

SZILIKÁTTUDOMÁNY

A szemcseméret-eloszlás jelentősége pernyeadalékos cementek előállításánál*

Opoczky Ludmilla – Gábel Viktória
CEMKUT Kft.

Bevezetés

A cementiparban évtizedek óta használják cementkiegészítő anyagként a széntüzelésű erőműveknél melléktermékként keletkező, ill. leválasztott pernyét.

A pernyeadalékos kompozitcementek előállításával összefüggésben az utóbbi időben számos őrléstechnikai és szemcseméret-analitikai kérdés vetődött fel, melyek közül legfontosabbak a pernye finomságának – fajlagos felület, szemcseméret-eloszlás – szerepe a cement minőségének alakulásában, valamint a finomság jellemzésére, ill. vizsgálatára alkalmazott módszerek felülvizsgálata és fejlesztése.

Előadásunkban az e téren végzett kutatások fontosabb eredményeit kívánjuk bemutatni.

Vizsgálati anyagok és módszerek

Kísérleti anyagaink különböző típusú hazai üzemi cementek, valamint az oroszlanói és a vértesi erőművekből származó pernyeminták voltak. A kísérleti anyagok minőségét (szilárdság, vízigény, puccolános aktivitás stb.) a vonatkozó szabványok szerint vizsgáltuk.

Az őrlémények szemcseösszetételét CILAS 715 típusú lézergrenulométerrel határoztuk meg. A szemcseméret-eloszlás leírására a Rosin-Rammler-Sperling-Bennett (RRSB) egyenletet, ill. annak két paraméterét, a finomsági mérőszámot (\bar{x}) és az egyenletességi tényezőt (n) használtuk. Az n egyenletességi tényező a szemcseméret-eloszlás szórásának, „szélességének” mérőszáma, minél kisebb az n , annál „szélesebb”, szórtaabb a szemcseméret-eloszlás; az \bar{x} finomsági mérőszám az őrlémény finomságának mérőszáma, minél kisebb az \bar{x} annál finomabb az őrlémény.

A felhasznált anyagok, ill. őrlémények finomságát, ill. diszperzítási fokát a cementiparban jelenleg általánosan

használt permeabilitásmérésen alapuló Blaine-féle készülékkel meghatározott fajlagos felülettel – továbbiakban „Blaine-felület” –, valamint a szemcseméret-eloszlás adataiból hatványfüggvényes közelítéssel számított – továbbiakban „számított felület” – jellemeztük. E számítás lényege, hogy az egyes szemcséket gömbnek tételezzük fel, ami hasonlóságot mutat a lézeres szemcsenagyságelemzéssel, ahol a készülék a szemcsék méretét az egyenértékű gömbök átmérőjének értékével adja meg. Így a különböző, folytonos változó méretű gömbökből álló halmazok esetére a fajlagos felület a következő módon írható fel:

$$S_{mg} = \frac{6}{\rho_s} \cdot \int_{x_{min}}^{x_{max}} \frac{1}{x} \cdot f(x) dx \quad (1)$$

ahol:

- x szemcseméret, vagyis az egyenértékű gömb átmérője;
- $f(x)$ az eloszlást leíró függvény.

Mivel egyetlen függvény az eloszlást csak ritkán írja le pontosan, ezért azt szakaszonként vagy azonos típusú és különböző paraméterű, vagy különböző típusú függvényekkel közelítjük, és a szakaszonként számított határozott integrálokat összegezzük.

Mivel a legkisebb szemcséknek döntő hatása van a fajlagos felület alakulásában, és az egyes szemcseosztályok általában nem elegendően szűkek a szemcsék méretéhez viszonyítva, pontosabb eredményt kapunk, ha az eloszlásfüggvényt hatványfüggvénnyel közelítjük.

Ekkor a szemcseosztályonkénti fajlagos felület a következő képlettel számítható:

$$\Delta S_{mgi} = \frac{m_i}{m_i - 1} \cdot \left(\frac{F_i}{x_i} - \frac{F_{i-1}}{x_{i-1}} \right) \quad (2)$$

ahol m_i a hatványfüggvény kitevője az adott szemcseosztály esetében.

* 2004. szeptember 5-7. között Balatonfüreden rendezett 9th PORANAL Int. Symp. on Particle Size Analysis, Environmental Protection and Powder Technology konferencián elhangzott előadás nyomán.

Vizsgálati eredmények

A cementkiegészítő anyagként felhasznált erőműi pernye diszperzitásfoka, ill. finomsága nagymértékben befolyásolja a pernye, ill. a pernyeadalékos kompozitcementek minőségét [1, 2].

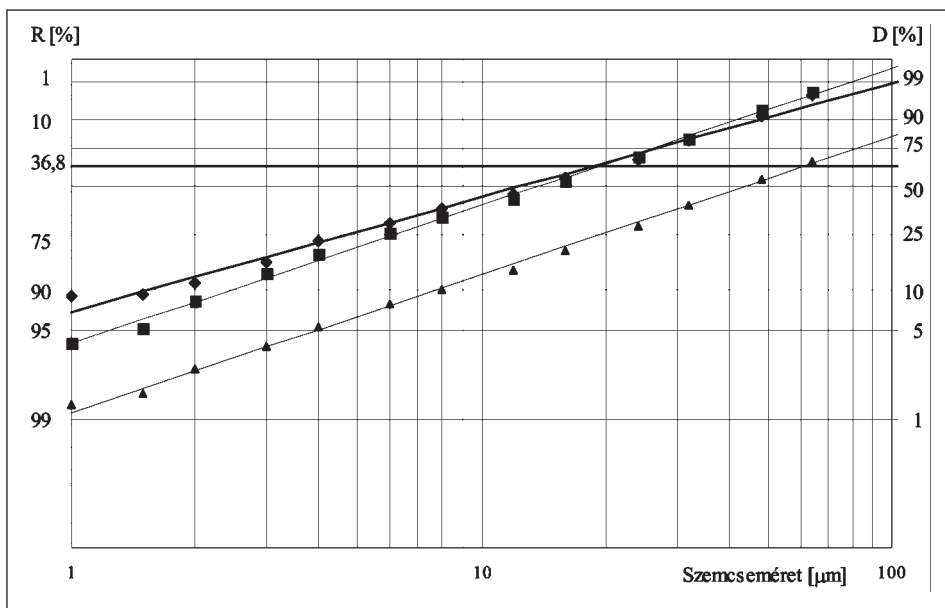
A cementiparban a pernye finomságát a „Blaine-felülettel” jellemzik, ill. ezen érték alapján minősítik. Vizsgálataink szerint a „Blaine-felület” értéke alapján történő értékelés nem ad megfelelő információt a pernye tényleges szemcseösszetételéről, ill. finomságáról [3, 4].

Ezt illusztrálja az 1. ábra, melyen megközelítőleg azonos „Blaine-felületű” klinkerőrlemény és pernye szemcse-eloszlása látható, az európai és a hazai gyakor-

latban is elfogadott RRSB-egyenletnek megfelelő (DIN 66145) koordináta-rendszerben ábrázolva.

Megállapítható, hogy megközelítőleg azonos – 3500 cm²/g – „Blaine-felületű” pernye szemcse-eloszlása finomsági mérőszáma alapján (\bar{x} = 60 μm) sokkal „durvább”, mint az azonos „Blaine-felületű” klinkerőrleményé (\bar{x} = 18 μm). Ahhoz, hogy a pernye szemcse-eloszlása megközelítse a klinkerőrleményét, azt ~ 6000 cm²/g „Blaine-felületre” kellett megörölni.

Hasonló következtetésre jutottunk a pernye és a cement(ek) esetében a szemcse-eloszlás mért adataiból hatványfüggvényes közelítéssel „számított felület” és „Blaine-felület” értékek összehasonlítása során is (1. táblázat).



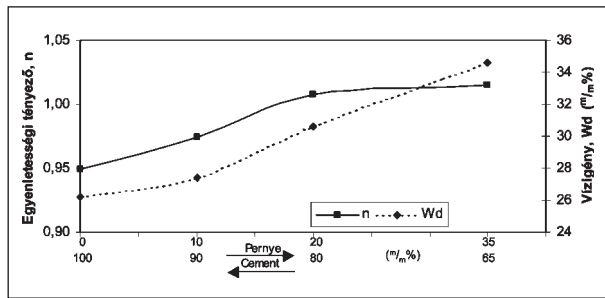
Vizsgált anyag megnevezése	„Blaine-felület” (cm ² /g)	RRSB-egyenlet paraméterei		Frakció-összetétel (%)		
		n egyenletességi tényező	\bar{x} (μm) finomsági mérőszám	0–3 (μm)	3–32 (μm)	32–192 (μm)
Klinkerőrlemény	~ 3500	0,9013	~ 18	15,90	64,00	20,10
Pernye /eredeti	~ 3500	1,0870	~ 60	3,70	34,70	61,60
Pernye /őrölt	~ 6000	1,0835	~ 19	13,20	67,70	19,10

1. ábra. Szemcse-eloszlás és „Blaine-felület”

1. táblázat

A pernye, ill. pernyetartalmú cementek finomsági jellemzői

Vizsgált anyag megnevezése	Pernyetartalom (m/m%)	RRSB-egyenlet paraméterei		„Blaine-felület” (cm ² /g)	„Számított felület” (cm ² /g)
		\bar{x} finomsági mérőszám (μm)	n egyenletességi tényező		
Eredeti pernye	100	95	1,0237	3460	1940
Őrölt pernye	100	48	1,0342	3840	3230
CEM I 42,5N	0	19	0,9953	3570	3620
CEM II/A-V 42,5N	20	21	0,9555	3750	3640
CEM II/A-V 32,5R	20	25	0,9575	3590	3420
CEM II/B-V 32,5N	35	24	1,0249	3340	3190



2. ábra. A cement egyenletességi tényezőjének (n) és vizigényének (Wd) változása a pernyetartalom függvényében

Míg a pernyementes cement(ek) esetében a szemcseméret-eloszlás mért adataiból függvényközelítéssel „számított felület” érték(ek) nem tér(nek) el lényegesen a permeabilitás méréssel meghatározott „Blaine-felülettől”, addig a pernye, ill. pernyetartalmú cementek esetében a „mért” és a „számított” felületek között lényeges a különbség.

A cement és a pernye „Blaine-felület” értékei közötti különbségek egyrészt azzal vannak összefüggésben, hogy a pernyék és a cementek szemcseméret-eloszlása lényegesen eltér egymástól, másrészt pedig azzal, hogy a pernyék a viszonylag durva részecskék mellett mindig tartalmaznak igen kis méretű „elemi szén” részecskéket is, melyek jelenléte jelentősen növeli a „Blaine-felület” értéket.

A pernye szemcseméret-eloszlása fontos szerepet játszik a pernyetartalmú kompozitcementek minőségének alakulásában.

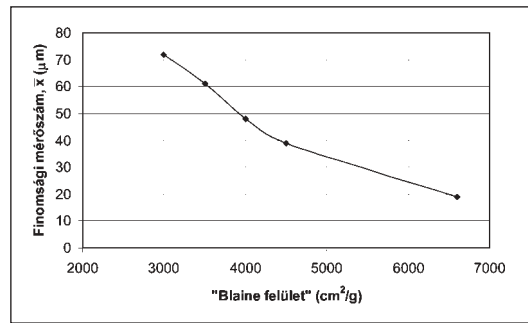
Kutatásaink szerint meghatározott összefüggés van a kompozitcementek szemcseméret-eloszlása (egyenletességi tényező – n) és vizigénye között. A nagyobb egyenletességi tényezőjű (n), azaz „szűkebb” szemcseméret-eloszlású cementek általában nagyobb vizigényűek. Ugyanis egy örleményben a szilárd térfogati hányad annál kisebb, ill. a vízzel kitöltendő pórusok, hézagok térfogata annál nagyobb, minél „szűkebb” a szemcseméret-eloszlás [2].

Mivel a pernyék „szűkebb” szemcseméret-eloszlással rendelkeznek, mint a cementek, a cementhez történő adagoláskor növelik a cement egyenletességi tényezőjét (n), és ezzel egyidejűleg növelik a cement vizigényét (2. ábra), ami kedvezőtlenül befolyásolja a cement, ill. a belőle készült habarcsok, betonok szilárdságát, bedolgozhatóságát és más alkalmazástechnikai tulajdonságait is.

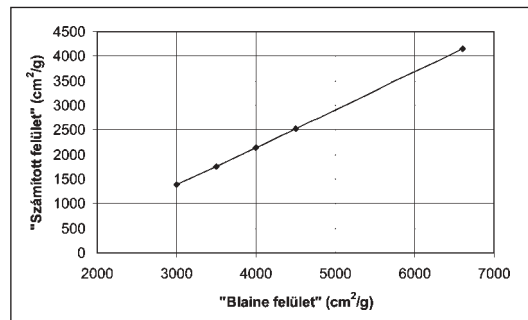
Megfelelő finomírással a pernye szemcseméret-eloszlását kedvező irányba lehet befolyásolni.

A 3a, 3b ábrákon a pernye finomsági mérőszáma (\bar{x}), „számított felülete” és „Blaine-felülete” közötti összefüggések láthatók.

Az ábrákból leolvasható, hogy milyen „Blaine-felületre” kell megőrlöni a pernyét ahhoz, hogy annak finomsága, ill. szemcseméret-eloszlása (\bar{x} – finomsági mérőszám, „számított felület”) megközelítse a pernyementes cement finomsági jellemzőit. Így például ahhoz, hogy a pernye



3a ábra. Az örölt pernye \bar{x} finomsági mérőszáma és „Blaine-felülete” közötti összefüggés



3b ábra. Az örölt pernye „számított felülete” és „Blaine-felülete” közötti összefüggés

finomsági mérőszáma (\bar{x}) ~ 25 mm legyen, a pernyét legalább 5500 cm²/g „Blaine-felületre” kell megőrlöni.

Ezen megállapításunknak fontos gyakorlati jelentősége van. Egyrészt azért, mert a cementipari gyakorlatban az üzemi őrlőberendezések irányítása a „Blaine-felület” értéke alapján történik. Másrészt, a pernye megfelelő finomságának, ill. szemcseméret-eloszlásának beállításával a pernye adagolásával készült cementek, termékek tulajdonságait kedvező irányba lehet befolyásolni.

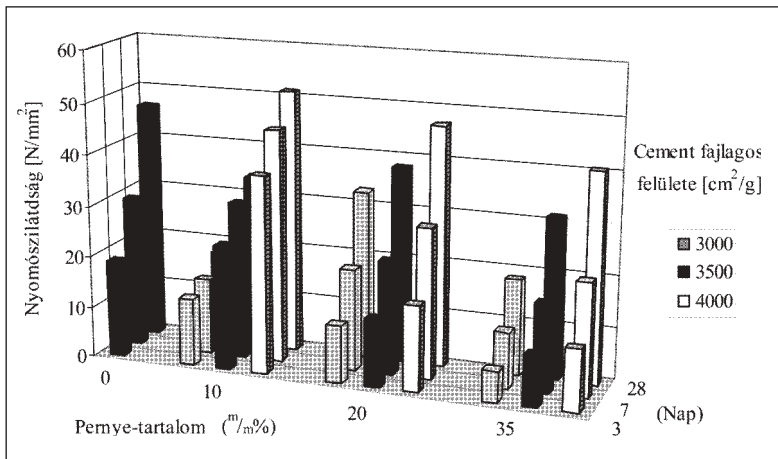
Erre vonatkozóan néhány konkrét példát kívánunk bemutatni:

- Csökkenthető a pernyének a cement szilárdságára – különösképpen kezdeti szilárdságára – gyakorolt kedvezőtlen hatása (4. ábra).
- Csökkenthető a pernyének a cement vízmegtartó-képességére gyakorolt kedvezőtlen hatása (5. ábra).
- Csökkenthető a cementek szulfátduzzadása, ill. fokozott szulfátállóságú cementek állíthatók elő (6. ábra).

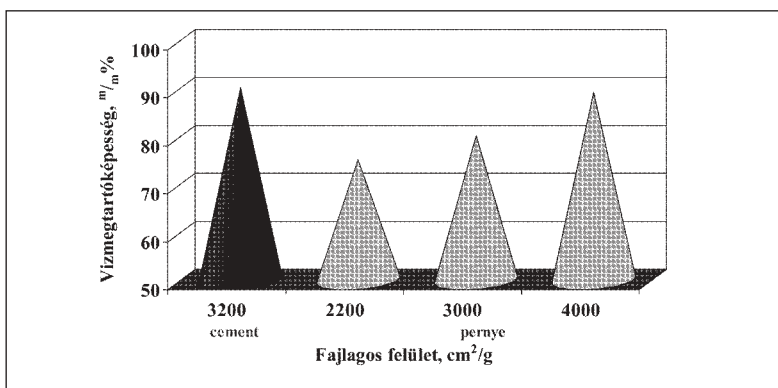
Fontosabb következtetések

A cementkiegészítő anyagként felhasznált erőműi pernye finomsága nagymértékben befolyásolja a pernyeadalékos kompozitcementek minőségét. A cementiparban a pernye finomságát a permeabilitásméréseken alapuló „Blaine-felülettel” jellemzik.

Vizsgálataink szerint a „Blaine-felület” nem ad megfelelő információt a pernye tényleges szemcseösszetételéről.



4. ábra. A cement nyomószilárdságának változása a pernyetartalom és a cementfinomság függvényében (együttörlés)



5. ábra. 20 m/m% különböző finomságú pernyét tartalmazó cementek vízmegtartó képessége

Ugyanis a megközelítőleg azonos „Blaine-felületű” pernyék „durvább” és „szűkebb” szemcseméret-eloszlással (\bar{x} – finomsági mérőszám, n – egyenletességi tényező) rendelkeznek, mint az azonos „Blaine-felületű” kiegészítőanyag-mentes cementek. Hasonló megállapításhoz jutottunk a pernyék és cementek „Blaine-felület” és „számított felület” értékeinek összehasonlítása alapján is.

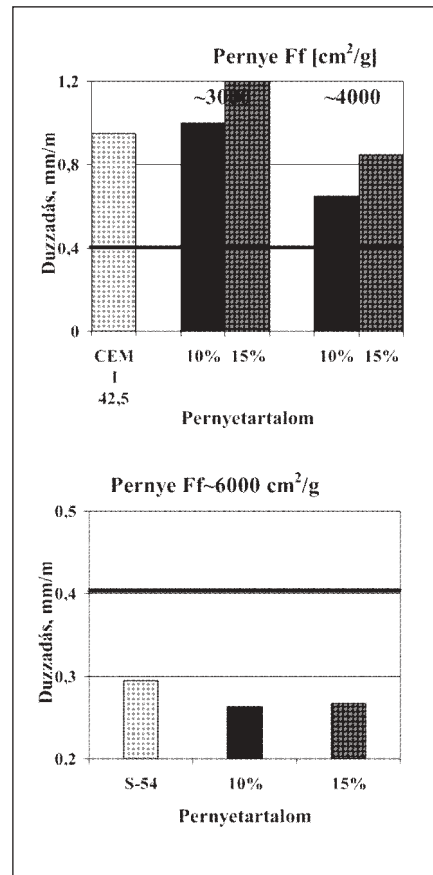
A pernye szemcseméret-eloszlása, „számított felülete” és „Blaine-felülete” közötti összefüggések ismeretében megállapítható, hogy milyen „Blaine-felületre” kell a pernyét megörölni ahhoz, hogy annak finomsága, ill. szemcseméret-eloszlása megközelítse a cement finomsági jellemzőit.

