



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok I. HALLGATÓI SEGÉDLET

**Készítette:
Bacsa Márk
2013.**

Konzulens: Dr. Majorosné Dr. Lublós Éva



TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3.oldal
2. ÉPÍTŐANYAGOK TULAJDONSÁGAI	5.oldal
3. IDEALIZÁLT σ - ε DIAGRAMOK.....	6.oldal
3.1 IDEALIZÁLT σ - ε DIAGRAMOK	6.oldal
3.2 RUGALMASSÁGI MODULUS.....	6.oldal
3.3 TERHEK ÉS TERHEK JELLEGE.....	7.oldal
4. ÉPÍTŐANYAGOK FIZIKAI TULAJDONSÁGAI	8.oldal
4.1 SŰRŰSÉG ÉS AZZAL KAPCSOLATOS FOGALMAK.....	8.oldal
4.1.1 Anyagsűrűség.....	8.oldal
4.1.2 Testsűrűség	10.oldal
4.1.3 Halmazsűrűség.....	10.oldal
4.2 PÓRUSTARTALOMRA VONATKOZÓ FOGALMAK	10.oldal
4.2.1 Tömörség.....	10.oldal
4.2.2 Porozitás.....	10.oldal
4.2.3 A porózus anyagok vízzel szembeni viselkedése	10.oldal
4.2.3.1 Látszólagos porozitás	10.oldal
4.2.3.2 Víztartalom	11.oldal
4.2.3.3 Vízáteresztés	11.oldal
4.2.4 Halmaztömörség:	11.oldal
4.2.5 Halmaz ösztömörség.....	11.oldal
4.2.6 Halmaz öszporozitás	11.oldal
4.2.7 Hézagosság.....	11.oldal
5. KÖTŐANYAGOK	12.oldal
5.1 KÖTŐANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA	12.oldal
5.2 EGGYAKRABBAN HASZNÁLT KÖTŐANYAGOK	12.oldal
5.2.1 Mész.....	12.oldal
5.2.2 Gipsz.....	13.oldal
5.2.3 Cement.....	15.oldal
5.3 A SZILÁRDULÁST ÉS SZILÁRDSÁGOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK	17.oldal
5.3.1 Fajlagos felület (örlésfinomság)	17.oldal
5.3.2 Keveréskori hőmérséklet	17.oldal
5.2.3 Porozitás.....	18.oldal
5.3.4 Nedvességtartalom	18.oldal
5.3.5 Utókezelés és környezeti hatások	18.oldal
6. ADALÉKANYAG, SZEMELOSZLÁSI GÖRBE, FINOMSÁGI MOSULUS.....	19.oldal
6.1 ADALÉKANYAGOK JELLEMZÉSE	19.oldal
6.1.1 Szemeloszlási görbe	19.oldal
6.1.2 Agyag iszap tartalom meghatározása	21.oldal
6.1.3 Homok halmazsűrűsége a nedvességtartalom függvényében	21.oldal
7. RONCSOLÁSOS ÉS RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK	22.oldal
7.1 RONCSOLÁSOS VIZSGÁLAT	22.oldal
7.2 RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLAT	22.oldal
7.2.1 Smidth kalapács	22.oldal
7.2.2 Poldi kalapács.....	23.oldal
7.2.3 Ultrahangos vizsgálat	23.oldal
7.3 FÁRADÁSI VIZSGÁLAT.....	24.oldal



8. BETON	25.oldal
8.1 FRISS BETON JELLEMZŐI	25.oldal
8.2 MEGSZILÁRDULTBETON JELLEMZŐI ÉS BETONVIZSGÁLATOK	28.oldal
8.2.1 Nyomószilárdság meghatározása	29.oldal
8.2.2 Húzószilárdság meghatározása	31.oldal
8.2.3 Hasító-húzószilárdság	31.oldal
8.3 BETONTERVEZÉS	33.oldal
9. FÉMEK	35.oldal
9.1 FÉMEK JELLEMZŐI	35.oldal
9.2 FÉMEK TULAJDONSÁGAI	35.oldal
10. ACÉLVIZSGÁLATOK	36.oldal
10.1 ACÉL HÚZÓVIZSGÁLAT	36.oldal
10.1.1 Tényleges folyási határral rendelkező acélok	37.oldal
10.1.2 Tényleges folyási határral NEM rendelkező acélok	37.oldal
10.2 ACÉL ÜTŐMUNKAIRÁSA	38.oldal
10.3 ACÉL KEMÉNYSÉGE	38.oldal
11. IRODALOMJEGYZÉK	38.oldal



1. BEVEZETÉS

A világunkat anyagok alkotják, de nem mind alkalmas építési célra. Az Építőanyagok I. tantárgy keretein belül a diák megismeri a mérnöki szakmában leggyakrabban használt anyagokat melyekkel hidakat és felhőkarcolókat építettek.

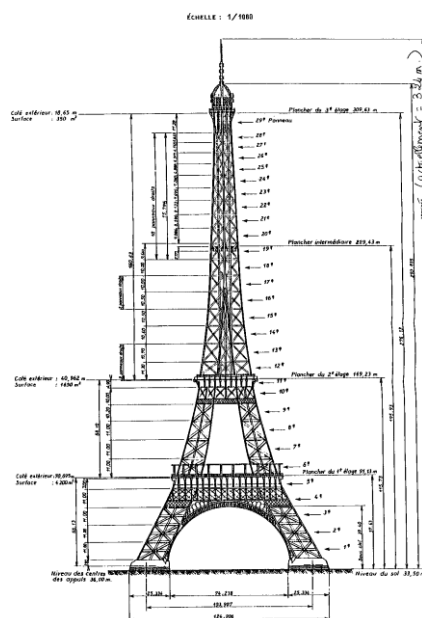


1.1 ábra: New York felhőkarcolói (<http://www.usatravel.hu/>)

Ilyen például a beton, acél és a vasbeton melyeket a leggyakrabban alkalmaznak az építőiparban. Gondoljunk csak az Eiffel-toronyra, melyet 12000 db acélelemből építettek meg (1.2-1.3 ábra) nem csak Franciaországban, hanem kicsinyítve a Magyarországi Dávodon is (1.4 ábra). Esetleg a New York-i felhőkarcolókra (1.1 ábra) melyet beton és vasbeton felhasználás nélkül nem lehetett volna megépíteni.



1.2 ábra: Eiffel-torony Franciaország
(<http://www.usatravel.hu/>)



1.3 ábra: Eiffel-torony tervei
(<http://konstrukt.blog.hu/2010/07/14/eiffeltorony>)



1.4 ábra: Magyar Eiffel-torony Dávodon
(<http://www.szeretlekmagyarorszag.hu/a-davodi-eiffel-torony/>)

Külön kitérünk az anyagok vizsgálatára, mellyel megismerhetjük az anyagok egyes tulajdonságait. Fontos tulajdonság a szilárdság, melyet különböző eljárásokkal vizsgálunk meg. Ennek köszönhetően megtudjuk, hogy az adott anyag mennyire áll ellent a terheléseknek, ez azért fontos, hogy a tervezésnél a szerkezet teherbírása ne haladja meg terhelést menjen tönkre a szerkezet. Néhány sajnálatos eset is felhívja a figyelmet ennek



jelentőségére, például a Kínában Harbin városban történ autópályahíd leszakadt (1.5 ábra) vagy a shanghai-i épület (1.6 ábra), amely alapja nem bírta ki a terhelést és eldőlt.



1.5 ábra: Harbini autópályahíd

(<http://hungarokamion.hu/2012/08/25/leszakadt-egy-autopalya-kinaban/>)



1.6 ábra: Eldőlt épület Shanghai-ban

(<http://www.zonaeuropa.com/>)

A rövid bevezető után még külön köszönet Dr. Majorosné Dr. Lublós Éva tanárnőnek, aki nélkül a jegyzet ilyen formában nem készülhetett volna el.



2. ÉPÍTŐANYAGOK TULAJDONSÁGAI

Az építőanyagok viselkedését számos tulajdonság befolyásolja.

Ilyenek például:

1. Mechanikai jellemzők:
 - Szilárdság:
 - Nyomószilárdság
 - Húzószilárdság
 - Hajlító-húzó szilárdság
 - Nyírás
2. Kémiai összetétel jellemzők:
 - Vegyjel
 - Kémhatás (pH)
3. Fizikai tulajdonság:
 - Sűrűség
 - Hővezetési tényező
 - Hő átbocsátási tényező
4. Alakváltozási tulajdonság:
 - Rugalmassági modulus
 - Zsugorodás
 - Duzzadás
 - Hőtágulás
5. Tartóssági tulajdonság:
 - Kopásállóság
 - Fagyállóság
 - Tűzállóság
 - Korrózióállóság
6. Speciális tulajdonság:
 - Bedolgozhatóság
 - Felületképzés (simaság és érdesség)
 - Szín

3. IDEALIZÁLT σ - ε DIAGRAMOK

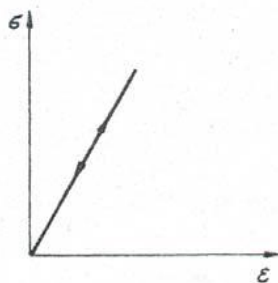
Mivel az anyagok viselkedése nem írható le egyszerű képlettel, ezért a mérnöki számítások egyszerűsítése érdekében a viselkedésüket idealizált σ - ϵ (feszültség-alakváltozás) diagramokkal írjuk le, ezzel közelítve a valós anyagviselkedést.

3.1 IDEALIZÁLT σ - ϵ DIAGRAMOK: Idealizált σ - ϵ diagramok feszültség-alakváltozás összefüggéseket adnak meg.

Alapösszefüggések:

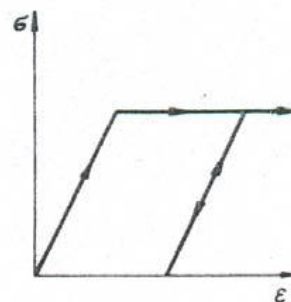
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad [-]$$

- **Idealizált:** anyagviselkedés egyszerűsített változata a számítások elvégezhetősége érdekében van rájuk szükség. (3.1 ábra)
- **FESZÜLTSG:** felületegységre eső erő
- **SZILÁRDSÁG:** azon feszültségnagyság (határfeszültség), ahol az anyag tönkre megy.
 - a) lineárisan rugalmas:
 - b) lineárisan rugalmas-tökéletesen felkeményedő



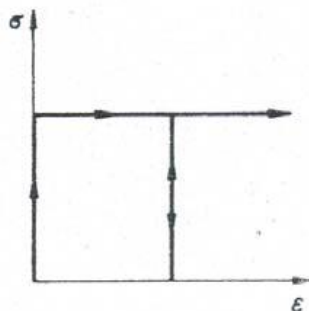
- acél, alacsony szilárdságú beton

c) merev-tökéletesen képlékeny:

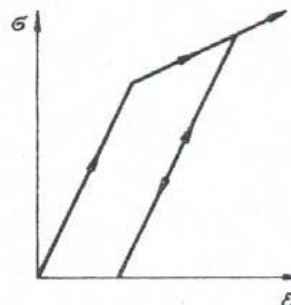


- rugalmas majd képlékeny acél

d) lineárisan rugalmas lineárisan felkeményedő



- Frissbeton



- Feszítőbetétek

3.1 ábra: Idealizált σ - ϵ diagramok

3.2 RUGALMASSÁGI MOUSLUS:

A rugalmassági modulus $[E]$ egy anyagjellemző, azt írja le, hogy a feszültség arányos az alakváltozással (Hooke-törvény csak a lineárisan rugalmas szakaszon érvényes).

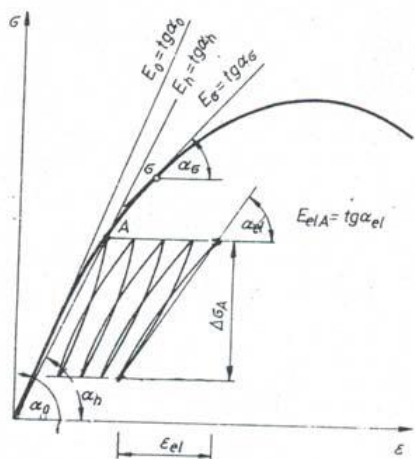
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \left[\frac{N}{mm^2}, GPa \right]$$

- Hooke törvény: A feszültség arányos az alakváltozással.
 - Anyagok jellemző rugalmassági modulusai:
 - Beton 20-70 GPa
 - Polipropilén: 1,5-2 GPa
 - Tölgyfa (szállírányban): 11 GPa
 - Nagyszilárdságú beton (nyomásra): 30 GPa
 - Alumínium ötvözet: 69 GPa
 - Üveg: 72 GPa
 - Vas és acél: 190-210 GPa
 - Gyémánt: 1050-1200 GPa



-RUGALMASSÁGI MODULUS NEM LINÁRIS σ - ϵ DIAGRAM ESETÉN (3.2 ábra):

-RÉSZEI:



1. szakasz: KEZDETI RUGALMASSÁGI MODULUS

- origóból induló iránytangens

$$E_0 = \tan \alpha_0$$

2. szakasz: HÚRMODULUS

- feszültség és a teljes alakváltozás hányadosa

$$E_h = \tan \alpha_h$$

3. szakasz: ÉRINTŐMODULUS

- valamely ponthoz húzott iránytangens

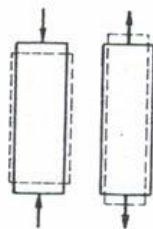
$$E_\sigma = \tan \alpha_\sigma$$

- Rugalmassági modulus a diagram iránytangense vagy érintőtangense.

