

A hazai Schmidt-kalapácsos betonvizsgálati szabályozásról

DR. BOROSNYÓI ADORJÁN - SZILÁGYI KATALIN

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

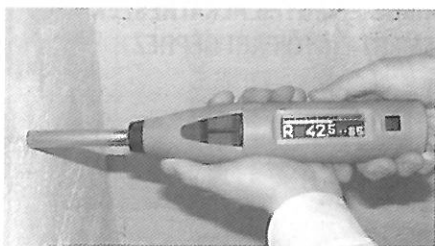
A cikk a Magyarországon jelenleg hatályos, a beton helyszíni szilárdságbecslésével foglalkozó két javaslat, az MSZ EN 13791:2007 nemzetközi szabvány és az ÚT 2-2.204 (1999) jelű Útügyi Műszaki Előírás eltérő megközelítési filozófiáját tárgyalja. Szerzők elsődleges célja, hogy e különbség lényegét a szakmai közvélemény elé tárja magyar nyelven, mivel a nemzetközi szabvány csak angol nyelven elérhető.

Kulcsszavak: Schmidt-kalapács, MSZ EN 13791:2007, ÚT 2-2.204:1999, szilárdságbecslés

1. Bevezetés

A beton roncsolásmentes szilárdságbecslésének egyik legelterjedtebb eszköze hazánkban is a Schmidt-kalapács, amely a beton felületi keménységét méri. Az eszközt Ernst Schmidt svájci mérnök, feltaláló szabadalmaztatta 1950-ben. A svájci Proceq SA cég 1954 óta gyakorlatilag változatlan mechanikával készíti vizsgáló eszközeit, így igen bőséges gyakorlati tapasztalat áll rendelkezésünkre a Schmidt-kalapácsról. A Schmidt-kalapácsok családjából normál betonok vizsgálatára általában az N-típusú kalapácsot alkalmazzuk. Az N-típusú Schmidt-kalapács 10-70 N/mm² nyomószilárdságú betonok vizsgálatára használható; ütési energiája 2,207 Nm. A legújabb generációs N-típusú, ún. Silver Schmidt-kalapácsot az 1. ábrán láthatjuk.

Betonszerkezetek roncsolásmentes vizsgálatáról a hazai és a nemzetközi szakirodalom részletes áttekintést nyújt: folyóiratcikkek, tanulmányok, és szakkönyvek segítik a téma iránt érdeklődő olvasót a tájékozódásban. Hazánkban is, az ötvenes évektől kezdve, széles körben folytak és folynak napjainkban



1. ábra. Az N-típusú Silver Schmidt-kalapács

is kutatások a Schmidt-kalapácsos roncsolásmentes betonvizsgálatok területén. Többek között a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén is kiemelt fontosságú kutatási terület a roncsolásmentes betonvizsgálat. Az érdeklődő olvasó figyelmébe ajánljuk a közelmúltban megjelent magyar nyelvű cikksorozatunkat (Szilágyi, Borosnyói, 2008a, 2008b, 2008c) [9], [10], [11]. Jelen dolgozatban a hazai szabályozás jelenlegi helyzetére igyekszünk felhívni a szakmai közvélemény figyelmét.

2. A hazai szabályozási rendszer

A Schmidt-kalapácsos vizsgálatok értékelésére szolgáló javaslatok az 1960-as években jelentek meg külföldön és hazánkban is. A legkorábbi hazai ajánlások ún. háziszabványok voltak (pl. ÉMI Háziszabvány, HSz 201-65; UKI Háziszabvány, 1966) [1], [8]. A visszavont MSZ 4715/5-72 szabvány Magyar Népköztársasági Országos Szabványként adta meg javaslatait a roncsolásmentes betonvizsgálatokra vonatkozóan [6]. A területen Műszaki Irányelv és Ágazati Szabvány is érvényben volt korábban (például az MI 15011-88 Műszaki Irányelv, illetve az MSZ 07-3318-91) [4], [5]. Jelenleg is hatályos hazánkban az ÚT 2-2.204 (1999) jelű Útügyi Műszaki Előírás, amely a Magyar Útügyi Társaság ajánlása [13].

