

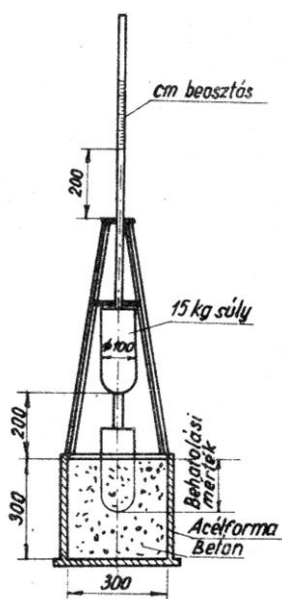
SZENT ISTVÁN
EGYETEM



YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

Műszaki Alaptárgyi tanszék

A FRISSBETON KONZISZTENCIA VIZSGÁLATAI (Múlt, jelen, jövő)



Készítette: Polyák Ágnes, építészmérnök,

Konzulens: Leczovics Péter, tanszéki mérnök, Műszaki Alaptárgyi Tanszék

Tartalomjegyzék

	Oldal
1. Bevezetés	3.
2. A frissbeton konzisztenciájáról általában	5.
3. A mérési módszerek csoportosítása	7.
4. A frissbeton jellemzése a konzisztencia osztályok alapján	9.
5. Vizsgálati módszerek	11.
5.1. A „hagyományos” frissbeton vizsgálati módszerei	11.
5.1.1. Vizsgálat a Graf-Humm készülékkel	11.
5.1.2. Humm-féle behatolás mérő	12.
5.1.3. Kúproskadás mérése	13.
5.1.4. Berthier-féle konzisztométer	14.
5.1.5. Terülmérés ejtőasztalon	16.
5.1.6. Átformálódási tulajdonság	17.
Ejtőkengyeles átformálódási ütésszám	17.
Átformálódási idő meghatározása	19.
Szkramtajev módszer	19.
VEBE-méter	19.
Powers készülék	22.
Tömörödés mérése	23.
Tömörödési mérték (Walz-féle)	23.
Tömörödési tényező (Glenville készülék)	24.
Kőműves-kanál próba	26.
Lassage-féle konzisztencia mérő készülék	26.
Fristch-féle készülék	27.
Pilny készülék	28.
Konzisztenciamérő golyó	29.
Komlós-féle rotációs beton viszkoziméter	30.
5.2. Az „újabb” vizsgálatok	31.
5.2.1. Tölcsére kifolyási idő	33.
5.2.1. Terülmérés Abrams kúppal	34.
5.2.3. Blokkológyűrűs vizsgálat	35.
5.2.4. Blokkoló rácsos vizsgálat „U”-alakú edényben	38.
5.2.5. L-dobozos vizsgálat	39.
5.2.6. Kajima dobozos vizsgálat	40.
5.2.7. Egyéb vizsgálatok	42.
6. Összefoglalás	43.
 Felhasznált irodalom	 44.
Melléklet	45.

1. Bevezetés

A betontechnológia XX.sz. végi fejlődése –új technikák sorozatos kidolgozása,fejlesztése – ismételten előtérbe helyezte a frissbeton konzisztencia vizsgálatait módszereit.

A konzisztencia, latin eredetű szó, az anyag állapotát jellemzi, a formálhatósággal szembeni viselkedést, a részecskék összefüggését illető tulajdonsága. A konzisztométer a folyadékok viszkozitásának mérésére szolgáló készülék. A viszkozitás szintén latin eredetű fogalom, amely az anyagok belsejében az alakváltozással szemben ható belső súrlódás. [1].

A beton konzisztencia fiziko-kémiai, a folyadékok belső súrlódásával, azaz a viszkozitásával rokon betontechnológiai fogalom, amely a friss betonkeverék mozgékonyására, mozgással szembeni ellenállását, alaktartását fejezi ki, és a bedolgozás körülményeire, munkaigényére jellemző érték.[2]

A frissbeton konzisztencia gyakorlati mérési módszerekkel jól kifejezhető. Ezen gyakorlati módszerek hagyománya közel évszázados, így a hatalmas mennyiségű gyakorlati tapasztalat alapján szabványosított.

A hagyományosnak tekinthető, a gyakorlatban is alkalmazott frissbeton konzisztencia vizsgálatok az alábbiak:

- roskadás mérése,
- terület mérése,
- átformáláshoz szükséges vibrációs idő mérése VEBE-méterrel,

A betontechnológia fejlődésével megjelentek olyan betonminőségek (pl.: öntömörödő beton, dermesztett beton, stb.), amelyeknek konzisztencia vizsgálata az előbb ismertetett, hagyományosnak tekintett vizsgálati eljárásokkal már nem követhető nyomon.

A frissbeton minőségek konzisztencia vizsgálata egyrészt átnyúlhat egyes, a habarcs-vizsgálatoknál kialakult vizsgálati módszerekhez:

- terület mérése Haegermann-ejtőasztalon,
- kúpsüllyedés mérése,

másrészt új mérési módszerek kidolgozása vált szükségessé.

Az új vizsgálati eljárások egy része a társtudományokban már sikeresen alkalmazott vizsgálati eljárások adaptálása:

- tölcséres kifolyási idő mérése,
- terület mérése fordított roskadásmérő kúppal,
- ülepedési hajlam vizsgálata,
- viszkozitás mérése rheométerrel,
- atmoszférikus vizsgálat,
- szétosztályozódási vizsgálat,

másik része pedig újonnan kidolgozott eljárás:

- blokkoló gyűrűs vizsgálat,
- blokkoló rácsos vizsgálat U-alakú edényekben,
- L-dobozos vizsgálat,
- Kajima- dobozos vizsgálat.

Ezen vizsgálati eljárásokat jelenleg még nem tartalmazzák szabványok, csupán a szakirodalomban lelhetők fel, illetve a „DAfSTB-Richtlinie Selbstverdichtender Beton” című német nyelvű műszaki irányelvben ismertetik, ajánlják.

Dolgozatomban ismertetem a napjainkban is használatos, frissbeton konzisztencia vizsgálati módszereket, kiegészítve a ma már nem használatos, de korábban alkalmazott eljárások ismertetésével, valamint összefoglalom az újabb konzisztencia vizsgálati módszereket.

2. A frissbeton konzisztenciájáról általában [2,3,4]

A frissbeton konzisztenciája elsősorban a keverhetőséget, szállíthatóságot, bedolgozhatóságot, tömöríthetőséget, állékonyságot jellemző érték. A frissbeton konzisztenciáját számos tényező befolyásolja, mint pl.:

- a cement minősége,
- az adalékanyag anyagtani minősége,
- az adalékanyag szemszerkezete,
- a keverék összetétele,
- a víz/cement tényező.

A frissbeton építőtechnikailag legfontosabb jellemzői a kellő folyósság, jó bedolgozhatóság. A beton folyósságán – továbbiakban konzisztenciáján – a beton mozgékonyságát értjük, amit a beton tömörítésénél kifejtett munka határoz meg. A beton jó bedolgozhatóságának a beton kellő folyóssága elengedhetetlen feltétele.

A jó bedolgozhatóság kifejezi a beton tömörítéséhez szükséges erő kifejtésén kívül, a beton alakíthatóságát, a betontömeg kellő összetartását, valamint a beton helyes vízmegtartó képességét.

A frissbeton konzisztencia osztályok az MSZ 4714/1 szerinti besorolását az 1. sz. táblázat mutatja be.

Konzisztencia osztály	Jellemző érték (cm)
Alig földnedves (AFN)	0
Földnedves (FN)	1
Kissé képlékeny (KK)	3
Képlékeny (K)	10
Folyós (F)	15
Önthető (Ö)	20

1.sz.táblázat A frissbeton konzisztencia osztályai az MSZ 4714/1 szerint (Palotás, 1961)

A konzisztenciát jelölő szám a frissbeton legnagyobb, megengedett roskadási mértéket jelenti, cm-ben.

A konzisztencia mértéke szerinti besorolási osztályok 1961-hez képest (MSZ 4714/1) annyiban változtak, hogy mára a szabványból kikerült az alig földnedves konzisztencia osztály, illetve a konzisztenciát jellemző értékek változtak, illetve az egyes mérési módszerek szerint szelektálódtak. A napjainkban érvényes konzisztencia osztályokat a roskadási értékre vonatkozóan a 2.sz. táblázat mutatja be, azzal a megjegyzéssel, hogy napjainkban az egyes, szabványos vizsgálati módszerek értékei szerinti konzisztencia osztály besorolás adható meg, feltüntetve a vizsgálati módszert.

	Roskadás (mm)
S1	10 -40
S2	50 -90
S3	100 -150
S4	160 - 210
S5	>220

2.sz. táblázat Az MSZ EN 2016-1:2002 szerinti konzisztencia osztályok a roskadási mérték szerint

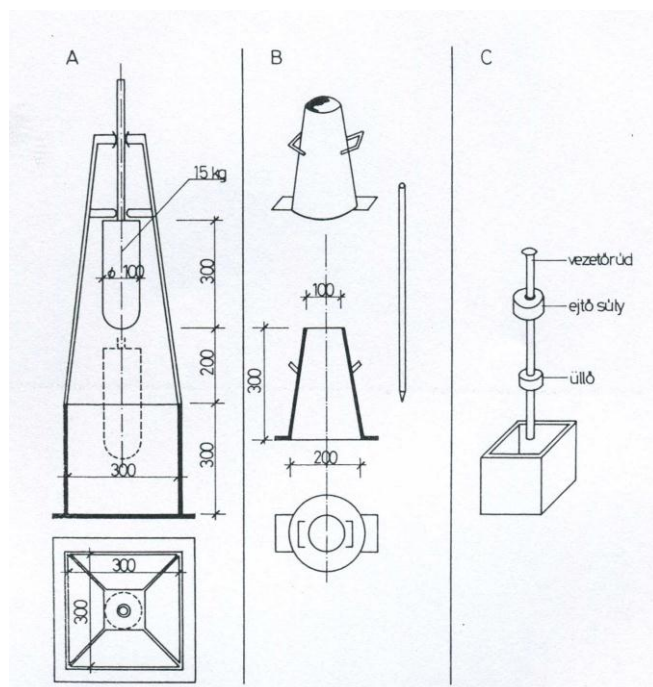
Hasonló táblázatok kerültek kidolgozásra az egyes vizsgálati módszerekre, és a szakirodalomban megtalálhatók a különböző vizsgálati módszerek általi konzisztencia osztályok összefüggései is (I.sz.melléklet).

3. A mérési módszerek csoportosítása [2,3,4,7]

A mérési módszereket – beleértve a szakirodalomban fellelhető eljárásokat – az alábbiak szerint csoportosíthatjuk [4]. A csoportosítás alapelve, hogy a vizsgálat a frissbeton folyósságát, konzisztenciáját nyugvó állapotban, vagy mozgatott állapotban méri. Az előbbieket a statikus jellegű, az utóbbiak a dinamikus vizsgálati módszerek csoportja.

Statikus jellegűek (1.sz. ábra):

Abrams-féle roszakást mérő kúp,
Graf-féle behatolást regisztráló készülék,
Humm-féle szonda (adott (10 cm-s) behatoláshoz szükséges ütésszám megállapítása),
Bertier-féle konzisztométer (betonkocka adott húzóerő hatására való összenyomódását, a négyzet alapterületet rombuszá való átalakulás szögét méri).



1.sz.ábra Frissbeton statikus jellegű vizsgálati eszközei[7]
A- Graf-féle B- Abrams kúp C- Humm szonda

Dinamikus jellegűek:

területet mérő rázóasztal,
Thaulov- féle készülék az átfomálási ütésszám megállapítására,
Glanville készülék a tömörödési tényező megállapítására,
Bähner-féle VEBE-készülék (az átfomálódáshoz szükséges idő megállapítása),
Powers-féle átfomálódási ütés (rázás) számot vizsgáló készülék,
L' Hermite- féle nyírási vizsgálat,
A svéd Erikson- féle csillapítási tényező (mobility-méter)
Pilny-féle tölcsermerevséget mérő készülék.

A hazai gyakorlatban, illetve szabványban (MSZ 4714/1) ötféle mérési módszer szerepel:

- roskadás mérése Abrams kúppal,
- ejtőkengyeles átfomálódási ütésszám (Thaulov-készülék),
- Glenville- Rilem féle tömörödési tényező,
- Bähner-féle VEBE méter az átfomálódási idő meghatározása,
- terület mérése rázóasztalon.

4. A frissbeton jellemzése a konzisztencia osztályok alapján [2,3,4]

A frissbeton konzisztencia gyakorlati fogalom, melynek mérése, mértéke gyakorlati mérési módszerekkel jól kifejezhető. Ezen gyakorlati módszerek hagyománya közel évszázados, így a hatalmas mennyiségű gyakorlati tapasztalatok alapján szabványosított.

A konzisztencia osztályok szerinti besorolást az MSZ 4714:1955 szabvány, - amely 1978-ig volt érvényben - alapján ismertetem. Korábban már említettem, hogy két konzisztencia osztály – az alig földnedves, és az önthető – a jelenleg érvényes szabványban nem szerepel, illetve a folyós és önthető konzisztencia a jelenlegi betontechnológia szerint más megítélés alá esik.

Alig földnedves (AFN)

Ezen konzisztencia osztályba tartozó frissbeton bedolgozása nehézkes. Nagytömegű, vasalatlan vagy kismértékben vasalt szerkezetek (pl.: hídpillérek, gátak, támfalak, útbetonok) esetében kerülhet bedolgozásra. Nem szivattyúzható, a szállítóeszközből nehezen üríthető. Tömörítése munkaigényes.

