	35,5	44,04
7.	2.1 Recept	fekvő	szürke	S	2,25	N.A.	18,24	27,34	35,3	42,81
8.	2.2 Recept	álló	barna	NS/S	2,35	N.A.	16,89	24,66	36,2	43,74

2. táblázat Nyomószilárdsági eredmények

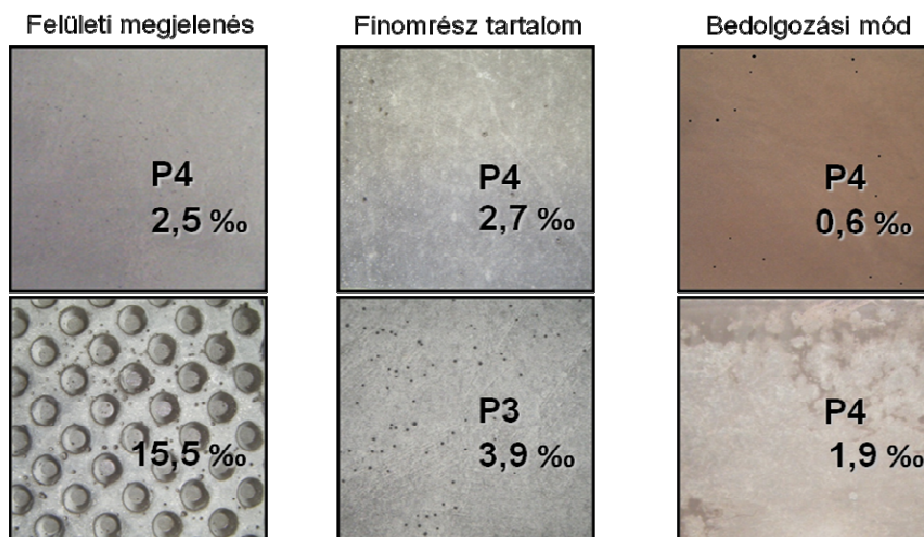
Az átlagos nyomószilárdsági eredmények alapján a próbakockákat a C30/37 – es szilárdsági osztályba sorolhatjuk.

5.2 Felületi pórustartalom vizsgálat

A látszóbeton egyik legfontosabb jellemzője a szilárdsági adatok mellett a felületi megjelenés, amit a porozitás és a simaság szempontjából értékeltünk. A felületek pórustartalom szerinti besorolására a Német Betonszövetség tesz ajánlást [3]. Az ajánlás négy osztályt különböztet meg egy 500*500 mm-es területre eső 2 mm és 150 mm közötti átmérőjű pórusok felületét vizsgálva. A legszigorúbb P4-es osztályban, ezen területre 750 mm² pórus kerülhet ami a mintafelület mindösszesen 3 ezrelékét teszi

ki. A leggyengébb P1-es osztály 3000 mm² pórust tartalmazhat ami esetén a felület 1,2 százaléka pórusos.

Vizsgálataink során összehasonlítottunk egy strukturált és egy sima, egy 580 és egy 600 kg/m³ finomrész tartalmú, illetve egy álló és egy fekvő zsaluzatba bedolgozott keveréket. A strukturált felület esetén beszorulnak a levegőbuborékok, ezáltal azon több pórus látható. A kisebb finomrész tartalmú keverékek esetén több pórust figyeltünk meg, mivel a kevesebb pép nehezebben tölti ki a zsaluzatot. Az álló zsalutáblák mentén könnyebben elgördülnek a pórusok, így jelentősen jobb felülethez jutottunk. Az ajánlás szerint egy felületet nem tudtunk besorolni mivel pórustartalma meghaladta az 1,2 %-ot. (8.ábra)



8. ábra Felületi pórustartalom

5.3 Simaság vizsgálat

Az esztétikai megjelenés mérésére a porozitás mellett a Magyar Építőipari Szövetség ajánlását [2] felhasználva a felület simaságát vizsgáltuk. Simaság szempontjából 3 különböző osztályt különböztethetünk meg, melyekből a legszigorúbb követelményeket kielégítők az A osztályba kerülnek. Ezen épületszerkezetek esetén az L hosszra jutó legnagyobb egyenlőtenség mértéke is kisebb, mint 4L/1000, ahol L a referencia egyenes hossza. A mérési módokat és követelményeket a kivitelezés megkezdése előtt egyeztetni kell. A 3. táblázatban láthatók a simasági vizsgálat eredményei és az ajánlás szerinti besorolás.

