

## Földrengések okozta sérülések Margat keresztes várában (al-Marqab, Szíria)

### Earthquake damages in al-Marqab citadel, Syria

KÁZMÉR Miklós

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék, 1518 Budapest, Pf. 120. E-mail: mkazmer@gmail.com*

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Margat várában (Qala'at al-Marqab, Szíria) a Szír-Magyar Régészeti Misszió által 2007 óta folytatott ásatások során került sor a várfalak földrengés okozta sérüléseinek első felmérésére. A tornyokon, bástyákon, a templomon és a falakon látható különféle törések és repedések közül több is arról tanúskodik, hogy a várat ismétlődően erős földrengések rázták meg. A függőlegesen és vízszintesen elcsúszott kváderkövek, vízszintes tengely körül elfordult kváderek, a lakótorony egy hatalmas, V-alakú, kifelé elmozdult tömbje, valamint a várkápolna boltozatának repedésrendszere egyértelműen földrengéses behatásra utal. Részletes archeoszeizmológiai vizsgálattal lehetséges és szükséges tisztázni a várra hatott földrengések jellemzőit és kipattanásuk idejét.

**ABSTRACT:** Al-Marqab Citadel (Syria) hosts excavations of the Syro-Hungarian Archaeological Mission. Work during the 2008 September-October field season revealed that several of the fissures dissecting the walls are products of earthquakes. Ashlars shifted vertically and horizontally, ashlars rotated clockwise or counterclockwise, an outward displaced, huge, V-shaped block at the top of the donjon, and fracture system of the chapel vault are clear signatures of major earthquakes. A detailed archaeoseismological study is possible and necessary to date and identify damaging earthquakes at the Syrian coast.

*Kulcsszavak:* középkor, földrengés, várépítéset, Szíria

## 1 BEVEZETÉS

### 1.1 Földrengések kutatása

A Földközi-tenger térségének keleti részét – a történetírás és az ott élő népek tapasztalata szerint is – gyakorta erőteljes földrengések rázzák meg. Az afrikai kőzetlemez szubdukciója az európai-lemez alá a hellén és a ciprusi szigetív mentén, a hellén régió tágulása legkésőbb a pliocén óta, a különféle, a litoszférát is átszelő mélytörések (Észak-anatóliai-törés, Holt-tengeri-törésvonal) bőséges geodinamikai okot szolgáltatnak a térség pusztító földrengéseire (Taymaz et al. 2007).

Ezek alapján nem csoda, hogy a régészeti feltárások során megfigyelt omlási-pusztulási jelenségeket – sőt akár egész kultúrák eltűnését – nem egyszer kötik hajdani földrengésekhez (pl. Kilian 1980). Ezeknek a véleményeknek kemény kritikáját adta Ambraseys (2005, 2006), hangsúlyozva, hogy a ma megfigyelhető rongálódási, tönkremeneteli jelenségek földrengéseken kívül számos hatás eredőjeként jöhettek létre, különösen a gyakori alapozási problémák, talajvízszint-változások, különféle talajsüllyedési jelenségek következtében. A ma vizsgálható jelenségek tkp. a számos földrengést már túlélt, ily módon pozitívan kisselektált épületeken figyelhetők meg; ami nem volt elég ellenálló, az már rég elpusztult.

A mára megállapodni kezdő kutatási eredményeket foglalta össze Marco (2008), képekönnyv-szerűen mutatva be a nagy valószínűséggel földrengések behatásához köthető jelenségeket.

Az archeoszeizmológiai vizsgálatok a mai napig elsősorban kvalitatív megfigyeléseken, észleléseken alapulnak (pl. Poursoulis et al. 2006), nagy ritkán számítógépes modellezéssel kiegészítve (többek között Mistler et al. 2006). Ezek csak akkor bírnak bizonyító erővel, ha az épület éppen rajta volt ez elmozdulást szenvedett vetőszakaszon és maga is deformálódott. Ilyenre szolgáltat ritka példát egy keresztes vár (Ellenblum et al. 2008), egy római kori vízvezeték (Meghraoui et al. 2003), valamint a Szent Simon-kolostor (Karakhanian et al. 2008). A legtöbb ezirányú kutatást a holt-tengeri törésvonal mentén végezték, ahol a több ezer éves kultúrák köépületei és a keskeny zónára koncentrálódó földrengéses tevékenység „szerencsés módon” összetalálkozott.



