

AZ ORSZÁGHÁZ HOMLOKZATÁT ÉS A CITADELLÁT ALKOTÓ DURVA MÉSZKÖVEK SZÖVETÉNEK HATÁSA IDŐÁLLÓSÁGUKRA

Török Ákos

BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, torokakos@mail.bme.hu

Siegfried Siegesmund - Christian Müller - Andé Hüpers - Thomas Weiss

Geoscience Centre, University of Göttingen

Összefoglalás: Az Országház és a Citadella falait három durva mészkő típus alkotja. A beépített durva mészkő változatok környezeti hatásokra kialakuló változását, mállását mutatja be a cikk. Az elváltozások különböző formáit és az azokhoz köthető fizikai változásokat mutatja be a cikk. Mindezek mérésére helyszíni mintázás mellett ultrahang terjedési sebesség mérést és mikro-fúrásos módszert is alkalmaztunk. Az eredményeket összevetettük bányából származó üde kőzetminták értékeivel. A vizsgálatok igazolták, hogy a mészkő tönkremenetele elsősorban mállási kérgék képződéséhez és leválásához köthető. A mállási kéreg zónában a porozitás csökken, míg ez alatt relatíve megnő. A finom szemű mészkő változat jóval hajlamosabb a mállási kéreg kialakulására és kevésbé időtálló.

Kulcsszavak: durva mészkő, mállás, porozitás, ultrahang terjedési sebesség, mikro-fúrás ellenállás

1. Bevezetés

A műemlékeket alkotó mészkövek mállási jelenségeivel már régóta foglalkoznak (Kieslinger, 1949). Korábbi tanulmányokban elsősorban a sötét és világos mállási kérgék elkülönítését (Amoroso & Fassina 1983) és a kérgék kialakulásának a folyamatát vizsgálták, valamint azok rendszerezését találjuk meg a nemzetközi (Camuffo 1995; Fitzner *et al.* 1995; Rodriguez-Navarro *et al.* 1996, Smith 1996; Maravelaki-Kalaitzaki & Biscontin 1999; Antill & Viles 1999, Bonanza *et al.* 2004) és a hazai szakirodalomban (Török 1997, 2002, 2005a). A vizsgálatok mindeddig viszonylag kevés figyelmet fordítottak arra, hogy a mészkövek a légszennyezés hatására milyen fizikai változáson mennek keresztül, és ez hogy hat a felületi tulajdonságaikra (Winkler 1966, 1970, Bell 1993, Camuffo 1995). Néhány tanulmány azonban kiemeli, hogy a mállás hatására jelentősebb fizikai tulajdonság változás léphet fel a mészkő műemlékek kőzetein (Chararas 1991a, 1991b, Török 2002a, 2003a, Török *et al.* 2004). Jelen cikkben ezen a változásokat kívánjuk nyomom követni, úgy, hogy három különböző durva mészkő típusból álló, az Országházba és a Citadellába beépített kőzetblokkok vizsgáltunk meg. Mindkét épület az erősen szennyezett budapesti légköri viszonyok között található, így a természetes mállás mellett az antropogén szennyezések is jelentősen károsítják a kőzetanyagukat. A bányából származó kövek mellett, a műemlékek felületéről is mintákat vettünk, valamint mikro-fúrás vizsgálatokat végeztünk. Az Országház rekonstrukciós munkálatai miatt, fűrómag mintákat is tudtunk venni a homlokzatról.

2. Vizsgálati módszerek

A Citadella építése 1854-ben, míg az Országház építése 1904-ben fejeződött be. Ezt követően többszöri átépítések és rekonstrukciós munkálatok sora követte egymást mindkét épületen, de az Országház és a Citadella legutolsó felújítási munkálatait kivéve, durva mészkövet alkalmaztak a kőcserénél is. Az Országház jelenleg is folyó felújításánál már forrásvízi mészkő vagy más néven travertinó tömböket használnak. Azaz mindkét épületen több tíz éves, esetenként még eredeti durva mészkő falazóblokkokat találunk. Ezeket a tömböket vizsgáltuk és hasonlítottuk össze a sóskúti bányából származó hasonló kőzettípusokkal. Mindkét épületen található kőzet változatok a jelentős, de fokozatosan változó összetételű budapesti légszennyezésnek vannak kitéve és ez a hatás hosszú évtizedeken keresztül érvényesül, ami hozzájárul a durva mészkő pusztulásához (Török 2003a, McAllister et al. kiadás alatt, Török et al, kiadás alatt).

