A BETON NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYBA SOROLÁSÁNAK KRITIKÁJA – A JELLEMZŐ ÉRTÉK SZÁMÍTÁSA, A PRÓBATESTEK NYOMOTT FELÜLETÉNEK CSISZOLÁSA

(A Tokajban, 2017. augusztus 31. és szeptember 1. között tartott CCC2017 középeurópai betontechnológiai konferencián angol nyelven elhangzott előadás bővített magyar szövege)

Dr. Kausay Tibor – Dr. Simon K. Tamás *(BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék)*

ÖSSZEFOGLALÁS

Nagy a valószínűsége annak, hogy valamely adott összetételű beton átlagos nyomószilárdságát az európai termékszabványnak (*EN 206:2013*) a nyomószilárdsági megfelelőségi feltétele alapján értékelve a beton nyomószilárdsági osztálya legalább eggyel nagyobbra, azaz látszólag jobb minőségűre adódik, mint az ugyanazon beton valós, – a betonszerkezetek Eurocode méretezési szabványai (*EN 1990:2002, EN 1992-1-1:2004, EN 1992-2:2005, EN 1992-3:2006*) szerint számított – nyomószilárdsági osztálya.

E kockázatos gyakorlattal szemben az új magyar *MSZ 4798:2016 betonszabvány P melléklete* lehetőséget ad az ugyanolyan nyomószilárdsági osztályú, de nagyobb átlagszilárdságú, a szilárdságot – a 2004 előttit megközelítő – nagyobb biztonsággal magában hordozó, tartósabb beton alkalmazására, amelynek megkülönböztető jele: AC_{50}(H). A magyar AC_{50}(H) jelű beton szilárdsága, biztonsága és tartóssága megközelíti azt az értéket, amellyel a tervezők ma az Eurocode szabvány alapján a vasbetonszerkezetek méretezése során számolnak.

Ennek azonban az is a feltétele, hogy a próbatestek nyomószilárdság vizsgálati módszerének összhangban kell lennie a nyomószilárdság követelmény számértékével. Ezért a magyar MSZ 4798:2016 betonszabvány arról is szól, hogy a csiszolt felületű próbahengerek nyomószilárdság vizsgálata – a mért törési eredmény korrigálása nélkül – nem ad elfogadható eredményt; a magyar MSZE 15612:2014 csatornázási betonaknaelem előszabvány szerint pedig a próbahenger nyomott felületeit csiszolni nem szabad.

1. A JELLEMZŐ (KARAKTERISZTIKUS) ÉRTÉK SZÁMÍTÁSA

A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteink biztonságát és tartósságát veszélyezteti, hogy az *MSZ EN 206:2013* európai betontermékszabvány és annak magyar nemzeti alkalmazási feltétele, az *MSZ 4798:2016* betontermékszabvány szerint a meg nem felelő szilárdságú beton elfogadási valószínűsége általában mintegy 70% is lehet, szemben az Eurocode és Eurocode 2 (*MSZ EN 1990:2011, MSZ EN 1992-1-1:2010* stb.) tervezési szabványokkal, amelyek esetén a meg nem felelő szilárdságú beton megengedett elfogadási valószínűsége legfeljebb mintegy 50%.

A beton termékszabványok és a tervezési szabványok kritikus nyomószilárdsági elfogadási valószínűségeinek eltérő voltát az OC-görbék (Operating characteristic curve) eltérő futása fejezi ki (*1. ábra*). Az *1.ábrán* látni, hogy a beton nyomószilárdságok értékelése során az eltérő OC-görbék következtében a beton termékszabványok és a tervezési szabványok szerint ugyanazon beton nyomószilárdságának jellemző értékét eltérő összefüggésekkel, eltérő alulmaradási tágasságokkal kell meghatározni.

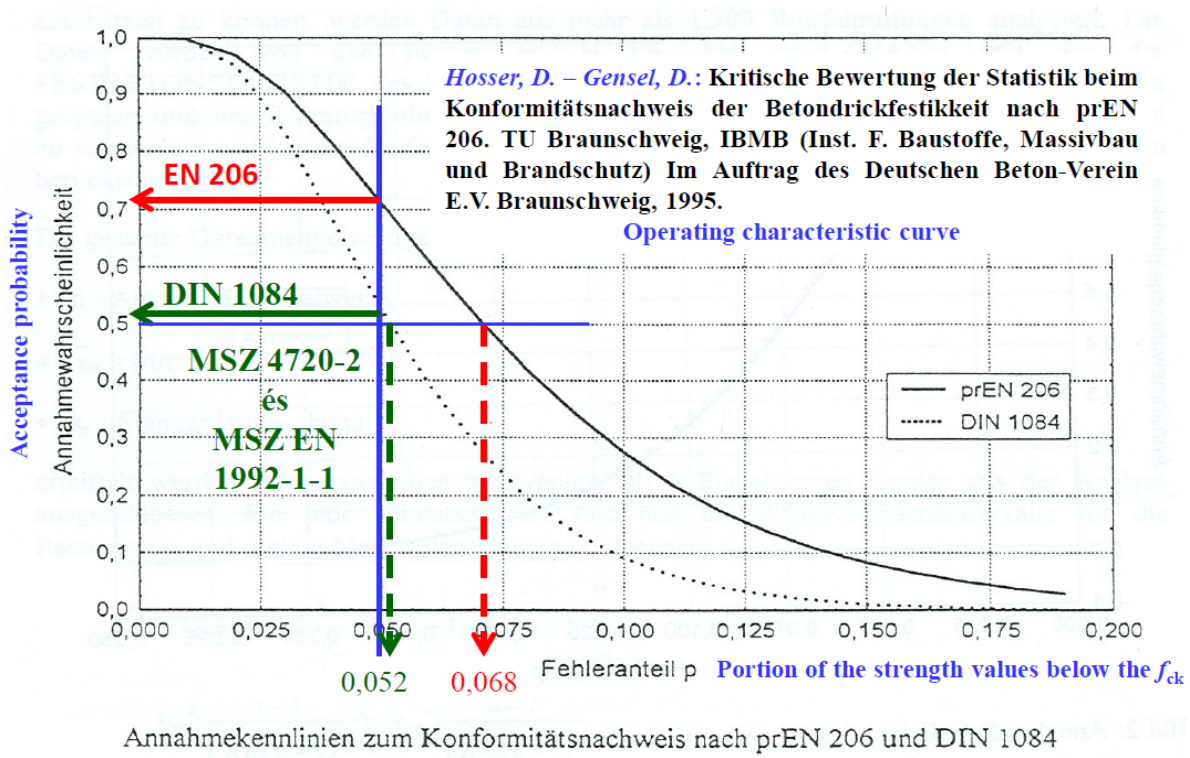
1. táblázat: Alulmaradási tényezők

Mintaszám *n*	*Student*-tényező, t_n (*Stange et al., 1966*)	*Taerwe*-tényező, λ_n (*Taerwe, 1986*)
2	6,314	
3	2,920	2,67
4	2,353	2,20
5	2,132	1,99
6	2,015	1,87
7	1,943	1,77
8	1,895	1,72
9	1,860	1,67
10	1,833	1,62
11	1,812	1,58
12	1,796	1,55
13	1,782	1,52
14	1,771	1,50
15	1,761	1,48
20	1,729	–
30	1,699	–
∞	1,645	–

