Vályogfalazatok és nyomószilárdsági vizsgálatai

Csicsely Ágnes*

Témavezetők: Józsa Zsuzsanna,** Sajtos István***

1. Bevezetés

A vályog- és földépítés egyike a legősibb építési technológiáknak. Az évezredek során kialakult építési módszerek nagyrészt a tapasztalatok útján fejlődtek. A XIX. század végén jelentkezett az a valós igény, amely ennek az anyagnak a kutatását tűzte ki céljául. Szándékomban áll ezeket a kutatásokat továbbvinni, az agyagban rejlő lehetőségeket feltárni. Az irodalomfeldolgozás során egyrészt a vályog- és földépítéssel építéstörténetét gyűjtöttem össze, másrészt a kutatások történetét, a vizsgálatok eredményeit tártam fel. E cikk keretében az építészettörténetből vett hazai vonatkozású szemelvényeket, melyhez *Istvánfi* (1997) és *Dám* (1992) tankönyvei szolgáltak alapul, valamint a laboratóriumi kísérletek tapasztalatait mutatom be.

A föld- és vályogépítés két eltérő építéstechnológia megkülönböztetése. A földépítés során a természetben található formában használják fel az építési anyagot, míg a vályogépítésben a természetben előforduló agyaghoz különböző szerves, főképp szálas anyagokat kevernek (pl. szalma, törek, nád, fűrészpor) annak érdekében, hogy az anyag hőtechnikai, húzószilárdsági, állékonysági tulajdonságait kedvezően befolyásolják.

Magyarországon az épületek több mint 25%-a föld- és vályogfalú (*Szűcs*, 2002), mégis ez az építésmód feledésbe merült az idők folyamán. Ehhez járult hozzá a nem megfelelő helyre vagy szakszerűtlenül épített, illetve nem kellően karbantartott házakról elterjedt nézet, miszerint ez az építési mód elavult, és nem felel meg a XXI. század követelményeinek. Előítéletek sokasága került be a köztudatba, és az előnyök nem váltak eléggé ismertté, mert az emberek számára az érem másik oldala nem vagy csak homályosan ismert, így a vályoggal szemben felhozott vádak tekintik ma az építőanyag fő jellemzőjének.

Mára már kiderült, hogy a föld- és vályogépítésnek nemcsak hátrányai, hanem előnyei is vannak. Megindult, ha lassan is, egy új építési irányvonal, mely a természetes anyagokból való építést tűzte ki célul. Ez az ökológikus vagy környezettudatos építési mód a vályogban rejlő lehetőségeket és a vályog korszerű alkalmazását igyekszik terjeszteni és megismertetni.

A vályogépítés „tudománya” régen apáról fiúra szállt, így az ifjabb nemzedék közvetlenül kapta meg a jól be-

vált technológiát, tapasztalatokat. Ez a folyamat már sajnos megszakadt, mégis azt lehet mondani, hogy ez az építési technológia ma is könnyen megtanulható, így olcsón, kis „energiaráfordítással” és az egyszerű szabályok betartásával ma is lehet házilagosan alkalmazni.

2. A magyar vályogépítés építészettörténeti bemutatása

A vályogépítés több ezer éves múltra tekint vissza, amely az egyszerű falazatkialakításoktól a mai, korszerű technológiáig vezet. A fejlődés iránya töretlen, bár a korszerű építési módok mellett még ma is megtalálhatóak a hagyományos falazási technikák. Ennek legősibb változata a sövényfal (*1. ábra*). A falazat vázszerkezetét a függőleges vagy vízszintes karók közé font sövény adja, melyet kívül-belül betapasztanak. Ez a falazattípus védelmet nyújt az árvizekkel szemben olyan értelemben, hogy a víz a tapasztást tönkretette, de a faváz a házat megóvta a teljes pusztulástól.

