

GONDOLATOK A MŰEMLÉK ÉPÜLETEK ÉS MŰKINCSEK SZERKEZETI ANYAGAIRÓL ÉS ANYAGAIK SZERKEZETÉRŐL

THOUGHTS ABOUT THE STRUCTURAL MATERIALS AND MATERIAL STRUCTURE OF HISTORIC BUILDINGS AND MONUMENTS

Kopenetz Lajos¹, Gobesz F.-Zsongor²

*Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék,
Cím: 400020, Románia, Kolozsvár, C. Daicoyicu (Bástya) u. 15; Telefon: +40-264-
401351, ¹ludovic.kopenetz@mecon.utcluj.ro, ²go@mecon.utcluj.ro*

Abstract

The maintenance and the repair of historic buildings and monuments will require in many situations structural interventions. In such cases the study of the structure is not enough, the materials must also be known. Ignoring the compatibility issues can lead to significant damage in terms of preserving. Beside different types of stones, bricks and binders, metal and wood elements are often parts of such structures. The proper knowledge of the properties of these materials, combined with the right structural solutions can ensure the integrity of our built heritage.

Keywords: heritage building, monument, structure, material.

Összefoglalás

A műemlék épületek és műkincsek karbantartása és javítása sok esetben szerkezeti beavatkozásokat tesz szükségessé. Ilyen esetekben nem elég a tartószerkezet vizsgálata, az anyagokat is ismerni kell. Az összeférhetőségi kérdések figyelmen kívül hagyása jelentős károsodáshoz vezethet állagvédelem szempontjából. A különféle kőfajták, téglák és kötőanyagok mellett, fém és fa elemek is gyakran szerepelnek ilyen tartószerkezetben. Ezen anyagok jellemzőinek a megfelelő ismerete, helyes szerkezeti megoldásokkal ötvözve biztosíthatja épített örökségünk épségét.

Kulcsszavak: műemlék, műkincs, szerkezet, anyag.

1. Bevezetés

A műemlék szerkezetek és műkincsek után az érdeklődés jelentős az egész világon. Ehhez hozzájárul, hogy ezek a történelmi és művészi emlékek hatalmas turista attrakciót képviselnek, tehát gazdasági erőforrást is jelentenek. Az ilyen tartószerkezet konzerválásának, restaurálásának a megválasztásánál az építési anyag fajtája és minő-

sége szorosan kötődik, ezért a funkció és a forma mellett figyelembe kell venni. Így, a kiemelten fontos műemlék tartószerkezetek, falazatok, pillérek, boltozatok karbantartása és helyreállítása sok körültekintést igényel. A statikai mérlegelés és számítások során különös figyelmet kell fordítani az összeférhetőségi kérdésekre a meglévő szerkezeti anyag és a megerősítő szerkezet között.

A tartószerkezet felújítási tervezési menete általában követi a többi mérnöki terve-

zés menetét (koncepció és elvi kialakítás tanulmányok meg változatok alapján, megvalósíthatósági vizsgálat, általános terv, engedélyezési terv, kiviteli tervek). A műemlékek anyagának kutatására sajnos a magyar szaknyelvben nincs egy egységesen elfogadott szak kifejezés. A német szaknyelv „Bauforschung” elnevezést használ e célra, a magyarban „falkutatás” vagy „épületkutatás” a jelenleg használtabb [1].

A műemlék épületek és műkincsek korszerű felújítása egy alapos és átfogó anyagismereti kutatás mellett megköveteli ezeknek az anyagoknak az épületszerkezeti jelenlétének az ábrázolását és viselkedésük ismeretét. Ezeket az igényeket csak úgy lehet elérni, ha a feltérési, falkutatási szakértők átvesznek módszereket a restaurátori technikákból.