3.2 ábra: Rugalmassági modulusok

(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

- **HATÁRKONTRAKCIÓ:** Az alakváltozás nem csak az erő irányára, hanem arra merőlegesen is fellép. Ezen kettő aránya a Poisson-tényező (γ). (3.3 ábra)



$$\gamma = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_x} = \frac{\text{keresztirányú alakváltozás}}{\text{hosszirányú alakváltozás}}$$

3.3 ábra: Harántkontrakció

(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

3.3 TERHEK ÉS TERHEK JELLEGE:

• TERHEK:

- Mechanikai

- Állandó: pl.: önsúly
- Esetleges: pl.: hóteher, szélteher
- Rendkívüli: pl.: földrengés, tűz

- Kémiai

- Savak
- Lúgok

- Fizikai

- Hőtágulás

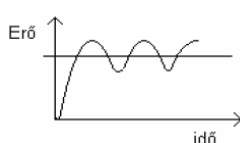
- Biológiai

- Rovarok

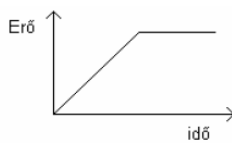
- Biológiai

• TERHEK JELLEGE (3.4 ábra):

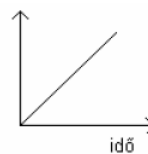
- Statikus teher: (3.4 a) ábra
 - rövid idő, fokozatosan növekvő intenzitás, lassú terhelés
- Tartós teher: (3.4 b) ábra
 - időben állandó
- Sokszorosított teher: (3.4 c) ábra
 - ciklikusan változó intenzitású
- Impulzus jellegű: (3.4 d) ábra
 - kis időtartam, nagy teher



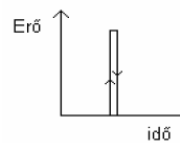
a)



b)



c)



d)

3.4 ábra: Terhek jellege

(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



4. ÉPÍTŐANYAGOK FIZIKAI TULAJDONSÁGAI

Tömör és porózus anyagok: Olyan szilárd építőanyagok, melyek határozott térfogattal rendelkeznek. Az anyag elemei között összetartó erő van (4.1 táblázat). Alakjukat csak erő hatására változtatják meg.

4.1 táblázat: A szilárd anyagok jellemzői	
Tömör (pórus nélküli) anyag:	Porózus anyag:
- fémek - üveg - műanyagok egy része	- beton - habarcs - fa - kő - kerámiák
Anyagsűrűség	Testsűrűség
$\rho = \frac{m}{V}$	$\rho_t = \frac{m_t}{V_t}$ m_t =Test tömege V_t =Teljes befoglaló térfogat

Halmazok: Szemcsés építőanyagok (4.2 táblázat), melyek szemcséi között nincs összetartó erő, ezért nincs határozott térfogatuk, csak befoglaló térfogatuk pl.: szóródó szemcsés anyagok.

4.2 táblázat: Halmazok jellemzői
Halmazok:
- cement - gipsz - mész - homok - homokos kavics
Halmazűrűség
$\rho_h = \frac{m_h}{V_h}$ m_h =Hézagokat is tartalmazó tömeg V_h =Halmaz teljes befoglaló térfogata

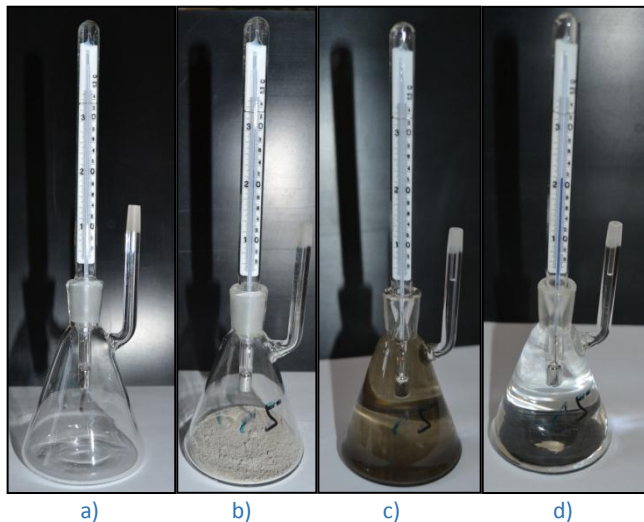
4.1 SŰRŰSÉG ÉS AZZAL KAPCSOLATOS FOGALMAK:

A testsűrűség illetve bizonyos esetekben az anyagsűrűség (nem porózus anyagok) meghatározásához meghatározzuk a próbatest méreteit, illetve a tömegét.

4.1.1 Anyagsűrűség: tömör anyag tömege adott térfogategységre viszonyítva

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[\frac{g}{ml}, \frac{kg}{l}, \frac{kg}{m^3} \right]$$

- ρ anyagsűrűség $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- V a por térfogata $[m^3]$
- m a por tömege $[kg]$.



4.1 ábra: Sűrűség mérése piknométerrel

Sűrűségmérés piknométerrel: (4.1 ábra)

- a) Üres piknométer
- b) Piknométer és porított anyag
- c) Piknométer, porított anyag és víz
- d) Vízrel feltöltött piknométer



4.2 ábra: Porított anyag

• MÉRÉSE:

Az anyagsűrűség mérést piknométerrel végezzük (4.1 ábra a-d). A piknométeres méréshez az anyagot olyan mértékig porítani kell, hogy átessen a 0,2 mm lyukbőségű szitán (4.2 ábra), ezzel megszüntetve a pórusokat. A piknométeres mérés lényege, hogy meghatározzuk a porított anyag térfogatát a folyadék kiszorítás elve alapján.

Mérés menete:

- 1. mérés: $m_1 = m_p$: Üres piknométer tömege
- 2. mérés: $m_2 = m_{pa} = m_p + m_a$: Piknométer és a mérendő por tömege
- 3. mérés: $m_3 = m_{pav} = m_p + m_a + m_v$: Piknométer, a mérendő por és víz tömege
 t_1 : Folyadék hőmérséklete, amikor a por és a víz is a piknométerben van
- 4. mérés: $m_4 = m_{pv} = m_p + m_v$: Folyadékkal feltöltött piknométer tömege
 t_2 : Folyadék hőmérséklete, amikor csak víz van a piknométerben

Piknométeres mérés számításai alapképlet átalakításából:

- Por tömege:
- Por feletti folyadék tömege:
- Folyadék tömege teljesen felöltött piknométerben:
- Piknométer térfogata:
- Por feletti folyadék térfogata:
- Por térfogata:
- Por sűrűsége:

$$m_a = m_{pa} - m_p$$

$$m_v = m_{pav} - m_{pa}$$

$$M_v = m_{pv} - m_p$$

$$V_{pi} = \frac{M_v}{\rho_v}$$

$$V_v = \frac{m_v}{\rho_v}$$

$$V_p = V_{pi} - V_v$$

$$\rho_a = \frac{m_a}{V_a}$$



4.3 ábra: Tömör téglá

(http://www.tuzeptelepek.hu/termeklap.php?e_id=119)



4.4 ábra: Habkő

(<http://www.wdlconcrete.co.uk/blocks-pumice.shtml>)



4.1.2 Testsűrűség: porózus anyagok (4.3 ábra, 4.4 ábra) sűrűsége befoglaló térfogatukhoz viszonyítva

$$\rho_t = \frac{m_t}{V_t} \quad \left[\frac{g}{ml}, \frac{kg}{l}, \frac{kg}{m^3} \right]$$

- A pórusok miatt az anyag állapota lehet:
 - száraz, légszáraz, nedves, víztelített

4.1.3 Halmazsűrűség: Halmazok tömege a befoglaló térfogatukhoz viszonyítva.

$$\rho_h = \frac{m_h}{V_h} \quad \left[\frac{g}{ml}, \frac{kg}{l}, \frac{kg}{m^3} \right]$$

- ρ_h halmazsűrűség $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- V_h Halmaz teljes befoglaló térfogata $[m^3]$
- m_h Hézagokat is tartalmazó tömeg $[kg]$

4.2. PÓRUSTARTALOMRA VONATKOZÓ FOGALMAK:

- **Porózus fajták:**
 - **Zárt üreg:** a víz nem tud behatolni
 - **Nyitott porózus:** pórusok egymás felé nyitottak, a víz szabadon tud áramlani köztük
 - **Kapillárisok:** nyitott apró csőrendszer

4.2.1 Tömörség: Tömör anyag részaránya az egészhez képest. Teljesen tömör anyag esetén $t=1$. Teljesen tömör anyag pl.: acél, üveg.

$$t = \frac{V}{V_t} = \frac{\rho_t}{\rho}$$

- ρ_t testsűrűség $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- ρ anyagsűrűség $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- t tömörség $[-]$

4.2.2 Porozitás:

Szilárd anyagok vízáteresztő képességüket befolyásoló tényező. Pórusok részaránya a teljes testhez képest. Teljes porozitás meghatározása:

$$p = \frac{V_p}{V_t}$$

$$p = 1 - t = 1 - \frac{V}{V_t} = 1 - \frac{\rho_t}{\rho}$$

- V_p porózustérfogat $[m^3]$
- V_t testtérfogat $[m^3]$
- p porozitás $[-]$

4.2.3 A porózus anyagok vízzel szembeni viselkedése:

4.2.3.1 Látszólagos porozitás: vízzel feltölthető pórusok, kapillárisok részaránya.

A látszólagos porozitás méréséhez az ismert tömegű és térfogatú testeket vízzel telítjük, és így kiszámolhatjuk azoknak a pórusoknak a mennyiségét, amelyek vizet tudnak felvenni, vagyis a fagyállóság szempontjából az anyag számára veszélyt jelenthetnek.

$$p_{\text{látszólagos}} = \frac{n \text{ térfogat}\%}{100} = \frac{V_{Víz}}{V} = \frac{\frac{M_{Víz}}{\rho_{Víz}}}{\frac{M}{\rho_t}} = \frac{M_{Víz}}{M} \cdot \frac{\rho_t}{\rho_{Víz}} = \frac{n \text{ térfogat}\%}{100} \cdot \rho_t$$

ahol:	p látszólagos	látszólagos porozitás $[-]$
	n térfogat%	nedvesség tartalom térfogat %-ban $[\%]$
	n tömeg%	nedvesség tartalom tömeg %-ban $[\%]$
	$V_{Víz}$	a próbatestben lévő víz térfogata $[m^3]$
	V	a próbatest térfogata $[m^3]$
	$M_{Víz}$	a próbatestben lévő víz tömege $[kg]$
	M	a próbatest tömege $[kg]$
	$\rho_{Víz}$	víz sűrűsége $[kg/m^3]$
	ρ_t	testsűrűség $[kg/m^3]$.

$$p_L = \frac{V_L}{V_t} = \frac{n}{\rho_V} * \rho_t \quad [\%]$$



4.2.3.2 Víztartalom: Porózus anyagok vízirtartalma. Víz eltávolítása kiszáritással lehetséges.

$$w = \frac{m_n - m_{sz}}{m_{sz}} \quad [m\%]$$
$$V\% = w(m\%) \cdot \frac{\rho_t}{\rho_w}$$

4.2.3.3 Vízáteresztés: Porózus anyagokban való vízmozgás.

Közelítése Darcy-törvénnyel:

$$Q = k * \frac{h}{d} * A * t$$

- Q áteresztett vízmennyiség [m³]
- A próbatest keresztmetszeti területe [m²]
- t szivárgás időtartama [s]
- h víznyomás magassága [m]
- d szivárgási hossz [m]
- $i = \frac{h}{d}$ hidraulikus gradiens
- k áteresztési tényező [$\frac{m}{s}$]

4.2.4 Halmaztömörség: Halmaz szilárd részeinek részaránya az egészhez képest.

$$t_h = \frac{V_t}{V_h} = \frac{\rho_h}{\rho_t}$$

- ρ_t testsűrűség [$\frac{kg}{m^3}$]
- ρ_h halmazsűrűség [$\frac{kg}{m^3}$]
- t_h halmaztömörség [-]

4.2.5 Halmaz ösztömörség:

$$t_{\ddot{o}} = \frac{V}{V_h} = \frac{\rho_h}{\rho}$$

- ρ anyagsűrűség [$\frac{kg}{m^3}$]

4.2.6 Halmaz öszporozítás:

$$p_{\ddot{o}} = 1 - t_{\ddot{o}} = 1 - \frac{V}{V_h} = 1 - \frac{\rho_h}{\rho}$$

4.2.7 Hézagosság: Halmazokban a szemcsék közti hézagok aránya az egészhez képest

$$V_h = 1 - t_h = \frac{\rho_t - \rho_h}{\rho_t}$$



5. KÖTŐANYAGOK

Kötőanyagoknak nevezzük azon szilárdító anyagokat, melyek kémiai vagy fizikai tulajdonságukat megváltoztatva a hozzá adott adalékanyagokat képesek folyékony vagy pépszerű állapotból szilárd állapotba átalakulni.

