

Építészettörténet

Örökségvédelem

III. Habarcatok és vakolatok

Az építés egyik legrégebbi és legalapvetőbb anyaga a **mész**.

A mészégetés egyidős az emberi kultúrával.

„Állíts nagy köveket és *meszeld* őket fehérre” (Mózes 5.27:2.).

„Mert *mésszé égette* Edom királyának csontjait, tüzet vetek azért Moábra’ (Ámosz 2:1)”

A Földközi tenger régiójában a Kr. e. IV. században már égettek meszet.

Kr. e. 409-ben az Athén és Pireusz közötti „hosszú” fal meszes kötőanyaggal épült.

Ereszoszi Theophrasztosz (Θεόφραστος ο Ερέσιος, Kr. e. 371 k. – Kr. e. 287 k.) „A kövekről” című munkájában, Kr. e. 314 körül még nem tudta megkülönböztetni a meszet és a gipszet.

Az idősebb **Cato** (Marcus Portius, Kr. e. 234–149) Kr. e. 200 körül szabatosan írt az égetett mésszel való építésről.

Marcus **Vitruvius** Pollio (Kr. e. 75 k. –15) tárgyalta a mészégetést.
Publius Cornelius **Tacitus** (55 k. – 117-120) szerint a római birodalom legjobb meszét Germániában égették.

Az égetett meszet a középkorban az alkímisták „élő mésznek” (Calx viva) nevezték, és tisztelték.

Basilus Valentinus (Johann Thölde, 1565 k.–1614?) a mészégetés folyamatát a „kő élete visszahozásának” nevezte.

„A mész az a falaknak, ami lécnak az enyv, ami festménynek a szín. Kőből főzik, amit részben árnyas helyen fekvő barlangokból, részben folyókból gyűjtenek össze, de található épületmaradványokban is. Jobb a bányászott kőből levő mész, mint a folyóparton gyűjtöttből levő. Ami keményből van, jobb a szerkezethez, ami lágyabból, a vakolathoz. A jól kifőzött mész fehér, könnyű és sístereg; a kő főzéskor súlyának kb. egyharmadát veszti el. Az oltott mész, ha jó, zajosan forr és bőségesen bocsát ki gőzt. Hogy kiszáradjon, sok vizet bocsát ki, és erősen odatapad a tartály falához.”
(Franciscus Rausch de Traubenberg /1743–1816/, Elementa Architecturæ... Budæ MDCCLXXIX.)

Antik építés:

- kövér habarcsok,
- több rétegű vakolatok,
- rétegenként változó összetétel,
- hidraulikus pótlékok,
- a nedves festés réteges és vastag alapvakolata.

A rómaikori „**beton**” kérdése.

Az 5-8. század közötti **visszaesés** körülményei és okai.

A visszaesés korának építési gyakorlata.

A 9. sz. körüli-utáni technikai **fellendülés** körülményei és okai.

Keleti és nyugati kultúra.

Az 9-13. sz. közötti **ipari forradalom**.

Az ipari forradalom építészeti elemei.

Habarcsadalékok használatának oka a változó éghajlat és az új követelmények:

- felületi keménység növelése
- rugalmasság fokozása
- vízhatlanság fokozása

Adalékok használata

Az adalékok korjellemző mivolta

Habarcsadalékok főbb típusai:

– szerves

- disznózsír, faggyú (kb. 9-18. sz., 1 %)
- túró (kb. 12. sz. óta, ma népi építészetben, 2-2,5 %)
- állati szőr (16-17. sz. óta)
- tojás (középkorban)

– szervesetlen

- faszénpor (13-14. sz. óta, 7-10 %)
- téglazúzalék (római korban, amennyi az oltott mészfölösleges vizét magához vonta)
- téglapor (12-13. sz. óta, 10-30%)
- tőzeghamu (18. század elejétől, 50 % fölött)

– **egyéb:** méz, sör, bor, tej...

– **különlegességek:** mímium, vaspor-trassz, üvegőrlemény...