Földnedves (FN)

A földnedves frissbeton általában vasalatlan, vagy ritkán vasalt szerkezetek kialakításához alkalmazható. A tömörítéshez vibrátort szükséges alkalmazni.

Kissé képlékeny (KK)

Amennyiben a vasalás nem túl sűrű minden szerkezet elkészítéséhez alkalmazható, tömöríteni kell. A frissbeton szivattyúható.

Képlékeny (K)

Nagy kiterjedésű szerkezetek esetén, sűrűn vasalt szerkezetek készítéséhez alkalmazható, minimális vibrálással. Szivattyúzható, azonban a bedolgozás során ügyelni kell a szétosztályozódásra, a kivérzési hajlamra. A zsugorodási jelenségekre ügyelni kell. Látszóbeton készítéséhez alkalmas.

Folyós (F)

Könnyen szivattyúható, gyorsan beépíthető. Sűrűn vasalt, nehezen hozzáférhető szerkezetek kialakításához jól alkalmazható. Külön tömörítésre általában nincs szükség, esetlegesen minimálisan szükséges. Nehéz körülmények között is gyorsan beépíthető. Zsugorodása jelentős.

Önthető (Ö)

Konzisztenciája alapján könnyen bedolgozható, akár nagy kiterjedésű szerkezetek esetén is. Az önthető konzisztenciájú frissbeton adalékanyagának finom rész tartalma nagy. Zsugorodása igen jelentős, amely a megfelelő adalékszer alkalmazásával kezelhető. Különleges fajtája az önterülő, öntömörödő beton, amely az önterülő képességét nem a nagy vízadagolásnak, hanem különleges összetételnek köszönheti, miáltal mentes az önthető betonok hátrányos tulajdonságaitól.

A képlékeny frissbetonok konzisztenciáját, a roskadási mértéket, illetve a szétterülési mérőszámot tudjuk jól meghatározni az említett vizsgálatok által.

A földnedves betonok konzisztencia vizsgálatára más módszereket kell alkalmazni. Ilyen például a Powers-féle próba az átformálódási mérték, a Szkramlejev-módszer a viszkozitás mutatója, a Graf-Humm féle eljárás, illetve a Walz-féle eljárás, a behatolási mérték megállapításához.

5. Vizsgálati módszerek

5.1.A „hagyományos” frissbeton vizsgálati módszerei [2,3,4,5,7]

5.1.1. Vizsgálat a Graf készülékkel

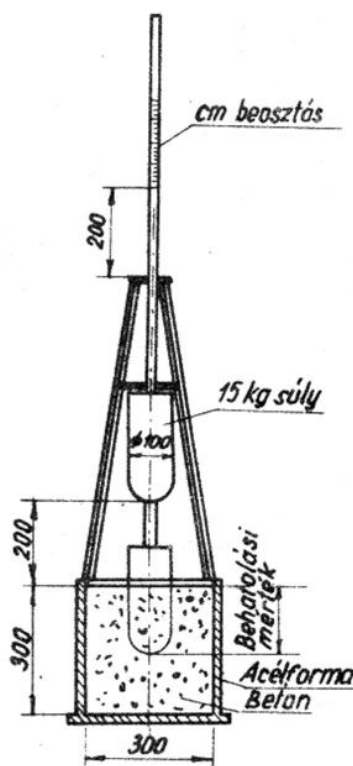
A készülék(2.sz.ábra) földnedves és alig képlékeny konzisztenciájú betonok vizsgálatára alkalmas a frissbeton ellenállását mérjük a behatoló ejtő súllyal szemben.

A készülék részei:

- 30 cm él hosszúságú acél kockaforma,
- 12 kg súlyú 12x12 cm alapméretű vasdöngölő,
- Acélállvány, melyen az ejtő súly a kocka felszíne felett 20 cm-rel rögzíthető.
- 1 db félgömbben végződő, 10 cm átmérőjű hengeres acélejtő súly, melynek súlya vezetőrúddal együtt 15 kg. A vezetőrúdon cm beosztás van, mely az indexnél 0-t mutat, mikor a súly a beton felületét éppen érinti.

A vizsgálandó frissbetont két rétegben, rétegenként 48 ütéssel tömörítjük, a 12 kg súlyú döngölő ejtési magassága 15 cm. Az ütések a beton felületén egyenletesen oszlanak el. Bedolgozás után a beton felületét acélvonalzóval a forma felső szintjében lehúzzuk (simítani nem szabad). Elhelyezzük az állványt és az ejtő súlyt, majd 20 cm magasságból szabadon ejtjük a súlyt a betonra.

A vezetőrúdon cm-ben mért leolvasás adja a behatolás mértékét.



2.sz.ábra A Graf-féle ejtő súlyos behatolás mérő (3)

Plasztikus (képlékeny) konzisztenciájú frissbetonok esetében a készüléket egy 6 kg-s ejtő súllyal alkalmazzák.

5.1.2.Humm-féle behatolás mérő

A Humm-féle behatolási mélység mérő szonda (3.sz. ábra) elődjének a Graf-féle, máshol Graf-Humm féle ejtő súlyos, behatolás mérő készülék tekinthető. Többféle elnevezés is forog a köztudatban pl. Humm-féle behatolási mélység mérő, vagy Humm-féle szonda (MSZ 4714-3: 1986). A készülék Franciaországban volt elterjedt.

A sík, vagy legömbölyített végű acélrúdon, amelyre az ejtő súlynak az üllőre való ejtegetésével annyi ütést mérnek, hogy a rúd vége, az alatta elhelyezett kockasablon előtömörített betonjában 10 cm mélységig süllyedjen be. A behatolási ütésszám alapján a frissbeton konzisztencia osztályait a 3.sz. táblázat mutatja be.



3.sz. ábra A Humm-féle behatolási mélység mérő szonda (2)

Frissbeton konzisztenciája	Humm-féle behatolási ütésszám ($d_{max.} = 16$ mm esetén)
Földnedves	16 - 20
Kissé képlékeny	6-15
Képlékeny	3 – 5
Folyós	1 - 2

3.sz. táblázat A konzisztencia osztályok a Humm-féle behatolási mélység mérő alapján (MSZ 4714-3:1986)

5.1.3. Kúproskadás mérése (MSZ 4714/3-1978)



4.sz.ábra A roskadásmérő Abrams-kúp, és a 16 mm-s acélrúd

A vizsgálatot egy csonkakúp alakú vizsgálati eszközzel végezzük. A csonkakúpot Abrams kúpnek nevezik(4.sz.ábra).

Az Abrams kúp mérete: magassága 300 mm, az alsó átmérő 200 mm, a felső átmérő 100 mm, térfogata 5498 cm³. Kiegészítő eszköz egy 16 mm átmérőjű acélrúd. Frissbeton szükséglet: 15 kg , mérésenként.

A korábbi - hazai - szabvány szerint párhuzamosan két mérés alapján határozható meg a konzisztencia, míg a jelenleg érvényben lévő szabvány szerint egy mérés is elfogadható.

A módszer leírása, 1961

Akkor alkalmazható, ha a konzisztencia a képlékenynél nem folyósabb.

Feltöltés: Az előzetesen megnedvesített bádokkúpot *négy rétegben* megtöltjük betonnal, *mindegyik rétegek egy 12 mm átmérőjű, 60 cm hosszú hegyezett vasrúddal 35 szúrással tömörítjük*. Az acélrúdnak minden egyes szúrásnál (tömörítésnél) le kell hatolnia a kúp aljáig. A negyedik réteget az edényt tetőzve töltjük meg és a fölös friss betont a felső peremén lehúzzuk.

Folyós betont egyszerre töltjük be, tömörítés nélkül.

Egy perc múlva az edényt függőleges irányban felemeljük, és a betonkúp mellé állítjuk. Az összeroskadt kúp legmagasabb pontjának távolságát az edény tetejére fektetett vasrúdtól lemérjük. *E távolságot – cm-ben kifejezve – roskadási mértéknek nevezzük.*

Ha a mérést mérőedénybe állított kúppal hajtjuk végre, a kúp leemelése után a roskadás mértékét az ejtőkengyelen megjelölt skála segítségével állapítjuk meg.

A módszer leírása, 1980

A frissbeton jellemzői:

$d_{\max} = 32$ mm legnagyobb szemcsenagyság

Legalább FN konzisztencia osztályú, vagy lágyabb betonkeverék.

Változás 1961-hez képest:

Négy réteg, legömbölyített végű acélrúd 16 mm átmérővel. Rétegenként 25 szúrással.

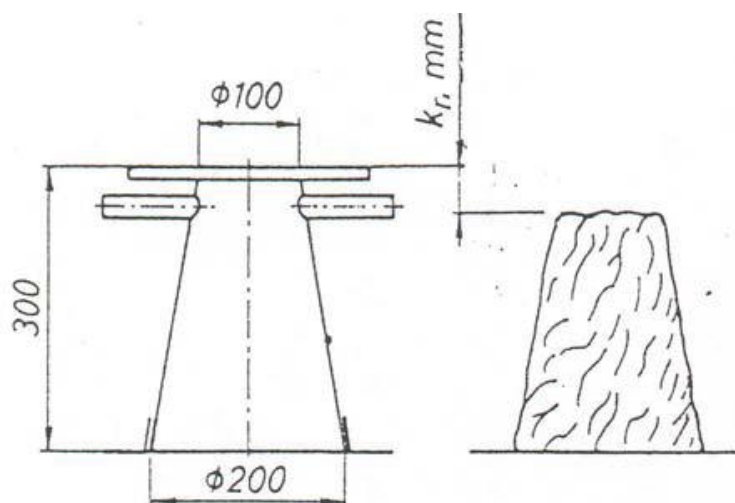
A roskadás mértéke mm-ben.

$D_{\max}$ 32-63 mm között a roskadást egy méretben másfélszeres nagyságú kúppal mérjük, és ezt számítjuk át. $D_{\max} > 63$ mm esetében is ezt a kúpot alkalmazzuk, de a 63 mm-nél nagyobb szemeket eltávolítjuk.

A vizsgálat menete:

Az Abrams kúpot sima, vízszintes, nem nedvszívó felületen elhelyezzük. A frissbetont az Abrams kúpba a korábban érvényben lévő MSZ szerint négy egyenlő rétegben helyezzük el. A feltöltés során az egyes rétegeket az acélrúddal 25 szúrással tömörítjük. A *jelenlegi*, érvényes szabvány szerint a feltöltés 3 rétegben történik, az egyes rétegeket 25 szúrással tömörítjük. A feltöltés után, 1 perc pihentetési idő után az Abrams kúpot függőleges irányban, határozott mozdulattal felemeljük, és a frissbeton kúp mellé helyezzük. Az acélrudat az Abrams kúpon átfektetjük úgy, hogy a rúd másik fele a frissbeton kúp fölött helyezkedjen el.

Mérjük a frissbeton kúp felső szintje és az Abrams kúp felső szintje közötti különbséget (5.sz. ábra) A szintkülönbséget 1 mm-s, illetve 10 mm-s pontossággal kell megadni. A vizsgálati értékek alapján adható meg a konzisztencia osztály, amely kategóriák régebben az MSZ 4714/3-1978, a jelenleg érvényben lévő szabvány (MSZ EN 206-1:2002) szerinti osztályokba (4.sz. táblázat) sorolható.



5.sz.ábra A roskadásmérés elvi ábrája

MSZ 4714/3-1978 szerint

	Roskadás (mm)
Földnedves	+
Kissé képlékeny	20 -40
Képlékeny	41 -100
Folyós	100 felett

MSZ EN 206-1:2002

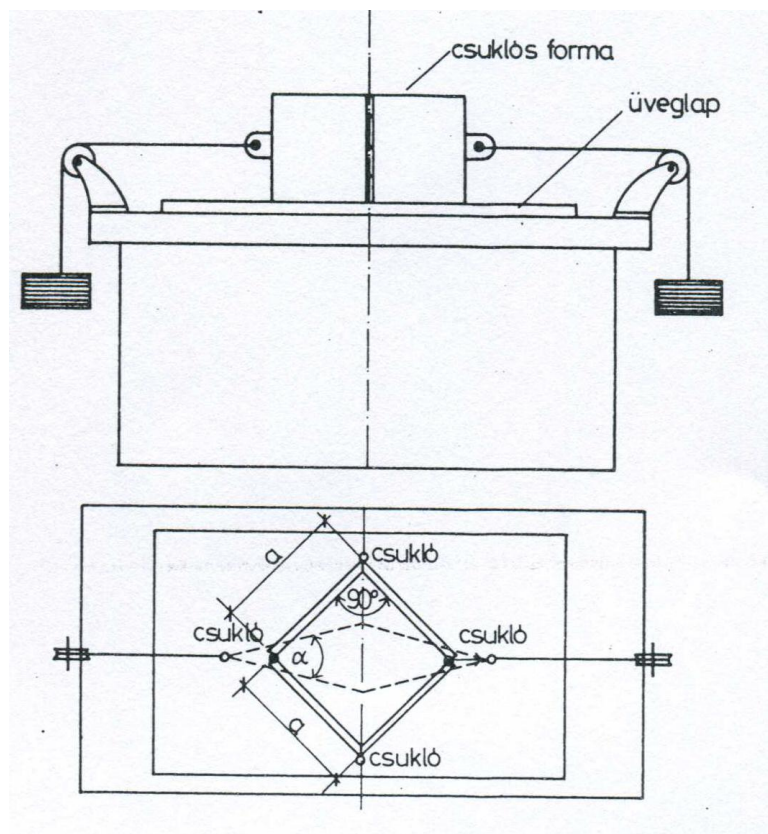
	Roskadás (mm)
S1	10 -40
S2	50 -90
S3	100 -150
S4	160 - 210
S5	>220

4.sz. táblázat Konzisztencia osztályok korábban és jelenleg a roskadás mértéke szerint

A vizsgálat a helyszínen is bármikor elvégezhető.