1. ábra. Sövényfal (*Istvánfi*, 1997)

Istvánfi Gyula értelmezése szerint a legrégebbi ismert lelet hazánkban a Kr. e. 5. évezredből származik. A Hódmezővásárhely-Kotacparton feltárt ház ollólábás-szelemenés kunyhó volt, valószínű, hogy a földig érő nádazott nyeregtető hátul ívesen befordult, csak a bejárat oldal

* tanszéki mérnök, BME Építésmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

** egyetemi docens, BME Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

*** egyetemi docens, BME Építésmérnöki Kar, Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék

háromszöge volt függőleges, tapasztott sövényfallal lezárva. A következő történeti emlék a Kr. e. 4. évezredből származó, Tiszajenő-Szárázérparton található lelet. A 30 m² alapterületű ház körben cölöpvázaz, tapasztott sövény vázkítöltésű fallal, amelynek a tetején koszorúgerenda futott körbe. A tetőt a ház két végén a középtengelyben felállított, földbe ültetett ágasfák és az azokra helyezett taréjszelemen tartotta.

Dám László néprajzkutató mutatott rá, hogy az Árpád-kori népi építészetben már általánosan alkalmazott falkészítési mód volt a sövényfalépítés. A XI-XIII. századból származik a miskolci Sötétkapu mellett feltárt három, vázas sövényfalu ház, Fonyód-Bélatelepen pedig hat talpas-vázaz sövényfallal készült épület maradványai kerültek felszínre. A középkor várépítészetében is alkalmazták. A XVIII. századi adatok tanúsága szerint Sárréten és a Dunántúl déli részén templomokat is építettek ezzel a technikával. Ezek közé tartoznak a Szatmár megyei Tákos és Mánd falvak talpas-vázaz sövényfallal épített templomai. Ezen templomok szerkezetei a nagy tiszai árvizek után is épek maradtak, a falazatok csak kismértékben károsodtak.

Mint arra Dám (1992) rámutat, a következő falazási technika a favázaz sárfal (2. ábra). A falazat váza itt is a földbe vert karó vagy oszlop, de a közeit sárgombóccal vagy villával rakott sárral, ún. fecskerakással töltötték ki. Ezt a falazattípust az eltérő tájegységek eltérően nevezik, az építésben is különbségek fedezhetők fel. A Nyírségben mereglyés falnak, Debrecen környékén és a Hajdúságban karófalnak, Szeged környékén csömpölyeges falnak, a Duna-Tisza közén gömölyefalnak, a Dél-Alföldön oszlopos falnak és a Délnyugat-Dunántúlon karóközös falnak hívják.

A mereglyék kihegyezett, faragatlan karók, melyeket 30-60 cm távolságra vertek le egymás mellé a földbe és a felső végüket szeggel vagy gúzzsal rögzítették a sárgarendához. Az oszlopos fal esetén a karók helyett oszlopokat vertek le egymástól 1-1,5 méter távolságra, gyakran 1

méter mélyre. Ezekre az oszlopokra fekszenek fel a koszorúgerendák. Ezek az oszlopok már nemcsak a falat szilárdítják, mint a karók, hanem a földem- és a tetőszerkezet terhet is hordják. A Zalában, Somogyban és Baranyában ismert karóközös fal technikáját tekintve a mereglyés falhoz hasonlít, azzal a különbséggel, hogy itt néha talpgerendákra építették a falazatokat.

A falazattípus elterjedésének két oka valószínűsíthető. Az első az árvíz elleni védelem, hasonlóan a sövényfalhoz a víz csak a falazatot károsítja, mely az ár levonulása után könnyen javítható. A másik ok a falazat készítéséhez használt kis szilárdságú talaj adottságával magyarázható, hiszen itt a terhet a faváz viseli, a kitöltésnek elég önállóan lenni. Ezen fal alkalmazását 1889-ben belügyminisztériumi rendelettel is szorgalmazták. Az indokok között szintén az árvíz elleni védelem szerepelt.

