ÉPÍTŐANYAG-IPAR

Vasúti ágyazati kőanyagok minősítő mikro-Deval-vizsgálatának vizsgálattechnikai értékelése

Árpás Endre – Emszt Gyula – Gálos Miklós – Kárpáti László

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszéke

arpase@freemail.hu – gyemszt@freemail.hu – mgalos@freemail.hu – klac@irj.hu

Valuation of the applied micro-Deval test of aggregates for railway ballast

The MSZ EN 13450:2002 European Standard „Aggregates for railway ballast” initiated a new type proceeding to the judgement of resistance to wear at natural stones. With this micro-Deval test is possible to classify the resistance to wear category of aggregates. This examination is the part of the rotating test methods – Los Angeles-, Deval

tests – with them it is possible to qualify the breaking of aggregates.

Early in Hungary the laboratory of the BME Institut of Building Materials and Engineering Geology purchased an apparatus to micro-Deval test of aggregates for railway ballast.

This paper demonstrates the conditions to be applied to the test procedure specified for determination of the resistance to wear of railway ballast, and numerical results about micro-Deval coefficient of several andesites and basalts of Hungary.

Bevezetés

Az európai harmonizált szabályozási rendszerben az építési kőanyagokra vonatkozó termékszabványok már egy-egy termékcsoportra vonatkozóan célszabványként jelennek meg. Ilyen az MSZ EN 13450:2002 számú, „Kőanyagok a vasúti ágyazathoz” (Aggregates for railway ballast) című szabvány is, amelyet a Magyar Szabványügyi Testület jóváhagyó közleménnyel 2003-ban tett közzé. A MÁV belső használatra magyar nyelvű fordítást készített, melyet a minősítési gyakorlatban azóta is ebben a formában használunk.

Az ágyazat a pályaszerkezet egyik legfontosabb része, összekapcsolja a vágányt az alépítménnyel, másrészt el is választja attól (1. ábra). A vágány stabilitását az ágyazat biztosítja. A vasúti vágányt alátámasztó ágyazat feladata:

- a vágány szilárd, egyben rugalmas alátámasztása,
- az aljakról átadódó terhelés csökkentett, kedvező elosztása a földmű felületén,
- a csapadékvizek jó elvezetése,
- megfelelő hossz- és keresztirányú ágyazati ellenállás a vágánymozgásokkal szemben.

A zúzottkő ágyazat anyaga leggyakrabban kiömlési magmás kőzet, andezit, bazalt, de üledékes kőzetek közül a tömött mészkő és a dolomit is gyakran előfordul. Magyarország rendelkezik megfelelő mennyiségű és minőségű kőanyaggal, ezért ideiglenes és alárendelt esetektől elte-

kintve vasútvonalainkon az ágyazat zúzottkőből épül. Jó minőségű az a zúzottkő, amely két szerkezeti határ között egyenletes megoszlású, az egyes szemek alakja zömök, kubikus, az élek épek és élesek. Palás szerkezetű, mállott és nem fagyálló kőzet ágyazati anyagnak nem alkalmas. A jó ágyazati anyag szemcsés szerkezetű, kohézió nélküli, nagy szilárdságú, fagyálló kőzet. Az ágyazatot érő dinamikus hatások felvételére szolgáló ágyazati ellenállás mértéke az anyag belső súrlódásával, a szemcsék szilárdságával és a szemszerkezet kedvező megválasztásával nő.

1. ábra. Vasúti pálya zúzottkő ágyazata
Aggregates in the construction of railway track

A vasúti pályába épített ágyazati kőanyag megfelelő szemszerkezeti, valamint közetfizikai tulajdonságai biztosítják az ágyazat rendeltetésszerű használatát. Az ágyazat romlása során az ütésszerű erők hatására a közet szemcsék szilánkosodhatnak, roncsolódnak. Ennek következtében a finom szemcsék aránya megnövekedik, az ágyazati tömörség értéke csökken, a pályaszerkezet meggyengül. Ilyen esetekben szükséges az ágyazat tisztítása, cseréje, hogy a közlekedés biztonsága megfelelő maradjon.

A zúzott kőanyag tulajdonságait a vonatkozó előírások és szabványok minősítő követelményei szerint kell megadni. A megkívánt tulajdonságok

- szemszerkezeti,
- szemalak-,
- szilárdsági és
- időállósági

tulajdonságcsoporthoz sorolhatók. Ezek közül a szilárdsági és időállósági tulajdonságokat gyűjtő néven közetfizikai tulajdonságként emlegetjük. A tulajdonságjellemzők meghatározására a gyakorlatban különböző vizsgálati módszerek születtek.