5.1.4. Berthier-féle konzisztométer[7]

A Berthier-féle konzisztométert (6.sz.ábra) először 1950 júniusában mutatták be, azóta a más néven is szereplő készülék egy javított kivitelét a DIN 106 tervezet ismerteti és a Tonindustrie 3015 típuszámmal gyártja.



6.sz. ábra A Berthier-féle konzisztométer elvi ábrája

Az eredeti készüléknél a plasztikusság méréséhez használt forma 4 db négyzetes fémlapból áll, amelynek csuklós pántokkal vannak egymáshoz kapcsolva. Ezeket úgy állítják fel, hogy alapéleik négyzetet alkossanak.

A formát vízszintes üveglapra állítják, és a megtöltik a vizsgálandó anyaggal. A kocka két szemben fekvő élére húzóerőt kapcsolnak, ami által a négyzet alakú (a^2)- alapterület ($a^2 \sin \alpha$) területű trapézfelületté alakul át.

A felületváltozás és a változás időtartama jellemző az anyag alakváltozási hajlamára. Betonoknál 20cm, talajoknál és habarcsoknál- 9cm él hosszúságú forma alkalmazását javasolják. A vonóerő betonnál 20-40 kp; habarcsnál és talajnál 2-10 kp. A módosított készülék alacsonyabb formákat használ és nem állandó erővel, hanem a terhelt átló állandó alakváltozási sebességével működik, és alakváltozás közben méri a változás által előidézett erőt (egy rugós dinamométerrel)

5.1.5. Terület mérés ejtő asztalon (MSZ 4714/3-1978)

A módszer leírása, 1961 [3]

A rázóasztal leírása:

A vizsgálathoz 4 cm magasságra emelhető 70x70 cm-s nagyságú, 2 mm vastag fémlappal burkolt, 16 kg súlyú lap és csonka kúp szükséges.

A vizsgálathoz a frissbetont három rétegben, 30-30 szúrással acélrúddal tömörítve készítjük el. A fölös betont vonalzóval lehízva, 1 perc múlva felemeljük és a – 4 cm magasságot jelölő – ütközőig 15-ször felemeljük és leejtjük.

E művelet következtében a lepénnyé szétfolyt betonnak meghatározzuk a középátmérőjét, amely cm-ben kifejezve adja a szétterületi mérőszámot.



7.sz.ábra A terület mérő kúp és az ejtő asztal

1980 [4]

A vizsgálathoz egy csonka kúpot alkalmazunk. Mérete: magasság 200 mm, alsó átmérő 200 mm taposó füllel ellátva, felső átmérő 150 mm, térfogata 4341 cm³.

Kiegészítő eszköz 40x40 mm keresztmetszetű farúd. Frissbeton szükséglete: 11 kg mérésenként.

Az ejtő asztal mérete 700x700 mm, a beállított ejtő magasság 40 mm.

A vizsgálandó frissbeton $d_{\max} \leq 63$ mm.

A vizsgálat menete jelenleg:

A csonka kúpot az ejtő asztal közepére helyezzük, majd a frissbetont két rétegben betöltjük. Az egyes rétegeket a 40x40 mm-s farúddal 10-10-szer csömöszöljük. A második réteg csömöszölése után a kúpot feltöltjük, majd a csonka kúpot határozott mozdulattal felemeljük. Egy perc pihentetési idő után az ejtő asztal felső lapját a beállított magasságig felemeljük, majd elengedjük. Ezt a mozgulatot 15-ször megismételjük úgy, hogy az egyes ejtések között egy másodperc telhet el. Az ejtések során kialakult lepény átmérőjét megmérjük két irányban (egymásra merőlegesen), majd a mért értékeket átlagolva határozzuk meg a terület mértékét mm-ben.

A vizsgálati értékek alapján adható meg a konzisztencia osztály, amely kategóriák régebben az MSZ 4714/3-1978, a jelenleg érvényben lévő szabvány (MSZ EN 206-1:2002) szerinti osztályokba sorolható (5.sz.táblázat).

A frissbeton konzisztencia gyakorlati fogalom, melynek mérése, mértéke gyakorlati mérési módszerekkel jól kifejezhető. Ezen gyakorlati módszerek hagyománya közel egy évszázados, így a hatalmas mennyiségű gyakorlati tapasztalatok alapján szabványosított.

MSZ 4714/3-1978 szerint

	Terület (mm)
Földnedves	350 alatt
Kissé képlékeny	360-420
Képlékeny	430-500
Folyós	500 felett

MSZ EN 206-1:2002 szerint

	Terület (mm)
F1	< 340
F2	350-410
F3	420-480
F4	490 - 550
F5	560 – 620
F6	> 630

5.sz. táblázat Konzisztencia osztályok korábban és jelenleg a terület mértéke szerint

A vizsgálat a helyszínen is elvégezhető.

5.1.6. Átformálódási tulajdonság [3,4,7]

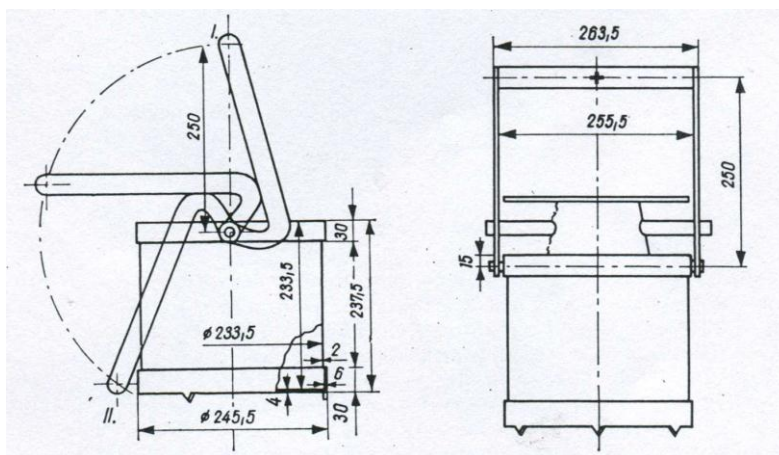
A frissbeton átformálódási tulajdonságát többféleképpen mérhetjük, így a megadott mérőszám is változik. Az egyik módszer – lényegében a helyszínen is elvégezhető, az átformálódási ütésszámmal jellemzi a frissbeton konzisztenciáját, a másik módszer – VEBE – pedig a vibrációs idő megadásával határozza meg ugyanezt. Az első módszer nem igazán terjedt el, a második vizsgálati eljárás viszont szabványosított, és csak laboratóriumban végezhető el.

5.1.6.1. Ejtőkengyeles átformálódási ütésszám (Thaulov-készülék)

Az MSZ 4714-3:1986 szabvány írja le. A Powers-féle konzisztencia vizsgálat (lásd: később) módosított formája, így az átformálási ütésszámot régebben Powers-foknak is nevezték.

Az ejtő kengyeles készülék két részből áll, a mérőedényből és a már korábban ismertetett (L.: roskadás) Abrams kúpából. A mérőedény belső átmérője 233,5 mm, és ugyanilyen magas. Az eredeti Powers-féle készülék mérőedényének belső átmérője 240 mm, magassága 200 mm, módosított változata 300 mm belső átmérőjű, és 200 mm magas.

Az egyszerű ejtő kengyeles berendezést Thaulov-készüléknek (8.sz. ábra) is nevezik.



8.sz.ábra Az ejtőkengyeles készülék (Thaulov)



9.sz. ábra Az ejtőkengyeles készülék

A mérés menete:

A mérőedényben elhelyezzük az Abrams-kúpot, és az ejtőkengyellel rögzítjük (9.sz.ábra). Ezután az Abrams kúpot a már korábbiakban leírtak szerint (roskadás-vizsgálat) feltöltjük. A pihentetési idő -1 perc – elteltével a kúpot egy határozott mozdulattal felemeljük. A mérőedény ejtőkengyelét függőleges helyzetbe hozzuk, és elengedjük. Az ejtőkengyelt ismét függőleges helyzetbe hozzuk és most a másik irányba engedjük el. A tevékenységet addig ismételjük, amíg a csonkakúp forma át nem formálódik hengerré.

Az átalakuláshoz szükséges ütésszámot mérjük, és az ütésszám alapján határozzuk meg a konzisztenciát.

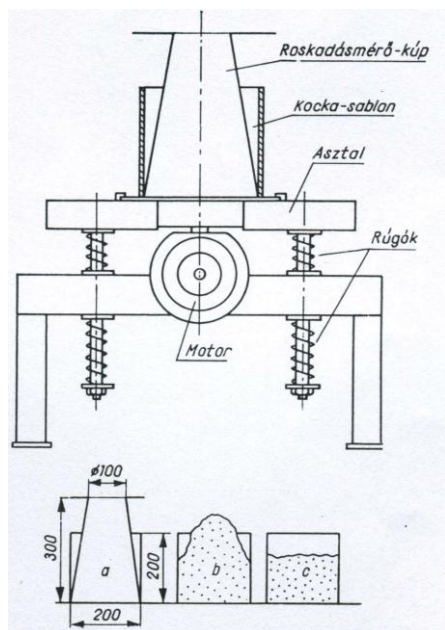
MSZ 4714/3-1978 szerint

	Ütésszám (db)
Földnedves	+
Kissé képlékeny	100 – 51
Képlékeny	50 – 16
Folyós	15 – 8

5.1.6.2. Átformálódási idő meghatározása [2,3,7]

Az átformálódási idő meghatározására korábban többféle módszert is alkalmaztak a Szkramtajev módszert, valamint a napjainkban is használatos Böhner-féle VEBE- métert.

Szkramtajev módszer



10.sz.ábra Szkramtajev eszköz

A módszer leírása, 1961 [3]

A vizsgálatnál azt a vibrálási időt (mp) állapítjuk meg, mely idő alatt a szabványos vibróasztalon egy 30 cm magas szabványos roskadás mérő kúpban szabványosan bedolgozott beton oly mértékig folyóssá lesz, hogy az egy 20 cm él hosszúságú kockaformában helyezkedik el.

A rezgések egy excenter forgása révén keletkeznek, a rezgésszám $3.000 \pm 10\%$ percenként.

VEBE – méter

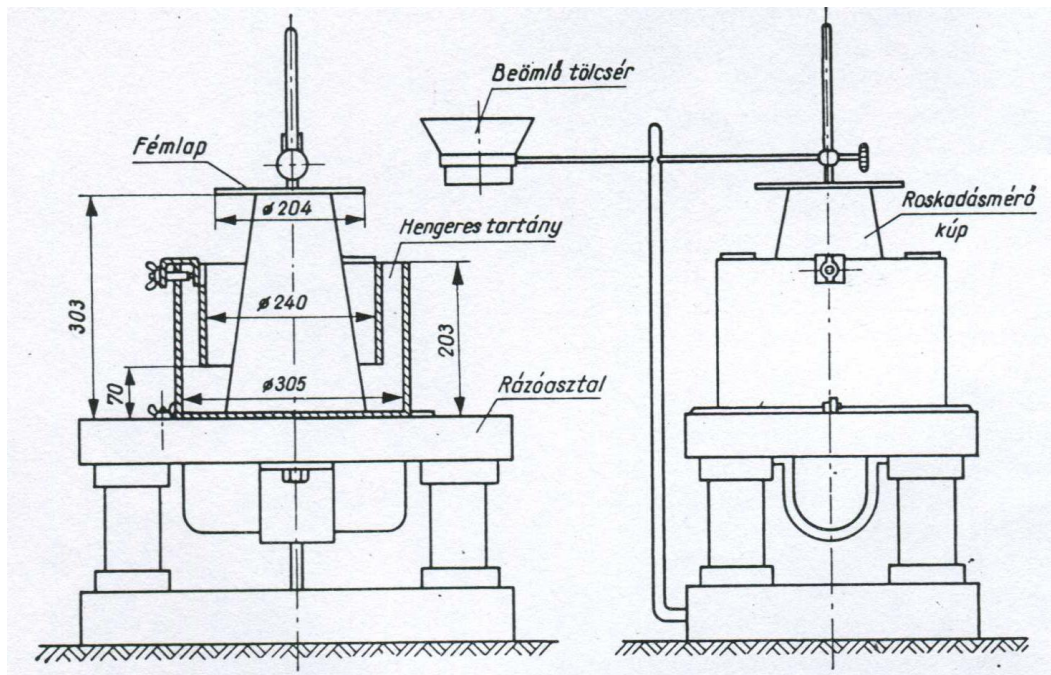
Átformálódási (vibrációs) idő

A vizsgálathoz szükséges berendezést – VEBE-készülék – a svéd Victor Böhner nevének kezdőbetűi után kapta, aki ezt a konzisztencia vizsgálati módszert kidolgozta (1940).

1961 [3]

A Powers-féle elven alapszik.

A roskadási kúpot egy a 11.sz. ábra szerinti méretű kettős hengeres edénybe helyezzük, és a beton tetejére kerek fémlapot helyezünk. A VEBE-féle rázóasztalra szerelt kettős henger átlátszó műanyagból készül.



