

Vegyes falazatok jellemzői és problémái Budapest belső kerületeiben

Nemes Rita

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, nemes.rita@gmail.com

Józsa Zsuzsanna

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, zsjozsa@epito.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: Budapest – de más városok régi épületeiben is – számos helyen, főleg az alsóbb szinteken nagy számban fordulnak elő kő és téglá vegyes falazatok. A kőanyag tipikusan helyi anyag, Budapest épületeiben jellegzetesen durva mészkő és andezittufa, amelyek szilárdsága viszonylag kicsi. Egy felújítás vagy átépítés során rendkívül fontos a teherbírás ellenőrzése, aminek a falazatok részletes felmérése és diagnosztikája az alapja.

Kulcsszavak: vegyes falazat, teherbírás, épületdiagnosztika

1 BEVEZETÉS

Budapest belső kerületiben számos 100 év körüli épület van ma is használatban. Ezek nagyrészt már legalább 30-50 éve magántulajdonban vannak, a fenntartás és karbantartás a lakók feladata. Sokszor jelent gondot a hosszabb időn keresztül elhanyagolt lakóépületek nagyobb felújítása. Bevett gyakorlat, hogy az eredetileg csak tárolásra, ruhaszáritásra, stb. használt padlásteret lakótérre alakítják és eladják, egyes esetekben emeletráépítést is végeznek, aminek elsődleges célja, hogy az ebből származó bevétel fedezze a ház műszaki, illetve esztétikai felújítását. Ez általában minden gond nélkül lehetséges, néhány esetben viszont az alaptestek, illetve falazatok teherbírása nem elegendő. Ekkor a tetőtér beépítést alapmegerősítésnek kell megelőznie. A legnagyobb gondot az okozza, amikor úgy alakítják át a padlásteret, hogy nem végzik el előtte a teherbírás ellenőrzését.

Ezeknek az épületeknek a pincefalai, a földszinti és néha az 1. emeleti főfalai is kő és téglá vegyesfalazatok nagyon különböző anyag- és falazási minőséggel. Sokszor toldottak, átépítettek és legtöbbször a talajszint fölött 20-50 cm-ig nedvesek. Teherbírásuk a meglévő beépítés mellett is kihasznált, további terhet nem viselnek el. Ha egy ilyen épületet megerősítés nélkül tovább terhelnek, akkor olyan szintű károsodásokat szenved, hogy sokszor veszélyessé, lakhatatlanná, ritkább esetben életveszélyessé válik. Ekkor a helyreállítás az eredeti korszerűsítés többszörösébe is kerülhet, pedig már az eredetileg tervezett felújításra sem volt pénze a társasháznak. Ezért nagyon fontos az előzetes állapotfelmérés és a teherbírás meghatározása.

Másik tipikus eset, amikor egy meglévő épület többletterhet kap, az átépítéssel együtt funkcióváltásra (is) sor kerül. Pl. a korábbi lakóépület, iroda vagy szálloda funkciót kap és ekkor sok esetben kibontanak/beépítenek falakat. Gyakran előfordul, hogy már hosszú ideje használaton kívül állt az épület, mire a(z új) tulajdonos dönt a hasznosításáról. Ez is állapotromlást és az épületfenntartásról átépítésről szóló dokumentációk hiányát jelenti. Ilyen esetekben ritkábban marad el a teherbíró képesség ellenőrzése, mert a hasznos terhek megváltozása miatt új statikai számítás szükséges, amelynek kiinduló adatai egy felmérés eredményei.

Az elmúlt 10 évben számos átépítés során vizsgáltuk a falazat teherbíró képességének meghatározásához szükséges anyag- és állapotjellemzőket, néhány esetben sajnos csak utólag, amikor már komoly problémák adódtak, veszélyessé vált az épület állapota (1. ábra).

Néhány tipikus falszerkezetet és annak állapotát mutatjuk be jelen cikkünkben a fent említett esetek kapcsán szerzett tapasztalatainkból.



1. ábra. Belső főfal pince szinten

Legalább 3-4 repedés függőlegesen végigfut az egész pilléren, a repedések keresztül mennek a köveken is. Ritkán 1-1 sor téglá van a pillérben, különben elvétve.