Az alulmaradási tágasság

- az MSZ 4798:2016 termékszabvány szerint – amely álló betűvel magában foglalja az MSZ EN 206:2013 termékszabványt is –
  - vagy a *Taerwe*-féle alulmaradási tényező (λ_n) függvénye
  - vagy konstans 4 N/mm^2,
- az Eurocode 2 tervezési szabvány szerint
  - vagy a *Student*-féle alulmaradási tényező (t_n) függvénye
  - vagy konstans 8 N/mm^2 (*1. táblázat*)

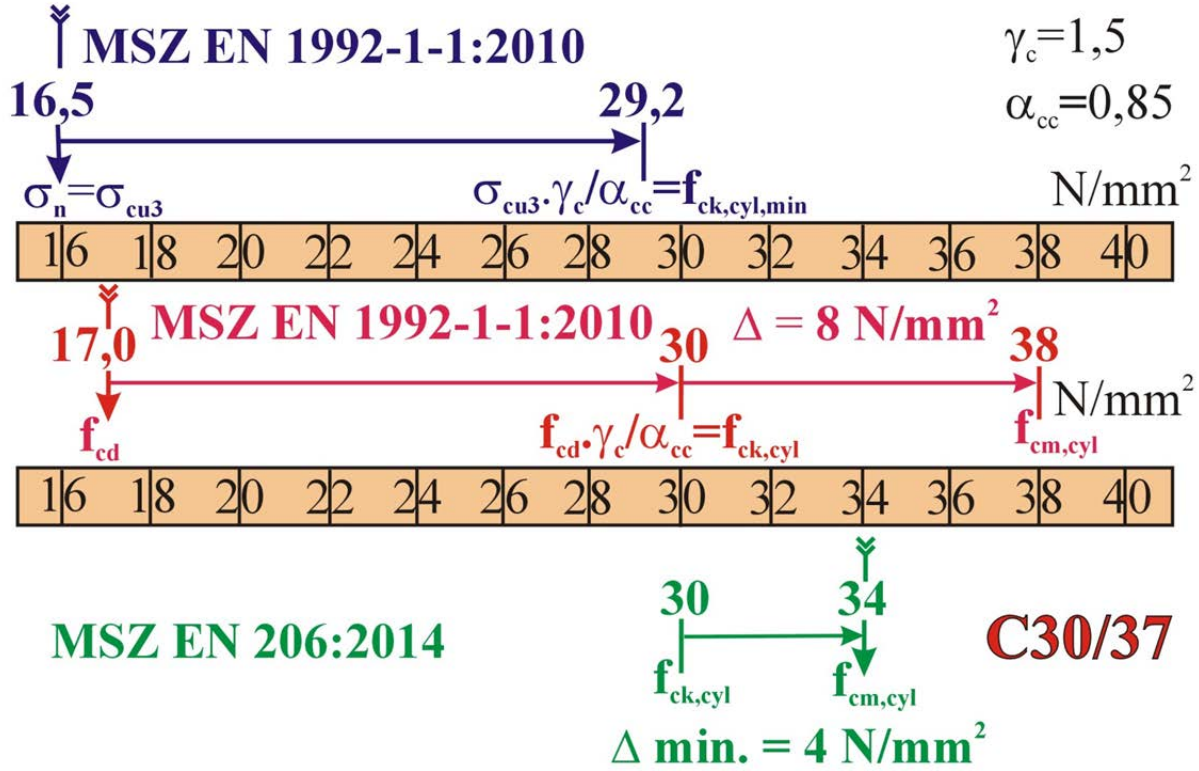
Ez azt eredményezi, hogy valamely adott összetételű beton átlagos nyomószilárdságát a beton termékszabványok alapján értékelve, a beton nagy valószínűséggel legalább eggyel nagyobb nyomószilárdsági osztályúra (jelűre), azaz látszólag jobb minőségűre adódik, mint az ugyanolyan összetételű beton az Eurocode 2 méretezési szabvány szerint értékelve. A beton termékszabványok szerint megfelelő nyomószilárdságú betonok nyomószilárdsága elmarad az Eurocode 2 méretezési szabvány modelljében elvárt nyomószilárdságtól (*2. ábra*).



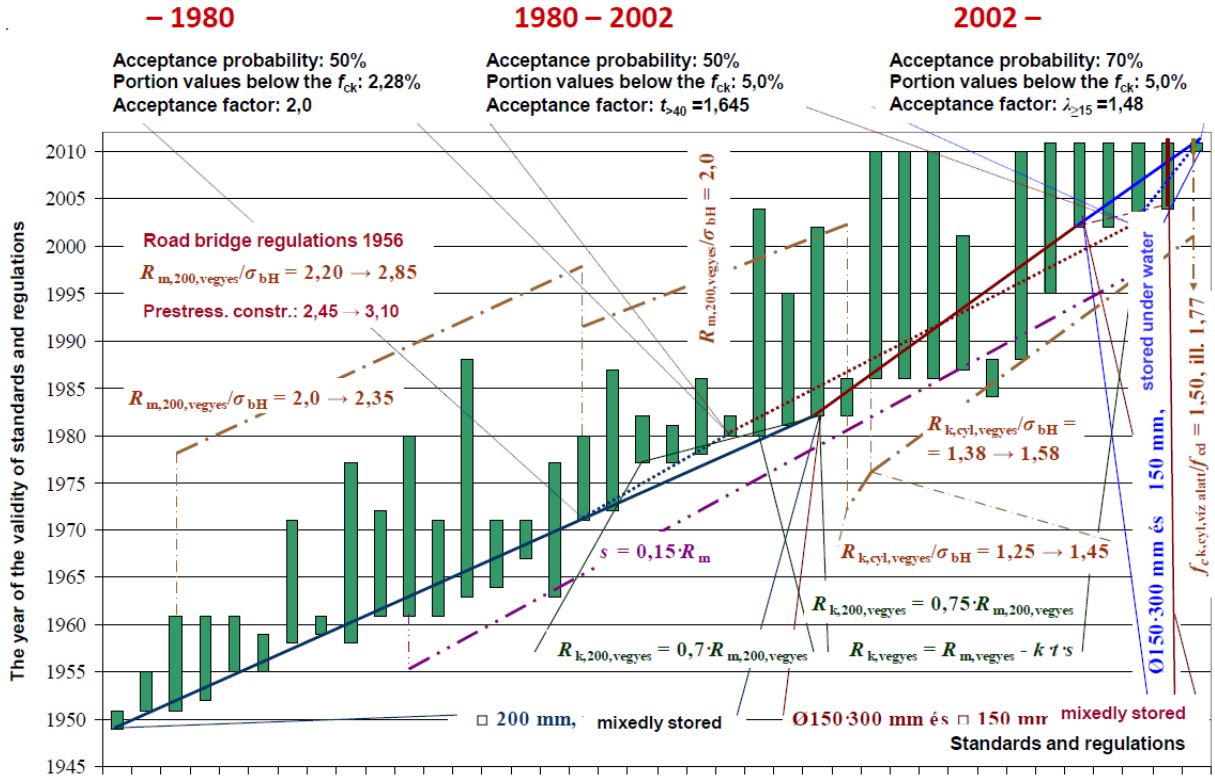
Annahmekennlinien zum Konformitätsnachweis nach prEN 206 und DIN 1084

