

# Betonkeverékek egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása

## 4. rész: Alakváltozást befolyásoló

### tényezők

PEKÁR GYULA  
gypekar@emi.hu

**Ebben a részben a laboratóriumi kísérletek során készült kisméretű próbahasábok alakváltozásainak vizsgálati eredményeit ismertetjük, és az elemzés során összefüggéseket keresünk a korábbi részekben már ismertetett betonösszetélteli állapotjelzők és a megszilárdult betonok alakváltozása között. Érdekes párhuzam mutatkozik a szilárdságot és az alakváltozást befolyásoló hatásokban, és lehetőség nyílik arra, hogy az alakváltozás is előre becsülhető a betonösszetélteli állapotjelzőkből.**

**1. Az alakváltozás vizsgálata a laboratóriumi kísérletsorozat során**  
Az ÉMI Nonprofit Kft. által 2010-ben indított belső laboratóriumi kísérletsorozatot során Graf-Kaufmann-készülékkel alakváltozási vizsgálatokat is végeztünk. A betonkeverékek összetételei – néhány kivételtől eltekintve – megegyeztek a cikksorozat 3. részében [1] már említett,  $D_{max} \leq 8\text{mm}$  szemnagyságú adalékanyagból készült betonkeverékek összetételével. Kiegészítőként bazaltlisztet alkalmaztunk. Az értékelésbe vont keverékek betonösszetélteli állapotjelzőit a 9. táblázat tartalmazza.

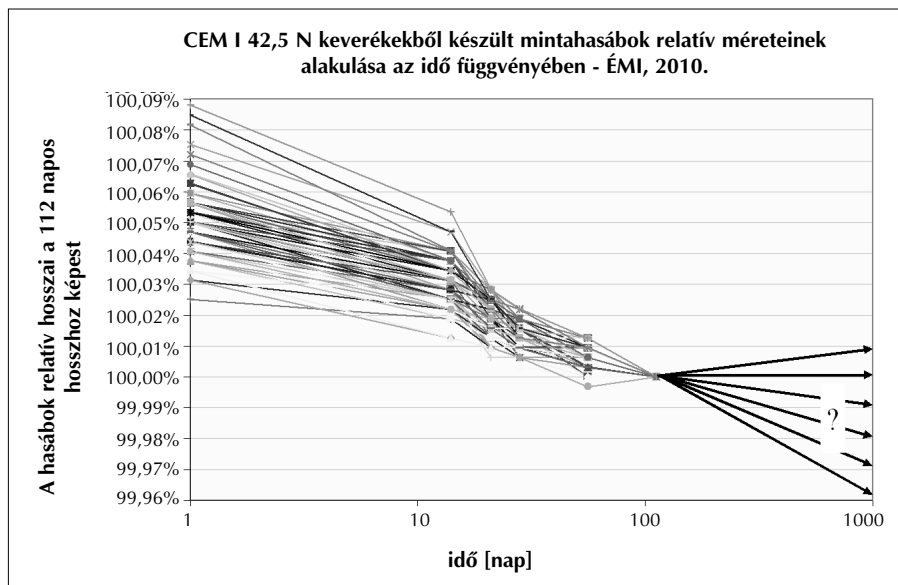
A keverékekből 3-3 darabos sorozatban  $40 \times 40 \times 160$  mm névleges méretű mintahasábokat készítettünk, amelyek véglapjaiba – még friss állapotban – bennmaradó, sárgaréz anyagú mérőtűskéket helyeztünk el. A hasábokat 1 napos korig nedves ruhával letakart zsaluban tartottuk, majd 1 napos korban kiszalasztuk. Ekkor megmértük a próbatetek „induló” tömegeit és felvettük a viszonyítási alaphossz (névlegesen 160 mm + kiálló mérőtűske) pontos méreteit. Tömegvesztés illetve alakváltozás esetén tehát az 1 napos korban kiszal-

aszt próbatet tömegét illetve méretét tekintettük 100%-nak. Ezek után a mintákat 7 napos korig víz alatt „érleltük”, utána pedig labor körülmények között tároltuk. A hőmérsékleteket és páratartalmakat figyelemmel kísértük és feljegyeztük. Rendszeres időközönként, azaz 1, 7, 14, 21, 28, 56, 112, ... naponként mértük a hasábok tömeg- és hosszváltozásait, amelyek alapján számolással határoztuk meg a száradás és alakváltozás relatív mértékét. A tömeg- és alakváltozást előjelhelyesen %-ban fejeztük ki (negatív szám: tömegcsökkenés és zsugorodás, pozitív szám: tömegnövekedés és duzzadás).