5.1 KÖTŐANYAGOK CSOPORTOSÍTÁSA:

- **ELŐÁLLÍTÁSUK SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS:**
 - **Természetes:**
 - bitumen
 - agyag
 - enyv
 - **Mesterséges:**
 - mész
 - gipsz
 - cement
 - kátrány
- **ÁSVÁNYI EREDET SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS:**
 - **Szerves kötőanyag:**
 - bitumen
 - kátrány
 - gyanta
 - **Szervetlen kötőanyagok:**
 - cement
 - mész
 - gipsz
- **SZILÁRDULÁSI FOLYAMAT SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS:**
 - **Fizikai folyamat:**
 - bitumen
 - enyv
 - **Kémiai folyamat:**
 - cement
 - mész
 - gipsz
- **SZILÁRDULÁSI JELLEGÜK SZERINT:**
 - **Hidraulikus kötőanyagok (vízben is képes megszilárdulni):**
 - cement
 - **Nem hidraulikus kötőanyagok (vízen nem képes megszilárdulni):**
 - mész
 - gipsz

5.2 LEGGYAKRABBAN HASZNÁLT KÖTŐANYAGOK:

5.2.1 Mész:

Építőiparban használt építési mésznek nevezzük a mészkőből és dolomitos mészkőből előállított mészfajtákat (5.1 ábra).



a) Mészkő

(http://flexiblelearning.auckland.ac.nz/rocks/_minerals/rocks/limestone.html)



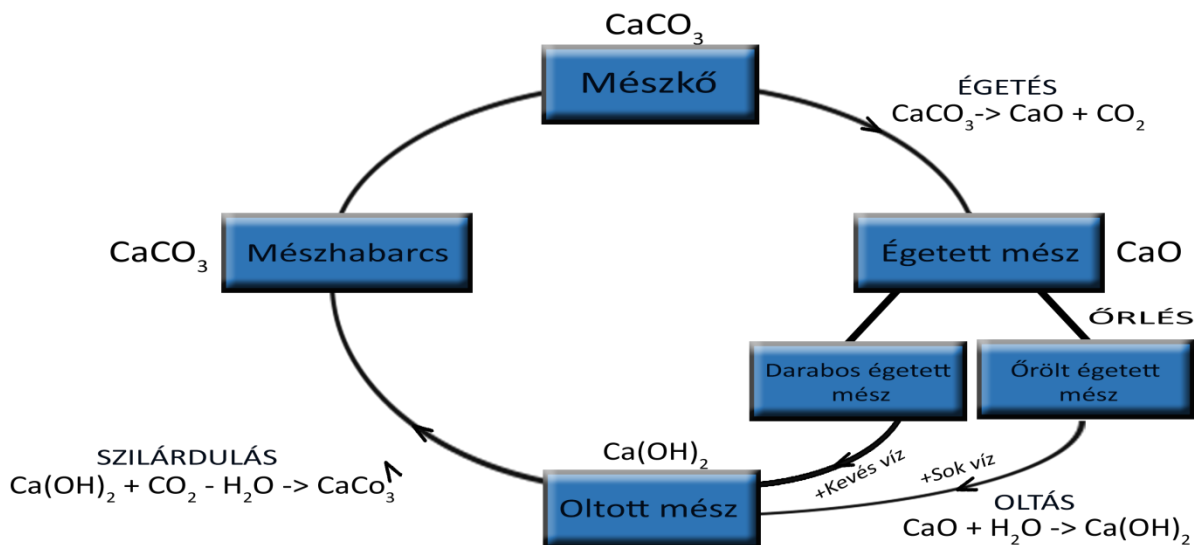
b) Mész

(<http://www.ua.all.biz/hu/oltott-mesz-g848810>)

5.1 ábra: A mész előfordulásai

• **Mész körfolyamata:**

- Azon folyamat, amely során a természetben fellelhető mészkő feldolgozás után a beépítés helyén visszaalakul kémiai azonos anyaggá. (5.2 ábra)



5.2 ábra: Mész körfolyamata

5.2.2 GIPSZ:

Gipsz előállítása 110-180 °C-on kiégetett gipszkőből történik (5.3 ábra).

• **MÉRÉSEK:**

– **Kötésidő mérése:**

Szabványos konzisztenciájú pépet (MSZ szerinti vízadagolással) a Vicát-készülék (5.4 ábra) gyűrűjébe helyezzük. Ezek után az 1 mm² keresztmetszeti területű és 300 g-os tű mintába való behatolását mérjük a megadott időközönként. A vizsgálat akkor kezdődik (KK), ha a tű a pép aljától kb. 1 mm-re megáll. A vizsgálatot akkor fejezzük be (KV), ha a minta tetején a behatolás kb. 1 mm (5.1 táblázat és 5.5 ábra).

5.1 táblázat: Gipsz kötéseideje		
	Kötés kezdete (KK)	Kötésidő vége (KV)
Gyorsan kötő gipsz	min 2 perc	max 15 perc
Közepesen gyorsan kötő gipsz	min 6 perc	max 30 perc
Lassan kötő gipsz	min 20 perc	-



a) Gipsz

(<http://trade.indiamart.com/search.mp?search=gypsum+powder>)



b) Gipszkő

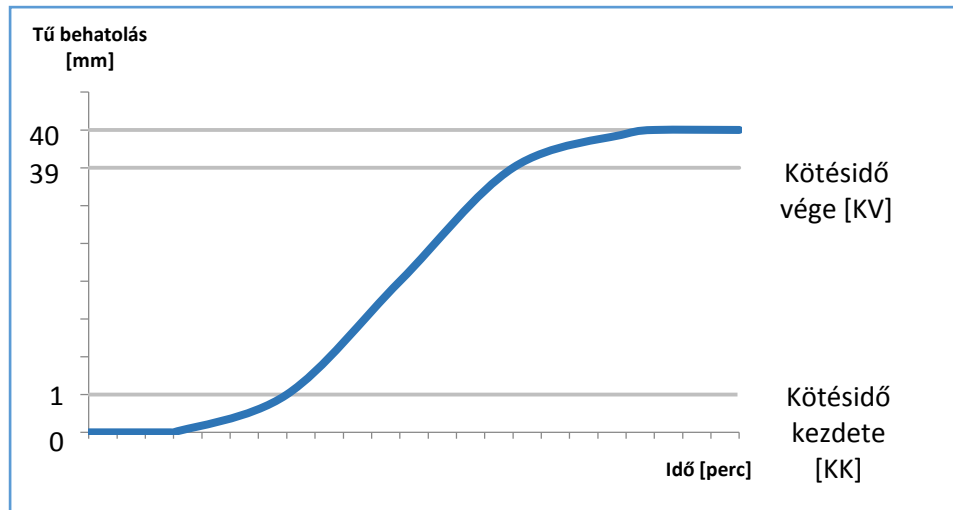
(<http://itc.gsw.edu/faculty/tweiland/sedrx2.htm>)

5.3 ábra: Gipsz előfordulásai



5.4 ábra: Vicát készülék

(<http://www.grout-research.gr/en/node/11>)



5.5 ábra: Gipsz kötéseidője

— Konzisztencia merés:

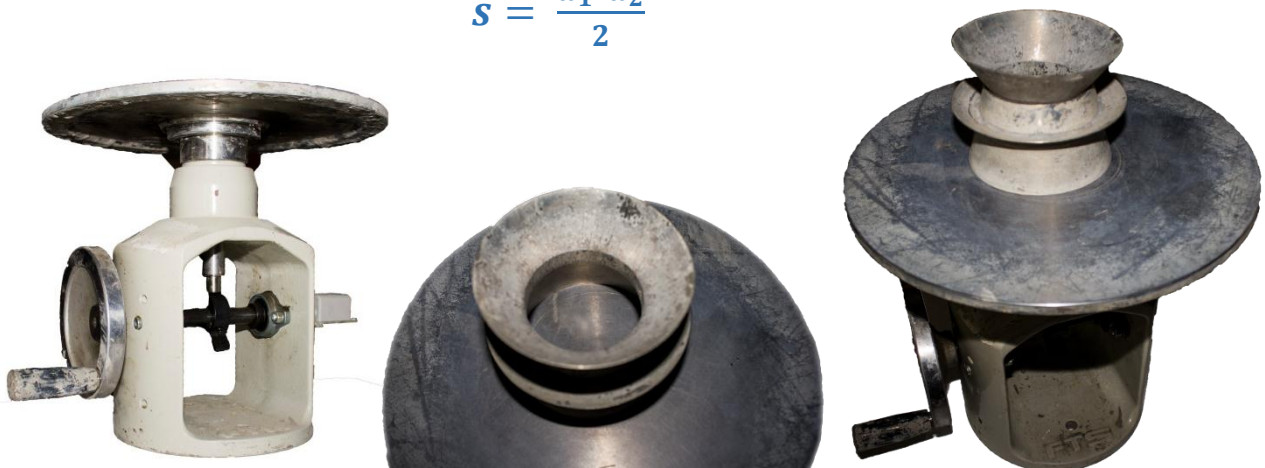
A folyós állapotban (pépes állapotban) lévő anyagok (pl.: frissbeton, gipsz) folyási tulajdonsága. Fontos szerepet játszik az anyagok bedolgozhatósága és szállítása (betonszivattyú) szempontjából.

○ Terület mérés: (5.6 ábra)

• Mérés lépései:

1. Mérőasztalt és mérőkúpot nedves szivaccsal megtisztítjuk és benedvesítjük.
2. Mérőkúpot félig feltöltjük
3. Döngölővel 10 szer tömörítjük
4. Megtöltjük teljesen a kúpot
5. Döngölővel 10 szer újra tömörítjük
6. Töltőkúpot óvatosan eltávolítjuk a mérőasztalról.
7. Körülbelül 15 mp alatt 15 ejtést hajtunk végre. Az asztal ejtési magassága 10mm.
8. A mérendő anyag kiterül a mérőasztalon, melyet két merőleges irányban lemérjük mm pontossággal.
9. Kapott átmérők átlagát kiszámoljuk.

$$S = \frac{d_1 \cdot d_2}{2}$$



5.6. ábra: Területmérő gipsz esetén



- **Behatolás mérés:** Behatolás méréskor Vicát-készüléket használunk csak 10 mm átmérőjű merülő rúddal. A rúd anyagba való behatolását és az eltelt időt mérjük. Ezzel a módszerrel meghatározzuk a cementpép kötéseidjét és konzisztenciáját.

5.2.3 CEMENT:

A cement az egyik legfontosabb kötőanyag, melyet mészkő agyag és homok kiégetésével kapjuk. Leggyakrabban használt cemetfajta a portlandcement.

• Előállítása:

- 75-80% mész és 25-20% agyag forgókemencében való együttes kiégetésével a hidrát-vizet elpárologtatjuk. Az így kapott lehűlt állapotú anyagot portlandcement klinkereknek nevezzük, mely a cementgyártás legfőbb alkotóanyaga.
- Különböző portlandcementek előállítása a három alkotóelem mennyiségétől függ. Ezeket együtt finomórlással porszerűre őröljük.

- Három alkotóelem:
 - Portlandcement klinker
 - Gipszkő (Kötésidőt lassítja)
 - Esetleg hidraulikus pótlékok
 - Kohósalak
 - Pernye
 - Trasz



5.8 ábra: Cement

(<http://www.hammami-groupe.com/scpc/materiaux-de-constructions/liant/ciment/le-ciment/>)

Hidraulikus pótlékokat tartalmazó cementet *heterogén cement*nek nevezzük.

• Portlandcement ásványi összetétele: (5.2 táblázat)

5.2 táblázat: Portlandcement kémiai összetétele (Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)			
Jel	Név	KLINKERÁSVÁNY	MENNYISÉG [m%]
C	Égetett mész	CaO	60-67 m%
S	Kova,kvarc	SiO ₂	19-24 m%
A	Timföld	Al ₂ O ₃	2-8 m%
M	Égetett magnézium	MgO	2-6 m%
F		Fl ₂ O ₃	
	Egyéb	Na ₂ O , K ₂ O , TiO ₂ , SO ₃ ,Fe ₂ O ₃	0-3 m%

1. ALIT: C₃S (CaO)₃SiO₂
 - Legfontosabb klinkerásvány
 - Ezzel érhető el nagy kezdőszilárdság
 - Hatszögletű kristályként előforduló trikálcium-szilikát
2. BELIT: C₂S (CaO)₂ SiO₂
 - Négy módosulata létezik és ezek közül a β-módosulat a legfontosabb
 - Kis kezdőszilárdság és nagy végszilárdulás érhető el.
 - Kis hőfejlődéssel jár
 - Kerekded kristálynak látszó dikalcium-szilikát
3. TRIKALCIUM- ALUMINÁT (FELIT): C₃A (CaO)₂ Al₂O₃
 - Leggyorsabban kötő klinkerásvány
 - Nagy hőfejlődéssel jár
 - Végszilárdulása kicsi
4. TETRAKALCIUM- ALUMINÁT-FERIT (CELIT): C₄AF (CaO)₄ Al₂O₃Fl₂O₃
 - Lassan kötő anyag
 - Legkisebb a végszilárdulása
 - Jó a szulfátállósága

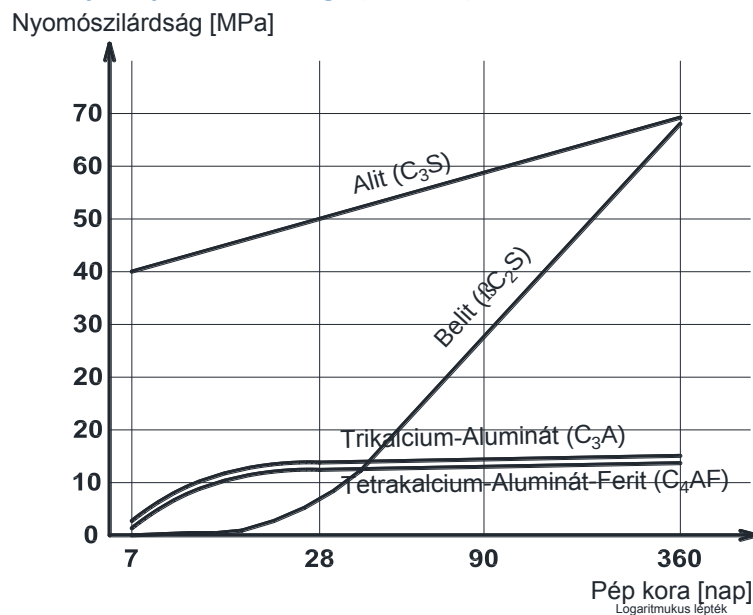


5.3 táblázat: Fő cementfajták
(DUNA-DRÁVA CEMENT KFT., 2007. Cement – Beton Zsebkönyv)