Az adalékok felismerhetősége

Égetett és oltott mész keverékei

- **római kor:** a rómaiak a mész:homok keverékekhez 1 rész rosszul égetett mészkövet vagy annak őrleményét, és/vagy 1/4 vagy 1/2 rész téglazúzalékot is hozzákeverték
- **középkor:** annyi porrá tört égetett meszet raktak a közönséges fehér oltott mészbe, amennyi az oltott mész fölösleges vizét magához vonta. Az így „hidratálódó” égetett mész szilárd és vízálló habarcsot alkotott
- **18. század:** Antoine-Joseph **Loriot** (1716–1782) -féle habarcs (oltott és égetett mész 2:5, 1:3 arányban, + ½ rész téglapor)

19. századi oltott-égetett meszes habarcs-összetételek:

Keverék	Égetett mész (l)	Oltatlan mész (l)	Homok (l)	Víz (l)
1 rész mész, 2 rész homok	30,0	50,0	100,0	3,2
1 rész mész, 3 rész homok	19,2	32,0	96,0	8,6
1 rész mész, 4 rész homok	14,4	24,0	96,0	13,4
1 rész mész, 5 rész homok	11,6	19,4	97,0	17,2

19. századi oltott-égetett hidraulikus habarcs-összetételek:

Keverék	Oltatlan mész (l)	Homok (l)	Víz (l)
1 rész mész, 2 rész homok	51,3	102,6	34,2
1 rész mész, 3 rész homok	36,0	108,0	29,6
1 rész mész, 4 rész homok	29,4	117,6	29,4
1 rész mész, 5 rész homok	24,0	120,0	14,0

Hidraulikus pótlékok (Hidraulische Zuschlage, Stuff hydraulique, Gangue hydraulique, Substitutivo hidraulico):

Fogalmak:

agyagföld – a föld kérgének többségét alkotó nátron-földpát ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), káli-földpát (KAlSi_3O_8), kalcium-földpát ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) levegő nedvességtartalmának és szén-dioxidjának hatására elbomló végeredménye, humusz nélkül

kovaföld, infuzóriaföld – 90% fölötti szilícium-oxid-tartalmú, fehér vagy sárgás ásványi anyag, kovasavas héjú algák (Infusoria, Diatomacea) maradványa

timföld – alumínium(III)-oxid, az alumíniumgyártás köztes terméke, amit a bauxit kilúgozásával állítanak elő

– **puccolán**: kovaföld, agyagföld, vas-oxid, titán-oxid 45, 15, 12-12%

A 18. és a 19. sz.-ban Magyarországon megkülönböztették a

- bazalt
- láva
- agyagos

puccolánokat, de hazánkban általában vulkáni tufából őrölt változatát használták.

A puccolános habarcs járatos összetétele a 18-19. sz.-ban:

- 4 rész puccolán, 3 rész mész, 2 rész homok, 2 rész téglatörmelék,
- 2 rész puccolán, 1 rész mész és 1 rész homok...

Puccolános habarcs és puccoláncement!

- **trassz**: kovaföld, agyagföld, vas-oxid, titán-oxid 50-52, 15-17, 10-10 %

Tipikus 19. sz.-i trasszos habarcs:

- 2 rész mész, 1 rész trassz és 1 rész téglapor,
- 2,1/2 rész mész, 1/2 rész trassz és 1 rész homok.

Trasszos habarcs és trasszcement!

A 20. század közepére a vasbeton-építési szabályzat megengedte, hogy a vasbeton készítéséhez ajánlott 270 kg/m^3 „tisztá” portlandcementet 200 kg/m^3 portlandcementtel és 70 kg/m^3 trasszal váltsák ki.

A trasszt a cement szabad mész-tartalmának lekötésére is használták; alkalmazása csökkenthette a kivirágzási hajlamot.

– **szantorin-föld:** 67,35 % kovaföld, 13,15 % anyag, 4,32 % kálium, 4,02 % nátrium, 3,19 % mész, 4,91 % vas-oxid, 1,53 % mangán-oxid, 1,43 % víz

szigetelő habarcs:

- 11 rész szantorin-föld, 4 rész oltott mész, 1 rész homok,
- 8-10 rész szantorin-föld, 4 rész oltott mész, 2-3 rész homok

Cement:

Vitruvius után „vágott” terméskő. Az ilyen kőből készült fal caementa vagy „caementicae structural”, a „caementum pedig a megmunkált építőkö. Lorient 1744-ben az idősebb Plinius „caemente” szavát „ciment”-ként fordította le, végül Parker nyomán bukkant fel a hidraulikus kötőanyagok összefoglaló nevéként.

– **John Smeaton** (1724–1792)

Vízi építkezésekhez csak olyan mész alkalmas, amely savakban oldva agyagos üledéket ad.

– **James Parker**, Parker-cement, puccolán-utánzat, római (roman) cement), 1796

– **Joseph Aspdin** (1778–1855), portland-cement, 1824

Cementek, cement-szerű anyagok 1.