**1. ábra.** Margat vára a szír tengerparton.  
**Fig. 1.** Al-Marqab Citadel on the Syrian coast.

A régióban a holt-tengeri transzform vetőtől távolabbi területek földrengés-vizsgálata érhetően kevésbé intenzív. Ennek ellenére a régió – bővelkedvén stabil építésű ókori és középkori katonai és egyházi épületekben – kiváló lehetőségeket biztosít az archeoszeizmológiai vizsgálatokhoz.

A Szír-Magyar Régészeti Misszió ásatási programja keretében megvizsgáltuk Margat várát a megfigyelhető földrengési roncsolódások szempontjából. A 2008. szeptember-októberi ásatási szezon során végzett munkámról az alábbiakban számolok be. Ezen előzetes tanulmány célja a – történelmi forrásokból már ismert (Major 2008) – földrengésekhez köthető roncsolódási jelenségek legfeltűnőbb részének dokumentálása, és egy minden részletre kiterjedő archeoszeizmológiai vizsgálat szükségességének és lehetőségének bemutatása.

## 1.2 Margat vára

Margat kereszties kori vára (arab nevén al-Marqab) Szíria Tartusz kormányzóságában fekszik, a tengerparttól 2 km-re (1. ábra). Valószínűleg 10. századi, muzulmán erősség alapjain áll. Ez 1062/63-ban épült, majd többször – többnyire békésen – gazdát cserélt és végül 1187-ben a Szent János-lovagok (ispotályos rend) tulajdonába került. Valószínűleg ez után épült a grandiózus citadella (2. ábra) és a környező, fallal kerített város – többek között II. András király 1218-as adományából. Az elkövetkező száz év több sikertelen ostroma után 1285-ben került a vár a kairói központú mamluk dinasztia kezére. Kisebb építkezések még voltak, az ostrom alatt lerombolt déli bástyát még újjáépítették, de a vár a keresztiesek távozásával stratégiai jelentőségét végleg elvesztette (Major 2008). Ez a szerencsés körülmény az oka, hogy Margat vára lényegében a mai napig 13. századi állapotában őrződött meg.

## 1.3 Épületszerkezet

Margat várát – a középkorban elterjedt módon – nem faragott kövekből építették, hanem gyakorlatilag betonból készült. Az ún. óbeton (ancient concrete: Calvi & Priestley 1990) voltaképpen agglomerátum, mesterséges breccsa. Két sor faragott kváderkővet zsaluként fektettek le, közé pedig váltakozva közettörmelék és habarcsot raktak (4A, B ábra). A habarcs lehetett egyszerű mészhabarcs vagy különféle adalékanyagokkal, puccolánnal feljavított kötőanyag. A kívülről faragott kövekből rakottnak tűnő falban a kváderek esetenként csak elenyésző mennyiséget képviselnek: a margati donjonban pl. a  $\leq 40$  cm-es tömbök két sora áll szemben az 5 méter körüli teljes falvastagsággal! Az ilyen falat – modellezési szempontból – homogénnek és izotrópnak tekintik és megfelelnek egy gyenge portlandcementből készült betonnak (Anzani et al. 1995, Ferretti & Bažant 2006).

Margatban kétféle falszerkezeten tanulmányoztuk a földrengés okozta rongálódásokat: az egy sornyi kváderből rakott, vékony falakon (ezek ritkák) és a kváderekkel zsaluzott, óbeton falakon (a többség ilyen).