11.sz.ábra A eredeti VEBE méter rajza

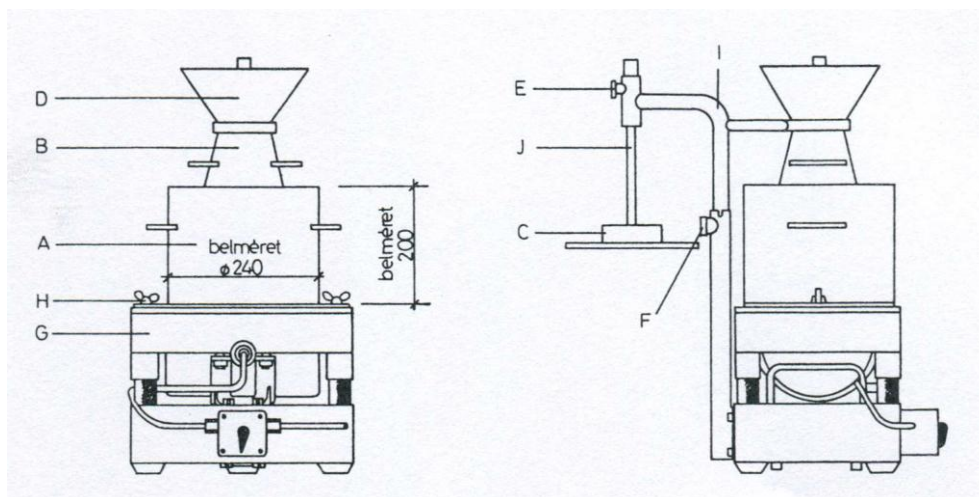
A viszkozitás mutatóját az a másodpercekben kifejezett vibrálási idő adja, amely idő alatt a kúp alakú betontest hengeressé alakul, és egyenletesen kitölti az átlátszó edényt.

1980 [4]

Átformáláshoz szükséges idő (s) határozható meg. Az Ö (önthető) konzisztenciájú beton kivételével minden beton vizsgálatára alkalmas.

A VEBE-méter részei (12.sz. ábra):

- henger alakú, rögzíthető fémtartály (A),
- Abrams-kúp (B),
- mozgatható, kétágú rúd (I), amely egyik felén az adagoló tölcser (D), a másik felén egy átlátszó, a mérőedénybe beleillő korong (C) található. A szerelvény össztömege 2.750 ± 50 g. A korongot tartó rúd a beton roskadásának mérése végett mm beosztással van kialakítva,
- vibroasztal 3.000/perc (G),
- a frissbeton tömörítéséhez az egyik végén lekerekített, 600 mm hosszú, 16 mm átmérőjű acélrúd szolgál (L. Abrams-kúp)



12.sz.ábra A jelenlegi VEBE mérő

A kúpformát négy egyenlő rétegben töltjük meg, minden egyes réteget a döngölőrúd lekerekített végével 25 szúrással tömörítünk. Az ütések egyenletes módon, mindig más helyen, teljes magasságban – azaz ütközésig – kell végezni.

A felső réteg tömörítése után az adagoló tölcserő a kétágú rúd segítségével elfordítjuk, majd a felső felületet elsimítjuk, közben ügyelni kell arra, hogy a forma ne emelkedjen fel az edény aljáról (felúszás).

A formát függőleges irányban lehúzzuk, és a megroskadt beton kúp felületére helyezzük az átlátszó korongot. Leolvassuk a rúd skáláján a roskadás mértékét. A korongot tartó rudat a mérés folyamán rögzíteni kell.

A rögzítő csavart kioldva elindítjuk a vibrálást, és vele egy időben a stoppert. A frissbeton átformálódását az átlátszó korongon át figyeljük. Abban a pillanatban, amikor a frissbeton teljesen tömör lett, a stopperórát megállítjuk, és a vibrátort kikapcsoljuk.

A konzisztencia mérőszáma a másodpercekben kifejezett átformálódási idő.

A VEBE-mérő fő méretei az óta sem változtak, de felépítése kis mértékben változott.



13.sz.ábra A VEBE-mérő

A vizsgálat menete:

A rázóasztalon rögzítjük a mérőedényt, majd az edénybe helyezzük az Abrams-kúpot, és a forgókar tölcserő felét az kúp fölé helyezzük. A már korábban leírtaknak (L.: tömörödés) megfelelően elvégezzük a kúp feltöltését a friss betonnal. A pihentetési idő elteltével a forgókart elfordítjuk, azaz a tölcserő rész helyett, az átlátszó tárcsás mérő rudat helyezzük a frissbeton csomka kúp felületére, leolvassuk a roskadás értékét, majd a rázóasztalt bekapcsolva mérjük azt az időt, ami a kúp hengerré alakulásához szükséges

A VEBE-méterrel mért átformálási időt 1 másodperces pontossággal kell megadni.

MSZ 4714/3-1978 szerint

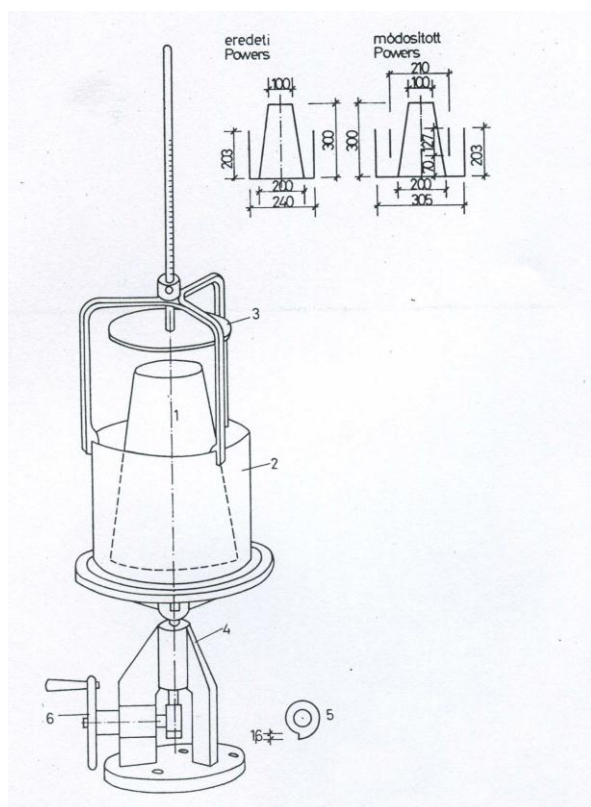
	Vibrációs idő (sec)
Földnedves	50 - 21
Kissé képlékeny	20 - 8
Képlékeny	7 - 3
Folyós	+

MSZ ENV 206-1:2002 szerint

	Vibrációs idő (sec)
V0	>31
V1	30 - 21
V2	20 - 11
V3	10 - 6
V4	5 - 3

Powers készülék [7]

A legrégebbi dinamikus konzisztencia vizsgáló eszköz.



14.sz.ábra A Powers készülék

A készülék a 30 cm magas eredeti Abrams kúpot használja. A kúpot egy rázóasztalra felerősített 240mm belső átmérőjű 200mm magas acéllemez-edény középre állítják, majd megtöltik a vizsgálandó betonkeverékkel, ezután a kúp alakú formát lehúzzák és a betontest tetejére óvatosan, elhelyezik a fémkorongot, melynek csúsztatható szárán leolvassák a roskadás mértékét. A roskadási mérték meghatározása után a kézikerek forgatásával elkezdik a készülékben lévő beton rázását és számolják a fordulatokat mindaddig, amíg a beton az edényben vízszintesen elterül. Ez a fordulatszám a Powers fok.

A módosított Powers-féle készülék nagyon plastikus betonok vizsgálatára alkalmas. A módosított edényben egy gyűrű alakú terelőlemezt helyeznek el, melyen a frissbetonnak át kell buknia

A Powers-elv alapján motorikus meghajtású vibrátoros készülékeket is alkalmaznak.

Tömörödés mérése [2,3,4,7]

A frissbeton konzisztencia vizsgálatának egyik jellemzője a tömörödési tulajdonság. Többféle vizsgálati eljárás ismert, pl. a Walz-féle tömörödési mérték, a Glanville-féle tömörítési tényező. A vizsgálati eljárások közül a Glanville-féle mérési módszert alkalmazzák ma is, a tömörítési osztály betűjele „C”. (MSZ EN 206-1:2002)

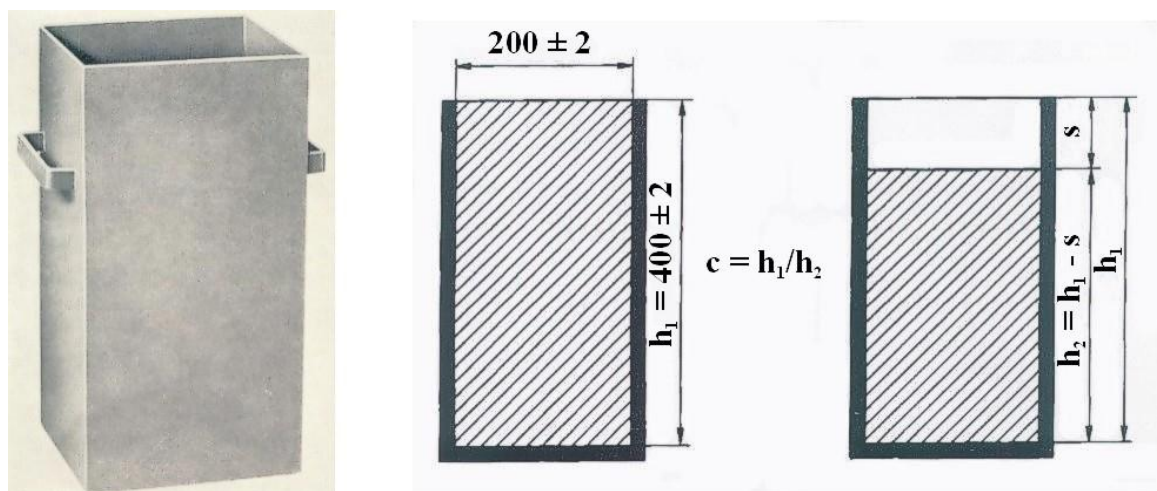
A két eljárás által mért, illetve számított érték elnevezése más, így a Walz-féle módszer a tömörítési mértéket adja meg, a Glanville-féle mérés eredménye a tömörödési tényező. Az előző egynél nagyobb szám, a Glanville-féle tömörödési tényező pedig egynél kisebb érték. A két mérőszám közötti összefüggés jó közelítéssel egymás reciprok értéke.

Tömörítési mérték (Walz-féle)

(MSZ EN 206-1:2000, a vizsgálati szabvány MSZ EN 12350-4:2000)

A Walz-féle tömörítési mértéket a DIN 1048-1:1978 szabvány ismerteti. Vizsgálatával hazánkban nemzeti szabvány nem foglalkozott.

A friss beton $d_{\max} \leq 63$ mm.



15.sz.ábra A Walz-féle vizsgáló eszköz és a mérés értelmezése [2]

A vizsgáló eszköz 200-200 mm alapterületű, 400 mm magas fémmedény, amelyet lazán fel kell tölteni. majd le kell húzni. Ezután a friss betont tömöríteni kell, például vibroasztalon. A tömörítési mérték a beton eredeti magasságának (400 mm), és a tömörítés utáni magasságának mm pontossággal mért érték hányadosa. A tömörítési mértéket két tizedes pontossággal kell megadni, és az értéke egynél nagyobb szám.

A tömörítési mérték értéket elsősorban a betontervezéskor használjuk. A Walz-féle tömörítési mérték nem azonos a Glanville-féle tömörödési tényezővel.

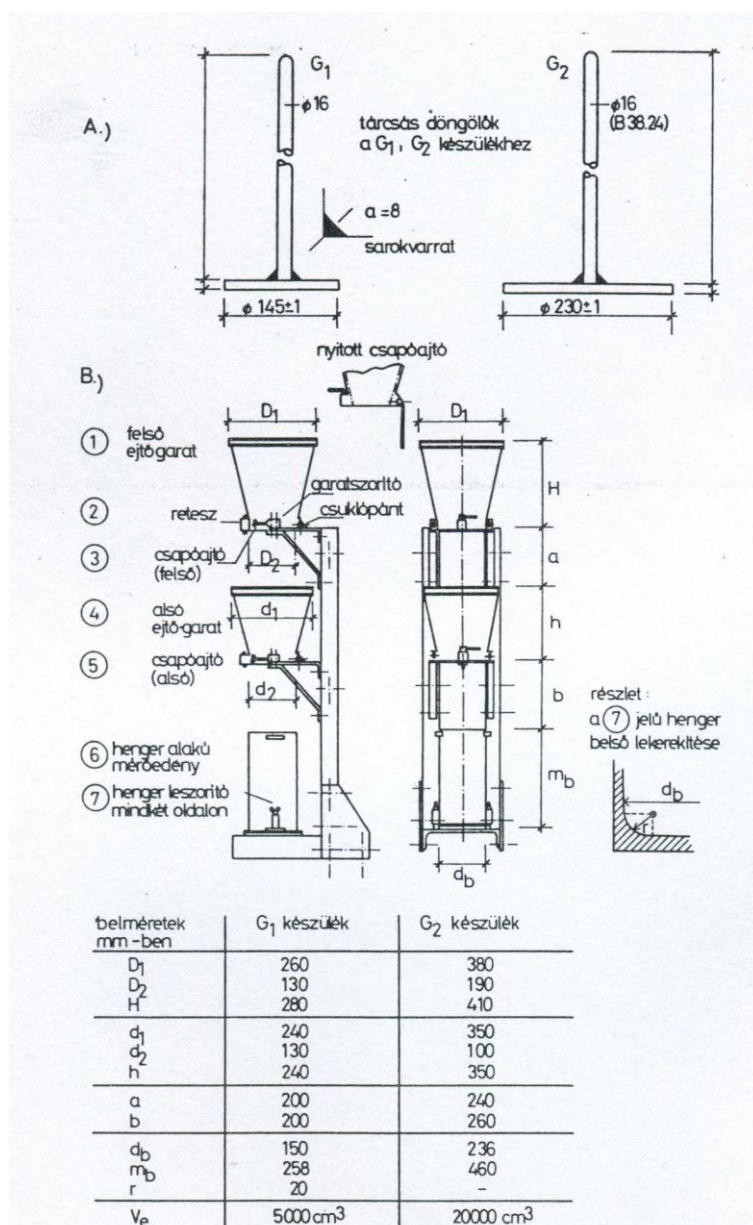
MSZ EN 206-1:2002

	Tömörödési szám
C0	> 1,46
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1,04

Tömörödési tényező mérése (Glenville – készülék)

1980 [4]

A tömörödési tényező megállapítására szolgáló készülék, amelynek két méret változata van. A kisebbik a $d_{\max} < 32$ mm-s, a nagyobbik a $d_{\max} < 63$ mm szemnagyságú betonok(16.sz.ábra) vizsgálatára alkalmas eszköz.



