

Földmunkák minősítő vizsgálatainak hatékonysági kérdései

Examples of BC theory's applications – Part I

Király Ákos

H-TPA Székesfehérvári Laboratórium vezetője

Bevezető

A technika fejlődése Európában és Magyarországon nem kerüli el laboratóriumi vizsgálati eszközeinket, technológiáinkat sem. Ezt a kijelentést el kell fogadjuk különös vagy hosszabb érvelés nélkül is, de nem szabad elmenni amellett, hogy ez a fejlődés milyen változásokat generál hosszú távon a laboratóriumi vizsgálatok végzésében. A fenntartható fejlődés érdekében fontos annak áttekintése, hogy milyen változások várhatók, javasolhatók a laboratóriumok működésében ahhoz, hogy a már rendelkezésre álló, vagy megjelenő mérési technikával a jelenleginél hatékonyabban – azaz pontosabban, olcsóbban és gyorsabban – tudják elvégezni a vizsgálatukat.

A helyszíni minősítő laboratóriumi mérések, vizsgálatok jellemzően három fő műveleti szakaszra oszthatók:

- Minta-előkészítési szakaszra – a mérési hely előkészítésére, kijelölésére
- vizsgálati szakaszra – a mérés gyakorlati lefolytatására
- feldolgozási szakaszra, melyben vizsgálati jegyzőkönyvet készítünk

A technika változása minden részét érzékenyen érintette a fent felsorolt munkaműveleti részeknek, ma már mindenhol találkozhatunk olyan eszközökkel, melyeknek segítségével a hatékonyság növelhető.

Fentiek miatt gondosan elemeztük, hogy a vizsgálati szakaszban milyen lépésekből, műveletekből épül fel egy-egy minősítő vizsgálat. Azt tapasztaltuk, hogy a vizsgálatok többsége gyakorlatilag ugyanazon munkafázisokat tartalmazza, ráadásul többször egymás után. Ezen munkafázisok időszükségletét és vizsgálatához szükséges emberi erőforrás-igény költségét nézzük, akkor a mérés gazdasági hatékonyságát elbírálhatjuk.

Laborfejlesztés, műszerbeszerzés esetén szükséges a várható megtérülés ismerete, becslése. A mérés hatékonyságát ismerni kell ahhoz, hogy ebben jó döntést hozzunk. Sok esetben tapasztaltuk, hogy a magasabb beszerzési ár ellenére egy-egy műszerberuházás időben gyorsabban megtérül az alacsony élőmunka igény és rövid mérési időtartam miatt. Ilyenkor a befektetett összegek gyorsan megtérülnek.

Ilyen szempontból elemezzük a mérésszámban igen jelentős arányt képviselő, a földmunka minősítésére alkalmazott mérőműszereket, eszközöket, mint a tömörségi fok és teherbírás meghatározására alkalmazott és ismeretes régi és új berendezéseket és mérési módszereket. Különös aktualitást adott a vizsgálatnak, hogy mind a H-TPA, mind a Mélyépítő laboratórium az elsők között kezdte meg a B&C dinamikus tömörség- és teherbírásmérő alkalmazását.

A közel egy évtizedes mérési tapasztalatok alapján már megbízható becslések tehetők az alkalmazás gazdaságosságát illetően is.

Tömörségmérés: dinamikus vagy izotópos?

A kérdést a költségek tekintetében elemezzük. Jellemző, hogy a mérés díjában jelentős különbséget nem lehet a piacon elérni, azaz a pénzügyi bevétel általában jól becsülhető és főleg a megrendelések számától függő. Alapelvként fogadjuk el, hogy az összehasonlításban két, műszakilag egyformán alkalmazható, szabványos tömörségmérési módszerekről van szó, ahol a cél egy adott földmű, vagy alapréteg minősítő mérése.

A dinamikus tömörségmérő berendezés (UT2-2.124 UME) mérési elve jelentősen különbözik az erre a célra általában használt berendezésektől, az ejtésekkel létrehozott tömörödési görbéből, az alakváltozási görbéből számítja a tömörségi fokot.

