Építési zúzott kőanyag termékek kőzetfizikai jellemzése¹

DR. KAUSAY TIBOR ■ BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék ■ betonopu@t-online.hu

Rock physical characteristics of crushed stone products for construction

Crushed stone and crushed gravel shall be qualified according to both the *properties of the raw material* and the *technological properties* acquired in the course of processing. Standards and codes classify stone products based on the properties of the raw material into *rock physical groups* while based on their technological properties - into *product classes*. Since the implementation of the European stone product standards in Hungary exists the principal question (raising a lot of practical problems): based on what material, where, how and by what method and requirements shall the classification into rock physical groups take place. The paper offers an arguments based alternative for the determination of rock physical properties performed on *products* (the performance of which is unconditionally expected in the case of their use as aggregates for concrete) - not only because of adherence to the well proven traditions but also in order to conserve the user's (customer's) and investor's (builder's) unquestionable rights of controlling the construction site as well as to secure both the quality and the durability of our new buildings.

Key words: rock physics, aggregates for concrete, crushed stone, evaluation of conformity of products

Kulcsszavak: kőzetfizika, betonadalékanyag, zúzottkő, termékminősítés

AJÁNLÁS: Dr. Kertész Pál tanár úrnak 80. születésnapja alkalmából, tisztelettel

1. Bevezetés

Az adalékanyagul szolgáló építési zúzott kőanyag termékek alapanyagát az építési gyakorlatban általában és jelen dolgozatban azon aprózódási és időállósági kőzetfizikai tulajdonságokkal jellemezzük, amelyeknek termékminősítő szerepük van. Az építési kőanyagok – 1978-1991 között, a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének vezetésével készült, 50 szabványból álló, MSZ 18280–18297 jelű – magyar nemzeti szabványrendszere azt az elvet követte, hogy – bár a kőzetfizikai tulajdonság voltaképpen az in situ kőanyag anyagtani sajátja – a kőzetfizikai tulajdonságok a zúzottkő és zúzottkavics termékeken is meghatározhatók, és így termékminősítésre is felhasználhatók kell legyenek. A közelmúltban az európai szabványok honosításával ennek az elvnek további alkalmazásában zavar támadt, mert az európai szabványoknak való feltétlen megfelelésre törekvéssel a felhasználó elveszítheti (az aszfaltútépítés területén el is veszítette) a kőzetfizikai tulajdonságok megvásárolt terméken való vizsgálatának lehetőségét, és ráadásul még az időállósági követelmény is lazább lett. A beton és vasbeton építés területén e két minőségrontó változtatás egyike sem engedhető meg, mert a beton és vasbeton építmények tervezési használati élettartama egyszerűbb esetben is 50 év, igényesebb esetben (pályaburkolatok, alagutak, hidak, vízepítési műtárgyak, erőművek stb.) pedig 100 év, amely nagytartósságú betonok készítését követeli meg. Jelen dolgozatban a betonadalékanyagul szolgáló, megvásárolt zúzottkő és zúzottkavics termék kőzetfizikai tulajdonságai meghatározásának termékminősítésre kidolgozott módszerét mutatjuk be, különös tekintettel az új szabályozási körülményekre.

¹ A Mérnökgeológia-Kőzetmechanika 2008 Konferencián, 2008. november 26-án, Budapesten elhangzott előadás rövidített változata.

Kausay Tibor

(1934) Okl. építőmérnök (1961), okl. vasbeton-
építési szakmérnök (1967), egy. doktor (1969),
műsz. tud. kandidátusa (1978), címz. egy. docens
(1985), Ph.D. (1997), a BME címz. egy. tanára
(2003). Gróf Lónyay Menyhért emlékérmes
(2003), MTESZ emlékérmes (2006).
Munkahelyei: 1963-1994: SZIKKTI Betonosztálya;
1994-1996: BETONOLITH K+F Kft.; 1996-tól:
BETONOPUS Bt. 1968 óta külsőként tanít a BME
Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéken.
Testületi és egyesületi tagsága: MMK, MTA
SzSzB Megyei TT, fib MT, SZTE, ÉTE, MFT, KTE.
Főbb kutatási területei: Beton- és vasbeton-
szerkezetek, betontechnológia, adalékanyagok
és építési kőanyagok anyagtana. Publikációinak
száma mintegy 160.