1. ábra: Elfogadási jelleggörbe (Operating characteristic curve) a megfelelőség igazolásához az MSZ EN 206:2013+A1:2017, az MSZ EN 1992-1-1:2010, a visszavont MSZ 4720-2:1980 és DIN 1084-1:1978 szabvány szerint

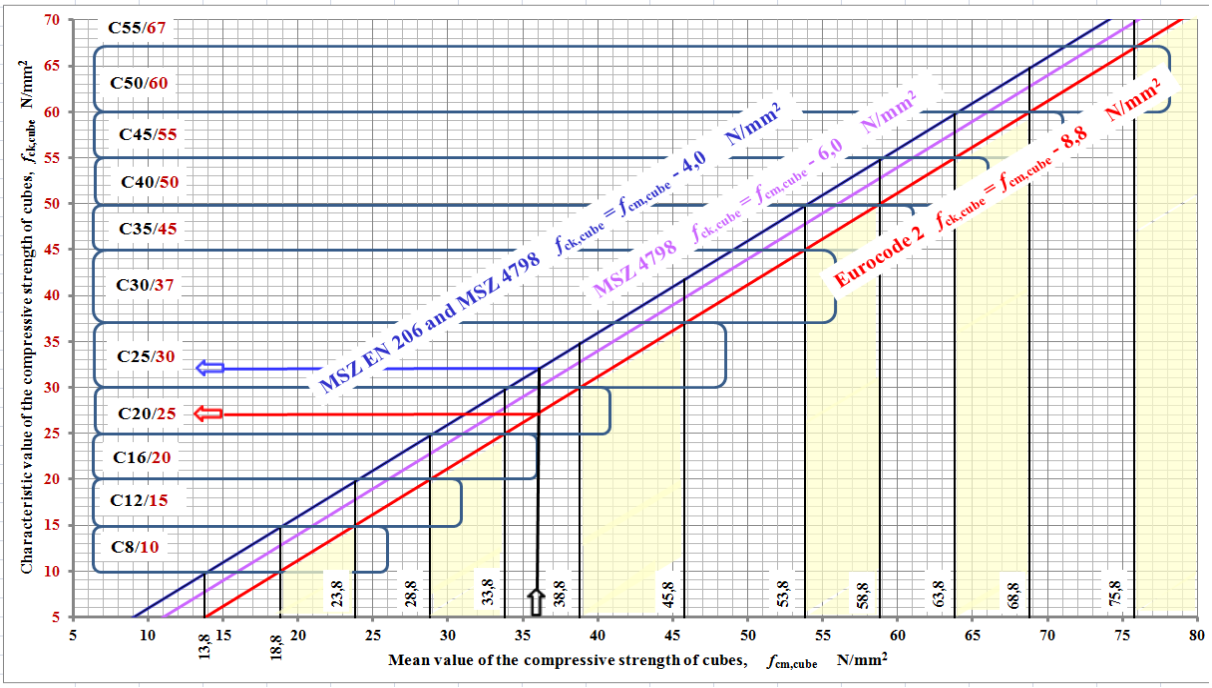
A mai helyzettel ellentétben 2004 előtt teljes összhang volt a magyar beton termékszabvány (MSZ 4798:1982 és elődjei) és a szerkezetek (MSZ 15022:1986), a vízépítési műtárgyak (MSZ 15227:1980), a beton pályaburkolatok (MSZ-07-3212-3:1981) stb. méretezési szabványának nyomószilárdság-felfogása között. Annak idején mind a beton termékszabvány, mind a méretezési szabványok szerint a nyomószilárdság jellemző értékét egyformán az MSZ 4702-2:1980 szabvány szerint a *Student*-féle alulmaradási tényezővel kellett meghatározni, ahogy azt ma is tesszük az Eurocode 2 tervezési szabványok alapján (*3. ábra*).



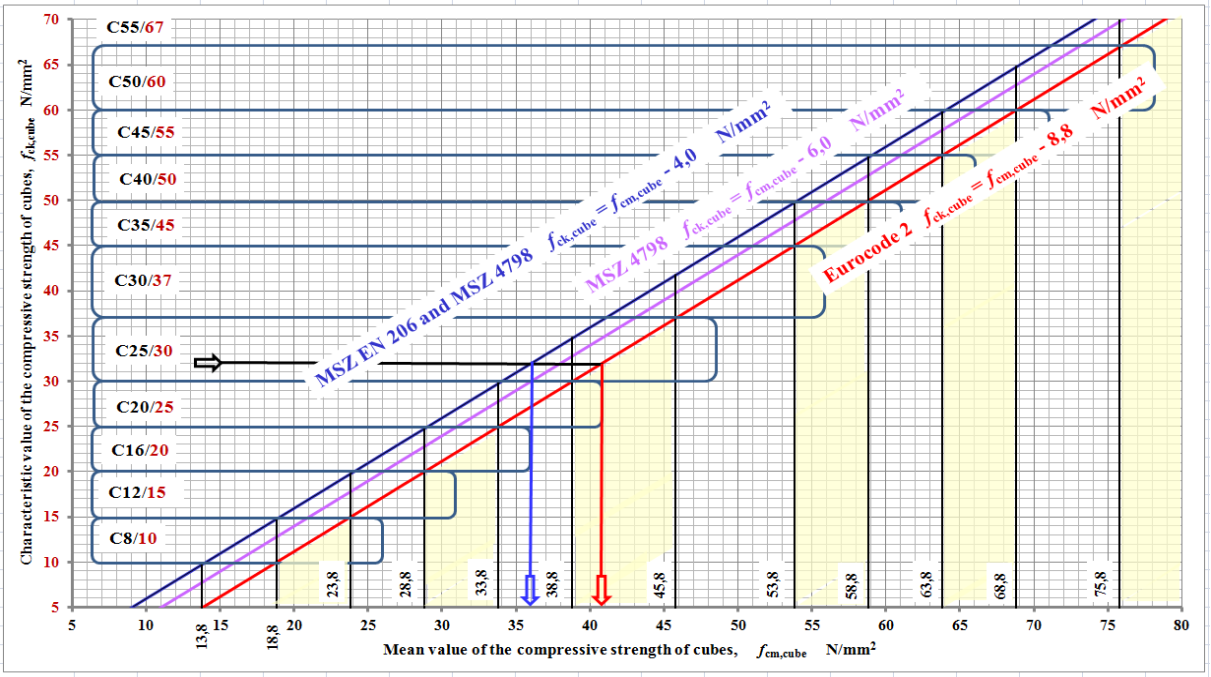
2. ábra: A beton nyomószilárdsága tervezési, jellemző és átlag értékének összevetése a tartós szilárdság figyelembevételével, ahol: γ_c a beton σ_{cu3} nyomófeszültségének biztonsági (parciális) tényezője, α_{cc} a beton σ_{cu3} nyomófeszültségének a tartós szilárdság figyelembevételére szolgáló osztója 100 év tervezési élettartamú szerkezetek esetén