E sorok írásakor a 112 napos vizsgálatokon vagyunk túl. Joggal vetődik föl a kérdés, hogy 112 napos korban vajon mely szakaszában tart a beton terheletlen állapotban bekövetkező alakváltozási folyamata? A kérdésre egyértelmű választ csak mérési eredmények birtokában lehet adni, ezért is szeretnénk a saját kísérletekhez kapcsolódó méréseket tovább folytatni a minták egy éves korán túl is. Ami azonban eddigi méréseinkből is már látható, azt a 16. ábra diagramján szemléltetjük. A diagramban a CEM I 42,5 N cementből készült hasábok alakváltozásait ábrázoltuk 1, 14, 21, 28, 56 és 112 napos korban (kihagyva a 7 napos korban mért duzzadás értékeit), ezúttal azonban – ellentét-

ÉMI-kísérletek, 2010. Alakváltozási vizsgálatokba bevont cementfajták	Betonösszetélteli (strukturális) állapotjelzők						Egyéb jellemzők						
	$p$	$x$	$\chi_c$	$\lambda_{AD}$	$l$	hagyományos $v/c$	$a^*$	$f_a^{**}$ m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	$f_z^{***}$ m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	$f_z/f_a$	$c/R^{****}$	$D_{max}$ mm	
CEM I 42,5 N cementes keverékek 27 sorozat	min.	0,098	0,690	0,379	0,000	0,000	0,251	0,495	1587	1,186E+06	111	4,66%	4
	max.	0,472	2,633	0,988	0,049	0,202	1,624	0,769	12168	1,352E+06	747	22,26%	8
	átlag	0,293	1,430	0,762	0,016	0,043	0,665	0,665	7753	1,248E+06	186	12,48%	8
	szórás	0,082	0,572	0,214	0,019	0,036	0,315	0,066	1855	5,522E+04	121	4,76%	1
CEM III/B 32,5 N-S cementes keverékek 25 sorozat	min.	0,203	0,684	0,084	0,000	0,000	0,252	0,522	3145	1,352E+06	119	2,54%	4
	max.	0,465	2,583	0,988	0,051	0,064	3,758	0,757	12168	1,422E+06	452	21,69%	8
	átlag	0,294	1,454	0,657	0,014	0,038	1,177	0,668	7990	1,388E+06	183	9,97%	8
	szórás	0,072	0,555	0,320	0,019	0,016	0,981	0,063	1458	2,773E+04	60	5,67%	1

9. táblázat Az ÉMI 2010. évi alakváltozási vizsgálati során értékelésbe vont keverékek betonösszetélteli állapotjelzői ( $p$ : péparány a betonban,  $x$ : folyadék térfogataránya a pépporhoz képest,  $\chi_c$ : cement térfogataránya a pépporban,  $\lambda_{AD}$ : adalékszer térfogataránya a pépporhoz,  $l$ : levegő térfogataránya a betonban), és egyéb adatai ( $a^*$ : a betonkeverékben lévő adalékanyag térfogataránya,  $f_a^{**}$ : az adalékanyag [ $\Phi > 0,063$  mm] térfogati fajlagos felülete Kausay eljárása szerint [2] számítva,  $f_z^{***}$ : a péppor [ $\Phi < 0,063$  mm] térfogati fajlagos felülete,  $c/R^{****}$ : a cement tömegaránya a betonban)



16. ábra A CEM I 32,5 N cementből készült hasábok alakváltozási folyamata logaritmusos időskálán szemlélve, ha a hasábok 112 napos méreteit tekintjük 100%-nak. A nyilakkal az eddigi trend folytatódása esetén az 1000 napos korra prognosztizálható alakváltozás lehetséges értékeit jelöljük. A „?” utalás arra, hogy minden prognózist csak valós mérési eredmények hitelesíthetnek.

ben az előző bekezdésben írottakkal – nem az 1 napos, hanem a 112 napos korban mért hosszúságot tekintettük viszonyítási alapnak (100%-nak), és ehhez képest számoltuk ki és ábrázoltuk a hasábok „múltbeli” relatív hosszúságait. A görbesereg a 112 napos korban értelemszerűen egyetlen pontba (100%) csomósodik, mintegy látványossá téve az időben előtte zajló alakváltozási folyamat „kusza dinamikáját”, sejtetve az utána várható alakváltozás lehetséges mértékeit a logaritmusos léptékű időskálán. Az ábra alapján az eddigi 112 nap alatt az 1000 nap időtartamra vetíthető zsugorodási folyamatnak már legalább 2/3-a lejátszódott és felmerül egy sejtés: az alakváltozás mértéke – az egyéb körülmények azonossága esetén – az idő logaritmusával (vagy annak valamely hatványával) arányos, amit az eredmények statisztikai elemzése erősíthet vagy cáfolhat meg.