A pernye szemcseméret-eloszlásának megfelelő beállításával a pernyeadalékos kompozitcementek tulajdon-

sági (vízigény, vízmegtartó képesség, szilárdság, szulfátállóság stb.) kedvező irányba befolyásolhatók.

Irodalom

- [1] *Opoczky, L.*: Grinding technical questions of producing composite cement. International Journal of Mineral Processing 44-45 (1996) pp. 395-404.
- [2] *Opoczky, L. – Tamás, F.*: Multicomponent Composite Cements. Advances in Cement Technology: Chemistry, Manufacture and Testing. Tech. Books New Delhi, India (2002) pp. 559-594.
- [3] *Opoczky, L.*: Silicate-Chemical Properties of Fly-Ashes. Oilfield Chemistry, Vol 3. Akadémiai Kiadó, Budapest (2001) pp. 255-262.
- [4] *Gábel, V.*: Description of grinding fineness of fly-ash and cements with fly-ash. (in Hungarian) XX. Cementipari Konferencia, Hortobágy-Máta, 2003. október 13-15.



6. ábra. Különböző finomságú pernyék hatása a cementek szulfátduzzadására 28 napos korban

*Kellemes karácsonyi ünnepeket
és sikerekben gazdag új évet kívánunk!*

SZILIKÁTTECHNIKA

Bányaföldtani tapasztalatok a diszeli bazaltbányában

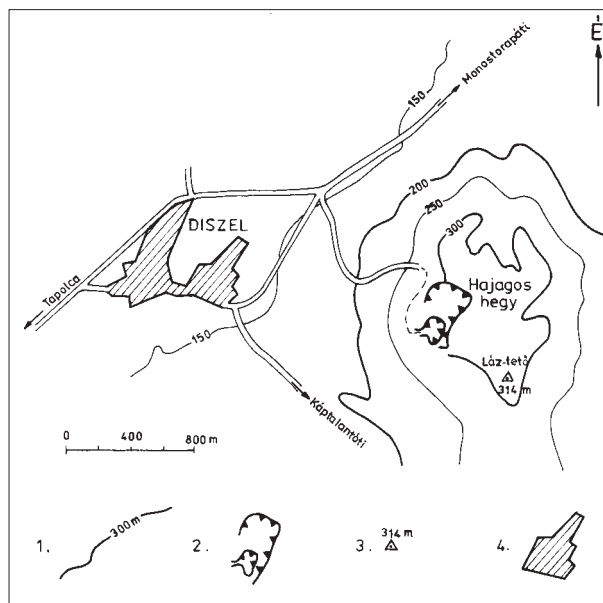
Klespitz János



1. ábra. A Hajagos-hegyi bazaltbánya északkeleti irányból

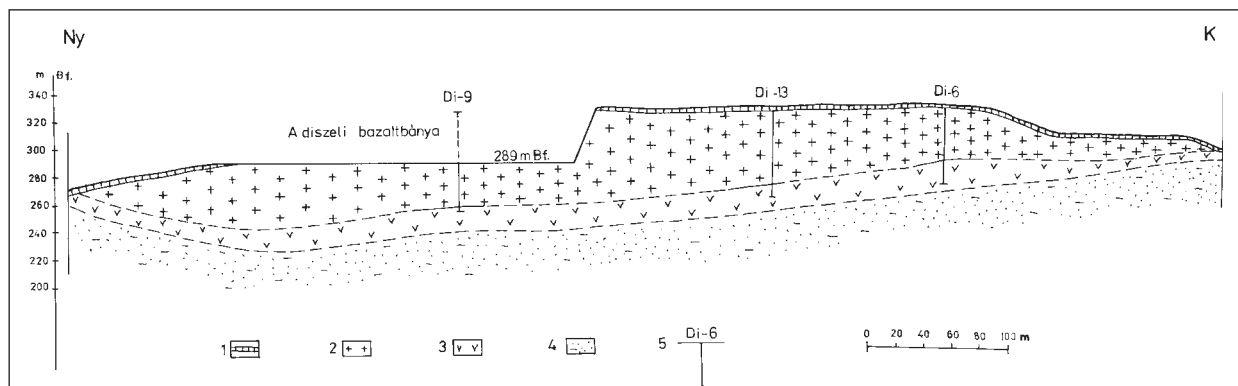
A diszeli bazaltbányával kapcsolatos bányaföldtani ismereteim a kőbányaiparban végzett több évtizedes szakmai tevékenységem folyamán összegyűlt megfigyeléseken alapulnak.

A diszeli bazaltbánya a Balaton-felvidéken, a Tapolcai-medence keleti szélén, a Hajagos-hegy nyugati oldalán található (1. ábra). Az észak-déli gerincirányú platós vulkáni tanúhegy mintegy 170 méterrel emelkedik ki környezetéből. A legmagasabb pontja a hegy déli részén levő Láz-tető 314 m tengerszint feletti magassággal (2. ábra). A tanúhegy környező területhez viszonyított magasabb felszíni helyzetét az egykor feltört lávából képződött keményebb, az erózióknak jobban ellenálló bazaltnak köszönheti. Ugyanis a hegy „sapkáját” képező bazalt megvédte az alatta levő puhább földtani



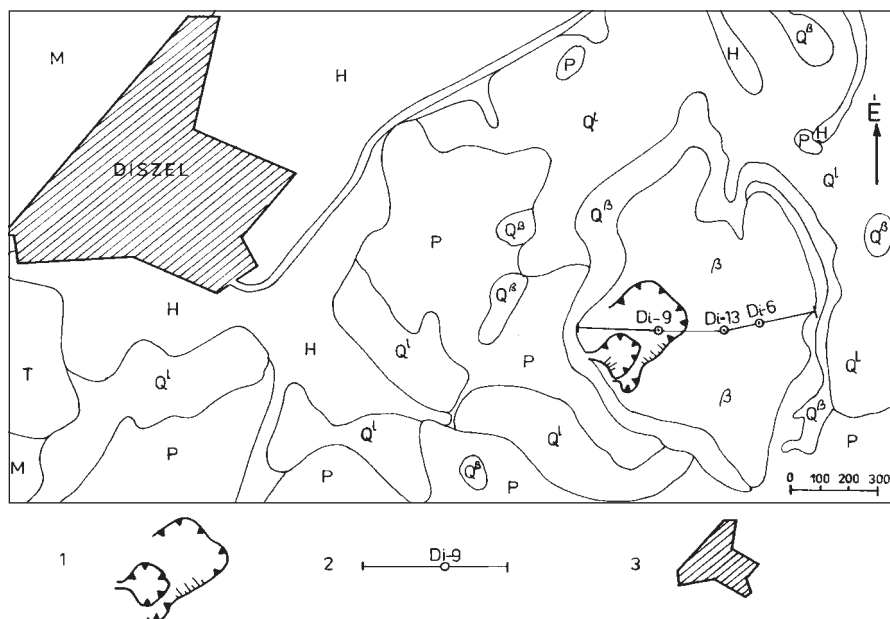
2. ábra. A diszeli bazaltbánya és környéke, vázlatos helyszínrajz
1 – szintvonal (m. Bf), 2 – a diszeli bazaltbánya, 3 – magassági pont (m. Bf), 4 – település

képződményeket a lepusztulástól. Ezáltal az erózió a környező terület puhább kőzeteit gyorsabban tudta, illetve tudja lekoptatni, így a bazaltplatós tanúhegy jobb ellenálló képessége eredményeként idővel relatíve fokozatosan kiemelkedik környezetéből. Ez a folyamat addig tart, amíg a bazaltplató is előbb-utóbb az erózió martalékává nem válik.



3. ábra. Diszel, Hajagos-hegy kelet-nyugati irányú földtani szelvénye

1 – bazalttörmelékes holocén termőtalaj, 2 – felső-pliocén bazaltösszet (Tapolcai Bazalt Formáció), 3 – felső-pliocén bazalttufa és tufit, 4 – felső-pliocén homok, agyagos homok, 5 – kutatófúrás



4. ábra. Diszel, Hajagos-hegyi bazaltbánya környékének földtani térképe (Jugovics Lajos felvételének felhasználásával)

1 – a diszeli bazaltbánya, 2 – a földtani szelvény nyomvonala, 3 – a település, 4 – holocén öntéshomok, Q^l – pleisztocén lösz, Q – pleisztocén bazaltomlás és lejtőtörmelék, β – felső-pliocén szürke bazalt (Tapolcai Bazalt Formáció), P – felső-pliocén durva homok és kavics, M – felső-miocén kavicsos mészkő, T – felső-triász raibli márga

A bazaltplató peremének kontúrja nem egyenletes. Főleg az északi és keleti oldalon bevágódott eróziós völgyek jelzik a Hajagos-hegyi bazaltplató inhomogenitását.

A Hajagos-hegy földtani felépítésében a bazaltplatót képező felső-pliocén bazalt (Tapolcai Bazalt Formáció) dominál (3. ábra). A hegy felső részét képező több tíz méter vastag bazaltplató határozza meg a Hajagos-hegy földrajzi megjelenését, morfológiájának karakterét. A bazalt alatt felső-pannóniai bazalttufa és tufit, lejjebb felső-pannóniai agyagos homok és homok települ.

A bazaltplató peremén a lepusztulás eredményeként bazaltomlás és lejtőtörmelék halmozódott fel.

A hegytől távolodva már alacsonyabb, lankásabb felszínen felső-pliocén durva homok és kavics, pleisztocén lösz és holocén öntéshomok mutatkozik a felszínen (4. ábra).

A Diszel, Hajagos-hegy földtani felépítését első megközelítésben a Magyar Állami Földtani Intézet és Jugovics Lajos földtani felvételei alapján ismerjük. Tovább növelték a megismerést az építőanyag-ipari bazaltkutatók, majd a bányanyitást követően a bányafalak által már lehetővé vált a bazalt anyagi változatosságának, megjelenési módjának és mindezek alapján a vulkánosság genetikájának részletes tanulmányozása. Az építőanyag-ipari bazaltkutatók előzetes fázisa (8 fúrás, 469 folyóméter) 1962–63-ban, a részletes (5 fúrás, 273 folyóméter) 1972–73-ban volt. A vizsgálatok alapján a bazaltplató vastagsága a hegy északnyugati részén kedvezőbb. A bazalt maximális vertikális kiterjedése 79 m. A bazaltplató horizontális kiterjedése 0,64 km². A legrészletesebb megismerést lehetővé tevő bányászati feltárások (bányafa-

lak) eredményeként a bányauzemben mintegy 1300 m hosszúságban és 43–55 m vastagságban tanulmányozható a Hajagos-hegyi bazalt kőzetanyaga, megjelenési módja és közetfizikai paraméterei.

A bányaművelés előrehaladtával ismereteink a hegy földtani felépítéséről egyre finomodnak, egyre részletesebbé válnak. A hegy földtani felépítését csak akkor ismerjük meg teljes egészében, amikor befejeződik a haszonkő – esetünkben a bazalt – kitermelése. Megismerhetjük, de csak akkor, ha bányaművelés közben folyamatosan – robbantási szeletenként – figyelemmel kísérjük, és szakmailag értékeljük a feltároló földtani információkat.

Bányaföldtani észrevételek a kutatások és az üzemi feltárások alapján

A Hajagos-hegy bazaltplatója alatti feküdképződményeket a kutató magfúrások tárják fel.

A produktív bazalt feküjét bazalttufa és tufit képezi. Csak elvétve tapasztalható, hogy a bazaltláva közvetlenül a felső-pannóniai agyagos homokra, illetve homokos agyagra ömlött. A bazalttufa, illetve a tufit vastagsága változó. Van ahol 22 m-nél is vastagabb, máshol 4–8 m után a fúrások már átharántolták, és beleérték felső-pannóniai agyagos, homokos üledékbe.

A bazalt feküszintje nyugatról keleti irányba emelkedő tendenciát mutat. A nyugati oldalon a legmélyebb szint 244 m, a keleti oldalon a legmagasabb ponton 299 m a tengerszint felett. A diszeli bazaltbánya a Hajagos-hegyi



5. ábra. Agyagos bazalttörmelék az alsó szint északkeleti bányafala előtt



6. ábra. Agyagos bazalt. Jól látható a vízben lerakódott agyag rétegzettsége

bazaltplatót nyugati irányból 2 szinttel, mintegy 50 m vastagságban tárja fel. A bányaművelés a feküdképződményeket nem érte el.

A bazaltösszlet alsó 15-16 métere (az alsó szinttel feltárt) változatos, főleg törmelékes, agyagos, máshol oszlopos és kismértékben réteges, szabálytalan elválású. A bazaltösszlet felső része (a felső szinttel feltárt) is igen változatos. Itt a haszonkővet különböző anyagú, megjelenésű és minőségű vulkanitok képezik, helyenként jelentős tömegű belső meddővel.

Az alsó szinten törmelékes-agyagos bazaltösszlet dominál, mélyen áttörve több helyen parazita vulkáni kürtők figyelhetők meg. A törmelékes-agyagos bazalt sárgásbarna agyagba ágyazódott, változó szemcse nagyságú, szegletes (élei nem koptatottak) bazalttörmelék (5. ábra). A beágyazódott bazalt helyenként a tömbméretet is eléri. A beágyazó agyag néhol mutatkozó rétegzettsége (6. ábra) a vízben történt lerakódást és a bazaltösszlet áthalmozódását egyértelműen jelzi. Az agyagos bazalt a vulkáni működéssel együtt járó lokális és időnként markáns mozgások eredményeként változó mértékben kimosult eredeti települési helyzetéből (6. ábra).

A parazita vulkáni kürtők az alsó szint északnyugati és északkeleti falán mutatkoznak. A feltárukt kürtők a bányafal síkjában több metszetben is tanulmányozhatók. Van, ahol csak a kürtő széle látható, de van olyan is, ahol a kürtő keresztmetszetében a földtani felépítés jól vizsgálható (7. ábra). A bányafalakkal feltárt parazita-kürtők falsíki metszeteinek horizontális kiterjedése az északnyugati falon 10-12 m, az északkeleti falon a 25-30 m-t is eléri.

Az északnyugati bányafalon látható, agyagos bazaltban áttört bazaltláva parazita vulkáni kürtője mintegy 10 m átmérőjű (8. ábra). A kürtő szélein, a kontakt zónában átlagosan 1 m szélességben szabálytalan elválású a bazalt. Mellette a kürtő belseje felé réteges-cserepes az elválás. Az elválási síkok a kürtő kontakt felületével párhuzamos orientációjúak, a kihülés irányára merőlegesen. A kürtő belső részén, a magjában kiváló minőségű, oszlopos elválású bazalt mutatkozik. A bazaltoszlopok öt-hat

szögletűek, de vannak teljesen szabálytalan alakúak is. Az oszlopátmérő 30-40 cm. A közel függőlegesen álló bazaltoszlopok mintegy jelzik a kürtőben feláramló, majd megszilárduló láva folyásirányát.

A Hajagos-hegyi vulkanit képződésének változatoságát jól jelzi, hogy a viszonylag kis kiterjedésű alsó bányaművelési szint keleti falát már nem a parazitakürtőkkel átjárt törmelékes-agyagos, hanem az oszlopos elválású bazalt képezi.

A bazaltösszlet felső 28-34 méterét (a felső szinttel feltárt) az alsó szintű bazalttípusoktól eltérő megjelenésű vulkanitok alkotják. Az északkeleti falon két különböző típusú és minőségű kőzetet képező lávaár produktuma látható (9-10. ábra). A délkeleti bányafalra – ami részben már természetes úton rekultiválódott – az igen jelentős tömegű belső meddőt tartalmazó (meddőzsákok), főleg cserepes elválású bazalttípus a jellemző.

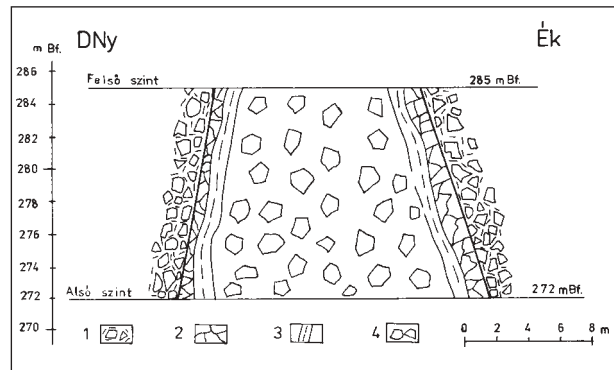
A felső szinten az északkeleti bányafal alsó részét mintegy 15-20 m vastagságban réteges, cserepes, kokkolitos bazalt alkotja (11. ábra). A rétegek, cserepek vastagsága 3-10 cm. Az elválási síkok nem párhuzamosak, így a rétegek vastagsága vízszintes irányban elvékonyodik vagy kivastagodik. A kokkolitos bazalt az ütésre diónagyságú darabokra esik szét.

A kokkolitos bazalt fölött már egy másik lávaár egészen más jellegű vulkanitja mutatkozik (10. ábra). Ezen bazalttípus sötétszürke tömött, kemény, réteges és szabálytalan síkok (helyenként gömbhéjas) mentén elváló üde kőzet (12. ábra) északnyugat felé vastagodik. A bányafal északnyugati végén már 15-18 m vertikális kiterjedésű. Az erózióval szembeni ellenálló képessége is nagyobb, mint az alatta levő réteges, cserepes, kokkolitos kőzeté.

A felső szint délkeleti bányafala ismét más jellegű vulkanitokat tár fel. A bazalt itt is változatos megjelenésű, réteges, cserepes, tömbös. A kőzetelválási felületek dőlése nagyon változó, helyenként gömbhéjas. Jellemző a falszakaszra a „zsákos” belső meddőbetelepülés. Az úgynevezett meddőzsákok mérete is változó. A fal síkjában előfordult 3-4 m szélességben és 8-10 m függőleges



7. ábra. Parazita vulkáni kürtő az alsó szint északnyugati bányafalán



8. ábra. Parazita vulkáni kürtőmetszet a bányafal síkjában
1 – agyagos törmelékes és tömbös bazalt, 2 – szabálytalan elválású bazalt, 3 – réteges, cserepes elválású bazalt, 4 – oszlopos elválású bazalt



9. ábra. Felső szint, északkeleti bányafal. A fal alsó részén réteges, cserepes, kokkolitos, a felsőn tömbös és szabálytalan (helyenként forgós) elválású, üde a bazalt

kiterjedésben is. Ezen meddőbetelepüléseket az egykor feltört bazaltláva mintegy körülfoltya. A befoglaló bazaltban a „meddőzsákok” felületével párhuzamos síkok mentén cserepes elválás mutatkozik, mintegy jelezve a lávafolyás irányát. Maga a belső meddő sárga, barnássárga, agyagos, tufás képződményekbe ágyazott horzsakő és tömöttebb szövetű bazalttörmelék. Ezen zsákszerű meddőbetelepülések a lávabazalt fekjéből származó idősebb vulkáni képződmények, amit a később felszínre tört láva magával hozott, vagy az egykori felszínen körülfolty, de már magába olvasztani nem tudott.