Magyarországon, mint az Európai Unió egyik tagállamában, az elmúlt években a korábbi Magyar

Szabványok (MSZ) többségét felváltották az Európai Szabványok (EN). Az MSZ EN 13791:2007 jelzetű, "Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components" című szabvány foglalkozik a beton nyomószilárdságának helyszíni vizsgálatokon alapuló meghatározásával [7]. E szabványt a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) 2007. június 15-én jóváhagyó közleménnyel magyar nemzeti szabványként adta ki (angol nyelven). Magyar címe: *Betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése*. Mivel a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény 6. § (1) bekezdése értelmében a nemzeti szabvány alkalmazása önkéntes, föl kell hívunk a szabványt alkalmazók figyelmét a hazánkban jelenleg hatályos két javaslat (MSZ EN 13791 és ÚT 2-2.204) eltérő megközelítési módjára annak érdekében, hogy a felhasználásukról dönteni lehessen.

3. Az MSZ EN 13791:2007 és az ÚT 2-2.204:1999 összehasonlítása

Az MSZ EN 13791:2007 szabvány a helyszíni, roncsolásmentes szilárdságvizsgálatok értékeléséhez több módszert is javasol. Ezek egyike, amelyben a szilárdságbecsléshez ún. *alapgörbét* vezet be. Ezzel oly módon teremthető függvénykapcsolat a szerkezeti beton nyomószilárdsága és a roncsolásmentes módszerrel kapható közvetett szilárdságjellemzők között, hogy az alapgörbét a szerkezetből kifűrt, minimálisan kilenc darab magminta nyomószilárdság vizsgálata segítségével pozícionáljuk, azaz függvénytranszformációval az alapgörbét az adott szerkezetre érvényesnek tekinthető helyzetbe eltoljuk. A kifűrandó magminták átmérőjét az MSZ EN 13791:2007 50-150 mm közé javasolja felvenni.

Az MSZ EN 13791:2007 alkalmazási területe *nem terjed ki* olyan vizsgálati módszerekre, amelyek során a roncsolásmentes módszerekkel kapott közvetett szilárdságjellemzők és a szerkezetből kifűrt magminták nyomószilárdsága kö-

zötti korrelációt nem határozzuk meg. *Ezzel tehát az előírás kizárja a roncsolásmentes eszközök önmagukban való, vagy többüket együttesen, de kifűrt magminták vizsgálatát mellőző használatát.*

Az MSZ EN 13791:2007 javaslata biztosítja, hogy roncsolásmentes módszerrel a legmegbízhatóbb módon becsüljük a beton nyomószilárdságát, becslési módszerének létjogosultsága vitathatatlan. Ismeretes, hogy a beton nyomószilárdsága és a felületi keménysége között semmilyen fizikai összefüggést nem sikerült az elmúlt ötven évben találni; mindazok a szilárdságbecslő összefüggések, amelyek napvilágot láttak, empirikus, tapasztalati összefüggések, és minden esetben csak szigorú korlátok között alkalmazhatók. A szerkezetből kifűrt magminták segítségével történő becslés az egyetlen, megbízható becslési módszer.

Örömmel utalunk arra, hogy az MSZ EN 13791:2007 kalibrálási módszere szerint, illetve vasbeton szerkezetek (azaz legalább C20/25-XC1) esetén a beton nyomószilárdság azonosító vizsgálatának elvei szerint, hasonló a megkövetelt próbatestek darabszáma (ti. kilenc). Ez a tény várhatóan segíteni fogja a hazai alkalmazást az átállási időszak elkövetkező éveiben, függetlenül attól, hogy a két eljárás más-más elven nyugszik.

A nyomószilárdság azonosító vizsgálatára vonatkozó hazai, legfrissebb javaslatok alapelveit dr. Kausay Tibor dolgozta ki. Az érdeklődő olvasó figyelmébe ajánljuk két dolgozatát e tárgyban (Kausay, 2007; 2008) [2], [3].