Fő cement fajták	Termékek		K	S	D	P	Q	V	W	T	L	LL	Mellék-alkotók
CEM I	Portlandcement	CEM I	95-100										0-5
CEM II	Kohósalak-portlandcement	CEM II/A-S	80-94	6-20									0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35									0-5
	Szilikapor-portlandcement	CEM II/A-D	90-94		6-10								0-5
	Puccolán-portlandcement	CEM II/A-P	80-94			6-20							0-5
		CEM II/B-P	65-79			21-35							0-5
		CEM II/A-Q	80-94				6-20						0-5
		CEM II/B-Q	65-79				21-35						0-5
	Pernye-portlandcement	CEM II/A-V	80-94					6-20					0-5
		CEM II/B-V	65-79					21-35					0-5
		CEM II/A-W	80-94						6-20				0-5
		CEM II/B-W	65-79						21-35				0-5
	Égetettpala-portlandcement	CEM II/A-T	80-94							6-20			0-5
		CEM II/B-T	65-79							21-35			0-5
	Mészke-portlandcement	CEM II/A-L	80-94								6-20		0-5
		CEM II/B-L	65-79								21-35		0-5
		CEM II/A-LL	80-94									6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79									21-35	0-5
	Kompozit-portlandcement	CEM II/A-M	80-94	6-20									0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-25									0-5
CEM III	Kohósalakcement	CEM III/A	35-64	36-65									0-5
		CEM III/B	20-34	66-80									0-5
		CEM III/C	5-19	81-95									0-5
CEM IV	Puccoláncement	CEM IV/A	65-89		11-35								0-5
		CEM IV/B	45-64		36-55								0-5
CEM V	Kompozitcement	CEM V/A	40-64	18-30		18-30							0-5
		CEM V/B	20-39	31-50		31-50							0-5



- **Klinkerásványok nyomószilárdsága (5.9 ábra):**



5.9 ábra: Klinkerásványok nyomószilárdság változása
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

5.3 A SZILÁRDULÁST ÉS SZILÁRDSÁGOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

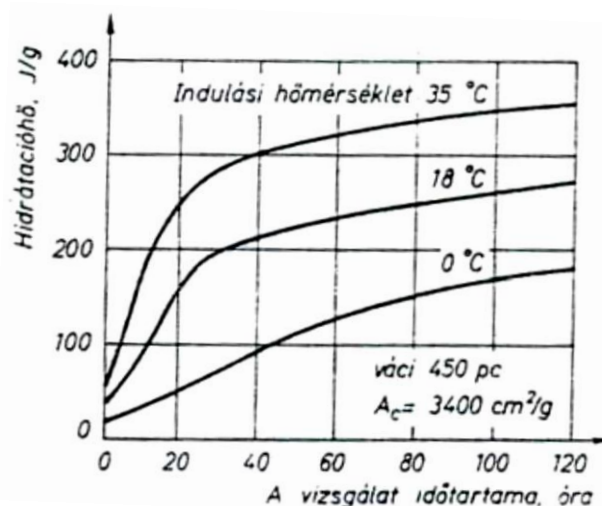
A betont a szilárdulás alatt sok tényező befolyásolja. A kötés során a beton hőt termel melyre kellő figyelmet kell szentelni. A hő hatására a betonban egyenlőtlen feszültségeloszlás keletkezhet vagy a betontól elpárolgó víz hatására a beton zsugorodni kezd melyeknek repedéseket idéznek elő, ami csak az egyik módja a tervezett végső szilárdság csökkenésének. Ezért fontos szerepe van az utókezelésnek.

5.3.1 Fajlagos felület (őrlésfinomság):

- Ha finom porszerűre őröljük a cementet, akkor gyorsabban fog megkötni. Ennek az oka, hogy az őrlésnek köszönhetően a szemcsék összes felülete (fajlagos felület) nagyobb lesz, mint előtte és nagyobb felületen a hidratáció gyorsabban létrejön.

5.3.2 Keveréskori hőmérséklet:

- A cementpépet nem mindegy, hogy hány fokban állítjuk elő. Minél magasabb a cementpép hőmérséklete annál magasabbra fog emelkedni a hőmérséklet a kötéskor. (5.10 ábra) Megfelelő utókezelés mellett e tulajdonságnak köszönhetően lehet hideg időben betonozni. (-10 °C hőmérséklet alatt betonozni TILOS!)

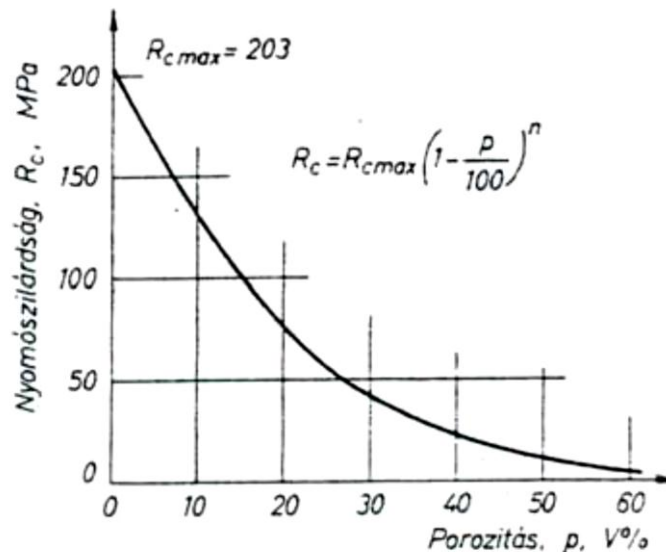


5.10 ábra: Hidratációs hő kezdeti hőmérséklet függvényében
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



5.3.3 Porozitás:

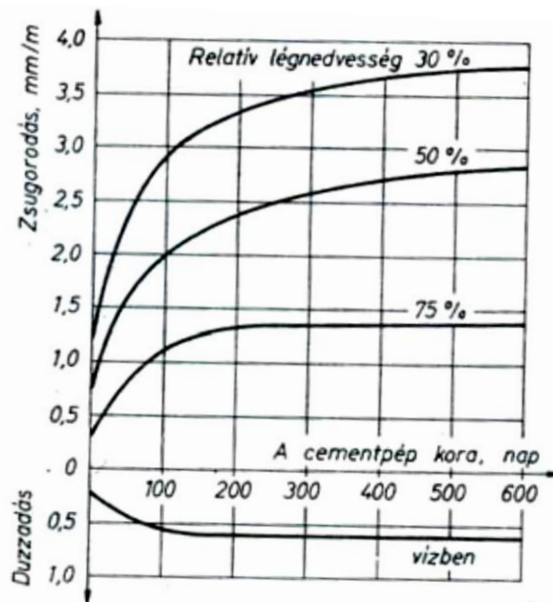
- Minél tömörebb a beton, annál jobban áll ellent a nyomóigénybevételnek. Ahogy növeljük a beton porozitását, annál jobban csökken a beton nyomószilárdsága (5.11 ábra), mivel a légpórusoknál a beton nem képes a terhelés felvételére.



5.11 ábra: A beton nyomószilárdsága porozitás hatására
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

5.3.4 Nedvességtartalom:

- A beton nedvesség hatására duzzadásra, szárazság hatására zsugorodásra képes. Duzzadást a levegőben lévő páratartalom is képes előidézni nem csak közvetlen vízhatás. Vagyis minél páradúsabb a levegő annál jobban duzzad, míg ha szárazabb annál jobban zsugorodik a betonunk.



5.12 ábra: Nedvességtartalom okozta alakváltozás (duzzadás vagy zsugorodás)
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

5.3.5 Utókezelés és környezeti hatások:

- Az utókezelés azért fontos, mert a kötési hő hatására a betonból elpárolog a keverővíz. Ezt pótolnunk kell, hogy ne keletkezzenek zsugorodás okozta repedések. A párolgást környezeti hatások is befolyásolják. Ezek a helyzetet lassíthatják vagy gyorsíthatják is. Ilyen például, hogy egy meleg tűző nap és egy állandó száraz szél hatására a folyamat felgyorsul, míg egy esős párás napon fordítva alakul.



6.ADALÉKANYAG, SZEMELOSZLÁSI GÖRBE, FINOMSÁGI MOSULUS

6.1 Adalékanyagok jellemzése:

– Legfontosabb tulajdonságai:

- Kőzetfizikai tulajdonság
- Tisztaság
- Szilárdság
- Szerkezeti tulajdonság
- Tömegjellemzők
- Vízzel kapcsolatos viselkedésük
- Időállóság

6.1 táblázat: Szemnagysághoz tartozó megnevezések		
Szemcse-nagyság [mm]	Természetes	Mesterséges
>32	nagy szemű kavics	durva zúzottkő
16-32	durva kavics	apró zúzottkő
8-16		durva zúzalék
4-8	apró kavics	apró zúzalék
1-4	durva homok	durva zúzott homok
0,125-1	finom homok	finom zúzott homok
0,063-0,125	homok liszt	kőliszt
0,02-0,063	por	
0,002-0,02	iszap	iszap
<0,002	agyag	agyag

6.1.1 SZEMELOSZLÁSI GÖRBE

Szemeloszlási görbe meghatározásához szitavizsgálatot végzünk.

- Szemcse-nagyság és szemeloszlási görbe vizsgálat:
 - Vizsgálat: Szitavizsgálat (6.1 ábra)

Szitavizsgálat során különböző lyukbőségű szitákon rázzuk keresztül a darabos anyagot. Adott szitán fent maradt szemek szemnagysága megegyezik a szita lyuknagyságával.



6.1 ábra: Szabványos szita és szitasor

- Szemalak vizsgálat:
 - Speciális tolómérő
 - Szemalakok:
 - Zömök
 - Lemezes
 - Hosszúkás
 - Lemezes hosszúkás
 - Kifolyási idő mérése:



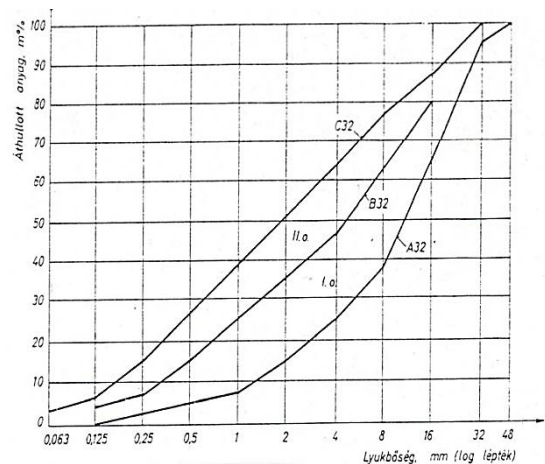
- Folyamatos szemeloszlású: minden szemcseméretet tartalmaz
- Lépcsős szemeloszlás: egy vagy több frakció hiányzik
- LEGNAGYOBB SZEMCSENAGYSÁG: a legnagyobb szemcse nagyság alatt annak a legnagyobb szitának a lyukbőségét értjük, amelyen legfeljebb 5 m% anyag marad fent.

d_{max}

- FINOMSÁGI MODULUS: a szabványos szitasorokon áthullott frakciók m%-nak összege (görbe fölötti terület)
 - felezősziták értékeit nem vesszük figyelembe:
 - 3 mm; 6 mm; 12 mm;
 - 24 mm; 48 mm ...

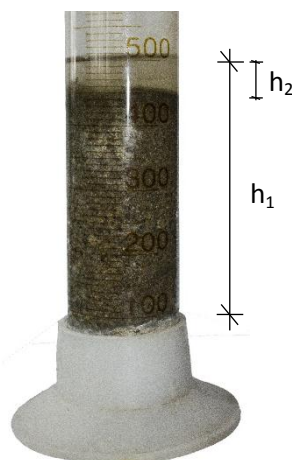
$$m = \frac{\sum_{i=0,063}^{d_{max}} b_i}{100}$$

- ADALÉKANYAGO OSZTÁLYOKBA SOROLÁSA:
 - Három görbe határozza meg A;B;C (6.2 ábra).
 - „A” görbe (homokos) (6.3 a ábra)
 - „C” görbe (kavicsos) (6.3 b ábra)
 - A-B görbe közti rész I. osztályú adalékanyag
 - B-C görbe közti rész II. osztályú adalékanyag
 - Gőrbén kívüli rész nem alkalmazható beton adalékanyagként



6.2 ábra: Adalékanyagok osztályokba sorolása
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

- BETONTECHNOLÓGIAI TÉTELEK:
 - ELSŐ TÉTEL (Abrams):
 - Két adalékanyag betontechnológiailag azonos, ha a finomsági modulusuk azonos.
 - MÁSODIK TÉTEL (Popovics):
 - Két adalékanyag betontechnológiailag azonos, ha a finomsági modulusuk és fajlagos felületük azonosak.



6.4 ábra:
Agyag iszap tartalom
ülepítő vizsgálatával



a) „A” görbe szerinti eloszlás b) „C” görbe szerinti eloszlás
6.3 ábra:
Szemeloszlás



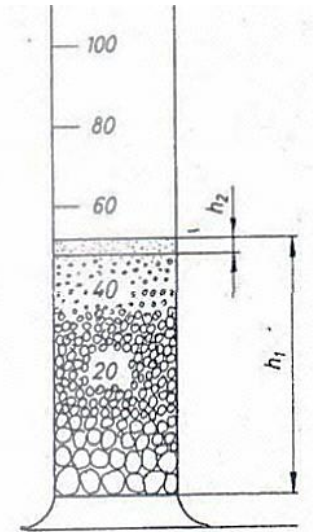
6.1.2 AGYAG ISZAP TARTALOM MEGHATÁROZÁSA:

Az agyag iszap tartalmat korlátozni kell, mert egy bizonyos mennyiség felett káros hatása lehet a betonra.