2. Történeti áttekintés

Az MSZ 1992:1959 (NZ jelű) és az MSZ 11300:1959 (Z jelű) zúzottkő és zúzalék szabványokban a kőzetfizikai tulajdonságok fogalma még nem szerepelt, a szilárdsági és időállósági követelményeket akkor még a következőképpen írták le:

- A zúzottkő anyaga *fagyálló* kőzet legyen. A kőanyagot a károsodás nélkül kiállt fagyasztási ciklusok száma alapján fagyállósági osztályba sorolták. A vizsgálat módszere: MSZ 1991:1960.
- A zúzottkő *nyomószilárdsága* – más kikötés hiányában – nem lehet kevesebb, mint 1500 kg/cm², (azaz 150 N/mm²). A vizsgálat módszere: MSZ 1991:1960.
- A zúzottkő a *Stübel-féle* ütőszilárdságra előírt követelményt elégítse ki. Az ún. „jósági értékszám” követelménye mélységi és kiömlési kőzetekre ≥ 60 érték volt. A vizsgálat módszere: MSZ 11300:1959.

A kőzetfizikai csoport fogalma először az MSZ 1992:1970 „Zúzott kőtermékek” című szabványban jelent meg. A zúzottkőveket és zúzottkavicsokat a *Los Angeles, a száraz és vizes Deval, valamint a magnézium-szulfátos és nátrium-szulfátos aprózódás* alapján A, B, C kőzetfizikai csoportba sorolták be. Az 1970 évi zúzottkő szabvány létrehozása, a kőzetfizikai csoport és a KZ termékek fogalmának megalkotása elsősorban dr. Kertész Pál (BME Ásvány- és Földtani Tanszék) és az őt támogató dr. Reznák László (Ütügyi Kutató Intézet) érdeme, akik a magyar nemzeti „építési kőanyagok szabványrendszer”-ét kidolgozó „Kő szabványbizottság” munkájában meghatározó szerepet töltek be.

Az MSZ 1992:1970 szabványt felváltó MSZ 18291:1978 „Zúzottkő” termékszabványban és az MSZ-07-3114:1991 „Útépítési zúzott kőanyag” közlekedési ágazati szabványban is a Los Angeles aprózódás, a száraz és a vizes Deval aprózódás, a nátriumszulfát-oldatos és a magnéziumszulfát-oldatos kris-

tályosítási aprózódás tartozott a közetfizikai jellemzők csoportjába.

A későbbi ágazati szabályozásban (ÚT 2-3.601:1998 „Útépítési zúzott kőanyagok” üzleti műszaki előírás) a száraz Deval aprózódás és a nátriumsulfát-oldatos kristályosítási aprózódás elvesztette termékminősítő erejét, de új jellemzőként a *vizes mikro-Deval aprózódás* belépett a közetfizikai csoportba.

A legutóbbi üzleti műszaki előírásban (ÚT 2-3.601:2006) már a vizes Deval aprózódás sem szerepelt, és a közetfizikai csoportot a *Los Angeles aprózódás, a vizes mikro-Deval aprózódás, és a magnéziumsulfát-oldatos kristályosítási aprózódás* alkotta, az új európai kőanyagalmaz (adalékanyag) termékszabványok (MSZ EN 13043:2003 aszfaltadalékanyag, MSZ EN 12620:2006 betonadalékanyag, MSZ EN 13242:2003 kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú kőanyagalmazok) hatására.

Az ÚT 2-3.601:2006 üzleti műszaki előírás a közetfizikai csoportok tekintetében megegyezett az MSZ 4798-1:2004 *betonszabvány* (az MSZ EN 206-1:2002 európai betonszabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentuma) közetfizikai csoportokra vonatkozó követelmény-rendszerével és a követelmények vizsgálatának módjával.

Az MSZ 4798-1:2004 szabvány és az ÚT 2-3.601:2006 üzleti műszaki előírás közös sajátága volt, hogy a zúzott kőanyagok közetfizikai tulajdonságainak vizsgálatát és a termékminősítést összhangba hozta az európai kőanyag termékszabványok (MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 12620:2006, MSZ EN 13242:2003) és vizsgálati szabványok (MSZ EN 1097-2:2007, MSZ EN 1097-1:2004, MSZ EN 1367-2:1999) módszerével úgy, hogy az időállósági tulajdonság (magnéziumsulfátos aprózódás) követelménye sem csökkent.

A 2008. március 25-én megjelent és 2008. május 15. óta alkalmazott ÚT 2-3.601-1:2008 üzleti műszaki előírás érvénybe lépésével az aszfaltkeverékek és az aszfalt felületi bevonatok zúzott adalékanyagaira nézve felülírták ÚT 2-3.601:2006 üzleti műszaki előírást. Ezzel az útépítési zúzottkővek egységes szemlélete és szabályozása az üzleti műszaki előírásokban megszűnt; sajnálatos módon megszüntették a közetfizikai csoportok fogalmát és alkalmazását; kötelezővé tették a közetfizikai (fizikainak nevezett) tulajdonságok referencia-vizsgálatát; ezzel elvették a vevőtől (kivitelező, építető, beruházó) a lehetőséget, hogy a leszállított termék közetfizikai tulajdonságait megvizsgálja és ellenőrizze; a magnézium-szulfátos kristályosítás követelményét Magyarországon meg nem engedett mértékben lazították.