A diszeli réteges, oszlopos elválású bazalt üde, tömött, kemény, szilánkos törésű kőzet. Mikrokristályos, a hirtelen lehűlés eredményeként, szabad szemmel benne ásványokat megkülönböztetni nem lehet. Kisebb fészkekben, 1-2 mm-es üregekben mutatkoznak benne fehér színű, másodlagos ásványok (kalcit, aragonit, kabazit, gmelinit). *Mauritz Béla* a diszeli bazaltban a phillipsitkristályok öt típusát tudta kimutatni.

Tíz-hússzoros nagyításban (lupé) a kőzetben a zöldes, üvegszerű olivinnek jól megkülönböztethető.

A diszeli bazaltbánya a Hajagos-hegy nyugati részét mintegy 9 hektárnyi területen tárja fel. A bazaltot az alsó

szinti területre 40–50, a felsőn mintegy 17–34 m vastagságban már letermelték. A több évtizedes bányaművelés folyamán igen változatos kőzetviszonyok váltak ismertté.

Az alsó szinttel feltárt, vízben áthalmozódott agyagos bazalton áttört parazitavulkánok az explóziók változó idejűségét, ismétlődését jelzik.

A felső szint bányafalaival feltárt különböző megjelenésű és minőségű (a réteges-kokkolitos és felette a szabálytalan és gömbhéjszerű elválású) kőzettípusok a feltört lávaárok időben változó összetételére engednek következtetni.

A különböző vulkáni kőzettípusok kis területen belül horizontálisan is gyakran váltakoznak. Amíg a felső szint északkeleti falán különböző összetételű lávából képződött bazalttípusok láthatók, addig ugyanezen szint délkeleti falát meddőzsákos, változó dőlésirányú síkok mentén elváló réteges, cserepes bazalt építi fel. Összefoglalva megállapítható, hogy a Hajagos-hegyi bazalt igen változatos vulkáni folyamatok eredményeként jött létre, melynek következménye a különböző anyagú, megjelenésű és minőségű vulkanitok gyakori változása mind horizontális, mind vertikális irányban.



10. ábra. Felső szint, északkeleti bányafal. A fal alsó részén réteges, cserepes, kokkolitos, a felsőn tömbös és szabálytalan (helyenként forgós) elválású, üde bazalt



12. ábra. Felső szint, északkeleti bányafal felső részén levő, szabálytalan síkok mentén elváló bazalt

A földtani felépítés bányaművelési konzekvenciái

Hajagos-hegyet a diszeli bazaltbánya nyugati irányból két bányaművelési szinttel (287 és 272 m Bf.) nyitja meg. A bazaltplatós tanúhegyek kőbánya-telepítés szempontjából kedvező morfológiai alakzatok, mivel a bányaművelés előrehaladtával a platós morfológia eredményeként a bányafal magassága nem emelkedik. Így a falmagasság növekedése miatt új szintnyitás, szintosztás nem válik szükségessé.

A földtani kutatást követő külszíni bányatelepítést a megnyitandó hegy topográfiai megjelenésén kívül más egyéb tényezők is determinálják. Így például a megkutatott nyersanyag térbeli elhelyezkedése (fekü, fedő- és kőzetminőségi viszonyok), a szállítási lehetőségek, a kör-



11. ábra. Felső szint, északkeleti bányafal. Réteges, cserepes elválású, kokkolitos bazalt

nyezetvédelem és más, az illetékes hatóságok által előírt követelmények betartásának konzekvenciái.

A diszeli bazaltbánya területén a bazalt feletti fedő meddő bazalttörmelékes, löszös, humuszos üledék, melynek felső zónája a humuszos termőtalaj. A fedő meddő vastagsága a platón csak ritkán haladja meg az 1,5–2,0 m-t. A bányauzem művelése folyamán mind ez ideig jelentősebb lefedés nem vált szükségessé.

Hajagos-hegyen a zúzottkő-előállítás szempontjából legkedvezőbb kőzet-előfordulásnak a sötétszürke, tömött szövetű, kemény, üde, oszlopos, tömbös és réteges, cserepes elválású bazalt tekinthető.

Kőzetfizikai laboratóriumban végzett vizsgálatok alapján a diszeli bazalt fizikai jellemzői:

- térfogatsúly: 2,75–2,8 g/cm³;
- Los Angeles-aprózódási vizsgálat: „A”;
- kristályosítás (időállósági vizsgálat): „B”–„C”;
- nyomószilárdság: 1500–1800 kp/cm².

A bányauzem haszonkőzetét képező bazaltban főleg a szingenetikus, belső meddő kőzetek rontják az ásványi nyersanyag minőségét, illetve nehezítik a célra orientált felhasználhatóságát.

Az alsó szint északnyugati és északkeleti bányafalán az agyagos bazalton áttört parazita vulkáni kürtők magját képező oszlopos és kisebb mértékben réteges-cserepes, valamint szabálytalan tömbös elválású bazalt a kedvező minőségű bányatermék.

A felső szint északkeleti bányafalának alsó részét képező réteges-cserepes bazaltszint zúzottkőként való felhasználhatóságát a kokkolitosodás nehezíti. A kokkolitos bazalt az ütésre diónyi nagyságú kőzetdarabokra esik szét.

Kausay Tibor kőzetfizikai laboratóriumi vizsgálatai alapján a kokkolitos bazalt zúzalékként történő felhasználhatóságáról végkövetkeztetésként megállapítást nyert: „Minél kisebb a diszeli kokkolitos kő szemnagysága, annál kisebb a hajlam a szétesésre. Ezért belőle csak 12 mm-nél kisebb szemnagyságú frakciók gyártását javasoljuk. Az időállóság és a forgalomállóság megfigyelésére kísérleti útszakasz építése adna lehetőséget.”

A felső szinten, az északkeleti bányafal felső részét ké-

pező, főleg tömbös, szabálytalan felületek mentén elváló, helyenként gömbhéjas, üde bazalt alkalmas kőzetanyag zúzottkő előállítására. Időállósági tulajdonsága is kedvezőbb, mint az alatta levő – egy korábbi lávaárból képződött – réteges, cserepes, kokkolitos bazalté. Ugyanis az időjárás viszontagságainak hosszabb ideig kitett (évek) bányafalon a kokkolitos bazalt már morzsalékosan szét-esővé válik, ugyanakkor a felette települő tömbös, szabálytalan felületek mentén elváló még mindig üde, kemény, és jól tartja kedvező kőzetfizikai paramétereit.

A bányauzsemben a fő művelési irány északkeleti. Így a termelés főleg a felső szint északkeleti bányafalára koncentrálódott. A délkeleti mellékirányú bányafal, művelésének szüneteltetése miatt, részben természetes úton rekultiválódott. A fal középső részén, az erózió következtében kialakult természetes rézsűn a növényzet is visszahódította élő területét (13. ábra). A délkeleti bányafalról az is elmondható, hogy ebben az irányban a bazalt igen sok belső meddőt tartalmazott (meddőzsákos betelepülések), ezért a további bányaművelés északkeleti irányban kedvezőbbnek bizonyult.

A diszeli bazaltbánya művelése folyamán jelentős vízvédelmi gondok nem jelentkeztek. Általában a bazaltplátós tanúhegyeinkben lévő bányákban (pl. Uzsabánya vagy Vindornyaszőlős) a bazalt függőleges hasadékrendszerén leszivárgó csapadékvíz, vízzáró fekü esetén, a haszonkő alsó zónájának repedéshálózatában halmozódik fel. Így ezen bányauzemek legalsó bányaművelési szintjei, ha azok a kőzetben tárolt víz szintje alá kerülnek, folyamatosan vízlecsapoló funkciót is ellátnak. Ilyen esetben az alsó szinten a talpból vagy a bányafal alsó zónájából szivárgó vizet a bányaudvarból ki kell vezetni. A vízlevezetés céljából a bányaudvarnak megfelelő lejtést kell biztosítani, vagy vízlevezető árkokat kell kialakítani.

A diszeli bazaltbányában, mivel eddig a bazalt kitermelése a felső szintre koncentrálódott, víztelenítési munkák nem nehezítették az ásványi nyersanyag kitermelését. Mindössze a csapadékvíz elvezetését kellett megoldani, ami a bányauzem környezetéhez viszonyított kiemelt topográfiai helyzetéből adódóan nem okozott gondot.

A bányauzemi és bányaföldtani tapasztalatok alapján

a hegy nyugati oldalán talajcsúszási, suvadási jelenségek figyelhetők meg. A felszínközeli üledékek lejtőirányú mozgását a kedvezőtlen földtani felépítés, a topográfiai adottság, de elsősorban az erózió idézi elő. A felszínközeli kőzettömegek egyensúlyi helyzete labilisra vált, melynek következtében viszonylag nagy területen mutatkozik a lassú lejtőirányú mozgás. Jelzik ezt a csúszási területre jellemző morfológiai alakzatok, a régebbi csúszások okozta tereplépcsők, a lejtő irányára merőleges, agyagos bazalttörmelékkel álló gerincek. A lejtőirányú felszíni kőzetmozgás miatt a bányauzemi létesítmények építésénél igen fontos volt a gondos helykiválasztás és a talajmozgásra kevésbé érzékeny könnyűszerkezetes elemek alkalmazása.

Bár a változatos vulkáni genetikából adódó rapszodikus kőzetmegjelenési módok és meddőviszonyok változó mértékben befolyásolják a diszeli bazalt kitermelését és hasznosíthatóságát, de a Hajagos-hegy megkutatott, produktív ásványvagyontömege a térség zúzottkő-ellátása tekintetében megnyugtató nyersanyagbázisként szolgál.

Irodalom

1. *Jugovics L.*: A magyarországi bazalt kémiai jellege. Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése az 1974. évről. 431–470. old.
2. *Jugovics L.*: A Balaton-felvidék és a Tapolcai-medence bazaltterületének felépítése. Magyar Állami Földtani Intézet évi jelentése az 1968. évről. 223–244. old.
3. *Kausay T.*: Kokkolitos betonadalék. Mélyépítéstudományi Szemle. XV. évfolyam, 1995. 12. sz. 573. old.
4. *Klespitz J.*: A dél-bakonyi bazaltbányák művelését befolyásoló földtani tényezők. Építőanyag. XXXI. évf., 1979. 5. sz. 193–196. old.
5. *Klespitz J.*: Bányaföldtani tapasztalatok a kőbányaiparban. Földtani Kutatás. XXV. évfolyam, 1982. 3–4. sz.
6. *Klespitz J.*: Bányageológiai megfigyelések az állami kőbányaipar bazaltbányáiban. Építőanyag. XLII. évfolyam, 1990. 4. sz. 121–133. old.
7. *Koch S.*: Magyarország ásványai. Akadémiai Kiadó, Budapest 1985.
8. *Lóczy L.*: Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidék szerinti telepedése. Budapest, 1–617. old.
9. *Vadász E.*: Magyarország földtana. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1960.
10. *Vitális Gy.*: Szilikátipari nyersanyagok. Szilikátipar–Építőipar 3. ÉTK, Budapest, 1984.



13. ábra. Felső szint, délkeleti oldal. Természetes úton rekultiválódott bányafal

Öregítés hatása a tükörfestékrétegek tapadására

Nagy Ákos – Hegman Norbert

Miskolci Egyetem, Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszék

Bevezetés

Régen tükörnek csiszolt ezüstlemezeket alkalmaztak, majd ezt felváltották az egyik oldalukon fémmel bevont üvegtáblák [1]. Eleinte az üveg bevonására leginkább ónfoncsort használtak, ezt napjainkra felváltotta az ezüst és más vékony fémrétegek kombinációja.

Kutatási témánk a Hunguard Glass Termelő Kft. által úsztatott síküvegre felvitt tükörrétegek mechanikai tulajdonságaival, elsősorban a rétegek adhéziós képességével foglalkozik.

Eddigi munkánk során vizsgáltuk az egyes bevonatok tapadását karcvizsgáló berendezéssel. Az adhéziót ebben az esetben a bevonat leválasztásához szükséges erővel jellemeztük (F_k – kritikus erő). Szintén a tapadás meghatározására próbálkoztunk rétegleszakításos módszerrel is, melynek lényege, hogy a bevonattal ellátott darabokat bevonatos felülettel egymáshoz ragasztottuk, majd szakítógéppel elszakítottuk. A szakadáskor mért erő és a leválasztott bevonat felületének ismertetésében kvalitatív információt kaphatunk a tapadásról.

Vizsgáltuk, hogyan változik a bevonat leválasztásá-

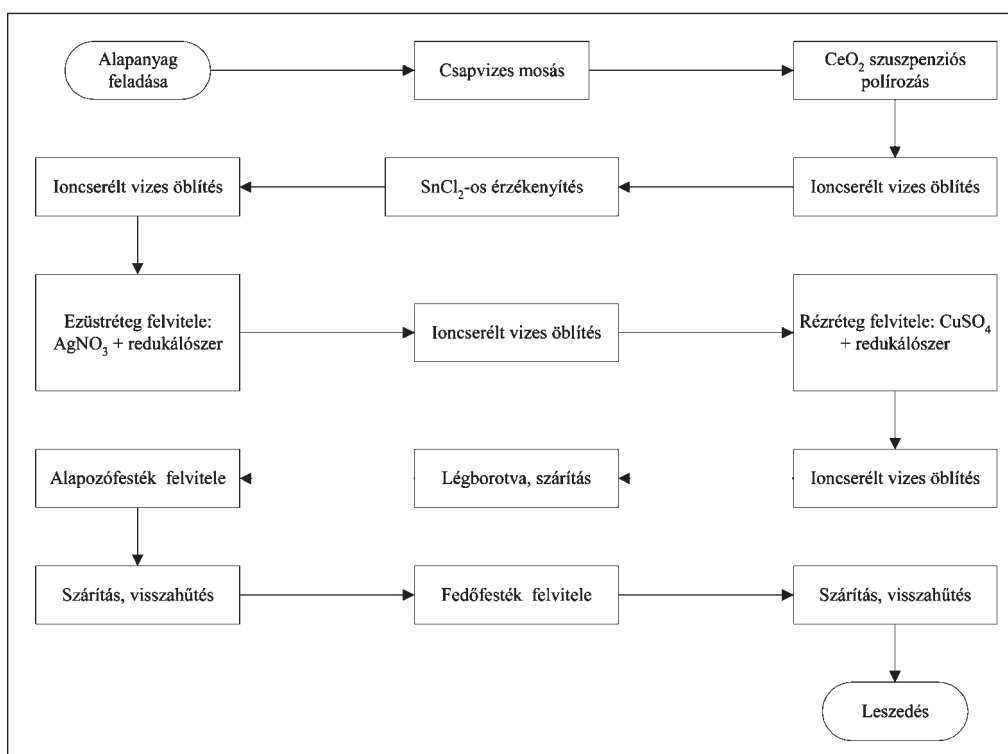
hoz szükséges erő (F_k) a festékrétegek számának növelésével. A vizsgált minták egy, kettő, három, illetve négy festékréteget tartalmaztak. A különböző számú rétegek leválasztásához szükséges kritikus erőértékek alkalmazásuk arra, hogy extrapolálással megbecsüljük a bevonat és a szubsztrát közt ébredő adhéziós erő nagyságát.

Jelenlegi munkánk során a festékrétegek öregítésének a tapadásra gyakorolt hatásait vizsgáltuk. A vizsgált minták elkészítését és öregítését az orosházi Hunguard Magyarország Kft. végezte el.

1. Kísérleti eljárás

1.1. Tükörgyártás, öregítés

A vizsgált tükörök alapanyagául szolgáló üveget „float glass” (úsztatott üveg) technológiával állítják elő. Az ilyen módon előállított üveg megfelel a tükörgyártás magasabb minőségi követelményeinek. A „float” eljárás legfontosabb előnyei: a magas automatizáltságú gyártási folyamat, az állandó termékminőség és a nagyfokú felületesség. A tükörgyártás lépései az 1. ábrán láthatók.



1. ábra. A tükörgyártás folyamatábrája

A mérésorozathoz tükörmintákat öregítettük kétféle öregítési módszerrel (SSP és CASS). A két módszer paramétereit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Az öregítő módszerek paramétereit

A teszt neve	Hőmérséklet	Atmoszféra	Idő ¹
SSP	35 °C	5%-os NaCl, telített páratartalom	480 óra
CASS	50 °C	5%-os NaCl, 0,1 g/l CuCl ₂ , pH = 3-3,5 (ecetsav), telített páratartalom	120 óra

¹Előírás szerint

1.2. Mérési módszerek

1.2.1. Karcvizsgálat

A bevonattal ellátott, összetett szerkezetek tönkremeneteli formáit vizsgálva nagyon gyakran találkozhatunk a réteg különböző mértékű berepedezésével, feltöredezésével, lepattogzásával, leválásával [2]. Mivel az alkalmazott bevonatok jelentősen növelhetik az egyes alkatrészek élettartamát, javíthatják felhasználási funkcióit, ezért a bevonat és a szubsztrát között kialakuló adhéziós kötés erőssége döntő fontosságú. Az adhéziós kötés erősségét a réteg leválását előidéző erővel jellemezzük.

A mérés elve a következő: növekvő vagy állandó erővel a vizsgálandó felületbe nyomunk egy szűrőszerszámot (általában egy Rockwell C keménységmérő gyémánt szűrőszerszámát, 200 µm lekerekítési sugarú hegygel), miközben a próbatest és a szűrőszerszám folyamatosan, lineárisan elmozdul egymáshoz képest.

A vizsgálat eredményeként az adhéziós kötés kvantitatív jellemzőjeként azt a kritikus erőt (F_k) határozhatjuk meg, amely valamilyen, jól definiálható károsodási mértéket – többnyire a bevonat leválását – idéz elő. A kritikus tönkremenetel valamilyen fizikai tulajdonságváltozással jár, pl. jól detektálható a súrlódási viszonyok változásának regisztrálásával, ezért a korszerűbb karcvizsgáló berendezéseket a súrlódási együttható mérésére alkalmas műszerekkel látják el. A növekvő terhelőerővel végzett mérések állandó terhelőerővel végzett mérésekkel ellenőrizhetők és pontosíthatók.

2. Mérési eredmények

2.1. A mintadarabok előállítása

Az SSP és CASS teszteket a tükörrétegek vegyi állékonyosságának ellenőrzésére használják. Az előírt ideig (1. táblázat) végzett mérések kb. 50 év használatnak felelnek meg. A minták elkészítésénél az öregítés időtartamát változtattuk, minden más paraméter azonos volt. A mintadarabok paramétereit a 2. táblázat tartalmazza.