Az izotópos műszerrel történő mérés (MSZ 15320 és ÚT 2-3.103) a tömörségi fokot közvetett módon, az anyag nedves sűrűségének és víztartalmának méréséből számítva határozza meg. Ilyen az izotóppal működő nukleáris mérőberendezés, továbbá kiszűrő-hengeres, vagy üregkialakítással, homokkitöltéses módszerrel, illetve gumimembrános módszerrel, vízzel mért térfogatból és a kiszedett anyag tömegéből számoló helyszíni mérési módszerek. Ezek igen lassúak, kézimunka igényesek és nehézkesek, míg az izotópos módszer környezetre veszélyes és a mai pontossági követelmények tekintetében is kifogásolható.

A dinamikus mérőberendezés működési elve CWA 15846

A vizsgálat során adott magasságból, ismert tömegű testet csillapítórugó közvetítésével egy adott átmérőjű merev tárcsára ejtünk. A terhelőtárcsa középpontja alatt mérjük a dinamikus terhelés hatására keletkező függőleges irányú elmozdulást, a süllyedési amplitúdót. 10 kg-os ejtőtömeg és 72 cm ejtésmagasság esetén 7065 N dinamikus terhelő erő adódik át a tárcsára, amely megfelelő rugóállandó esetén 163mm tárcsaátmérő esetén $p_{din}=0,3$ MPa dinamikus nyomásnak felel meg. Az ejtési tömeget és magasságot berendezésenként, az adott rugóállandó és ejtőtömeg ismeretében adják meg gyártók.

Az alakváltozást jellemző süllyedési amplitúdók második mérési sorozatából határozható meg a dinamikus teherbírási modulus E_d (MPa, vagy N/mm²). A számítást az anyagra jellemző Poisson-féle tényező megválasztásával, az alkalmazott tárcsa szerinti Boussinesq-féle merev- vagy hajlékony tárcsa-szorzóval kell elvégezni.

Az alakváltozást jellemző süllyedési amplitúdók hat mérési sorozatából meghatározható a dinamikus tömörségi fok $T_{rd}\%$. A számítás feltételezi, hogy a nem összenyomható szilárd anyagból álló szemcsés réteg háromfázisú (levegő + szilárd rész + víz), nem telített és a vizsgálat során végzett tömörítés során is az marad. A számítás figyelembe veszi, hogy az optimális víztartalomnál a legjobb a tömöríthetőség, attól eltérő esetben a nedvességkorrekciós tényezővel ($Trw \leq 1,00$) számítható módon csökken a tömörségi fok.

Az izotópos tömörségmérés elve (MSZ 15320 és ÚT 2-3.103)

Megvizsgáltuk a Magyarországon leggyakrabban alkalmazott izotópos mérést. A túsondás üzemmódban történő méréskor a talajok tömörségének ellenőrzését általában a legnagyobb mélységi beállítással (25–30 cm) célszerű végezni. Ha a talaj annyira kemény vagy durva szemcséjű, hogy az ütőseget nem lehet sérülés veszélye nélkül beverni, vagy ha a mérendő

talajréteg ennél kisebb, akkor 20; 15 vagy 10 cm-es mérési mélység is alkalmazható. Természetesen kiértékeléskor a megfelelő kalibrációs görbét szükséges használni. A mérési pontokat gondosan, simára kell kialakítani. 60×80cm felületről minden száraz, laza anyagot el kell távolítani, a felületet léccel simára húzni. Minden mérési pontban legalább két, általában három irányban több mérést kell végezni, a műszer elfordításával.

A szondát minden bekapcsolás után ellenőrizni kell a hozzá tartozó kalibráló tömbön, a használati utasítás szerint. A kalibráló tömbön kapott eredményeket a terepen készülő mérési dokumentumban kell rögzíteni. A mérések során lehetőleg olyan mérési időt kell beállítani, hogy a talajon mért impulzusszám a 10000/min értéket meghaladja, vagy legalább megközelítse.