Ezek a változtatások az 50, illetve 100 év tervezett használati élettartamú, nagyteljesítőképességű, zúzottkő és zúzottkavics adalékanyagú betonok esetén megengedhetetlenek, amiért hangsúlyosan előtérbe kerül az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány alkalmazása és a közetfizikai tulajdonságokra adott előírásának mélyrehatóbb kifejtése.

3. Betonadalékanyagul szolgáló zúzottkő és zúzottkavics frakciók közetfizikai csoportja

3.1 Közetfizikai osztályok besűritése

A Los Angeles aprózódási és a szulfátos kristályosítási aprózódási osztályoknak az új európai szabványokban (MSZ EN 13043:2003, MSZ EN 12620:2006, MSZ EN 13242:2003

stb.) szereplő határértékei sajnos nem egyeznek meg a régi magyar, az MSZ 1992:1970 szabvány szerinti (A, B, C, D) és a vele azonos ÚT 2-3.601:1998 üzleti műszaki előírás szerinti (AA, BB, CC, DD) közetfizikai csoportok határértékeivel, és bizonyos szemnagyságoknál egymástól is eltérnek. Különösen feltűnő a magnézium-szulfátos kristályosítás legszigorúbb követelményének magas európai határértéke (az MS₁₈ osztályban 18 tömeg%), amelynek hazai követelménye sokkal szigorúbb (a Kf-A közetfizikai csoportban 10 tömeg%) és átvétele nem indokolható.

Megjegyezzük, hogy az MSZ EN 12620:2003 szabvány a durva (2 mm feletti) adalékanyagokra közvetlen fagyállóság vizsgálati módszerként az MSZ EN 1367-1:2007 szerinti fagyállóság és fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatot írja elő. Gond, hogy az előírt 10 fagyasztási és olvasztási ciklus a hazai mérsékeltövi kontinentális éghajlati körülmények közepette kevés, és a legnagyobb fagykárosodást nem az előírt 1%-os, hanem a 3%-os nátrium-klorid oldat okozza.

A hazai aprózódási osztályok európaiktól való eltérése miatt az MSZ 4798-1:2004 betonszabvány és az ÚT 2-3.601:2006 üzleti műszaki előírás – az európai szabványokhoz alkalmazkodva – a korábbi C, ill. CC közetfizikai csoportot C1 és C2 csoportra, a korábbi D, ill. DD közetfizikai csoportot D1 és D2 csoportra osztotta fel (1. ábra). Ezáltal az európai aprózódási osztályok határértékeinél az új magyar közetfizikai csoportoknak is határértéke van, a régi határértékek feladása nélkül. A Kf-0 jelű, az eddigieknél szigorúbb közetfizikai csoport bevezetése is az európai szabványokhoz való igazodást szolgálta.

1. ábra Közetfizikai csoportok a Los Angeles aprózódás alapján a különböző szabványokban és előírásokban

Fig. 1. Rock physical groups figuring in various standards and codes classified by the Los Angeles method of comminution

3.2 Zúzottkő és zúzottkavics betonadalékanyag frakciók közetfizikai csoportja

Az európai szabványok a 10–14 mm szemnagysághatáru Los Angeles, mikro-Deval, szulfátos kristályosítási vizsgálati minták *referencia-vizsgálatát* írják elő, de megengedik nemzeti előírás szerinti *alternatív-vizsgálati* szemnagysághatárok alkalmazását is. Ezt a körülményt használjuk ki az építéshelyre leszállított zúzott betonadalékanyag termékek (frakciók) vizsgálata lehetőségének megőrzésére. Az alternatív-vizsgálatokra azért van szükség, mert a referencia-vizsgálathoz szükséges

10–14 mm szemmagysághatárú vizsgálati mintát a zúzottkő termékből (a Z 0/22 és afeletti Z termékosztályú, általában alárendeltebb célra használatos frakciók kivételével) nem lehet előállítani. Ezért Magyarországon az MSZ 4798-1:2004 szabvány elve szerint, *betonadalékanyag esetén*, megegyezés alapján szabad a Los Angeles, a mikro-Deval, a szulfátos kristályosítási vizsgálatot alternatív-vizsgálatként, a vonatkozó európai szabvány (MSZ EN 1097-2:2007, MSZ EN 1097-1:2004, MSZ EN 1367-2:1999) szerint, de a zúzott kőanyag frakciók szemmagysághoz igazított vizsgálati anyagon elvégezni (MSZ 4798-1:2004).