## 2. A betonok alakváltozását befolyásoló tényezők a szakirodalomban

A vonatkozó szakirodalom átfogó elemzésére ezúttal sem vállalkozhatunk. Az általunk vizsgált alakváltozás a klasszikusan elfogadott nézetek alapján a betonok ún. „száradási” zsugorodásának a kategóriájába

szorolható, amelyre vonatkozóan az egyetemi tananyagokból [3] [4], és a MÉASZ ME-04-19-ben irányelvűből tájékozódhatunk [5].

Két megállapítást szeretnék felidézni, az egyik Ujhelyi Jánostól származik [6]: „A beton összetételét tekintve a zsugorodás akkor növekszik, ha nő a cement és a víz adagolása, *nő az adalékanyag finomrészeinek mennyisége* (kiemelés tőlem: P. Gy.). Ezeknél a hatásoknál azonban sokkal jelentősebbek a külső körülmények [7]: „a tárolás módja és körülményei.” A másik, Erdélyi Attilától származó idézet a 2007. évi Cement-Beton Zsebkönyv 8.11. fejezetében konkrét értékhatárokat is említ [8]: „A  $v/c$  csökkentése tehát a legjobb módja az  $\epsilon_{cds}$  száradási zsugorodás mérséklésének, - a cementtartalom visszafogásával együtt. Ha  $v/c = 0,3-0,35$  és  $c = 450 \text{ kg/m}^3$ , akkor  $0,3-0,4\%$  lesz a  $t=\infty$  időre várható teljes száradási zsugorodás”.

Saját kísérleteink csak egy részterületet érintettek, és óhatatlanul is mindössze néhány betonalkotó anyag hatásának vizsgálatára terjedhettek ki, azonban az célunk volt, hogy „frissen mért” tényadatokkal nyerjünk megerősítést az irodalmi közlésekre. Mindezek mellett kíváncsiak voltunk arra is, hogy igazolható-e betonössze-

tételi állapotjelzők alakváltozásra gyakorolt hatása, és ha igen, milyen módon írható le ezek a hatások. Ebbéli elvárásainkat a kísérleti beállítások viszonylagos nagy számára alapoztuk, amellyel, hogy a minták tárolási módjában és a külső körülmények biztosításában törekedtünk az azonos feltételek biztosítására.

## 3. Az alakváltozási eredmények értékelése

A vizsgálati eredményeket kétféle megközelítésből dolgoztuk fel, csakúgy, mint a nyomószilárdság esetében: végigfuttattuk a számításokat a betonösszetételi állapotjelzőkre ( $\rho$ ,  $x$ ,  $\chi_c$ ), és a hagyományos hatékony  $v/c$  tényezőre is (utóbbi esetben a  $c/R$  cement-tömegarány és a  $\chi_c$  változókkal együtt).

Mindezekben túlmenően értékelni kívántuk az adalékanyagok finomrésztartalmának a hatását is, ezért további változóként mindkét esetben bevezettük az  $f_z/f_a$  arányt is, amely nem más, mint a keverékben lévő péppor és adalékanyag térfogati fajlagos felületeinek aránya. Az adalékanyagok térfogati fajlagos felületeit lényegében Kausay eljárása szerint [2] a szemmegoszlásokból számoltuk, azzal az eltéréssel, hogy az alaktényezőt 5-re vettük (ennek indoklását és a számítás menetét itt nem ismertetjük). Pépporok esetében a Blaine-eljárással kapott eredményekből számítottuk a térfogati fajlagos felületeket. A fajlagos felületek arányainak gyakorlati jelentése van, ezt szeretnénk kihangsúlyozni. Közel azonos őrlésfinomságú cement + kiegészítőanyag pépporkeverék és  $D_{max} \leq 8 \text{ mm}$  adalékanyag esetén, ha  $f_z/f_a < 140$ , akkor az adalékanyag „homokdús”, ha  $140 \leq f_z/f_a < 190$ , akkor „közepes homoktartalmú”, ha  $190 \leq f_z/f_a < 450$ , akkor „homokszegény”, ha pedig  $450 \leq f_z/f_a$ , akkor „homokhiányos”. A térfogati fajlagos felületek aránya fontos tényezőként jöhet számításba nem csak a zsugorodás, de a frissbeton konzisztenciára gyakorolt hatás szempontjából is, amiről a folytatásban még lesz szó.