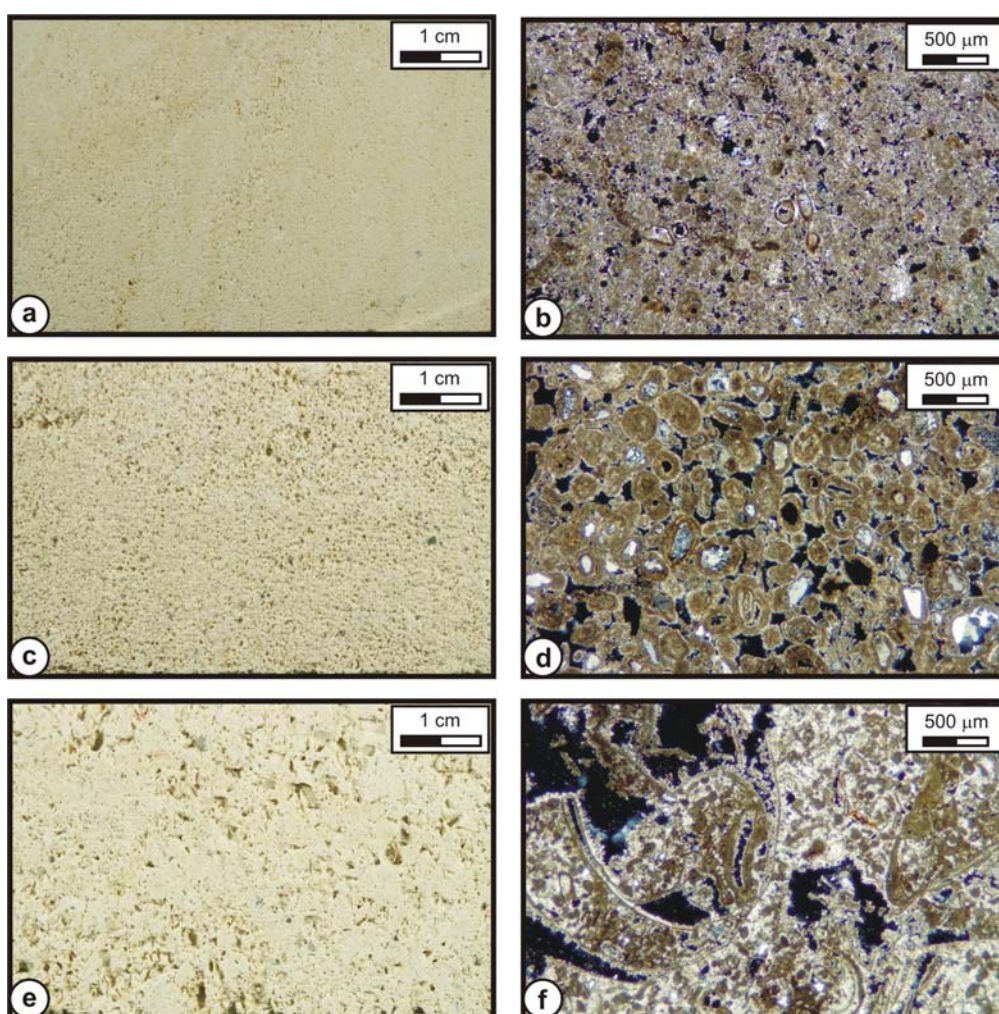
A helyszíni vizsgálatok részét képezte a mállási jelenségek feltérképezése és kategorizálása, amihez Smith *et al.* (1992) és Fitzner *et al.* 1995 módszereit alkalmaztuk. A mikro-fúrási ellenállás méréshez 3 mm átmérőjű fúrófejet használtunk, és a fúrófej behatolási sebességét Wendler és Sattler (1996) által leírt módon rögzítettük. Az Országház homlokzatából 4 cm átmérőjű fúrómagokat vettünk az 1. ábrán bemutatott helyekről. A magokon az ultrahang terjedési sebességet UKS 12, Geotron típusú készülékkel határoztuk meg. A felületre merőlegesen csiszolatok is készültek. A fúrómagokon belül a felszíntől számított három mélységben kis méretű fúróval mintákat vettünk, amelyeknek porozitását higanyos poroziméterrel határoztuk meg. A minták ásványtani összetételét Phillips PW1800-as röntgen diffraktométerrel határoztuk meg.