A betonadalékanyagként alkalmazott zúzottkővet és zúzottkavicsot az önszilárdság és az időállóság jellemzésére a Los Angeles aprózódás, a mikro-Deval aprózódás és a magnézium-szulfátos kristályosítási aprózódás vizsgálat eredménye alapján az 1. táblázat szerint, az MSZ 4798-1:2004 szabványban foglaltakat követve közetfizikai csoportba kell sorolni. A zúzottkő *nyersanyag vizsgálata során a referencia-vizsgálatot*, de a zúzottkő és zúzottkavics *termék vizsgálata során az alternatív-vizsgálatot* kell alkalmazni. Ez a közetfizikai csoport rendszer egyesíti magában a hagyományos magyar közetfizikai csoport besorolást és a kőanyagalmazók aprózódási (szilárd-

sági) tulajdonságainak európai követelményeit. Az 1. táblázat a zúzottkő termékek közetfizikai csoportján kívül bemutatja azok jelét és alkalmazhatóságát is beton készítés céljára.

A zúzottkő vagy zúzottkő termék akkor sorolható be valamely közetfizikai csoportba, ha az ugyanazon szemmagyságú laboratóriumi mintából (frakcióból) előállított vizsgálati anyag a közetfizikai csoport minden követelményét egyidejűleg kielégíti.

Az ÚT 2-3.601-1:2008 útgyi műszaki előírás az aszfalt-útépítőipar – mint legnagyobb zúzottkő felhasználó – igényének megfelelően a zúzottkő és zúzottkavics frakciók szemmagysághatáraként az MSZ EN 13043, MSZ EN 13242, MSZ EN 13285 szabványokban – és MSZ EN 12620 szabványban is – szereplő, és az aszfaltútépítésben használatos ún. „alap + 1 kiegészítő szitasorozat”-ot (benne a 5,6; 11,2; 22,4; 45 mm nyílású szitákkal) használja, amely követelményhez a kőbányaipar általában alkalmazkodik, és ezt a betonépítésben is tudomásul kell venni. Ha a zúzottkő vagy zúzottkavics frakció szemmagysághatára az „alap + 1 kiegészítő szitasorozat” szerinti, akkor ezt a körülményt az alternatív-vizsgálati minta szemmagysághatáraival is követni kell. Az alternatív Los Angeles vizsgálat ebben az esetben alkalmazandó jellemzői a 2.

Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálati minta szemmagysága (mm)	Közetfizikai csoportok referencia-vizsgálatok esetén (jele felső indexben „r”)						
		Kf-0 ^{d/D-r}	Kf-A ^{d/D-r}	Kf-B ^{d/D-r}	Kf-C ^{d/D-r}		Kf-D ^{d/D-r}	
					Kf-C1 ^{d/D-r}	Kf-C2 ^{d/D-r}	Kf-D1 ^{d/D-r}	Kf-D2 ^{d/D-r}
Los Angeles aprózódás, M%, MSZ EN 1097-2	10–14	LA ₁₅ ≤ 15	15 < LA ₂₀ ≤ 20	20 < LA ₂₅ ≤ 25	25 < LA ₃₀ ≤ 30	30 < LA ₃₅ ≤ 35	35 < LA ₄₀ ≤ 40	40 < LA ₄₅ ≤ 45
Mikro-Deval aprózódás, vizes eljárás, M%, MSZ EN 1097-1	10–14	M _{DE10} ≤ 10	10 < M _{DE15} ≤ 15	15 < M _{DE20} ≤ 20	20 < M _{DE25} ≤ 25	20 < M _{DE25} ≤ 25	25 < M _{DE30} ≤ 30	25 < M _{DE30} ≤ 30
Kristályosítási veszteség MgSO ₄ oldat-ban, M%, MSZ EN 1367-2	10–14	MS ₅ ≤ 5	5 < MS ₁₀ ≤ 10	10 < MS ₁₅ ≤ 15	15 < MS ₁₈ ≤ 18	18 < MS ₂₁ ≤ 21	21 < MS ₂₅ ≤ 25	25 < MS ₃₀ ≤ 30
Tulajdonság és vizsgálati módszer	Vizsgálható szemmagyság tartománya** (mm)	Közetfizikai csoportok alternatív-vizsgálatok esetén (jele felső indexben „a”)						
		Kf-0 ^{d/D-a}	Kf-A ^{d/D-a}	Kf-B ^{d/D-a}	Kf-C ^{d/D-a}		Kf-D ^{d/D-a}	
					Kf-C1 ^{d/D-a}	Kf-C2 ^{d/D-a}	Kf-D1 ^{d/D-a}	Kf-D2 ^{d/D-a}
Los Angeles aprózódás, M% MSZ EN 1097-2	3–80	a _{LA15} ^{d₁-d₂} ≤ 15	15 < a _{LA20} ^{d₁-d₂} ≤ 20	20 < a _{LA25} ^{d₁-d₂} ≤ 25	25 < a _{LA30} ^{d₁-d₂} ≤ 30	30 < a _{LA35} ^{d₁-d₂} ≤ 35	35 < a _{LA40} ^{d₁-d₂} ≤ 40	40 < a _{LA45} ^{d₁-d₂} ≤ 45
Mikro-Deval aprózódás, vizes eljárás, M% MSZ EN 1097-1	3–20	a _{MD10} ^{d₁-d₂} ≤ 10	10 < a _{MD15} ^{d₁-d₂} ≤ 15	15 < a _{MD20} ^{d₁-d₂} ≤ 20	20 < a _{MD25} ^{d₁-d₂} ≤ 25	20 < a _{MD25} ^{d₁-d₂} ≤ 25	25 < a _{MD30} ^{d₁-d₂} ≤ 30	25 < a _{MD30} ^{d₁-d₂} ≤ 30
Kristályosítási veszteség MgSO ₄ oldatban, M% MSZ EN 1367-2	2–80	a _{Mg5} ^{d₁-d₂} ≤ 5	5 < a _{Mg10} ^{d₁-d₂} ≤ 10	10 < a _{Mg15} ^{d₁-d₂} ≤ 15	15 < a _{Mg18} ^{d₁-d₂} ≤ 18	18 < a _{Mg21} ^{d₁-d₂} ≤ 21	21 < a _{Mg25} ^{d₁-d₂} ≤ 25	25 < a _{Mg30} ^{d₁-d₂} ≤ 30
ha a 4 mm feletti adalékanyag 100 tömeg%-a zúzottkő								
A zúzottkőbeton* legnagyobb nyomószilárdsági osztálya, amelynek készítéséhez a zúzottkővet fel szabad használni		C80/95	C60/75	C40/50	C20/25	C16/20	C12/15	C8/10
		ha a 4 mm feletti adalékanyag 30 tömeg%-a zúzottkő és 70 tömeg%-a kavics						
		C100/115	C80/95	C50/60	C30/37	C25/30	C20/25	C16/20