Végezetül – tekintettel arra, hogy ugyanazon mintadarabokat különböző időpontokban is mértük – önként adódott, hogy a beton korát ( $t$  [nap]) is változóként vegyük figyelembe – már csak a 16. ábra kapcsán megfogalmazódott sejtés leellenőrzése végett is.

### 3.1. Alakváltozás függése a beton-összetételi állapotjelzőktől

Itt nem részletezendő számítások után a kísérleti keverékekből készült hasábok alakváltozásának (száradási zsugorodásának) közelítő becslésére a (35) összefüggést találtuk jól illeszkedőnek (helykímélés végett most csak a szorzótényezős-hatványkitevős formát közöljük, a logaritmikus alakot nem):

$$\varepsilon_{\text{cds}}(t) = A \cdot \frac{(1+x)^{n_x}}{\chi_c^{n_\chi}} \cdot \left(\frac{p}{a}\right)^{n_p} \cdot \left(\frac{f_z}{f_a}\right)^{n_f} \cdot (\ln t)^{n_t} \quad (35)$$

ahol  $\varepsilon_{\text{cds}}(t)$  a hasábok száradási alakváltozásának várható értéke %-ban,  $28 \leq t \leq 112$  napos korban,

$A$  kísérleti állandó,

$x$  a folyadék-por térfogati tényező a pépben,  $n_x$  az  $(1+x)$  kitevője,

$\chi_c$  - a cement térfogataránya a pép-porban,  $n_\chi$  a  $\chi_c$  kitevője,

$p/a$  - a pép és adalékanyag térfogataránya a betonban,  $n_p$  a  $p/a$  kitevője,

$f_z/f_a$  - a péppor és adalékanyag térfogati felületének aránya,  $n_f$  az  $f$  kitevője,

$t$  [nap] - a beton kora a  $28 \leq t \leq 112$  nap értelmezési tartományban,  $n_t$  az  $\ln t$  kitevője.

### 3.2. Alakváltozás függése a $v/c$ tényezőtől és a cementtartalomtól

Ha  $x$  helyett  $v/c$ -t,  $p/a$  helyett pedig a  $c/R$  cementarányt vezetjük be változóként, akkor az eredmények értékeléséből a (36) szorzótényezős-kitevős

alakú összefüggéshez jutunk:

$$\varepsilon_{\text{cds}}(t) = A \cdot \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^{n_v} \cdot \left(\frac{c}{R}\right)^{n_c}}{\chi_c^{n_\chi}} \cdot \left(\frac{f_z}{f_a}\right)^{n_f} \cdot (\ln t)^{n_t} \quad (36)$$

ahol  $v/c$  a hagyományos víz-cement tényező,  $n_v$  a  $v/c$  kitevője,

$c/R$  a cement tömegaránya a betonban,  $n_c$  a  $c/R$  kitevője ( $R$  beton test-sűrűség),

a többi jelölés megegyezik a (35) képlet jelölésével.

A 10. táblázatban összefoglaljuk a (36) képlet paramétereit a két vizsgált cementfajtára, a 9. táblázat szerinti értelmezési tartományokban.

### 3.3. Az alakváltozás kétfajta becslési módszerének összehasonlítása

A fent ismertetett két becslési módszer statisztikai megbízhatóság szempontjából gyakorlatilag egyenértékű, amint azt a 10. táblázat adataiból láthatjuk.

Ha a 28, 56 és 112 napos alakváltozások becslött és mért értékeit ábrázoljuk az összes hasáb esetén, akkor nem találunk lényeges eltérést a két becslési módszer között (lásd 17. ábrát). A két módszer között statisztikai értelemben nem látszik különbség.

### 4. Néhány érdekes következtetés a vizsgált cementfajták alakváltozási tulajdonságairól

Ha a CEM III/B 32,5 N-S cementes keverékek – 9. táblázat szerinti – vizsgálati tartományára becslési nomogramot készítünk (18. ábra), ahol a „szintvonalak” közötti azonos tónusú sávok a (közel) azonos mértékű alakváltozást jelölik, akkor láthatjuk,

hogy a  $x$ - $\chi_c$ - $p/a$ -alapú becslés alacsony  $\chi_c$ -értékek esetén egyre kevésbé „érzékeny” az  $x$  folyadék-por térfogati tényező növelésére, viszont annál érzékenyebb a  $\chi_c$  csökkenésére, azaz a kiegészítőanyag-tartalom növelésére. A nomogram szintvonalai ebben a tartományban besűrűsödnek, ami a becslés instabilitására utal. Az alakváltozás becslésére ezért a  $v/c$ - $c/R$ - $\chi_c$ -alapú becslés látszik stabilabbnak (19. ábra). Ez furcsa „fordított analógiában” áll a szilárdságbecsléssel, amikor éppen a  $v/c$ - $c/R$ -alapú becslésnél tapasztaltuk a nomogramok „szintvonalainak” a „besűrűsödését”, és abban az esetben a  $p$ - $x$ - $\chi_c$ -alapú becslés látszott stabilabbnak.