A **hidraulikus mész** agyagtartalmú mészkövek vagy márgák égetéséből keletkezett termék, amely vízzel nedvesítve térfogat-növekedés nélkül, kevés hőfejlődéssel oltódik.

A hidraulikus mész a 19. századi-20. század eleji kereskedelmi forgalomban csekély (kb. 700 g/l) térfogatsúlyú meszet jelentett, 50% fölötti kalciumoxid-tartalommal. E mész gyorsan köt és kötés közben jelentősen emelkedik a hőmérséklete.

Ma hidraulikus mésznek nevezzük a 10-25% agyag-tartalmú mészkő égetésével előállított, vízben oldódó, lassú oldódású anyagot.

Cementek, cement-szerű anyagok 2.

A **románcment** a Parker eljárása szerinti cement. Nyersanyaga agyagtartalmú márga, amelynek égetése a közönséges mészéhez hasonló, folytonos üzemű aknakemencében vagy körkemencében. Az égetés a zsugorodási hőfokon alul, kb. 1000-1100 C°-on történik. A kiégetett termék vízzel nem oltódik, és nem porlik, mint a közönséges mész, hanem mechanikai úton kell lisztté őrölni.

A románcement darabosabb és kisebb – általában 45% körüli – kalciumoxid-tartalma, ámde jelentős kovasav tartalma miatt általában nagyobb térfogatsúlyú (kb. 900 g/l), mint a hidraulikus mész.

A **románcement** kötése közben pedig kevés hő szabadul fel.

Színe többé-kevésbé barnás-sárga.

Kötési viszonylag gyors.

Mai fogalmaink szerint románcement 40-60% CaCO_3 tartalmú természetes mészmárgából fritteléssel előállított kötőanyag, amely örletlenül nem, őrölve gyorsan köt.

Cementek, cement-szerű anyagok 3.

A **portlandcement** lisztté őrölt, 75-78% CaCO_3 tartalmú, mész és agyag(tartalmú) anyagok, elsősorban márga keverékének – kb. 1400-1450 $^{\circ}\text{C}$ hőfokon – zsugorodásig való égetésével keletkezik; a kiégetett klinkert finom lisztté őrlik.

Az égetésre eleinte aknakemence, a 19. század közepétől már inkább körkemence szolgált, amelyet az 1890-es évektől szorított ki a hossz tengelye körül forgó, ferde körkemence. A nyersanyag összetételének, a keverék izzításának és az égetés körülményeinek függvényében alakulnak ki benne különféle cementásványok.

A portlandcement lassan köt.

Kötése közben a fejlődő hő nagy részét a vízben való oldás elvonja.

Cementek, cement-szerű anyagok 4.

Egyéb ismertebb cementfajták:

- **Perian-cement**, amely a bóraxszal és borkővel kezelt románcement,
- **Keene-féle cement**, amely gipsszel és kálitimsóval kezelt cement románcement, Richard Wynn Keene 1838-as szabadalma óta
- **Fahnehjelm-, vagy porceláncement**, Otto Fahnehjelm (1846–1911), kaolin, kréta és földpát alapanyagú cementje,
- **svájci cement**: vaskohósalak és mészkőliszt adalékanyagos portlandcemen.

Fogalmak:

bórax= nátrium-tetraborát ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_5/\text{OH}/_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)

borkő = Kálium-hidrotartrát, ($\text{KH}(\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6)$)

kálitimsó = kálium-alumínium-szulfát ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$)

földpát – tagjai a földkéreg közeteinek kb. 60 %-át alkotó tekto- vagy állványszilikátok alosztályába tartozó ásványcsoport ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ – KAlSi_3O_8 - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$)

Cementek, cement-szerű anyagok 5.

Dolomitcement

A dolomit ($\text{MgCa/Co}_3/2$) tiszta fehér vagy egészen világosszürke ásvány, vízben oldhatatlan.

Dolomitnak nevezzük a természetben előforduló olyan mészkövet, amely szénsavas mészből (CaCO_3) és magnéziumoxidból, régiesebb nevén égetett magnéziából áll, vagyis a tipikus dolomitban minden molekula szénsavas mészre egy molekula szénsavas magnéziumoxid (MgCO_3) jut. A még nagyobb magnéziumoxid-tartalmú kőzeteket magnezit névvel illetjük.

A dolomitos mészkőben kovasav, vas-oxid és agyag mellett foszforsav, kálium, nátrium fordul elő. Ha az első három alkotórész aránya 15-30% körüli, a kőzetet dolomitikus márgának mondjuk.

