

SZILIKÁTTECHNIKA

Közetszilárdsági tulajdonságok meghatározása roncsolásmentes vizsgálati módszerrel

Gálos Miklós

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

1. Bevezetés

A kőzetek szilárdsági tulajdonságait kifejező anyagjellemzők a műszaki gyakorlat számára nagyon fontosak. Sok esetben minősítő szerepük van. Ha egy-egy kőzetről beszélünk, az első információk között bizonyosan a kőzet szilárdsági tulajdonságai közül a nyomószilárdságát közöljük. Ezeket az alap kutatások eredményeként megjelenő anyagjellemzőket természetesen, egyértelműen, legtöbbször magától értetődően használjuk, pedig tudjuk, hogy használhatóságukat aprólékos kutatási, vizsgálati munka alapozza meg.

Az építési kőanyagok szilárdsági tulajdonságainak meghatározásánál két kérdésre várunk választ, nevezetesen:

- melyek a teherviselő képesség határai, mik a feltételei annak, hogy a kőzet szerkezete tönkremegy és további terhelés felvételére alkalmatlanná válik;
- milyen a feszültségek és az alakváltozások közötti függvénykapcsolat, hogyan viselkedik a kőzet a terhelés folyamán.

A törést előidéző feszültségállapot tényezőit használjuk a teherviselő kőszerkezetek méretezésénél, teherviselő képességük ellenőrzésénél az igénybevehetőség határértékének felvételéhez, megengedett vagy határfeszültségkénti megadásával.

A kőzet mechanikai hatásokra bekövetkező tönkremenetele húzó-, nyíró- vagy csavaró igénybevételre következik be. Ezért tűnik ellentmondásnak, hogy a szilárdsági viselkedés minősítő határértékének rideg anyagoknál, így a kőzeteknél is a nyomószilárdsági vizsgálattal meghatározott nyomószilárdságot (törőszilárdságot) használjuk. Az igénybevételekhez rendelhető feszültségi és alakváltozási határértékek a kőzetek anyagszerkezeti tulajdonságainak függvényei. Az anyagszerkezeti tulajdonságokat természetesen az adott kőzet kőzetfizikai állapotának figyelembevételével lehet és kell értelmezni.

A feszültségek és alakváltozások közötti függvénykapcsolat a terheletlen állapottól a tönkremenetelig mutatja a kőzet viselkedését. A függvénykapcsolat a kőzet anyagszerkezetének sajátosságait hordozza. A viselkedést

idealizáló feltételezésekkel tesszük kezelhetővé. Alapvetően rugalmas, viszkózus és plasztikus viselkedésről beszélünk. A tényleges függvénykapcsolatot ezeknek a mechanikai viselkedésformáknak a kombinációival írjuk le. A mérnöki gyakorlatban az építési kőanyagoknál a rugalmas viselkedés feltételezésével élünk addig a határig, amíg a kőzetet mechanikai igénybevételnek óhajtjuk kitenni. Fordítottan is megfogalmazható ez a kitétel. Olyan alakváltozásokat engedünk meg szerkezeteinkben, amelyek a feszültségek és alakváltozások közötti rugalmas viselkedés feltételezésével számíthatók.

Mindkét kérdésre adott választ hordozó kőzetjellemzők csak a kőzetek vizsgálati eredményeivel alátámasztottan hitelesek és használhatók a gyakorlati életben. Ezen a területen nagy szükség van az alap kutatásokra, hiszen olyan tényezők egymásra gyakorolt hatását kell számításba venni, amelyek szerteágazó anyagszerkezeti, mechanikai, energetikai tulajdonságok időbeni változását hordozzák.

2. A szilárdsági tulajdonságok meghatározásának laboratóriumi módszerei

A kőzetek szilárdsági tulajdonságait a laboratóriumi vizsgálatokkal tudjuk meghatározni. A kőzetek szilárdsági és alakváltozási tulajdonságait meghatározó laboratóriumi vizsgálatok során a vizsgálatra kiválasztott próbatesteket minden esetben a kőzetre jellemzően ún. „elemi cella”-ként kezeljük. Elfogadjuk, hogy a minta olyan nagyságú, hogy térfogata megfelel a vizsgálati gyakorlatban megfogalmazott „minimál térfogat”-nak. Tehát a minta viselkedése minden tekintetben megfelel a műszaki kőzetten értelmezése szerinti közzétömb, azaz „kőzet” fogalomnak.