A közetfizikai tulajdonságok meghatározására a korábbi, építési kőanyagokra vonatkozó hazai szabályozás és az új, európai szabványrendszer is a

- Los Angeles aprózódási vizsgálatot (MSZ 18287-1: 1991, MSZ EN 1097-2: 2000),
- Deval aprózódási vizsgálatot (MSZ 18287/2-83), az európai szabványok között már nem szerepel,
- mikro-Deval aprózódási vizsgálatot (MSZ 18287/6-84, MSZ EN 1097-1: 1998)

használja.

Ezek a forgódobos zúzottkővizsgálatok az útpályába, illetve vasúti ágyazatba beépített kőanyagok a járműforgalom által létrehozott dinamikus igénybevételének meghatározására szolgálnak. A laboratóriumi közetfizikai vizsgálatok során a kőanyagot forgódobba helyezük, ahol a szemek forgó mozgás közbeni súrlódása és egymáshoz, illetve a dobok falához ütdése következtében aprózódnak. A Los Angeles-, valamint a mikro-Deval-vizsgálatok során még koptatótöltet-acélgolyók is fokozzák a kőzetminta kopását. A vizsgálatok mértékadó eredménye a kőanyag-halmazok szemlein bekövetkezett aprózódás-kopás tömegvesztéséből számítható ki. Ezeknél a vizsgálatoknál a tömegvesztést az 1,6 mm-es vizsgálószitán átesett halmazrész tömegével mérjük.

Vasúti mikro-Deval-vizsgálat a kőanyag-halmazok minősítő vizsgálatainak rendjében

Az MSZ EN 13450:2002 számú szabvány a vasúti ágyazati kőanyagok közetfizikai minősítésénél az aprózódással szembeni ellenállás megítélésére a Los Angeles-vizsgálatot, a használati ellenállás megítélésére a vasúti mikro-Deval-vizsgálatot írja elő.

A Los Angeles-vizsgálatra vonatkozó előírások ebben a termékszabványban megfelelnek az MSZ EN 1097-2:2000 számú, „*Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása*” című vizsgálati szabványban foglaltaknak. A mikro-Deval-vizsgálatra viszont a termékszabvány meghivatkozza az MSZ EN 1097-1:1998 számú, „*Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopás-állóság meghatározása (mikro-Deval)*” című vizsgálati szabványt úgy, hogy minden vonatkozásban mást ír elő. Ilyen formában ez a vasúti mikro-Deval-vizsgálat csak kismértékben hasonlít a mikro-Deval-vizsgálatra. Sokkal több hasonlóságot mutat a Deval-vizsgálattal.

A vasúti mikro-Deval-vizsgálathoz új vizsgálódob szükséges, és elmarad a koptató golyótöltet. A vizsgálatot nem a kőzetet minősítő 10/14 mm szemnagysághatárú vizsgálati mintán, hanem a tényleges, vasúti ágyazati, zúzott kőanyagon mint terméken kell elvégezni. Az aprózódás mértéke a mikro-Deval-együttható, pontosítva: *vasúti mikro-Deval-együttható* (M_{DERB}).

A vasúti mikro-Deval-berendezés és a vizsgálat

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriuma 2005-ben, hazánkban elsőként, beszerezte a CONTROLS cég által gyártott 48-D0524 jelű mikro-Deval-vizsgálóberendezést (2. ábra).

A mikro-Deval-berendezés műszaki adatai:

- a vizsgálódob mérete: 400 × 154 mm-es acélhenger,
- fordulatszám: 100 ± 5 ford./perc,
- motorteljesítmény: 1 kW, egyfázisú,
- a berendezés befoglaló méretei: 970 × 450 × 1130 mm.

2. ábra. A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának vasúti mikro-Deval-vizsgálóberendezése
Micro-Deval apparatus to test of resistance to wear

1. táblázat

Mikro-Deval-értékek kategóriái a vasúti ágyazati anyagok minősítésénél
Categories for maximum values of resistance to wear (micro-Deval)

Mikro-Deval-együttható	Kategória $M_{DE}RB$
≤ 5	$M_{DE}RB\ 5$
≤ 7	$M_{DE}RB\ 7$
≤ 11	$M_{DE}RB\ 11$
≤ 15	$M_{DE}RB\ 15$
> 15	$M_{DE}RB$ kiváltható
nem megfelelő	$M_{DE}RB\ NR$

Ezzel a berendezéssel lehetőség nyílik a hivatkozott MSZ EN 1097-1:1998 előírásainak szellemében az MSZ EN 13450:2002 szerinti vasúti ágyazati kőanyagok vizsgálatára.

A vasúti mikro-Deval-vizsgálat forgódobban koptató-töltet nélkül, dinamikus munkával aprózza a közetanyagot, és az aprózódás mértékét használja a halmaz szilárdsági, használati ellenállási tulajdonságainak minősítésére. A mintát kiszáritott kőanyaghalmozon, víz hozzáadásával kell vizsgálni.