A tömörségmérésekhez szükséges a víztartalom ismerete is. Ennek izotópos méréssel meghatározott eredményét gyakran kell megismételni, sőt új, vagy változatos anyagú talajok esetén a mérési helyről vett mintákat visszaszárításos (szárító szekrényes) vizsgálattal, laboratóriumban is kontrollálni kell. Eltérés esetén a laboratóriumi visszaszárításos eredményeket kell mértékadónak tekinteni. Ha a laboratóriumi és a terepi víztartalom-mérési eredmény különbsége meghaladja a laboratóriumi eredmény 5%-át, akkor meg kell ismételni a mérést.

A tömörségi fok meghatározásához ezek után kell még egy viszonyítási sűrűség, amihez az előbb meghatározott terepi száraz sűrűséget hasonlítjuk. Ez ma Európában többnyire az EN 13286-2 szerinti, úgynevezett „módosított Proctor-vizsgálat”-tal történik. Ennek eredményét feltételesen kell kezelni és gyakran kell megismételni, mert szórása gyakran eléri, vagy meghaladja a sűrűség értékének 5%-át is. A viszonyítási sűrűség tehát hatással van a mérési módszer pontosságára, azzal, hogy a viszonyítási sűrűség is a hiba lehetőségét rejti.

A mérések összehasonlítása

Beruházási és üzemeltetési költségek

A továbbiakban a sűrűségmérésen alapuló, viszonyítási sűrűséget alkalmazó mérési módszert és az új, alakváltozási görbét figyelembe vevő dinamikus tömörségmérési módszert hasonlítjuk össze. A dinamikus könnyűejtősúlyos módszerre a B&C mérőeszközre, izotópos tömörségmérésnél az általánosan használt Campbell féle MC-3-as műszerre esett választásunk.

A beszerzési értékek meghatározásakor beszerzési pályázatban megajánlott árat vettük figyelembe mind az MC-3-as műszer esetén, mind a B&C-nél. A többi költségtényező esetében a H-TPA, illetve a Mélyépítő Laboratórium valós laboratóriumi költségeit mutatjuk be, euróban számítva.

A két eszköz alkalmazásának éves költségként felmerült összeg közötti 4,640 EUR különbség igen jelentős már első látásra is. A magyarázat, hogy erre a hatékonyságra eddig nem figyelünk fel az, hogy már olyan régen használjuk az elavult izotópos technológiát, hogy annak költsége teljesen beépült a laboratórium fenntartásának általános áraiba.

Egy műszer élettartamát vegyük általánosan 10 évre. Évente meglehetősen sok mérést végeznek laboratóriumaink, mintegy 1.000 mérést műszerenként, - azaz 10.000 vizsgálatot a teljes élettartam alatt. Ezen az időtávon felmerülő költségek, kiegészítve a karbantartási

költségekkel, elosztva az összes mérés számával, egy mérés laboratóriumi önköltségi árát mutatja meg.

Laboratóriumi költségek	B&C	MC-3
Kalibrálási költség	€ 270	€ 360
Üzemeltetési költségek:		
• sugárvédelmi pótlék	0	€ 1,600
• Extra humán erőforrás követelmény +1 fő	0	€ 2,400
• sugárzó anyag szállítási költsége	0	€ 400
• sugárzó anyag kötelező oktatás	0	€ 150
Average total annual cost/ Éves átlagos kts	€270	€ 4,910

Ez a számítási módszer korántsem pontos, hiszen sok más dolgot nem vesz figyelembe (például a helyszínre utazás költségeit, stb., de ezek mindkét módszer esetén azonosak, ezért nem szükséges figyelembe venni őket), emiatt nem hasonlítható közvetlenül össze a laboratóriumok árlistáiban szereplő vizsgálatok áraival. Jelen esetben csak az önköltségek százalékos arányaira vagyunk kíváncsiak, a két módszert vizsgálva:

B&C CWA $\sim 6,700/10,000 = \text{€ } 0.67 / \text{ mérés}$
Izotópos Mérés $\sim 53,100/10,000 = \text{€ } 5.31 / \text{ mérés}$

A különbség *nyolcszoros*! Miből adódik javarészt ez a különbség? Az izotópporrás okozta többletköltségekből és a minimálisan szükséges két laboráns élömunka költségéből, egyébként sem a beszerzési, sem az üzemeltetési költségekben nem fedezhetők fel hatalmas különbségek.