3. ábra: A beton nyomószilárdsága jellemzésének változásai Magyarországon az utóbbi 65 évben



4. ábra: Összehasonlítás a nyomószilárdságok betonszabványok és az Eurocode 2 méretezési szabvány szerinti értékelési eredménye között a beton átadás-átvétele során, ha a szórás ismeretlen és az átlagos nyomószilárdságból indulunk ki



5. ábra: Összehasonlítás a nyomószilárdságok betonszabványok és az Eurocode 2 méretezési szabvány szerinti értékelési eredménye között a beton átadás-átvétele során, ha a szórás ismeretlen és nyomószilárdság jellemző értékéből indulunk ki

Ma az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve az MSZ 4798:2016 betonszabvány főszövege (álló betűs európai szövege) szerinti betonból épülő magas- és mélyépítési betonszerkezetek, hidak, tartályok, pályaburkolatok stb. betonjának átlagos nyomószilárdsága minden bizonnyal kisebb, összetétele gyengébb, várhatóan kevésbé tartós, mint az ugyanolyan nyomószilárdsági osztályú

(jelű) betonból 2004 előtt épült betonszerkezetek és pályaburkolatok, illetve az Eurocode 2 tervezési szabvány ma elvárt betonjának nyomószilárdsága és tartóssága (*4.* és *5. ábra*).

A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezeteink biztonságának és tartósságának veszélyeztetetése csökkenthető az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint, ha az átadás-átvételi eljárás során a 150 mm élhosszúságú próbakockák átlagos nyomószilárdsága ($f_{cm,cube,test}$, $f_{cm,cube,test,H}$) kielégíti a következő feltételt:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≤ C50/60 és a próbakockákat kizsaluzás után végig víz alatt tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 6{,}0 \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≤ C50/60 és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + 6{,}5 \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≥ C55/67 (nagyszilárdságú beton) és a próbakockákat kizsaluzás után végig víz alatt tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + 8{,}0 \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≥ C55/67 (nagyszilárdságú beton) és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + 8{,}5 \text{ N/mm}^2$$

Ha az $s_{cube,test}$, illetve $s_{cube,test,H}$ szórás az adott vizsgálati eredmények szórása, akkor az átlagos nyomószilárdság megfelelőségének ellenőrzését a t_n Student-tényező alkalmazásával helyes végezni a következőképpen:

- ha a próbakockákat kizsaluzás után végig víz alatt tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test} \geq f_{ck,cube} + t_n \times s_{cube,test} \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≤ C50/60 és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}92 + t_n \times s_{cube,test,H} \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya ≥ C55/67 (nagyszilárdságú beton) és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test,H} \geq f_{ck,cube}/0{,}95 + t_n \times s_{cube,test,H} \text{ N/mm}^2$$

Az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete megközelíti a szerkezeti beton EHE-08:2008 (az Eurocode 2 tervezési szabvány spanyol nemzeti alkalmazási dokumentuma) szerinti méretezésére vonatkozó 14167/2008 számú spanyol miniszterelnöki rendelet 19. mellékletének 5.1. fejezetében szereplő intézkedést, amely szerint „a statisztikai kritériumokon keresztül biztosítani kell, hogy a fogyasztónak a beton nyomószilárdságával kapcsolatos kockázata, vagyis hogy hibás tételt fogad el, kevesebb kell legyen, mint 45%.” (Erre utal az MSZ EN 206:2013 szabvány J mellélete.)

2. ERŐÁTADÁS A NYOMÓSZILÁRDSÁG VIZSGÁLATA SORÁN

A beton próbatestek nyomószilárdság vizsgálati módszerének, beleértve a próbatestek előkészítését is, összhangban kell lennie a nyomószilárdság követelményének számértékével. Ezért az MSZ 4798:2016 betonszabványban kihangsúlyozzák, hogy a csiszolt felületű próbahengerek nyomószilárdság vizsgálata – a mért törési eredmény korrigálása nélkül – nem ad elfogadható eredményt, az MSZE 15612:2014 csatornázási betonaknaelem előszabvány szerint pedig a próbahenger nyomott felületeit csiszolni nem szabad.

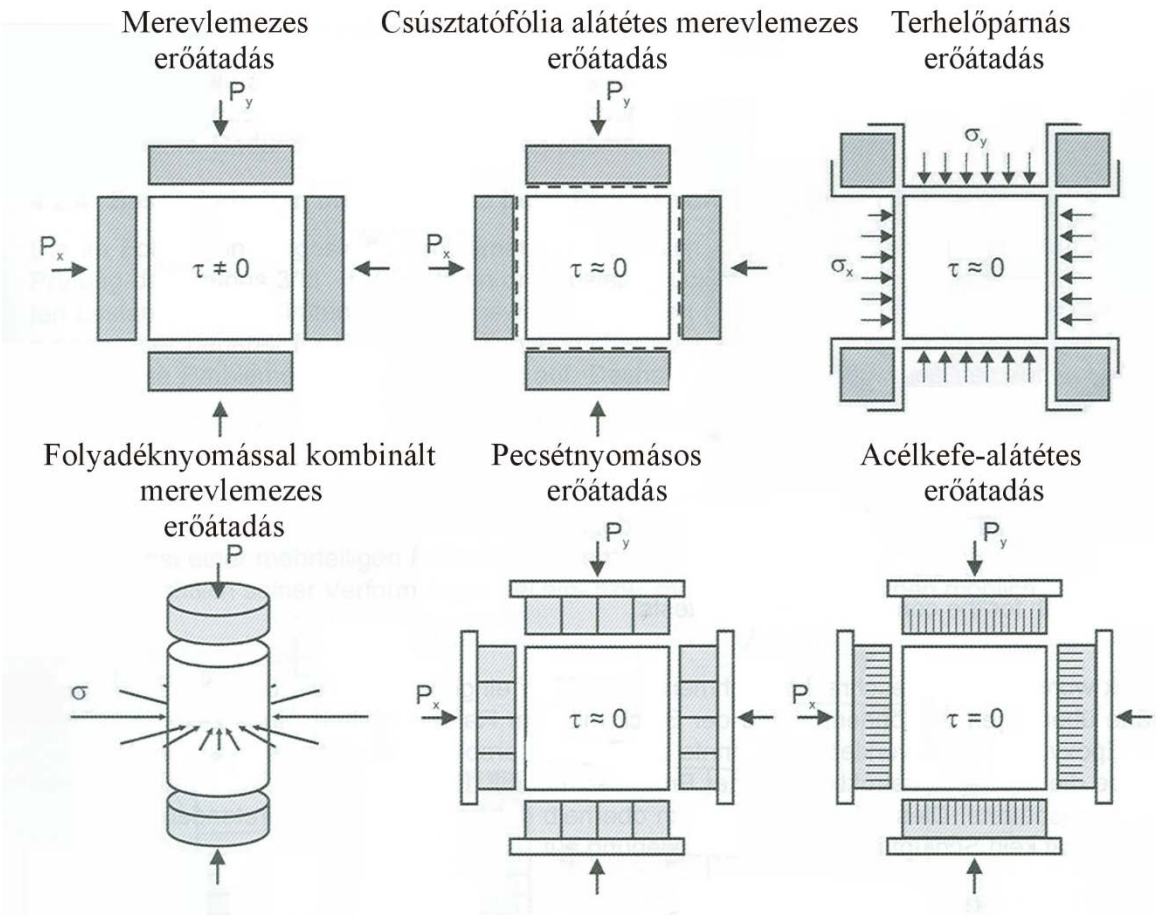
A beton anyagtanának kutatói már évtizedekkel ezelőtt felfigyeltek arra, hogy a beton nyomószilárdságát jelentősen befolyásolja a vizsgálat során alkalmazott nyomólap, illetve alátétlemez és a próbatest nyomott felülete között fellépő súrlódás.