Keverés sorszáma	Recept	Bedolgozási mód	Felületi megjelenés		f _{max} [mm]	Simasági osztály
			Szín	struktúra [NS/S]		
1.	1.1 Recept	fekvő	szürke	NS	0,45	A
2.	1.2 Recept	fekvő	barna	NS	0,38	A
3.	2.1 Recept	fekvő	szürke	NS	0,72	A
4.	2.2 Recept	fekvő	barna	NS	0,68	A
5.	1.1 Recept	álló	szürke	NS / S	1,10	A
6.	1.2 Recept	fekvő	barna	S	0,35	A
7.	2.1 Recept	fekvő	szürke	S	0,42	A
8.	2.2 Recept	álló	barna	NS / S	0,98	A

3. táblázat Simaság vizsgálat eredményei

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A kísérleti eredményeink alapján megállapítottuk:

- A 3,4 % finomrész növekedés esetén a felületi pórustartalom ~55 %-al csökkent.
- Pigment használata esetén a szilárdulás folyamata lassabb.
- Függőleges bedolgozás esetén a levegő buborékok a zsaluzat oldala mentén könnyebben távoznak, ezért a felületi pórustartalom 70 %-al csökkent.
- A strukturált felületek felületi pórustartalma a számítógépes értékelés szerint nagyobb, mint a sima felületeké, de szemrevételezéssel nagyobb esztétikai élményt nyújt.
- Az alkalmazott összetételekből készült lemezek felületén árnyalatbeli eltérést nem tapasztaltunk.

A kutatásaink további részeként szeretnénk a 2010-ben megjelent MSZ 24803-6-3:2010 látszóbetonokra vonatkozó magyar szabvány előírásai alapján vizsgálni próbatesteinket és összehasonlítani a kapott eredményeket.

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **K. Ebeling:** „Planungs- und Ausführungshinweise”; Beton 4/98 (1998) alapján
- [2] **Beton és Vasbeton Készítés,** Látszóbeton 1995 Kiadó: Magyar Építőipari Szövetség Budapest pp. 3-7, 13-21 (MÉASZ ME – 04.19:1995)
- [3] **Deutscher Beton- und Bautechnik-verein E.V** Mrkblatt Sichtbeton Fassung August 2004
- [4] **Kovács József Csicsely Attila:** Nagyszilárdságú öntömörödő betonok TDK dolgozat (2006)
- [5] **Balázs L. Gy. – S. G. NEHME:** Innovative materials and technologies for concrete structures, The 3rd Central European Congress on Concrete Engineering, CCC2007 Proceedings, Visegrád Hungary
- [6] **NEHME S. G. – Kovács I. – Kovács J:** Nagyszilárdságú öntömörödő betonok (HSSCC), Építőanyag (2007)
- [7] **NEHME Salem Georges:** A porozitás hatása a beton tulajdonságaira, Beton szakmai havilap XIII. évf. 10. szám (2005)
- [8] **NEHM Salem Georges:** A beton porozitásának hatása a tartósságra, V. nemzetközi vasbetonszerkezet – javítási konferencia (2002)
- [9] **PANKHARDT K. – S. G. NEHME:** Experimental studies on carbon fibre reinforced white cement lightweight mortar elements and concrete elements, The 3rd Central European Congress on Concrete Engineering, CCC2007 Proceedings, Visegrád Hungary, pp. 269-274
- [10] **MSZ 4798-1:2004,** Beton 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés, megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon
- [11] **MSZ EN 12350-12:2010,** A friss beton vizsgálata. 12. rész: Öntömörödő beton. Fékezőgyűrűs vizsgálat.
- [12] **MSZ EN 12350-9:2010,** A friss beton vizsgálata. 9. rész: Öntömörödő beton. Tölcséres kifolyás vizsgálat.
- [13] **MSZ EN 12350-10:2010,** A friss beton vizsgálata. 10. rész: Öntömörödő beton. L szekrényes vizsgálat.

AZ ELVÉGZETT MUNKÁT ÉS A MEGJELENÉST AZ OKTATÁSÉRT
KÖZALAPÍTVÁNY TÁMOGATTA AZ NTP-OKA-XXII-038 PÁLYÁZAT ALAPJÁN.



ASZTALOS Péter – LÁDA PÉTER A BETON LÁTVÁNYA KÍSÉRŐLEVÉL

Jelen kísérőlevél a Debreceni Műszaki Közleményekben megjelenő OTDK versenyen 3. helyezést elérő pályamunkához készült. A hallgatók a tanszéki tevékenységekbe jelenleg is részt vesznek, segítik az Építőanyag tárgycsoportba tartozó kutatások előmenetelét, a Tartószerkezeti és Szilárdságtani Laboratórium munkáját, valamint a kapcsolódó oktatási tevékenységeket. Jelenleg témavezetésünkkel Láda Péter és Asztalos Péter hallgatók közös kutatást végeznek látszóbetonok témakörében. A 2010-es éven elvégzett kísérletsorozat eredményeit elvárásainknak megfelelően feldolgozták, majd TDK dolgozatot készítettek, mely a Kari TDK Konferencián első helyezést ért el. A TDK bizottság a pályamunkát javasolta az OTDK Konferencián való részvételre. A pályamunka a 2011 májusában megrendezett OTDK Konferencián – egy rendkívül kiélezett mezőnyben - 3. helyezést ért el. A pályamunkából összefoglaló cikk készült, melyet a hallgatók előadtak a „Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban” című konferencián, valamint a Műszaki Karon megrendezésre kerülő „Épületszerkezettani” Konferencián.

A Hallgatók tevékenységük során pontosan és precízen elvégezték a rájuk bízott munkát, útmutatásainkat, ajánlásainkat megfontolták, betartották.



Pankhardt Kinga
Témavezető
főiskolai docens
DE-MK
Építőmérnöki Tanszék



Kovács József
Témavezető
műszaki oktató
DE-MK
Építőmérnöki Tanszék