Megvizsgálva az élömunka költségeket megállapítható, hogy ezek a költségek a jövőben egyre nagyobb mértékben fognak nőni az európai konvergencia hatásaként Magyarországon, mint a műszerek beszerzésének, illetve működésben tartásának költségei.

Számba vettük azokat a költségeket is, melyek azért merülnek fel, mivel izotópos műszerünket biztonságos, és megfelelő engedélyekkel ellátott helyiségben kell tárolnunk, illetve fokozottan ügyelni kell az ezzel a műszerrel dolgozók egészségére. Ennek kiépítése, engedélyeztetésének költsége – mint látható - jelentős terhet jelent már ma is. Várhatóan tovább szigorodnak e feltételek és tovább nőhetnek ezek a költségek.

A mérési idő

A mérési idő elemzéséhez elegendően nagy laboratóriumi gyakorlat és tapasztalat állt rendelkezésünkre, hiszen mindkét laboratórium mindkét műszerrel több mint 4.000 mérést hajtott végre a 2005-ben és 2006-ban. Általában jellemző, hogy a mérési idő a dinamikus mérésnél fele, harmada az izotópos mérésének, főleg a tűszondának szükséges lyuk elkészítéséhez szükséges idő megtakarítása miatt.

MC-3 ~ 10 perc/ vizsgálat
B&C ~ 2 perc/ vizsgálat

Az MC-3 izotópos készüléknél egy mérés mintegy 6-10 percbe, a dinamikus tömörség mérésénél B&C készülékkel egy mérés 2-5 percbe telik, de általában, jellemzően fele annyi időt vesz igénybe. A fenti értékek a mérési hely előkészítését és a mérést magát is tartalmazzák, átlagosan gyakorlott laboránssal és folyamatos munkavégzést feltételezve.

Már ebben is hatalmas különbségek adódnak, de az adatok feldolgozásakor, a jegyzőkönyv elkészítéséhez további értékes percek telnek el. Míg a kézzel írt mérési lapokról a vizsgálati adatokat egyenként, kézzel begépelve visszük a számítógépbe az izotópos mérés esetén, addig a B&C műszerről az adatok sokkal gyorsabban, letöltéssel kerülnek a feldolgozó programba, ezzel kezelése lényegesen egyszerűbb. Az adatfeldolgozásban lényegesen, körülbelül tízszer gyorsabb a B&C dinamikus mérés.

Ez azt jelenti, hogy ugyanolyan költség mellett, ugyanannyi munkaidőben kétszer-háromszor több dinamikus mérés végezhető el és dolgozható fel, mint izotópos mérés, illetve adott mérési keret esetén egyszerűen több idő jut más mérésekre egy nap alatt.

Fontos, hogy a dinamikus tömörségmérés, a B&C műszer használata esetén a mért értékek értelmezéséhez nem feltétlen szükséges a laboratóriumi legnagyobb száraz sűrűség (Proctor) pontos értékének ismerete, elég annak víztartalomtól függő változásának, görbületének meghatározása. Az adott beépítési víztartalom mellett, adott tömörítési munkavégzéssel elérhető tömörséget a relatív tömörségi fok jellemzi, melyet a B&C berendezéssel ismeretlen anyagnál is pontosan mérhetünk. Ez a henger munkáját minősíti és az adott víztartalomnál elérhető tömörséget mutatja. Ez a módszer tehát nem hátráltatja a kivitelezést azzal, hogy a laboratóriumi Proctor sűrűség elvégzésére és értékére kell várni ahhoz, hogy az elkészült földműn hengerlés hatékonysága és megfelelése igazolható legyen.