1.ábra. Az Országház homlokzata a vizsgált homlokzati szakasszal.

3. Kőzettípusok jellemzése

Három kőzettípust különítettünk el, melyek szöveti képét a 2. ábra mutatja be. A finom szemű kőzettípust kis méretű, de szabad szemmel azonosítható pórusok jellemzik, apró (100 μm) mikrites cementációjú peloidok gyakoriak benne. Szövete peloidos wackestone/packstone. A középszemű változatot jól kerekített mikro-onkoidok (0,1-0,5 mm) és egyenletes méretű pórusok jellemzik. A mikro-onkoidok magjában gyakoriak a kvarc szemcsék, földpátok és az apró kőzettörmelékek (2. ábra). A harmadik típust a bioklasztos makro porózus változat adja, amelyben csigák, kagyló héjtöredékek, foraminiferák és nagyobb méretű mikro-onkoidok jelennek meg. Szövete bioklasztos grainstone (2. ábra). Mindhárom kőzetváltozat fő ásványa a kalcit (átlagosan 92-97%), járulékos ásványként kvarcot, albitot-anortitot, rétegszlikátokat (muszkovitot) lehetett röntgendiffrakciós elemzéssel kimutatni.



2.ábra. A vizsgált kőzettípusok; a-b: finom-szemű, c-d: közép-szemű, e-f: durva-szemű.

4. Mállási jelenségek

A leggyakoribb megfigyelt mállási jelenség a mállási kéreg képződés. Összhangban a korábbi vizsgálatokkal (Török 2002a, Török 2003b, Török & Rozgonyi 2004, Hüpers et al. 2005, Török 2005b) két típusú világos mállási kéreg ismerhető fel. A vastag világos kéreg, amely néhány millimétertől akár centiméteres vastagságot is elérhet (3. ábra), és a vékony mm-es világos mállási kéreg. Ez utóbbi inkább a finomszemű kőzetváltozatra jellemző. A sötét színű mállási kéregket általában az esőtől védett falfelületeken figyelhetjük meg. Ezek a sötét/fekete mállási kéreg részben magukba olvasztják a leülepedő porszemcséket, amelyet a korábbi optikai mikroszkópos (Török 2002a) és elektronmikroszkópos (Smith et al. 2003, Török & Rozgonyi 2004) vizsgálatok is igazoltak. A gömbös fekete mállási kéreg akár 2 cm-es vastagságot is elérhet és védett párkányok vagy díszítő köelemek alatt találjuk meg. A másik fekete kéreg változat a sík kéreg, amely követi a kőzet felületét. Ez akár függőleges falfelületeken is megjelenhet és ott jellemző, ahol a kőzet felület részben érheti a csapadék, ezáltal kevés nedvesség mellett porszemcsék is juthatnak a felületre.



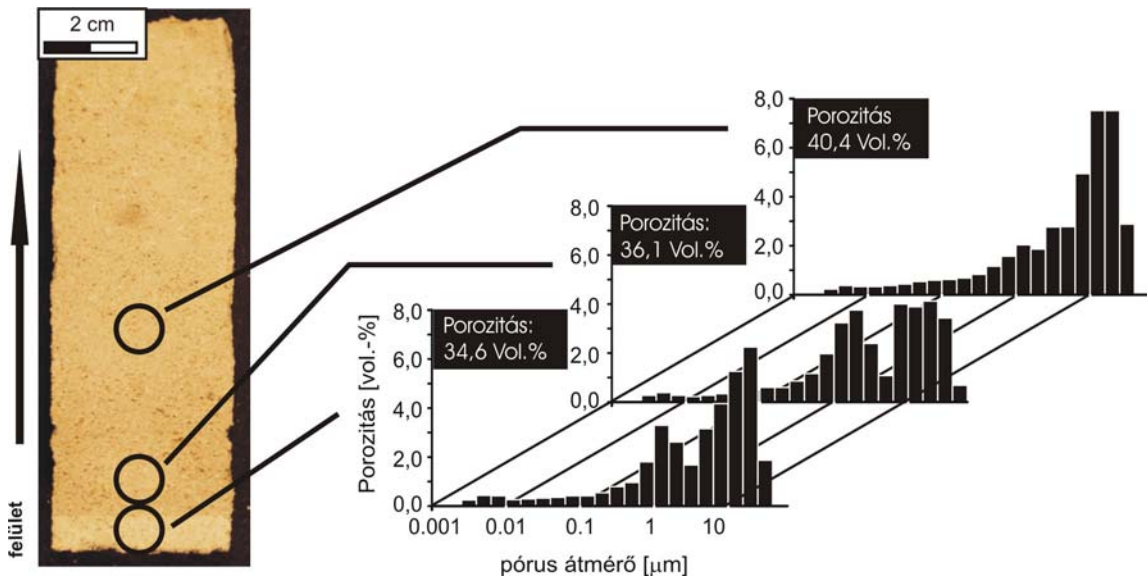
3.ábra. Világos vastag mállási kéreg (Citadella)