Dám (1992) értelmezése szerint a legkezdetlegesebb falépítési technika a rakott sárfal (3. és 4. ábra). A falazat készítéséhez előző este be kellett keverni az alapanyagot, ehhez 40-50 cm-nyi magasságban, körben összehányták a földet, amelyet meglocsoltak, majd növényi anyagokat adtak hozzá. A növényi anyag leginkább törek és szalma volt, de egyes tájegységekben ettől eltérően nádtrömeléket, sást, gyékényt vagy vékony faágakat is alkalmaztak, amelyek mennyisége maximum 40% volt. Az egyszer már megtaposott masszát locsolás után kapával összevágták. A fal építése a következő napon, kétféleképpen történhetett. A fal helyét a földön megjelölték és előkészítették, majd a sarat villával rakták fel, vagy egy-egy villányi sarat a földre szórt töreken meghempergettek. Az így kapott kisebb dinnyenagyságú gombócokat villával vagy kézzel rakták egymás tetejére. Ezeket a sárgombócokat a Dél-Alföldön csömpölyegnek nevezik, a belőle készített falazatot pedig csömpölyeges falnak. Az ország más területein a villával rakott, illetve a sárgombócból rakott falat is fecskerakásnak vagy fecskefalnak hívják, emellett az Alföld északi peremén a gyöngyola, göngyöleg és gömölye kifejezéseket is használják.

2. ábra. Karóközös sárfal (Istvánfi, 1997)

3. ábra. Villával rakott sárfal (Istvánfi, 1997)

4. ábra. Kézzel rakott sárfal (Istvánfi, 1997)

5. ábra. Vert fal faoszlophoz erősített zsaluzattal (Istvánfi, 1997)

6. ábra. Vert fal kalodás zsaluzattal (Istvánfi, 1997)

7. ábra. Hantfal (Istvánfi, 1997)

A karók, oszlopok, mereglyék közeinek kitöltése is történhetett ezzel a módszerrel. Egy-egy alkalommal 3-4 sort készítettek, majd hagyták a falat száradni és tömörödni, hogy az alsóbb rétegek elbírók a följük kerülő rétegek súlyát. A teherhordó falak sarkainál és falcsatlakozásainál minden sor után nádat vagy vesszőt fektettek a falazat szilárdságának növelése érdekében. A nyílászárók helyét kirekesztették. A falat a teljes kiszáradást követően éles ásóval függőlegesre vágták, majd mindkét oldalon betapasztották.

Egy bonyolultabb falazási technika már zsaluzat használatát is igényelte. Ez a tömött vagy vert fal. *Dám* (1992) alapján ennek a módszernek is többféle változatát ismerhetjük meg. Az Alföldön általában az építendő fal mindkét oldalán 1-1,5 m távolságban a falazat két oldalán oszlopokat ástak a földbe, amelyek felső végét lécekkel vagy gúzzsal kötötték össze (5. ábra). Az oszlopok belső oldalán egy-egy szál deszkát helyeztek el, amelyek közé döngölték a földet. Az így elkészült sorok után feljebb emelték a deszkákat, és hogy azok le ne csússzanak, a falon keresztbe tett vékony karókkal támasztották alá, vagy az oszlopokhoz kötötték.

Dunántúlon Fejér és Tolna megyékben, a Tiszántúl déli részén Békés megyében az oszlopok helyett kalodát vagy jármot használtak a keret felállítására (6. ábra). A kalodafát ritkán vaspálca helyettesítette. A két élére állított deszkát a falon vízszintesen keresztbe tett kalodafába tűzött szárhoz támasztották. Az újabb sor építésekor kivették a deszkát, a támasztó szárat kihúzták a kalodafa két végén vágott lyukból, a kalodát pedig kiűtötték a falból. A falban maradt lyukakat tapasztással tüntették el.

A vert fal készítéséhez kötött, agyagos talajt alkalmaztak, amelyhez nem kevertek semmilyen növényi anyagot, és földnedves állapotban dolgozták be. Miután a földet a formába szórták, először hegyes karókkal döfködtek, hogy a göröngyök között ne maradjon rés, majd döngölőfával, tömőfával döngölték keményre. A falverést 3-6 ember

végezte, akik egymás nyomában haladtak. Egy-egy sor elkészülte után a „zsaluzatot” feljebb emelték, s a sor tetejére töreket, vékony gallyat raktak. Falcsatlakozásoknál nádat, vesszőt vagy zsúpszalmát terítettek a kész fal-egyenre, ezáltal szilárdították a falazatot, és biztosították a rétegek egymáshoz való tapadását.