- Szemcsenagyság:
 - Vizsgálat: Térfogatos ülepitő vizsgálat (6.4-6.5 ábra)
 - 100 ml-es mérőedény
 - félig vagy 2/3-ig feltöltjük
 - 0-4 mm-es frakciójú anyag hozzáadása
 - összerázzuk
 - 1 óra elteltével újra felrázzuk
 - 24 órát ülepedni hagyjuk
 - h_1 és h_2 érték leolvasása

- Közelítő agyag-iszap mennyiség a következő képlettel számolva

$$i(V\%) = 100 * \frac{h_1}{h_2}$$

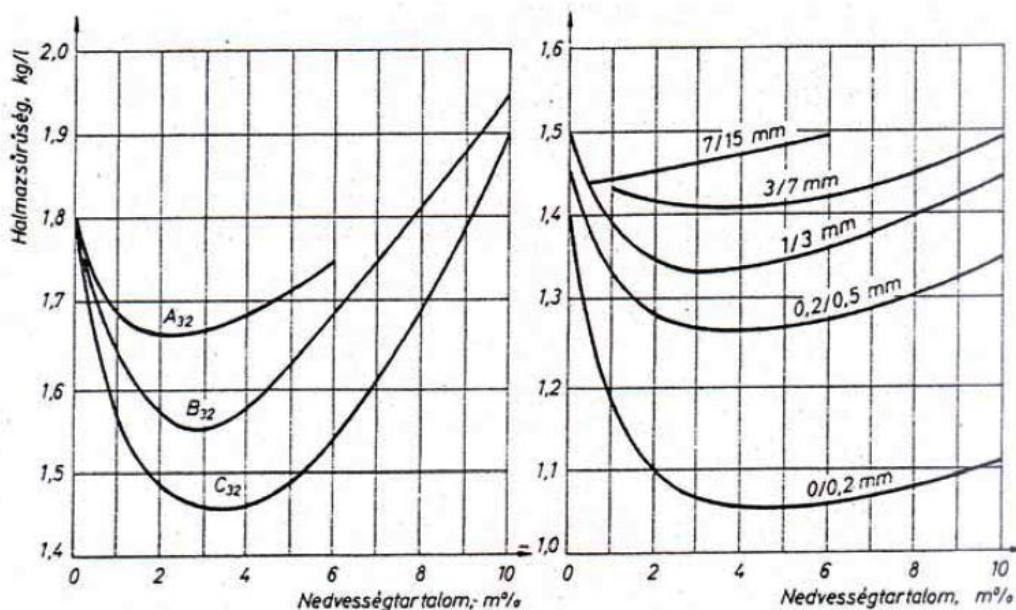


6.5 ábra: Térfogatos ülepitő vizsgáló
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

6.1.3 HOMOK HALMAZSÚRÚSÁGA A NEDVESSÉGTARTALOM FÜGGVÉNYÉBEN

A finomrész tartalomnak köszönhetően az adalékanyagok a nedvességtartalom függvényében a halmazsűrűség változik. A változás mértéke függ az adalékanyag szemeloszlásától (6.6 ábra) és a szemcsemérettől.

- Ha a teljesen kiszárított adalékanyag nedvességtartalmát növeljük, akkor a halmazsűrűsége csökken. Ennek oka, hogy a víz hatására a szemcsék közti hézagok csökkennek, mert a hézagokba kisebb szemcsék rendeződnek. Az anyag tömörebb lesz, befoglaló térfogatuk kisebb. A diagramról leolvasható, hogy az A (homokos) szemeloszlás esetén kevésbé csökken a sűrűsége a C (kavicsos) szemeloszláshoz képest. (pl.: homokos kavics esetén a homok a kavics hézagokba rendeződik)
- Nedvességtartalom nagymértékben való növelésének hatására ismét nőni fog a halmazsűrűség, mert a víz hatására a halmaz nem tud további tömörödést kiváltani és a befoglaló térfogat nőni fog.



6.6 ábra: Halmazsűrűség víztartalom függvényében
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



7. RONCSOLÁSOS ÉS RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK

Építőanyagok tulajdonságait anyagvizsgálatokkal határozzuk meg. A vizsgálandó anyagot (mintát) a vizsgálat során kétféleképp vizsgálhatjuk:

7.1 RONCSOLÁSOS VIZSGÁLAT:

A vizsgálat során **A MINTA TÖNKREMEGY**. A tönkremenetel során mért értékekből határozzuk meg a kívánt tulajdonságot. Mintavételezés általában fúrással történik. Beton esetén betonmagfúrórt használunk (7.1 ábra).



7.1 ábra: Mintavételező fúróberendezés

Betonvizsgálat:

- Nyomószilárdság vizsgálat
- Központos-húzószilárdsági vizsgálat
- Hajlító vizsgálat
- Hasító vizsgálat

Acélvizsgálat:

- Húzó vizsgálat
- Charpy-féle fajlagos ütőmunkabírás

7.2 RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLAT:

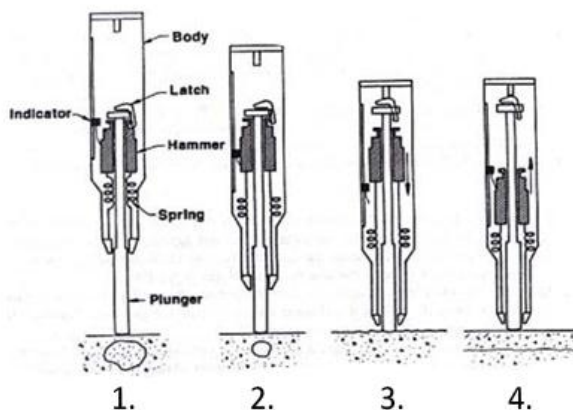
A vizsgálat során **A MINTA NEM MEGY TÖNKRE**.

7.2.1 Smidth kalapács: (7.2 ábra) Szilárdságérték becslése a minta felületi keménysége alapján.



7.2 ábra: Smidth kalapács

Működése: A vizsgálatkor a rugalmas visszapattanás elvét használva a betonról való visszapattanási értékeket kapunk. Ezen értékhez tartozó tapasztalati összefüggés alapján meg tudjuk becsülni a beton szilárdságát. A műszerben lévő ütőtömeg megüti a felületet és arról való visszapattanása megadja a visszapattanási értéket. Műszer használatakor fontos hogy a műszert függőlegesen tartsuk.



Műszer négy fázisa (7.3 ábra):

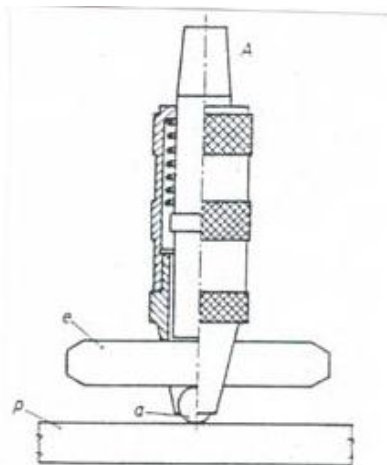
1. Kiengedett állapot
2. Rugó felhúzása
3. Felhúzott állapot
4. Ütősúly kiengedése és visszapattanási érték leolvasása

7.3 ábra: Smidth kalapács fázisai
(<http://www.ahamgeo.com/schmidt.html>)



7.2.2 Poldi kalapács: A Poldi kalapácsot (7.4-7.5 ábra) az acél felületi keménységének meghatározására szolgál.

Vizsgálat menete: Erőhatás(kalapács) hatására egy a Poldi kalapács golyója belenyomódik a vizsgált acélbetétbe. Az acélbetétbe és az etalon rúdca benyomódott golyónyom átmérőjével egy táblázat segítségével meghatározzuk a húzószilárdságot.



7.4 ábra: Poldi-kalapács sematikus rajza
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



7.5 ábra: Poldi-kalapács

7.2.3 Ultrahangos vizsgálat: (7.6 ábra) A vizsgált építőanyagban ultrahang terjedési sebességével becsüljük meg az elem szilárdságát.

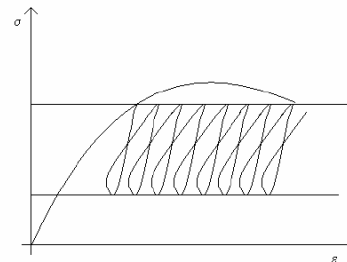
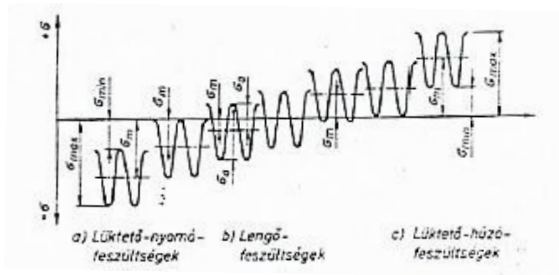


7.6 ábra: Ultrahangos mérőműszer



7.3 FÁRADÁSI VIZSGÁLAT:

Sokszor ismételt teherrel szembeni viselkedés meghatározása. (7.7-7.8 ábra)



7.7 ábra: Fárasztófeszültségek megnevezése
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

7.8 ábra: Ismételt terhelés okozta alakváltozás
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

- **Lüktetőfeszültség:** Minimum és maximum feszültségérték előjele megegyezik.

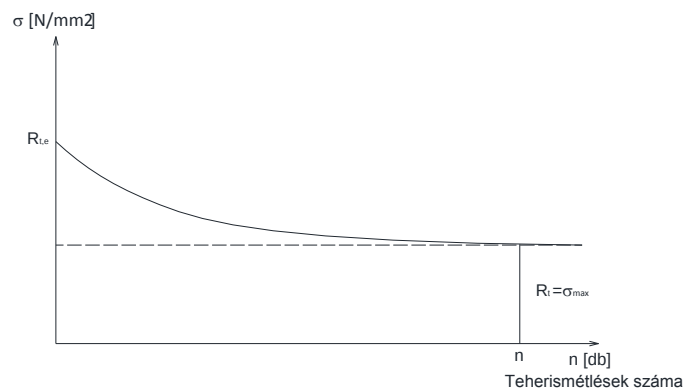
7.1 táblázat: Lüktetőfeszültség		
	σ_{min}	σ_{max}
Lüktető húzófeszültség	>0	>0
Lüktető nyomófeszültség	<0	<0
Nullkezdetű lüktetőfeszültség	$=0$	$=0$

- **Lengőfeszültség:** Minimum és maximum feszültségérték előjele különböző (7.1 táblázat).
Pl.: földrengés

Wöhler diagram: (7.9 ábra)

Meghatározza, a sokszor ismételt terhek logaritmikusának számát a tönkremenetelt okozó teher esetén.

Laboratóriumban végzett fáradási vizsgálat esetén 2×10^6 vizsgálatot végzünk.



7.9 ábra: Wöhler-diagram
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



8. BETON

Beton alkotói:

Adalékanyag:

- Szokványos beton:
 - homok (0-4mm)
 - kavics (>4mm)
 - zúzottkő (bazalt, andezit, mészkő...)
- Könnyűbeton:
 - vulkáni tufa
 - habkő
 - téglazúzalék
 - kohósalak
 - duzzasztott agyagkavics
 - duzzasztott habüveg
- Nehézbeton:
 - barit
 - andezit

Cement: kötőanyag (lásd 5. fejezet)

Víz: Minősége ivóvíz minőségű, mert mentes a vegyi szennyeződésektől.

8.1. FRISS BETON JELLEMZŐI

MEGHATÁROZÁS: A frissbeton a beton olyan állapota, amikor még a cementkötés még nem kezdődött meg, pépes állapot.

JELLEMZŐI:

1. **Víz-cement tényező:** hozzá adott víz és cement tömegének hányadosa

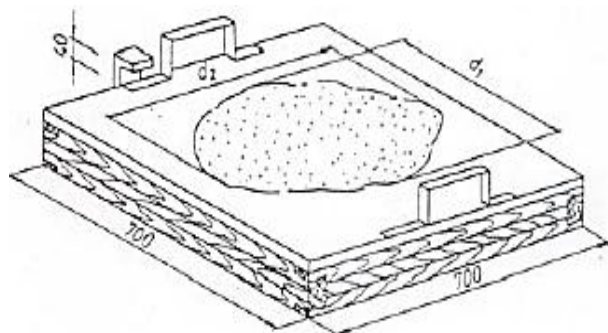
$$(v/c) = \frac{m_v}{m_c}$$

2. **Bedolgozási tényező:** adalékanyagok halmaztérfogatának összege és a bedolgozott frissbeton térfogatának hányadosa
3. **Konzisztencia:** frissbeton bedolgozhatóságának mértéke
 - Konzisztencia osztályok: (8.1 táblázat)

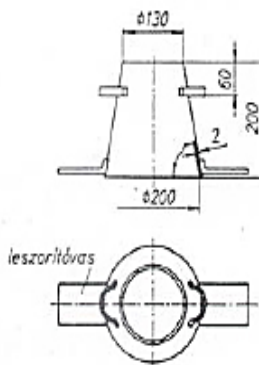
• Terülés:

F1-F6

Terülés mérésekor az ejtő asztalra (8.1 ábra) helyezett csonka kúpot (8.2-8.3 ábra) két rétegben megtöltjük betonnal, majd 40 mm magasságból 15 mp alatt 15-ször leejtjük. A szétterült beton két egymásra merőleges méretének átlaga mm-ben megadja a konzisztencia osztályt (F1-F6).



8.1 ábra: Ejtőasztal sematikus rajza
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



8.2 ábra: Terülmérő csonkakúp sematikus rajza
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

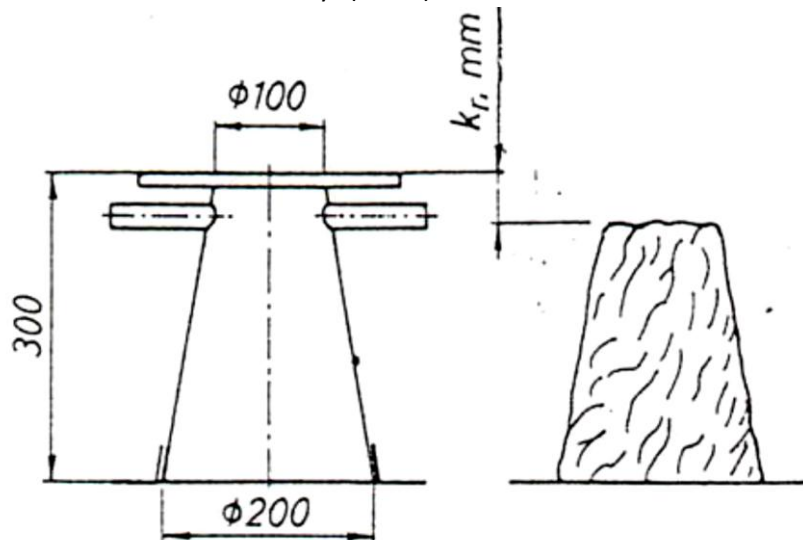


8.3 ábra: Terülmérő csonkakúp



• Roskadás: S1-S5

Roskadás mérés esetén a 300 mm magas roskadás mérő kúpot három rétegben töltjük meg. Minden réteget külön 25 szúrással tömörítjük döngölőrúddal. A kúp levételével a friss beton összeroskad. Az eredeti magasság és a roskadási magasság különbsége mm-ben (k_r) megadja a konzisztencia osztályt (S1-S5).