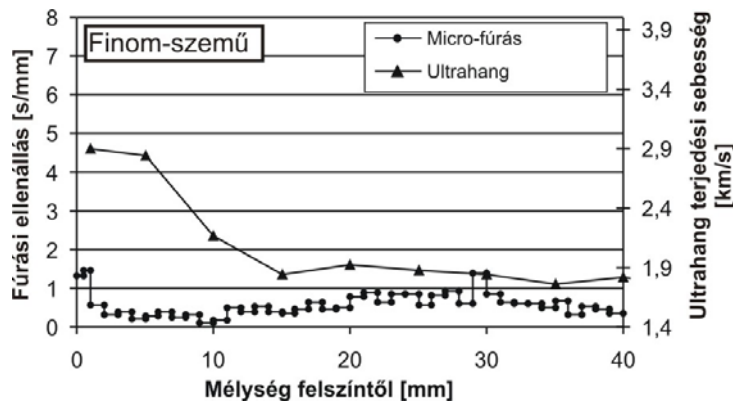
4.ábra. Fekete, részben leváló mállási kéreg (Országház)

5. Porozitás, mikro-fúrási ellenállás és ultrahang terjedési sebesség

A finom-szemű mészkövön kialakult mállási kéreg porozitása és póruseloszlása a külső mállási zónától befelé haladva jelentős változást mutat. A kéreg zónájában 34,6%-os, míg a kéreg alatt 4 cm-rel ennél közel 6%-kal nagyobb porozitást mértünk. A póruseloszlás is különbözik, a felszíntől távolodva nő a pórusméret (5. ábra). A néhány milliméter vastag kéreg jelenlétét a mikro-fúrási ellenállás és az ultrahang terjedési sebesség csökkenése és az is igazolja (6. ábra).

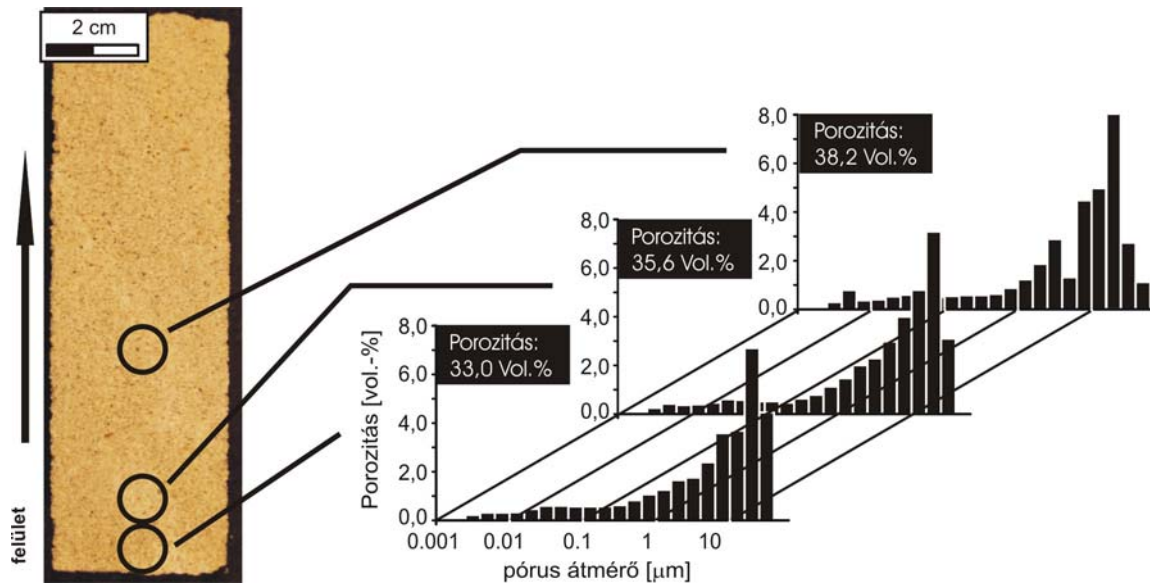


5.ábra. A finom-szemű mészkő és a mállási kéreg porozitása és póruseloszlása.