A Balaton déli partvidékén, a Sárközben, a Mecsek-alján, elsősorban a Duna-Tisza közén, valamint a Nyírség középső részén törekkkel kevert sarat hordtak villával a deszkák közé, amit először bunkóval átdöfködtek, majd a sár szikkadása után döngölőfával ledöngölték.

Történeti adatok szerint a korábbi évszázadokban a földet sövényfonadék vagy rovásos fal közé döngölték. A technika a középkori réteges fal szerkezetére utal, készítményének egy fejlesztett változata. A török hódoltság idején a várépítésben használt falazatok a töltött vagy bélelt palánkok voltak. Ezek külső rétegét boronához font vessző képezte, a rótt palánktól pedig faragott oszlopok. A korabeli leírások szerint a szilárdsága majdnem egyenértékű volt a kőfallal.

Mint *Dám* (1992) említi, a hantfal (7. ábra) az egyetlen olyan földépítési technika, amelynél a talaj előkészítés nélkül, természetes formájában kerül felhasználásra. A hant kitermelése, az ún. hantszedés tavasszal történt. A gondosan kiválasztott talajból ásóval, baltával, csákánnyal vágta ki kb. 30 x 15, 20 x 10 cm-től 20 x 16 cm-ig terjedő földdarabokat. Esetenként a gyeptörésekor az eke után szedték össze a megfelelő nagyságú rögöket, amelyeket azután baltával faragtak szabályos formájúra. Hantnak alkalmas alapanyag volt még az egykori ér- és patakmedrek vagy időlegesen vízzel borított területek kötött, agyagos, szikes talaja. Fal készítésekor a hantokat gyepes felülettel lefelé, kötésben rakták. Kötőanyagot általában nem használtak, egyes esetekben híg sarat vagy nedves homokot raktak a sorok közé. A kész fal egyenletlenségeit ásóval levágták, majd betapasztották.

Dám (1992) a vályogépítés legelterjedtebb és legfejlettebb formájaként tartja számon a vályogfalat (8. ábra). A

8. ábra. Vályogtégla fal (Istvánfi, 1997)

vályogfal csak a XVIII. században kezdett jelentősebb szerepet betölteni, fokozatosan kiszorítva más föld- és vályogépítési technikákat. Maga a vályog szó is csak a XVII. század végén bukkant fel először, de oklevelek adatai szerint a XVIII. században már általánosan elterjedt nemcsak az Alföldön, hanem olyan területeken is, ahol korábban a faépítkezés volt az uralkodó, mint Nógrádban, Borsodban és Hevesben. Jelentősége a XIX. század második feléig fokozatosan nőtt, alkalmazása az égetett kerámia-, téglaelemek megjelenésével folyamatosan csökkent. A vályogvetéshez a kötött, agyagos-homokos talaj a legalkalmasabb. A földet a vályogvető gödrökből termelték ki. Ez általában a falu határában volt, a legelőkből hasították ki, s a falu közös tulajdonát képezte. A XX. század első felében mindenki annyi földet használhatott vályogvetéshez, amennyire szüksége volt, később bérleti díjat kellett fizetni érte.

A vályogvetés során először a földet megtisztították a növények gyökereitől, majd a kitermelt földet vízzel elárasztották. Az így előkészített vályogot kapával, taposással összevágták, majd töreket, szalmát kevertek hozzá. Ezt addig keverték, amíg sima és görcsmentes nem lett, majd 10-12 órát „dagadni, érni” hagyták. Az így előkészített alapanyagot kihordták a gödörből taligával, majd a földre töreket szórtak, s a megnedvesített vetőbe villával vagy kézzel belerakták a vályogot, megtömködték kézzel, lesimították, majd lehúzták róla a vetőt. A kész elem a földön maradt, melyet két-három nap száradás után az élére állították, hogy az alja is megszáradjon, végül kazlakba rakták, ahol véglegesen kiszáradt. A vályogelemek mérete tájegységenként változó, a falazat azonban másféltégla-vastag volt, a készítése pedig a falkötés szabályai szerint történt. Habarcsként híg sarat használtak, a nyílások felett fagerendákat építettek be. A falazatot betapasztották.