16.sz.ábra A szemnagyság szerinti méretezett Glenville készülék

A vizsgálatok az AFN (alig földnedves)-től az Ö (önthető) konzisztencia osztályig való besorolására alkalmasak.



17.sz. ábra A „kisebb” Glanville készülék

A merev állványra rögzített, két, csapóajtóval ellátott tölcsér és a mozdítható, de az állványhoz rögzíthető, belül lekerekített sarkú hengeres edény.

A vizsgálat megkezdése előtt zárjuk a csapóajtókat. A vizsgálandó frissbetonból rázás és tömörítés nélkül megtöltjük a felső kúpot a felső pereméig. A feltöltés után a csapóajtót azonnal kinyitjuk, majd nyitjuk a következő csapóajtót is. Amennyiben a csapóajtó megnyitásakor a frissbeton nem ömlik ki a garatból, akkor az Abrams kúpnál alkalmazott acélrúddal egy alkalommal átszűrjük a réteget, és azonnal kihúzzuk az acélrudat. Ha a keverék ebben az esetben sem hullik át, úgy ez a módszer a konzisztencia mérésére nem alkalmas. A henger szintje feletti, túlömlő frissbetont tömörítés és rázkódásmentesen le kell húzni. A henger külső falát le kell tisztítani, és mérjük a henger össztömegét, a kisebb készülék esetében 10 g, a nagyobb készülék esetében 100 g pontossággal. (G_L)

A hengerből a frissbetont kitöltve, a hengert a vizsgált betonnal 5 cm-s rétegekben, erősen tömörítve újra meg kell tölteni. Minden esetben meg kell közelíteni a teljes tömörséget. A beton felületét a henger felső síkjában lehúзва, a henger külső felületét letisztítva mérjük a frissbeton tömegét (G_T)

A vizsgált frissbeton tömörödési tényezőjét (K_{CF}), két tizedes pontossággal kell megadni:

$$K_{CF} = G_L / G_T < 1,00$$

Kőműveskanál próba [5]

A gyakorlati életben használatos – ma már nem szabványos – konzisztencia vizsgálat. Korábban az MSZ 4714/1955 szabvány tartalmazta, ismertette

Szükséges eszközök:

szabványos kőműves kanál,
lehúzó lécz.

A vizsgálat menete:

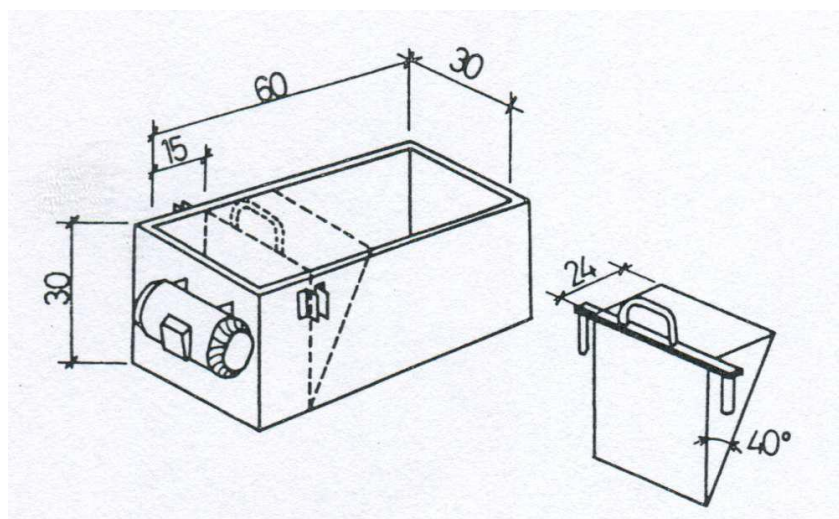
A frissbetonból egy kb 500 mm alapterületű, 250-300 mm magasságú halmazt készítünk, A halmazt lazán, tömörítés nélkül készítjük, a lehúzó léccel a laza halmaz tetejét lehúzzuk. A szabványos kőműves kanál aljával ütéseket mérünk a frissbeton halmaz vízszintes felületére, amíg az nedvesen csillogó felületté válik. Az ütéseket kb. 25 cm magasból, könyökből, gyorsan és határozottan kell végrehajtani, simító mozdulatok nélkül.

A konzisztencia jellemzője a fényes, nedvesen csillogó felület kialakításához szükséges ütések száma. A konzisztencia jellemzésére szolgáló ütésszám összefüggést az alábbi táblázat ismerteti.

	Ütésszám (db)
Földnedves	15 - 25
Kissé képlékeny	5 – 15
Képlékeny	2 – 5
Folyós	0 - 2

Lessage-féle konzisztencia mérő készülék [7]

Ezt a készüléket az L.C.P.C.(Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) párizsi anyagvizsgáló laboratórium használta. A készülék a beton átformálódási idejének vizsgálatára alkalmas.



18.sz.ábra A Lessage készülék elvi ábrája

A beton befogadására egy 9 mm vastag acéllemezről készített, felülnyitott láda szolgál, amely négy rugón nyugszik; tömege a vibrátorral együtt 117g. A vibrátor rezgésszáma 2850 fordulat/ perc, amplitúdója változtatható. A ládában egy kiemelhető ferde zsalutábla van elhelyezve.

A vizsgálat menete:

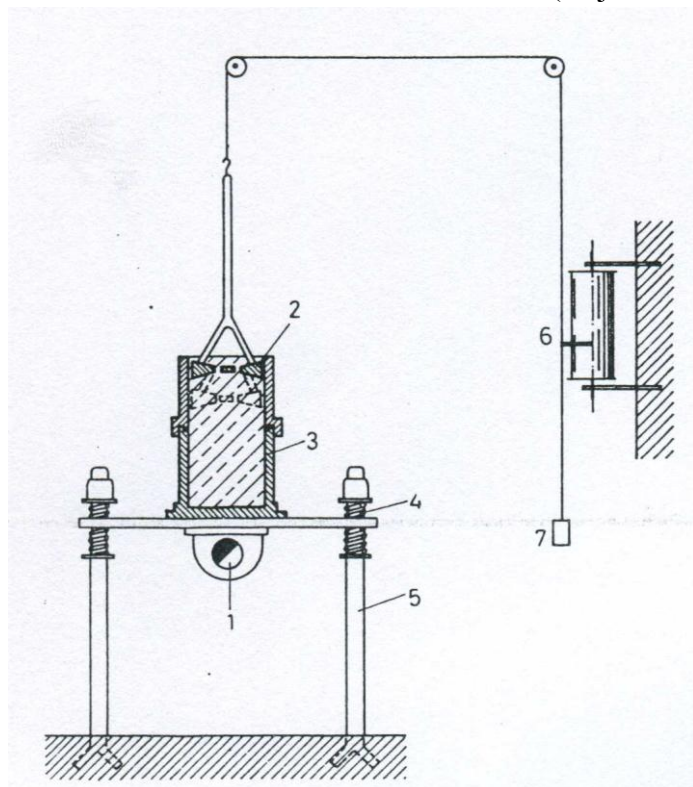
A láda nagyobb rekeszébe tömörítés nélkül helyezik el - egy kőműves kanállal - a betont és a láda felső élénél a felesleget lehúzzák.

Ezután kiemelik a ferde zsalutáblát és egyben elindítják a stopperórát. Egy villamos kontaktus gondoskodik arról, hogy a zsalu kiemelésének pillanatában a vibrátor meginduljon. A konzisztencia mérőszáma az az időtartam, amely alatt a beton – a ládába kijelölt vonal mentén- derékszögű négyszögű hasáb alakú testté formálódik át.

Fritsch-féle készülék [7]

Az Ausztriában kialakított „vibrálhatóság vizsgáló készülék” egy vibroasztalra helyezett formában lévő beton tömörödési folyamatát regisztrálja a vibrálási idő függvényében.

A beton felületén úszó kis erővel terhelt (majdnem kiegyensúlyozott) megfelelően kiképzett

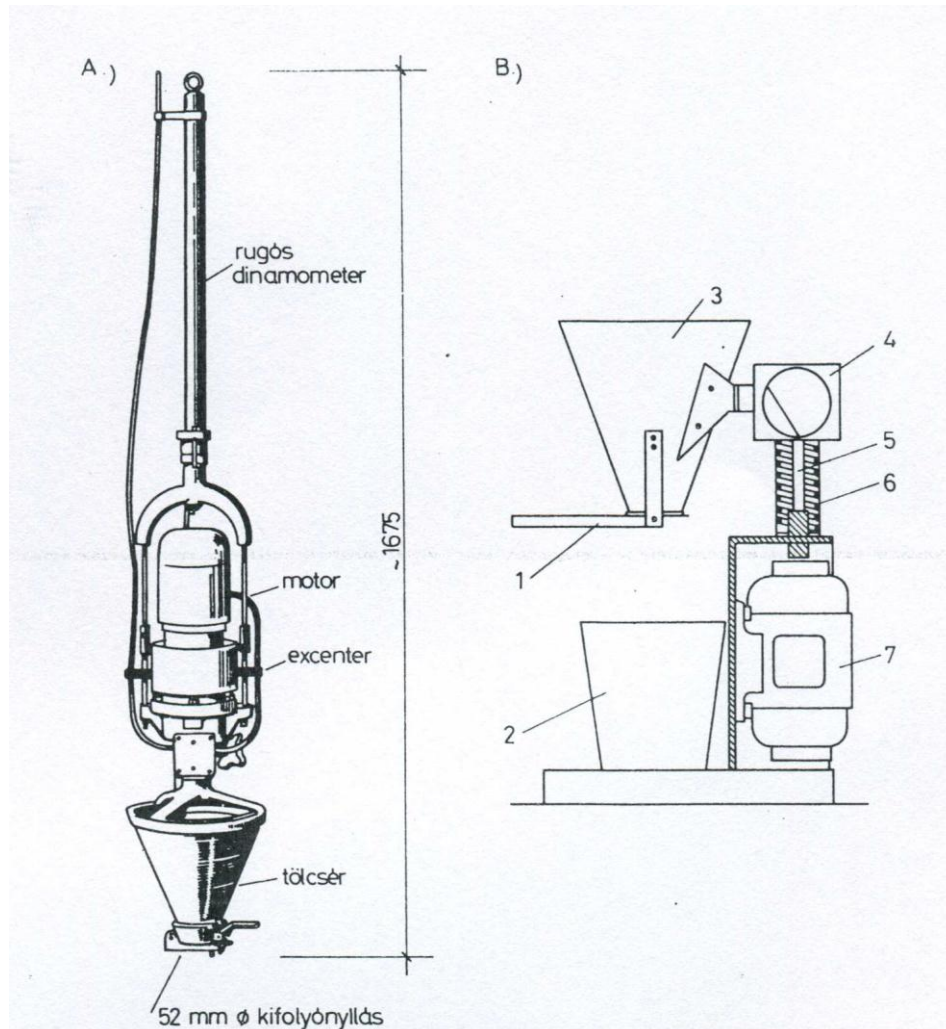


19.sz. ábra A Fritsch készülék

test a beton tömörödése folyamán, annak felületével együtt süllyed. A süllyedésnek megfelelő mértékben a 6-jelű írószerkezet tolla felfelé elmozdul. Közben az óraművel forgatott dob az idővel arányosan fordul el. A regisztráló papíron a tömörödés rajzolódik fel az idő függvényében, és erről leolvasható az adott körülmények között hasznos vibrálási idő.

Pilny készülék [7]

A készülék különösen jól használható földnedves vagy alig földnedves, tekintélyes tömörítő munkát igénylő betonfajták vizsgálatára. A vizsgálat elején a percenként 6300 fordulatú vibrátorral 5 kg tömegű betont betömörítnek a készülék tölcsérébe, majd az további vibrálás közben 52 mm átmérőjű nyíláson folyik keresztül.