* A zúzottkőbeton olyan beton, amelynek 4 mm, vagy 8 mm, vagy 12 mm feletti része zúzottkő. A 4 mm alatti rész mindenképpen homok (és esetleg hozzáadagolt finomszemű kiegészítő anyag) legyen.

** A vizsgálható szemmagyság tartománya, amely a vizsgálati minták szemmagyságát öleli fel.

1. táblázat A zúzottkő betonadalékanyagok közetfizikai csoportja (MSZ 4798-1:2004 alapján)
Table 1. Rock physical group of crushed stone aggregates for concrete (based on MSZ 4798-1:2004)

táblázatban, az alternatív mikro-Deval vizsgálat jellemzői a 3. táblázatban, az alternatív magnézium-szulfátos kristályosítási vizsgálat jellemzői a 4. táblázatban találhatók.

Zúzottkő és zúzottkavics frakciók jele	Vizsgálati szem-nagyság (mm)	Vizsgálati minta tömege (g)	Golyók száma	Összes golyó tömege (g)	Összes fordulat száma
KZ 2/4	3-4	5000±5	6	2500±15	500
KZ 4/8	4-8	5000±5	7	2920±15	500
KZ 8/11	8-11	5000±5	9	3750±20	500
KZ 11/16	11-16	5000±8	10	4165±25	500
KZ 16/22	16-22	5000±10	11	4580±25	500
KZ 22/32	22-32	10000±10	12	5000±30	1000
NZ 0/4	3-4	5000±5	6	2500±15	500
NZ 4/11	4-8 8-11	2500 2500±5	8	3330±20	500
NZ 11/22	11-16 16-22	2500 2500±10	11	4580±25	500
NZ 22/32	22-32	10000±10	12	5000±30	1000
NZ 32/56	32-45 45-56	5000 5000±20	12	5000±30	1000
Z 0/4	3-4	5000±5	6	2500±15	500
Z 0/11	4-8 8-11	2500 2500±5	8	3330±20	500
Z 0/22	4-11 11-22	2500 2500±10	11	4580±25	500
Z 0/32	8-16 16-32	2500 2500±10	12	5000±30	500
Z 0/45	22-32 32-45	5000 5000±20	12	5000±30	1000
Z 0/80	45-63 63-80	5000 5000±25	12	5000±30	1000
Z 4/22	4-11 11-22	2500 2500±10	11	4580±25	500
Z 22/45	22-32 32-45	5000 5000±20	12	5000±30	1000
ZK 0/4	3-4	5000±5	6	2500±15	500
ZK 4/8	4-8	5000±5	7	2920±15	500
ZK 4/11	4-8 8-11	2500 2500±5	8	3330±20	500
ZK 8/11	8-11	5000±5	9	3750±20	500
ZK 8/16	8-11 11-16	2500 2500±8	10	4165±25	500
ZK 11/22	11-16 16-22	2500 2500±10	11	4580±25	500

2. táblázat Los Angeles vizsgálat jellemzői alternatív vizsgálat esetén, ha a zúzottkő vagy zúzottkavics frakció szem-nagyság-határa az „alap + 1 kiegészítő szitasorozat” szerinti