A mintadarabok paramétereit

SSP teszt		CASS teszt	
A minta jele	Az öregítés időtartama, óra	A minta jele	Az öregítés időtartama, óra
MS1	48	MC1	12
MS2	96	MC2	24
MS3	144	MC3	36
MS4	192	MC4	48
MS5	240	MC5	60
MS6	288	MC6	72
MS7	336	MC7	84
MS8	384	MC8	96
MS9	432	MC9	108
MS10	480 (szabvány)	MC10	120 (szabvány)
MS11	528	MC11	132
MS12	576	MC12	144
MS13	624	MC13	156
MS14	672	MC14	168
MS15	720	MC15	180
MS16	768	MC16	192

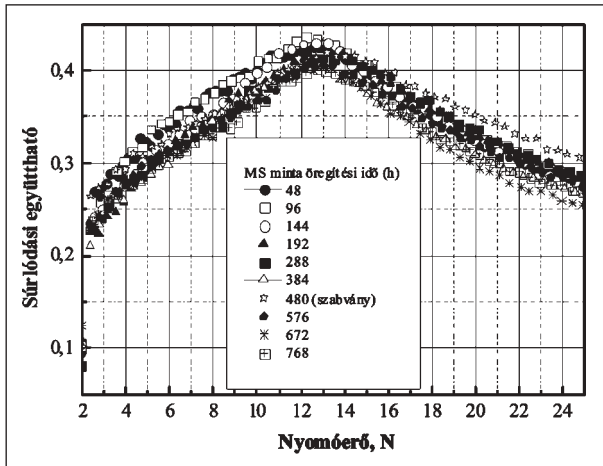
2.2. Karcvizsgálat

Az öregítés tapadásra gyakorolt hatásait karcvizsgálattal vizsgáltuk. A karcvizsgálatot a Miskolci Egyetem Mechanikai Technológiai Tanszékén található SP-15 típusú karc- és koptatásvizsgáló berendezéssel, valamint a Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszéken található ST-200-as karcvizsgáló berendezéssel végeztük el. A vizsgálat során a berendezéshez kapcsolt adatgyűjtő PC segítségével detektáltuk a nyomóerőt, a karctű által megtett utat és a számolt súrlódási együtthatót.

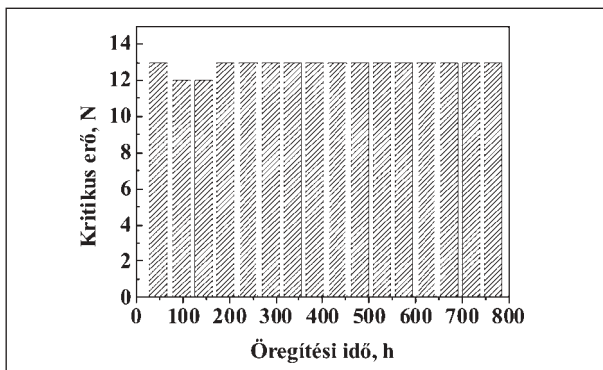
A bevonat tapadására jellemző kritikus erő meghatározásához minden egyes darabon 5-5 karcot készítettünk kis terhelőerő-tartományban, melyek alapján a festékrétegek leválását okozó kritikus erő értékét határoztuk meg.

Az elmentett adatsorokból táblázatkezelő program segítségével nyomóerő-súrlódási együttható diagramokat rajzoltunk. Az egy mintán, azonos terhelőerővel készített karcok adatsorait egyesítettük, így módon egyfajta átlagos súrlódási együttható-diagramot kaptunk. A diagramok kiértékelésének megkönnyítése érdekében a kapott görbéket simítottuk. A bevonat leválását minden darab esetén a súrlódási együttható görbe maximuma jelzi, melyet optikai megfigyelés alapján előzetesen ellenőriztünk.

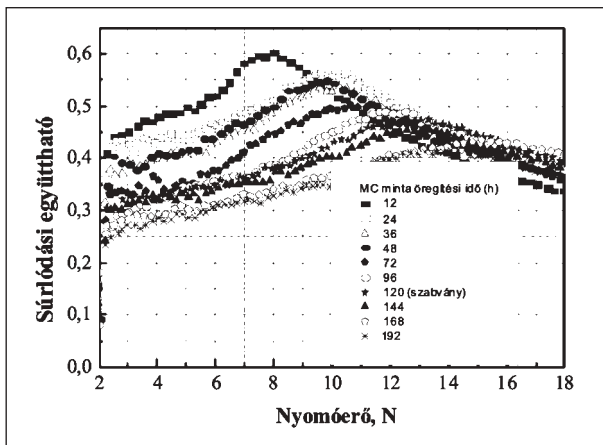
A minták kritikuserő-értékei alapján megállapítható, hogy míg az SSP teszttel öregített minták esetén a festékrétegek leválasztásához közel azonos erőre volt szükség az öregítési időtől függetlenül (2-3. ábra), addig a CASS teszttel öregített minták kritikuserő-értékei növekvő tendenciát mutatnak, míg a súrlódási együttható-értékek csökkentek (4-5. ábra). A 2. táblázatban szerepelnek az ábrákon szereplő mérésekhez tartozó öregítési időtartamok.



2. ábra. Az MS jelű minták nyomóerő-súrlódási együttható diagramja



3. ábra. Az MS jelű minták kritikuserő-értékei az öregítési idő függvényében

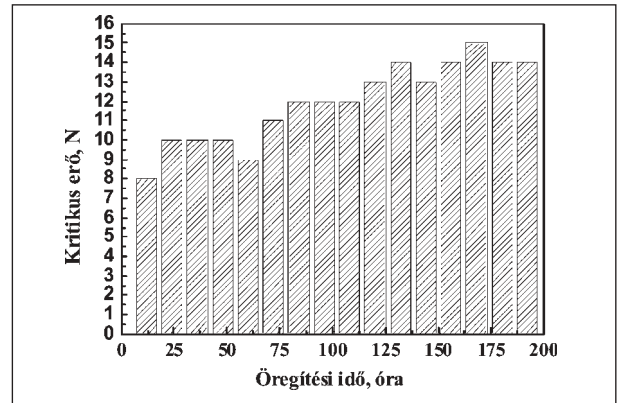


4. ábra. Az MC jelű minták nyomóerő-súrlódási együttható diagramja

A CASS teszttel öregített minták esetén kiszámítottuk a súrlódási erőt, melyet a karctű által megtett út szerint integrálva a bevonat leválásáig, megkaptuk a bevonat leválasztásához szükséges munkát.

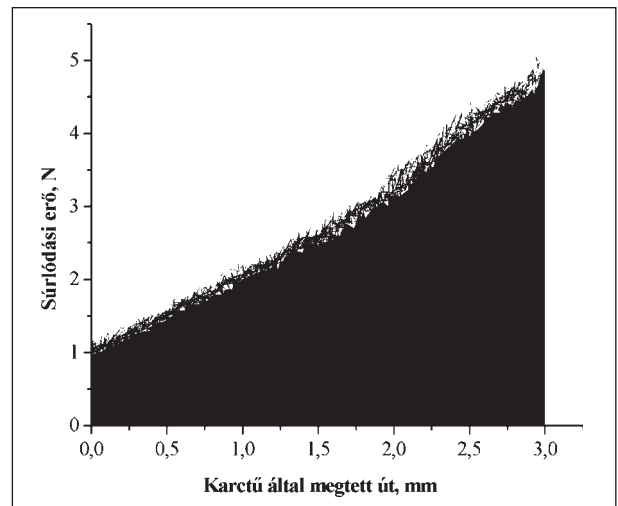
A súrlódási erőt a súrlódási együttható és a nyomóerő ismeretében a következő képlettel számoltuk ki:

$$F_s = \mu \cdot F_n, \quad (1)$$



5. ábra. Az MC jelű minták kritikuserő-értékei az öregítési idő függvényében

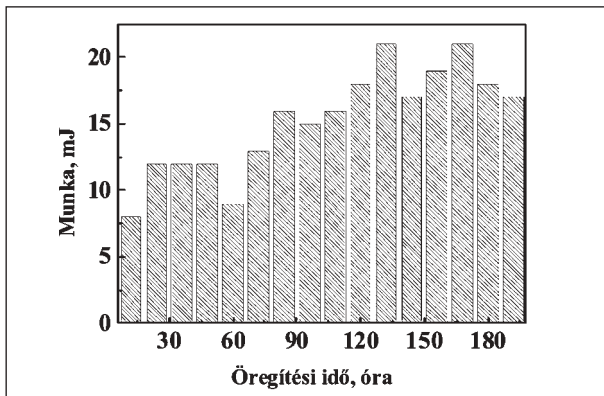
ahol F_s a súrlódási erő, μ a súrlódási együttható és F_n a nyomó- vagy normálerő. A fenti módon kiszámított súrlódási erőt ábrázoltuk a karctű által megtett út függvényében. Az így kapott diagramokra a 6. ábrán láthatunk egy példát.



6. ábra. A festékréteg leválasztásához szükséges munka az MC1 jelű mintán

A karctű által megtett út ebben az esetben a bevonat leválásáig megtett utat jelenti. A görbe alatti terület megadja a bevonat leválasztásához szükséges munkát. A 7. ábrán az MC jelű minták közös diagramja látható, melyen a bevonatok leválasztásához szükséges munkát ábrázoltuk az öregítési idő függvényében. Látható, hogy a bevonat leválasztásához szükséges munka is növekvő tendenciát mutat, hasonlóan a kritikuserő-értékekhez (5. ábra).

A bevonat leválasztást okozó erőértékek növekedésének megértéséhez pontosítani kell a kritikus erő fogalmát. Korábbi munkáink során vizsgáltunk, hogyan változik a bevonat leválasztásához szükséges erő (F_k) a festékrétegek számának növelésével [3]. A vizsgált minták egy, kettő, három, illetve négy festékréteget tartalmaztak. A festékrétegek leválasztásához szükséges erőértékeket a 3. táblázat tartalmazza.



7. ábra. A festékrétegek leválasztásához szükséges munka az MC jelű mintákon

3. táblázat

A festékrétegek leválasztásához szükséges kritikuserő-értékek

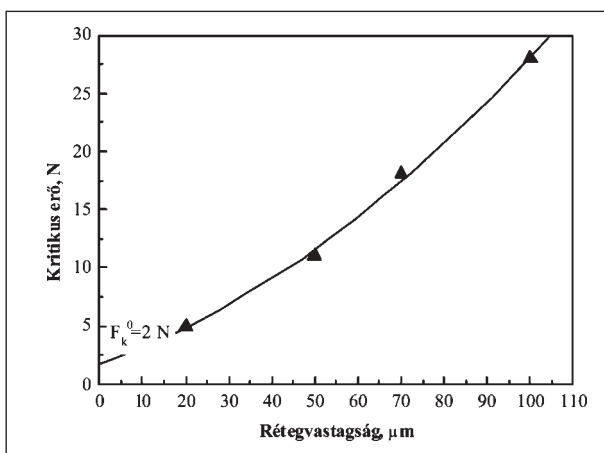
A minta jele	Bevonat ¹	Kritikus erő, N
A	alapozófesték	5
A-F	alapozófesték – fedőfesték	11
A-F-A	alapozófesték – fedőfesték – alapozófesték	18
A-F-A-F	alapozófesték – fedőfesték – alapozófesték – fedőfesték	28

¹A fémrétegeken kívül

A különböző számú rétegek leválasztásához szükséges kritikuserő-értékek alkalmasak arra, hogy extrapolálással megbecsüljük a festékréteg és a szubsztrát közt ébredő adhéziós erő nagyságát. Az extrapolációhoz a kapott kritikuserő-értékeket ábrázoltuk a rétegvastagság függvényében (8. ábra), felhasználva, hogy az alapozófesték vastagsága 20 µm, a fedőfestéké pedig 30 µm a gyári előírás szerint.

Az extrapoláció alapján a kritikus erőt két komponensre bontottuk fel:

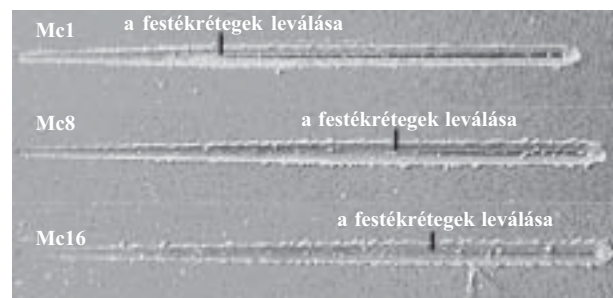
$$F_k = F_k^0 + F_f, \quad (2)$$



8. ábra. A festékrétegek kritikuserő-értékeinek rétegvastagság-függése

ahol F_k a mért kritikus erő, F_k^0 (értéke: kb. 2 N) a festékréteg és a szubsztrát közt ébredő adhéziós erő és F_f a festékréteg „átszakításához” szükséges erő.

Ezek alapján belátható, hogy az F_k^0 a rétegvastagságtól függetlenül állandó, különbség csak a festékréteg átszakításához szükséges erőben van, tehát az F_f értéke változhat különböző mértékben a két teszt esetén az öregítési idő függvényében. Ez a változás az SSP teszt esetén nem mérhető – esetleg nincs is, míg a CASS tesztnél az öregítési idő növelésével az F_f értéke növekvő tendenciát mutatott. A 9. ábrán – növekvő öregítési idők szerint – az MC1, az MC8 és az MC16 minták egy-egy karcnyoma látható azonos méretarányban.



9. ábra. MC1, MC8 és MC16 jelű minták karcnyomai

Az ábrán jól látható a bevonat leválása az egyes darabokon. Megfigyelhető, hogy ez a karc kezdetétől egyre távolabb következett be az öregítési idő növekedésével. Ez megerősíti a mért kritikuserő-értékek helyességét.

Egy másik érdekes jelenség is megfigyelhető a karcnyomokon. A karcok minden darabon azonos beállításokkal készültek, a hosszuk mégsem egyforma. A berendezés a beállított maximális nyomóerőérték elérése után veszi le a terhelést a karctúról, tehát az öregítési idő növekedésével a karctű egyre hosszabb út alatt éri el a maximális nyomóerőértéket. Ennek az oka valószínűleg valamilyen, az öregítés hatására bekövetkező anyagszerkezeti változás a festékrétegben, amelynek hatására a réteg keményedik, és a karctű a beállított maximális erőértéket csak lassabban tudja elérni. Ez lehet az oka a kritikuserő-értékek növekedését okozó F_f értékek növekedésének is.

Összefoglalás

Jelenlegi vizsgálatainkkal a fémes tükörréteget védő polimer festékréteg öregítésének hatásait vizsgáltuk karcvizsgálattal. Két standard vegyi öregítési eljárást alkalmaztunk, ahol az öregítési időt mint paramétert változtattuk a standard idő alatt és felett széles időintervallumban, hogy megfigyelhessük az öregítési idő függvényében mutatkozó változási tendenciákat. Az öregedés hatását a bevonat leválást okozó kritikuserő-értékekkel jellemeztük. Optikai megfigyeléssel megerősítve azt tapasztaltuk, hogy a kritikus erő helye megegyezik a sűrűlási együttható maximumának helyével. A két öregítési el-

járás közül a drasztikusabb CASS teszt kimutatható kritikus-erő-növekedést és csökkenő sűrűlódásiegyüttható-értékeket mutatott az öregítési idő függvényében. Az SSP teszt karcvizsgálati eredményei csak minimális sűrűlódásiegyüttható-csökkenést mutattak ki. A CASS öregítés után valószínűleg valamilyen degradációs változás lép fel, ami nem mutat telítési jelenséget az általunk vizsgált időintervallumban.

A CASS teszt esetén kiszámoltuk a festékréteg leválásáig befektetett sűrűlódási munkát, melyek szintén növekvő tendenciát mutattak az öregítési idő függvényében. Az öregedés mechanikai tulajdonságokban megjelenő hatása valószínűsíthetően az, hogy a réteg keményedik, és a karcú a beállított maximális erőértéket csak lassabban tudja elérni. Az öregítés anyagszerkezetre gyakorolt hatását a festékrétegekből vett minták DSC mérésein keresztül tervezzük nyomon követni.

Köszönetnyilvánítás. Ezúton szeretnénk köszönetet mondani a Hunguard Glass Termelő Kft.-nek a mintadarabok biztosításáért, az MeAKKK anyagi- és az OTKA M36330 és M041536 műszeres támogatásáért, valamint a Mechanikai Technológiai Tanszéknek a karcvizsgálat elvégzésében nyújtott segítségért.

Irodalom

- [1] <http://www.mek.iif.hu/porta/szint/egyeb/lexikon/pallas/html/102/pc010295.html#6>
- [2] *Kocsisné dr. Baán Mária:* Bevonatok adhéziós kötés-erősségének vizsgálata, Oktatási segédlet, TEMPUS 8066/1998. (1-7 o.)
- [3] *Nagy Ákos – dr. Hegman Norbert:* MeAKKK szakmai (rész)jelentés, 2. év/1. félév, 2003. 12. old.

* * *

KÖNYVISMERTETÉS

P. NAGY JÓZSEF:

A HANGSZIGETELÉS ELMÉLETE ÉS GYAKORLATA
Akadémiai Kiadó, Budapest, 2004.

2004 nyarán egy régóta várt munka megjelenésével gazdagodott a hazai akusztikai szakirodalom. A 305 oldalas, A4 formátumú könyv szerzője az épületakusztika jól ismert, akadémiai szinten is elismert művelője. A szerző gyakorlati, tervezési tevékenysége kiemelkedő, de hosszú esztendőket töltött el a tématerület kutatása és oktatása terén is. Jelen mű jól tükrözi ezen háromirányú tevékenységnek: a kutatásnak, az oktatásnak és a gyakorlati tervezésnek az egységét. Ez a nagy volumenű, didaktikailag gondosan szerkesztett munka az épületakusztika alapvetően fontos kutatási eredményeire alapozva korszerű ismereteket nyújt a gyakorlati szakemberek számára.

A könyv egyes fejezeteinek ismertetése előtt a Bevezetés azért érdemel említést, mert abban rövid áttekintést kapunk az épületakusztika kialakulásáról és hazai helyzetéről, sikerekről és kudarcokról egyaránt. Ezt követő két fejezet azon fontos rezgéstani (2. fejezet) és akusztikai (3. fejezet) alapokkal foglalkozik, amelyek ismerete nélkülözhetetlen az építészeti hangszigetelés terén. Mindkét fejezet kitűnő arányérzékről tanúskodik, a szerző – szakmai igényességét nem feladva – csak annyit ad az elméletből, amennyi a továbbiakban feltétlenül szükséges a hangszigetelési kérdések megértéséhez, illetve tárgyalásához. Hasonlóan alapozó jellegűnek tekinthetjük a „Hangéret, hangosság, zajosság” c. 3. fejezetet is. Említésre méltó, hogy már ezen alapozó fejezetekben is számos gyakorlati példát találunk, amelyeket a szerző az

elméleti fogalmak jobb megértése érdekében dolgozott ki. Az épületakusztika elméleti és gyakorlati kérdéseit az ezt követő hat, igen bő fejezet tárgyalja kb. 200 oldal terjedelemben. Az 5. és 6. fejezet a zárt terekben történő hangterjedéssel, illetve a hangelnyelő burkolatokkal foglalkozik. Mindkét fejezet a teremakusztikával és a zajcsökkentéssel foglalkozók számára is alapvetően fontos ismereteket tartalmaz. A 7. fejezet tárgya „Az épületen belüli hangszigetelés vizsgálata, értékelése és követelményei”, majd ezt követi logikus rendben a léghangszigetelés (8. fejezet) és a lépéshang-szigetelés (9. fejezet) tárgyalása. Az utolsó, 10. fejezet az épületszerkezetek, épületek és építési rendszerek tulajdonságaival ismerteti meg az olvasót. Az Irodalomjegyzék 201 hivatkozott szakirodalmi forrás adatait tartalmazza, a nagyszámú hivatkozás különösen hasznos lehet a témában elmélyülni kívánók számára. A munkát részletes Tárgymutató zárja. A könyv gazdagon illusztrált, az esztétikus és gondosan tervezett ábrák jól segítik a szöveg megértését.