2 A FALAZOTOK JELLEGZETESSÉGEI

2.1 A falazatok tipikus felépítése

A pinceszinti falazatok gyakran kő és téglá vegyes falazattal készültek. A kőzetek anyaga leggyakrabban durva mészkő és andezittufa. Ezek teherbírása viszonylag kicsi. Ezért sok esetben téglával is kiépítették, de arra is van példa, hogy egyes falszakaszok kizárólag kőből készültek, az utóbbi egész épületekre nem jellemző. A falazat teherbírása nagyban függ a falazat minőségétől. Néhány esetben tapasztaltunk szép szabályos sorokba rendezett falazást váltogatva a kő és téglá sorokat, szépen kötésbe rakva (2 ábra), viszont nagyon gyakoriak a szabálytalan alakú kőek és a téglatörmelék alkalmazása is. Míg pinceszinten általános, földszinten még gyakori a vegyes falazat, az első emeleten már ritkán fordul elő, főntebbi emeleteken nem tapasztaltunk vegyes falazatokat, ott már csak téglá a falazóanyag.

Általánosságban az alábbi tipikus esetek fordulnak elő:

A falazó elemek:

- a legjobb eset, amikor a falak sávós elrendezésűek, főleg szabályos alakú kővekből (durva mészkő, andezit, andezittufa, homokkő) és nagyméretű téglá-sorokból álló vegyes falazatok, ez elsősorban a földszinti külső falakra jellemző, bár belső falaknál is gyakran előfordul,
- egyes esetekben csak többféle kőből áll a falazat, téglát nem tartalmaz (bár ezt csak épület szakaszokon (nem egész épületen) tapasztaltuk), tipikusan durva mészkő és andezittufa váltakozva,
- legrosszabb esetben a pincefalak szabálytalan alakú kővekből (andezit, durva mészkő, homokkő stb.) és tégladarabokból álló vegyes falazatok szabálytalan habarcs masszával, az ilyen falszakaszokon a falazás minősége csak III. osztályúnak tekinthető.

A habarcs:

- a habarcsfuga vastagsága jellegzetesen (nagyobb, mint a téglá falazatoknál) 10-20 mm,
- anyaga legtöbbször mészhabarcs,
- a habarcs szinte minden esetben erősen nedves, gyakran kiporlik a falazó elemek közül, helyenként 10-15 mm mélységig hiányozhat
- szilárdsága általában nem éri el az 1 N/mm²-t sem.



2. ábra. Pince szinti pillér vegyes falazatból, szabályosan váltakozó kő (mészke és andezittufa) és téglá sorokkal

A nedvességtartalom a pincében a külső falak estén igen nagy, a középfőfalaknál valamivel kisebb, a földszinten a falak alsó 1 m-es szakaszán nagyobb, mint a felső részen. Az 1. emelet már tipikusan száraz. Gyakran kisméretű téglá és beton anyagú falsávok jelennek meg a korábbi javítások és átépítések miatt, de ezek csak kis szakaszokon fordulnak elő, teherbírás szempontjából általában nem vehetők figyelembe.

Részleges feltárás esetén a minél hosszabb függőleges sáv feltárása a legpraktikusabb (3. ábra), hogy a fent említett eseteket a legjobban beazonosíthassuk. Viszont ha a teherbírás kérdésessé válik, akkor a különböző falszakaszok teherbírásának pontosítása csak a vakolatok teljes eltávolítása, és a falazatok ismételt felmérése (a falazat geometriai méretei, a falazás minősége, a falazóelemek anyagai) után lehetséges.



3. ábra. Feltárás hosszú függőleges sávban

2.2 A falazatok kőtípusai

A falazatban leggyakrabban előforduló kőtípus a durva mészkő, emellett még andezit és andezittufa kőzetdarabok is előfordulnak és egy esetben homokkő is előkerült nagyobb mennyiségben pince szinti falazatból. Az épület külső homlokzatán, belső járófelületén, oszlopok és díszítőelemek formájában felhasznált egyéb kőtípusokra itt most nem térünk ki.