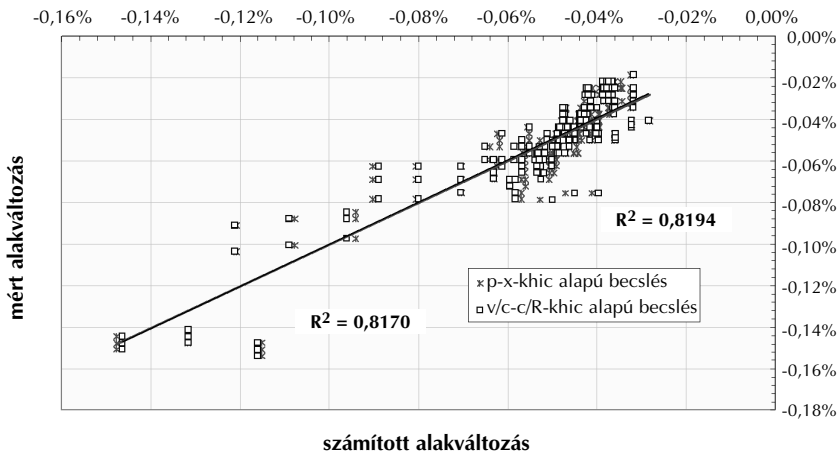
Előzőek más hangsúlyok mentén is megfogalmazhatók: a kiegészítőanyag-tartalom növelése a zsugorodás kisebb-nagyobb mértékű növekedésével jár. Ez különösen a 18. ábrából egyértelmű: extrém alacsony  $\chi_c$  értékekre (tehát igen magas kiegészítőanyag-tartalomra) már igen tetemes mértékűre, akár -0,10%-ra is rúghat a 112 napos alakváltozás mértéke! A kiegészítőanyag-tartalom növelése a CEM I 42,5 N cementes keverékek esetén is kimutathatóan növeli a zsugorodást.

Érdekesnek mutatkozik a homoktartalom hatása is. A 20. és 21. ábrákon láthatjuk, hogy ha a 18. és 19. ábrák keverékeihez képest jelentősen megnövekszik a homoktartalom, tehát ha az  $f_z/f_a = 183$  arány  $f_z/f_a = 119$ -re csökken, akkor a CEM III/B 32,5 N-S cementekből készült keverékek zsugorodásai jelentős mértékben megnőnek; extrém alacsony  $\chi_c$  értékekre (azaz magas kiegészítőanyag-tartalom

	cementfajta	Egyenletek paramétereit						statisztikai adatok	
		A	$n_t$	$n_\chi$	$n_x$	$n_p$	$n_f$	R <sup>2</sup>	Becslési hiba szórása
<b><math>\chi_c</math>-<math>x</math>-<math>p</math> alapú becslés (35. képlet)</b>	CEM I 42,5 N	-9,8393x10 <sup>-5</sup>	0,8570	0,3432	0,2234	0,4424	0,0700	0,8126	0,0053%
	CEM III/B 32,5 N-S	-7,1735x10 <sup>-3</sup>	0,7172	0,3841	0,2849	0,1056	-0,8021	0,8170	0,0108%
<b><math>v/c</math>-<math>c/R</math> alapú becslés (36. képlet)</b>	CEM I 42,5 N	-3,6727x10 <sup>-4</sup>	0,8579	0,5359	0,3942	0,5425	0,0313	0,7890	0,0057%
	CEM III/B 32,5 N-S	-1,0940x10 <sup>-2</sup>	0,6673	0,2797	0,2881	0,2235	-0,6932	0,8194	0,0107%

10. táblázat A (35) és (36) becslőképletek paramétereit a vizsgált két cementfajtára

CEM III/B 32,5 N-S cementből készült próbatetek számított és mért alakváltozásai közötti összefüggés a 28, 56 és 112 napos minták esetén - ÉMI, 2010.