**2. ábra.** Margat vára. A citadella keleti falrendszere.  
*Fig. 2.* Al-Marqab citadel. Walls to the east.

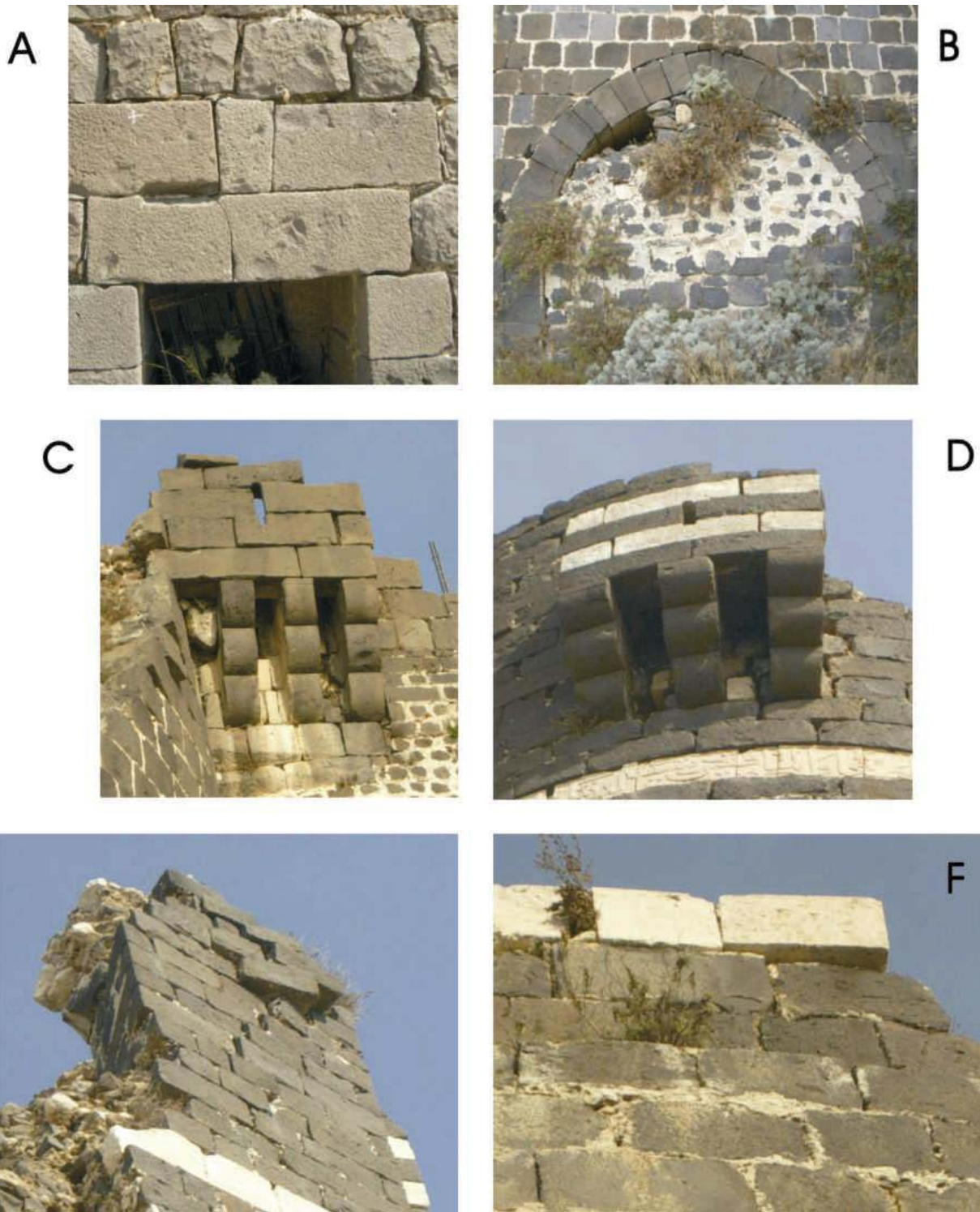
## 2. FÖLDRENGÉSI DEFORMÁCIÓK TÍPUSAI

A több mint 800 éves citadella és a környező suburbium, valamint a mindkettőt körülvevő falrendszer számos – részben kijavított – omlás és más sérülés nyomait őrzi. Ezek felmérése és értelmezése részletes, nagy volumenű archeoszeizmológiai vizsgálatot igényel. Jelen rövid tanulmányban néhány olyan jelenséget mutatunk be és diszkutálunk, amelyek nagy biztonsággal földrengéses eredetűek.