A szilárdsági viselkedés anyagjellemzőit egyszerű feszültségi, mechanikailag egyszerűen kezelhető főfeszültségi állapotot leképező laboratóriumi vizsgálatokkal határozzuk meg. Ez a gyakorlat nemcsak a kőzeteknél, hanem minden építési anyagnál általánosan honos.

A laboratóriumi vizsgálatok egységes szemléleti rendjét a hazai és nemzetközi szabályozások, szabványok biztosítják. A minősítő szilárdsági vizsgálatok alkotják a legrégibb idők óta szabványosított vizsgálatokat. Az építési kőanyagokra vonatkozó szabványsorozatnak, de a folyamatosan megjelenő harmonizált európai szabványoknak is fontos részét képezik a szilárdsági vizsgálatok szabványai (MSZ 18285/1, MSZ EN 1926).

Közeteknél, a különböző építőkövek termékek minősítésénél az egyirányú nyomószilárdsági, a húzószilárdsági – vizsgálattechnikai okokra visszavezethetően a hasító húzószilárdsági (ún. Brazil-vizsgálat) –, valamint a hajlítószilárdsági vizsgálatok szabványosítottak. Ezek azok a vizsgálatok, amelyek a termékszabványokban a szilárdsági és időállósági kőzetfizikai termékosztályok minősítő értékeit szolgáltatják. A minősítés a különböző kőzetfizikai állapotban – légszáraz, vízzel telített, különböző ciklusszámban elvégzett fagyasztsági terhelés után – meghatározott szilárdsági anyagtulajdonság megadásával és az elvárt határértékekkel történő összevetés szerint készül.

3. Szilárdsági tulajdonságok meghatározásának helyszíni vizsgálati módszerei

Beépített kőzetanyagok utólagos minősítése vagy szilárdsági tulajdonságaiknak ellenőrzése már bonyolultabb feladat. Abban az esetben, ha a kőzetanyagból laboratóriumi vizsgálatra alkalmas minta vehető, úgy a feladat a laboratóriumi vizsgálatok problémakörére szűkül le. Természetesen felmerül az, hogy a mintavételezés mennyire volt reprezentatív, nem befolyásolta-e a mintavételezést a mintavétel helyének kijelölését meghatározó adottságok sora. Beépített kövekből nagyon nehéz a reprezentatív mintavétel, hiszen a laboratóriumi vizsgálatok megbízhatósága megfelelő ismétlési számú vizsgálatokhoz kötött, ennek megfelelően kell a szerkezetből több próbatest kialakítására alkalmas mintát venni, ami figyelembe véve a kőzetek heterogenitását, nem könnyű feladat.

A roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatok alkalmasak arra, hogy kivett minta nélkül határozzuk meg az anyag szilárdsági és alakváltozási tulajdonságait. Ez esetben a szerkezet kijelölt, vizsgálatra használt felületét mint mintafelületet tekintjük próbatestnek. A roncsolásmentes vizsgálatok olyan vizsgálati módszerek, melyek közvetett információkat szolgáltatnak a vizsgált anyagról, a mi esetünkben a kőzetekről. A vizsgálóberendezés által kibocsátott jel a vizsgált anyag anyagszerkezetének megfelelő válaszjelet ad, amelyből a kívánt tulajdonság meghatározható.

Többfajta roncsolásmentes anyagvizsgáló módszer ismert. Az egyes eljárások abban különböznek egymástól, hogy a vizsgálat során milyen fizikai jellemzőt határoznak meg. A különböző fizikai jellemzők mérésére egyedi műszertechnikai megoldások lehetségesek. Az egyes vizsgáló módszerek fizikai alapjai ismertek, matematikai összefüggésekkel is leírhatók.

A roncsolásmentes betonvizsgálatokra kifejlesztett Schmidt-kalapács a rugalmas visszahatás mérésén alapuló felületi keménységet mérő vizsgálóberendezés. A vizsgálat során a mozgási energiával rendelkező tömeg és a vizsgált anyag kölcsönhatását, ütközési viszonyait méri. A Schmidt-kalapácsos vizsgálat elterjedését egyszerűsége, könnyen kezelhetősége, valamint mobilitása biztosítja. A különböző betonok helyszíni vizsgálatára a bázeleli E. Schmidt mérnök által kifejlesztett műszercsalád szinte egyeduralmukodóvá vált. A vizsgálati módszer megszilárdult betonok roncsolásmentes szilárdsági vizsgálatára hazánkban szabvánnyal, illetve az útépités területén szakmai műszaki előírással egységesítetten szabályozott.