Table 2. Characteristics of a Los Angeles test in case of an alternative test where the particle size limit of the crushed stone or crushed gravel fraction conforms to the “basic + 1 additional series of sieves”

Zúzottkő és zúzottkavics frakciók jele	Vizsgálati szem-nagyság (mm)	Golyók tömege doboként (g)
KZ 2/4	2-4	500±5
KZ 4/8	4-8	2500±5
KZ 8/11	8-11	4500±10
KZ 11/16	11-16	5500±10
NZ 0/4	2-4	500±5
NZ 4/11	8-11	4500±10
NZ 11/22	11-22	6000±10
Z 0/4	2-4	500±5
Z 0/11	4-8	2500±5
Z 0/22	8-16	5000±10
Z 0/32	11-22	6000±10
Z 0/45	11-22	6000±10
Z 0/80	11-22	6000±10
Z 4/22	11-22	6000±10
ZK 0/4	2-4	500±5
ZK 4/8	4-8	2500±5
ZK 4/11	8-11	4500±10
ZK 8/11	8-11	4500±10
ZK 8/16	8-16	5000±10
ZK 11/22	11-22	6000±10

3. táblázat Mikro-Deval vizsgálat jellemzői alternatív vizsgálat esetén, ha a zúzottkő vagy zúzottkavics frakció szem-nagyság-határa az „alap + 1 kiegészítő szitasorozat” szerinti

Table 3. Characteristics of a Micro-Deval test in case of an alternative test where the particle size limit of the crushed stone or crushed gravel fraction conforms to the “basic + 1 additional series of sieves”

Zúzottkő és zúzottkavics frakciók jele	Vizsgálati minta szem-nagysága (mm)	Vizsgálati adag tömege (g)
KZ 2/4	2-4	200-210
KZ 4/8	4-8	200-210
KZ 8/11	8-11	300-310
KZ 11/16	11-16	500-520
KZ 16/22	16-22	600-630
KZ 22/32	22-32	800-830
NZ 0/4	2-4	200-210
NZ 4/11	4-11	250-260
NZ 11/22	11-22	550-570
NZ 22/32	22-32	800-830
NZ 32/56	32-45	800-830
Z 0/4	2-4	200-210
Z 0/11	Szét kell szitálni (2-4) és (4-11) mm szem-nagyságú részmintára	
Z 0/22	Szét kell szitálni (2-4), (4-11) és (11-22) mm szem-nagyságú részmintára	
Z 0/32	Szét kell szitálni (2-4), (4-11), (11-22) és (22-32) mm szem-nagyságú részmintára	
Z 0/45	Szét kell szitálni (2-4), (4-11), (11-22), (22-32) és (32-45) mm szem-nagyságú részmintára	
Z 0/80	Szét kell szitálni (2-4), (4-11), (11-22), (22-32) és (32-45) mm szem-nagyságú részmintára	
Z 4/22	Szét kell szitálni (4-11) és (11-22) mm szem-nagyságú részmintára	
Z 22/45	Szét kell szitálni (22-32) és (32-45) mm szem-nagyságú részmintára	

1. megjegyzés: A szétszittat mintákat egyenként kell vizsgálni, és a vizsgálati eredmények súlyozott átlagával kell a termék magnézium-szulfátos aprózódását jellemezni. A 2 mm alatti és a 45 mm feletti szemeket nem kell vizsgálni.

2. megjegyzés: A Z 0/22, Z 0/32, Z 0/45 és Z 0/80 frakciók esetén elegendő a két legnagyobb tömegarányú részmintát megvizsgálni.

4. táblázat Vizsgálati adagok tömege alternatív magnézium-szulfátos kristályosítási vizsgálat esetén

Table 4. Mass of the tested batches in case of the alternative crystallization test with magnesium-sulfate

4. Betonadalékanyag frakciók előállítása zúzottkő termékekből

A legfontosabb 4 mm szemmagyság feletti, MSZ 4798-1:2004 betonszabvány szerinti szemmagyságú zúzottkő betonadalékanyag frakciók az ÚT 2-3.601-2:2008 útgyi műszaki előírás szerinti zúzottkő termékekkel az 5. táblázat szerint tekinthetők közel azonosnak, ill. a zúzottkő termékekből az 5. táblázat szerint keverhetők össze. A keverési arány a zúzottkő termék tényleges szemmegoszlásának és a betonadalékanyag frakció tervezett szemmegoszlásának függvényében kerüljön meghatározásra.