Látható, hogy milyen sokszínűek voltak a magyarországi vályogépítési technológiák, és elterjedésük is jelentős volt.

A modern vályogépítészet ma is nagyon változatos, sokféleség jellemzi mind anyag, mind forma és szerkezet tekintetében. Mégis azt lehet mondani, hogy alkalmazása nagyon szűk területre korlátozódik. Vannak ugyan az ország egyes részein helyi kezdeményezések, de a köztudatban a vályog mint a szegények építőanyaga szerepel. A negatív megítéléséhez természetesen az is hozzájárul, hogy az árvíz sújtotta területeken nagyszámban mentek tönkre ilyen szerkezetű épületek. A mai építészeti előírások tiltják az ár- és belvizes területeken a föld- és vályogházak építését, de ez az országnak csak a kisebb területére érvényes. Az újabb kutatások bebizonyították, hogy a vályognak mint természetes építőanyagnak nemcsak építésbiológiai, hanem kedvező hatása az emberre, hanem építése és fenntartása kevésbé terheli a környezetet.

A mai építészetben megtalálhatóak a hagyományos építési technológiák, mint a fecskerakásfal, a vert fal, a kézzel vetett vályog, ugyanakkor a korszerű technikák is. A műszaki fejlesztésnek két iránya figyelhető meg, mindkettő az anyag tulajdonságaiból következik. Az egyik irány a szilárdság növelésére törekszik. Ennek módja a cementtel való stabilizálás. A fejlesztés másik iránya a hőszigetelő képesség növelése, melynek több módja ismert. Az egyik lehetőség a gyártás során a téglaelemekbe préselt, nem a teljes keresztmetszeten átmenő üregek. A másik fejlesztési irány a vályogelemek különböző anyagokkal történő könnyítése. Ennek hatására az elemek szilárdsága csökken, a hőszigetelő képességük nő, azonban csak önhordó falazatok építésére alkalmas. A teherhordó szerkezet a falban elhelyezett faváz.

3. Laboratóriumi vizsgálatok a falazatszilárdság meghatározására

3.1. A kísérlet célja

A mai falazóanyagok fejlődési iránya a hőszigetelő képességük növelése. Ez az agyag esetén a könnyűvályog elemek alkalmazásával érhető el, ahol a nagy szervesanyag-tartalom – nád, szalma, fűrészpor hozzáadásával – javítja a hőszigetelő képességet, ugyanakkor a könnyűvályog falszerkezetek nagyobb hőtároló tömeggel rendelkeznek, mint a mai falazóblokkokból épültek. A kísérletek célja a falszerkezetek szilárdságának meghatározása, amelyek alapján eldönthető, hogy azok önálló tartószerkezetként vagy favázaz házak kitöltő falaiként funkcionálhatnak-e. A vizsgálatok során először a különböző összetételű elemek anyagtani jellemzőit és nyomószilárdságát határoztam meg, a kísérletek eredményeit az Építőanyag, 2001/2. számában ismertettem (Csicsely, 2001). Ezek kiinduló adatokként szerepeltek a falazathoz készített könnyűvályog elemek anyagösszetételének kiválasztásánál. Itt kell megemlíteni, hogy könnyíteni nemcsak a téglaelemeket lehet, hanem a monolit jelleggel készülő falazatokat, pl. rakott sárfalat („fecskéfal”) vagy vert falat is. Az alábbiakban csak az elemekből épített faltestek nyomószilárdságának vizsgálatáról számolok be.

3.2. A könnyűvályog elemek készítése

A téglák készítése egyszerű, egyes fázisok könnyen gépesíthetők. Az építés helyszínén bárki elkészítheti a falazathoz szükséges elemeket, hiszen a „gyártás” hamar elsajátítható, s az összes alkotórész a közelben megtalálható, így ezzel a szállítás is kiküszöbölhető.

Az első lépés az építési agyag kitermelése. A szerves anyag nedvesen történő hozzákeverése után már lehet préselni a téglákat.