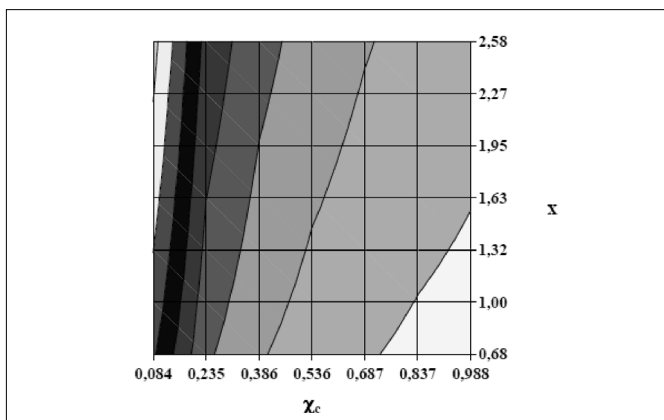
17. ábra A CEM III/B 32,5 N-S cementből készült próbatetek 28, 56 és 112 napos alakváltozásainak (35) illetve (36) képletekből becsült értékei és a ténylegesen mért értékek között, az ÉMI 2010. évi kísérletei során

esetén) akár a -0,15% mértéket is elérheti az alakváltozás mértéke! Ugyanakkor a CEM I 42,5 N cementből készült keverékek zsugorodását – az általunk vizsgált tartományban – a homoktartalom változása csak nagyon

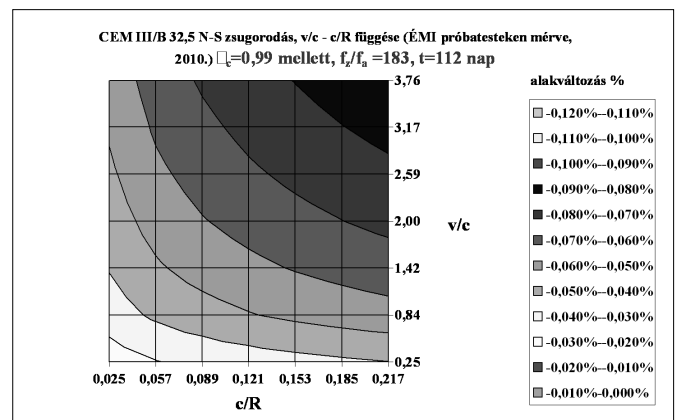
kis mértékben befolyásolja, amit az  $n_t$  kitevő 0-hoz közel eső értéke is kifejez.

Ha a két vizsgált cementfajta alakváltozási tulajdonságait kívánjuk összehasonlítani, akkor érdemes megnézni a gyakorlatilag kiegészítőanyag nélküli ( $\chi_c=0,99$ ) és közepes homoktartalmú ( $f_z/f_a=180-190$ ) keverékeket abban a tartományban, amelyben mindkét cementből volt mérésünk (lásd 22. és 23. ábra). Látható, hogy ebben a tartományban a CEM III/B 32,5 N-S cementes keverékek valamelyest kevésbé zsugorodnak a CEM I 42,5 N-es keverékekhez képest.

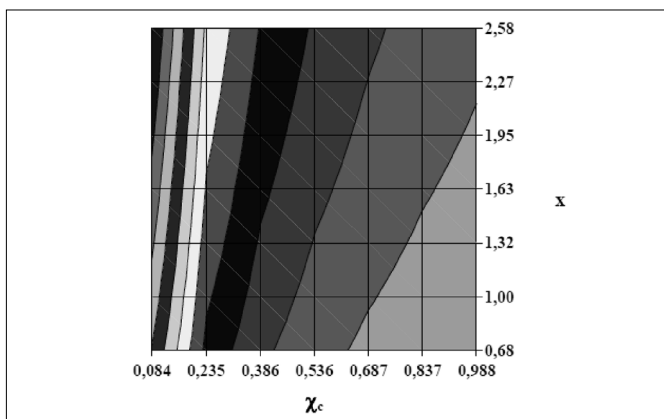
Ha azonban 15 tf% (inert kőliszt) kiegészítőanyagot teszünk a pépporba, ráadásul megnöveljük az adalékanyag homoktartalmát is ( $f_z/f_a=110-120$ ), akkor „fordul a kocka”: bár nagy cementtartalmak esetén még csekély a



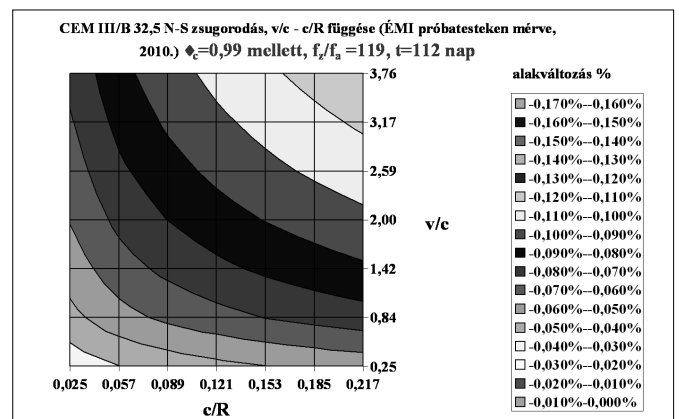
18. ábra CEM III/B 32,5 N-S cementtel készült keverékek  $x-\chi_c/p/a$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $p=0,294$  és  $f_z/f_a=183$  (közepes homoktartalmú adalékanyag) esetén