Durva mészkő

A durva mészkő világos-sárga, fehéres-sárga színű üledékes kőzet. Fő kőzetalkotó ásványa a kalcit. Jellemző, hogy apró méretű, jól kerekített szemcséket (ooidokat) tartalmaz. Az ooidok jól cementáltak, de köztük találhatóak kis méretű pórusok is (Török 2007a). Mállásra hajlamos, víz-érzékeny kőzet, amely légszennyezés hatására erős átalakulást, tönkremenetelt mutat (Török 2002, 2007a).

A makroszkópos kőzettani vizsgálatok alapján három típust különíthetünk el, amelyek hasonlítanak a korábban leírt változatokra (Török 2002):

- A finomszemű durva mészkő igen apró, 1 mm vagy annál kisebb ooidokból áll (4. ábra). Szövege egynemű. Nagyobb szemcsék, szabad szemmel látható ősmaradványok ritkán fordulnak elő benne.
- A középszemű durva mészkő változatban kisebb homok és apró kavics méretű kvarc és kvarcit szemcsék is előfordulnak de uralkodóan kalcit szemcséket (ooidokat) tartalmaz.
- A durvaszemű változat nagy mennyiségű, több milliméteres, akár centiméteres ősmaradványokat, leggyakrabban kagyló héjtöredékeket és csigákat tartalmaz (5. ábra). Ennek megfelelően törési felülete is egyenetlen és pórus mérete is erősen változó.



4. ábra. Finom szemű durva mészkő pince falazatban



5. ábra. Durvaszemű, bioklasztos durva mészkő 1. emeleti falazatban

Fizikai tulajdonságok

A durva mészkő vagy más néven puha mészkő erősen porózus kőzet. Kis méretű egymással jól kommunikáló pórusai miatt effektív porozitása 20-30 V%-ot is elérhet. Légszáraz testsűrűsége ($1600-1800 \text{ kg/m}^3$), víztelítés hatására megváltozik és vízzel telített állapotban akár 2100 kg/m^3 -es értéket is elérheti. Az egyirányú nyomószilárdsága az irodalmi adatok és a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék mérési adatai alapján $2-11 \text{ N/mm}^2$ között változik.

A helyszíni roncsolásmentes vizsgálatok alapján (Schmidt kalapács) a kőzet átlagos visszapattanási értéke: nem mérhetőtől a 23-ig változik, ez azt jelenti, hogy szilárdsága $1-5 \text{ N/mm}^2$ közöttire becsülhető. A szilárdság nedvesség hatására csökken.

Származási hely

A Miocén korú durva mészkő a XIX. század végének kedvelt építő- és díszítőköve volt, melyet a fővárosban is gyakran használtak (Schafarzík et al. 1964). Budapest területén (Horusitzky, 1933), valamint a Tétényi fennsíkon és Sósikúton is előfordulnak a falazatban talált kőzetváltozatoknak megfelelő kőzettípusok (Török 2007b, 2008).

Andezit és andezittufa:

Sötétebb színű, vörössesszürke, barnásszürke magmás kőzetek. A makroszkópos kőzettani vizsgálatok alapján az alábbi kőzettípusokat különítettük el:

- világosszürke, rózsaszínes szürke andezittufa
- sötétszürke és vörös andezit

Az andezittufa elég változatos szöveti képet mutat, horzsaköves világosszürke darabok mellett, rózsaszínes finomszemű változatai is előfordulnak.

Az andezit sötétszürke amfibolos változata és vörös oxi-andezit is megtalálható a falazatokban (6. ábra).



6. ábra. Vörös andezit földszinti falazatban

Fizikai tulajdonságok

A falazatban található mállott andezit effektív porozitása a 10 %-ot is elérheti. Ez az érték jóval magasabb, mint az üde andezité, amely rendszerint 1 % alatti. Légszáraz testsűrűsége átlagosan $2000-2200 \text{ kg/m}^3$ között változik. Az andezittufa magasabb vízfelvétele 17 % a szöveti tulajdonságok mellett a mállottságnak is köszönhető. A falazatban található mállott andezit és andezittufa egyirányú nyomószilárdsága az irodalmi adatok és a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék korábbi mérési adatai alapján $5-15 \text{ N/mm}^2$ között változik (Török 2007b). A helyszíni roncsolásmentes vizsgálatok alapján (Schmidt kalapács) az andezittufa és andezit átlagos visszapattanási értékei szélsőségesen váltakoznak: 14-26 közötti átlagértékkel a kisebb szilárdságú kőzeteknél, a nagyobb szilárdságú kőzet esetében 33-43 között, előfordul azonban $5-15 \text{ N/mm}^2$ közötti szilárdságú kőzet is.