Az elemek a Naturbau Kft. magyarszombatfai telepén készültek. A különböző összetételű anyagok keverése egy erre alkalmas mezőgazdasági géppel történt. A keverék, a présgép adagolójába helyezése után, mechanikus vezérléssel 15 x 11 x 30 cm-es sablonba került. A hidraulikus összepréselés során a földnedves keverékből az alkalmazott nagy nyomáson, víz kiszorításával tömör elemek készültek (9-10. ábra). A különböző könnyűvályog elemek egy nyitott pajtában, depóniába rakva száradtak. A présgépet a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépszerkezettani Intézetének Gépelemek Tanszékén fejlesztették ki.

9. ábra. A fűrészpor hozzáadása a szalmával kevert agyaghoz

10. ábra. VP-002 vályogprés a kész elemekkel

1. táblázat

A kísérlethez készített vályogelemek összetétele térfogatarányban

Minta jele	Agyag	Nedves szalma	Nedves nád	Fűrészpor
	Térfogatarány			
SZ (szalma)	3	1	–	–
SZF (szalma és fűrészpor)	6	2	–	1
N (nád)	3	–	1	–
NF (nád és fűrészpor)	6	–	2	1
R (referencia, csak agyag)	1	–	–	–

Az öt különböző összetétellel készített minták keverési arányait az 1. táblázat mutatja be.

3.3. Vizsgálatok

A vályogfalazatok vizsgálatára érvényes szabványok nem állnak rendelkezésre, ezért a kísérletek során az MSZ és az Eurocode égett kerámia falazóelemekre vonatkozó előírásai voltak az irányadók. A méréseket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építésmérnöki Kara Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszékének, illetve az Építőmérnöki Kar Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszékének laboratóriumaiban végeztük. A faltestek két ütemben épültek. Első ütemben a csak agyagból lévő referenciamintákat (R jelű) készítettük el „A” jelű habarccsal, a második ütemben a vályog (SZ, SZF, N, NF jelű) próbatesteket építettük meg a „B” jelű habarccsal. A minták laboratóriumi körülmények között száradtak, s a vizsgálatokra 28 napos korban került sor. A kiszáradás ideje a nagyobb elemek esetén minimum 3 hétig tart, ezért a cementkötésű rendszereknél szokásos 28 napos kort választottuk az agyaghabarccsal készült faltestek esetén is. Az utólagosan végzett nedvességtartalom-mérés igazolta a választás helyességét. A kiszáradás alatt a levegő hőmérséklete 23–28 °C, míg a relatív páratartalom 30-50% közötti mozgott. A különböző összetételű téglákból három-három falazati próbatestet építettünk, illetve a habarcsot 6-6 darab 40 x 40 x 160 mm-es próbatesten vizsgáltuk.

3.3.1. Habarcsvizsgálat

Habarcs készítéséhez a szállítás során sérült elemeket használtuk fel, vízzel áztatva, majd alaposan elkeverve. A habarcsmintákat 1 hetes kor utáni zsáluztuk ki. A habarcs próbatestek közül 3 darab a faltestek mellett száradt a vizsgálatokig, 3 darab pedig klímaszekrényben. 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 hajlító- és nyomószilárdságának meghatározása című szabványok alapján végeztük. A két különböző időpontban készített habarcsminta jele „A” és „B”. A habarcsok átlagos jellemzőit a 2. táblázat foglalja össze.

Az agyaghabarcsok konzisztencia- és szilárdsági jellemzői

Minta jele	Terület, cm	Hajlítószilárdság, N/mm ²	Nyomószilárdság, N/mm ²
A	16	1,0	3,5
B	17	0,4	2,2

A habarcsminták nedvességtartalmát + 60 °C-on való kiszáritással határoztuk meg, 2,0–3,5 tömeg% közé esett, mely megegyezett a faltesteken mért értékekkel.