8.4 ábra: Roskadásmérés és magasságkülönbség sematikus rajza
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



8.5 ábra: Abrams-féle roskadásmérő csanakakúp

• Vebe-vizsgálat: V0-V4

Átformálási idő mérésekor az Abrams-féle roskadás mérő kúpot használjuk melyet a Vebe készülékbe (8.6 ábra) helyezünk. A roskadásméréskor megismert három rétegben töltünk fel a kúpot és minden réteget 25-ször tömörítünk döngölőrúddal majd leemeljük. A kezdeti roskadás után a készüléken lévő átlátszó korongot a roskadt kúp tetejére igazítjuk és leolvassuk a roskadás mértékét cm pontossággal. Ezek után elindítjuk a vibroasztalt és addig várunk amíg az átformálás állapota olyan, hogy az átlátszó korong felületét beton teljesen be nem borította. A vibroasztal bekapcsolásától a beton átformálódásának végéig eltelt idő másodpercben mutatja meg a konzisztencia osztályt (V0-V4). A teljes mérés 5 perc alatt el kell végezni.



8.6 ábra: Vebe készülék

• Walz-tömörítetlenség vizsgálat C0-C3

A tömörítési mértéket egy 200x200x400 mm űrtartalmú fémedényben (8.7 ábra) végezzük. Az edényt teletöltjük, majd lesimítjuk. Az edényben lévő betont tömörítjük. A tömörített magasság osztva az eredeti magassággal megadja a tömörítési mértéket. A két tizedes jegyre pontos értékkel meghatározzuk a konzisztencia osztályát. (C0-C3).



8.7 ábra: Tömörítés méréshez használt fémedény



• **Glanville-vizsgálat:**

CF0-CF3

A tömörödés mérésekor a betont lazán a felső kúpba töltjük (8.8 ábra). Alatta lévő reteszt kinyitva a beletöltött frissbeton következő kúpba esik majd az alsó hengerbe. A tömörödési tényezőt az így tömörödött beton testsűrűségének és a vibrált frissbeton testsűrűségének (Walz-tömörség) hányadosa adja. Az értéket két tizedes jegy pontossággal adjuk meg mely meghatározza a konzisztencia osztályt (CF0-CF3).

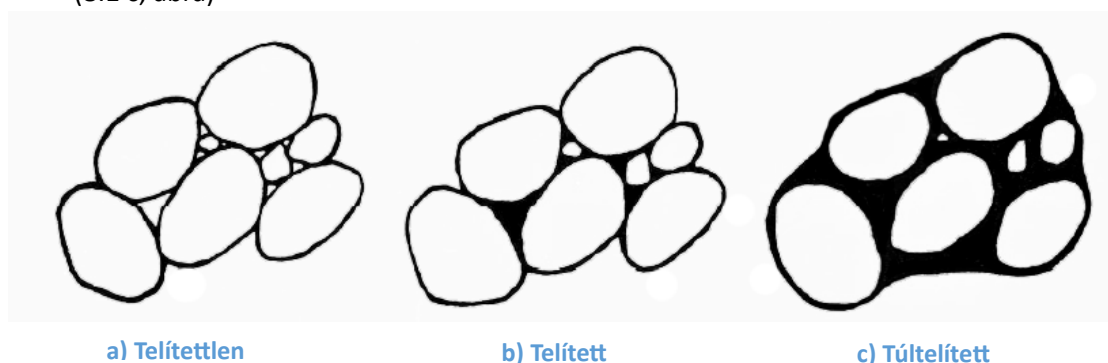


8.8 ábra: Glanville-féle készülék

8.1 táblázat Konzisztencia osztályok (Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)						
Terülés mérés		Roskadás mérés		Walz-féle tömörítetlenség		Megnevezés
Osztály	Érték [mm]	Osztály	Érték [mm]	Osztály	Érték [mm]	
				C0	$\geq 1,46$	földnedves
F1	≤ 340	S1	10-40	C1	1,45-1,26	merev
F2	350-410	S2	50-90	C2	1,25-1,11	plasztikus
F3	420-480	S3	110-150	C3	1,10-1,04	lágú
F4	490-550	S4	160-210			nagyon lágú
F5	560-620	S5	≥ 220			folyós
F6	≥ 630					nagyon folyós

4. **Péptelítettség:** a frissbetonban a cementpép az adalékvázat milyen mértékben tölti ki

- Telítetlen: a cementpép nem egészen tölti ki a hézagokat (8.9 a, ábra)
- Telített: cementpép épp kitölti a hézagokat (8.9 b, ábra)
- Túltelített: a cementpép több mint a hézagok és ezért az adalékszemek „úsznak” a cementpépben (8.1 c, ábra)



8.9 ábra: Péptelítettség

(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

5. **Eltarthatóság:** az a időtartam, amíg a keveréstől a megengedett mértékig nem változik a frissbeton bedolgozhatósága
6. **Szétoztályozódás:** az adalékanyag frakciókra való szétoztályozódása a betonkeverés vagy a bedolgozás közben
7. **Kivérzés:** keverővíz kiválása a beton felületén



8. **Levegőtartalom:** A friss beton levegőtartalma nagyban befolyásolja, hogy a készbeton mennyire lesz porózus. Ezen tulajdonságot levegőtartalom-vizsgáló készülékkel (8.10 ábra) tudjuk vizsgálni.

Vizsgálat menete: Boyle-Mariotte törvényen alapuló nyomásmódszer

- Megtisztított mérőedénybe vizsgálandó frissbetont helyezünk el
- Tömörítjük
- Lezárjuk az edényt, majd megnyitjuk a légszelepet.
- Feltöltjük vízzel a fedelén lévő nyíláson keresztül, addig, amíg az edény teljesen fel nem töltődik. (Levegő mentes legyen)
- Lezárjuk az edényt és annyi levegőt préselünk bele, hogy a mérőóra végpontra kerüljön, majd 10 mp után állítsuk a piros jelre.
- Ezek után nyissuk meg a szelepet. A belső és külső nyomás kiegyenlítődik.
- Addig várunk, amíg a mérő óra meg nem áll.
- Leolvassuk a nyomásmérő számlapját, mely a levegőtartalmat térfogatszázalékban adja meg.
- A készüléket teljesen nyomás mentesítjük a szelepekkel és azonnal kitisztítjuk.



8.10 ábra: Légtartalom vizsgáló készülék

ADALÉKSZEREK: olyan anyagok, amelyek a beton egyes tulajdonságait kedvezően befolyásolja

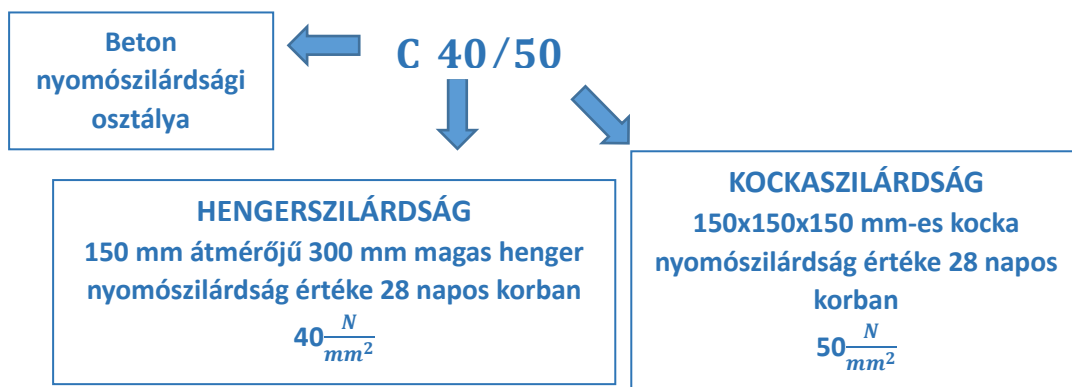
1. **KONZISZTENCIA JAVÍTÓK:** bedolgozhatóságot segítő adalékszerek
 - **Képlékenyítők:** csökkenti a keverővíz felületi feszültségét, ezáltal fokozva a frissbeton tömöríthetőségét víz-cement tényező növelése nélkül
 - **Folyósítók:** porózusrendszert igyekszik vízzel telítetté tenni
 - önthető beton is készíthető folyósító szerekkel
2. **FAGYÁLLÓSÁGOT FOKOZÓK:** légpórusok kialakulását segíti a frissbetonban, hogy a víz fagyásakor keletkező térfogatváltozáskor ne alakuljanak ki fagyási károk
3. **KÖTÉSKÉSLELTETŐK ÉS KÖTÉSGÁTLÓK:** hidratációs sebesség lassítására szolgál, ezzel a hidratációs hőmérséklet is csökken
4. **KÖTÉS- ÉS SZILÁRDULÁSGYORSÍTÓK:** hidratációs sebesség gyorsítására szolgál
5. **VÍZZÁRÓSÁGOT FOKOZÓK:** olyan adalékszerek, melyek az adalékszereket tömörítik így kialakítva a vízzáróságot. Elsősorban a megfelelő adalékanyagok befolyásolják.

8.2 MEGSZILÁRDULTBETON JELLEMZŐI ÉS BETONVIZSGÁLATOK

JELLEMZŐI: A beton 28 napos korban eléri a szilárdságának a 95%-át, ezért a vizsgálatot ilyenkor végezzük el.

BETON SZILÁRDÁGA:

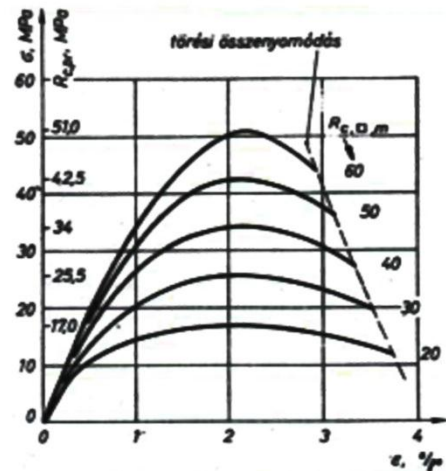
- JELÖLÉSEK ÉRTELMEZÉSE



- σ - ϵ DIAGRAM NYOMÓERŐ ESETÉN (8.11 ábra)

- A σ - ϵ diagramok egymás közötti összehasonlítása:

1. Nő a kezdeti rugalmassági modulus (vagyis nő az origóhoz illesztett érintő iránytangense),
2. Csökken a törési összenyomódás (vagyis csökken az elvárható legnagyobb alakváltozás,
3. Nő a szilárdsághoz tartozó alakváltozás értéke (vagyis az ábrák maximum pontjához tartozó alakváltozás növekedik).



8.11 ábra: Betonok σ - ϵ diagramjai különböző szilárdságú betonok esetén

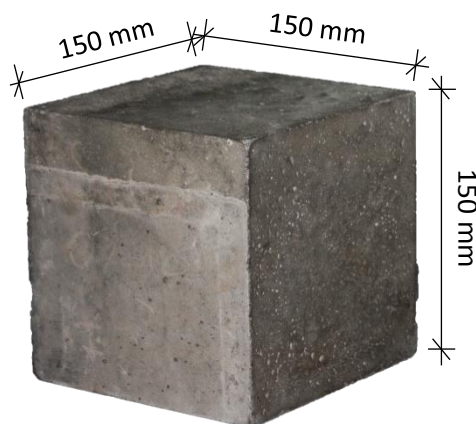
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

BETONVIZSGÁLATOK:

A betonvizsgálatok lényege a megszilárdult beton jellemzőinek meghatározása. A vizsgálatok során húzó és nyomószilárdságot vizsgáljuk roncsolásos eljárással az adott próbatesten. (8.12-8.13 ábra) Roncsolás-mentes eljárásnál pedig a vizsgálandó szerkezeten.

8.2.1 Nyomószilárdság meghatározása:

Már az előző részekben szó volt róla, hogy a beton nyomószilárdsága sokkal nagyobb a húzószilárdságánál, ez arra enged következtetni, hogy a nyomószilárdság meghatározása a legfontosabb. Nyomószilárdság segítségével tudjuk osztályokba sorolni a betonokat.



8.12 ábra: Próbakocka



8.13 ábra: Henger alakú próbatest

Méréseinket általában meghatározott méretű próbatesteken végezzük, és mivel a próbatest alakjának hatása van a nyomószilárdság értékére, ezért több fajta szilárdságot. Közelítőleg át tudjuk számolni a szilárdság értékeit az egyes próbatestek között a viszonyított arány segítségével. (8.2 táblázat)



8.2 táblázat: A nyomószilárdság átszámító tényezői (Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)		
Próbatest	Méretei [mm]	Viszonyított arány
Kocka	150x150x150	1
Henger	∅=150 l=300	3/4
Hasáb	150x150x450	2/3

Számítása:

$$f_c = \frac{F_{max}}{A} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

- f_c nyomószilárdság
- F_{max} legnagyobb terhelőerő
- A terhelési felület nagysága

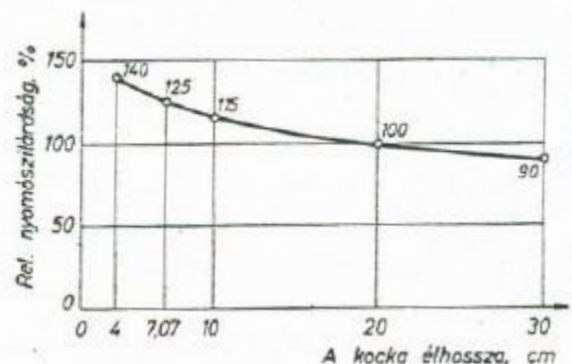


8.14 ábra: Próbakocka törésképe

NYOMÓSZILÁRDSÁGOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

1. Él hossz hatása (8.15 ábra):

A háromtengelyű feszültségállapot jön létre a nyomólapok környezetében, ezzel gátolva a keresztirányú nyúlást. Ott jön létre a törési kép ahol a nyíró igénybevétel a legnagyobb, azaz a gátolt és a nem gátolt terület közötti határon lép fel. Így a kisebb élhosszúságú kocka szilárdsága nagyobb a nagyobbéhoz képest.