Származási hely

Az andezit és az andezittufa építi fel a Visegrádi-hegységet (Schafarzík et al. 1964), így a Budapesten felhasznált ilyen típusú építőkövek is erről a területről származnak (Török, 2007b, 2008).

A kőzetek alkalmazása

A falazatokban elsősorban durva mészkövet használtak, de sok esetben a különböző kőzettípusokat vegyesen alkalmazták. Szabálytalan, többségében 20-30 cm-es kőzetdarabokat találtunk a pince falfeltárások során (7. ábra). Ezzel szemben a földszinten és az emeleten általában szabályosabb, téglatesthez hasonló kőzettömböket alkalmaztak, amelyek magassága nagyjából megegyezik, de változó magasságú téglatestekből álló falszakaszokat is előfordulnak.



7. ábra A falazatban vegyesen előforduló durva mészkő (világos) és andezittufa (sötét) kőzetdarabok pince falazatban

2.3 A falazatok téglanyagai

A falazatokban lévő nagyméretű (29x7x14 cm-es) téglák általában jól kiégetett, vörös színű, 10-14 N/mm² nyomószilárdságú téglák. Testsűrűsége jellemzően 1500-1800 kg/m³ közötti, bár kisebb is lehet. Vízfelvétele 16-24 m%, de tapasztaltunk kisebb testsűrűségű tégláknál 43 m%-ot is.

2.4 A falazatok téglanyagai

A külső falak sávos elrendezésű vegyes falazatában a falazóhabarcs az építés korának megfelelő mészhabarcs, általában H3 minőségűnek tekinthető. Rétegvastagsága 8-15 mm. A pince nagyon vizes részein magas a falazóhabarcs sótartalma igen magas szokott lenni.

3 A FALAZATOK VIZSGÁLATA

3.1 Általános szempontok

A falazatok vizsgálatánál legfontosabb a helyes feltárás és a szemrevételezés. Ezt követheti a helyszíni, majd a laboratóriumi vizsgálat. A falazat összetételén kívül jellemző az állapota is. Majd minden esetben nedves a falazat, aminek hatására csökken a teherbíró képessége. Találkoztunk olyan esettel is, amikor a látszólag száraz pince falai valójában csak a belső felületükön utólag elhelyezett szigetelés miatt tűntek száraznak, alattuk a falazat erősen nedves vagy vizes volt, mert a szigetelés még a párolgást is megakadályozta. A teherbírás meghatározásához szükséges alábbi tulajdonságokon kívül az egyes falszakaszok nedvesség-, és sótartalmát is meg kell határozni.

A fal/falpillér teherbírásának meghatározásához vizsgálni kell tehát:

- a falazó elemek fajtáját (téglák, kövek) szilárdságát, minőségét, állapotát,
- a falazó habarcs fajtáját, szilárdságát, állapotát,
- a falszakaszok kihajlási hosszát,
- a falazás minőségét,
- a fal/falpillér keresztmetszetének geometriai arányait (pillér vagy fal).

A vizsgált tulajdonságok – valamint a falszakasz keresztmetszetének – ismeretében a falak/falpillérek

teherbírása meghatározható.

Ha az épület falazatainak teherbírását a Magyar Szabványok szerint akarjuk meghatározni, akkor az alábbi szabványok szükségesek:

- Építmények teherhordó szerkezetei erőtani tervezésének általános előírásai MSZ 15020-86
- Magasépítési szerkezetek terhei (valamint a szabvány 2000. novemberi módosítása) MSZ 15021/1-86
- Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtani vizsgálata MI 15011-1988
- Építmények falazott teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése MSZ 15023-87
- Átnedvesedett falak vizsgálata MI-04-320-1992
- Terméskő MSZ 18292-86
- Építőkövek MSZ 18294-86
- Égetett agyag falazóelemek. Tömör téglá MSZ 551/2
- Habarcsok. Általános rendeltetésű habarcsok minőségi követelményei MSZ 16000/2

A szakvélemény készítés jellegzetes menete:

Helyszíni vizsgálatok:

- mintavétel a meglévő kőből, téglából és a habarcsból, a kiválasztott mintavételi helyen,
- roncsolásmentes téglá szilárdságvizsgálat Schmidt kalapáccsal, habarcsfúróval végzett összehasonlító vizsgálat és helyszíni nedvességmérés tapintó nedvességmérővel a mintavételi helyeken.