A $10\,000 \pm 100$ g tömegű vizsgálati próbahalmazhoz $2,0 \pm 0,05$ liter vizet kell tölteni, majd a dobát $14\,000 \pm 10$ fordulattal kell megforgatni. A vizsgálat eredménye a mikro-Deval-aprózódás (M_{DE}), amely az 1,6 mm alá aprózódott szemek tömegének és a próbahalmaz kezdeti tömegének a hányadosa tömegszázalékban.

A laboratóriumi vizsgálatra kerülő minták tömege legalább 25 kg és olyan, hogy az 50 mm-es szitán minden szem átesik, és a 31,5 mm-es szitán minden szem fennmarad. A vizsgálati mintát két egyenlő arányú részmintából kell összeállítani:

- (a) 31,5 – 40,0 mm,
- (b) 40 – 50 mm.

A részhalmazokat külön-külön kezelve kell kimosni, és szárítószekrényben 110 ± 5 °C hőmérsékleten tömeg-állandóságig kiszáritani. A szárítás után a részhalmazokat szoba-hőmérsékletűre kell hűteni, és a vizsgálati részmintákat össze kell keverni.

A vizsgálat során az egyedi mintát a vizsgálódobba helyezve és $2,0 \pm 0,05$ liter vizet hozzátöltve kell lezárás után $14\,000 \pm 10$ -szer megforgatni 100 ± 5 min⁻¹ sebességgel.

A vizsgálat után a kőanyaghalmozát 1,6 mm-es vizsgálosztóra öntjük, és tiszta vizsugárral átmossuk, majd a fennmaradt anyagot szárítószekrényben 110 ± 10 °C-on szárítjuk, és a tömegét kihűlés után meghatározzuk (m).

A mikro-Deval-aprózódást minden egyedi vizsgálati mintára 0,1-esre kerekítve a következő képlettel kell számítani:

$$M_{DE}RB = \frac{10000 - m}{100}$$

ahol $M_{DE}RB$ a mikro-Deval-aprózódás, m%;

m az 1,6 mm-es szitán fennmaradt anyag tömege, g.

Két egyedi vizsgálati mintára kapott értéket használva számítjuk ki a mikro-Deval-aprózódás középértékét. Ennek a legközelebbi egész számra kerekített értéke a laboratóriumnak átadott minta mikro-Deval-együtthatója.

A vizsgálati eredmények alapján a szabvány a mikro-Deval-együttható értéke szerint kategóriákat határoz meg (1. táblázat). Ezek a kategóriák egyben minősítő határértékként kezelhetők.

Vizsgálati eredmények értékelése

A 3. ábrán néhány hazai kőzet vasúti mikro-Deval-vizsgálatának eredményeit tüntettük fel úgy, hogy az ábrán az 1. táblázat szerinti kategóriahatárokat is szerepeltettük. A vizsgálati eredmények jól mutatják, hogy az ágyazati zúzott kőanyag mikro-Deval-együtthatója még egy-egy kőbányán belül is mennyire érzékenyen mutatja a kőzetanyag használati ellenállásában mutatkozó különbségeket.

3. ábra. Néhány hazai kőanyag mikro-Deval-vizsgálatának eredménye
Examples of micro-Deval coefficient by stones in Hungary

4. ábra. Los Angeles- és a vizes mikro-Deval-vizsgálati eredmények kapcsolata
Correlation between Los Angeles- and micro-Deval coefficient of railway ballast

Az aprózódással szembeni ellenállás megítélésére használt Los Angeles-együttható és a használati ellenállás mikro-Deval-együtthatója között regressziós összefüggés nem mutatható ki. A 4. ábra jól bizonyítja, hogy két különböző közettulajdonság minősítését biztosítja a két vizsgálat. A vizes jellegű mikro-Deval-vizsgálat a kőzetanyag szerkezetében bekövetkező változást is értékeli, míg a Los Angeles-érték a mechanikai aprózódás hatását minősíti. A fentiek értelmében a vasúti mikro-Deval-vizsgálat időállósági vizsgálatként is értékelhető abban az általános szemléleti rendben, amelyet a korábbi hazai szabályozási rendszerünk hatásállósággként fogalmazott meg.

A 4. ábrán mind a Los Angeles-, mind pedig a mikro-Deval-együttható szabványban megadott kategóriahatárait behúztuk. További vizsgálati eredmények feldolgozásával ez az ábra alkalmas lesz azoknak a minősítő kategóriaterületeknek a kijelölésére, amelyek alapján a különböző pályaszerkezeteknél a beépítésre kerülő kőzetanyagok minősíthetők lesznek.

Az 5. ábra jól szemlélteti, hogy a vasúti mikro-Deval-vizsgálat, vizsgálati módszer szempontjából, jobban hasonlít a vizes Deval-vizsgálatra, mint a vizes mikro-Deval-vizsgálatra.