A kőzetek szilárdsági tulajdonságainak megítélésére a Schmidt-kalapácsos vizsgálatot a múlt század hetvenes éveiben Kleb B. már használta, mérnökgeológiai térképezési munkáknál a pincefalak riolituffa kőzetváltozatainak szilárdságát értékelte, felhasználva Marek I. laboratóriumi vizsgálatának eredményeit.

A Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén, a nyolcvanas évek elejétől, az egyre növekvő számban végzett épületdiagnosztikai munkáknál Gálos M., Kertész P., Marek I. alkalmazta a Schmidt-kalapácsos vizsgálatot meglévő épületek, építmények, műemlékek, műemlék jellegű épületek építési kőanyagának vizsgálatára, állapotértékelésére. A vizsgálati módszer használhatóságát mutatja, hogy az igények és elvárások a vizsgálatokkal szemben megnövekedtek. A BME Ásvány- és Földtani Tanszékének – későbbi nevén BME Mérnökgeológiai Tanszékének – kőzetvizsgáló laboratóriumában megindult kutatási munka az egyetem szervezeti változásai következtében a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék kőzetvizsgáló laborrészlegében folytatódott és folytatódik.

A Schmidt-kalapácsos vizsgálatokkal végzett roncsolásmentes kőzetvizsgálatoknál nyilvánvalóvá vált, hogy a betonok vizsgálatára kidolgozott mérőberendezések – különböző típusjelű (L, N és M) kalapácsok, amelyek az ütés energiájának nagyságában térnek el egymástól – szilárdság becslésére adott összefüggései betonokra kimunkáltak.

A mérési eredmény leolvasása a műszer dinamikus együtthatójának (k) függvényében:

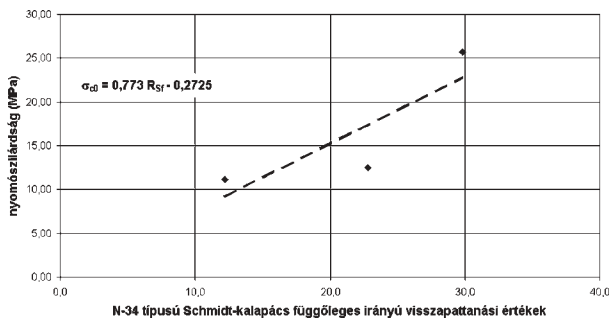
$$R = 100 k,$$

ahol k értéke 0–1 között van.

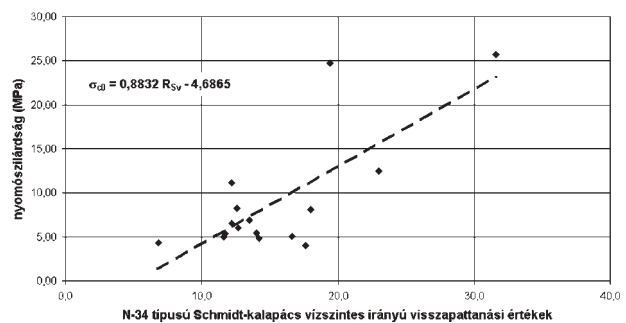
Teljesen rugalmatlan ütközés esetén $k = 0$. Helyesen beállított Schmidt-kalapács a műszer hitelesítő etalonján (üllőjén) 78–82 közötti visszapattnási értéket (R) mutat.

Természetes igényként jelentkezett, hogy a kővizsgálatokhoz is kidolgozásra kerüljenek azok az összefüggések, amelyek a gyakorlati élet számára a Schmidt-kalapács visszapattnási értékeit a minősítő kőzetszilárdsági értékek meghatározására használhatóvá teszik.

A roncsolásmentes vizsgálatok alkalmazása esetén is az építőanyagokra tett általános feltételezésekkel élünk.



1. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között durva mészkő esetében



2. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között durva mészkő esetében

Nevezetesen a homogén, izotróp, minden irányban végtelen kiterjedésű anyag idealizálásával. Tudjuk, hogy ez a feltételrendszer csak a vizsgálati eredmények képzését megalapozó elméletek használatát igazolja. A vizsgálat során az eredmények értékelésénél legtöbb esetben az idealizált feltételrendszertől való eltérésre hivatkozunk.

4. Összefüggések a laboratóriumi és a helyszíni szilárdsági vizsgálatok között

A gyakorlatban a szilárdsági jellemzők és a roncsolásmentes módszerrel meghatározott jellemzők között kimunkált összefüggéseket tudjuk a minősítési munkában használni. Mind a nyomószilárdsági vizsgálatok, mind a roncsolásmentes mérések eredményei számos vizsgálattechnikai tényezőtől függenek. Ezekben a tényezőkben az anyagszerkezeti adottságok sokrétűsége és kölcsönhatása jelenik meg. Ezért a nyomószilárdság és a roncsolásmentes vizsgálat eredményei csupán sztochasztikus kapcsolatban vannak egymással. Matematikai szempontból korrekt módon, a mérési eredmények által meghatározott pontokra, a regressziós elemzés módszereivel szerkeszthetünk középgörbét.

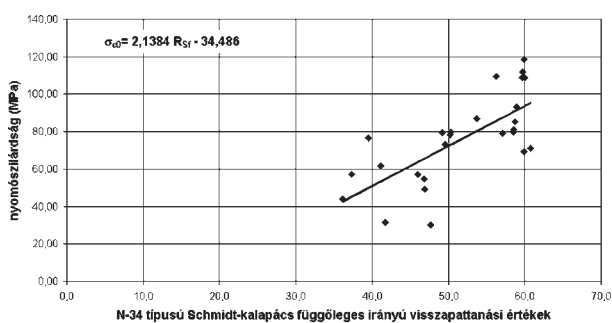
Az építőkként leggyakrabban használt durva mészkövekre és forrásvízi mészkövekre mutatjuk be a kimunkált regressziós összefüggéseket az 1–4. ábrákon. Ezek

az eredmények az általános trendeket szemléltetik. További elemzés, a közettani és a közetszövet szerinti változottság figyelembevétele egy-egy tulajdonságcsoporthoz a pontosságot, a regresszió „élességét” eredményezheti.

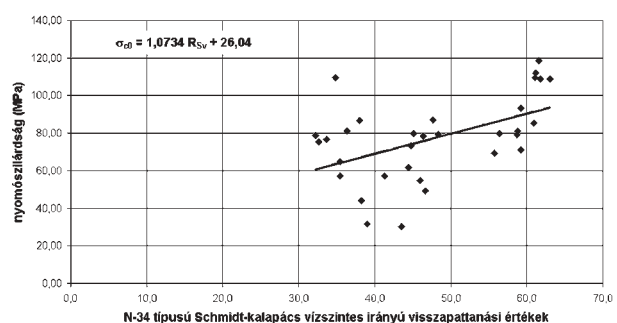
5. Összefoglalás

A laboratóriumi és helyszíni szilárdsági vizsgálatok közötti összefüggések a gyakorlati élet számára nagyon fontosak. Beépített közetek szilárdsági tulajdonságainak minősítése a regressziós összefüggések használatával megoldott feladat. A közeteket minősítő egyirányú nyomószilárdság alapját képezheti a további szilárdsági anyagjellemzők és az ezekhez köthető határfeszültségek meghatározásának. Így a teherviselő kőszerkezetekbe beépített kőzetanyagok ellenőrzése, új szerkezet esetén méretezése elvégezhető.

A laboratóriumi és helyszíni szilárdsági vizsgálatok közötti összefüggések kutatási munkáihoz járult az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA) T 026 393 témaszámú támogatása, amely biztosította a laboratóriumi és helyszíni szilárdsági vizsgálatok együttes kutatását a pályázat célkitűzései során megfogalmazottak szerint, megteremtve azokat az anyagi és személyi feltételeket, amelyek egy soktényezős, interdiszciplináris kutatási munkához szükségesek.



3. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között forrásvízi mészkő esetében



4. ábra. Összefüggés a Schmidt-kalapácsos vizsgálat visszapattanási értékei és a légszáras nyomószilárdság között forrásvízi mészkő esetében