Laboratóriumi vizsgálatok:

- a kő - és téglaminták nedvességtartalmának meghatározása
- a kő - és téglaminták testsűrűségének és telítési vízfelvételének meghatározása
- a habarcsminták tájékoztató kötőanyag tartalmának megállapítása

Szakvélemény készítése:

Vizsgálati eredmények értékelése és a falazat szilárdságának számításához szükséges anyagjellemzők meghatározása.

3.2 Helyszíni vizsgálatok

A mintavételi helyeket a jellegzetes helyek megadásával kell kezdeni, a vizsgálatok közben legtöbbször kiderül, hogy bővíteni kell a vizsgálati helyek körét. Vegyes falazatok esetén a mintavételi helyekről téglá- (többféle) kő- és habarcsmintát kell venni a nedvességtartalom, a testsűrűség és a falazóhabarcs összetételének megállapítására. Valamennyi vizsgálati helyen helyszíni roncsolásmentes szilárdság-vizsgálatot szoktunk végezni Schmidt kalapáccsal (pl. kőfelületeken ld. Török 2004) a falazóelemek felületén (8. ábra), habarcsfúróval a falazat fekvő hézagaiban (9. ábra) és roncsolásmentes nedvességbecslést GANN Hydromette RTU 600 típusú nedvességmérő műszerrel (10. ábra).



8. ábra. Helyszíni roncsolásmentes szilárdságvizsgálat Schmidt kalapáccsal



9. ábra. A falazóhabarcs szilárdságvizsgálata HF (habarcsfúró) készülékkel



10. ábra. Helyszíni roncsolásmentes nedvességvizsgálat GANN Hydromette RTU 600 típusú nedvességmérő műszerrel

3.3 Laboratóriumi vizsgálatok

A mérőhelyeken kivett mintákat 105°C-on tömegállandóságig kiszárítjuk, majd a telítési nedvességtartalom megállapításához meghatározzuk a téglá- illetve kődarabok vízfelvételét. A testsűrűséget vízkiszorítással, hidrosztatikai módszerrel mérjük.

Az értékelés során az *MI-04-320 Átnedvesedett falak vizsgálata* c. építésügyi ágazati irányelv megnevezéseit használjuk, mely szerint a *falminta átnedvesedési fokozatai*:

- *száraz*: ha a minta nedvességtartalma az egyensúlyi nedvesség-tartalommal egyezik meg és sótartalma 0,5 %-nál kisebb
- *nedves*: ha a minta telítettsége 20-40 % közötti
- *erősen nedves*: ha a minta telítettsége 40-80 % közötti
- *vizes*: ha a minta telítettsége 80 % fölötti.

A sótartalom legalább olyan fontos, mint a nedvességtartalom.

A falminták sószennyezésének fokozatai az MI-04-320 szerint:

- *sómentes*: ha a minta összes oldható sótartalma legfeljebb 0,1 m%
- *kissé sószennyezett*: ha a minta összes oldható sótartalma 0,1-0,5 m% közötti
- *sószennyezett*: ha a minta összes oldható sótartalma 0,5-1,5 m% közötti
- *erősen sószennyezett*: ha a minta összes oldható sótartalma nagyobb, mint 1,5 m%

A sók fajtáit célszerű lehet részletesen is meghatározni, különösen, hogy általában ebből lehet következtetni a sófajta származásáról is.

A falazatokban előforduló leggyakoribb sófajták felsorolását a 1. táblázat tartalmazza; jellemzőiket és származásukat pedig a következőkben ismertetjük (Csányi, Józsa, 2007).