3.3.2. Két összeépített falazóelem vizsgálata

Az agyag falazóelemeket az MSZ 551-1:1988 *Égetett agyag falazóelemek. Általános műszaki előírások* című szabvány alapján vizsgáltuk, figyelve az anyag várható viselkedésének hatásaira. Két-két falazóelemet építettünk össze agyaghabarccsal, és a habarcs felületi simításának egyenletessége érdekében alul-felül farostlemezt helyeztünk a próbatestekre. Így biztosítottuk a vizsgálat során a nyomólapok párhuzamosságát. Az összehabarcolt minták laboratóriumban száradtak, a fentebb említett körülmények között.

A kísérlet során mértük a nyomóerőt és az alakváltozást, ebből kiszámítottuk és ábrázoltuk a σ - ϵ függvényeket. Minden eltérő összetételű elemből 3-3 darab próbatest készült. Az 11. ábra a három törés átlagát mutatja.

11. ábra. A két összeépített elem nyomószilárdsági vizsgálatának eredményei

A diagramokon jól látszik, hogy a csak agyagtartalmú, nagyobb szilárdságú habarccsal készített téglatestek (R) alakváltozása a legkisebb, míg a szalma- (SZ), illetve fűrészpor- (F) tartalmúaké nagyobb, a legnagyobb nyomási teherbírást a szalma-fűrészpor (SZF) és a szalma- (SZ) tartalmú téglatestekkel értük el, de ezekhez a téglatestekhez nagyobb alakváltozás tartozott. A nád- (N) és a nád-fűrészpor (NF) adagolású vályogtéglák összehabarcolt próbatestei jellemzően alig tértek el egymástól, és értékük csak a szalmával (SZ) készítettékéhez hasonló. A nyomóvizsgálatok eredményét vélhetően befolyásolta az agyaghabarcs minősége is.

3.3.3. Faltestek vizsgálata

A faltest 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 téglaszéles, 2 téglahosszú és 5 sor magas faltesteket készítettünk.

12. ábra: A faltestek kialakítása (nézet)

A faltestet a téglakötés szabályai szerint – a páratlan sorokban két egész elem, a páros sorokban féltégla eltolással a falvégnél két fél elem zárásával – építettük. A falazati próbatestek U acél fogadóelembe készültek, agyaghabarcsba rakva. A függőleges és vízszintes síkok kialakításához sablont és vízmértéket használtunk. Az így nyert próbatestek mérete kb. 60 x 60 x 14,5 cm volt.

A faltestek két ütemben épültek. A minták a laboratóriumban száradtak 28 napos korban való vizsgálatukig. A kiszáradás alatt a levegő hőmérséklete 25–30 °C, míg a relatív páratartalom 30–50% között mozgott.

Minden eltérő összetételű elemből 3-3 darab próbatest készült. A törési vizsgálat előtt a teherelosztó lap négy sarkába léptéket rögzítettünk. Az egyes teherlépcsőkhöz tartozóan teodolittal olvastuk le a négy sarokban végbe ment alakváltozás mértékét. A vizsgálatot a 13-15. ábrák mutatják. A mérési adatokból kiszámítottuk a feszültség-alakváltozás mértékét, a különböző összetételű faltesteken kapott értékek átlagait a 16. ábrán mutatjuk be.

Az eltérő összetételű falazatok feszültség-alakváltozás diagramjai jól elkülönülnek egymástól. Hasonlóan az elemek vizsgálatához itt is nagy alakváltozások figyelhetők meg. A tisztán agyagból készített falazatoknak lényegesen kisebb volt az alakváltozása, mint a többi. A szalmával kevert téglából épített vályogfalnak volt a legnagyobb az alakváltozása, a náddal keverté a kettő közé esett. A fűrészpor-adagolás nagymértékben csökkentette a végszilárdságot és kismértékben az alakváltozást.

A tönkremenetelnek három fajtája figyelhető meg. Az első az, amikor a falazat kihajlott, s a kihajlás hatására ment tönkre. A második, amikor a próbatest valamelyik szélén a téglaelemek repedése után következett be a tönkremenetel (15. ábra). A harmadik esetben a faltest középső szakaszán ment tönkre egy elem, ami azután a faltest teljes tönkremenetelét okozta.