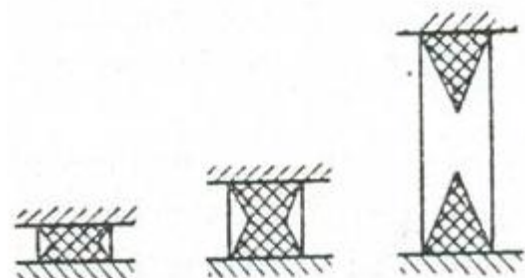


8.15 ábra: Él hossz hatása

(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

2. Magasság és él hossz hatása (8.16 ábra):

A terheléskor a két nyomólap által keletkező feszültségek az alapél hosszának háromszorosáig hatnak. Ha a feszültségek össze érnek, azaz a magassága kisebb, mint hat alapél, akkor egy súrlódást gátló hatás lép fel ezzel növelve a szilárdságot, ellenkező esetben szilárdságcsökkenés jelentkezik.



8.16 ábra: Magasság hatása

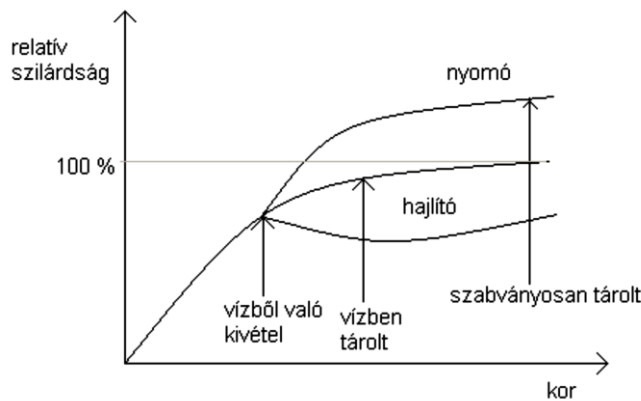
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

3. Nyomólap hatása:

Ha a nyomólap súrlódása megváltozik, akkor a próbatestben a keresztirányú nyúlást gátló hatás is megváltozik.

4. Beton víztartalmának hatása (8.17 ábra):

Víz hatására a nyomószilárdság csökken, mivel a víz a beton pórusait kitölti és ezzel plusz keresztirányú nyúlást hoz létre.



8.17 ábra: Beton víztartalmának hatása
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

5. Terhelési sebesség hatása:

A próbatest terhelésének sebessége a vizsgálat fajtákhoz előírt értékek. A terhelési sebességet meg tudjuk adni az erő növekménnyel és a törőerőig tartó idővel.

8.2.2 Húzószilárdság meghatározása:

8.2.2.1 Központos húzószilárdság:

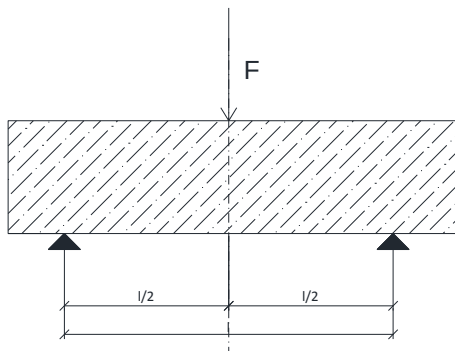
Számítása:

$$f_t = \frac{F_{\max}}{A} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

- f_t húzószilárdság
- $F_{\max}$ legnagyobb terhelőerő
- A terhelési felület nagysága

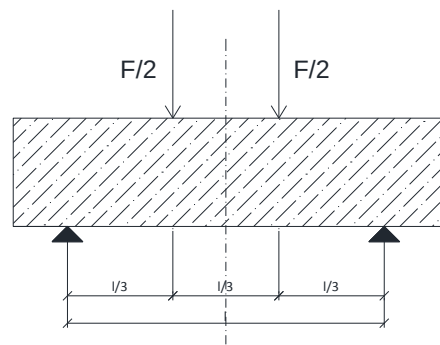
8.2.2.2 Hajlító-húzószilárdság:

Központos terhelés (8.18 ábra):



8.18 ábra: Központos terhelés

Harmadpontos terhelés (8.19 ábra):



8.19 ábra: Központos terhelés

Számítása:

- $f_{t,fl}$ hajlító-húzószilárdság
- $M_{\max}$ legnagyobb nyomaték
- b szélesség
- h magasság

$$f_{t,fl} = R_{t,f} = \frac{M_{\max}}{\left(\frac{b * h^2}{6} \right)} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

8.2.3. Hasító-húzószilárdság:

Hasító-húzószilárdságot henger alakú próbatesten értelmesszük. Hasáb esetén a hasábra belerajzolható henger méreteivel számolunk.

Számítása:

$$f_{t,sp} = R_{t,p} = \frac{2F}{(\pi * d * h)} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

- $f_{t,sp}$ hasító-húzószilárdság
- F hasító erő
- d átmérő
- h magasság



NYOMÓSZILÁRDSÁGOT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

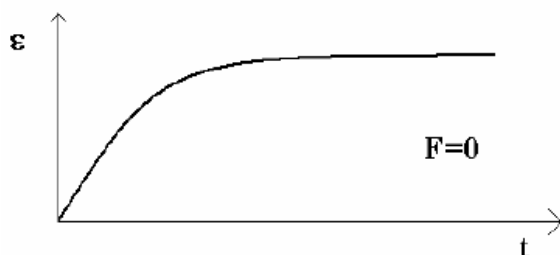
1. Méret hatása:
A próbatest magassági méretének növekedése csökkenti a húzószilárdságot.
2. Terhelési mód hatása:
Nagyobb hajlító-húzószilárdság érhető el központos terhelés esetén, mint például harmadpontos terheléskor.
3. Beton víztartalmának hatása:
Húzószilárdság növekszik a víztartalom növekedésével. A legnagyobb húzószilárdság víztelített állapotban kapjuk.

BETON ZSUGORODÁSA (8.18 ábra): A beton kiszáradása során, időben bekövetkező térfogatváltozás csökkenése, amely terhelés nélkül is bekövetkezik.

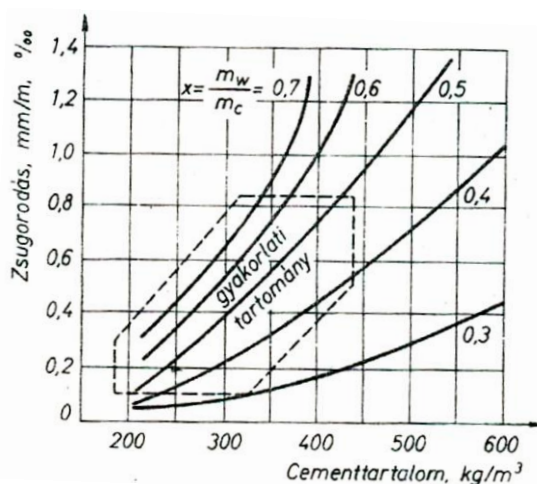
A beton a kötésekor először a külső réteg köt meg, ami zsugorodással jár. Ezen jelenségnek köszönhető, hogy a betonban húzó és nyomó feszültségek jönnek létre, ami repedések keletkezését eredményezi

BETON ZSUGORODÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

1. Levegő relatív nedvességtartalma
2. Betonkeverék cementtartalma
3. Víz-cement tényező (8.19 ábra)
4. Adalékanyag zsugorodása



8.18 ábra: Beton zsugorodása
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



8.19 ábra: Víz-cement tényező függvényében a beton zsugorodása
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

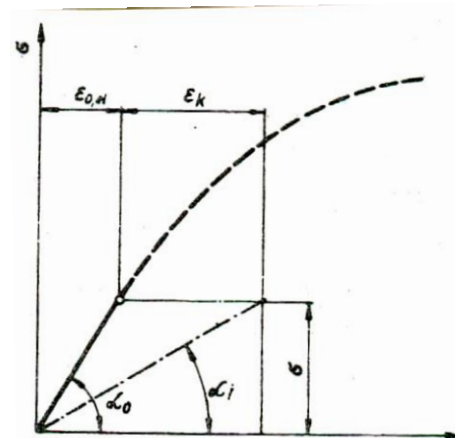
BETON KÚSZÁSA: A beton konstans teher alatti alakváltozása az idő függvényében.

BETON KÚSZÁSÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK:

1. Beton szilárdságának és a rajta ható konstans terhelés nagyságától
2. Terhelés időtartama
3. Beton rugalmas alakváltozása a terheléskor
4. Beton szilárdsága terheléskor
5. Beton víz-cement tényezője készítéskor
6. Relatív légnedvesség
7. Beton

KÚSZÁSI TÉNYEZŐ: A beton kúszását a kúszási tényező segítségével jellemezzük (8.20 ábra).

$$\varphi = \frac{\varepsilon_{\text{creep}}(t)}{\varepsilon_{\text{el}}}$$



8.20 ábra: Kúszási tényező és idealizált rugalmassági modulus definíciója
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)

BETON HŐTÁGULÁSA: A beton lineáris hőtágulási együtthatója $1,2 \times 10^{-6} \text{ } 200 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ -ig.



8.3 BETONTERVEZÉS

Bolomey-Palotás féle eljárás: Előírt nyomószilárdságú beton összetételének számítása.

Tervezendő beton jele és elemei:

A körülményeknek megfelelő beton tervezésekor elsődleges lépés a beton jelének meghatározása. Környezeti osztálynak megfelelő értékeket a MSZ 4798-1:2004-es szabvány tartalmazza.

C30/37-XC4-XF1-16-F3-MSZ 4798-1:2004



1.



2.



3.



4.



5.

1. Nyomószilárdság: C30/37

Nyomószilárdság karakterisztikus értéke 28 napos korban henger és kocka próbatest esetén

Henger (150 mm x 150 mm x 150 mm): $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$

Kocka (h=300 mm d=150 mm): $f_{ck} = 37 \text{ N/mm}^2$

2. Környezeti osztályok XC4-XF1

- X0 nincs korróziós kockázat
- XC karbonátosodás okozta korrózió
 - XC1 száraz vagy tartósan nedves
 - XC2 nedves ritkán száraz
 - XC3 mérsékleten nedves
 - XC4 váltakozva száraz vagy nedves
- XD klorid korrózió (nem tengervíz)
 - XD1 mérsékelt nedvesség
 - XD2 nedves, ritkán száraz
 - XD3 váltakozva száraz vagy nedves
- XS klorid korrózió (tengervíz)
 - XS1 sós levegőnek kitéve, de nincs közvetlen érintkezés a tengervízzel
 - XS2 állandóan tengervízbe merülve
 - XS3 árapályal, felcsapódással vagy permettel érintkező zónák
- XF fagyás-olvadási korrózió
 - XF1 mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül
 - XF2 mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal
 - XF3 nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül
 - XF4 nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyaggal
- XA kémiai korrózió
 - XA1 enyhén agresszív kémiai környezet
 - XA2 mérsékeltén agresszív kémiai környezet
 - XA3 nagymértékben agresszív kémiai környezet.

3. Adalékanyag legnagyobb szemnagysága ($d_{max}=16 \text{ mm}$)

4. Konzisztencia osztály (F3)

Konzisztencia osztály terület méréssel meghatározott módszer alkalmazásával.

5. Szabvány (MSZ 4798-1:2004.)

A számítás telített betonra vonatkozik.

Felhasznált összetevők:

Cement jele: pl.: CEM I 42,5 N

Adalékanyag: pl.: $D_{max}=16 \text{ mm}$

Átlagszilárdság meghatározása 200mm élhosszúságú próbakockára:

$$R_{\text{átl},200} = R_{k,\text{nom},200} + 12 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

- $R_{k,\text{nom},200}$ Minősítési érték

Víz-cement tényező meghatározása:

Bolomey-Palotás képlet:



$$R_{\text{átl}} = A * \left(\frac{1}{(v/c)} - B \right)$$

- A cement névleges szilárdságától függő tényező
- B kísérleti állandó
- (v/c) víz-cement tényező (szokás jelölni még „x”-el)

A képlet segítségével meghatározható a szükséges víz-cement (v/c) tényező értékét.

Olyan esetben, ha a víz-cement tényező nagyobb, mint a környezeti osztály által előírt maximum víz-cement tényező, akkor a környezeti osztály által előírt maximum érték lesz a továbbiakban a tényező értéke.

Redukált víz-cement tényező meghatározása:

$$(v/c)^* = \frac{(v/c)}{h_c * h_k * h_d}$$

- (v/c) víz-cement tényező
- (v/c)* redukált víz-cement tényező
- h_d maximális szemcseméretől függő tényező
- h_c cement vízigényétől függő tényező
- h_k konzisztencia osztálytól függő tényező

Cementmennyiség és finomsági modulusának meghatározása:

$$m = 11 - ((v/c)^* - 0,1) * \frac{c}{23}$$

$$m_{\text{opt}} = 2,66 * \log_{10} d_{\text{max}} + 2,2 + 0,0028 * c$$

- m finomsági modulus
- m_{opt} optimális finomsági modulus
- (v/c)* redukált víz-cement tényező
- c cementmennyiség 1 m³ betonhoz
- d_{max} az adalékanyag legnagyobb szemcsenagysága

- A két képlet segítségével meghatározható a cementmennyiség és a finomsági modulus.