Kloridok $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ NaCl $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	kalciumklorid nátriumklorid magnéziumklorid
Szulfátok $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	nátriumszulfát magnéziumszulfát kalciumszulfát
Nitrátok $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ KNO_3 NH_4NO_3	kalciumnitrát magnéziumnitrát káliumnitrát ammóniumnitrát
Karbonátok $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ K_2CO_3	nátriumkarbonát káliumkarbonát
Kettős sók (5) $5\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_3\text{NO}_3\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{K}_3\text{Na}(\text{SO}_4)_2$ $\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ $\text{K}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	mészsalétrom darapszkit aftitalit syngenit picromerit

1. táblázat. Falazatokban előforduló leggyakoribb sófajták (MI-04-320)

Szulfátok (SO_4^{2-}) fehér, bolyhos sókiválás:

- a téglá anyagából (felhasznált agyagból, a füstgázok kén-dioxid tartalma + az agyag nátrium és magnézium vegyületeinek reakciójából. A megengedett érték 0,08 %, ami 0,3-0,5 % -ra feldúsulhat),
- talajból, talajvízből, ipari vizekből.

Hatásuk: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, illetve $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ keletkezésekor kristályosodási nyomás lép fel (ld. „szulfátos kristályosítás”)

Eltávolítás: csiszolással

Kloridok (Cl⁻) nyálkás, nyúlós, sárga kivirágzás:

- jégolvasztó sózásból,
- házi szennyvíz, derítő, depó, szemétegető lerakó anyagaiból közvetlenül vagy átalakulás után.

Nitrátok (NO₃⁻) nyálkás, nyúlós, sárgás kivirágzást, ún. salétromosodást okoznak:

- műtrágyából (NH₄NO₃),
- állattartó telepek közelében (szerves anyagok bomlásából ammónia, majd nitrit, illetve nitrát keletkezik),
- csatorna, emésztő meghibásodásból (mint előbb, plusz szulfidok).

Karbonátok fehér, bolyhos sókivirágzás:

- szikes talajból (Na₂CO₃),
- mosó üzemekből,
- mészkioszlódásból (habarcsok).

Ha 2 % oldható sótartalomból 0,5 % szulfát-, 0,4-0,6 % klorid-, 0,4-0,6 % nitrátion, akkor az házi szennyvíz eredetű.

A sófajták meghatározás különböző módszerekkel lehetséges:

- a kloridion tartalom (Mohr féle argentometriás titrálással)
- a szulfátion tartalom (bárium-kloridos lecsapással, gravimetriásan)
- a nitrátion tartalom (Merck-féle Nitrat-test-tel, félkvantitatíven)
- az összes sótartalom (szárító szekrényben szárazra párolva).

A 2. táblázatban mintaként bemutatunk jellegzetes sótartalmakat kissé, közepesen és erősen sószennyezett esetekben.

2. táblázat. Tipikus pince szinti falállapot sószennyezettség szempontjából

Minta jele	pH	Szulfátion tartalom, tömeg%	Kloridion tartalom, tömeg%	Nitrátion tartalom, tömeg%	Vízoldható összes sótartalom, tömeg%	Értékelés az MI-04-320:1992 szerint
P2	-	-	-	-	0,24	kissé sószennyezett
P4	8,2	0,17	0,08	0,8	1,14	sószennyezett
P10	8,0	0,08	0,59	0,5	2,04	erősen sószennyezett

A vízzel oldható összes sótartalom meghatározását az MI-04. 320:1992 3.3.1. pontja szerint végezzük, porított mintákból készített szűrletek részleteinek bepárlásával, majd a párlási maradék tömegének mérésével. A vízoldható anionok elemzéséhez is az előbbi szűrletet használjuk fel. Ennek részleteiben hagyományos térfogatos, illetve súlyszerinti módszerrel vizsgáltuk a klorid és szulfátionok mennyiségét, a nitrátionok kimutatására és félkvantitatív meghatározására pedig NITRAT-tesztet használtunk. A minták pH értékét az eredeti állapotú porminták 1:2,5 arányú desztillált vizes szuszpenzióban elektrometriásan mérjük.