Palotás és *Balázs* (1980) szerint a beton nyomószilárdsága vizsgálatának pontosságát, illetve a vizsgálat eredményének megbízhatóságát befolyásoló főbb tényezők a következők:

- a próbatest mérete, alakja és víztartalma;
- a beton legnagyobb szemnagysága;
- a próbatest utókezelésének módja;
- a nyomószilárdság vizsgáló berendezés rendszere és pontossága;
- a próbatest elhelyezkedése a szilárdság vizsgáló gépben;
- a terhelő erő növekedésének sebessége;
- *a próbatest nyomott felülete és a vizsgálóberendezés nyomólapjai vagy az alátétlemezek közötti súrlódás;*
- a gömbcsukló kialakítása;
- a beton kora.

A próbatest nyomott felülete és a vizsgálóberendezés nyomólapjai vagy az alátétlemezek között fellépő súrlódás kialakulására a nyomóerő átadásának módja és eszköze jelentős hatással van.

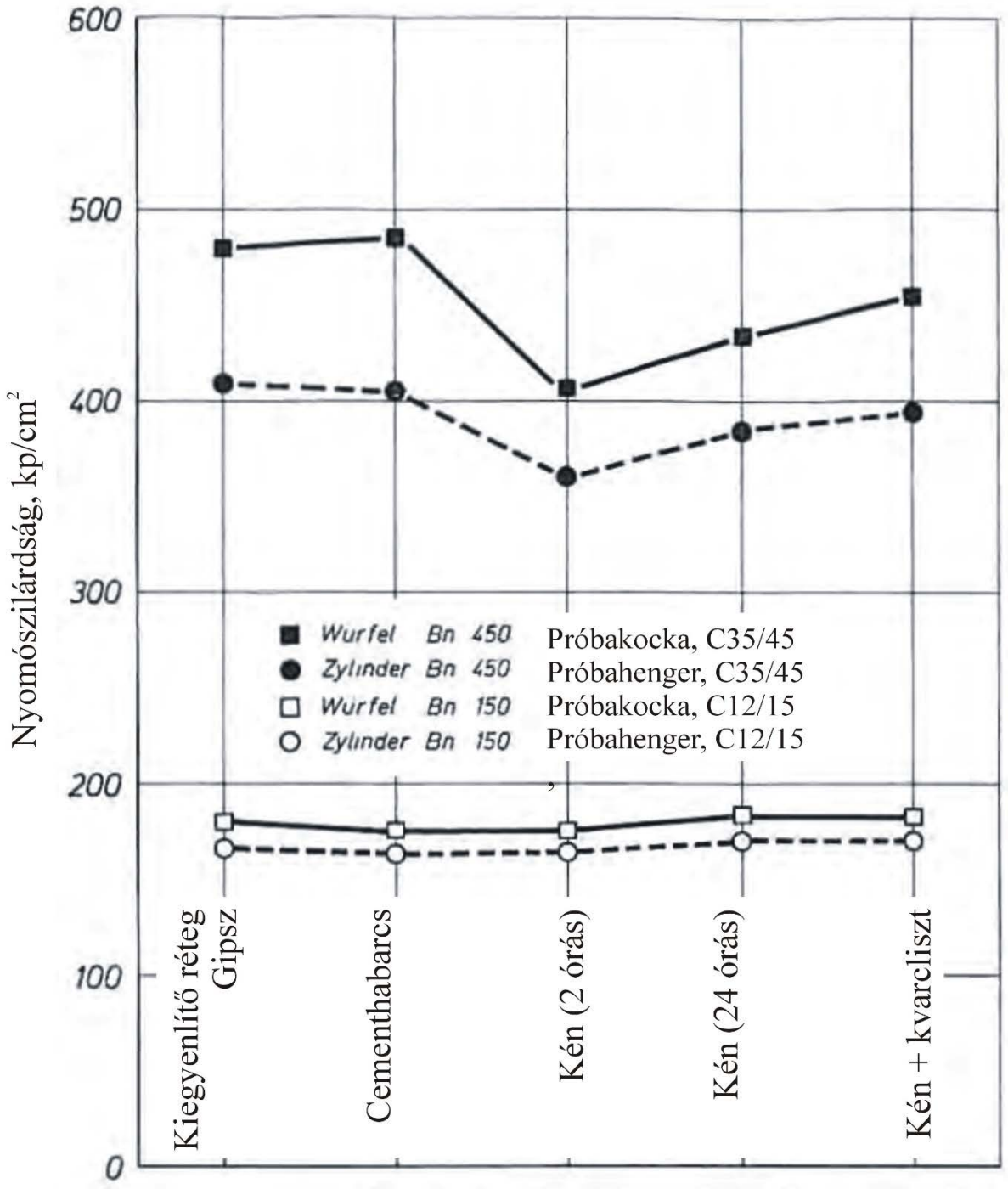
Curbach et al. (2011) a nagyszilárdságú betonok többtengelyű nyomószilárdságvizsgálatáról szólva, és *Gerstle* et al. (1978) közleményére hivatkozva, az erőátadás módjának hatféle leginkább alkalmazott változatát különböztetik meg, úgymint a merevlemezes, a csúsztatófólia alátétes merevlemezes, a terhelőpárnás, a vízszintes folyadéknyomással kombinált merevlemezes, a pecsétnyomásos, az acélkefe-alátétes erőátadás módját (*6. ábra*).