2. A műemlékek és műkincsek szerkezeti anyagai

Az erőtani számításoknál, úgy szerkezeti, mint anyag-modellek is szükségesek. Az anyag-modellek fejlődésében nagy szerepet játszottak a múlt század elején érvénybe lépő szerkezeti szabályzatok, a szerkezeti modellek fejlődése viszont ezt jóval megelőzte. A méretezési alapelvek között is jelentős különbségek vannak. Míg a szerkezeteknél a determinisztikus elmélet és szemlélet a jellemző, addig az anyagok esetében a sztochasztikus alapokon nyugvó módszereken van a hangsúly. A szerkezetek nem ismerik ezeket az elméleteket és a valóságban, mint mindenhol a természetben, az öntörvényeik szerint viselkednek.

A műemlékek és műkincsek esetében az anyagtani problémák szorosan kapcsolódnak az építési kronológiához, az építési és átalakítási periódusok szétválasztásával együtt. Az új szerkezetekhez használt építőanyagok jól meghatározott anyagjellemzőivel szemben a műemlék épületeknél és műkincseknél kevés anyagminta alapján beszült tervezési paramétereket veszünk ala-

pul. Ilyen esetekben nem alkalmazhatók egyértelműen az érvényes szabványok, a lassú hatások nagymértékben megváltoztatják a szerkezeti analízishez használt alapadatok nagyságrendjét, ha a felújítás alatt a szerkezet meglévő egyensúlyán a funkció változása ilyen irányba hat.

A műemlék építmények részei (az alapozás, földszinti padló szerkezet, külső és belső falak, lépcsők, közbenső födécek) szinte kivétel nélkül építőelemként a követ és a téglát tartalmazzák, kötőanyaggal egymáshoz rögzítve. A mészkő, homokkő, andezit, bazalt, trachit, riolit és a tufák a leginkább használt kőfajták [2]. A téglák anyaga olyan agyag, melyben a mésztartalom nem haladja meg a 10%-ot. Kötőanyagként, a kötések típusa szerint csoportosítva, a következő anyagok találhatók:

- agyag és vályog (száradás után kötnek);
- mész, mészhidrát és gipsz (levegőn szilárduló kötőanyagok);
- hidraulikus mész, cementek és habarcsok (levegőn és vízben szilárduló, vagy hidraulikus kötőanyagok).

Szerkezeti szempontból a legfontosabb kötőanyag a hidraulikus mész (már a rómaiak is használták). Szárazon vagy vízben egyaránt megkeményedik, s a szilárdulás után a vízben oldhatatlan. Az előállításához a márgát (10-20%-os agyagtartalmú meszet) 1100-1200 °C-ra hevítik fel [3]. Mivel a szilárdsága megnő a kötés befejezése után (úgy a levegőn, mint a vízben), nagyon megfelelő az alkalmazása olyan szerkezeteknél, amelyeket később nedvesség érhet. Ezt az anyagot használták Cézár és Augustus korában is, de Vezúv környéki tufával keverve, emiatt az így kapott anyagot később római cementnek nevezték el. Ilyen fajta cementtel épült a budapesti Lánchíd alapja is 1840-ben. A műemlékeknél alkalmazott habarcsok alkotórészei a következők [4]:

- kötőanyag (mész, hidraulikus mész, trasz, gipsz);

– adalék (5 mm-nél kisebb szemcséjű homok, vagy közúzalék).

Aspdin (1824) az általa előállított „Portland cement”-nél mesterséges keveréssel próbálta a márga hatását biztosítani, de az összetevők 10%-át meghaladó oldódó sók kristályosodási folyamatokat okoznak a nedvesség hatására, amik a veszélyes beton-korrózió alapját képezik [5]. A „Portland cement” megjelenése után sok hibát és gondot okozott, hogy a műemlék épületeknél a habarcsokhoz (különösen vakolóhabarcsokhoz) alkalmazták.