P. Nagy József munkája fontos mérföldkő a hazai épületakusztika fejlődésében. A könyvet különös haszonnal forgathatják mindazok, akik az építészeti hangszigetelés gyakorlatával foglalkoznak, de fontos szakirodalmi forrásul szolgál a szakterület kutatóinak is. A gondos didaktikus felépítésnek köszönhetően a munka értékes lehet a szakirányú egyetemi oktatásban és továbbképzésben is. A könyv egyes részeit érdemes továbbá átolvasni mindazoknak, akik munkájuk során szembekerülhetnek hangszigetelési kérdésekkel (pl. tervezők, kivitelezők, anyaggyártók, ingatlanforgalmazók, hatóságok stb.). A könyvnek méltán van helye nemcsak a könyvtárak, de a tématerületen dolgozó valamennyi szakember könyvespolcán.

Pritz Tamás,
az MTA doktora

Érdekességek a kerámiaiparban

Apagyi Zsolt, Zalakerámia Rt.

Riedhammer csatlakozott a Sacmi Group-hoz

2004. április végén a világ egyik vezető kerámiaipari gépgyártó cége, a Sacmi Group 90%-os részesedést szerzett a német Riedhammer vállalatnál. A Riedhammer 1924 óta készít kemencéket a kerámiaiparnak, és több mint 6000 gyárat telepítettek már szerte a világban. Új, közös feladattervük, hogy továbbfejlesszék a Riedhammer termékeit és szervezeit a jövőben. A vállalat átszervezése nagyobb rugalmasságot, dinamizmust ígér, ezáltal versenyképessé válik az egyre inkább összetett világpiacon. A Sacmival kialakított szoros együttműködés pedig elősegíti, hogy a vásárlók minőséget, technológiai újdonságokat és plusz-szervizlehetőségeket is kapjanak.

Brick World, 2. semestere, 2004. p. 14.

Ceramic World, július-szeptember, 2004. N. 58, p. 24.

La Escandella a világ legnagyobb tetőcserépgyára

Agostban (Spanyolországban) a La Escandella beindította a világ legnagyobb tetőcserépgyárát. Az új spanyol gyár 25 000 négyzetméteres területen fekszik, és 60 millió préselt tetőcserepet, vagy 80–110 millió kúpcserepet gyárt évente. Ezt a kimagasló termelési kapacitást 4 darab 3 formás présrel és 2 négy kijáráttal rendelkező extruderrel éri el. A projektben az olasz Technofilere vett részt, az extrudereket és az előformáló kétdimenziós égetési alátétet szállította. A projekt egy prészserszámosítót és négy agyagszállítót is tartalmaz, melyből kettőt külső törővel szereltek fel.

Brick World, 2. semestere, 2004. p. 15.

Az Imerys megszerezte a magyar Burton-Apta-t

Az Imerys Group nemrégiben megvette a Burton-Apta magyar vállalatot, amely az Imerys Kiln Furniture szervezet tagjaként Imerys Magyarország Tűzállóanyaggyártó Kft. néven működik tovább. Az egyesült vállalatok növekvő újításaikkal és szakértelmükkel sokkal változato-



sabb gyártástechnológiát, szélesebb termékválasztékot biztosítanak a vásárlók számára. A szervezetek és a gyáregységek egyesítéseinek köszönhetően (Franciaországban, Spanyolországban, Thaiföldön és most Magyarországon) az Imerys Kiln Furniture a tűzálló anyagból készült kemencealkatrészek teljes választékát tudja biztosítani.

Brick World, 2. semestere, 2004. p. 16.

A Lasselsberger új gyárakat vásárolt

2004 júniusában a Villeroy & Boch Group végleg eladta 4 burkolólapgyárát: a francia Oiry gyárát az olasz Epoca vállalatnak, míg az olaszországi gyárát (melyet azelőtt Vaccari néven ismerhettünk), a magyarországi Alföldi és a romániai Mondial gyárát a Lasselsberger Groupnak.

2004 októberében a Lasselsberger csoport közel 90%-os részesedést szerzett a Zalakerámia Rt.-nél, ezáltal fő tulajdonosává vált a Magyarországon lévő tőfeji és romhányi gyáregységeket, a romániai Ceasaromot és a horvát Inkert magában foglaló csoportnak.

Az alapanyagokat, építőanyagokat és kerámiákat gyártó Lasselsberger Group ezzel megerősítette világvezető pozícióját a burkolólapgyártásban, ahol kapacitása eléri a 65 millió négyzetmétert évenként, melyet a fentiekén kívül a cseh Clumchanske (Bohemiagres), Rako és Ceramica Hob (Horni Briza), a szlovák Kerko és a román Sanex gyáraival együtt ér el.

Összességében a Lasselsberger társaság 13 országban található 62 gyártóüzemmel rendelkezik, és 12 000 alkalmazottat foglalkoztat, mellyel Európa egyik vezető cégévé vált.

Ceramic World, július-szeptember, 2004. N. 58, p. 12.

www.lasselsberger.com

Új gyorsító kemence

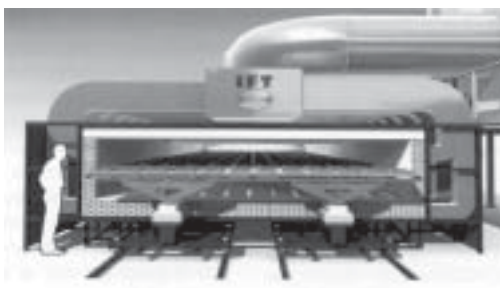
Most már több mint 15 éve, hogy az Inteco technikusai olyan nagy tömegű kerámiai termékekhez telepítenek sikeresen gyorsító kemencéket, mint például falazóblokkok, extrudált cserepek, kőedények, öntött, elektromos szigetelő porcelánok és még számos kerámiai termék. Ezek a termékek égetésüket tekintve nagyon különböznek egymástól, de mindegyik nagy tömegű és méretű.

A görgős kemence széles körben használt berendezés, de nem alkalmas nagyméretű kerámiák gyártására. Például porcelán burkolólapból görgős kemencében maximálisan 1800 x 1200 mm-es méretű égethető. A görgős kemence ipari méretekben tetőcserép gyártására sem alkalmas, ugyanis mechanikailag lehetetlen megoldani, hogy a cserepek tűzálló anyagból készült támasztóele-

mek nélkül mozogjanak a kemencében, mely energia-vesztéssel jár.

Ezen problémák kiküszöbölése érdekében új módszert kerestek az áruk kemencében történő szállítására a hagyományos kemencekocsik használata nélkül, melyek magas hőtehetetlenséggel rendelkeznek, ezért gyorsításhoz nem alkalmasak. A tapasztalatokra alapozva az Inteco új kemencét szabadalmaztatott Gemini néven, ami nagyméretű (akár 2 x 3 m) porcelán burkolólap gyorsítására is alkalmas.

A Gemini kemence jellemzői két fő csoportra oszthatók: az első csoport a termék kemencében történő szállítását szolgáló rendszere összpontosít, míg a második csoport a kemence termodinamikájával foglalkozik.



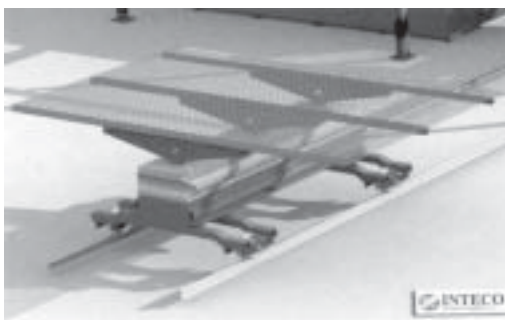
A termékek szállítására a kemencében. Az újító és nagyméretben könnyített kocsik a következő fő jellemzőkkel rendelkeznek:

- alkalmasak a gyorsításra (kevesebb mint 120 perc) magas hőmérsékleten (1350 °C felett);
- nagy hasznos keresztmetszettel rendelkeznek (akár 7,5 méter);
- egyrétgű égetést tesznek lehetővé – Exoloy SA SiC-ből készült variálható görgőkön –, melyek garantálják a tökéletesen egyenes felületet nagy betöltési sűrűség és hőmérséklet mellett (300 kg/m², 1350 °C);
- statikus kapcsolatot biztosítanak a SiSiC keret, a SiC görgők és a szállítórendszer között;
- a tartószerkezetnek nagyon alacsony a hőtehetetlensége.

A tartószerkezet három, nulla porozitású szilícium-karbidból átitatott szilícium T-elemből áll, melyeket öntéssel készítenek. Ezek az elemek hősokkállóak, és melegen is jól terhelhetőek. A terméktől függően a görgők átmérője és távolsága változtatható. A T-elemeket a kocsi aljához rögzítik, amely az elemek szükséges stabilitást biztosítja.

A kemence termodinamikája:

- minden hőfolyamat-változtatás automatikusan el-



lenőrzött (hőmérséklet, nyomás, füstgáz és levegő aránya);

- belső nyomás szabályozása a kemence két különböző pontjában (égőtér, hűtőzóna);
- füstgáz recirkulációjának szabályozása a kemence előmelegítő zónájában;
- minden egyes égő (és nem égő csoportok) hőmérsékletének külön-külön szabályozása;
- A hűtő levegő arányának szabályozása.

Ceramic World, július-szeptember, 2004. N. 58, p. 198–202. Brick World, 2. semestre, 2004. p. 54–57.

A Ferro bemutatta a 2006-os szín- és formatrendet

Ornella Bignami, a milánói Elementi Moda divattervező cég tulajdonosa 2004. október 2-án a Ferro szervezésében Riminiben tartott előadást a 2006-os év irányvonala-iról. Elmondása szerint az összhatás a felületek, színek és fények egymásra gyakorolt hatásából adódik. A szín nemcsak egy dekoráló eszköz, hanem az anyaggal egymásra hatva kiemeli annak méreteit, domborulatait, mélységeit.

A várható trend 2006-ban:

- geometrikus, 3D, szimmetrikus minták, építészeti hatások, pl. textil, patchwork;
- tört felületeken megjelenő fényjáték, amely hideg, szinte észrevehetetlen tónusban jelenik meg, pl. csillogó kristálypontok;
- növény- és fahatás, pl. búza, levélerezet, görcsös fa, rusztikus fafelület;
- bőr- és szőrmehatás, természetes minták, pl. gepárd, párduc, marha, kígyó, teknősbéka;
- kő-, papír- és kartonpapírszínek és hatások, pl. hasított kő, hullámpapír;
- sötét, hideg fém- és vas hatás, pl. rozsdás fémfelület, polírozott, illetve matt fémfelület, rusztikus fémfelület;
- színes felületek, színek kombinációja, pl. narancs, sárga, cotto, arany (meleg színek), valamint kínaiak, ibolya, illetve fekete-sárga párosítás.

Grand Hotel Konferenciaterem, Rimini, Olaszország, 2004. október 2.

MOODS 2006 Lifestyles Colors and Materials to Come, Ferro,

Ceramic World, július-szeptember, 2004. N. 58, p. 38.

A világ vezető szanitergyártó csoportjai

1. *American Standard Companies Inc. (USA).* Teljes gyártási kapacitás (2002): 28 700 000 darab/év. 3 földrajzi területen (Amerika, Európa, Távol-Kelet), 23 országban van gyára.
2. *Roca Group (Spanyolország).* Teljes gyártási kapacitás (2002): 26 000 000 darab/év. 16 országban 17 gyára van.
3. *Sanitec International (Finnország - Luxemburg).* Teljes gyártási kapacitás (2002): 16 100 000 darab/év. 10 országban 11 gyára van.

4. *Toto Corporation (Japán)*. Teljes gyártási kapacitás (2002): 9 850 000 darab/év. 8 országban 9 gyára van, melyből a vietnámi gyár 2004-ben kezdett el működni.
 5. *Kohler Group (USA)*. Teljes gyártási kapacitás (becsült érték): 8 350 000 darab/év. 6 országban 7 gyárral rendelkezik.
 6. *Villeroy & Boch (Németország)*. Teljes gyártási kapacitás (2002): 6 000 000 darab/év. 7 országban van gyára.
 7. *Civita Castellana (Olaszország)*. Teljes gyártási kapacitás (2002): 4 000 000 darab/év. 13 kisebb gyárral rendelkezik Olaszországban.
 8. *Vitra-Eczacibasi (Törökország)*. Teljes gyártási kapacitás (2003): 3 700 000 darab/év. 2 gyárral rendelkezik Törökországban.
 9. *Orion (Mexikó)*. Teljes gyártási kapacitás (becsült érték): 3 600 000 darab/év. 4 gyárral rendelkezik Amerika különböző részein.
 10. *Hindustan Sanitaryware (India)*. Teljes gyártási kapacitás (becsült érték): 3 000 000 darab/év. 2 gyárral rendelkezik
- Ceramic World, október-december 2003, N.54, p.68-72*

A világ burkolólapgyártása és -fogyasztása

A világ burkolólapgyártása 2003-ban területenként

Terület	Termelés, millió m ²
Európai Unió	1422
Egyéb európai országok	420
Észak-Amerika	234
Közép- és Dél-Amerika	652
Ázsia	3085
Afrika	212
Óceánia	5
Összesen	6030

A világ 10 legnagyobb burkolólapgyártó országa

Hely.	Ország	Termelés, millió m ²				
		1999	2000	2001	2002	2003
1.	Kína	1600	1807	1810	1868	1950
2.	Spanyolország	602	621	638	651	624
3.	Olaszország	606	632	638	606	603
4.	Brazília	428	453	473	508	534
5.	Indonézia	130	200	220	230	260
6.	India	85	97	109	150	190
7.	Törökország	150	175	150	162	189
8.	Mexikó	130	138	167	159	171
9.	Thaiföld	70	56	63	100	135
10.	Irán	60	71	78	95	120
	Magyarország	9,5	9,3	9,2	9,8	9,7
	Világ összes termelése	4841	5320	5500	5740	6030

A 10 legnagyobb burkolólapot gyártó ország a világ összes termelésének 79,2%-át, míg az első 30 ország 96,7%-át teszi ki.

A 10 legnagyobb burkolólapot fogyasztó ország a világ összes fogyasztásának 63,4%-át, míg az első 30 ország a 85,7%-át teszi ki.

A világ burkolólap-fogyasztása 2003-ban területenként

Terület	Fogyasztás, millió m ²
Európai Unió	1044
Egyéb európai országok	412
Észak-Amerika	444
Közép- és Dél-Amerika	579
Ázsia	2973
Afrika	238
Óceánia	34
Összesen	5724

A világ 10 legnagyobb burkolólap-fogyasztó országa

Helyezés	Ország	Burkolólap-fogyasztás, millió m ²					2003 Fogyasztás, m ² /fő/év
		1999	2000	2001	2002	2003	
1.	Kína	1300	1400	1500	1600	1700	1,30
2.	Brazília	383	395	417	456	421	2,31
3.	Spanyolország	273	290	312	327	332	7,78
4.	USA	195	212	211	245	267	0,92
5.	Olaszország	192	200	192	183	183	3,19
6.	India	85	97	102	145	180	0,18
7.	Németország	192	184	164	144	147	1,78
8.	Mexikó	87	100	129	141	146	1,41
9.	Indonézia	95	164	168	110	130	0,59
10.	Franciaország	114	122	125	124	125	2,08
	Magyarország	17,5	19,8	21,1	24,3	26,2	2,7
	Világ összes fogyasztása	4485	4735	5142	5426	5724	0,95

A világ 10 legnagyobb burkolólap-exportáló országa

Helyezés	Ország	Burkolólapexport, millió m ²				
		1999	2000	2001	2002	2003
1.	Olaszország	417	436	441	438	418
2.	Spanyolország	270	312	339	357	336
3.	Kína	19	24	53	125	206
4.	Brazília	43	48	47	74	103
5.	Törökország	50	52	57	74	84
6.	Indonézia	17	20	30	50	60
7.	Egyesült Arab Emírségek	15	20	22	39	35
8.	Mexikó	34	33	37	33	29
9.	Malajzia	14	15	23	29	29
10.	Portugália	19	19	21	22	25
Magyarország		3,0	2,4	2,6	2,8	2,6
Világ összes exportja		1069	1157	1244	1410	1505

A világ 10 legnagyobb burkolólap-importáló országa

Helyezés	Ország	Burkolólapimport, millió m ²				
		1999	2000	2001	2002	2003
1.	USA	139	155	160	189	207
2.	Németország	149	143	127	113	111
3.	Franciaország	89	97	104	104	104
4.	Szaúd-Arábia	28	34	48	61	55
5.	Nagy Britannia	38	44	54	48	52
6.	Észak-Korea		10	22	32	42
7.	Görögország	32	35	33	33	33
8.	Ausztrália	20	25	24	28	25
9.	Belgium	24	26	25	24	25
10.	Izrael	22	25	31	26	25
18.	Magyarország	10,9	13,0	14,7	17,4	19,8
Világ összes importja		1069	1157	1244	1410	1505

Ceramic World, július-szeptember, 2004. N. 58, p. 54-70.

A cikkekkel kapcsolatos kérdéseiket és véleményeiket az apagyi@zalakeramia.hu e-mail címen várom.

* * *

SZAKHÍREK

A Cerio-Wistra cég a RATH vállalat részére egy legújabb fejlesztésű, új kocsiskamrás kemencét szállított magas alumínium-oxid-tartalmú és különleges kerámiák égetésére. A kemence fontosabb műszaki adatai: bruttó kemencetér fogat 15,4 m³, nettó tér fogat 10,3 m³, égetési hőmérséklet 1750 °C. Égetési ciklusidő hideg/hideg kevesebb mint 246. Max. fűtőteljesítmény: 3200 kW. Fűtőanyag: földgáz. Tíz, egyenként és csoportosan szabályozható égő, ez ± 1 °C hőmérséklet-kiegyenlítést tesz lehetővé, egy százalék körüli égetési selejt mellett. Az égőkhöz vezetett levegőt egy nagy teljesítményű hőcserélő melegíti elő, a kemence energiafelhasználása ezáltal minimális.

HELYREIGAZÍTÁS

A lap 2004. 3. számában hírt adtunk az Építők Napján kitüntetettekéről. A Miniszteri Elismerő Oklevéllel kitüntetettek közül, ahol a Gazdasági és Közlekedési Minisztériumot jelöltük meg mint adományozót, elírás történt. Az adományozó a *Belügyminisztérium* volt. A tévedésért elnézést kérünk.

További kitüntetések az Építők Napján:

A Gazdasági és Közlekedési Minisztérium Elismerő Oklevelét kapta:

- *Dr. Gömze A. László* tanszékvezető egyetemi docens (Miskolci Egyetem),
- *Karácsony Tiborné* kiadói üzletágvezető (Építésügyi Tájékoztatási Központ Kft.).

A kitüntetetteknek gratulálunk!

Vályogfalazat nyomószilárdsági vizsgálata

Csicsely Ágnes*

Témavezető: dr. Józsa Zsuzsanna** és dr. Sajtos István***

1. A vályog bemutatása

A vályog a természetben előforduló szervesen alkotórészek (agyag) és az esetlegesen hozzáadott tulajdonságjavítók, azaz homokos kavics, mész, cement, növényi rostok stb. vizes keveréke.

A kötőanyag, az agyag

Agyagnak nevezzük azokat a talajban található szemcséket, amelyeknek átmérője legfeljebb 0,002 mm. A szemcsék mindig egy-egy ásványból, azaz egy-egy egységes rendszer szerint felépített, határozott kémiai tulajdonságú és összetételű vegyületből állnak. A természetben előforduló agyagok többsége néhány ásványból áll, amelyeket összefoglalóan agyagásványoknak nevezzük. A röntgendiffraktometriás vizsgálatok nagyfokú elterjedése és alkalmazása után kiderült, hogy az agyagásványok rendezett, kristályos szerkezetűek. Az agyagásványok közös tulajdonsága, hogy rossz kristályosodási képességűek, és mindig apró kristályok formájában fordulnak elő. Ugyanazon talajban a rokon szerkezetű, de eltérő összetételű vegyületek legtöbbször keverten találhatóak meg.