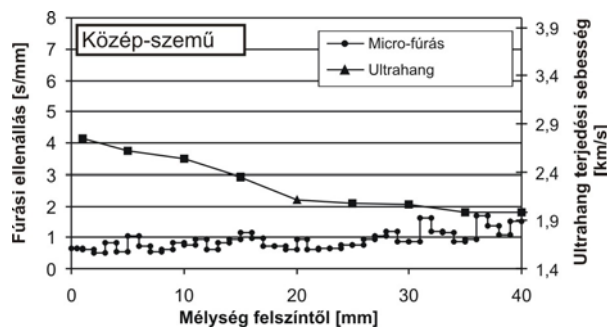


6.ábra. A finom-szemű mészkő és a mállási kéreg mikro-fúrási ellenállása és ultrahang terjedési sebessége.

A közép-szemű durva mészkőnél a finomszemű mészkőre jellemző tendencia ismétlődik meg, a porozitás a kéregnél még 33%, amely megnő 38,2%, és ez együtt jár a pórusméret megnövekedésével is, a makro pórusok javára (7. ábra). Az ultrahang terjedési sebesség fokozatosan csökken a kőzet felületén található kéregtől a mélység felé, míg a mikro-fúrási ellenállás nem mutat hasonló változást (8. ábra).

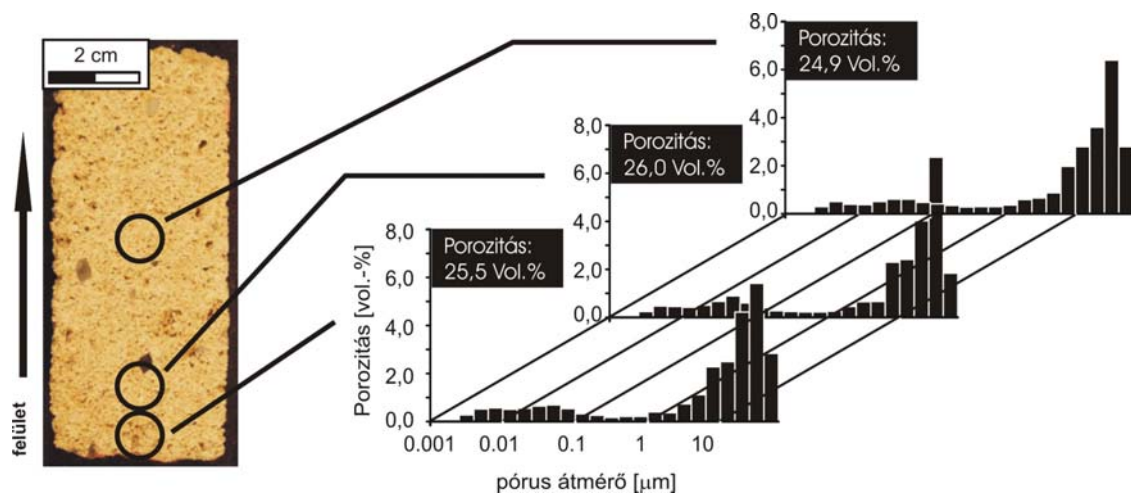


7.ábra. A közép-szemű mészkő és a mállási kéreg porozitása és póruseloszlása.