A finomsági modulus értékének meg kell felelni a következőnek:

$$0,89m_{\text{opt}} < m < 1,07m_{\text{opt}}$$

- A cementtartalomnak nagyobbnak vagy egyenlőnek kell lennie a környezeti osztályban előírtakkal. Abban az esetben, ha ez nem így van, akkor a környezeti osztályban előírt cementtartalom a mérvadó.

Betonösszetétel:

Betonösszetétel meghatározásakor meghatározzuk a számolt adatok és a testsűrűség segítségével, hogy hány kg-ra van szükségünk az egyes alkotóelemekből 1 m³ beton előállításához. Ezt táblázatos formában (8.3 táblázat) célszerű megtenni.

1. Megadjuk az anyagok sűrűségét.
2. Az ismert cement-tartalom és v/c tényezővel kiszámítjuk a víztartalmat.
3. Kiszámítjuk a cement és a víz térfogatát.
4. Figyelembe vesszük az előírt vagy feltételezett a légtartalmat (1-2 V%).
5. Az ismert térfogati értékekkel kiszámítjuk az adalékanyag térfogatát.
6. A sűrűség ismeretében kiszámítjuk az adalékanyag tömegét.
7. A tömegekből kiszámoljuk 1 m³ beton testűrségét.
8. Adalékanyag nedvességtartalmának kiszámítása értékek javításához.
9. Javítjuk az értékeinket és megkapjuk a végleges összetételt.

8.3 táblázat: Mintatáblázat betontervezéshez

Anyag	Testsűrűség $\left[\frac{g}{ml} \right]$	Anyagmennyiség $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$	Víztartalom miatti javítás	Végleges összetétel
Cement				
Víz				
Adalékszer				
Adalékanyag				
Levegő				
ÖSSZESEN				



9. FÉMEK

9.1. FÉMEK JELLEMZŐI:

Olyan kristályos szerkezetű anyag, melyre jó elektromos vezetőképesség, alakíthatóság és nagy szilárdság jellemző.

CSOPORTOSÍTÁSUK:

- **Tiszta fém:** Egy anyag olvadékból kialakult kristályrácsos szerkezet.
- **Ötvözet:** Két vagy több anyag egymásban való oldásakor (ötvözésekor) létrejövő fém.
ACÉL: Építőiparban gyakran használt fém, mely a vas legfontosabb ötvözete, melynek fő ötvöző anyaga a szén és képlékeny alakítással megmunkálható.

9.2. FÉMEK TULAJDONSÁGAI:

1. **Hőtágulás:** Hőmérséklet hatására történő alakváltozás. Jellemzése hőtágulási együttható segítségével történik.
2. **Olvadáspont:** Azon hőmérsékletérték, amelynél a fém szilárd halmazállapotból folyékony halmazállapotba alakul.
3. **Hegeszthetőség:** Olyan acélok, amelyek edződésre nem hajlamosak, azaz kicsi a széntartalma.

A hegesztés során létrehozott magas hőmérséklet hatására a varrat környezeténél edződés jön létre.

4. Korrózió:

- **Kémiai korrózió:** Levegő hatására egyenletes korrózió megy végbe.
- **Elektrokémiai korrózió:** Kis helyre koncentrált korrózió mely víz hatására töltéskülönbségek keletkeznek a fémen. Az anód és katód között elektronáramlás jön létre. (pl.: rozsdásodás)

Környezeti feltételei:

- Beton karbonátosodik
- Beton elektromos vezetőképessége legyen
- Oxigén az acélbetétbe juthasson



10. ACÉLVIZSGÁLATOK

10.1 ACÉL HÚZÓVIZSGÁLAT:

Acél húzószilárdság meghatározása vizsgálattal történik. Meghatározzuk a σ - ϵ diagramot.

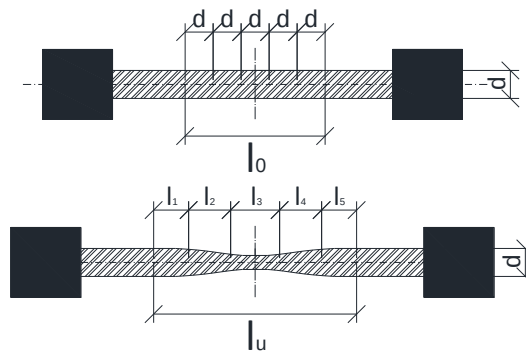
Számítása:

$$R_{t,t} = \frac{F_{\max}}{A_0} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

- σ húzószilárdság
- $F_{\max}$ legnagyobb terhelőerő
- A_0 kiindulási keresztmetszet

- Fontos definíciók:

- **Folyáshatár:** Az a pont, amikor a feszültség nélküli alakváltozás véget ér (f_y).
- **Felkeményedés:** A feszültség további növekedését jelenti a folyáshatár után.
- **Szakító- és húzószilárdság:** Az elérhető legnagyobb feszültségérték (f_u).
- **Egyezményes folyási határ:** Általában 0,2% maradandó nyúláshoz tartozó feszültség hidegen alakított acélok esetén ($f_{y0,2}$).
- **Kontrakció:** Más néven befűződés. A szakadási keresztmetszetben tapasztalható keresztmetszet csökkenés.
- **Szakadó nyúlás:** A szakadás környezetében értelmezett fajlagos nyúlás. Az értelmezési szakasz az átmérőtől függ.



10.1 ábra: Szakítóvizsgálat és jeltávolságok

Teljes jeltávolság: Öt- vagy tízszerese az átmérőnek.

$$l_0 = 5d \text{ vagy } l_0 = 10d$$

Megnyúlt jeltávolság: Két szélső jelölés közti megnyúlások összege.

$$l_u = \sum_{i=1}^i l_i = l_1 + l_2 + \dots + l_i$$

Szakadó nyúlás:

$$A_{5d} = \frac{l_u - l_0}{l_0} * 100 \text{ [%]}$$

- **Ekvivalens átmérő:** Bordás acélok esetén az átmérő a bordázottság miatt változik. Ekvivalens átmérő a próbapálcá átlagos keresztmetszeti átmérője, mely meghatározása a betonacél sűrűsége, tömege és térfogata játszik szerepet.

$$\rho_a = \frac{m}{V} = \frac{m}{\left(\frac{d_{ekv} * \pi}{4}\right) * l} = 7,85 \left[\frac{g}{\text{ml}} \right]$$

Az előző képletből kifejezve d_{ekv} értékét:

$$d_{ekv} = 12,74 \sqrt{\frac{m}{l}} \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

- d_{ekv} ekvivalens átmérő
- m próbapálcá tömege
- l próbapálcá hossza

Vasbetonszerkezetek tervezésénél névleges átmérőt használunk. Ami az ekvivalens átmérő mm-re kerek értéke.

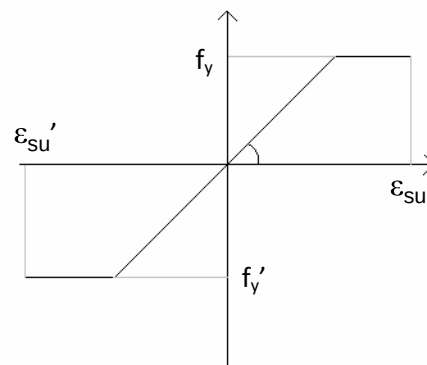


Diagram jellegük szerint:

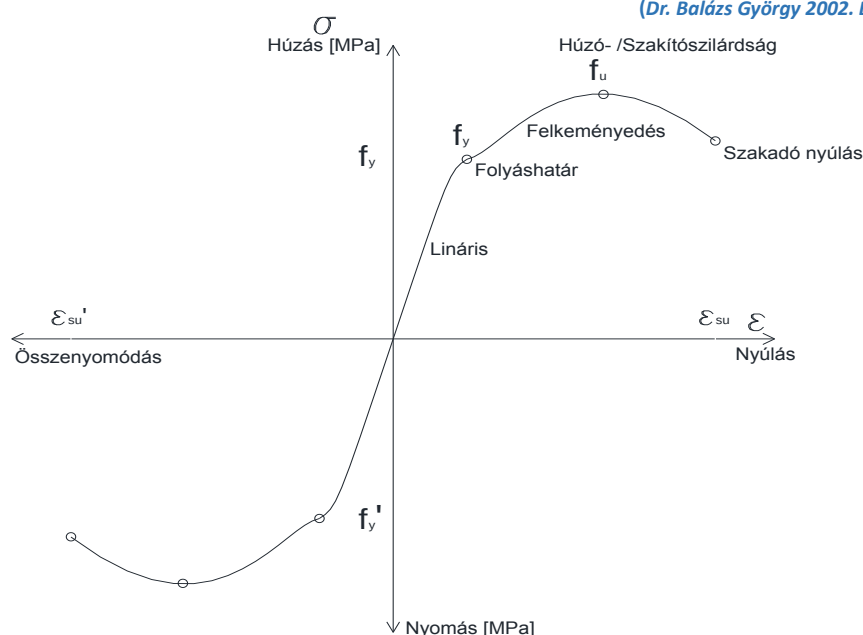
1. Tényleges folyási határral rendelkező acélok
2. Tényleges folyási határral nem rendelkező acélok

10.1.1. Tényleges folyási határral rendelkező acélok (10.2 ábra):

- Melegen hengerelt acélokra jellemző. Ebben az esetben egy lineáris szakasz után az acélbetét egy pontja megfolyik (f_y). Ilyenkor nyúlás növekedésével a feszültség állandó marad. Ezek után az acélbetét felkeményedik addig, amíg az acél összes pontja meg nem folyik. A húzó-, szakítószilárdság az a pont, amikor az acél már több erőt nem képes felvenni (f_u). Nyúlás mellett a feszültség csökken, mert az acél egyes pontjai már nem képesek teher felvételére. Így érjük el a szakadó nyúlást. Mérnöki tervezéshez egyszerűsített diagramot használunk (10.3 ábra).



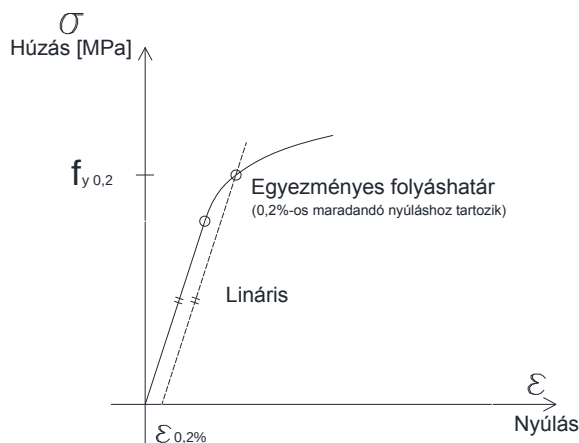
10.3 ábra: Tervezéshez használt acél σ - ϵ diagram
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



10.2 ábra: Folyási határral rendelkező acél σ - ϵ diagramja

10.1.2. Tényleges folyási határral NEM rendelkező acélok (10.3 ábra):

- Hidegen alakított acélokra jellemző. Azok az acélok, melyek nem rendelkeznek tényleges folyáshatárral azokra jellemző, hogy 0.2% maradandó nyúláshoz tartozó feszültségértéket tekintjük folyáshatárnak, más néven egyezményes folyáshatárnak ($f_{y0,2}$). Ilyenkor kisebb a szakadó nyúlás és nő a szakító szilárdság értéke.



10.3 ábra: Folyási határral NEM rendelkező acél σ - ϵ diagramja



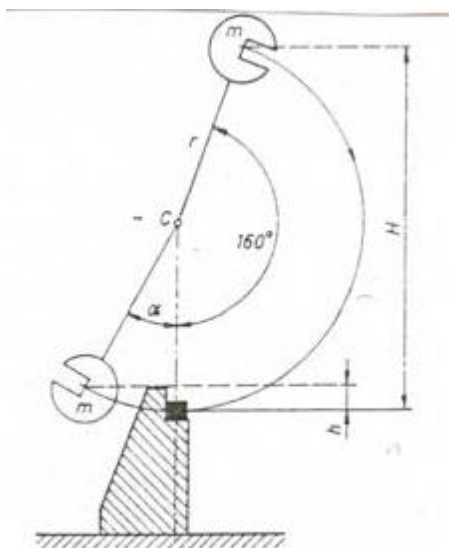
10.2 ACÉL ÜTŐMUNKABÍRÁSA: Az acél rideg törésérzékenységének meghatározása.

Vizsgálat menete: A Charpy féle vizsgálatkor a próbatest behelyezése után a Charpy kalapácsot (10.4-10.5 ábra) „H” magasságból önsúlyánál fogva a próbatestnek ütközik (1. állapot). Az ütközéskor a próbatesten munkát végez, és azt eltöri. A kalapács továbblendül egy „h” magasságig (2. állapot). A kezdeti 1. állapot és a végső 2. állapot potenciális energiájának különbségéből kiszámítjuk a töréshez szükséges erőt.

A vizsgálati eredmény függ a hőmérséklettől.

Fajlagos ütőmunkabírás: A vizsgálatkor megkapott H és h értékek felhasználásával a meghatározható a próbatest fajlagos ütőmunkabírása, ami az energia és a törési felület hányadosa:

$$\frac{F * (H - h)}{A} \left[\frac{J}{mm^2} \right]$$



10.4 ábra: Charpy kalapács sematikus rajza
(Dr. Balázs György 2002. Építőanyagok és kémia)



10.5 ábra: Charpy kalapács

10.3 ACÉL KEMÉNYSÉGE:

- **Keménység:** Az anyagba való behatolással szembeni ellenálló képesség. Vizsgálata Poldi-kalapáccsal történik (Isd.: 7.2 pont).

11. IRODALOMJEGYZÉK

Irodalomjegyzék:

- Dr. Balázs György 2002. *Építőanyagok és kémia*. Műegyetemi Kiadó
- Dr. Balázs György - Dr. Balázs L. György 2008. *Betonszerkezetek tartóssága*. Műegyetemi Kiadó
- DUNA-DRÁVA CEMENT KFT., 2007. *Cement – Beton Zsebkönyv*