A hatékonyság elemzése

A fenti bekerülési és üzemeltetési költségek és a mérési idők elemzése után már lehetséges biztos kijelentéseket tenni a várható megtérülésről. Mivel a beszerzési költség durván egyező, az üzemeltetési költség nyolcada, tizede a B&C javára és a vizsgálati-feldolgozási idő is kétszer-háromszor gyorsabb, a megtérülés egy nagyságrenddel kedvezőbbnek adódik.

A mérés alacsonyabb vállalási ára a laboratórium kedvezőbb piaci megítélését segíti, de még e mellett is gyors, egy-két éves megtérülés mutatható ki.

Az izotópos mérés további hátránya, hogy az építési projektek helyszínén kell a műszer mérési és engedélyezési háttérét biztosítani, kiépíteni. Még abban a helyzetben is, ha rendelkezésünkre állna az összes infrastruktúra (izotópraktár, szállítóautó stb), engedély, vizsga, és dokumentum, ami egy izotópos műszer használatához kell és emiatt ezek csak mint alternatív költségek jelennének meg számunkra, még akkor is sokkal jobban megéri a B&C dinamikus tömörségmérési módszer alkalmazása. Abban az esetben azonban, ha új projekten, új munkaterületen kívánjuk alkalmazni és az infrastruktúra, laboratórium kiépítése, műszerek beszerzése még nem történt meg, a költségeket igen alacsonyan tartva lehet rendkívül gyorsan, alacsony önköltséggel, sok mérést elvégezni az új B&C dinamikus tömörségmérővel. A piacon minőségi szolgáltatást nyújtva ily módon lényegesen rövidebb határidőkkel lehet munkát vállalni a tömörség, vagy teherbírás mérésekre.

A fentiekben túl hangsúlyozni szükséges, hogy számításainkban két különböző tömörségmérés költségeit vizsgáltuk és hasonlítottuk össze. A B&C mérőeszköz azonban dinamikus tömörségmérés mellett (annak mérésével egy időben) kistárcsás dinamikus teherbírás mérést

is végez. Ezzel egy műszerrel, egy helyszínen rövid idő alatt két mérést is el lehet végezni, mellyel az előbb számított költséghatékonyság még tovább javítható.

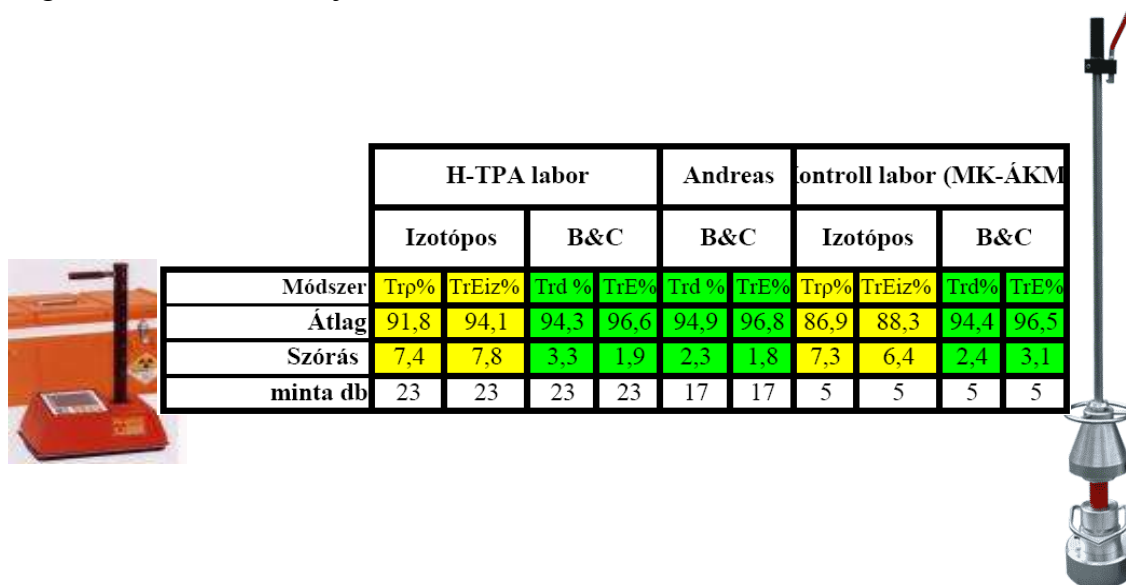
Mérési pontosság (CWA módosítás előtt)