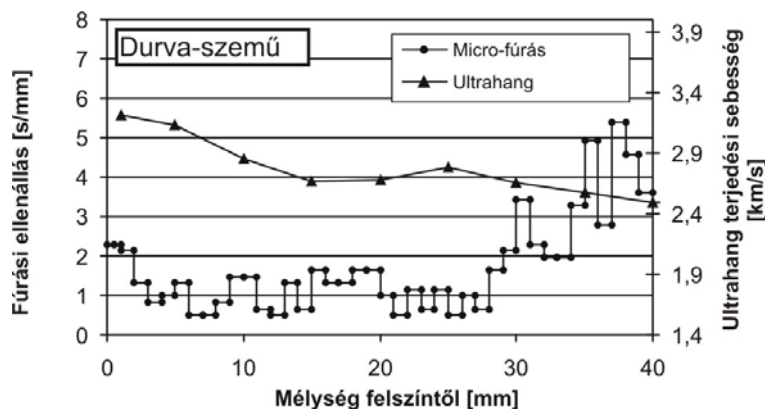


8.ábra. A közép-szemű mészkő és a mállási kéreg mikro-fúrás ellenállása és ultrahang terjedési sebessége.

A durva-szemű bioklasztos kőzetváltozatnál az előző két kőzettípushoz hasonló tendenciák nem figyelhetők meg, azaz a porozitás és a pórus eloszlás nem mutat szignifikáns változást a kőzet felülettől a mélység felé (9. és 10. ábra).

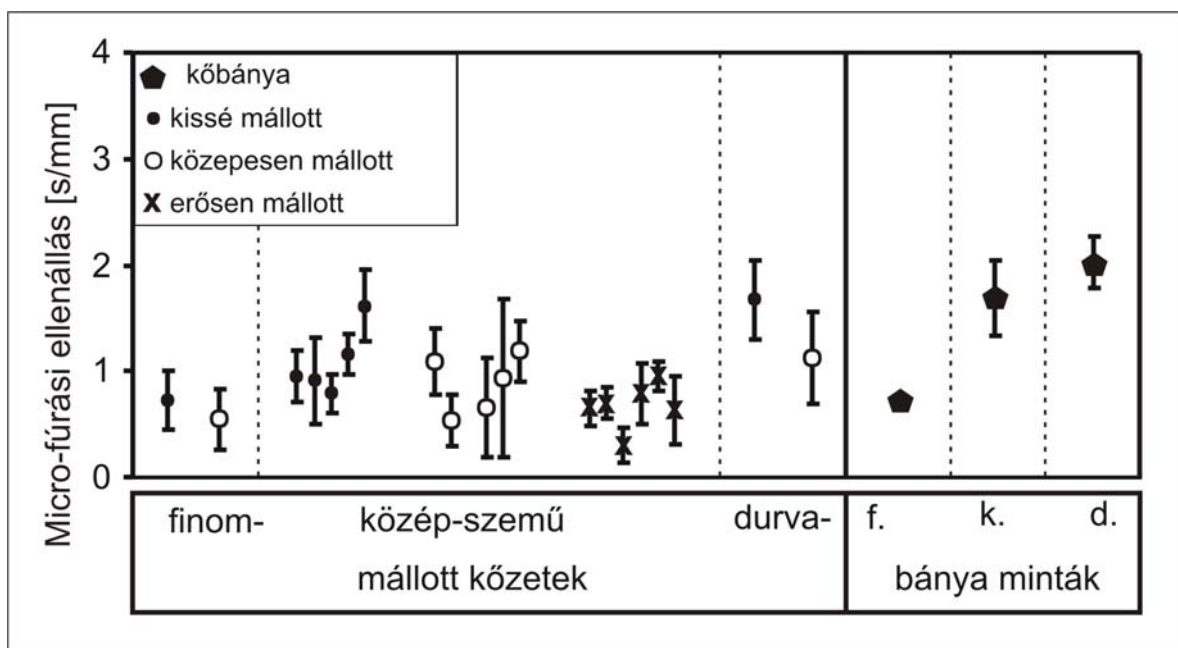


9.ábra. A durva-szemű mészkő és a mállási kéreg porozitása és póruseloszlása.



10.ábra. A közép-szemű mészkő és a mállási kéreg mikro-fúrási ellenállása és ultrahang terjedési sebessége.

Ha a sóskúti bányából származó mintákon mért eredményeket hasonlítjuk össze a mállott falból fúr mintákon mért eredményekkel azt láthatjuk, hogy a bányából származó kőzetekhez képest a mállott kőzetek kisebb fúrási ellenállási értékeket adnak, amely értékek még tovább bonthatók a jelentősen és a kevésbé mállott kőzetblokkok szerint (11. ábra).