6. ábra: Az erőátadás különböző módjai *Gerstle* et al. (1978) és *Curbach* et al. (2011) szerint

*Lewandowsk*i (1970) hivatkozással *Rüsch* (1954) tanulmányára és a DIN 1048:1957 szabványra, megállapította, hogy a vizsgálóberendezés nyomólapjainak kialakítása hatással van a próbatestek alakváltozására. Az erősen képlékeny nyomólapok alakváltozása az erő hatására jelentős, és ezért kevésbé akadályozzák a próbatestek keresztirányú alakváltozását mint a merev nyomólapok. Hasonló hatása van annak, ha a nyomólapok és a próbatest közötti súrlódást a próbatestek felület-kialakításával csökkentjük. *Weigler* et al (1966) szerint a fúrásmagból kivágott próbahengerek nyomószilárdsága a felület-kialakítás módjától függően akár 30%-kal is csökkenhet. *Henzel* et al. (1967) kísérletekkel azt tapasztalták, hogy a 100 mm élhosszúságú, 12 N/mm^2, 25 N/mm^2, 45 N/mm^2 nyomószilárdságú zsaluzat-sík felületű próbakockák nyomószilárdságához képest a csiszolt felületű próbakockák nyomószilárdsága rendre 89%, 93%, 105%, az ASTM C39/C39M:2018 szabványnak megfelelő kénhabarcsos felületű próbakockáké rendre 110%, 104%, 107%, a cementhabarcsos felületű próbakockáké rendre 99%, 94%, 94%.

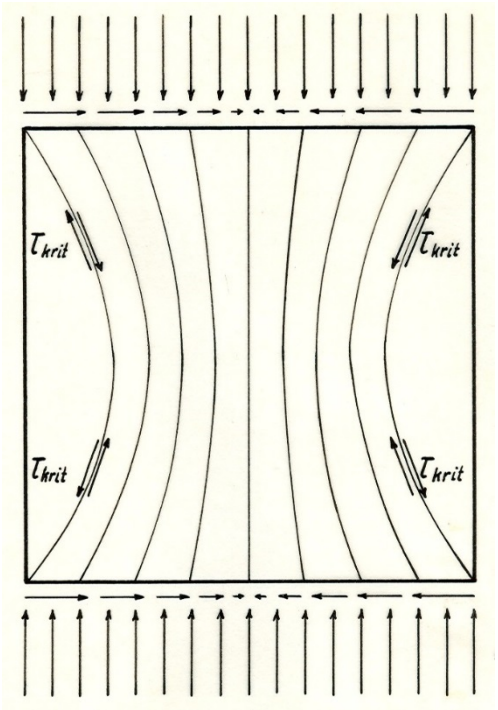
Dahms et. al. (1975) Bn 150 (mai C12/15, mért átlagértéke $f_{cm,cyl,test}$ = 16,7 N/mm^2 és $f_{cm,cube,test}$ = 17,9 N/mm^2) és Bn 450 (mai C35/45, mért átlagértéke $f_{cm,cyl,test}$ = 39,0 N/mm^2 és $f_{cm,cube,test}$ = 45,8 N/mm^2) nyomószilárdsági osztályú Ø150×300 mm méretű próbahengerekkel és 200 mm élhosszúságú próbakockákkal kísérletezett, amelyek nyomott felületét csiszolták, cementhabarccsal, gipszpéppel, kénnel vagy kénhabarccsal vonták be. Megállapították, hogy a nagyobb szilárdságok tartományában minél vastagabb volt gipsz és a kénhabarcs felület-kiegyenlítő réteg és minél egyenetlenebb a próbatest felülete, annál kisebb nyomószilárdság adódott; kisebb mértékben a próbahengerek esetén és nagyobb mértékben a próbakockák esetén. A különböző anyagú kiegyenlítő rétegek hatása a nyomószilárdságra a *7. ábrán* látható.



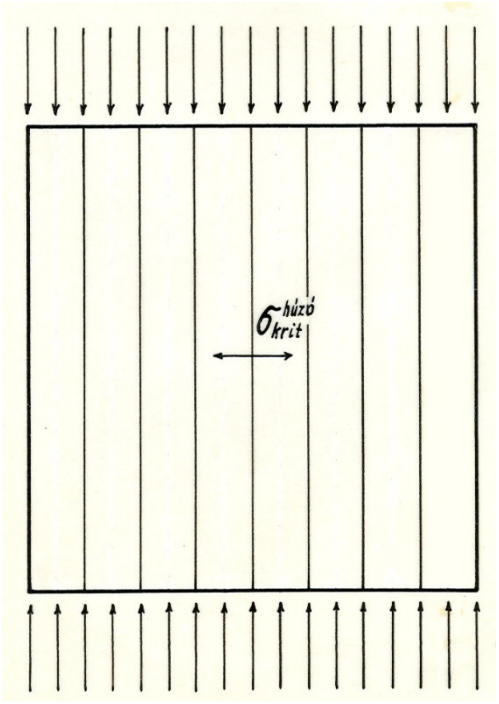
7. ábra: Különböző anyagú kiegyenlítő rétegek hatása a nyomószilárdságra *Dahms* et. al. (1975)

Hilsdorf (1965) a DAfStb-Heft 173:1965 kiadványban arról számolt be, hogy a Müncheni Műszaki Főiskola Építésügyi Anyagvizsgáló Intézetében (Materialprüfungsamt für das Bauwesen der Technischen Hochschule München) B 225 (mai C12/15) nyomószilárdsági osztályú betonnal egy- és kéttengelyű igénybevétellel betonszilárdság kísérleteket végzett, és a nyomószilárdság vizsgálat során a tiszta egy- és kéttengelyű feszültségi állapot előállításának nehézségét a nyomott próbatest és a terhelésátadó elem érintkezési felületén ébredő – a próbatest terhelt peremfelületi alakváltozását akadályozó – súrlódásban látta, amelynek csökkentésére nem csak teflon-réteggel kísérletezett, hanem terhelésátadó, ún. acélkefe-alátétet is kifejlesztett és alkalmazott.

Ha az elasztoplasztikus acél nyomólapok és az elasztoviszkózus beton próbatest között fellépő tapadási súrlódást, azaz a külső erő normálisra merőleges komponensét sztearin (stearin) kenőanyaggal minimálisra csökkentjük, akkor a nyomótrajektóriák gyakorlatilag hengert alkotnak. Ezekhez a hengerfelületekhez már nem nyírófeszültségek, hanem a nyomóerő következtében kihajolni kívánó elemi szálakra merőleges irányú húzófeszültségek tartoznak, amelyek kritikus értéke a próbatest ún. szakadótörését okozza (*9. ábra*). A szakadótörés (*9. ábra*) kritikus húzófeszültsége lényegesen kisebb nyomóerő hatására jön létre, mint amekkora nyomóerő a csúszótörés (*8. ábra*) kritikus nyírófeszültségének kialakulásához szükséges (*Kausay* 1967).