20.sz.ábra A Pilny-készülék elvi ábrája

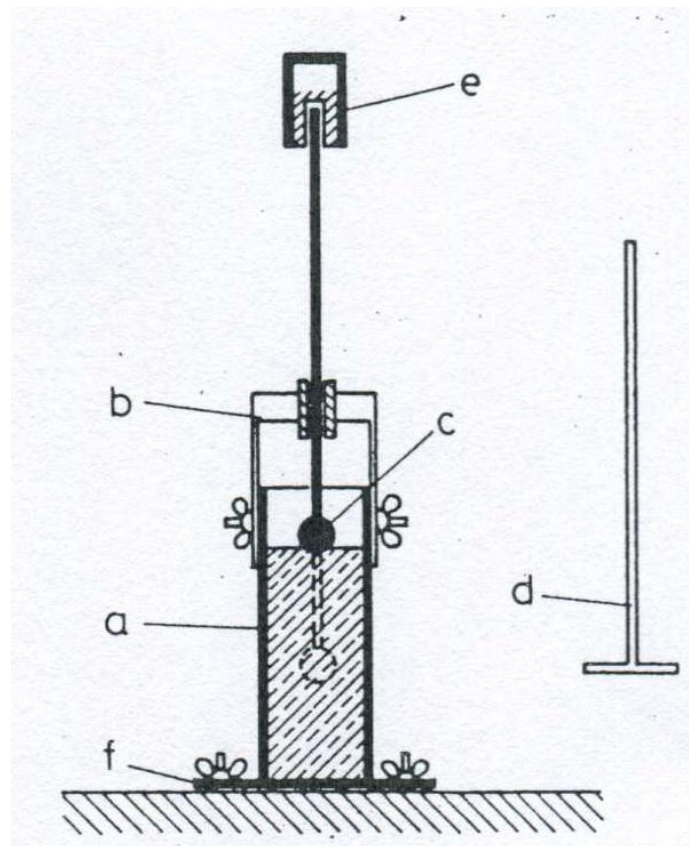
a-munkahelyi kivitel, b-laboratóriumi kivitel

A készülék szárába beépített rugósmérleg lehetővé teszi, hogy a vizsgált 5 kg anyagmennyiséget a készülék tölcsérében lehessen kimérni. Pilny javaslata szerint olyan készüléket is készítettek, amelynél a rugósmérleget egy vízszintes karba építették be és a készülék a függőleges tengely körül elfordítható karral a betonkiadó állomás alá állítható. Ez a készülék egy 500 kg-os keverék befogadására alkalmas és 150mm szemnagyságú beton esetén is alkalmazható. A tölcsér felső átmérője 1.060 mm, a kifolyási nyílásé 300 mm.

Konzisztenciamérő golyó [7]

Ezt a készüléket a budapesti 'Építőanyagipari Központi Kutatóintézet'-ben készítették.

A vizsgálandó 4 kg betont a 100x100x300 mm béli méretű hasáb alakú acélformába helyezik. A formát ráerősítik a 2800 fordulatú 2-3 mm amplitudojú vibroasztalra. A betonra helyezik a vezetőrúddal ellátott 100x100x10 mm méretű tömörítő lapot, amely az /e/-jelű pótsúllyal együtt 1500g tömegű és 12 másodpercre bekapcsolják a vibrátort. A lap 'A' süllyedését a vezetőrúd beosztásán leolvassák.



21.sz.ábra A golyós konzisztencia mérő

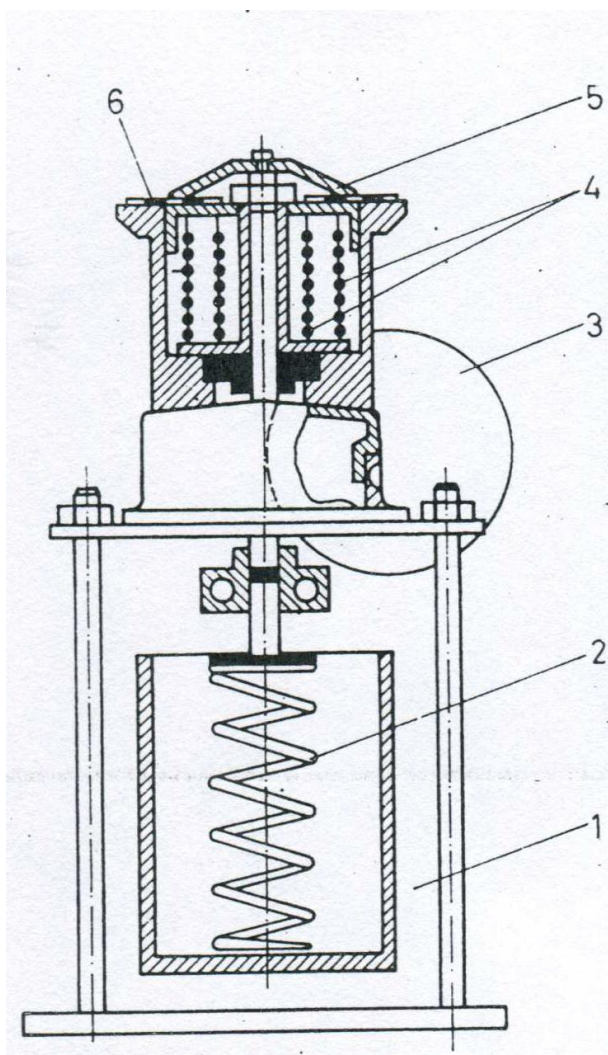
A lap helyére ezután a 30mm átmérőjű acélgolyót helyezik (a vezető rudak 10mm átmérőjű és 500mm hosszúak), a vezetőrúddal rendelkező golyó(c) és az (e) pótsúly együttes tömege 1500 g. A vibrátort 6 másodpercig működtetik, leolvassák annak 'B' süllyedését, majd újabb 6 másodpercig működtetik és annak hatására létrejött 'C' süllyedés mérése következik.

A konzisztencia mérőszáma:

$$P_t = (A+B+C)/3$$

Komlós-féle rotációs beton-viszkoziméter [7]

A bemutatott készüléknél (22.sz.ábra) a vizsgálandó frissbeton keverék az 1-jelű tartályban foglal helyet. A betonban, előírt fordulatszámmal forgatják a 2 jelű acélspirált, amelynek a tengelye a 4-s jelű rugókhöz van rögzítve. A forgatónyomatékokot ezek a rugók közvetítik, és ennek következtében elcsavarodnak. Az elcsavarodás mértékét a rugóház skáláján elmozduló rugó méri.



22.sz.ábra Komlós-féle viszkoziméter

5.2. Az „újabb” vizsgálatok [2,6,8,9,10]

A XX. század második felében a jobb minőségű beton iránti kereslet, a fokozott építési, technológiai igények, valamint a betonnal kapcsolatos esztétikai igények a fejlesztőket kutatókat arra ösztönözte, hogy újabb és újabb betontechnológiai módszert dolgozzanak ki.

A kész beton megjelenése szempontjából az egyik jelentős technológiai változás az ún. önterülő, öntömörödő beton megjelenése. Természetesen számos más fejlesztés is megvalósult (pl.: szálerősített beton, nagyszilárdságú beton, öngyógyuló beton, stb.), azonban az öntömörödő beton az ipari technológiában egyre inkább jelentős szerepet játszik

Az öntömörödő beton (ÖTB) – angolul Self Compacting Concrete (SCC) – azt jelenti, hogy a frissbeton zsaluzatba töltésekor szükségtelen a beton bármilyen tömörítése. Olyan a beton összetétele, hogy minden külső segítség nélkül, csupán az önsúlya hatására üregmentesen ki tudja tölteni a tetszés szerinti alakú zsaluzatot és vasalatot, beleértve a hézagokat is. Ezenkívül szétosztályozódás nélkül, önállóan légtelenítődik, és szinte tökéletesen kiegyenlítődik.

Az öntömörödő beton 16 mm legnagyobb szemátmérőjű, kivételes esetekben 32 mm szemátmérőjű adalékanyagból készül. Az öntömörödő beton összetétele a hagyományosan tömörített betonétól elsősorban magasabb kötőanyagtartalmával, nagyobb finomrész tartalmával ($d \leq 0,125\text{mm}$), kisebb kavics/homok arányával tér el, valamint szükséges egy nagyteljesítményű folyósítószer, illetve viszkozitás-szabályozó adagolása is.

Az öntömörödő beton szilárd beton jellemzői alig különböznek a hagyományosan tömörített beton tulajdonságaitól. Ezzel szemben jellegzetesek az öntömörödő beton különleges friss beton jellemzői, amelyek egyrészt a már korábban ismert vizsgálati módszereket, eszközöket adaptálja, másrészt egyedi, új vizsgálati módszerekkel minősíthetők.

Az új frissbeton minőség vizsgálati eljárásai elsősorban a beépíthetőséget helyezi előtérbe, ezért az alábbi jellemzőket vizsgálja:

- folyósság (viszkozitás),
- zárványképződési hajlam,
- önkiegyenlítő képesség,
- önlégtelenítő képesség,
- szerkezeti stabilitás.

A felsorolt jellemzők vizsgálati eszközeit a 23.sz. ábra mutatja be.

Az önterülő és egyben öntömörödő beton önhető konzisztenciájára és különleges összetételére tekintettel nem tárgya az MSZ EN 206-1:2002 szabványnak, az a „DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton”, röviden „DAfStb-Richtlinie SVB” (Berlin, 2003) német műszaki irányelv szerint készíthető és vizsgálható.



23.sz. ábra Az öntömörödő beton vizsgálati eszközei [6]

5.2.1 Tölcséres kifolyási idő (V-funnel)

A viszkozitás meghatározása



A tölcséres kifolyási idő az öntömörödő beton viszkozitásával áll összefüggésben, és első sorban a víz/(száraz anyag tartalom) tényező és a száraz anyag tartalom szemmegoszlása befolyásolja. Minél nagyobb a víz/(száraz anyag tartalom) tényező, annál kisebb az öntömörödő beton tölcséres kifolyási ideje és viszkozitása. Olykor az öntömörödő beton konzisztenciáját a $10/(\text{tölcséres kifolyási idő})$ formulával tölcséres kifolyási sebességként, 1 / másodperc mértékegységben fejezik ki.

24.sz.ábra A kifolyási idő mérőeszköze

A kifolyási tölcsér adatai:

515mm felső, 65 mm alsó átmérőjű, 600 mm magas csonka kúp, az alkotója 45°-s szöget zár be a függőlegessel (25.sz. ábra).

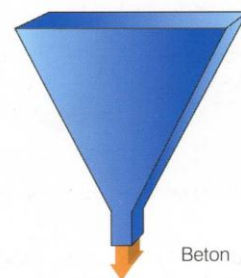
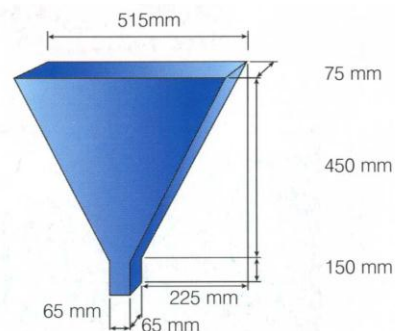
Egy másik leírás szerint a kifolyási idő mérésére trapéz oldalnézetű tölcsért is használnak. Felső nyílása 500-515 mm, alsó nyílása 75-65 mm, magassága 425-450 mm, kifolyó nyílása 150 mm magas. a mérőeszköz vastagsága 75 mm.

A mérés menete:

Bezárt kifolyónyílás mellett kell az öntömörödő betonnal színültig megtölteni. A nyílást kinyitva, másodpercben kell a tölcséres kifolyási időt megmérni, másodpercben.

A célzott érték:

5-15 másodperc



25.sz. ábra A tölcsér méretezése

5.2.2 Terülés mérés Abrams kúppal

A folyósság meghatározása

A terülés mérés elsősorban a friss öntömörödő beton folyási határértékének függvénye, kisebb folyási határértékhez nagyobb területi mérték tartozik. A folyási határérték a beton folyásához szükséges legkisebb nyírófeszültség. A folyási határérték főképp a finomrészek betonban való diszperzitásának mértékétől függ, és leghatékonyabban folyósító adalékszerrel csökkenthető. A fordított roskadás mérő kúpos területtel be lehet állítani az öntömörödő beton optimális folyósító szer adagolását, és meg lehet határozni szétosztályozódási hajlamát.

Területi idő mérése



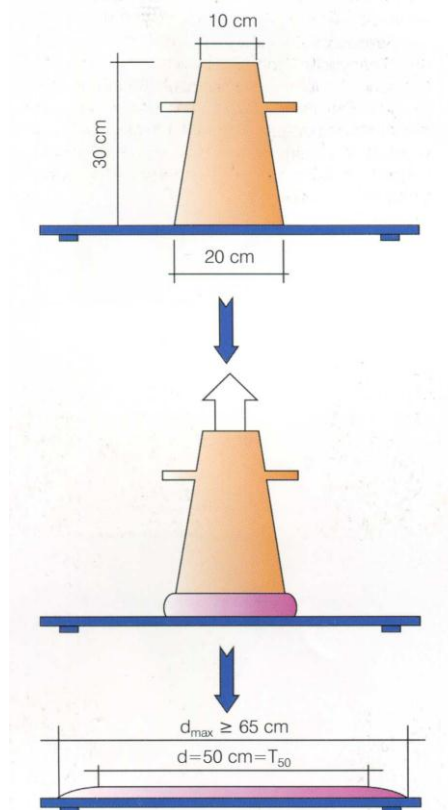
26.sz. ábra A bejelölt mérőasztal

Egy másik ajánlás szerint (BASF) a folyósság meghatározására ugyancsak az Abrams kúpot alkalmazzák, azonban nem fordított (27.sz. ábra) állapotban. Az ismertető szerint az Abrams kúpot tiszta, mattnedves aljzatfelületre kell állítani, és frissbetonnal megtölteni. A feltöltés után a kúpot fel kell emelni, hogy a frissbeton a nehézségi erő hatására szétterülhessen az alzaton.

