

Kő- és téglavegyes falazatok statikai vizsgálata

Gálos Miklós

BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, e-mail: mgalos@freemail.hu

Pintyőke Gábor

BME Hidak és Szerkezetek Tanszéke, e-mail: pintyoke@vbt.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A 18. és 19. század jellegzetes falszerkezete volt a vegyes falazat, amikor is kőtömbök és téglák alkották a teherviselő falazatot vegyes anyagú szerkezetként, illetve vegyes szerkezetű falazatoknál a homlokzatok külső burkolata kőből, a falazat belső része téglából készült. A kő- és téglavegyes falazatok teherviselő képességének statikai számításánál nemcsak a két anyag szilárdsági- és alakváltozási tulajdonságaiból fakadó különbségeket, hanem az elemek közötti falazó habarcs tulajdonságait is figyelembe kell venni.

Kulcsszavak: szerkezetvizsgálat, méretezés, teherviselő kőszerkezetek, szabványosítás

1 FALAZOTT SZERKEZETEKRŐL ÁLTALÁBAN

A falazott teherhordó szerkezetek statikai vizsgálatára, szerkezetkialakítására vonatkozó előírások és szabályozások tervezési szemléletűek. Mind az „Építmények falazott teherhordó szerkezeiteinek erőtantervezése” című, MSZ 15023-87 számú szabvány, mind pedig az „Eurocode 6: Falazott szerkezetek tervezése. 1-1. rész: Épületekre vonatkozó általános szabályok. Vasalatlan és vasalt falazott szerkezetek” című európai szabvány (ENV 1996-1-1:1995 E) az épületek, építmények azon falazott szerkezeiteinek tervezésére vonatkoznak, amelyek falazóelemekből habarccsal összeépítve újonnan készülnek. Az előírások szerkezetkialakítási és kivitelezési kérdésekkel annyiban foglalkoznak, amennyi szükséges a beépítésre kerülő anyagok és termékek minőségének meghatározására, illetve az építési munkák kivitelezésének színvonalára.

Teherhordó falazott szerkezetekkel kapcsolatosan sok esetben nem új szerkezet tervezése a feladatunk. Műemlékek, műemlék jellegű épületek, illetve a 19. és 20. század fordulóján épített lakó- és középületek felújítása, átalakítása csak a meglévő szerkezetek teherviselő képességének ellenőrzése után, a felülvizsgálat eredményei alapján végezhető el. Természetes, hogy ezeket a falazott szerkezeteket a mai előírások szemléleti rendjében kell ellenőriznünk, még akkor is, ha tudjuk, hogy azok a korábban használatban levő előírások, vagy általánosan elfogadott szokások – „ökölszabályok” – alapján készültek.

Meglévő falazott szerkezetek ellenőrzése egy sor olyan kérdést vet fel, amelyeket ugyan az előírások szellemében, de csak a sorok közötti olvasatban, mögöttes értelmezéssel lehet megválaszolni.

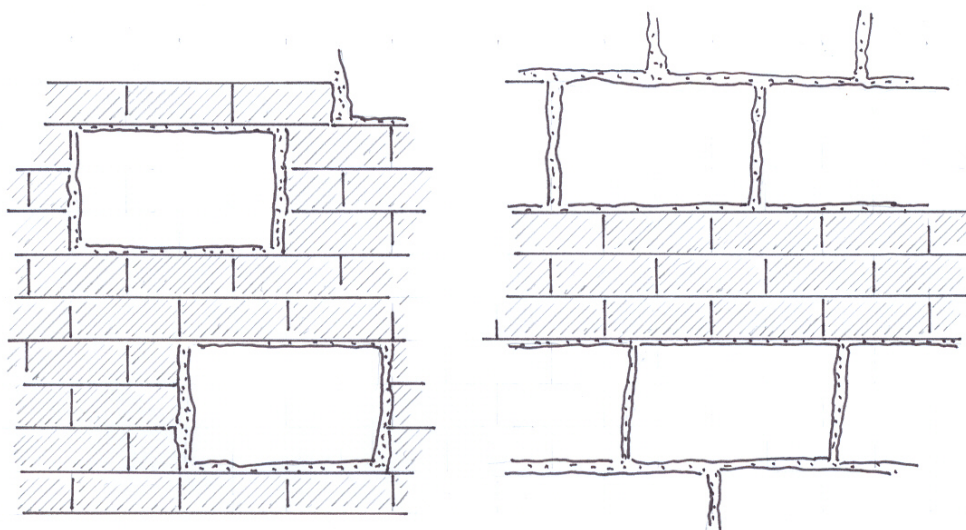
A falazott szerkezetek között különleges helyet foglalnak el a kő és téglavegyes falazatok. Ez a típusú falszerkezetek az idézett előírásokban mostohagyerekként kezeltek. Szeretnénk a figyelmet a vegyes falazatokra irányítani, hogy az európai szabványhoz készülő Nemzeti Alkalmazási Dokumentum (NAD) már jelentőségének megfelelően foglalkozzon e szerkezettípussal és a statikai ellenőrző számítások egyértelműen elkészíthetők legyenek.