Az agyagokban előforduló ásványok a különböző kőzetek mállásából keletkeztek. A mállási kőzetek legnagyobb részét, 75-80%-ban oxigénből, szilíciumból és alumíniumból állnak. Kisebb mennyiségben, összesen tartalmaznak 16%-ban vasat, kalciumot, nátriumot, káliumot és a magnéziumot. A felsorolt elemek ásványokká vegyülnek, amelyeknek több mint 90%-a csak néhány ásványcsoportba tartozik. (Kézdi, 1977)

Az agyagokat alkotó ásványok: Vendl (Vendl, 1951) szerint négy csoportba sorolhatók. A legfontosabbak a fizikai tulajdonságok szempontjából azok az ásványok, amelyek képződésekor, azaz a kémiai málláskor újonnan keletkeztek; ezek a tulajdonképpeni agyagásványok. A második csoportba azok az ásványok tartoznak, amelyek az eredeti kőzet elegyrészei voltak. Ezek málláskor a kémiai átalakulásoknak ellenálltak, csupán felaprózódtak. Idetartozik a kvarc, a földpátok, a csillámok s néhány ritkábban, kis mennyiségben előforduló ásvány. A harmadik csoport az agyagban leülepedés közben vagy azután képződött. Ilyen pl. a pirit, a dolomit, a glaukonit. Végül az utolsó csoport ásványai biogén eredetűek: növények és állatok szilárd vázrészei.

Kézdi (Kézdi, 1977) szerint a tulajdonképpeni agyagásványok három csoportba: kaolinitszerű, montmorillonit-szerű és hidrocsillám ásványokra oszthatók fel, amelyek két fontos egységből állnak. Az egyik a tetraéder egység, amikor egy szilíciumatomot egy tetraéder négy csúcsán oxigénatomok zárnak közre. Ezekből az egységekből olyan síkháló épül fel, amelyben a tetraéderek sarokpontjai azonos irányba mutatnak. Minden egyes oxigénatom két tetraéderhez tartozik. A felső sarokpontokat OH-ionok alkotják, a rács tehát három különböző rétegből: egy oxigén-, egy szilícium- és egy hidroxilrétegből áll.

A másik alapegységben, az oktaéder egységben: egy Al-, Fe- vagy Mg-atomot hat OH-ion fog közre. Ha az oktaéder közepén alumíniumatom van, akkor a síkhálót gibbsitnek, ha magnéziumatom, akkor brucitnak nevezik.

Az agyagásványok három fő csoportjában a legfontosabbak a következők: a kaolinit, a montmorillonit és az illit.

A kaolinit vegyi összetétele: $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Az egyes atomok ionos kötéssel kapcsolódnak egymáshoz. A szilícium és az oxigén tetraéderes síkhálót alkot, ehhez oktaéderesen $\text{Al}(\text{OH})_6$ elemek kapcsolódnak. A Si-O tetraéderes síkháló töltéseit az Al^{3+} -kationok és az OH-ionok csaknem teljesen közömbösítik, így a kaolinit felületén nincsenek szabad töltések, ionokat nem tud adszorbeálni, legfeljebb az egyes lapok élein. A kaolinitásványok kötéseit főleg hidrogénkötések, amelyek elég erősek, ezért a kaolinit számos nehezen szétválasztható rétegből áll, így ez az ásvány stabil, zsugorodása-duzzadása csekély, mivel a rétegek közé nem tudnak vízmolekulák beépülni.

A kaolinitcsoportba tartozó fontosabb ásvány még a halloysit $[\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$. Kristályszerkezetében a Si-O tetraéderek csúcsa váltakozva felfelé és lefelé irányul. Így a rácsrétegek egymástól való távolsága nagyobb, s a felfelé forduló tetraéderek csúcsán O^{2-} -ionok helyett OH-gyökök foglalnak helyet, amelyek könnyen hidratálódnak.

A montmorillonit képlete, ha a Ca-, Mg-ionokat szerkezeti elemnek tekintjük: $n(\text{Ca}, \text{Mg})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + x\text{H}_2\text{O}$. Kristályrácsa két tetraéderes Si-O síkháló között elhelyezkedő oktaéderes hidrargillit [alumínium-hidroxid $\text{Al}(\text{OH})_3$] rétegből áll; a hidrargillitrétegben az alumíniumot részben magnézium vagy vas helyettesíti. Ekkor a síkhálót, ha ~ 25% MgO, akkor szaponitnak, ha ~ 20% MgO és ~ 3% LiO hektaritnak, ha ~ 30% Fe_2O_3 nontronitnak nevezik. A kristályrács szerkezete: a tetraéderes síkhálóban csak minden második Si-O tetraéderhez

* egyetemi tanársegéd, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

** egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

*** egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

kapcsolódik a közbülső hidrargillitréteg, mert a közbülső tetraéderek csúcsai kifelé fordulnak. Ezek csúcsán azután OH-ionok foglalnak helyet, amelyek erősen hidratálódhatnak. Az egyes rétegek közötti távolság a beékelődő vízmolekulák számától függően változhat, ezért ez az ásvány a vízben könnyen megduzzad, és a rétegek harmonikaszerűen eltávolodhatnak egymástól. A rétegek egymástól való távolsága a jelen levő kationok minőségétől és az ásvány jellegétől függ. A montmorillonitnak erős báziscserélő képessége van; jelentős a negatív töltésfeleslege. A ráctávolságok harmonikaszerű változási erős térfogatváltozást tesz lehetővé. A nedves montmorillonit erősen képlékeny, belső surlódása kicsiny.

A montmorillonitcsoportba tartozik még a beidellit, a nontronit (ferrimontmorillonit); ezek kristályszerkezete megfelel a montmorillonit szerkezetének.

A hidrocillámok felismerése újabb keletű. Nagy mennyiségben fordulnak elő Amerikában, Illinois államban, ezért *illitnek* is nevezik. Szerkezetük hasonlít a csillám szerkezetéhez; rendkívül kicsiny szemcsékből állnak. A csillámokhoz képest kisebb az alkálitartalmuk és nagyobb a víztartalmuk.

Az egyes elemek ismeretében a teljes rendszert tekintve az egyes agyagásványok által alkotott kicsiny szemcsék – a vízburok sajátosságainak megfelelően – a felszínükön fellépő erők által megszabott módon halmazokká egyesülnek. Ezek a halmazok kialakulhatnak a vízből való leülepedés után a vízfenéken: így képződik az ún. sejszerkezet. Ha a szemcsék felületén működő elektromos erők a leülepedés során változnak meg, a vonzerők hatására az aggregálódás – pelyhesedés, csomósodás – már a vízben lebegő szemcsék között is megindulhat, s a továbbiakban már nem az egyes szemcsék, hanem szemcsehalmazok ülepednek le. Így alakul ki az ún. pehelyszerkezet.

A lapos korong alakú kaolinit- és illitszemcsék esetén a lapok negatív töltésűek, és kationokat kötnek le, az éleken viszont pozitív töltések találhatók.

Kézdi (Kézdi, 1977) értelmezése szerint az agyagmicella – egyedi részecskékből álló agyagsejt – lapjain negatív töltés, az éleken és a sarkokon pedig pozitív töltés van. Ezért az egyes szemcsék között vonzóerő lép fel, ha élek és sarkok érintkezésbe kerülnek. Az érintkezés lehet pontszerű és vonalas. A másodlagos kötést Coulomb-féle vonzás, van der Waals-erők, kationok és adszorbeált vízmolekulák kötőereje hozta létre. Ha két részecske lap mentén jut érintkezésbe, akkor Coulomb-féle tasztítóerő – az azonos töltések hatására – lép fel, de ennek hatását felülmúlhatja a külső erő, a van der Waals-erő a kationkötés és az adszorbeált vízmolekulákból származó hidrogénkötés együttes hatása. Ilyen módon a vékony, borotvapengéhez hasonló agyagszemcsékből kártyavárszerű szerkezet alakulhat ki. E vázszerkezet az érintkezési pontokban mereven kötött agyaglemezek miatt eléggé stabil és merev. A merevség a kapcsolatok szilárdságától függ, amit viszont a kapcsolat jellege és a kötőerők nagysága határoz meg. A kapcsolat jellegét az agyagrészecske geometriai alakja

dönti el. Montmorillonitrészecskék például csak csúcs menti kapcsolatot alkothatnak; kaolinit és illit esetében gyakoribb lehet a sokkal erősebb él menti kapcsolat.

Ha a talajban az agyagrészecskéken kívül durvább homok- és iszapszemcsék is vannak, a kapcsolatok ezek felületén is létrejöhetnek. Kialakul egy nagy pórusú, homok- és iszapszemcsékből álló vázszerkezet, melynek hézagait a fenti agyagváz tölti ki; az agyagváz mikropórusaiban viszont víz foglal helyet. Ha egy ilyen talaj terhelés alá kerül, a feszültség az iszapszemcsék útján adódik tovább, két szomszédos iszapszemcse között emiatt az agyagrészecskék erősen összenyomott állapotban vannak, a nagy pórusokban levő agyagszemcsék viszont terhelést sem kapnak. Így a durva szemcsék közötti agyagrészecskék él és lap menti, viszonylag erős kötést alkotnak. Ehhez járul még a karbonátok és a vas-oxidok esetleges cementáló hatása. Bizonyos terhelés hatására a vázszerkezet merevsége megszűnik, deformáció lép fel, és a terhelés az eredetileg feszültségmentes agyagmátrixra adódik át. Ekkor a talaj összenyomódása rohamosan nő. Ezzel magyarázható az is, hogy az agyagok szilárdsága átgúrási hatására csökken, majd idővel a vázszerkezet újabb kialakulásával és a kötési formák átalakulásával, továbbá a van der Waals-erők működésének hatására a szilárdság újból megnő. Hidrosztatikus feszültségállapot hatására az ilyen szerkezetben szilárdulás jön létre, mert a pórusvíz kinyomódik, és a kötési formák megváltoznak: a csúcs menti él mentivé, az él menti pedig lap mentivé alakul.

Az agyagrészecskék lemez-, illetve tűszerű alakja miatt azok rendeződése lényegesen kihat az agyag viselkedésére. Állóvízben való nyugodt ülepedés során a részecskék szabálytalan „kártyavár”-alakban helyezkednek el, s ha van is szerepe a gravitációnak, a szerkezetet a felületi erők szabják meg. Ha a leülepedett rétegre külső terhelés hat, akkor megindul a konszolidációs folyamat, a réteg összenyomódik; ez lassan következik be. Ez a konszolidáció a pehelyszerkezetet módosítani fogja, a szemcsék irányítottasága egyre rendezettebb lesz, s a részecskék egyre inkább az erőhatásra merőlegesen helyezkednek el. Ha most a talajt átgúrájuk, akkor kicsiny csomók, rögöcskék keletkeznek; e rögökön belül az agyagrészecskék egymással párhuzamosan, maguk a rögök viszont szabálytalanul helyezkednek el. Ha a halmazra nyírófeszültségek hatnak hosszabb ideig, a rendszer rendezettebbé válik.

Ha az agyagot alkotó pikkelyes részecskék leülepedés-kor lapjukkal vízszintes helyezkednek el, a részecskék vízszintes síkok szerint orientálódnak. A későbbi terhelés ezt a rendeződést még jobban megnöveli, ezért a vízszintes településű agyagok összenyomhatósága függőleges irányban, a pikkelyes részecskék lapjára merőlegesen rendszerint jóval kisebb, mint vízszintes irányban; ugyanez a helyzet a vízáteresztő képességgel is. (Kézdi, 1977)

Adalékanyagok

Az agyag tulajdonságainak javítása érdekében különböző adalékanyagok alkalmazhatók aszerint, hogy mi a javítás

célja. Az adalékanyagok adagolásánál figyelembe kell venni azok módosító hatását, és csak az előírt vagy a tapasztalat alapján ajánlott mennyiséget szabad alkalmazni, mert ellenkező esetben ellentétes hatások várhatók.

Amennyiben nincsenek előírások vagy tapasztalati adatok, akkor előzetesen próbákat kell készíteni, laboratóriumi vizsgálatokat végezni, és úgy beállítani az adalékanyagok pontos mennyiségét.

A kövér agyag nagy száradási zsugorodású, ezért az ebből készült elemeknél vagy falaknál a kiszáradás során repedések keletkezhetnek, amelyek így szilárdságsökkenéssel járnak. A kövér agyag egyik fő adalékanyaga a homokos kavics, amely 0,125–4 mm szemcseméretű, főleg kvarc, továbbá még földpát és szilikát alkotórészt tartalmazó, szemcsés anyag. A folyami homokos kavics szemcséi érdesek, szilánkosak, a futóhomoké csiszoltak és gömbölyűek. Ebből adódik, hogy a folyami homokos kavics teherbíró és jól tömöríthető, a futóhomoké kevésbé teherbíró és tömöríthető. (Szűcs, 2002)

Példák egyéb adalékanyagok alkalmazására: 1%-os mészsadalékkal stabilizálni lehet a duzzadó agyagokat. Cementadagolás esetén a vályog nyomószilárdságát, illetve felületének időjárással szembeni ellenálló képességét lehet növelni. A kutatások tanúsága szerint az adagolás mértéke sovány agyagnál 5–8%, kövér agyagnál cca. 3% esetén eredményes. Nagy agyagtartalmú vályogoknál a cementtel való stabilizálás eredménytelen. 3–5% gipsz adagolásával az agyag zsugorodását lehet kedvező mértékben befolyásolni. Kazein, tej és egyéb fehérjék adagolásával javítható a vályog vízállósága és vízzel szembeni ellenálló képessége. Növényi rostok és egyéb szálalanyagok (szalma, törek, nád, sás, tülevél, állati eredetű szőr stb.) hozzáadásával növelhető a vályog húzószilárdsága, hőszigetelő képessége, de emellett csökken a nyomószilárdsága. (Molnár, 1998)

A vályog mint építőanyag

A vályog sokfélesége miatt a szabványosítás hazánkban eddig nem történt meg. Németországban az 1950-es években volt érvényes DIN szabvány, amit az EUROCODE kapcsán próbálnak újjáéleszteni, de napjainkban még semmilyen szabályozás nem rendelkezik a vályog alkalmazásáról, tulajdonságairól. Ezen rendelkezések hiányában csak irodalmi adatokra és tapasztalati úton szerzett értékekre lehet támaszkodni a tervezés és kivitelezés során. Külön gondot jelent, hogy a vályogépítésben nagy tapasztalattal rendelkező generációk tudása, anyagismerete – amely területenként eltérő – mára nagyrészt feledésbe merült.

Az alábbiakban bemutatunk néhány, a szakirodalomban fellelhető, az építők számára fontos műszaki paramétert. Az értékek bemutatása általános, az építés helyszínén az ott található agyag tulajdonságait szemrevételezéssel vagy laboratóriumi kísérletekkel kell megállapítani.

Az agyagfajták testsűrűsége függ a származási helytől, a víztartalomtól, illetve az összetevőktől. A testsűrűség alapján különböző agyagfajtákat különböztethetünk

meg, amely befolyásolja az anyag bedolgozhatóságát, száradási zsugorodását (1. táblázat).

1. táblázat

Az agyagfajták testsűrűsége és zsugorodása

Agyagfajták	Testsűrűség, kg/m ³ (Molnár, 1998)	Zsugorodás, % (DIN 18952)
Homokos, löszös agyag	1750	nincs adat
Sovány agyag	1850	1–2,5
Félkövér agyag	1900	2–3,5
Kövér agyag	2000	3–5
Nagyon kövér agyag	2200–2400	4–10

A különböző vályogfajták szilárdsága függ a testsűrűségétől, az összetevők arányától. A testsűrűség függvényében történik az osztályba sorolás. A testsűrűség és a vályognak még a hővezetési képességét is befolyásolja. A 2. táblázat az egyes vályogfajták és a hozzájuk rendelt szilárdság és hővezetési tényezők adatait tartalmazza.

2. táblázat

A vályogfajták műszaki adatai

Vályogfajták	Testsűrűség, kg/m ³	Nyomószilárdság, N/mm ²	Hővezetési tényező, W/(m·K)
Könnyűvályog	1200	1,0	0,47
Rosterősítésű vályog	1200–1700	2,0	0,7
Nehéz vályog	1800–2000	4,0	0,93

Jelenleg a hazai gyakorlatban a könnyűvályogot favázkitöltő falazataként alkalmazzák, mivel kicsi a szilárdsága, viszont a hőszigetelő képessége jelentős. A nehéz vályogot teherhordó falazatként alkalmazzák, de kevésbé jó hőszigetelő képessége miatt kiegészítő hőszigeteléssel látják el.

A környezetbarát építési rendszerben kétfajta fejlesztés figyelhető meg. Az egyik a falazóanyagok hőszigetelő képességének növelése, amely az agyag esetén könnyűvályog elemek alkalmazásával érhető el, ahol a nagy szervesanyag-tartalom – nád, szalma, fűrészpör – javítja a hőszigetelő képességet, ugyanakkor a könnyűvályog fal szerkezeteknek nagyobb a hőtároló tömege, mint a mai falazóblokkokból épültek. A másik fejlesztés a természetes alapú (kender, gyapjú) vagy újrahasznosított anyagokból (újrahasznosított papír) készült hőszigetelések előállítása és alkalmazása.

2. Laboratóriumi vizsgálatok a falazatszilárdság meghatározására

A kísérlet célja

A korábbi kísérletek tapasztalatai alapján, amely eredményeket 2003-ban már ismertettem, arra engedtek következtetni, hogy a vályogfalazatok az alakváltozásra lágyuló anyagmodellnek megfelelően viselkednek. Ez azt

jelenti, hogy a maximális feszültség elérésekor az anyag még nem megy tönkre. A tönkremenetel eléréséhez növelni kell az alakváltozást, ami csökkenő feszültséggel jár. A kísérlet célja, hogy az alakváltozásra lágyuló ágát is kimérjük a feltételezett anyagmodellnek megfelelően, illetve a maximális erőt meghatározzuk.

Az alábbiakban a Székesfehérvári Téglagyár üzemében készült elemekből épített falelemek nyomószilárdságának vizsgálatáról számolok be.

A vályog falazóelemek

A falazóelemek készítése üzemi körülmények között az égetett kerámiatégla gyártástechnológiája szerinti történet azzal a különbséggel, hogy a tiszta agyaghoz kis mennyiségű (3–5%) szalmát kevertek. A vályogelemeket egy nyitott pajtában, depóniába rakva szárították.

Vizsgálatok

A vályogfalazatok vizsgálatára érvényes szabványok nem állnak rendelkezésre, ezért a kísérletek során az MSZ és az Eurocode égetett kerámia falazóelemekre vonatkozó előírásai voltak az irányadók. A méréseket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építésmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék, illetve az Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék laboratóriumaiban végeztem. A szilárdságvizsgálathoz a faltesteket és a két elemet egyszerre falaztam. A minták laboratóriumi körülmények között száradtak, s a vizsgálatokra 90 napos korban került sor. A kiszáradás alatt a levegő hőmérséklete 19,6–25,7 °C, míg a relatív páratartalom 30–59% közötti mozgott. A falazóelemekből három falazati próbatestet építettem, az egy-egy elem összeépítésénél öt próbatestet, illetve a habarcsnál 6 darab 40x40x160 mm-es próbatestet vizsgáltam.