3. táblázat. Tipikus falazati jellemzők pince szinten (P), földszinten (F) és I. emeleten, különböző falazóanyagok esetén egy budapesti felmérés alapján

Jel	Anyag	Testsűrűség	Nedvesség	Vízfelvétel	A telítettség mértéke	Értékelés
		[kg/m ³]	[%]	[%]	[%]	
P ₁₁	Tégla	1611	6,2	21,5	29,0	nedves - - erősen nedves
	Andezittufa	1797	11,3	17,3	65,1	
	Durva mészkő	1667	2,7	13,5	19,8	
F1b	Tégla	1711	10,2	15,4	66,2	erősen nedves
F1	Fin.sz. durva mészkő	1672	10,7	24,0	44,5	
F4	Tégla (2)	1692	1,1	19,6	5,7	száraz- - nedves
	Vöröses andezit	2040	2,0	8,0	25,4	
I/1	Héjtöredékes durva mkő	1785	0,1	16,2	0,2	száraz
	Tégla	1527	0,1	23,6	0,4	

4 ÖSSZEGZÉS

A 90-100 éves vagy régebbi épületek falai gyakran vegyes kő vagy kő és téglafalazatok. Ez különösen a pincszinten és a földszinten igaz, de előfordul vegyes falazat az I. emeleti részekben is. Budapest belvárosában gyakoriak a kis teherbírású, jellemzően durva mészkő és andezittufa felhasználásával készült falszerkezetek. Ezek az épületek mostanra megértek a felújításra, esetleg átépítésre. Ezek során a falak teherbíró képességének meghatározása elengedhetetlen. Ennek meghatározásához fel kell mérni a különböző falszakaszok tényleges anyagát, és állapotát. A szilárdságot 1-1 kivett mintán végzett vizsgálat és nagyobb számban végezhető roncsolásmentes vizsgálat (Schmidt kalapácsos szilárdságbecslés, nedvességtartalom mérés) alapján kell meghatározni. Az ilyen vizsgálatok során nagyon hasznosak a korábbi hasonló esetek tapasztalatai.

Ezek a falszerkezetek néha szabályosan falazottak, felváltva kő és téglaelemekkel, viszont igen sok esetben a falazat minősége és egyenletessége rossz, ebben az esetben a teherbírása kisebb, mint az más esetben az adott kő és téglafajtától elvárható. Gyakran repedezettek és javítottak korábbi túlterhelések következtében.

Az állapotuk általában nedves, különösen a talajszint feletti 0,5-1 m-ig, ami tovább csökkenti a szilárdságot. Sok esetben a nedvesség sószennyezéssel is párosul.

Mintaként a 3. táblázatban bemutatunk egy tipikus esetet a falazóanyag fajták és jellemzőik szempontjából. Csak a fentiek ismeretében adható meg a falazat teherbírása és tervezhető meg a tetőtér-beépítés vagy az épület szigetelése.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők ezúton is szeretnének köszönetet mondani, a vizsgálatokban és értékelésekben résztvevőknek, különösen, Dr. Török Ákosnak, Csányi Erikának és Fenyvesi Olivérnek.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Csányi E., Józsa Zs. 2007: *Épített környezet védelme* HEFOP jegyzet MI-04-320 *Átnedvesedett falak vizsgálata*
- Horusitzky H. 1933: Budapest székesfőváros geológiai viszonyairól I. *Földtani Közlöny*, **83**/1-6, 20-49.
- Schafarzik F., Vendl A., Papp, F. 1964: *Geológiai kirándulások Budapest környékén*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 296p.
- Török Á 2002: Oolitic limestone in polluted atmospheric environment in Budapest: weathering phenomena and alterations in physical properties. In: Siegesmund, S., Weiss, T., S., Vollbrecht, A (Eds.), *Natural Stones, Weathering Phenomena, Conservation Strategies and Case Studies*. Geological Society, London, Special Publications, 205, 363-379.
- Török Á. 2004: Műemlékek kőzeteinek anyagvizsgálata. *Anyagvizsgálók lapja*, **14**/1, 3-4.
- Török Á. 2007a: Morphology and detachment mechanism of weathering crusts of porous limestone in the urban environment of Budapest. *Central European Geology*, **50**/3, 225-240.
- Török Á. 2007b: *Geológia mérnököknek*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 384 p
- Török Á. 2008: Építészeti kőanyagok előfordulása és felhasználása Magyarországon a XVIII. század végéig. In: Szakáll S. (szerk.): *Ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig*. Fókuszban az ásványi anyag. Egyetemi Kiadó, Miskolc, 137-155.