A kevés élőmunkát igénylő vizsgálati módszerek hosszú távon tehát mindenképp gazdaságosabbak, mint az ugyanolyan végeredményt nyújtó, azonban több emberi erőforrást igénylő módszerek. El kell gondolkodjunk azonban azon is, hogy ugyanolyan pontosságúak-e, azaz egyformán megbízhatóak-e ezek a vizsgálatok? A vizsgálati módszerek megválasztásakor a mérési bizonytalansággal, a mérési pontossággal is számolnunk kell. Ezt a mérési bizonytalanságot egyrészt a környezeti változások miatti zavarok, másrészt –be kell látnunk, hogy vizsgálataink döntő többségénél ez a helyzet – a vizsgálatot végző személyek okozhatják.

Egy automatizált, programozott, emberi beavatkozás nélkül működő rendszer működése eredményeképp kapott vizsgálati eredmény, várható érték, mindig jobban közelíti a valóságos értéket, mint azok az eredmények, melyeket sok emberi hibalehetőséggel, kézi módszerekkel mérnek. Kisebb szórással, nagyobb a mérési biztonság.

Esetünkben vizsgált két műszer mérési pontossága jócskán eltérő, melynek oka a mérési módszerek eltérő elméleti háttéréből is fakad. Az izotópos tömörségi fokot három paraméter méréseiből (nedves sűrűség, víztartalom és viszonyítási sűrűség) határozzuk meg, míg a B&C dinamikus tömörségi fok mérési pontossága az alakváltozás mérés pontosságának függvénye. Olymértékben nagyobb a szórás az izotópos méréseknél, mint a dinamikus tömörségnél, hogy a dinamikus tömörségi fok pontossága 300%-kal mutat kedvezőbb értéket. Míg általában az izotópos mérésre jellemző pontosság +/-6% tömörségi fok, addig a B&C jellemzője +/-2% tömörségi fok pontosság.

Erre vonatkozóan mutatjuk be a következő összehasonlító táblázatot is, melyben a mért vizsgálati szórásokat mutatjuk be a két műszer esetén:



	H-TPA labor				Andreas		ontroll labor (MK-ÁKM)			
	Izotópos		B&C		B&C		Izotópos		B&C	
Módszer	Trp%	TrEiz%	Trd %	TrE%	Trd %	TrE%	Trp%	TrEiz%	Trd%	TrE%
Átlag	91,8	94,1	94,3	96,6	94,9	96,8	86,9	88,3	94,4	96,5
Szórás	7,4	7,8	3,3	1,9	2,3	1,8	7,3	6,4	2,4	3,1
minta db	23	23	23	23	17	17	5	5	5	5

Egy konkrét példán vizsgálva, 50 mérési eredményből egy anyagon, egy időpontban mérve, a következő eredmény adódott:

Izotópos tömörségmérő műszer szórása: 7,2 %

Dinamikus könnyűejtősúlyos műszer szórása: 2,5 %

Azaz ugyanakkora mintaszám és valószínűség mellett $7,2/2,5 \cdot 100 = 288\%$ -os előnyt mutat a dinamikus tömörség mérési módszer az elérhető pontosságban, megbízhatóságban.

A laboratórium piaci megítélése

A dinamikus módszer majdnem háromszor jobb pontosságot mutat, mint a radioizotópos sűrűségmérésen alapuló régi módszer. A pontosság azonban nem minden. A kivitelezésben a Megrendelőt azonnal érdekli a mért eredmény, illetve az, hogy megfelelt, vagy nem felelt meg az éppen tömörített réteg. Elszállíthatja-e a helyszínről a tömörítő hengert, vagy nem.