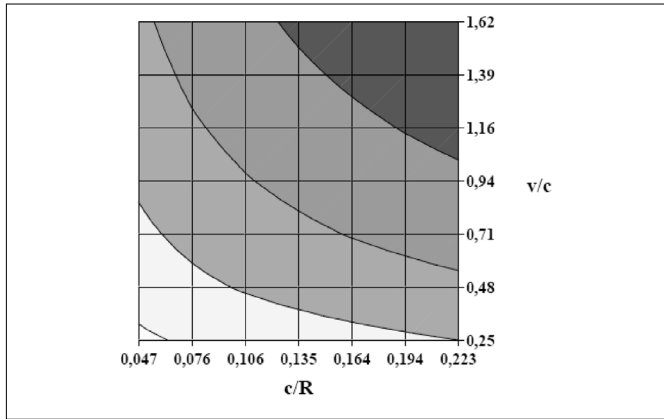
19. ábra CEM III/B 32,5 N-S cementtel készült keverékek  $v/c-c/R-\chi_c$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $\chi_c=0,99$  és  $f_z/f_a=183$  (tisztá cementes péppor, közepes homoktartalmú adalékanyag) esetén



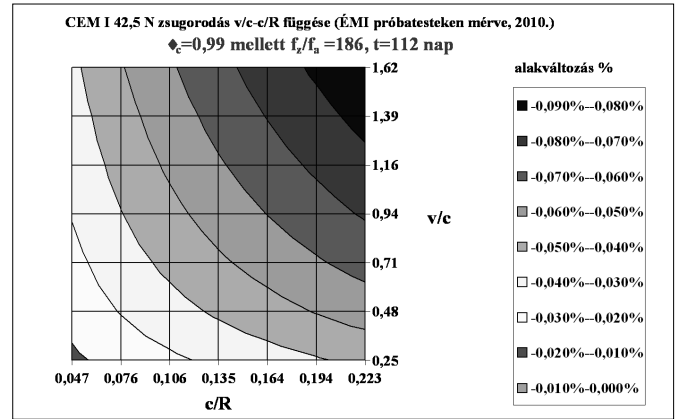
20. ábra CEM III/B 32,5 N-S cementtel készült keverékek  $x-\chi_c/p/a$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $p=0,294$  és  $f_z/f_a=119$  (homokdús adalékanyag) esetén



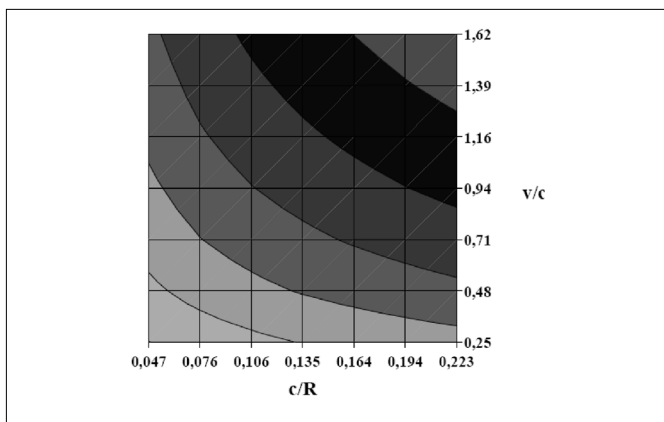
21. ábra CEM III/B 32,5 N-S cementtel készült keverékek  $v/c-c/R-\chi_c$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $\chi_c=0,99$  és  $f_z/f_a=119$  (tisztá cementes péppor, homokdús adalékanyag) esetén



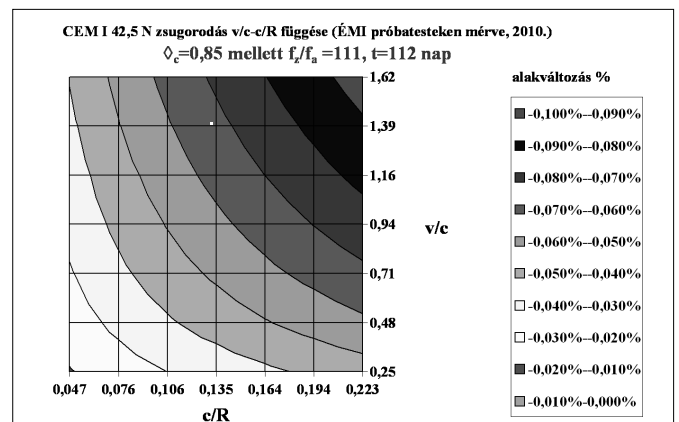
22. ábra CEM III/B 32,5 N-S cementtel készült keverékek  $v/c$ - $c/R$ - $\chi_c$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $\chi_c=0,99$  és  $f_{ct}/f_a=183$  (tisztá cementes péppor, közepes homoktartalmú adalékanyag) esetén