11.ábra. A mállott és a sóskúti bányából származó üde kőzettípusok mikro-fúrási ellenállása (f.: finom-, k.: közép-, d.: durva-szemű)

6. Eredmények értékelése

A mállási kéreg időlegesen hozzájárulhat a műemléki kőzetek felületének stabilizálásához, azáltal, hogy egy vékony védőréteget formálnak a kőzetfelületen (Török 2003). Ez a védőréteg azonban leválhat, amelynek következtében a kőzet rohamos pusztulásnak indul. A kéreg mikroszkópos vizsgálatait azt mutatták meg, hogy a kéreg leválás kezdeti fázisát mikro-repedések megjelenése jelzi. Ezek a kőzet felszíne

alatt néhány centiméterrel is megjelenhetnek. Leggyakrabban a kéreg kevésbé porózus cementált zónája alatt közvetlenül jelennek meg, kijelölve a kéreg és az alatta található porózusabb közetzóna határát. A vizsgálataink azt is igazolták, hogy a mállási kéregben a pórusokat másodlagos kalcit tölti ki, ezáltal a kéreg porozitása és pórusmérete is csökken, míg a mállási kéreg alatt egy fellazultabb porózusabb zóna húzódik. A mikro-fúrási ellenállás és az ultrahang terjedési sebesség változása jól mutatja a kéreg vastagságát. A bányából származó mintákkal összevetve az Országház területéről vett mállott mintákon mért mikro-fúrási ellenállás értékei kisebbek.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkához anyagi támogatást biztosított a magyar szerzőnek a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/233/04) és az OTKA (K63399). A német kutatókkal való közös munkát a német-magyar kutatócsere program keretében valósult meg (MÖB-DAAD 30 sz. projekt). Az Országház területére a bejutást és a munkavégzés feltételeit Lukács József, Andrassy Balázs, Herkules János és a Reneszánsz Rt. biztosította, amiért hálával tartozunk.

Hivatkozások

- Amoroso, G.G. & Fassina, V. 1983. *Stone Decay and Conservation*. Elsevier, Amsterdam, 1-453.
- Antill, S.J & Viles, H.A., 1999. Deciphering the Impacts of Traffic on Stone Decay in Oxford: Some Preliminary Observations from Old Limestone Walls. In: Jones, M.S. & Wakefield, R.D. (eds) *Aspects of Stone weathering, Decay and Conservation*. Imperial College Press, London, 28-42.
- Bell F.G. 1993. Durability of carbonate rock as a building stone with comments on its preservation. *Environmental Geology*, **21**, 187-200.
- Bonazza, A., Sabbioni, C., Ghedini, N., Favoni, O. & Zappia, G. 2004. Carbon data in black crusts on European monuments. In: C. Saiz-Jimenez (ed) *Air pollution and Cultural Heritage*. Taylor & Francis Group, London, 39-47.
- Camuffo, D. 1995. Physical weathering of stone. *The Science of the Total Environment*, **167**, 1-14.
- Christaras, B. 1991. Durability of building stones and weathering of antiquities in Creta/Greece. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, **44**, 17-25.
- Christaras, B. 1996. Non destructive methods for investigation of some mechanical properties of natural stones in the protection of monuments. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, **54**, 59-63.
- Cultrone, G., Rodriguez-Navarro, C. & Sebastian, E. 2004. Limestone and brick decay in simulated polluted atmosphere: the role of particulate matter. In: C. Saiz-Jimenez (ed) *Air pollution and Cultural Heritage*. Taylor & Francis Group, London, 141-145.