MSZ 4798-1:2004 szerinti zúzottkő betonadalékanyag frakció szemmagysága (mm)	Utalás az ÚT 2-3.601-2:2008 útgyi műszaki előírás szerinti zúzottkő termékekre
4/8	azonos a KZ 4/8 jelű zúzottkő termékkel
8/12	azonosnak vehető a KZ 8/11 jelű zúzottkő termékkel
8/16	KZ 8/11 + KZ11/16 jelű zúzottkő termékek megfelelő arányú keverésével állítható elő
8/20	KZ 8/11 + KZ 11/16 + KZ 16/22 jelű, vagy a KZ 8/11 + NZ 11/22 jelű zúzottkő termékek megfelelő arányú keverésével állítható elő
16/20	azonosnak vehető a KZ 16/22 jelű zúzottkő termékkel
16/24	azonosnak vehető a KZ 16/22 jelű zúzottkő termékkel
16/32	KZ 16/22 + KZ 22/32 jelű zúzottkő termékek megfelelő arányú keverésével állítható elő

5. táblázat Zúzottkő betonadalékanyag frakciók előállítása az ÚT 2-3.601-2:2008 útgyi műszaki előírás szerinti zúzottkő termékekből

Table 5. Production of crushed stone aggregate fractions for concrete from crushed stone products conforming to code ÚT 2-3.601-2:2008

5. A kőalapanyag közetfizikai tulajdonságainak meghatározása

Az európai zúzott adalékanyag termékszabványok a zúzott termékeken el nem végezhető referencia-vizsgálatok szabványosítása által az aprózódási és időállósági tulajdonságoknak az alapanyagon, illetve a tört, de még osztályozatlan félkész terméken történő meghatározását sugallja.

A referencia-vizsgálatok kétségtelenül alkalmasak a kőalapanyag közetfizikai tulajdonságainak meghatározására a műrevalóság kutatása, a bányafal megnyitása, a jövesztés, esetleg a havi vagy heti termelés kijelölése során. Azzal egyet lehet érteni, hogy a kőalapanyag zúzottkő gyártási műrevalóságának megítélésére a kutatás során vett fúrásmagok anyaga közetfizikai csoportjának meghatározása a 10–14 mm szemmagysághatárú vizsgálati minta referencia-vizsgálatával történjék.

Az európai termékszabványok megalkotói ezzel szemben a folyótermelésből – annak mennyiségétől függetlenül – legalább féléves (Los Angeles aprózódás), illetve legalább kétéves (mikro-Deval és szulfátos kristályosítási aprózódás) gyakorisággal vett minták referencia-vizsgálatát írták elő, az ÚT 2-3.601-1:2008 útgyi műszaki előírás a minták évente legalább egy, a fagyállóság tekintetében két évente legalább egy referencia-vizsgálatáról szól, ami elgondolkodtató. A kőanyag minősége egy kőbányán, vagy annak egy részén belül is igen változatos (2. ábra).

Ezért a kőalapanyag közetfizikai tulajdonságainak meghatározásához nem elegendő az átlag, hanem a terjedelem és szórás meghatározása is szükséges. El kell hagyni az átlag szerinti minősítést, és be kell vezetni a jellemző érték szerinti értékelést, értve alatta az építő- és építőanyagiparban általánosan elfogadott 5%-os alsó küszöbértéket. A tapasztalati jellemző érték – amely a tapasztalati átlag és az elfogadási tényezővel szorzott tapasztalati szórás különbségeként (jellemző érték = átlag – alulmaradási tágasság) képezhető – egyenlő vagy nagyobb kell legyen az előírt jellemző értéknél. Az elfogadási tényező nagysága a mintaszámon kívül attól is függ, hogy az eljárással mekkora alapsokaságot (minősítési tételt) kívá-

nunk jellemezni, milyen a kőanyag útjának követhetősége a kitermelés, a feldolgozás, a tárolás, a szállítás folyamán. Minél kevesebb mintával, minél nagyobb alapsokaságot, minél rosszabb követhetőségi feltételek mellett jellemzünk, az elfogadási tényező értéke annál nagyobb szám kell legyen. Mindez azért szükséges, mert a kőbányában, ill. feldolgozó üzemben vett mintákon végzett referencia-vizsgálattal a vevőt és a beruházót is kirekesztjük a közetfizikai tulajdonságoknak a megvásárolt zúzottkő terméken való ellenőrzésének lehetőségéből, miáltal a felhasználó lényegesen nagyobb kockázatot vállal, mint amikor általa is ellenőrizhető (vagy végezhető) módon a közetfizikai tulajdonságok vizsgálata a zúzottkő terméken történik. Csak ilyen rendszer működése esetén szabadna a közetfizikai tulajdonságokat az MSZ

2. ábra Példa a kőzet előfordulás közetfizikai változatosságára
Fig. 2. An example of rock physical diversity of rock occurrence

EN 13043:2003, MSZ EN 13242:2003, MSZ EN 12620:2006 európai termék szabvány, és az azokat fenntartás nélkül követő műszaki előírások szerint a 10-14 mm szemnagysághatárú vizsgálati minták referencia-vizsgálatával meghatározni. Ilyen rendszert a kőbányaipar saját minőségirányítási rendszerében a megfelelőségi nyilatkozat háttereként akár önállóan is működtethetne, a vevő pedig mérlegelhetné, hogy annak eredményeit a termék átadás-átvételi eljárás alapjául elfogadja-e, vagy ragaszkodik a termékből vett minta – e dolgozatban ismertetett – alternatív-vizsgálatának elvégzéséhez.