23. ábra CEM I 42,5 N cementtel készült keverékek  $v/c$ - $c/R$ - $\chi_c$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $\chi_c=0,99$  és  $f_{ct}/f_a=186$  (tisztá cementes péppor, közepes homoktartalmú adalékanyag) esetén



24. ábra CEM III/B 32,5 N-S cementtel készült keverékek  $v/c$ - $c/R$ - $\chi_c$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $\chi_c=0,85$  és  $f_{ct}/f_a=119$  (15 tf% kiegészítő, homokdús adalékanyag) esetén



25. ábra CEM I 42,5 N cementtel készült keverékek  $v/c$ - $c/R$ - $\chi_c$ -alapú alakváltozás-becslő nomogramja  $t=112$  napos korban,  $\chi_c=0,85$  és  $f_{ct}/f_a=111$  (15 tf% kiegészítő, homokdús adalékanyag) esetén

különbség a két cementfajta zsugorodása között, de alacsonyabb cement-adagolások esetén már határozottan a CEM I 42,5 N-es keverékek mutatnak kisebb zsugorodást (lásd 24. és 25. ábrák).

Ha a szakirodalomból idézett megállapításokkal (2. pont) vetjük össze eredményeinket, akkor a lényegét illetően jó egyezőséget tapasztalunk, (ennek részletezése már nem fér e cikk kereteibe), ugyanakkor újszerű tényekre is rámutattunk a kiegészítőanyagok alakváltozásra gyakorolt hatásait illetően, illetve az adalékanyagok homoktartalma hatásának számszerűsítése terén.

A betonösszetélteli állapotjelzők hatása a megszilárdult betonok alakváltozására markánsan igazolható, ám számos mérés lesz szükséges a jövőben, hogy a különböző tulajdonságú betonalkotók (cementek, kiegészítők,

adalékanyagok, zsugorodáscsökkentő szerek, stb.) illetve a belőlük készült keverékek alakváltozási viselkedését a kor követelményeihez igazodó alapos-sággal feltárhassuk.

#### Felhasznált irodalom

- [1] Pekár Gy.: Betonkeverékek egyszerűsített alapmodellje és alkalmazása 3. rész: Nyomószilárdságot befolyásoló tényezők, Beton XIX. évf. 2. szám 2011. február, pp 14-18.
- [2] Kausay T: Beton adalékanyagok szem-megoszlási jellemzőinek számítása grafoanalitikus módon. Vasbetonépítés. VI. évf. 1. szám 2004. pp 3-11.
- [3] Dr. Balázs György: Építőanyagok és kémia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.
- [4] Molnár V.: ÉPÍTŐANYAGOK II. Széchenyi István Egyetem, Győr, 2005. Prezentációs anyag, készült a HEFOP 3.3.1-P-2004-09-0102/1.0 támogatásával.
- [5] MÉASZ ME-04.19:1995 Műszaki előírás beton és vasbeton készítésére. 16.

fejezet. Kis zsugorodású és csekély kúszású betonok. Magyar Építőanyagipari Szövetség, Budapest, 1995.

- [6] Ujhelyi J.: Könnyűadalékanyagos beton alkalmazása feszített szerkezetekhez. Magyar Építőipar. 1961. 9. pp 401-405.
- [7] Rothfuchs G.: Über die Schwindung von Leichtbetonsteinen. Betonstein Zeitung, 1953. I.
- [8] Cement-Beton Zsebkönyv 2007., szerkesztette: Kovács József. 8.11. fejezet: Kis zsugorodású és csekély kúszású betonok. pp. 204-209. Duna-Dráva Cement Kft., Vác.

## HELYREIGAZÍTÁS

A 2011. februári számban, Pekár Gyula cikksorozatának harmadik részében, a 8. táblázat fejlécében felcserélődött az állapotjelzők jelölése. A helyes sorrend:  $\chi_c$ ,  $x$ ,  $\rho$ ,  $l$ ,  $\lambda_{AD}$ .

A hibáért szíves elnézésüket kérjük.