8. ábra: Csúszótörés



9. ábra: Szakadótörés

Kausay (1967) szerint a sztearinnal bevont felületű nyomólapok (alátétlemezek) esetén például a zúzottkőbeton nyomószilárdsága a szabványos felületű nyomólapok alkalmazásával meghatározott nyomószilárdságának a 65%-ára is leeshet

3. CSISZOLT FELÜLETŰ PRÓBAHENGEREK NYOMÓSZILÁRDSÁGA

A nyomószilárdság vizsgálati szabványok sokszor és régóta hivatkoznak arra, hogy a hibás alakú próbatestek felületét csiszolni kell, de az újkori szabványok megfeledkeznek arról, hogy csiszolási technika az utóbbi 20 évben jelentősen fejlődött – dörzs-vászonos (smirgli papiros) lassú fordulatú csiszolástól a gyémánt szemcsés gyors fordulatú csiszolásig –, és ez a fejlődés nagy változást hozott a csiszolt felület minőségében.

Az 1970-1980-as évekbeli laboratóriumi csiszológépek forgótárcsájának fordulatszáma általában 150-300 ford/perc, átépítve legfeljebb 1200 ford/perc volt, és a forgótárcsára dörzsvásznat erősítettek. A próbatestet csiszolás közben általában kézzel nyomták a forgótárcsához (*10. ábra*). A mai csiszológépek ezzel szemben legalább 3400 ford/perc fordulatszámú gyémánt-szemcsés tárcsával csiszolnak, mechanikájuk magasfokon szabályozott (*11. ábra*), következésképpen hatékonyságuk és pontosságuk messze meghaladja a mintegy ötven évvel ezelőtt gyártott gépekét, voltaképpen nem is csiszolnak, hanem políroznak.

10. ábra: Laboratóriumi betonpróbatest-csiszológép és dörzsvászon az 1970-1980-as évekből (http://riad.usk.pk.edu.pl és https://www.struers.com/zh-CN)

11. ábra: Példa napjaink gyémánttárcsás laboratóriumi betonpróbatest-csiszológépére (https://www.formtest.de)

A próbatestek nyomott felületének mai technológiával való csiszolásával épp ellenkező hatás érhető el, mint amilyenre például *Hilsdorf* (1965) vagy *Hampel* (2006) az acélkefe-alátét alkalmazásával törekedett: szilárdságot többtengelyű igénybevétel esetén a peremfelületi súrlódás csökkentése mellett kívánták meghatározni.

A szabvány alkalmazók ugyanakkor hajlamosak a csiszolást szorgalmazó szabványok szövegének félreértelmezésére.

Az MSZ EN 12390-3:2009, MSZ EN 12504-1:2009, MSZ EN 13369:2013 és MSZ EN 13791:2007 szabványban javasolt csiszolás csak arra az esetre vonatkozik, ha a próbatest alak- vagy mérethibás. Például az MSZ EN 12390-3:2009 szabvány

- A melléklete (Annex A) szerint „When it is necessary to reduce the size of a specimen, it shall be ground or sawn. The intended load-bearing surfaces shall be prepared by grinding or by capping.”;
- B melléklete (Annex B) szerint „If any dimension is greater, or less than, 3% from the designated size, then the specimen is rejeted or adjusted.”;
- A mellékletének (Annex A) következő előírása pedig nem értelmezhető: „In cases of dispute, grinding shall be the reference method. Note: Other methods of adjustment may be used if they are validated against grinding.”

Komoly hiányosság, hogy ezek a szabványok a csiszolásnak a nyomószilárdság növelő hatásáról és az így mért nyomószilárdság átszámításának szükségességéről nem szólnak. A csiszolással a nyomószilárdság csak látszólag növekszik meg, hiszen általa nem a beton struktúrája javul, hanem csak a vizsgálat körülményei változnak meg.

Tapasztalatunk szerint a nyomott oldalak csiszolása a fúrt próbahengeren mért nyomószilárdságot a vágott, de nem csiszolt, vagy a sablonban készített próbahengeren mért nyomószilárdságot a natúr vagy habarccsal simított véglapokkal rendelkező próbahengeren mért nyomószilárdsághoz képest megnöveli, akkor is, ha a próbahengerek véglapjai a csiszolás előtt is tökéletesen párhuzamosak voltak (*2. táblázat*). Mennél simábbra csiszoljuk a próbatest nyomott felületét, az a nyomószilárdság vizsgálat során egyre szorosabban feszül a nyomólap felületéhez, a felületek közül a levegő teljesen kiszorul, és érvényesül a felületek részecskéi közötti adhézió. A tapadási súrlódási erő tiszta és nagyon sima, csiszolt felület esetén megnő, és ezáltal a mért nyomószilárdság is nagyobb lesz. Ha a próbatest lecsiszolt véglapja nedves, akkor a szárazhoz képest a súrlódás és a nyomószilárdság valamelyest csökkenhet, mert a vékony vízfilm csúszóréteget képezhet.

2. táblázat: Sablonban készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű, különböző módon előkészített nyomott felületű próbahengerek (*12. ábra*) nyomószilárdsága

Nyomott felület kialakítása	Felső lap cementhabarccsal simított, alsó lap natúr	Felső lap csiszolt, alsó lap natúr	Mind a két lap csiszolt
Végig víz alatt tárolt, 28 napos korú Ø150×300 mm méretű próbahengerek	Töréskor nem robbantak	Töréskor robbantak	Töréskor robbantak
Átlagos nyomószilárdság, N/mm^2	42,8	51,4	52,7
Nyomószilárdság, %	100,0	120,0	123,1
Szórás, N/mm^2	1,68	0,67	1,64
Szórás a terjedelemből ($T_{n=3}$) számítva, $s = T_3/3{,}31$N/mm^2 (*Harter,1960*)	1,95	0,71	1,89
Mértékadó szórás, N/mm^2	3,00	3,00	3,00
Student-tényező, $n = 3$	2,92	2,92	2,92
Jellemző érték, N/mm^2	34,06	42,63	43,94
Nyomószilárdsági osztály	C30/37	C40/50	C40/50

12. ábra: Sablonban készített, 28 napos korú, végig víz alatt tárolt, Ø150×300 mm méretű, cementhabarccsal simított és csiszolt felső nyomott felületű nyomószilárdság vizsgálati próbahengerek

A *2. táblázat* szerint a csiszolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger

- nyomószilárdságának átlag értéke (52,7 N/mm^2) akár 20%-kal is meghaladhatja a habarcsolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdságának átlag értékét (42,8 N/mm^2);
- nyomószilárdsági osztálya (C40/50) akár két fokozattal is nagyobb lehet, mint a habarcsolt felületű Ø150×300 mm méretű próbahenger nyomószilárdsági osztálya (C30/37);
- nyomószilárdságának jellemző határértéke (40 N/mm^2) elérheti a sablon formálta felületű 150 mm élhosszúságú próbakocka nyomószilárdságának jellemző határértékét (37 N/mm^2).

Ezért például az MSZE 15612:2014 magyar előszabvány szerint az előregyártott beton csatornázási aknaelemekből (precast concrete sewer manhole elements) kifúrt magmintából kialakított próbahenger nyomószilárdságának meghatározása során a próbahenger nyomott felületeit csiszolni nem szabad. Az MSZ 4798:2016 magyar betonszabványban pedig az áll, hogy a próbatestek csiszolással történő kiigazítása nem javasolt, mert a nyomószilárdság korrekciós tényezőjének jelenleg nincs közmegegyezéssel elfogadott értéke.