### 2.1 Kváderkövek elmozdulási jelenségei

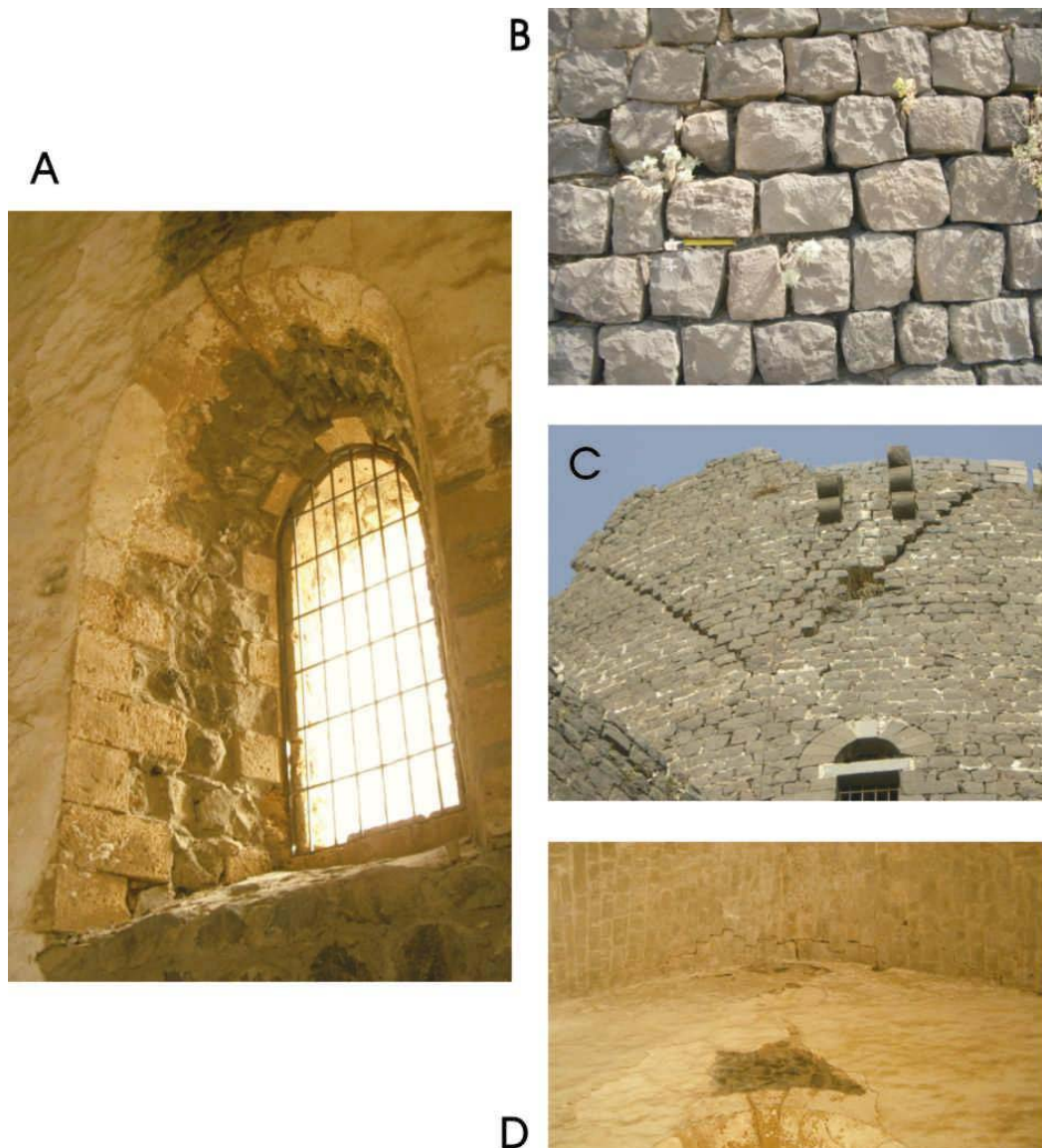
*Eltörött kövek.* Gyakorlatilag valamennyi nyílás (ablak, ajtó) áthidalása törött (3A ábra). A törés értelemszerűen a hosszú kögerendák közepétáján jelentkezik. A törés földrengéses eredete nem bizonyított – a hosszú, hosszukhoz képest vékony kögerendák húzásra amúgyis érzékenyek, könnyen eltörnek. A méretek levétele után (modellezve a gerendára nehezítő súlyt is), a bazalt töréspróbájával lenne igazolható vagy cáfolható a földrengéses eredet.

*Lecsúszott kváderek boltozott nyílásokban* (3B ábra). Az ék alakúra faragott, de többnyire kötőanyag nélkül egymásra illesztett kövek közül némelyik – többnyire a zárókő – hajlamos lejjebb csúszni, mint a többi. Ilyen jellegű elmozdulások csak viszonylag kis terhelést hordó boltívekben fordulhatnak elő. Ha nagy terhelésű boltozatokban figyelünk meg hasonló jelenségeket, akkor ezek a fölöttük lévő teher leomlása után jöhetnek csak létre. Szimmetrikus terhelésű boltívekben a zárókő csúszik le, aszimmetrikus terhelés esetén valamelyik oldalsó kő. Terhelési kísérletekkel és számítógépes modellezéssel egyaránt igazolták, hogy ilyen jellegű deformáció csak erős földrengések esetén jöhet létre (Marco 2008: 149–150, részletes irodalmi hivatkozásokkal).