13. ábra. A faltest vizsgálat közben

14. ábra. Az eltört faltest

15. ábra. Az eltört faltest

A vizsgálatok azt igazolták, hogy a szálas anyagok hatására nő a vályog teherbírása, ugyanakkor az alakváltozása is. A szalma és a nád hozzáadása nagyban növeli a falazatok hőszigetelő képességét, és mivel a „könnyítés” a 30%-ot nem haladta meg, a hőtároló tömeg sem csökkent számottevően. A szalmatartalmú elemeknek volt a legnagyobb a teherbíró képessége, illetve az alakváltozása. Ennek oka azzal magyarázható, hogy a szalmaszálak már készítésükkor összetöredeztek; nagy összenyomódásra képesek, viszont a töredezett élek mentén nagy az ellenállás, így a tönkremenetel később következett be. A nádtartalmú elemek teherbírása és alakváltozása a középső tartományba esett. A nád az elemek gyártásakor az összeaprítás során sem töredezett össze, anyaga a szalmához viszonyítva sokkal merevebb, de mivel felülete sima, ezért az igénybevétel hatására könnyebben „kihúzódt” az agyagból.

A továbbiakban nagyobb mintaszámú vizsgálattal folytatom a kísérleteket, és az eredmények felhasználásával olyan elméleti mechanikai modellt tervezek felállítani, ami jól jellemzi a vályog egyedi tartószerkezeti viselkedését.

4. Összefoglalás

A magyarországi vályogépítészeti történeti összefoglalását követően a vályogfalazatok szilárdsági vizsgálatát ismerttettem, amit a BME-n végeztünk el. A kísérleti eredmények azt igazolták, hogy szükség van a falazatok készítése

sekor arra, hogy az agyaghoz szerves anyagot keverjenek, ahogy erre a népi építészetben is számos példát találunk. A többnyire szálas anyag bekeverésének előnye nemcsak hőtechnikailag indokolt, hanem tartószerkezeti is jelentős, hiszen ezáltal a vályogfalazatok teherbíró képessége megnövekszik. Igaz, hogy ehhez nagyobb alakváltozás is társul. Ezért a falazatok készítésekor ismerni kell a száradási zsugorodáson kívül az önsúly, illetve az állandó terhek okozta alakváltozást is. Ha az újonnan épülő ház tervezésénél figyelembe vesszük ezeket a hatásokat úgy, hogy a kívánt méretnél 3–5%-kal magasabb falazatot emelünk, és hagyjuk, hogy ezek az alakváltozási folyamatok lejátszódjanak, akkor a szalma- vagy nádtartalmú vályogház nemcsak jó hőkomforttal fog rendelkezni, hanem teherbírása is megfelelő lesz. Természetesen nem lehet megfeleltetni a vályogfalazat nedvesség elleni védelméről, a tartósság érdekében erről a tervezés és kivitelezés során mindig gondoskodni kell.

Irodalom

- [1] Csicsely Ágnes: Könnyűvályog elemek laboratóriumi vizsgálatai. Építőanyag. 53, 2. 53–57. (2001).
- [2] Dr. Dám László: Építkezés. Néprajz egyetemi hallgatóknak. Kossuth Lajos Tudományegyetem, Debrecen, 1992. 17–32. old.
- [3] Istvánfi Gyula: Az építészet története. Ősör, Népi építészet. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997. 60–61. old.
- [4] Dr. Szűcs Miklós: Föld- és vályogfalú házak építése és felújítása. Építésügyi Tájékoztatási Központ Kft., Budapest, 2002.

Alkalmazott szabványok

- MSZ 551-1:1988 Égetett agyag falazóelemek. Általános műszaki előírások
- MSZ 16000-3:1990 Habarcsok. Általános rendeltetésű habarcsok mintavétele és vizsgálati módszerei
- MSZ EN 1015-11:2000 Falszerkezeti habarcsok vizsgálati módszerei. 11. rész: A megszilárdult habarcs hajlító- és nyomószilárdságának meghatározása
- MSZ EN 1052-1:2000 Falazatok vizsgálati módszerei. 1. rész: A nyomószilárdság meghatározása 7. fejezet

Lektorálta: dr. Kausay Tibor

16. ábra. A faltestek feszültség-alakváltozás diagramjai