Habarcsvizsgálat

Habarcs készítéséhez azt a vályogot használtam fel, amelyből a falazóelemek is készültek. Először vízben áztattam egy napig, majd alaposan elkevertem. A habarcsmintákat 1 hetes kor után zsaluztam ki. A habarcs próbatestek a faltestek mellett száradtak a vizsgálatokig. A méréseket az *MSZ 16000-3:1990 Habarcsok. Általános rendeltetésű habarcsok mintavétele és vizsgálati módszerei*, illetve az *MSZ EN 1015-11:2000 Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 11. rész: A megszilárdult habarcs hajlí-*

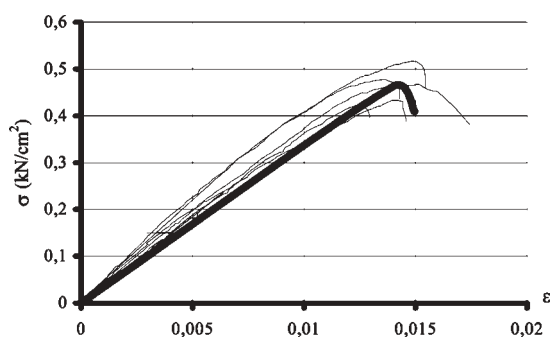
tó- és nyomószilárdságának meghatározása című szabványok alapján végeztem. A habarcsok átlagos jellemzőit a 3. táblázat foglalja össze.

A habarcsminták nedvességtartalmát + 60 °C-on tömegállandóságig folytatott kiszáritással határoztam meg. Értéke 0,86–1,02 tömeg% közé esett, amely megegyezett a faltesteken mért értékekkel.

Két összeépített falazóelem vizsgálata

A vályog falazóelemeket az *MSZ 551-1:1988 Égetett agyag falazóelemek. Általános műszaki előírások* című szabvány alapján vizsgáltam, figyelve az anyag várható viselkedésének hatásaira. Két-két falazóelemet építettem össze agyaghabarccsal, és a habarcs felületi simításának egyenletessége érdekében alul-felül farostlemez helyeztem a próbatestekre. Így igyekeztem biztosítani a vizsgálat során a nyomólapok párhuzamosságát és a felületük sík voltát. Az összehabarcolt minták laboratóriumban száradtak, a fent említett körülmények között.

A kísérlet során mértem a nyomóerőt és az alakváltozást, ebből kiszámítottam és ábrázoltuk a σ - ϵ függvényeket. A vizsgálatához 5 darab próbatestet készült. Az 1. ábra az öt kísérleti eredményt és a törés átlagát mutatja.



1. ábra. A két összeépített elem feszültség és fajlagos alakváltozás diagramja

(a vékony vonal az egyes elemek kísérleti eredményeit, a vastag vonal az eredmények átlagát mutatja)

A diagramokon már két elem terhelésének esetében is megfigyelhető a felpuhuló anyagmodell szerinti viselkedés. A különböző minták a terhelés hatására nagyon hasonló viselkedést mutattak, az észlelhető kis eltérés oka az üzemi körülmények közötti gyártással, valamint a „kis építési hibával” magyarázható.

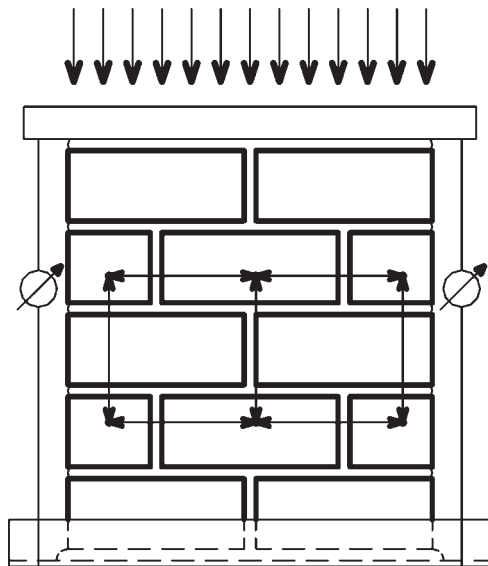
Falelemek vizsgálata

A falelem méretének meghatározásához az *MSZ EN 1052-1:2000 Falazatok vizsgálati módszerei. 1. rész: A nyomószilárdság meghatározása* című szabvány 7. fejezetében leírtak szolgáltak alapul: így 1/2 falazóelem széles, 2 falazóelem hosszú és 5 sor magas falelemet készítettem (2. ábra).

3. táblázat

Az agyaghabarcsok konzisztencia- és szilárdsági jellemzői

Minta megnevezése	Terület, cm MSZ 16000-3:1990	Hajlítószil., N/mm ² MSZ EN 1015-11:2000	Nyomószil., N/mm ² MSZ EN 1015-11:2000
Agyaghabarcs	14	0,71	2,4



2. ábra. A falelem kialakítása a mérési helyek bejelölésével (nézet)

A falelemet a téglakötés szabályai szerint, a páratlan sorokban két egész elem, a páros sorokban fél téglát eltolással, a falvégnél két fél elem zárással építettem. A falazati próbatestek U acél fogadóelemben készültek, agyaghabarcsba rakva. A függőleges és vízszintes síkok kialakításához sablont és vízmértéket használtam. Az így nyert próbatestek mérete cca. 60 x 60 x 14,5 cm volt.

A minták a laboratóriumban száradtak a 90 napos korban való vizsgálatukig. A kiszáradás alatt a levegő hőmérséklete 25–30 °C, míg a relatív páratartalom 30–50% között mozgott.

3 darab próbatest készült. A törési vizsgálat előtt a teherelosztó lap három pontjára útdókat rögzítettem, amelyeket a mérőberendezéshez csatlakoztattam. A várható maximális feszültség értékének feléig a harmadpontokban álltam meg

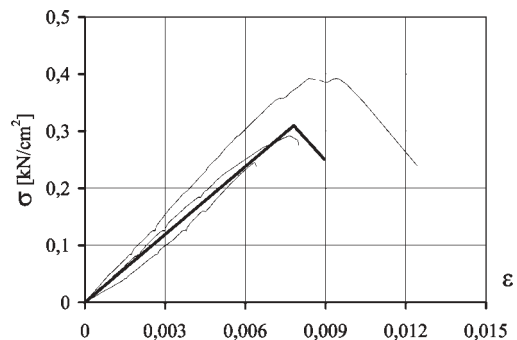


3. ábra. A falelem előkészítése



4. ábra. A tönkrement falelem

a terheléssel. Az egyes teherlépcsőkhöz tartozóan 0,001 mm pontosságú deforméterrel olvastam le a hét helyen bejelölt mérési pontokon a végbement vízszintes és függőleges alakváltozás mértékét. A vizsgálat eredményét a 3-4. ábrák mutatják. A mérési adatokból kiszámítottam a feszültség-alakváltozás mértékét, a különböző összetételű falelemeken kapott értékek átlagait az 5. ábrán mutatom be.



5. ábra. A falelemek feszültség-alakváltozás diagramjai (a vékony vonal az egyes elemek kísérleti eredményeit, a vastag vonal az eredmények átlagát mutatja)

A falelemek tönkremenetele vagy a próbatest valamelyik szélén a falazóelemek repedése után következett be (4. ábra), vagy a falazat középső szakaszán lévő elem elrepedése után, amely azután a falazat teljes tönkremenetelét okozta.

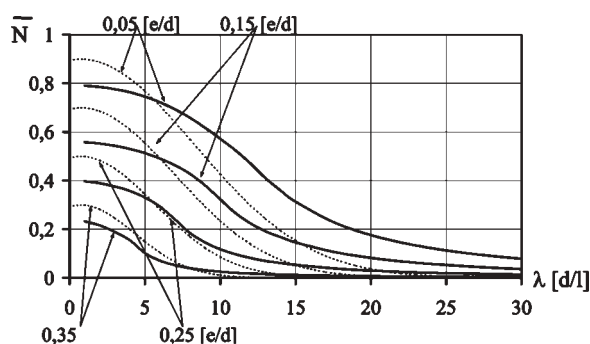
A vizsgálatok azt igazolták, hogy a falelemek az alakváltozásra fellágyuló anyagmodellnek megfelelően viselkednek. A mintákban itt már nagyobb eltérések találhatóak a legnagyobb szilárdság tekintetében, ami azzal magyarázható, hogy a mintában nagyobb az építési hibák lehetősége.

A fentebb említett szabvány alapján meghatároztam a falazat rugalmassági modulusát, az átlagos nyomószilárdságát és a jellemző nyomószilárdság értékeit, amelyet a 4. táblázat mutat be.

A minták jellemző paraméterei

Vizsgált jellemzők	Mért érték
Rugalmassági modulus, N/mm ²	141
Átlagos nyomószilárdság, N/mm ²	3,1
Karakterisztikus nyomószilárdság, N/mm ²	2,58

A szintmagas fal Eurocode 6 szerinti teherbírását összehasonlítottam az alakváltozásra lágyuló anyagmodell segítségével, számítással meghatározható teherbírással. Az eredményeket a fal karcsúságának és kezdeti külpontosságának függvényében a 6. ábrán mutatom be. Kis karcsúságok esetén az általam számolt teherbírás kisebb, nagy külpontosság esetén pedig nagyobb, mint EC 6 szerint. A számítás még nem veszi figyelembe a kezdeti görbeség, ferdeség és az építési hibák miatti kezdeti külpontosság-növekmény hatását.



6. ábra. Maximális normálerő a karcsúság függvényében különböző külpontosságok esetében

(szaggatott vonal az Eurocode 6 szabványból számított értékek, folytonos vonal a saját számításaim)

A továbbiakban különböző karcsúságú és külpontosságú erővel terhelt falak vizsgálatát tervezem, hogy így ellenőrizsem az elméleti mechanikai modellel kapott eredményeket.

3. Összefoglalás

Az agyagásványok jellemző tulajdonságának összefoglalását követően vályogfalazat-minták szilárdsági vizsgálatát ismertettem, amit a BME két tanszékén végeztem el. A kísérleti eredmények azt igazolták, hogy a vályogfalazatok alakváltozásra fellágyuló anyagmodellként viselkednek. A vizsgálat során sikerült a feszültség-alakváltozás diagram leszálló ágát is megmérni. Az így kapott anyagmodellel adja az alapját az elméleti mechanikai falmódel vizsgálatoknak.

A kísérletek az OTKA T 034466 támogatásával készültek. *Lektorálta: Balázs György professor emeritus, ny. egyetemi tanár*

Irodalomjegyzék

- Csicsely Ágnes: Vályogfalazatok és nyomószilárdsági vizsgálatai. Építőanyag, 55. évf., 2003/3. 118–124. old.
 Kézdí Árpád: Talajmechanika I. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
 Molnár Viktor: Vályog- és favázás vályogépítéset. Építőanyag, 50. évf., 1998/2. 112–119. old.
 Szűcs Miklós: Föld-és vályogfalú házak építése és felújítása. Építésügyi Tájékoztatói Központ Kft., Budapest, 2002.
 Vendl Aladár: Geológia I-II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1951.

Alkalmazott szabványok jegyzéke

- | | |
|---------------------|---|
| DIN 18952 | Baulehm, Deutsche Normen, 1956 május |
| MSZ 16000-3:1990 | Habarcok. Általános rendeltetésű habarcok mintavétele és vizsgálati módszerei |
| MSZ EN 1015-11:2000 | Falszerkezeti habarcok vizsgálati módszerei. 11. rész: A megszilárdult habarcshajlító- és nyomószilárdságának meghatározása |
| MSZ 551-1:1988 | Égetett agyag falazóelemek. Általános műszaki előírások |
| MSZ EN 1052-1:2000 | Falazatok vizsgálati módszerei. 1. rész: A nyomószilárdság meghatározása |

A Szilikátipari Tudományos Egyesület pályázatot hirdet

ÜGYVEZETŐ TITKÁRI MUNKAKÖR BETÖLTÉSÉRE

Az ügyvezető titkár feladatköre:

- irányítja, vezeti és szervezi az Egyesület függetlenített apparátusának tevékenységét annak Alapszabálya és Ügyrendje szerint, valamint vezető szerveinek határozatait az elnök és főtitkár utasításai alapján;
- ellátja az Egyesület gazdálkodási, pénzügyi tevékenységét a mindenkor érvényes pénzügyi jogszabályok elvi és szakmai előírásai szerint.

A munkakör betöltésének feltételei:

- lehetőleg felsőfokú, a szilikátipari szakterülethez kapcsolódó végzettség,
- kapcsolatteremtő és tárgyalókészség,

- szervezési tapasztalatok (pl. rendezvények szervezésében),
- pénzügyi és pénzgazdálkodási ismeretek,
- idegennyelv-tudás.

A pályázat tartalmazza a pályázó részletes szakmai önéletrajzát, mely elősegíti a feladatkör betöltésére való alkalmasság megítélését.

A pályázatokat, amelyeket bizalmasan kezelünk, két példányban, zárt borítékban, **2005. január 31-ig** kérjük az SZTE Titkárság címére (Bp., 1371 Pf. 433) benyújtani. A borítékban kérjük feltüntetni: „PÁLYÁZAT”.

SZTE Vezetőség

Betonfelületek permeabilitásvizsgálata

Varga Ákos*

Témavezető: dr. Józsa Zsuzsanna**

1. Bevezetés

A beton egyik legfontosabb, sok más jellemzőjét meghatározó tulajdonsága a porozitás. Döntő jelentőségű a beton tartósságát illetően. Ökölszabályként elmondható, hogy egy térfogatszázalék pórustartalom kb. 5% nyomószilárdság-csökkenést eredményez. A különféle károsító anyagok is a kapilláris pórusokon keresztül jutnak a betonba.

Fontos ezért a porozitás ismerete, ami többféle módszerrel is vizsgálható. A pórusok százalékos arányát mérhetjük közvetlenül, de a porozításra következtethetünk közvetett módon, a beton víz- vagy gázáteresztő-képességének mérésével is.

Bár sokféle mérési eljárást és eredményt ismerünk, „nincs általánosan elfogadott módszer a beton pórusszerkezetének jellemzésére és ennek a tartóssággal való összekapcsolására. Bizonyos vizsgálatok azonban azt mutatják, hogy a beton levegő- és vízáteresztő képessége kiválóan jellemzi a betonnak a gáz-, ill. folyadékállapotú agresszív közegek behatolásával szembeni ellenálló képességét, és így egy adott beton potenciális tartósságának mértéke lehet” [1].

A következőkben a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken új műszerekkel végzett permeabilitásvizsgálatok eredményeit mutatom be. Az egyik eszköz a Torrent típusú vákuumos permeabilitásvizsgáló, a másik a GWT-4000 típusú vízpermeabilitás-vizsgáló készülék volt. Ezeknek a használata hazánkban még nem terjedt el. A célunk az volt, hogy a jelenleg használatos vizsgálati módszereknél egyszerűbb és gyorsabb, helyszínen is használható „in situ” vizsgálati módot alkalmazzunk. Az első lépés tehát a műszerek megismerése, előnyeik és hátrányaik értékelése, majd a hagyományos módszerekkel való összehasonlítása volt.

2. A porozitás fogalma

A cementkő a beton térfogatának harmadát-negyedét teszi ki, nagy porozitású anyag. A pórusokat levegő, víz vagy valamilyen hidráttermék tölti ki.

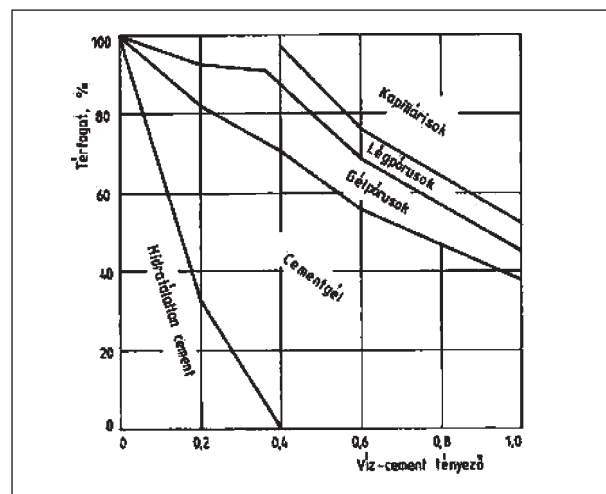
A pórusokat a következőképpen oszthatjuk fel [2]:

Gélpórus: a cementgélben lévő és a mikrokristályos

hidráttermékek közti tér, amely a cement és a keverővíz reakciója során keletkezik. A gélporozitás akár 30 V%-ot is képviselhet, a pórusok átmérője 1–10 nm.

Kapilláris pórus: eredetileg keverővízzel töltött tér, átmérőjük 20 nm–10 µm; mennyisége elsősorban a víz-cement tényező, illetve a nedves utókezelés függvénye. Utóbbinak a hidratáció mértékére van kihatása.

Légpórus: a péptelítetlenség vagy a hiányos tömörítés következménye, mely pontos tervezéssel és megfelelő kivitelező munkával elkerülhető. Mérete mm nagyságrendű is lehet.



1. ábra. A víz-cement tényező hatása a cementkő összetételére [3]

Az 1. ábra a cementkő összetételét mutatja a víz-cement tényező függvényében. Ezen láthatjuk, hogy míg a gél- és légpórusok aránya közel állandó, a kapillárisok mennyisége a hozzáadott víz mennyiségétől függ.

A kapilláris porozitásnak a jelentősége abban áll, hogy ezeken keresztül „lélegzik” a beton, itt vesz fel, illetve ad le vizet. Ezeken a sokszor egymáshoz kapcsolódó pórusokon keresztül jutnak a korróziót okozó agresszív folyadékok, illetve légszennyező anyagok is a betonba.

3. Permeabilitási jellemzők

A vízáteresztés az anyagnak azon tulajdonsága, hogy víznyomás hatására a víz a pórusokon keresztülhatol és átfolyik.

* okleveles építőmérnök, doktorandusz, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

**egyetemi docens, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Valamely állandó keresztmetszetű szűrőn átfolyó vízmennyiség arányos a keresztmetszeti felülettel, a nyomással (vízoszlopmagasság), a szűrőanyagot jellemző értékkel, és fordítva arányos a szűrőrétegben megtett út hosszával, vagyis a szűrőréteg vastagságával.

A Darcy-törvény alapján a „szűrőanyagot jellemző érték”, azaz a k vízáteresztési együttható:

$$k = \frac{Q}{i \cdot A \cdot t} \quad [\text{m/s}]$$

Q : az áteresztett vízmennyiség, m^3 ,

A : a próbatest keresztmetszeti területe, m^2 ,

t : a szivárgás időtartama, s ,

i : hidraulikus gradiens, $i = h/d$,

h : a nyomást előidéző vízszlop magassága, m ,

d : a szivárgási hossz, m .

A Darcy-törvény feltételezi, hogy a vizsgálandó porózus test merev és homogén, a folyadékáramlás lamináris, és az áramlási sebesség állandó.

A beton is felfogható úgy, mint egy mesterségesen előállított szűrő, így bizonyos korlátokkal ugyan, de a Darcy-törvény alkalmazható rá.