**3. ábra.** Földrengés-okozta sérülések egyes kváderköveken. **A.** Törött ablak-áthidalás. Donjon Ny oldala, az N3 terem szomszédságában. **B.** Meglazult, lecsúszott kváderek kapubejárat boltívében. Ny-i külső fal, DNy-i torony. **C.** Szuroköntő fülke szétrázódott kváderei. Qalaun-torony. **D.** Szuroköntő fülke szétcsúszott kváderei. D-i fékörbástya Ny-i oldala. **E.** Jobbos forgást szenvedett kváderek.. D-i bástya Ny-i oldala. **F.** Jobbos forgást szenvedett kváder. Qalaun-torony D-i oldala.

**Fig. 3.** Earthquake damages on ashlars. **A.** Broken top of a window. Donjon W side, adjacent to hall N3. **B.** Fallen ashlars in arch above gate. Western outer gate, SW tower. **C.** Shaken ashlars of machicolation. Qalaun tower, S side. **D.** Shifted ashlars of machicolation. Southern bastion, W side. **E.** Clockwise rotated ashlars. Southern bastion, W side. **F.** Clockwise rotated ashlar. Qalaun tower, S side.



**4. ábra.** A főfalak szerkezete és sérülései. **A.** Háromrétegű fal szerkezete a kápolna déli ablakában. A két oldalról elhelyezkedő, faragott kváderkövek tkp. a zsaluzatot adják. Ennek közét töltötték ki habarcsba ágyazott kőtörmelékkel. **B.** A donjon külső falát alkotó kváderkövek. Ez csak zsaluzat, nem teherviselő szerkezet. Ezt bizonyítja, hogy a kövek szinte „lebegnek” a levegőben, közöttük több cm-es rés van. Hátsó felükkel azonban habarcsba ágyazódnak. **C.** A donjon DNy fala V-alakban kitolódott kb. 5–20 cm-re a fal síkjából. **D.** Repedések a kápolna mennyezetén a nyugati fal mentén.

**Fig. 4.** Structure of and damages to masonry walls. **A.** Three-leaf wall as exposed in the southern window of the chapel. An external regular ashlar work served during construction as a mould for casting the core. The core is agglomerate of stones and mortar. **B.** Basalt ashlars on the external wall of the donjon. This is only a mould supporting the agglomerate core during casting. Ashlars frequently are not joining each other, or are separated by thin flakes of basalt, unsuitable to bear the weight of the donjon. Rear side of ashlars is embedded in mortar of the core. **C.** V-shaped extension of the SW sector of the donjon wall, caused by earthquake. Separation is 5–20 cm. **D.** Fractures in the vault of the chapel along the western wall.

Vízszintesen szétcsúszott kváderkövek. (3C, D ábra). Ezt az elmozdulást a rengéshullámok függőleges komponense okozza. A közettömb, ill. a rajta lévő teher megemelkedik, így a súrlódás a minimumra csökken és a vízszintes komponensek hatására a tömb könnyedén elmozdul (Marco 2008: 150).

Elforgott kváderkövek (3E, F ábra). Az előző deformáció speciális esete; gyakorta transláció és rotáció együtt fordul elő. A rotáció lehet jobbos (az óramutató járásával megegyező irányú) vagy balos (az óramutató járásával ellentétes irányú) (Korjenkov & Mazor 1999, Fig. 20).

## 2.2 Az óbeton falak deformációi

Számos repedés szeli át a vár legtöbb falát. Ezek földrengéses eredete egyelőre kérdéses, bár valószínű. Elsősorban az altalaj esetleges deformációit kell számbavenni, habár az egész vár és valószínűleg a suburbium is

szilárd bazaltplatóra épült. Eddig két olyan töréstípust ismertünk fel, amelynél kizárható a differenciális süllyedés mint okozó.

*V-alakú kimozdult test* a donjon felső részén (4C ábra). Míg a lakótoronyt átszelő többi törés a fal külső és belső oldalán egyaránt megfigyelhető, ez a több méteres test csak kívülről látszik. A határoló törések tehát összetalálkoznak a fal belsejében. A V csúcából sem indul lefelé, az alapozás irányában törés, tehát ez nem lehet egyenlőtlen süllyedés eredménye. Valószínűleg földrengéskor a torony felső, erősen kilengő részéből szakadt ki egy nagyobb darab és mozdult el a rezgés irányának megfelelően.