Az egyik legnagyobb gond a műemlék szerkezeti anyagok elhasználódása, amely az öregedés, túlterhelés, kifáradás, korrózió vagy kopás külön vagy kölcsönös befolyása hatására áll elő. Ez az elhasználódás a koros épületek esetében nagymértékben természetes jelenség. Általában nem egy, hanem több oka is van, s ezek kölcsönösen befolyásolhatják egymást. A mechanikai elhasználódás általában a tartós húzó, nyomó, rezgő vagy üté igénybevételek miatt jelentkezik, illetve a korrózió vagy a kopás miatt. A szimptómák a következők:

- rugalmasság csökkenése és képlékeny alakváltozások megjelenése;
- elmozdulási, alakváltozási érzékenység kis tehernövekedésre;
- törés, teherbíró-képesség eltűnése és az épületszerkezet szétválása;
- mechanikai instabilitás;
- újrakristályosodás;
- fázisátalakulás.

Amikor a természetes törvényszerűségről beszélünk, elkerülhetetlen a szerkezeti tervezésben arra az alapvető jelenségre rámutatni, hogy a természet mindenkor a legkisebb erőfordítással törekszik az egyensúlyi állapotra. *Torroja Eduardo* professzor (a „*Philosophy of Structures*” című könyvében) e gondolatot úgy fogalmazta, hogy „törekedni kell az anyag minimális igénybevételére”. Ez az állítás akkor látszik igazán valósnak, amikor arra gondolunk, hogy

hányszor fordul elő olyan eset amikor statikailag nem bizonyítható szerkezetek állva maradnak, mert ki nem használt szerkezeti részeik egymást segítik. A lényeg te-hát, a műemléki szerkezeteknél is, az alapvető strukturális elképzelés, míg a statikai modell és a méretezési eljárás csupán esz-köz. A tervezési módszereket sem lehet feltétel nélkül megbízhatónak tekinteni.

3. Az anyagok szerkezeti kérdései

A műemlékek és műkincsek, mint műszaki mesteri alkotások, a mesterségbeli tudás és ráérzés magas fokú eredményei. A nagy lélegzetű műemlék szerkezetek és műkincsek szerzői a szerkezeti anyag belső feszültségállapotát, tulajdonságait és törvény-szerűségeit kitűnően ismerő mester-művészek voltak, s ma is azok.

Az anyagszerkezet kutatása igyekszik tisztázni az anyagok belső szerkezetét és viselkedését. A jelenlegi anyagszerkezeti kutatásokat ki kell bővíteni archeometriás módszerekkel. A földben rejlő épületmaradványok, üregek döntően befolyásolhatják a műemlék szerkezeti viselkedését, így szükség van a földnek is mint anyagnak a kutatására. A szokásos szondázási, fúrási mód-szerek nagyon költségesek és nem alkalmasak egy átfogó jelentés elkészítésére. Az ilyen vizsgálatokra megfelelőbbek a következő felderítési módszerek:

- mágneses leletfelderítés és elektromágneses módszerek;
- ellenállásmérően alapuló módszerek;
- akusztikus módszerek;
- radar és légi felvételek kiértékelése;
- víz alatti lelet-felderítési módszerek.

E módszerek közül az ellenállásmérően alapulóknak van a legnagyobb jövője. Minden talaj vezet az elektromos áramot, fajtája, nedvessége és sóartalma függvényében, az építészeti maradványok és létező üregek (elhagyott pincék, alagutak) hatására a vezetőképesség (ellenállás) megváltozik. A különböző távolságokra, mélységekre he-

lyezett elektródák között folyó áram erőssége és feszültség-esése a különböző földalatti alapokról, üregekről ad egy kezdeti képet.