A vizsgálat során:

- meg kell határozni a T_{50} időt, azaz az 50 cm-s átmérőjű területéhez szükséges időt, (a célzott érték 3-8- másodperc,
- meg kell mérni frissbeton terülésének maximális átmérőjét. (a célzott érték min. 65 cm),
- szemrevételezéssel el kell bírálni a homogenitást és a szétosztályozódási hajlamot, (célzott érték legyen egyenletes a durva szemcsék eloszlása, és ne legyen vízkiválás a lepény szélén).

A vizsgálat során azt kell megmérni, hogy a fordított roskadási kúpból kifolyó öntömörödő betonnak mennyi időre van szüksége ahhoz, hogy a szétterülő lepény átmérője elérje az 500 mm-t. A mérés megkönnyítésére, a mérőasztalra 500 mm átmérőjű kört (26.sz. ábra) karcolnak. Minél hosszabb a területi idő, annál nagyobb az öntömörödő beton viszkozitása.



27.sz. ábra Az ÖTB területi vizsgálata

5.2.3 Blokkoló gyűrűs vizsgálat [6,8,9]

(J-ring)

Zárványképződési hajlam vizsgálata

A blokkoló gyűrűs vizsgálat a beépítési körülményeket utánozza, amelynek során a szétterülő betonnak akadályokat kell, legyőznie, mint pl. a vasbeton vasszerelése.



28.sz.ábra A blokkoló gyűrűs vizsgálat eszközei

A vizsgálat eszköze a fordított roskadás mérő kúp és a blokkoló gyűrű. A blokkoló gyűrű voltaképpen egy kör alakú fésű, lefele álló fogakkal. Átmérője 300 mm, a fogak száma 16, átmérőjük 18 mm, magasságuk 125 mm.

A fordított roskadás mérő kúpot és a blokkoló gyűrűt középpontosan kell a mérőasztalra helyezni (29.a. ábra). A fordított roskadás mérő kúpot meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a kúpot fel kell húzni (29.b.c.ábrák) A szétterülő beton átfolyik a blokkoló gyűrűn. A blokkoló gyűrűs területi mértéket a szétterülő friss beton két egymásra merőleges átmérőjének átlaga (29.d. ábra) adja. Az öntömörödő beton nem hajlamos a blokkolódásra, ha a blokkoló gyűrű nélküli fordított roskadás mérő kúpos terület mértéke és a blokkoló gyűrűs terület mértéke közötti eltérés kisebb, mint 50 mm.



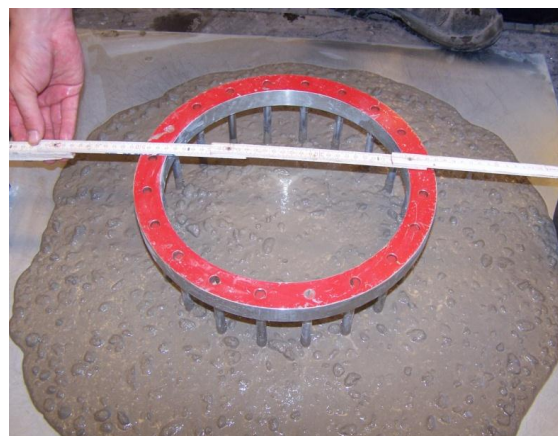
a.



b.



c.

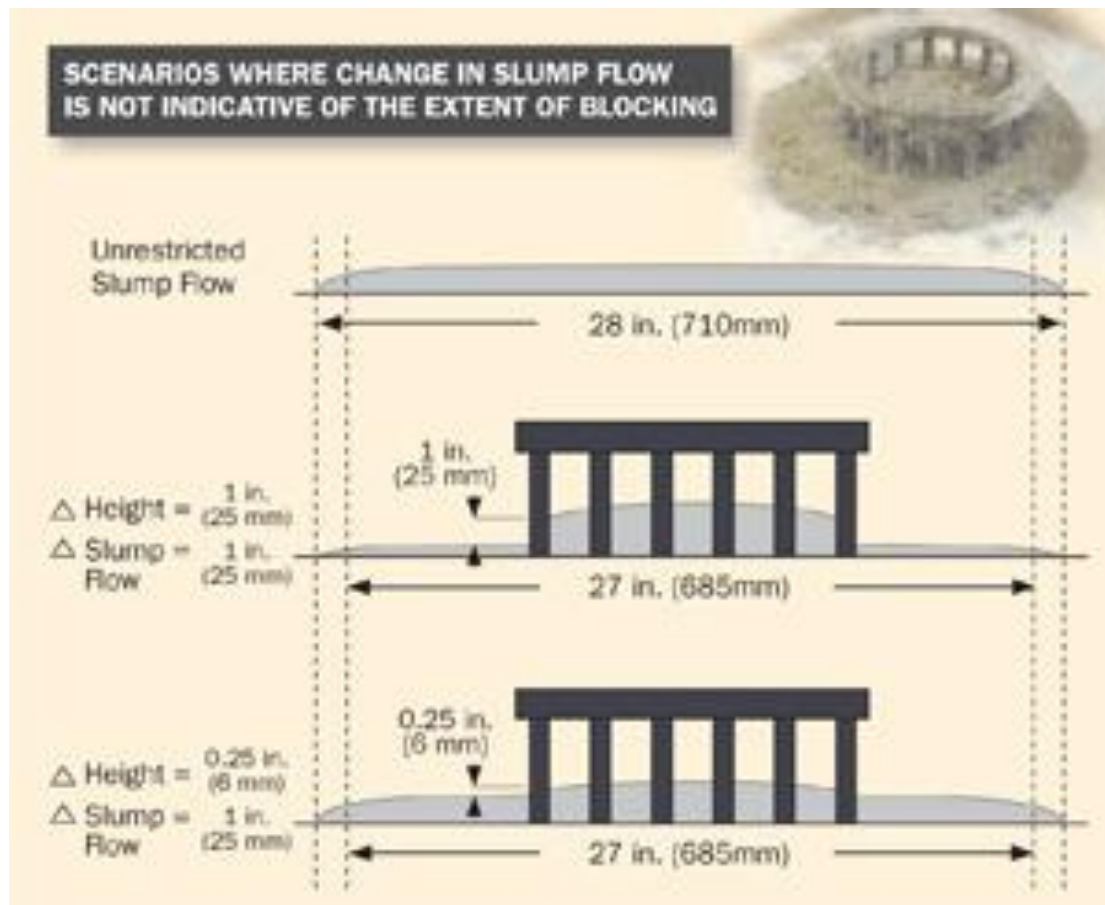


d.

29.sz. ábra A blokkoló gyűrűs vizsgálat lépései [8]

A vizsgálat során (30.-31.sz. ábrák):

- meg kell mérni a friss ÖTB terület maximális átmérőjét (max.65 cm),
- szemrevételezéssel kell értékelni a zárványképződési hajlamot,
- a vasalat közelében nem halmozódhat fel durva adalékanyag,
- nem lehet vízkiválás a lepény szélén.



30.sz. ábra A blokkoló gyűrűs vizsgálat kiértékelése



a.



b.

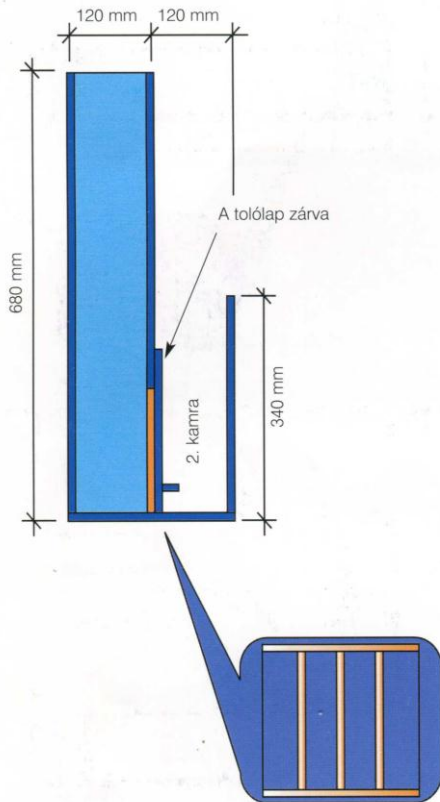
31.sz. ábra A blokkolódás jelensége
a – blokkolódás, b – blokkolódás nincs

5.2.4 Blokkoló rácsos vizsgálat U-alakú edényben

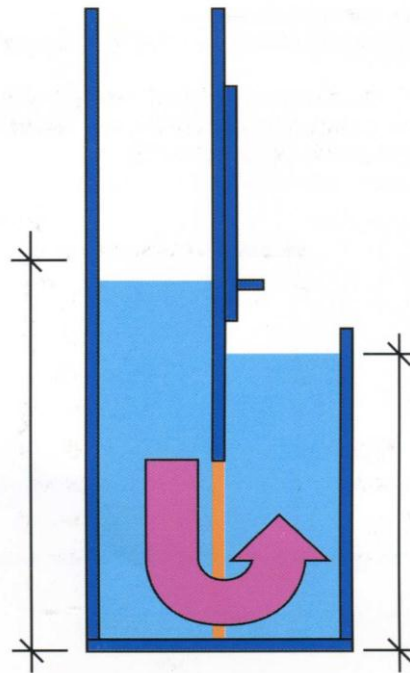
Az önkiegyenlítő képesség és a zárványképződés vizsgálata

A vizsgálathoz általában kétféle alakú edényt használnak. Az edény alul egymással közlekedő két szárának keresztmetszete lehet 140 mm átmérőjű kör, vagy lehet 140 mm él hosszúságú négyzet. A cső alakú edény alul íves, a négyzet alakú (32.sz. ábra) szögletes. A cső alakú edény két szára alul 190 mm hosszban, a négyzet alakú edény 140 mm hosszban egy retesz felhúzásával összenyitható. A nyílásban három, 14 mm átmérőjű acélpácából álló blokkoló rács – a távköz 200 mm - van elhelyezve.

A cső alakú edény egyik szárát 680 mm magassági meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a reteszt fel kell húzni, miáltal a beton a blokkoló rácson keresztül átfolyik az edény másik szárába (33.sz.ábra). Követelmény, hogy a cső alakú edény szárában az átfolyó beton legalább 300 mm magasra emelkedjék, míg a négyzet alakú edény esetén az edény szárában az lévő szintkülönbségét kell megmérni.



32.sz.ábra Az „U” alakú edény méretei[6]



33.sz.ábra A vizsgálat elve[6]

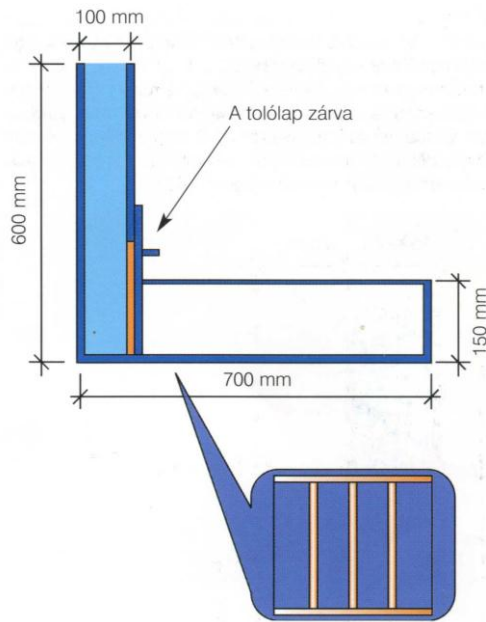
A vizsgálat során

- meg kell határozni a 2.sz. kamrában az emelkedési magasságot (célzott érték 300 mm),
- szemrevételezéssel kell értékelni a zárványképződési hajlamot (a betonnak akadálytalanul át kell folynia az akadályozó vasalaton)

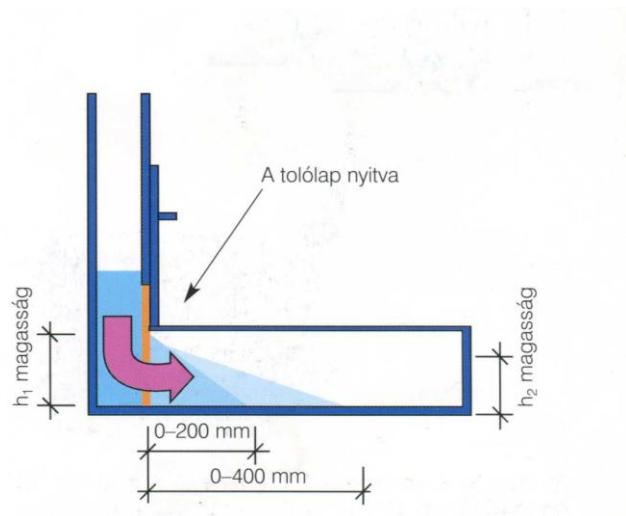
5.2.5 L-dobozos vizsgálat

Az önkiegyenlítő hatás és a zárványképződési hajlam vizsgálata.

Az L-dobozos vizsgálattal szintén az öntömörödő beton bedolgozhatóságát lehet vizsgálni oly módon, hogy a berendezés (34.sz. ábra) 100x80 mm keresztmetszetű függőleges szárát teljes magasságig megtöltjük a betonnal, amely az alul lévő, 160 mm magas toló lap eltávolítása után a hidrosztatikus nyomás hatására, három 14 mm átmérőjű acélrúdból álló vasalat rácson keresztül, a vízszintes vályúba folyik. A magasságcsökkenés és a folyási távolság a területtel, a folyási idő, illetve a hozzá tartozó sebesség a viszkozitással áll kapcsolatban.