*Boltozati repedések* a hossz tengelyre merőlegesen (4D ábra). Az ábrázolt repedésrendszer a várkáporna kétmezős boltozatának mindkét mezőjében, mind a négy tartófallal való illeszkedés mentén megjelenik. Nem tekinthető tehát alapozási probléma tükröződésének, hanem olyan erőhatás eredményének, amely valamennyi falra hatott.

### 3. KÖVETKEZTETÉSEK

A margati 800 éves vár falain jelentkező számos törés közül több egyértelműen földrengéses eredetű: függőlegesen és vízszintesen elcsúszott kváderkövek, vízszintes tengely körül elfordult kváderek, a lakótorony egy hatalmas, V-alakú, kifelé elmozdult tömbje, valamint boltozati repedések a várkápornában. Részletes archeoszeizmológiai vizsgálattal lehetséges és szükséges tisztázni a várra hatott földrengések jellemzőit és kipattanásuk idejét.

### 4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző munkáját a Szír-Magyar Régészeti Misszió és az OTKA K67.583 sz. pályázata támogatta. Külön köszönet illeti dr. Major Balázst, a margati ásátás vezetőjét a meghívásért és a mindenre kiterjedő támogatásért. Ez a cikk a Szír-Magyar Régészeti Misszió 4. sz. publikációja.

### 5. IRODALOMJEGYZÉK

- Ambraseys, N.N. 2005. Archaeoseismology and neo-catastrophism. *Seismological Research Letters* **76/5**, 560–564.
- Ambraseys, N.N. 2006. Earthquakes and archaeology. *Journal of Archaeological Science* **33**, 1008–1016.
- Anzani, A., Binda, L. & Melchiorri, G. 1995. Time dependent damage of rubble masonry walls. In: West, H. (szerk.): *4th International Masonry Conference*. British Masonry Society, London, pp. 341–351.
- Calvi, G.M. & Priestley, M.J.N. 1990. Post collapse analyses of a medieval masonry tower. In: Abrams, D. (szerk.): *5th North American Masonry Conference*. University of Illinois Urbana-Champaign, Illinois, pp. 713–722.
- Ellenblum, R., Marco, S., Agnon, A., Rockwell, T. & Boas, A. 1998. Crusader castle torn apart by earthquake at dawn, 20 May 1202. *Geology* **26/4**, 303–306.
- Ferretti, D. & Bažant, Z.P. 2006. Stability of ancient masonry towers: Stress redistribution due to drying, carbonation and creep. *Cement and Concrete Research* **36**, 1389–1398.
- Karakhanian, A.S., Trifonov, V.G., Ivanova, T.P., Avagyan, A., Rukieh, M., Minini, H., Dodonov, A.E. & Bachmanov, D.M. 2008. Seismic deformation in the St. Simeon monasteries (Qal'at Sim'an), northwestern Syria. *Tectonophysics* **453**, 122–147.
- Kilian, K. 1980. Zum Ende der mykenischen Epoche in der Argolis. *Jahrbuch der Römisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz* **27**, 166–195.
- Korjenkov, A.M. & Mazor, E. 1999. Seismogenic origin of the ancient Avdat Ruins, Negev Desert, Israel. *Natural Hazards* **18**, 193–226.
- Major, B. 2008. A brief history of al-Marqab citadel. Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Arab Tanszék. Kézirat, 8 p.
- Marco, S. 2008. Recognition of earthquake-related damage in archaeological sites: Examples from the Dead Sea fault zone. *Tectonophysics* **453**, 148–156.
- Meghraoui, M., Gomez, F., Sbeinati, R., Van der Woerd, J., Mouty, M., Darkal, A.N., Darawcheh, R., Hijazi, F., Al-Ghazzi, R. & Barazangi, M. 2003. Evidence for 830 years of seismic quiescence from palaeoseismology, archaeoseismology, and historical seismicity along the Dead Sea fault in Syria. *Earth and Planetary Science Letters* **210**, 35–52.
- Mistler, M., Butenweg, C. & Meskouris, K. 2006. Modelling methods of historic masonry buildings under seismic excitation. *Journal of Seismology* **10**, 497–510.
- Poursoulis, G., Levret, A., Lambert, N., Rideaud, A. & Helly, B. 2006. The 1708 Manosque earthquake (France): A reading of its archaeological traces as a contribution to estimate the effects on buildings. *Journal of Seismology* **10**, 511–526.
- Taymaz, T., Yilmaz, Y. & Dilek, Y. 2007. The Geodynamics of the Aegean and Anatolia. *Geological Society London Special Publication* **291**, 305 p