Az 5. ábrán szerepeltetett összefüggést lehet használni a korábbi, MSZ 18287/2-83 számú szabvány szerint megha-

5. ábra. Vasúti mikro-Deval- és a vizes Deval-vizsgálati eredmények kapcsolata

Correlation between micro-Deval coefficient and breking by Deval-test

tározott, vizes Deval-aprózódás (aDv) átszámítására vasúti mikro-Deval-együtthatóra (M_{DERB}). Javasoljuk az

$$M_{DERB} = 1,064_{aDv} + 0,894$$

képlet használatát. Így a korábbi vizsgálati eredmények a kőbányák értékelésénél, a kőzetvagyon minőségének megítélésénél hasznosíthatók lehetnek.

A 6. és 7. ábrán egy-egy andezit- és bazaltkőzet viselkedését szemléltetjük a vizsgálati minta bemutatásával vizsgálat előtti, majd Los Angeles-, vasúti mikro-Deval- és vizes Deval-vizsgálat utáni állapotban.

6. ábra. Andezit (Szob) vasúti ágyazati kőanyag jellemző képe vizsgálat előtt, Los Angeles-, vasúti mikro-Deval- és vizes Deval-vizsgálat után
Properties of andesite aggregates (Szob) before and after Los Angeles-, micro-Deval and Deval test

7. ábra. Bazalt (Uzsa) vasúti ágyazati kőanyag jellemző képe vizsgálat előtt, Los Angeles-, vasúti mikro-Deval- és vizes Deval-vizsgálat után
Properties of basalt aggregates (Uzsa) before and after Los Angeles-, micro-Deval and Deval test

Összefoglalás, további célkitűzés

A vasúti ágyazatok kőanyagának közetfizikai minősítésénél az MSZ EN 13450:2002 számú, „*Kőanyagok a vasúti ágyazathoz*” című szabvány a használati ellenállás megítélésére egy új vizsgálati eljárást vezetett be. A szabvány az MSZ EN 1097-1:1998 számú, „*Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság meghatározása (mikro-Deval)*” című vizsgálati szabvány szerinti vizsgálatot úgy emeli be a vasúti ágyazati kőanyagok minősítési rendjébe, hogy mindenben módosítja e szabvány előírásait. Ehhez a vizsgálathoz új berendezésre volt szükség, és a vizsgálattechnikai tapasztalatokat is meg kellett szerezni.

A BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának közetvizsgáló laborrészlegében az újonnan beszerzett vasúti mikro-Deval-berendezés segítségével nagyléptékű kísérletsorozat kezdődhetett el, melynek eredményeként tisztázódtak azok a vizsgálattechnikai kérdések, amelyek megválaszolása nélkül e vizsgálat a hazai minősítési gyakorlatba nem vezethető be.

Hazai andeziten és bazalton végzett vizsgálatok után a vasútépítésnél felhasználásra kerülő üledékes kőzeteket – tömött mészkövet és dolomitot – is be kell vonni a vizsgálódás körébe, valamint célszerűen bővíteni kell a

választékot a magmás kőzetváltozatok megismerésével. A vizsgálati eredmények és az így szerzett tapasztalatok alapozhatják meg a vasúti mikro-Deval-vizsgálattal történő használati ellenállás minősítésének lehetőségét.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék Anyagvizsgáló Laboratóriumának nevében köszönik a MÁV Zrt. és munkatársainak – *Kemény Ágnesnek, Szekeres Dénesnek és Türk Istvánnak* – a vasúti mikro-Deval-vizsgálatokkal kapcsolatos kutatási munka támogatását, valamint a COLAS-ÉSZAKKŐ Bányászati Kft. segítségét a vizsgáló-berendezés beszerzésében.

Irodalom

- [1] *Árpás E. – Emszt Gy. – Gálos M.*: Mikro-Deval-vizsgálat az európai szabványosítás rendszerében. *Építőanyag*. 53. évf. 1. sz. (2001).
- [2] *Árpás E. – Emszt Gy. – Gálos M. – Kárpáti L.*: Los Angeles-vizsgálat az európai szabványosítás rendszerében. *Építőanyag*. 54. évf. 4. sz. (2002).
- [3] *Emszt Gy.*: Hazai ágyazati kőanyagok közetfizikai vizsgálata és minősítése. Diplomamunka. BME Építőmérnöki Kar Köszerkezeti Szakmérnöki Ágazat. Budapest. p. 57. (2005).
- [4] *Gálos M. – Kausay T. – Kertész P. – Marek I.*: Zúzottkővek mikro-Deval aprózódási vizsgálata. *Építőanyag*. 36. évf. (1984).
- [5] *Kausay T.*: Vasúti ágyazati zúzottkővek minőségi követelményei. (2000) http://www.betonopus.hu/not_vasut/Vasuti-zuzottko.htm