Henri Sainte-Claire Deville (1818–1881) bizonyította be 1866-ban, hogy a magnézium-oxid vízzel összekeverve márvány keménységű lesz, hidraulikus tulajdonságai pedig akkor a legjobbak, ha vörösizzásig hevítik.

Hans Hauenschild (1842–1901) – 1870 körül dolomitikus márgából gyártott cementet.

Anton Tarnawski 1887-ben Ausztriában Albolith-cementmész néven szabadalmaztatott égetett-őrölt, magnézium-alapú kötőanyagok – Albolith-cement.

Stanislas Sorel (1803 – 1871): az albolith-cementmészből készült vakolat szilárdsága 5-10%-os ammóniák vagy magnézium-klorid ($MgCl_2$) 3-5%-os oldatával fokozható.

Cementek, cement-szerű anyagok 6.

Aluminát cement – Jules Bled 1908 szabadalma alapján – 1908

Szabvány-értékek:

	Húzószilárdság g/cm ²	Nyomószilárdság g/cm ²
1 nap múlva	35	740
2 nap múlva	38	820
7 nap múlva	39	880
28 nap múlva	40	970

Míg a portlandcement kalciumoxid-tartalma 59-67% és benne csupán 5-9% alumínium-oxid található, a bauxitcementben ezek az arányok 37-43%, illetve 40-45%.

Aluminát-cement problémái

Előnyök: ár, gyors szilárdulás, kötés közbeni hőfejlődés, káros vegyi hatások hiánya

Hátrányok: bizonytalanság, szilárdságcsökkenés, óvatos kezelés

Okok:

- külső ok
 - vízcementtényező
 - hőmérséklet
- belső ok
 - kristályszerkezet változása

Beépítési korlátok

- portlandcementbetonnál 43%-al nagyobb kockaszilárdság
- Bauxitcement csak 8%-nál kisebb vízfeltevőképességű elemeknél használható
- Hidraulikus pótlékokhoz bauxitcement nem adagolható

1945-ben betiltották! – Későbbi kutatás... eredmények...

Cementek, cement-szerű anyagok 7.

Szigmacement – Gottlieb István, 1940 körül

A portlandcement durvább őrlésű – vagyis nagyobb szemnagyságú – frakciója nem vagy csak későn és csekély mértékben vesz részt a belőle készített beton kötési folyamatában.

Ha a 60 μm -nél nagyobb frakciót – olcsó – mészkőporral helyettesítjük, a cement 28 napos szilárdsága nem csökken.

Nem vált be.

Népstadion.

Osztályozás a török kor után:

- **közönséges**, vakoló, vagy szürke mész, (Mörtelkalk, Mauerkalk),
- mészföldből való közönséges vagy **földi mész** (Mergelkalk, Erdkalk),
- bőrcserzésre használt **tiszta égetett mész** (Bitterkalk, Lederkalk),
- nagy tisztaságú **bécsi**, vagy fehér **mész**, (Weaner Kalk, Bitterkalk),
- **gipszes vakolóanyag** (Gypskalk),
- tengeri állatok mészvázából, álló **fehér mész** (Muschelkalk),
- tojáshéjből készített **meszelőmész**.

Kötőanyagok osztályozása 1870 körül, **Benkó Károly** (1837 – 1893) után:

– **fehér mész** a mészkövek égetéséből keletkező anyag, amely kevés vízzel nagy hőfejlődéssel tömegében finom porrá; több vízzel péppé oltódik,

– **hidraulikus mész** agyagtartalmú mészkövek vagy márgák égetésével keletkezett termék, amely vízzel nedvesítve térfogat-növekedés nélkül, kevés hőfejlődéssel egészben vagy részben porrá oltódik,

– **román cement** gazdag agyagtartalmú mészmárgák összetöporodás kezdődésén égetésekor keletkezik,

Kötőanyagok osztályozása, folytatás...

- **portlandcement** természetes mészmárgának vagy anyag- és mésztartalmú anyagok mesterséges keverékének összetöpörödésig való égetésekor jön létre,
- **hidraulikus pótlék** azon természetes vagy mesterséges anyag, amely magában nem, csak fehérmészhabarcsban kötőképes, de akkor víz alatt is,
- **puccoláncement** poralakú mészhidrát lisztfinomságúra őrölt hidraulikus pótlékkal összekeverve,
- **kevert cement** kész cement és cementpótlék (?) keveréke.