- Fitzner, B., Heinrichs, K. & Kownatzki, R. 1995. Weathering forms-classification and mapping. In: Snethlage R. (ed) *Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung I.*, Ernst and Sohn, Berlin, 41-88.
- Hüpers, A., Müller, C., Siegesmund, S., Hoppert, M., Weiss, T. & Török Á. 2005. Kalksteinverwitterung – die Zitadella und das Parlaments - Gebäude in Budapest. In: Siegesmund, S., Auras, M. & Snethlage R. (Eds.) *Stein Zerfall und Konservierung*. Edition Leipzig, Leipzig, 201-209.
- Kieslinger, A. 1949. *Die Steine von Sankt Stephan*. Verlag Herold, Wien, 1-486
- Maravelaki-Kalaitzaki, P. & Biscontin, G. 1999. Origin, characteristics and morphology of weathering crusts on Istria stone in Venice. *Atmospheric Environment*, **33**, 1699-1709,
- McAlister, J.J., Smith, B.J. & Török, Á. (in press). Element partitioning and potential mobility within surface dusts on buildings in a polluted urban environment, Budapest, *Atmospheric Environment*, (doi:10.1016/j.atmosenv.2006.05.071)
- Rodriguez-Navarro, C. & Sebastian, E. 1996. Role of particulate matter from vehicle exhaust on porous building stones (limestone) sulfation. *The Science of the Total Environment*, **187**, 79-91.
- Smith, B.J. 1996. Scale problems in interpretation of urban stone decay. In: Smith, B. J. & Warke, P.A. (eds) *Processes of Urban Stone Decay*. Donhead, London, 3-18.
- Smith, B.J., Whalley, W.B. & Magee, R. 1992. Assessment of building stone decay: a geomorphological approach. In: Webster, R. G. M. (ed.) *Stone Cleaning and the nature and decay mechanism of stone*. Proceedings of the International Conference, Edinburgh, Donhead, London, 249-257
- Smith, B.J., Török Á, McAlister, J.J. & Megarry, J. 2003. Observations on the factors influencing stability of building stones following contour scaling: a case study of the oolitic limestones from Budapest, Hungary. *Building and Environment*, **38**, 9-10., 1173-1183.
- Török, Á. 1997. Deterioration of limestone buildings as a result of air pollution, examples from Budapest. In: Marinos, P.G., Koukis, G., Tsiambaos, G., Stournaras, G. (Eds.), *Engineering Geology and the Environment, IAEG 1997 Athens*, Balkema (Rotterdam), III., 3269-3273.
- Török, Á. 2002a. 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. 2002b. The influence of wall orientation and lithology on the weathering of ooidal limestone in Budapest, Hungary. In: Prykril, R. & Viles, H. (Eds.) *Understanding and managing stone decay*. Carolinum Press, Prague, 229-240.
- Török, Á. 2003a. Surface strength and mineralogy of weathering crusts on limestone buildings in Budapest. *Building and Environment*, **38**, 9-10., 1185-1192.
- Török Á. 2003b. Durva mészkőből épült műemlékek károsodása légszennyezés hatására. In: Török, Á. (szerk.), *Mérnökgeológiai Jubileumi Konferencia*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 287-301.
- Török, Á. 2004. Comparison of the Processes of Decay of Two Limestones in a Polluted Urban Environment. In: D.J. Mitchell, & D.E. Searle (eds.) *Stone Deterioration in Polluted Urban Environments*. Science Publishers Inc., Enfield, 73-92.

- Török Á. 2005a. Travertinó a műemlékekben: fácies jellegek, fizikai tulajdonságok és közetdiagnosztika. *Földtani Közlöny*, 135.4, 571-584.
- Török, Á. 2005b. Gypsum-induced Decay on the Limestone Buildings in the Urban Environment of Budapest. *International Journal for Restoration of Buildings and Monuments*, 11, 2, 71-78.
- Török, Á. & Rozgonyi, N. 2004. Mineralogy and morphology of salt crusts on porous limestone in urban environment. *Environmental Geology*, 46, 3, 323-339.
- Török Á., Weiss T., Hüpers, A., Müller, C. & Siegesmund, S. 2004. The decay of oolitic limestones controlled by atmospheric pollution: a case study from the Parliament and Citadella in Budapest, Hungary. In: Kwiatkowski, D. & Löfvendal, R. (Eds.) *Proceedings of the 10th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone*. ICOMOS Sweden, Stockholm, Vol. II, 947-954.
- Török, Á., Müller, C., Hüpers, A., Hoppert, M., Siegesmund, S. & Weiss, T. (in press) Differences in texture, physical properties and microbiology of weathering crust and host rock: a case study of the porous limestone of Budapest (Hungary). Prykril, R. & Smith, J.B. (szerk.): *Building Stone Decay: From Diagnosis to Conservation*, Geological Society, London, *Special Publications* 271, 261-276 (2007).
- Wendler, E. & Sattler L. 1996. Bohrwiderstandsmessungen als zerstörungsarmes Prüfverfahren. *Werkstoffwissenschaften und Bausanierung*, 1, 145-159..
- Winkler, E.M. 1966. Important agents of weathering for building and monument stone. *Engineering Geology*, 1, 381-400
- Winkler, E.M. 1970. The importance of air pollution in the corrosion of stone and metals. *Engineering Geology*, 4, 327-334