Az ÚT 2-2.204:1999 Útügyi Műszaki Előírás az 1970-es években a Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszékén, a dr. Borján József irányításával folyt kutatások eredményeként előállított empirikus összefüggéseket adaptálta, gyakorlatilag változatlan formában. Az említett vizsgálatok specialitása volt, hogy kilenc faktoros, ún. teljes kísérletet végeztek, illetve a kiértékelések során nem a megszokott módon, a valóságosan is összetartozó visszapattanási érték és nyomó-

szilárdság adatpárokat vizsgálták, hanem a mérési eredményekből képzett rendezett minták azonos sorszámú elemeinek egymás mellé rendelésével előállított adatpárokat (az ún. kvantilis pontokat) tanulmányozták. A kísérleti tervük 48 különböző betonkeverék és 24 eltérő kezelésfajta kombinációjának eredményeként 1152 próbatestből álló kísérletsorozatot eredményezett. A kísérletsorozat ismétlés nélküli kísérlet volt: a megvizsgált 1152 próbatest mindegyike más-más faktorkombinációval készült, azaz a próbatestek között nem volt két tökéletesen egyforma. Az úttörő jellegű vizsgálatok összeállításának alaposága (teljes kísérlet, faktoranalízis, stb.), illetve a kiértékelés újszerűsége (rendezett minták, kvantilis függvények használata) harminc év távlatából, napjainkban is példa értékű a terület kutatói számára.

A vizsgálatok eredményeként a kutatók a kettős logaritmikus hálózatban ábrázolt kvantilis pontokra másodfokú polinomfüggvényt illesztettek (Talabér et al, 1979) [12]. A szilárdságbecslés megbízhatóságának növelése céljából a kutatók bevezettek *empirikus paramétereket*, amelyek a beton összetételét, ill. tulajdonságait vették figyelembe. A kutatók megállapították, hogy a vizsgált paraméterek kölcsönhatásai esetenként erősek és halmozódhatnak. Ezért nyomatékosan hangsúlyozták, hogy a *paraméterek hatását ilyen típusú korrekcióval figyelembe venni csak korlátozott mértékben szabad*. Ennek elsődleges oka, hogy egy konkrét műtárgy esetén (ellentétben a gondosan megtervezett laboratóriumi kísérletsorozattal) a befolyásoló paramétereket, illetve ezek egymásra hatását általában nem, vagy csak hiányosan ismerjük.

Az ÚT 2-2.204:1999 Útügyi Műszaki Előírásban javasolt szilárdságbecslő összefüggéssel a korrigált visszapattanási értékből (R), a vegyes tárolású, 200 mm élhosszúságú próbakockára vonatkozó nyomószilárdság ($f_{cm,200}$) becslésére van lehetőségünk, a következő

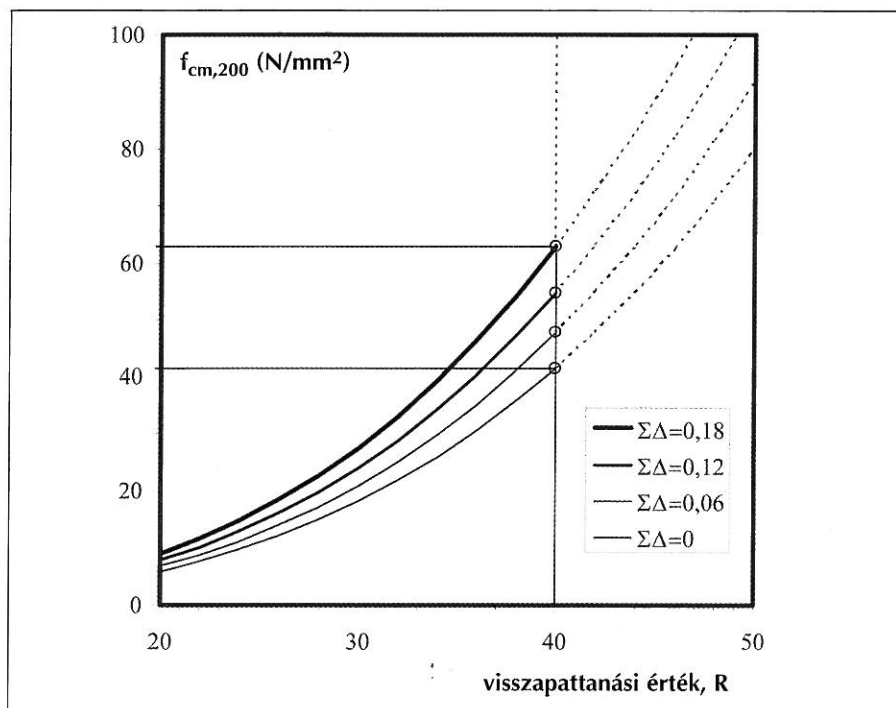
összefüggést felhasználva:

$$\lg f_{cm,200} [N/mm^2] = -2,159 + \Sigma\Delta + 1,805 \times \lg R + 0,345 \times [\lg R]^2$$