Ne feledkezzünk meg arról, hogy **a betonpróbatest nyomott felületének csiszolásával a beton szövetszerkezete, következésképpen teherhordóképessége nem változik, és az így kapott vizsgálati eredmény hamis volta folytán a beton nyomószilárdsági megfelelőségének megítélésére alkalmatlan.**

KÖVETKEZTETÉS

A műszaki biztonság az építmények tartósságának fedezete (garanciája), amely gazdasági tőkét jelent. A műszaki biztonság szintje az építmények méretezési modelljének alapvető feltétele, amely csak a méretezési modellben feltételezett anyagminőségekkel biztosítható. Ezért helytelen a vasbetonszerkezetbe olyan betont beépíteni, amelynek nyomószilárdsági osztályát nem az MSZ EN 1992-1-1 szabvány szerinti legfeljebb 50%-os kritikus elfogadási valószínűségnek megfelelően számították ki; vagy amelynek nyomószilárdságát a vizsgálati módszer megváltoztatásával – csiszolt felületű próbatestek vizsgálati eredményével – igazolták; e két helytelen módszer egyidejű alkalmazásának súlyos következményeiről nem is szólva.

HIVATKOZOTT SZABVÁNYOK

ASTM C39/C39M:2018	Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens
DIN 1048:1957	Bestimmungen für Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton
DIN 1084-1:1978	Überwachung (Güteüberwachung) im Beton- und Stahlbetonbau. Beton B II auf Baustellen
EN 206:2013	Concrete. Specification, performance, production and conformity
EN 1990:2002	Eurocode: Basis of structural design
EN 1992-1-1:2004/A1:2014	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings
EN 1992-2:2005/AC:2008	Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 2: Concrete bridges. Design and detailing rules
EN 1992-3:2006 Eurocode 2:	Design of concrete structures. Part 3: Liquid retaining and containment structures
EN 12390-3:2009/AC:2011	Testing harded concrete. Part 3: Compressive strength of test specimens
EN 12504-1:2009	Testing concrete in structures. Part 1: Cored specimens. Taking, examining and testing in compression
EN 13369:2013	Common rules for precast concrete products
EN 13791:2007	Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components
EN 13877-2:2013	Concrete pavements. Part 2: Functional requirements for concrete pavements
MSZ 4719:1982	Betonok
MSZ 4720-2:1980	A beton minőségének ellenőrzése. Általános tulajdonságok ellenőrzése
MSZ 4798:2016	Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon
MSZ 15022-1:1986/2M:2001	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Vasbeton szerkezetek
MSZ 15022-2:1986/1M:1990	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése. Feszített vasbeton szerkezetek

MSZ 15227:1980/1M:1988	Vízépítési műtárgyak vasbeton szerkezeteinek erőtani tervezése
MSZ-07-3212-3:1981	Beton pályaburkolatok. Követelmények
MSZE 15612:2014	Előregyártott beton csatornázási aknaelemek
MSZ EN 206:2013+A1:2017	Beton. Műszaki követelmények, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség
MSZ EN 1992-1-1:2010	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-1. rész: Általános és az épületekre vonatkozó szabályok
MSZ EN 12390-3:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága
MSZ EN 12504-1:2009	A beton vizsgálata szerkezetekben. 1. rész: Fúrt próbatestek. Mintavétel, vizsgálat és a nyomószilárdság meghatározása
MSZ EN 13369:2013	Előre gyártott betontermékek általános szabályai
MSZ EN 13791:2007	Betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése

HIVATKOZOTT IRODALOM

Balázs L. Gy. – Kausay T.: Betontípusok, fogalmak, jelölések, újdonságok. Az MSZ 4798:2016, MSZ 4798:216/1M:2017 és MSZ 4798:2016/2M:2018 betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. 1. rész: Szabványosítás, a betonszabványok változása 2014 és 2018 között. Vasbetonépítés. 2018. XX. évfolyam. 1 szám. pp. 16-22.

Curbach, M. – Scheerer, S. – Speck, K. – Hampel, T.: Experimentelle Analyse des Tragverhaltens von Hochleistungsbeton unter mehraxialer Beanspruchung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Heft 578. Beuth. Berlin, 2011.

Dahms, J. – Rendchen, K.: Über das Abgleichen der Druckflächen von Würfeln und Zylindern aus Beton. vdz. Betontechnische Berichte. 1975.

Gerstle, K. H. – Aschl, H. – Bellotti, R. – Bertacchi, P. – Kotsovos, M. D. – Ko, H.-Y. – Linse, D. – Newman, J. B. – Rossi, P. – Schickert G. – Taylor, M. A. – Triana, L. A. – Winkler, A. – Zimmerman, R. M.: Strength of concrete under multiaxial stress states. Douglas Mc. Henry International Symposium on Concrete and Concrete Structures, Publication Sp 55-5, pp. 103-131, 1978, ACI, Detroit.

Hampel, T.: Experimentelle Analyse des Tragverhaltens von Hochleistungsbeton unter mehraxialer Beanspruchung. Dissertation. Fakultät Bauingenieurwesen der Technischen Universität Dresden, 2006.

Harter, H. L.: Tables of range and studentized range. The Annals of Mathematical Statistics. Baltimore, USA. VOL. 31. 1960. No. 4. pp. 1122-1147.

Henzel, J. – Spitzner, J. Freitag, W.: Einflüsse auf die Ergennisse bei Druckfestigkeitsprüfungen an Beton. beton. 1967. Heft 4. Seite 135-138.

Hilsdorf, H.: Die Bestimmung der zweiachsigen Festigkeit des Betons. DAfStb-Heft 173. Verlag Ernst & Sohn. Berlin, 1965.

Hosser, D. – Gensel, B.: Kritische Bewertung der Statistik beim Konformitätsnachweis der Betondruckfestigkeit nach prEN 206. Schlußbericht DBV 162. Braunschweig, 1995.

Kausay T.: A szemcsealak statikai szerepe a betonban. Építőanyag. XIX. évf. 1967. 3. szám, pp. 110-115.

Lewandowski, R.: Beurteilung von Bauwerksfestigkeiten an Hand von Betonwürfeln und -bohrproben. Dissertation. Fakultät für Bauwesen der Technischen Hochschule Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. 1970.

Palotás L. – Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. kötet. Beton – Habarcs – Kerámia – Műanyag. Akadémiai Kiadó. Budapest, 1980.

Rüsch, H.: Specimen size and apparent compressive strength. Proc. A.C.I. 50 (1954) S. 803.

Stange, K. – Henning, H.-J.: Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik. Springer-Verlag. Berlin/Heidelberg/New York, 1966.

Taerwe, L.: A General Basis for the Selection of Compliance Criteria. IABSE Periodica. Proceedings P-102/86. pp. 113-127. ETH-Hönggerberg, Zürich 3/1986 August.

Weigler, H. – Siemers, H. – Spitzner, J.: Zur nachträglichen Bestimming der Betondruckfestigkeit. Betonstein-Zeitung. 1966. Heft 3. Seite 150-158.