2 VEGYES FALAZATOK, A FALAZOTT SZERKEZETEK KÜLÖNLEGES ESETEI

A kőből és téglából készített vegyes falazatok a 18. század közepétől a 20. század elejéig épült épületeink gyakran előforduló, jellegzetes falszerkezetei. Ma kő és téglavégyes falazatok ritkán épülnek, csak kisebb épületeket építenek ezzel a megoldással ott, ahol a közelben építőkő bányászat és a kőzetanyagból falazóblokk gyártás folyik. Meglevő épületállományunkban azonban ilyen falszerkezetekkel sűrűn találkozhatunk.

A kő és téglavégyes falazat megnevezés két értelmezést takar. Különválasztottan kell kezelnünk a vegyes anyagú és a vegyes szerkezetű falazatokat.

Vegyes anyagú falazatok azok a kőből és téglából készült falazatok, amelyeknél a kőfalazatban kiegyenlítő téglasor, vagy téglasorok vannak, illetve az olyan téglafalak, amelyekben a téglamennyiségének csökkentésére rendszertelenül helyeztek el kötőmböket, termésköveket vagy kőzetanyagú falazóblokkokat. Vegyes anyagú falazatok jellegzetes formáit az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. Vegyes anyagú falazatok jellegzetes típusai

Vegyes anyagú falazatok műemlék épületeinkben nagyon gyakoriak ott, ahol a helyi leelőhelekről származó, csak nagyoltan megmunkált kőzetféléseket építették be és a falazat készítése szükségessé tette a kiegyenlítéseket, amelyeket a könnyen faragható téglával oldották meg.

A 19. században meginduló városiasodás az építőipar rohamos fejlődését eredményezte. Ez a fejlődés nagymennyiségű építőanyag igénytel lépettel fel. A téglából készülő falazatoknál mind a téglakiváltására, mind pedig a falazat készítésének felgyorsítására jó megoldás volt a kőzetanyagú falazóblokkok beépítése.

Budapest belső kerületeiben Sósútról, Budafokról, Tétényből, Biáról, Zsámbékról és Kőbányáról származó durva mészkövekkel, Sopronban és a Nyugat-magyarországi térségben a Lajtahegységben fejtett (Fertőrákos, Szent Margibánya, Oszlop) szarmata mészkövekkel (durva mészkövek), Egerben a környék riolit és rioládit tufáival, Sárospatak térségében, kovásodott riolit tufáival és andezit félésegekkel találkozhatunk az épületek homlokzati-, fő- és tűzfalaiban.

Terméskő formában, helyi építőanyagként gyakran fordulnak elő hasított- és ciklopkőként a vegyes falazatokban tömött mészkövek, forrásvízi mészkövek, homokkövek és márgák. Mind a márgák palás változatai, mind pedig az átalakult kőzetek szerkezetileg irányított változatai – fillitek, csillámpalák, gnejszek – a falazatokban soroskőként kerülnek beépítésre.

A falazatok készítése során a termésköveken csak olyan jellegű megmunkálást, igazítást végeznek, hogy a beépítés során a falazatban ne sok ékelést, kiigazítást kelljen végezni. Diagnosztikai munkáink során találkozhattunk „kaotikusan” készített vegyes anyagú falazattal (pl. Kálvin téri Templom), ahol a legkülönbözőbb kövek fordultak elő festői rendezetlenségben.