Ha nem lenne megfelelő a tömörség, akkor fontos tudnia azonnal, mi a teendője, mit kell tennie, hogy a lehető legrövidebb időn belül megfelelő legyen, tovább tömörítsen, nedvesítsen, vagy szellőztesse át a réteget és újra tömörítse?

A B&C készülékkel mért relatív tömörség a hengerlés hatékonyságát mutatja, míg a nedvességkorrekciós tényező az anyag nedvességtől függő tömöríthetőségét. Minden esetben eldönthető tehát a nem megfelelő mérési eredmény esetén, hogy mi a teendő: a tömörítési munka kevés (hengerlünk tovább), vagy víztartalmi probléma áll fenn (nedvesítjük, vagy szárítjuk).

Az izotópos mérésnél ez a lehetőség nem áll fenn, nem lehet egyértelműen megállapítani a nem megfelelő tömörségi fok okát, csak a tényét. A kivitelezők igen nagyra becsülik azt a laboratóriumot, aki gyorsan és megbízhatóan képes nyilatkozni az épített réteg műszaki jellemzőinek megfelelőségéről. Ez pénzben is kifejezhető, mert közel azonos árknál mindig a megbízhatóbb laboratóriumot fogja választani.

Törtbeton, pernye és kohósalak rétegek tömörségének minősítése

Az utóbbi években egyre nagyobb hangsúlyt kap a másodlagos ipari melléktermékek felhasználása az útépitésben. Egyre több kohósalakot, pernyét, törtbetont és más építési törmelékot használnak töltések építésére, vagy feltöltésekre. Az ilyen anyagok a szokványostól eltérően viselkednek, ezért ezek minősítő vizsgálatai még kockázatosabbak. Kohósalakon, vagy pernyén izotópos mérőeszközzel sűrűséget mérni rémálom, de a kiszűrő-hengeres sűrűségmérés sem egyszerű feladat. A kohósalak sűrűsége rendkívül inhomogén, míg a pernye sűrűsége 1g/cm^3 körüli. Ilyen esetekben már nem is a mérés pontosságáról beszélünk, csak arról, hogy egyáltalán végrehajtható-e a mérés.

Rengeteg olyan helyzet van, amikor valamilyen sűrűségi inhomogenitás, anomália, szennyezés vagy egyéb okok folytán a sűrűségmérésen alapuló tömörség meghatározás nem kivitelezhető. Ilyen még a viszonyítási sűrűség anomáliái is. Minden ilyen esetben jól jön egy olyan módszer, amely más módon, más mérési elven határozza meg a tömörségi fokot – és nem mellelesleg - közben a teherbírást.

Különböző mérési módszerek összehasonlítása

Minden anyagon kiválóan bevált a B&C dinamikus mérőeszköz, amely nem a sűrűség mérése alapján határozza meg a tömörségi fokot, hanem az alakváltozásból, a tömörödési görbéből.

Mint az előzményekből látható, már a választott tömörségmérési módszer is nagyban befolyásolja a mért végeredményt, a mért tömörségi fokot, annak pontosságát, megbízhatóságát.

A tömörség megállapítására manapság több mérési módszer terjedt el. Az alábbi táblázatban négy különböző mérési módszert vetünk össze. Három mérési elvet, és ezen a három elven alapuló négy módszert.

A táblázatban a negatívnak minősített tulajdonságokat az értékelésben „-” jellel, míg a pozitívnak értékelteket „+” jellel értékeltük. A B&C készülék és a dinamikus tömörségi fok meghatározás ebben az összehasonlításban is érezhetően kiemelkedő.