34.sz. ábra Az L-doboz méretei[6]



35.sz. ábra Az L-dobozos vizsgálat[6]

A vizsgálat során (35.sz. ábra):

- meg kell határozni a frissbeton 2 sz. (fekvő) kamrában az $l_1=200$ mm, valamint $l_2=400$ mm távolságra elfolyásának idejét (célzott érték $t_1=2$ sec. $t_2=5$ sec.)
- meg kell határozni a h_1 és h_2 magasságokat, és meg kell határozni az önkiegyenlítő határt (tényezőt). A célzott érték $h_2/h_1 \geq 0,8$
- Szemrevételezéssel értékelni kell a zárványképződési hajlamot (nem lehet adalékanyag felhalmozódás)

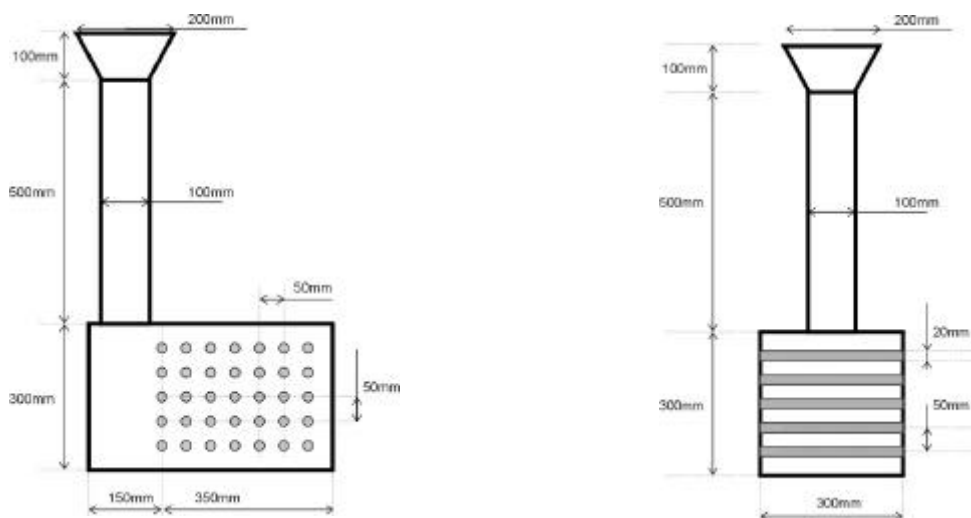
5.2.6 Kajima – dobozos vizsgálat

A töltési fok (légtelenítődési képesség) meghatározása

Egy akadályozó betonacél szálakkal beépített plexi tartály (36.sz. ábra) töltőnyílásán addig töltenek be frissbetont, amíg a töltési szint a legfelső vasalatsor első szálát eléri.. A Kajima doboz főbb műszaki paramétereit a 37. sz. ábra ismerteti.

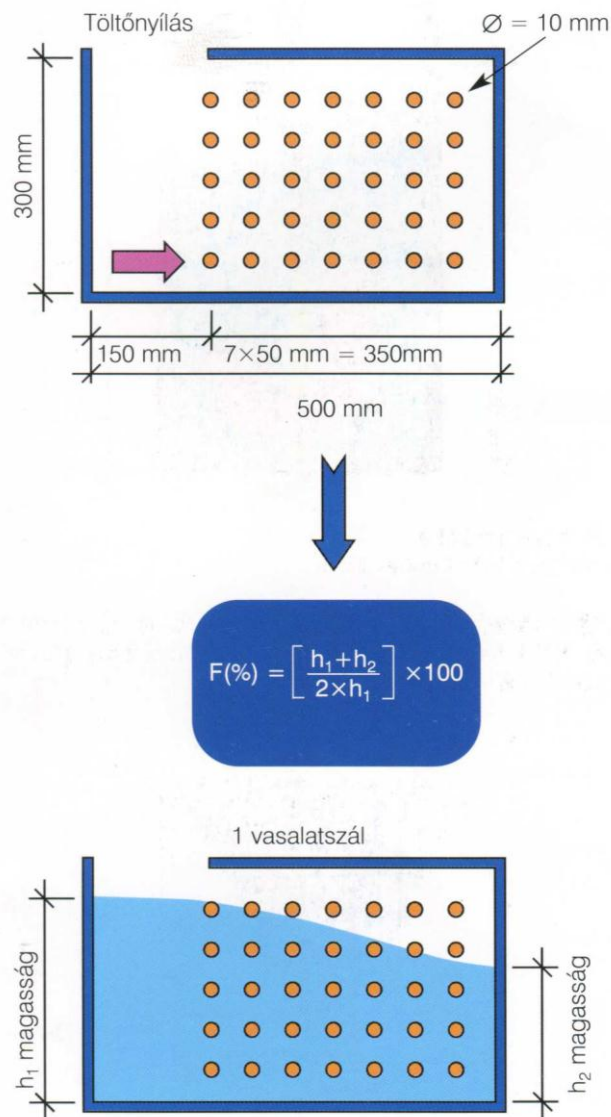


36.sz.ábra Kajima doboz[6]



37.sz. ábra A Kajima doboz méretei[10]

A vizsgálat kiértékelésére vonatkozó paramétereket a 38.sz. ábra mutatja be.



38.sz. ábra A Kajima dobozos vizsgálat kiértékelése[6]

A vizsgálat során

- meg kell határozni a h_1 és h_2 magasságot,
- ki kell számítani a töltési fokot (F), a célzott érték $\geq 90\%$
- szemrevételezéssel értékelni kell, hogy a frissbeton mennyire töltötte ki a vasalat szálak közötti hézagokat (üregképződés nem lehet)

5.2.7 Egyéb vizsgálatok

Ülepedési hajlam vizsgálata [2]

A durva szemek ülepedési hajlamát az öntömörödő betonban merülő rúddal vizsgálják. Az acél merülőrúd hossza 750 mm, átmérője 14 mm, tömege 900 g, a vége legömbölyített, és a merülését megvezetik. A vizsgáló edény átmérője 150 mm, magassága 600 mm, és a merülőrúd bevezetésére felszerkezettel rendelkezik.

A vizsgálat során a merülőrúd a beton felszínéről önsúlyánál fogva merül a betonba. A mérést több helyen és különböző időpontokban végzik el. A vizsgálat időtartama egy-két óra, a méréseket 15-20 percenként hajtják végre, mindig más helyen. A mérés eredménye a merülési mélység, amelyet az idő függvényében jegyeznek fel és ábrázolnak. Ha az öntömörödő beton ülepedésre hajlamos, akkor a merülési mélység az idő függvényében számottevően csökken, ha nem hajlamos, akkor a merülési mélység a beton kötésének kezdetéig alig változik.

Átmosási vizsgálat [2]

Az átmosási vizsgálat a friss öntömörödő beton stabilitásának megítélésére való eljárás. A betont egy 150 mm átmérőjű, 450-500 mm magas edénybe kell tölteni. Az edény harmadaiban nyílások vannak, amelyekbe a beton dermedése után elválasztó lemezeket tolnak. Az így három részre választott friss betont a legnagyobb szemnagyság felé átmosás, a szitán fennmaradó részt kiszáritják és megméri. A DAfStb-Richtlinie SVB N melléklete szerint az öntömörödő betont akkor tekintik szétosztályozódástól mentesnek, ha a három beton részhalmoz szitamamaradékának tömege az elméleti értéktől legfeljebb 15 tömeg%-kal tér el.

Szétosztályozódási vizsgálat szemrevételezéssel [2]

A DAfStb-Richtlinie SVB N melléklete szerint a megszilárdult, 150 mm átmérőjű, 500 mm hosszú öntömörödő beton próbahengert hosszirányban kettévágják, és a szétosztályozódás mértékét a vágott felületen szemrevételezéssel meghatározzák. A beton stabilitásáról 150 mm átmérőjű, 300 mm hosszú próbahenger hasító vizsgálatával, vagy a rugalmassági modulusának meghatározásával is tájékozódni lehet.

Viszkozitás mérés rheométerrel [2]

A rheométerek több típusa alkalmas az öntömörödő betonok viszkozitásának meghatározására. A kísérletek szerint azok a friss öntömörödő betonok tartják meg stabilitásukat, amelyek folyási határértéke 500 Pa-nál kisebb, és dinamikai viszkozitása 100-200 Pa.s közé esik, de vannak kísérletek, amelyek során ezeknél lényegesen kisebb értékeket mértek.

6. Összefoglalás

A frissbeton konzisztencia vizsgálatai elsősorban a beton képlékenységre, bedolgozhatóságára vonatkoznak az elmúlt 100-150 évben számos vizsgálati eljárást dolgoztak ki.

Dolgozatom első részében egy rövid elméleti összefoglaló után a már említett másfél évszázad vizsgálati módszereit foglalom össze a statikus és dinamikus vizsgálati eljárásokat. Természetesen az irodalomkutatás alapján – vélhetően – nem teljeskörű az ismertetés, de úgy vélem, hogy számtalan olyan vizsgálati módszert kutattam fel, amely ma már a feledésbe merült. Ugyanakkor érdekesség, hogy vannak –általam alapeszköznek nevezett – olyan eszközök, amelyek az újabb vizsgálati eljárásoknál is alkalmazhatóak (pl.: Abrams kúp)

A megnövekedett technológiai és esztétikai igényeknek való megfelelés érdekében a betontechnológia ugrásszerű fejlődésen ment át. Az újabb – mint például az öntömörödő beton – betontechnológiák megkövetelték, hogy újabb vizsgálati eljárások kerüljenek kidolgozásra. Így volt ez az öntömörödő beton esetében is. Dolgozatom második felében a napjainkban rendkívül széleskörűen alkalmazott öntömörödő beton konzisztencia vizsgálati eljárásait ismertettem.

Dolgozatommal a célom az, hogy megörökítsem a múlt értékeit, valamint ismertessem a jelen és vélhetően a jövőben egyre általánosabbá váló konzisztencia vizsgálati módszereket, hiszen

„a jelen a jövő múltja”

Felhasznált szakirodalom

- [1] Idegen szavak és kifejezések szótára (Szerk.: Bakos Ferenc) Akadémiai kiadó, Budapest, 1976
- [2] Dr. Kausay T.: A frissbeton konzisztenciája, Vasbetonépítés, 2005/4
- [3] Dr. Palotás L.: Építőanyagok II., Akadémiai kiadó, Budapest, 1960
- [4] Dr. Palotás L.- Dr. Balázs Gy.: Mérnöki szerkezetek anyagtana 3. Beton-habarc-s-kerámia-műanyag, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1980
- [5] Dr. Buday T.: Beton- és habarc-s receptek, ÉTK Kft., Budapest, 1995
- [6] Tervezési segédlet öntömörödő beton készítéséhez Glenium adalékszerekkel, BASF Építőké-mia Hungária Kft, Budapest, 1998
- [7] Dr. Weiss Gy.: Építőipari laboratórium-i mérés-technika és műszerismeret III. Budapest, ÉTK 1976
- [8] Sugár Viktória: Az öntömörödő beton technológiai határai Budapest, 2009. SZIE-YBL kari TDK dolgozat
- [9] www.geneq.com/catalog/en/scc_j_ring.html
- [10] www.concreteconstruction.net/concrete-articles/beware-of-the-fine-print.aspx

A konzisztencia vizsgálatok tájékoztató összefüggései, 1960 [3]

A vizsgálat módja	Roskadási mérték, r	Szétterülési mérték, d	Átformálási mérték, p	Viszkózitás mutatója s , ill. v	Behatolási mérték, b	Hígítási tényező, h
A jellemző mértékegység	cm	cm	Útések száma	Rezgetés ideje, sec.	cm	
Alig földnedves	0	szétgurul	> 130	> 55	0— 1	0,80
Földnedves	0— 1	szétgurul	100—130	50—55	1— 3	1,00
Kissé képlékeny	1— 3	30—40	50—100	38—50	3— 6	1,25
Képlékeny	3—10	40—50	16— 50	15—38	6—10	1,35
Folyós	10—15	50—55	8— 16	5—15	> 10	1,45
Önthető	15—20	55—60	4— 8	0— 5	—	1,60

A táblázatban vastagabb vonallal bekeretezett rész az egyes vizsgálókészülékekkel megbízhatóan végezhető mérések tartományát jelöli.

Konzisztencia osztályok és a „ k ” tájékoztató értékek, 1980 [4]

Konzisztencia osztályok (tartományok) és a „k” tájékoztató számok							
A vizsgálati módszer	A konzisztencia szám jele „k” és dimenziója	Konzisztencia osztály (tartomány) jele és neve					
		AFN alig földnedves	FN földnedves	KK kissé képlékeny	K képlékeny	F folyós	Ö önthető
		„k” tájékoztató mérőszámok					
Roskadás-mérés	k_r mm	—	(0–10)	20–40	40–100	> 100	—
Átformálási ütőszám megállapítása	k_d db	—	> 100	100–50	50–16	15–8	< 8
Tömörödési tényező mérés	k_{CF}	< 0,70	0,70–0,75	0,75–0,85	0,85–0,92	0,92 0,97	> 0,97
Vibrációs idő mérés	k_v s	> 100	100–50	50–10	9,0–3,0	< 3	—
A terület megállapítása	k_t cm	—	≤ 35	36–42	43–50	> 50	—
Behatolás	k_b cm	0–1	1–3	3–6	6–10	10–14	> 14
Hígítási tényező	h	0,8–0,9	1,00	1,10–1,20	1,20–1,30	1,30–1,40	1,40–1,50

A vastagabb vonallal bekeretezett rész a megbízható mérési tartomány.

A vastagabb vonallal bekeretezett rész a megbízható mérési tartomány.