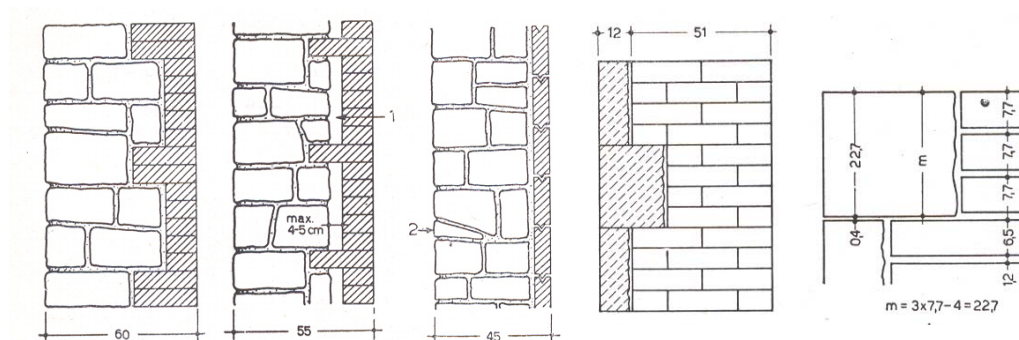


2. ábra. Vegyes anyagú alapfal a budapesti Sándor Palotában és vegyes anyagú falazat az esztergomi volt Érsek Papnevelde épületében

Vegyes szerkezetű falazatok azok, amelyeknél a külső kőburkolat a téglá hátfalazattal egyidejűleg épült. A vegyes szerkezetű fal metszetét a 3. ábra mutatja.

Nem tekinthetjük vegyes szerkezetű falazatnak azokat a faragott kővel burkolt falakat, amelyeknél lemezszerű burkolókövekkel készült a homlokzat, azaz a burkolókövek magassága (m) és a vastagsága (v) közötti viszonyszám $m/v \geq 3$ és $v \leq 12$ cm.

Vegyes szerkezetű falazatot előszeretettel alkalmazták a 19. és 20. század fordulója körül azoknál az épületeknél, amelyeknél a homlokzatokat óhajtották reprezentatívvá, időtállóvá tenni. Budapesten jelentős középületeink – például a Parlament, az Operaház, a Zeneakadémia, a New York Palota, stb. – ilyen homlokzattal épültek, de nagyon sok lakóépületnél is találkozhatunk ezzel a falazott szerkezeti típussal. A budapesti épületeknél a vegyes szerkezetű falazatokban a külső burkolókő szinte kizárólagosan a durva mészkő. Ez a közet könnyen megmunkálható és a különböző épületplasztikai díszítések viszonylag egyszerűen elkészíthetők.



3. ábra. Kő és téglá vegyes szerkezetű faltípusok, melyek közül csak a bal szélső tekinthető teherviselő vegyes szerkezetű falazatnak, mivel a többinél a vékony téglá, vagy a vékony kő csak burkolat

Vékony kőburkolatot nem szabad a falazat felhúzásával együtt készíteni, mivel a terhelés hatására a falazat összenyomódik és abban az esetben, ha a kőburkolat anyaga merevebb, úgy a terhelést lokális teherként átveszi és a túlterhelés miatt a kő megrepedhet.



4. ábra. A soproni Posta Palota durva mészkővel készült vegyes falazata

3 VEGYES FALAZATOK SZERKEZETKIALAKÍTÁSA ÉS SZERKEZETELLENŐRZÉSE

Vegyes falazatokban a természetes képződésű kőzetek és a gyártott téglák különböző anyagszerkezeti tulajdonságúak. Együttes beépítésük hordozza azt a megfontolást, hogy a szerkezetben használjuk ki mindkét anyag számunkra kedvező tulajdonságait. Természetesen, tisztában kell lennünk azzal is, hogy ezek együttműködésének, a beépített anyagok tulajdonságaiból fakadó különbségek határt szabnak.

Teherhordó vegyes falazatok, falazott szerkezetek kialakítására a magyar szabályozás nem tartalmaz külön előírásokat. Csupán a határfeszültség meghatározásánál szerepel az a kitétel, hogy többféle anyagból rétegesen falazott szerkezet esetében, a gyengébb anyagú réteg elemének elem-szilárdságát kell számításba venni.

Meglevő épületek teherhordó falszerkezeteinek ellenőrzése során a vegyes falazatoknál nehezíti a helyzetet a habarcs szilárdsági tulajdonságainak meghatározása, valamint a falazat habarccsillapítottságának megítélése. Egyszerű esetnek tűnik, ha átmenő vízszintes habarcsréteg legfeljebb 80 centiméterenként fordul elő, úgy a falazat automatikusan III. minőségi osztályú. Egyéb esetekben a falazat minőségének megítélése az ellenőrzést végző statikus tervező felelőssége.

