

# 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: kaolinit szerű, 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  $\text{Al}^{3+}$ -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  $\text{O}^{2-}$ -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%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  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 <sup>3</sup> (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 <sup>3</sup>	Nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	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, fűreszpor – 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 ismerttettem, 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, Építész-mérnöki 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-*

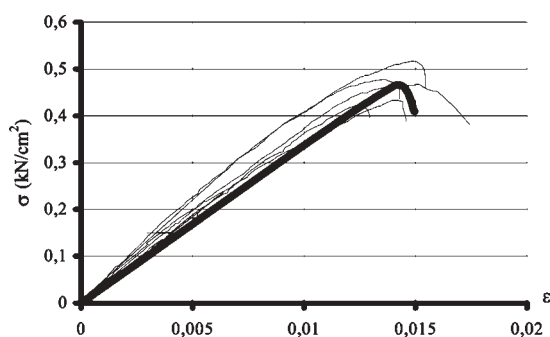
*tó- és nyomószilárdságának meghatározása* című szabványok alapján végeztem. A habarcsok átlagos jellemzőit a 3. táblázat foglalja össze.

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 farostlemezt 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  $\sigma$ - $\epsilon$  függvényeket. A vizsgálathoz 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.

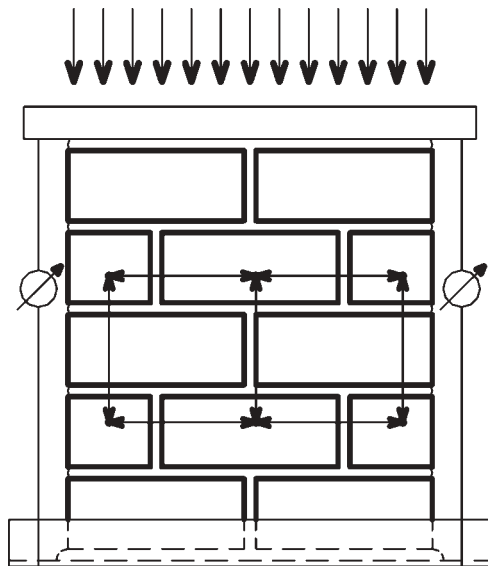
### Falelemek vizsgálata

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 <i>MSZ 16000-3:1990</i>	Hajlítószil., N/mm <sup>2</sup> <i>MSZ EN 1015-11:2000</i>	Nyomószil., N/mm <sup>2</sup> <i>MSZ EN 1015-11:2000</i>
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

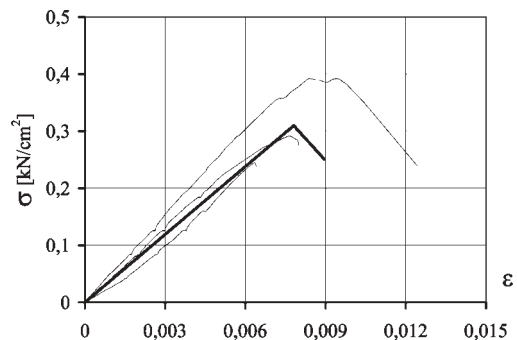


3. ábra. A falelem előkészítése



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.

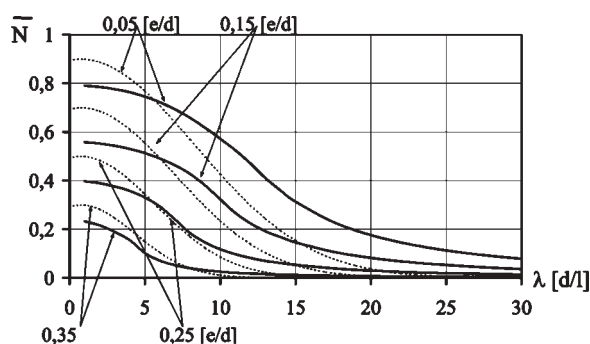
A vizsgálatok azt igazolták, hogy a falelemek az alakváltozásra fellágyuló anyagmodellnek megfelelően viselkednek. A mintákban itt már nagyobb eltérések találhatóak a legnagyobb szilárdság tekintetében, ami azzal magyarázható, hogy a mintában nagyobb az építési hibák lehetősége.

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 <sup>2</sup>	141
Átlagos nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	3,1
Karakterisztikus nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>	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