Az összefüggésben szereplő korrekciós tag ($\Sigma\Delta$) a beton összetételét, ill. tulajdonságait figyelembe vevő *empirikus segédváltozó*, amely legfeljebb három, egyidejűleg figyelembe vehető, Δ segédváltozó összegeként állítható elő; azok értéke általában $\Delta = 0 \dots 0,07$ tartományban mozog; így az empirikus segédváltozó $\Sigma\Delta = 0 \dots 0,19$ értéket vehet föl.

A 2. ábrán bemutatjuk, hogy a javaslatot követve hogyan változik a visszapattanási érték - nyomószilárdság kapcsolat, amennyiben (28 napos korú betont feltételezve) a $\Sigma\Delta$ segédváltozót rendre 0-0,06-0,12-0,18 értékűnek vesszük föl. Megfigyelhető, hogy a javasolt függvény érzékenyen reagál a $\Sigma\Delta$ segédváltozó értékének változtatására. A legkisebb és a legnagyobb becsült nyomószilárdságok különbsége a függvény értelmezési tartományán belül 3 N/mm² és 21 N/mm² között változik. Egyszerű extrapolációval kiterjesztve a függvény értelmezési tartományát az 50-es visszapattanási értékig (a Schmidt-kalapácsok gyártója, a Proceq SA cég javaslatai szerinti értelmezési tartományig), a különbség már 41 N/mm² értékűre adódna; itt már indokolatlanul nagy. E különbségek figyelmeztetnek arra, hogy egy módszer háttéréül szolgáló laboratóriumi kísérletek nyújtotta *peremfeltételek kiterjesztése* egyéb esetekre (más betonokra), veszélyt is hordozhat magában. Az $R = 40$ visszapattanási értéket vizsgálva, a segédváltozó $\Sigma\Delta = 0$, illetve $\Sigma\Delta = 0,18$ értékéhez tartozó becsült nyomószilárdság különbsége 21,3 N/mm². Ez *több mint négy betonosztálynyi különbséget* eredményezne egy minősítés alkalmával.

Ki kell hangsúlyozni, hogy a $\Sigma\Delta$ segédváltozó értékének megadásában a kiértékelést végző személy nagy szabadsággal rendelkezik, roppant bizonytalanság mellett. Ez *alapvetően ellentmond* annak a kijelentésnek, amelyet a módszer kidolgozói tettek egy konkrét műtárgy esetére vonatkozóan a befolyásoló



2. ábra. Szilárdságbecslő függvények az ÚT 2-2.204 (1999) Útügyi Műszaki Előírás alapján

paraméterek, illetve ezek egymásra hatásának ismeretéről. Sajnálatos módon így a $\Sigma\Delta$ segédváltozó, amely a szilárdságbecslés megbízhatóságának fokozását szolgálja, és tudományosan is igazolható a korlátok közötti alkalmazhatósága, éppen ellentétes célt érhet el: egy, a szerkezet biztonságát veszélyeztető állapotban, a biztonságos állapot igazolásának látszata kelthető vele. Szerzők a hazai építőipari gyakorlatban több esetben szembesültek e módszer szándékos, manipulatív módon történő, de az előírás által megengedett korlátok közt maradó alkalmazásával, amely esetekben az egyébként nyomószilárdsági szempontból meg nem felelő műtárgy betonjának megfelelőségét igyekeztek így módon igazolni. Az ilyen etikátlan magatartás mind a műszaki előírás szellemiségét, mind pedig a javaslatokat megalkotó kutatók személyét *szakmailag és erkölcsileg* egyaránt *megsérti*. Egy műszaki előírásban célszerű ügyelni arra, hogy a felhasználó ilyen magatartására ne nyújtsunk lehetőséget.

Különös tekintettel a tapasztalt manipulációk elkerülése az elmondottak alapján az ÚT 2-2.204:1999 Útügyi Műszaki Előírás e *javaslatának átdolgozását* tartjuk szükségesnek, a betonszerkezetek vizsgálata

biztonságának növelése érdekében.