Fontos hangsúlyozni, hogy a zúzott betonadalekanyagok ÚT 2-3.601-2:2008 útügyi műszaki előírása lehetővé teszi a termék közetfizikai tulajdonságainak alternatív-vizsgálatát.

Végezetül idézzük *Láczay-Fritz Oszkár* műszaki főigazgató építészt (Országház), aki 1930-ban megjelent könyvében ezt írta: „a Műegyetemen lévő állami anyagvizsgáló kísérleti állomás...(vizsgálati eredményei)... mindenkor csak a beküldött bizonyos kődarabokra vonatkoznak és így azok alapján csakis a bányából eredő legjobb kövekre lehet következtetni, nem pedig az átlagra, de legkevésbé minden abból a bányából eredő kőre. Ha biztosak akarunk lenni abban, hogy bizonyos bányából beszerzett kő rendelkezik-e azokkal a tulajdonságokkal, melyeket a kísérleti állomás arra a kőre vonatkozóan kimutat, akkor minden egyes szállított követ hozzáértő és gyakorlott szemmel a kísérleti állomás pecsétjével ellátott mintadarabbal kell összehasonlítani... Miután ezekkel a vizsgálatokkal nincsen az ugyanabból a kőbányából származó minden fejtési anyag jellemelve, a műegyetemi Kísérleti Állomás arra törekszik, hogy a mostani kővizsgálat helyébe a kőbányavizsgálatot vezesse be. Tudjuk, hogy egyetlen kőbányán belül mennyire eltérő lehet a kőanyag minősége.”

Felhasznált irodalom

- [1] MSZ 1991:1960 *Természetes építőkövek vizsgálati módszerei*
- [2] MSZ 1991:1967 *Természetes építési kövek és kőzúzalékok vizsgálati módszerei*
- [3] MSZ 1992:1959 *Zúzottkő és zúzalék többször tört és osztályozott (NZ jelű)*
- [4] MSZ 1992:1970 *Zúzott kőtermékek*
- [5] MSZ 4798-1:2004 *Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon*
- [6] MSZ 11300:1959 *Zúzottkő és zúzalék egyszer tört és osztályozott (Z jelű)*
- [7] MSZ 18291:1978 *Zúzottkő*
- [8] MSZ EN 206-1:2002 és MSZ EN 206-1:2000/A1:2004 és MSZ EN 206-1:2000/A2:2005 *Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség*
- [9] MSZ EN 1097-1:1998 és MSZ EN 1097-1:1996/A1:2004 *Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval)*
- [10] MSZ EN 1097-2:2000 és MSZ EN 1097-2:1998/A1:2007 *Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása*
- [11] MSZ EN 1367-2:1999 *Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálati módszerei. 2. rész: Magnézium-szulfátos eljárás*
- [12] MSZ EN 12620:2006 *Kőanyag-halmazok (adalekanyagok) betonhoz* (Az angol nyelvű változat évszáma 2003 volt)
- [13] MSZ EN 13043:2003 *Kőanyag-halmazok (adalekanyagok) utak, repülőterek és más közforgalmú területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonatokhoz*
- [14] MSZ EN 13242:2003 *Kőanyag-halmazok műtárgyakban és útépítésben használt kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú anyagokhoz*
- [15] MSZ EN 13285:2003 *Kötőanyag nélküli keverékek. Előírások*
- [16] MSZ-07-3114:1991 *Útépitési zúzott kőanyag. Közlekedési ágazati szabvány*
- [17] ÚT 2-3.601:1998 *Útépitési zúzott kőanyagok. Útügyi műszaki előírás*
- [18] ÚT 2-3.601:2006 *Útépitési zúzottkővek és zúzottkavicsok. Útügyi műszaki előírás*
- [19] ÚT 2-3.601-1:2008 *Útépitési zúzottkővek és zúzottkavicsok. 1. rész: Kőanyag-halmazok utak, repülőterek és más közforgalmi területek aszfaltkeverékeihez és felületi bevonataihoz. Útügyi műszaki előírás*
- [20] ÚT 2-3.601-2:2008 *Útépitési zúzottkővek és zúzottkavicsok. 2. rész: Zúzott kőanyag-halmazok út-, pálya- és hídbetonokhoz*
- [21] Láczay-Fritz Oszkár: *A természetes építőkövek elmállása és gyors pusztulásának megakadályozása. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda. Budapest, 1930. pp. 27. és pp. 40-41.*