			
<ul style="list-style-type: none"> - Sugárzó izotópot alkalmaz - mérési személyzet minimum két fő - Viszonyítási sűrűség hibáját átviszi a mérési eredménybe - Nehézkes a szállítása - Mérési bizonytalansága magas - Speciális szakértelmet igényel + Széles körben ismert, elfogadott 	<ul style="list-style-type: none"> - Alacsony a termelékenysége, lassú - Viszonyítási sűrűség hibáját átviszi a mérési eredménybe - Mérési eredményt könnyen megzavarja a környezet vibrációs terhelése - Nem mér víztartalmat + egy laboráns méri + Könnyen szállítható + Nem sugárzó 	<ul style="list-style-type: none"> - Nagyon alacsony termelékenység - Helyszíni eredmény-szolgáltatás nehézkes - Viszonyítási sűrűség hibáját átviszi a mérési eredménybe - A vizsgáló személyzet nagyban befolyásolja a mérési eredményt - Szemcsés talajok esetén nehézkesen, vagy nem használható + nem sugárzó 	<ul style="list-style-type: none"> - Nem mér víztartalmat + Magas termelékenység + Nem sugároz + Nincs viszonyítási sűrűségi hiba + Elkülönített a tömörítési és víztartalmi probléma megoldás + Nem szükséges speciális szakértelem hozzá + egy laboráns méri + Könnyen szállítható

Összefoglalás

A technika fejlődése akkor halad jó irányban, ha a laboratóriumok a rendelkezésükre álló mérési technikánál hatékonyabban, pontosabban, olcsóbban és gyorsabban tudják elvégezni minősítő mérési feladataikat, vizsgálataikat. A helyszíni minősítő mérések, laboratóriumi vizsgálatok Európában és Magyarországon az utóbbi időben jelentős fejlődésen mennek át.

Ennek a fejlődésnek része az új B&C dinamikus mérő berendezés, mely előnyösnek mutatkozik az alábbiakban

- *üzemeltetési költsége nyolcada az izotópos mérőeszköznek*
- *a mérési idő felére csökkent,*
- *feldolgozás és jegyzőkönyvezésre fordított idő egy tizede lehet*
- *a mérés hatékonysága jelentősen, egy nagyságrenddel javul*
- *mérési pontossága közel háromszor kedvezőbb*
- *az eddigi szélsőségnek számító pernye, salak is megbízhatóan mérhető*

A BC dinamikus tömörség- és teherbíró berendezés a különböző tömörségmérési módszerekkel összehasonlítva, a mi tapasztalatunk szerint is kiemelkedően jó tulajdonságokat mutatott, ezért a földmunkák minősítő vizsgálatainak elvégzésére kifejezetten ajánljuk más laboratóriumoknak is. Két év alatt, több műszerrel szerzett tapasztalatunk szerint hatékonyan, kedvezőbb piaci megítéléssel, nagyobb haszonnal alkalmazható a dinamikus tömörségmérés az eddiginél pontosabban, megbízhatóbban a tömörségi fok mérésére Magyarországon és Európában egyaránt.

Szakirodalmi jegyzék

- Measuring Method for Dynamic Compactness & Bearing Capacity with SP-LFWD CWA 2008.
- MSZ EN 13286 – 2 Unbound and hydraulically bound mixtures. Part 2: Test methods for the determination of the laboratory reference density and water content. Proctor compaction.
- MSZ EN 13286 – 3 Unbound and hydraulically bound mixtures. Part 3: Test methods for laboratory reference density and water content. Vibrocompression with controlled parameters.
- EN 13286 – 4 Unbound and hydraulically bound mixtures. Part 4: Test methods for laboratory reference density and water content. Vibrating hammer.
- ÚT2-2.124 Measuring of dynamic compactness and dynamic bearing capacity with small plate light falling weight deflectometer.
- Subert: Method for measuring Compactness-rate with New Dynamic LFWD. XIII. Danube-European Conference on Geotechnical Engineering Ljubljana, Slovenia, 2006
- I.Subert: „Dynamical compactibility measurements on Hungarian highways and reconstruction in cities” Geotechnical Conference 2006 in Ráckeve, Hungary (17-18. of October 2006.)
- Subert I.: „Új, környezetkímélő, gazdaságos mérőeszközök a közlekedésépítésben” Geotechnika Konferencia 2004 Ráckeve. (2004. október 26-27.)