A teljesség kedvéért megemlítjük, hogy az ÚT 2-2.204:1999 Útügyi Műszaki Előírás a szilárdságbecslés megbízhatóságának fokozására nem csak a $\Sigma\Delta$ segédváltozó használatát engedi meg, hanem alternatívaként lehetőséget ad *próbakockákon végzett ellenőrző szilárdságvizsgálatok* alkalmazására is. Mivel a próbatestek bedolgozási és tárolási módja jelentősen eltérhet a műtárgytól, ez a lehetőség az esetek többségében nem növeli a megbízhatóságot, illetve a biztonságot.

Az ÚT 2-2.204:1999 Útügyi Műszaki Előírás továbbfejlesztése a szerkezetből kifúrt magminták egyidejű nyomószilárdság vizsgálata alkalmazásának irányában célszerű; ezzel az MSZ EN 13791:2007 szabvány alap gondolatával is összhangba kerülhetne.

4. Összefoglalás

Cikkünkben felhívtuk a figyelmet az MSZ EN 13791:2007 Magyar Szabvány és az ÚT 2-2.204:1999 Útügyi Műszaki Előírás eltérő megközelítési módjaira. Rámutattunk az MSZ EN 13791:2007 értékelési módszerének megbízhatóságára, illetve az ÚT 2-2.204:1999 értékelési módszerében rejlő veszélyekre. Az

ÚT 2-2.204:1999 Útügyi Műszaki Előírás továbbfejlesztése indokolható olyan irányban, hogy összhangba kerüljön az MSZ EN 13791:2007 javaslataival.

Irodalomjegyzék

- [1] ÉMI (1965): A beton szilárdságának vizsgálata N-típusú Schmidt-féle rugós kalapáccsal. Építőipari Minőségvizsgáló Intézet házi szabványa, HSz 201-65, Kidolgozta: Vadász János, 1965. december 1.
- [2] Kausay T. (2007): Azonosító vizsgálat II. Student-eloszlás alapján. BETON, 2007. márc. XV. évf. 3. sz., pp. 10-12.
- [3] Kausay T. (2008): Nagy tartósságú beton tervezésének néhány követelménye. Betonszerkezetek tartóssága, Konferencia kiadvány, (szerk.: Balázs Gy. és Balázs L. Gy.), Budapest, 2008. június 23., pp. 165-186.
- [4] MI 15011 (1988): Épületek megépült teherhordó szerkezeteinek erőtan vizsgálata. Műszaki Irányelv, Magyar Szabványügyi Hivatal
- [5] MSZ 07-3318 (1991): Közúti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes vizsgálata Schmidt kalapáccsal. Magyar Köztársaság Közlekedési Ágazati Szabvány
- [6] MSZ 4715/5 (1972): Megszilárdult beton vizsgálata. Roncsolásmentes vizsgálatok. Magyar Népköztársasági Országos Szabvány
- [7] MSZ EN 13791 (2007): Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components. European Standard
- [8] Roknich Gy. (1966): Háziszabványtervezet Schmidt-kalapáccsos vizsgálathoz. Útügyi Kutató Intézet
- [9] Szilágyi K. - Borosnyói A. (2008a): A Schmidt-kalapács 50 éve: Múlt, jelen, jövő. 1. rész: Módszerek és szakirodalmi összefoglalás. Vasbetonépítés, X. évf. 1. szám, 2008/1 ISSN 1419 6441
- [10] Szilágyi K. - Borosnyói A. (2008b): A Schmidt-kalapács 50 éve: Múlt, jelen, jövő. 2. rész: Az európai szabványosítás és annak hazai jelentősége. Vasbetonépítés, X. évf. 2. szám, 2008/2 ISSN 1419 6441
- [11] Szilágyi K. - Borosnyói A. (2008c): A Schmidt-kalapács 50 éve: Múlt, jelen, jövő. 3. rész: Tudományos megfontolások és kitekintés. Vasbetonépítés, X. évf. 3. szám, 2008/3 ISSN 1419 6441
- [12] Talabér J. - Borján J. - Józsa Zs. (1979): Betontechnológiai paraméterek hatása a roncsolásmentes szilárdságbecslő összefüggésekre. Tudományos Közlemények 29., Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszéke
- [13] ÚT 2-2.204 (1999) Közúti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes vizsgálata Schmidt-kalapáccsal és ultrahanggal. MAUT