Ahhoz, hogy a különböző folyadékok által vizsgált permeabilitásértékeket összehasonlítsuk, szükséges a betonfelületek K valós áteresztőképességét ismernünk, amely csak a beton pórusstruktúrájának a függvénye [4]. Ezt a következő egyenlettel írhatjuk le:

$$K = \frac{Q \cdot d \cdot \eta}{t \cdot A \cdot (p_1 - p_2)} \quad [\text{m}^2]$$

η : a folyadék / a közeg dinamikai viszkozitása (függ a hőmérséklettől is),

$p_1 - p_2$: folyadéknyomás-különbség (a betonréteg előtti és utáni nyomás).

Gázhalmazállapotú anyagokkal is vizsgálhatjuk a beton áteresztőképességét. Elvileg a folyékony halmazállapotú közeggel mérthez hasonló K értéket kell kapnunk. Egyes vizsgálatok azonban különböző értékekhez vezettek, főként kisebb permeabilitású anyagoknál [4]. Ez részben a vizsgáló közeg molekulaméret-különbségéből adódik.

A levegőáramlás alapegyenletét Poisseuille írta le [5]:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{K \cdot A \cdot (p_1^2 - p_2^2)}{2 \cdot \mu \cdot d \cdot p}$$

Ebből a permeabilitási együttható:

$$K = \frac{Q \cdot d \cdot 2 \cdot p \cdot \mu}{t \cdot A \cdot (p_1^2 - p_2^2)} \quad [\text{m}^2]$$

μ : a légnemű anyag viszkozitása,

p : az a nyomás, amin a Q átfolyt gázmennyiséget mérjük,

p_1, p_2 : nyomás a szerkezet egyik, illetve másik oldalán.

4. A betonfedés jelentősége

Egy betonszerkezet elemének teherbírása a teljes elem mechanikai és porozitási jellemzőitől függ, tartósságát agresszív környezeti körülmények között azonban elsősorban a viszonylag vékony, 20–50 mm vastag felületi réteg minősége befolyásolja.

A betonszerkezetet károsító folyamatok nagyon változatosak, és a különféle mechanizmusok (fizikai, kémiai, elektrokémiai) gyakran egymásra hatnak, így nem várható el, hogy a fedőbeton egy vagy két paraméterének meghatározása elegendő legyen a tartósság előzetes megítéléséhez.

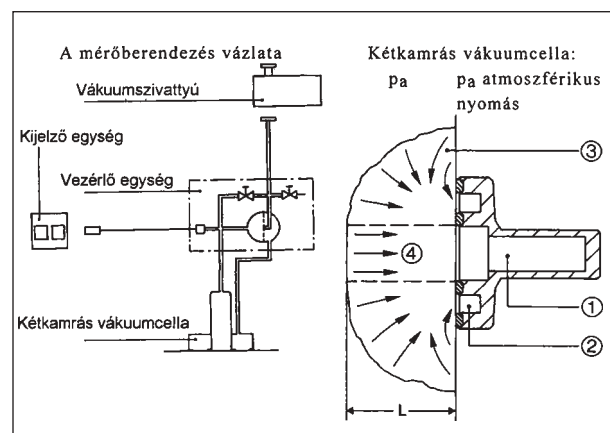
„Jelenleg nincsenek általánosan elfogadott gyors vizsgálati módszerek a beton permeabilitásának és a különböző környezeti hatásoknak kitett beton permeabilitáshatárértékeinek vonatkozásában. Valószínű azonban, hogy a jövőben rendelkezésre állnak majd ilyen módszerek, amelyek lehetővé teszik a beton tartóssági osztályozását a permeabilitás alapján. Ezt követően meghatározhatóak a beton permeabilitásával kapcsolatos elvárások, amelyek a szerkezetet érő környezeti hatások alapján lesznek osztályozhatók” [1].

5. In situ permeabilitásvizsgálati eljárások

5.1. Vákuumos permeabilitásvizsgálat

A Proceq gyártmányú TORRENT permeabilitásvizsgáló mérőberendezést elsősorban fedőbeton réteg légpermeabilitásának roncsolásmentes módszerrel való meghatározására fejlesztették ki. A készülék működésének elvi vázlatát mutatja a 2. ábra [6].

A mérési rendszer alapvető jellegzetessége a kétkamrás vákuumcella és egy nyomásszabályzó, amely biztosítja a felületre merőleges, a belső kamrába irányuló légáramlást. Ez lehetővé teszi a K [m^2] permeabilitási együtthatónak az elméleti modell alapján történő számítását [5].



2. ábra. Torrent permeabilitásvizsgáló készülék vázlat

A K együttható a Poisseuile-egyenletről, az ideális gázokra vonatkozó $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$ képlet segítségével vezethető le [7]:

$$K = 4 \left[\frac{V_c \left(\frac{dp_1}{dt} \right)^2}{A \cdot (p_a^2 - p_1^2)} \right]^2 \cdot \frac{\mu \cdot p_a}{\varepsilon} \int_0^t \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_a} \right)^2 \right] dt \quad [\text{m}^2]$$

$V_c = 681 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, a vákuumcella és a csatlakozó csővezeték térfogata,
 $A = 4,65 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, a cella keresztmetszete,
 $\mu = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Nsm}^{-2}$, a levegő viszkozitása,
 p_a : atmoszférikus nyomás,
 p_1 : a belső kamra nyomása,
 $\varepsilon = 0,15$ átlagporozitás-jellemző.

A TORRENT légpermeabilitás-vizsgáló készülék méri a vákuumpenetráció mértékét is (3. ábra). A vákuumbetárolás L mélysége nem lehet nagyobb, mint a mért betonelem vastagsága.



3. ábra. TORRENT légpermeabilitás-vizsgáló készülék

A vákuumos permeabilitásvizsgáló bármilyen dőlésű síkon alkalmazható, ferde szerkezetet vagy akár a födém alsó felületét is mérhetjük vele.

Az adatokat egy elektronikus egység jelzi ki, memóriájában tárolja és onnan számítógépre is menthető.

Mivel a vizsgálat roncsolásmentes, a mérés azonos ponton is megismételhető, de kb. fél óra szükséges ahhoz, hogy a beton belsejében ismét mindenütt a külső atmoszférikus nyomás uralkodjon.

5.2. A betonfelület vízáteresztő képességének mérése

A GWT-4000 típusú, Germann gyártmányú készüléket a betonok vízbehatalással szembeni ellenállásának mérésére fejlesztették ki (4. ábra), vízszintes és függőleges felületen alkalmazható.

A hengeres készüléket lecsavarozott szorítópozákkal rögzítjük a betontesthez, melynek megfelelő tapadását alul tömítőgyűrű biztosítja.

A mérés lényege, hogy adott nyomással vizet juttatunk a betonba. Ehhez a készülék belsejét vízzel megtöltjük, majd adott nyomással, a csavarmentes fedél be-



4. ábra. GWT-4000 típusú, Germann gyártmányú készülék

tekerésével nyomjuk a vizet a vizsgált felületbe. A nyomást térfogatcsökkentéssel, a mikrocsovar folyamatos állításával tartjuk állandó értéken.

A q vízhozamot adott nyomáson a következő képletel számíthatjuk [8]:

$$q = \frac{B \cdot (g_1 - g_2)}{A \cdot t} = \frac{78,6(g_1 - g_2)}{3018t} = \frac{0,026(g_1 - g_2)}{t} \quad [\text{mm/s}]$$

- A: készülékállandó, az a keresztmetszet, amelyen keresztül a víz adott nyomással a betonba szívárog
 (a készülék belső átmérője 62 mm),
 B: készülékállandó, a 10 mm átmérőjű mikrométercsavar felülete,
 g_1 és g_2 : a mikrométercsavar kezdeti és végső állása.

6. Kísérletek, mérési eredmények

Négyféle betonminőséget vizsgáltam (jelölés: S1, S2, S3, S4), így 4×9 , összesen 36 db $30 \times 30 \times 8$ cm-es próbatest készült a permeabilitásvizsgálathoz. Az adalékanyag fajtája, szemmegoszlása és a friss beton konzisztenciája azonos volt mindegyik betonmintánál. Különbség a cement-adagolásban, a víz-cement tényezőben, illetve az adalékszer hozzáadásában volt.

A porozitást, testsűrűséget és nyomószilárdságot $150 \times 150 \times 150$ mm-es kockákon mértük 28 napos korban (1. táblázat).

A próbatesteken először a vákuumos permeabilitásmérő készülékkel végeztem vizsgálatokat, még mielőtt a beton-

1. táblázat

Kísérleti betonminták fizikai, mechanikai jellemzői

Betonminta jele	Porozitás, V%	Testsűrűség, kg/m^3	Nyomószilárdság, N/mm^2
S1	11,76	2377	45,89
S2	12,12	2373	44,57
S3	12,22	2366	42,29
S4	14,16	2353	30,48

felületet a vízáteresztési vizsgálat benedvesítette volna. Így nem volt szükség az elektromos ellenállás mérésére, amellyel a nedves felületen mért adatok korrekciója végezhető el.

A 2. táblázat a vákuumos mérés eredményeit mutatja.

2. táblázat

Betonminták vákuumos permeabilitásvizsgálatának eredményei

Betonminta jele	K, 10^{-6} m ²	L, mm (vákuum-penetráció)	<50% eltérésűek K átlaga
S1	0,044	13,1	0,044
S2	0,079	18,0	0,071
S3	0,172	26,5	0,158
S4	1,415	44,2	0,600

A légáteresztés mérésénél egyértelmű volt a különbség a különböző minőségű betonok között. Az értékeknek helyenként nagy volt a szórása, ezért kiszámoltam azoknak a mérési eredményeknek az átlagértékét is, amelyek K együtthatója 50%-nál nem mutattak nagyobb eltérést az átlagtól. Érdekes, hogy az S1 jelű betonnál az így kapott átlag éppen egyenlő az elsőként számolt számítási középével, az S2-nél és lényegében az S3-nál is csak kis eltérés tapasztalható.

A legnagyobb porozitású S4-es sorozatnál voltak igen kiugró, az átlagtól 100–300%-ban eltérő értékek is. Itt ezek figyelmen kívül hagyásával számoltam elsőként egy átlagot, majd azon értékekből, amelyek ettől 80%-nál nem nagyobb mértékben tértek el. Nem meglepő egyébként, hogy a legporózusabb betonfelületnél ilyen nagy mértékű az értékek szórása, hiszen itt vannak a legdurvább felületi pórusok, üregek a betonban, amelyeknek az eloszlása ugyanakkor nem feltétlenül egyenletes. Néhány mérésnél valószínűleg sokkal rosszabb, porózusabb volt a cella alatt a beton felülete, így nagyon nagy értékeket kaptam.

A légpermeabilitás-mérés után végeztem a vízáteresztő képesség vizsgálatait a GWT-4000 készülékkel. A mérőműszert az S4-es sorozatnál nem tudtam megfelelően alkalmazni, mert ezek a betonfelületek már nagyon porózusak voltak, a tömítőgyűrű mellett nedvesedni kezdett a beton. Hiába alkalmaztam kisebb nyomást, a mérés nem bizonyult megbízhatónak. Bár a szakirodalomban erre az esetre is találunk képletet, az eddigi tapasztalataim nem támasztják alá a megfelelő megbízhatóságot.

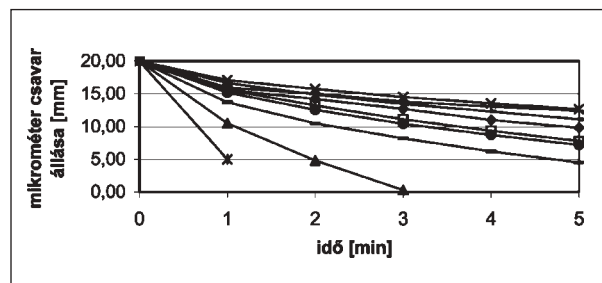
A Germann GWT-4000 vízáteresztő képességet mérő készülékkel végzett vizsgálatok eredményeinek átlagértékét a 3. táblázatban foglaltam össze. A beszívárgó vízmennyiség különbségei jól mutatják az egyes betonok porozitásának az eltérését.

3. táblázat

Kísérleti betonok vízáteresztőképesség-vizsgálatának eredményei

Betonminta jele	q, 10^{-3} mm/s 1 bar nyomásra
S1	0,495
S2	0,579
S3	0,922

Az adatokat általában percenként olvastam le, így megvizsgáltam a linearitást is, mely kb. 2 perc után következik be (5. ábra).



5. ábra. S3-as kísérleti betonsorozat vízáteresztése GWT-4000 készülékkel

A kísérleti betonokon végeztem mérést Karsten-csőves módszerrel is. Ennek lényege, hogy a Karsten-csővet (üveg mérőpipákat) a függőleges betonfelületre ragasztjuk, és meghatározott felületen mérjük az időbeni vízbeszívódást, vagyis hogy adott idő alatt mennyit csökken a vízszint a cső függőleges szárában. A 4. táblázatban a 26 óra alatt bekövetkezett vízszintcsökkenést adtam meg a különböző betonokra. A táblázat tartalmazza a tanszék laboratóriumában számos mérés alapján felállított hozzávetőleges porozitási besorolást is [9].

4. táblázat

Kísérleti betonok Karsten-csőves vizsgálatának eredményei

Betonminta jele	A beszívódás mértéke 26 óra után, mm	k, mm/min	Vízbeszívódási határértékek	Hozzá tartozó porozitás, V%
S1	12,5	0,008	< 0,04	< 12
S2	18,5	0,012	< 0,04	< 12
S3	78,3	0,050	0,04–0,14	12–15
S4	64,0	0,041	0,04–0,14	12–15

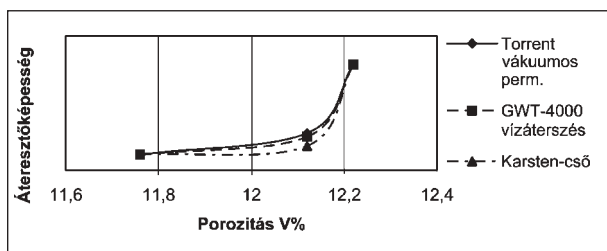
A különböző permeabilitási és a porozitásmérés eredményeinek összehasonlítását az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat

Mérési eredmények összehasonlítása

Betonminta jele	K, 10^{-6} m ² (vákuumos perm. mérés)	q, 10^{-3} mm/s (vízáteresztő képesség mérése)	k, mm/min (Karsten-csőves mérés)	Porozitás, V%
S1	0,044	0,495	0,008	11,76
S2	0,071	0,579	0,012	12,12
S3	0,158	0,922	0,050	12,22
S4	0,600	-	0,041	14,16

Az 6. ábrán a laboratóriumban mért porozítások függvényében mutatom be a három mérés eredményeinek egymáshoz való viszonyát az S1, S2, S3 betonmintákon. Mindhárom vizsgálat eredményeire hasonló görbe illeszthető.



6. ábra. Mérési eredmények összehasonlítása: áteresztőképesség a porozitás függvényében

7. Összefoglalás

A beton egyik legfontosabb, sok más jellemzőjét meghatározó tulajdonsága a porozitás. A porozitás döntő jelentőségű a beton tartósságát illetően, ugyanis a különböző károsító anyagok a kapilláris pórusokon keresztül jutnak a betonba.

Egy betonszerkezet tartóssága a szilárdsága mellett elsősorban külső fedőrétegének a minőségétől függ. A felületi porozitás ezért még fontosabb a beton tartóssága szempontjából.

A porozitás vizsgálatának többféle módszere ismert. A porozitás fokára utalnak a beton víz- vagy gázáteresztésének jellemzői. Jelen munkámban két műszerrel végzett permeabilitásvizsgálat eredményeit mutattam be.

Négyféle betonminőséget vizsgáltam, hogy a kapott eredményeket megfelelően tudjam értékelni. Mind a négy minőségi osztályban kilenc próbatesten végeztem el a méréseket, így már jól jellemezhetőek az eltérések.

A Torrent típusú vákuumos permeabilitásvizsgáló műszert alkalmasnak találom betonok légáteresztési jellemzőinek meghatározására. Előnyei között szerepel egyszerű és gyors kezelhetősége, az elektronikus mérés és adattárolás lehetősége.

A GWT-4000 típusú vízpermeabilitás-vizsgáló készülékkel is sikeres méréseket végeztem. Hasonló eredményeket kaptam, mint az előző mérésnél, de a vizsgálat kivitelezhetőségét nehezebbnek tartom, továbbá alkalmazása a felület kismértékű roncsolásával is jár.

A mérési eredményeket összehasonlítottam a felület porozitásának meghatározására hagyományosan alkalmazott Karsten-csőves vizsgálattal, a különböző módszerekkel hasonló eredményt kaptam.

A vizsgálatokat a T034466 sz. Felületvédő anyagok permeabilitása c. OTKA kutatás támogatásával végeztem.

Lektorálta: Balázs György professor emeritus, ny. egyetemi tanár.

Irodalom

- [1] CEB-FIP Model 1990, Final Draft d. 5. 3.: „Classification by Durability”
- [2] *Dr. Balázs György*: Barangolásaim a betonkutatás területén. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2001.
- [3] *Wesche, K.*: Baustoffe für tragende Bauteile 2. Bauverlag GmbH, Wiesbaden-Berlin, 1974.
- [4] *Bamforth P. B.*: The relationship between permeability coefficients for concrete obtained using liquid and gas. Magazine of Concrete Research, 1987/3. No. 138.
- [5] *Torrent, R. J.*: A two-chamber vacuum cell for measuring... Materials and Structures, 1992/7. 25, pp. 358–365.
- [6] Torrent permeabilitásvizsgáló, használati útmutató, 2000.
- [7] *Torrent, R. J.*: The Gas-Permeability of High-Performance Concretes. ACI Publication, 1999. pp. 291–308.
- [8] GWT-4000 Instruction and Maintenance Manual, 1999.
- [9] Paksi atomerőmű hulladékátroló ép. techn. kidolgozása – 1. sz. jelentés. BME Építőanyagok Tanszék, Budapest, 1988.
- [10] *Balázs Gy. – Tóth E.*: Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 1997.
- [11] *Wittmann, H. Folker*: Paraphrases on Concrete. Aedificatio Publishers, Freiburg, 2001.

GE Consumer & Industrial

A GE Consumer & Industrial Lighting a világ fényforrási iparának vezető cége munkatársat keres Budapestre.

Szilikátipari mérnök



GE imagination at work

Munkatársunk feladata a műszaki kerámia gyártás kutatása és fejlesztése a keverés, a fröccsöntés és az extrudálás folyamataiban. Irányítja és értékeli a meglévő és új, nagy tisztaságú alumínium-oxid műszaki kerámia termékek fejlesztését, és felügyeli új kerámia égőtestek előállítását.

Elvárásaink között szerepel az anyagtudományok, a szilikátipar vagy a fröccsöntés területén szerzett egyetemi diploma, a műszaki kerámia gyártásának ismerete, project vezetői tapasztalat, és kiváló angolnyelv-tudás.

Előnyt jelent a műszaki kerámia fejlesztésében szerzett tapasztalat vagy PhD fokozat, a kapcsolódó iparágak fejlődésének, trendjeinek ismerete, és Six Sigma képesítés.

Jelentkezni a www.gecareers.com/europe oldalon lehet, 2005. január 14-ig, a pozíció referenciaszáma: **391561**.