A vasat használó szerkezeteknél nagyon fontos a vasfajta típusának a pontos megállapítása. A nyersvas (mintegy 4%-os széntartalommal) lehet fehér nyersvas (itt a szén vas-karbidként szerepel) vagy szürke nyersvas (ahol a szén grafitként is jelen van). Az öntöttvas a 2%-nál kisebb széntartalommal (grafitként) önthető, de nem kovácsolható, hegeszthető, míg a hasonló széntartalmú kovácsoltvas (lágú-vas), mint neve is mondja, kovácsolható. Az 1,5–2%-os széntartalmú acél önthető és kovácsolható. A vasnak, mint anyagnak a kutatásánál nagyon előnyös a csiszolatok metallográfiás vizsgálata, amivel meg lehet állapítani precízen a vas széntartalmát és keménységméréseket is lehet végezni. Az ólom az épületszerkezeteknél (főleg kő-oszlopoknál és kőfalaknál) mint kapcsoló elem található (elsősorban öntéssel dolgozták és dolgozzák fel. Ezek a kapcsoló elemek nagyon fontosak a földrengésvédelem szempontjából és az anyag vizsgálata szigorúan a metallográfiás módszereket kell kövesse.

A szerkezeti kő az egyik legfontosabb és legrégebben használt anyag, úgy épületszerkezetekhez, mint szobrok készítéséhez is. Petrográfiailag nagyszámú kőfeleséget használtak (magma, eruptív és üledékes kőzeteket). A metamorf kőzetek (márvány, gnejsz, stb.) a magas nyomás és hőmérséklet hatására jöttek létre és általában magma vagy üledékes eredetűek. Az anyagi vizsgálatokhoz a mikroszkópos és vékonycsiszolatos módszert alkalmazzák elsősorban. Kémiai módszereket is lehet használni a kövek jellemzésére, röntgenfluoreszcens, atomabszorpciós, neutroaktivációs analízist és mágneses rezonanciaspektroszkópiát a szén és oxigénizotópok meghatározására. A téglákat (durvakéreg) agyagból állítják elő. Az agyagokban levő vasvegyületek színezik az alapanyagot sárgára, barnára

vagy vörösré. A vizsgálatra általában a kőveknél használt módszereken kívül, termolumineszcens analízist és atommaghasadás nyomelemzést használnak kormeghatározásra. A téglák szilárdságára és időbeli változására nagyon fontos az égetési hőmérséklet ismerete, amit diatometriás gallyal lehet megkapni.

A fánál, mint szerkezeti anyagnál, nagyon fontos a fajta megállapítása. A mikroszkópos vizsgálat megfelel és kereszt-meg érintő-irányú metszetek alapján készül. A kormeghatározáshoz a rádiókarbon módszer javasolható.

4. Következtetések

A műemlék szerkezetekkel és műkincsekkel kapcsolatban, manapság a tervező bekapcsolódik általában a kivitelezési tevékenységekbe is, mint tervezői művezető (ez a nagyon bonyolult tervek esetében szinte nélkülözhetetlen). Ekképp gyorsan megoldódhatnak a szerkezeti anyag és a célterületi technológiák összefüggései, valamint a tervváltoztatások hatásai a szerkezetre, illetve a hatályos előírások alól való felmentés a biztonság javára.

A műemlék szerkezetek és műkincsek, még ha több száz-, ezerévesek is, fenntartásra, megóvásra várnak. Az egyedi anyagok és szerkezetek megőrzése, védelme és fenntartása jogilag a tulajdonos feladata lenne, de valójában mindnyájunké.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Haris, A.: *Műemlék épületek kutatásának módszertana és annak változása*, Műemlékvédelem, XLVIII. Évf., 2004, 5. szám, 297.-302. old.
- [2] Farmer I. W.: *Engineering Properties of Rocks*, Spon, London, 1968.
- [3] Wesche K.: *Baustoffe für Tragende Bauteile*, Bauverlag GmbH, Wiesbaden & Berlin, 1974.
- [4] Wagner H.: *Taschenbuch Des Chemischen Bautenschutzes*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 1956.
- [5] Csekő Gy., Novák A., Száva I.: *Betonok és falazatok korrózióvédelme*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.