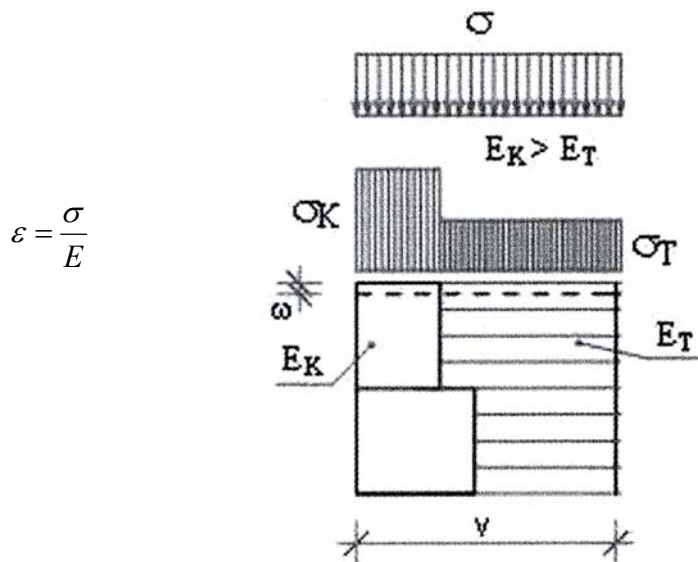
Vegyes szerkezetű falazatoknál a kő és a téglalakváltozási tulajdonságainak különbözősége komoly meghibásodás forrása lehet. A falazatot nyomásra ideálisan rugalmas képlékeny viselkedésű anyagnak tekintjük. Az alakváltozás anyagjellemzője a feszültség-alakváltozási görbe kezdeti érintője, a rugalmassági tényező (E_{f0}). Falazatoknál szabályozások a rugalmassági tényezőt a falazat nyomási határfeszültségének függvényeként adják meg.

$$E_{f0} = \beta_0 \times \sigma_{FH}$$

ahol σ_{FH} a falazat nyomási határfeszültsége
 β_0 egy, a falazóelem anyagára megadott tényező, mely a szabványban terméskőre 5000, égetett anyagra (tégglára) 2500 értékkel adott.

Ezek segítségével számítható a falazat törési összenyomódásának határértéke. A törési összenyomódás határértéke (ϵ_{FH}) terméskőfalazatokra 2,00 ‰, téglafalazatokra 4,00 ‰.

Vegyes szerkezetű falazatoknál a falazatokra megadott rugalmassági tényező értékeiket nem tudjuk használni, hiszen a fal terheléséből számított átlagfeszültség okozta összenyomódás az összefüggést magyarázó ábrán mutatottak szerint, a falazat falazóelemeiben azonos összenyomódást eredményez. Tehát az átlagos összenyomódás a falazóelemekben, a szelvényben való előfordulásuk gyakorisága és a rugalmassági modulusuk arányában, más-más belső feszültséget eredményez.



$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{p_K * E_K + p_T * E_T}$$

ahol E_K a kő rugalmassági modulusa
 p_K a vizsgált keresztmetszetben a kő előfordulásának gyakorisága
 E_T a tégl rugalmassági modulusa
 p_T a vizsgált keresztmetszetben a tégl előfordulásának gyakorisága

A falazóelemekben keletkező feszültségek így a kőben:

$$\sigma_K = \frac{\sigma}{p_K + p_T * \frac{E_T}{E_K}}$$

a téglában:

$$\sigma_T = \frac{\sigma}{p_T + p_K * \frac{E_K}{E_T}}$$

nagyságúak lesznek.

A fentiek alapján, ha például egy 51 cm vastag vegyes szerkezetű falazatban a burkoló kő vastagsága 16 cm és a tégl falazaté 35 cm, valamint a kő rugalmassági modulusa kétszer nagyobb mint a tégláé, úgy a kőben keletkező feszültség kétszerese lesz a téglában keletkező feszültségnek.

Lokális feszültségelmozdulásból fakadó egy-egy kötőbőn keresztülfutó töréssel többször találkozhattunk épületszerkezetekkel kapcsolatos diagnosztikai munkáink során. Az ellenőrző számítások elkészítéséhez az I. táblázatban néhány tégl és néhány, gyakrabban előforduló kő rugalmassági modulusát adjuk meg.

1. táblázat. Vegyes falazatokban lévő falazóelemek rugalmassági modulusa

Falazóelem megnevezése	Rugalmassági modulus
	N / mm ²
Porózus durva mészkő	1.000 – 3.000
Jól karbonátosodott durva mészkő	5.000 – 8.000
Váztöredékes durva mészkő	2.000 – 3.500
Forrásvízi mészkő (porózus)	15.000
Forrásvízi mészkő (mikrokristályos)	20.000
Tömött mészkő	25.000 – 30.000
Riolittufa	1.500 – 4.500
Andezittufa	3.000 – 6.000
Nagyszilárdságú tégl	4.500
Normál tégl	500 – 1.000

A falazatok jellemző igénybevétele a központos, illetve külpontos nyomás. A nyomott szerkezetek teherbírása a szerkezet karcsúságával csökken. A karcsúságot a falazat merevítési rendszere, kihajlási hossza, valamint vastagsági mérete határozza meg. Vegyes szerkezetű falazatoknál külön figyelmet érdemel a falazat kihajlásának figyelembe vétele, hiszen ez a szerkezet nem tökéletesen követi a rugalmas kihajlás feltételi rendjét.

A kihajlás következtében létrejövő kigörbülés miatt a terhelést felvevő ún. „dolgozó” keresztmetszet folytonosan csökken. Kis karcsúságú falazatokban a tönkremenetel a falazat belsejében létrejövő falsíkkal párhuzamos repedés, illetve nyíró jellegű repedés következtében jön létre. A nagyobb karcsúságú vegyes szerkezetű falazatban a tönkremenetel a vízszintes fugák megnyílása miatt következik be. Mivel pedig a kő és a tégl falazóelemek más-más vastagságúak, így másként viselkedik a falazat két oldala.

Kőburkolatként kialakított vegyes szerkezetű falazatok teherviselő képességének megítélésénél az anyagszerkezeti tulajdonságok mellett a szerkezet statikai viselkedésének egyediségét is gondosan mérlegelni kell.

4 ÖSSZEFOGLALÁS

A kő és tégl vegyes falazatok szerkezetellenőrzésével kapcsolatos tapasztalataink alapján felhívjuk a figyelmet arra, hogy a vegyes falazatoknál különbséget kell tennünk a vegyes anyagú és vegyes szerkezetű falazatokban a kő és a tégl elemek viselkedésének megítélésében. A különböző anyagi tulajdonságú falazóelemek vizsgálatánál nem szabad megelégednünk azzal, hogy a falazat határfeszültségének számításba vételénél, a szabványok előírásai szerint a gyengébb szilárdságú elem szilárdsági tulajdonságát kell az ellenőrző számításban figyelembe venni. A teherviselésben a falazó elemek előfordulásuk gyakorisága és saját rugalmas tulajdonságaik, rugalmassági modulusuk arányában vesznek részt. Ennek következtében lokális túlterhelések és ebből fakadóan lokális tönkremenetek jöhetnek létre a falazatokban. Egy-egy elembe bekövetkező törés további tönkremenetel kiinduló helye lehet.

Az európai előírások csak a faltípusok között sorolja fel a vegyes szerkezetű falat burkolt fal megnevezéssel. Reméljük, hogy az Eurocode 6 előírásait, a hazai gyakorlathoz igazító és magyarító Nemzeti Alkalmazási Dokumentum jelentőségének megfelelően fogja tárgyalni mind a vegyes anyagú, mind a vegyes szerkezetű kő- és tégl vegyes falazatokat.

IRODALOMJEGYZÉK

- Gálos M. Pintyőke G. 2007: Kő és tégl vegyes falazatok szerkezetellenőrzési kérdései. *Díszítő-Termés-, Építő-, Mű-Kő IX.*(2): 29-31.
- Széll L. 1957: *Magasépítéstan* I. kötet. Tankönyvkiadó, Budapest. p.419.
- Tóth Elek 2004: *Teherhordó falszerkezetek felújítása*. In.: Dr. Tóth Elek. *Épületfelújítási kézikönyv*. Dashöfer Holding Ltd. & Verlag Dashöfer Szakkiadó Kft. Budapest 6.6 fejezet.