

# Burkolatsüllyedés elkerülése garanciával - B&C dinamikus tömörségmérés

Írta: Subert István  
Okl.építőmérnök, Okl.Közlekedésgazdasági Mérnök  
Ügyvezető igazgató - Andreas Kft

## 1. Bevezető

Elégtelen tömörítés a burkolatok alatt mindig, és jól láthatóan megbosszulja magát, a megsüllyedt burkolatok utólagos, garanciális időn belüli javítása bosszantó és drága. A városi közmű-helyreállításokon, de akár autópályáinkon is gyakran látjuk viszont a deformációt, süllyedést, a minősítő mérések „megfelelő” eredménye ellenére. A mélyépítés nem nélkülözheti a teherbírás, a tömörségi fok pontos ismeretét. A nem megfelelő előírás, vagy mérés pontatlansága miatt hibásnak minősített munka (felesleges javítási költsége miatt) éppúgy kerülendő, mint a jónak minősített, de valójában nem megfelelő minőség. A B&C dinamikus tömörség- és teherbírás mérő berendezés egy új lehetőséget kínál és elméletének folyamatos fejlesztése lehetővé teszi a korrekt minőségtanúsítást.

A visszatöltés megfelelő tömörsége a süllyedés elkerülésének, megelőzésének garanciája. A tömörségi fokot általában a helyszínen mért terepi anyagsűrűség és a legnagyobb, laboratóriumban meghatározott Proctor legnagyobb száraz sűrűség hányadosaként értelmezzük. Jelentős előrelépés lenne, ha a viszonyítás alapját képező  $\rho_{dmax}$  értékét pontosabban be tudnánk határolni, különösen azért, mert ehhez a sűrűséghez tartozó  $w_{opt}$  víztartalom környékén hatékony a tömörítés, szükséges a legkevesebb tömörítési munka. Földművek, a szemcsés anyagok, a vasúti-, közúti- és vízépítési műtárgyak földműveinek és szemcsés építőanyagainak egyik legfontosabb paramétere a tömörségi fok, melyet valamennyi európai szabályozás fontos minősítő vizsgálatként kezel.



A sűrűségvizsgálaton alapuló tömörségmérésekhez a viszonyítási sűrűséget hazai laboratóriumokban a módosított Proctor-vizsgálattal végezzük. Az EN szabványok azonban az utóbbi időben újabb vizsgálati módszereket is megengednek a  $\rho_{dmax}$  viszonyítási sűrűség meghatározására, mint a vibro-hengeres, vibroasztalos és vibrokalapácsos vizsgálatok.

A kivitelezésben nem szokásos (nem minősítő vizsgálat) a tömörítendő anyag nedvességtartalmának ellenőrzése, helyszíni mérése a hengerlés során. A megfelelő tömörségi fok eléréséhez a kellő mértékű és fajtájú tömörítési munkán kívül szükség van teherbíró ellenfelületre és megfelelő víztartalomra.

## 2. A leggyakrabban felmerülő kérdések

A burkolatsüllyedéssel kapcsolatosan leggyakrabban felmerülő kérdések a következők szoktak lenni:

### Mi az oka a burkolatsüllyedésnek?

tömörítési hiány, mely adódhat a nem megfelelő víztartalomtól, a tömörítési munka elégtelenségéből, vagy az ellenfelület hiányából (lásd teherbírás)  
teherbírás hiány, mely adódhat a túl vizes, vagy túl száraz földműanyagból, vagy a túl vastag rétegek (rétegek tömörítés hiánya) esetén

### A burkolatsüllyedések elkerülhetők?

Igen, ma már nagy biztonsággal elkerülhetők lennének, mert van olyan mérési módszer, mely a tömörödési alakváltozásból számított görbe alapján adja meg a tömörítési fokot. Ezzel a valóságos, dinamikus forgalmi hatást modellezi. A B&C módszer egyenértékű a korábbi mérésekkel, de pontosabb, olcsóbb és gyorsabb.

### Mennyivel kerül többre a Megrendelőnek?

Semmivel, mert a minősítés módja és paraméterei a Mintavételi és Minősítési Tervben, vagy a burkolatbontási engedélyben előírható, így kivitelező e módon köteles a minőséget tanúsítani. Az ÚT 2-1.222 Útügyi Műszaki Előírás 4.3.6.3 pontja az előírt tömörítést, teherbírást és alkalmazandó tömörítési technológiát előírja. Részletesen megadja a szükséges rétegvastagság (25-30cm), víztartalom ( $w_{opt} \pm 3\%$ ) megengedett értékeit.

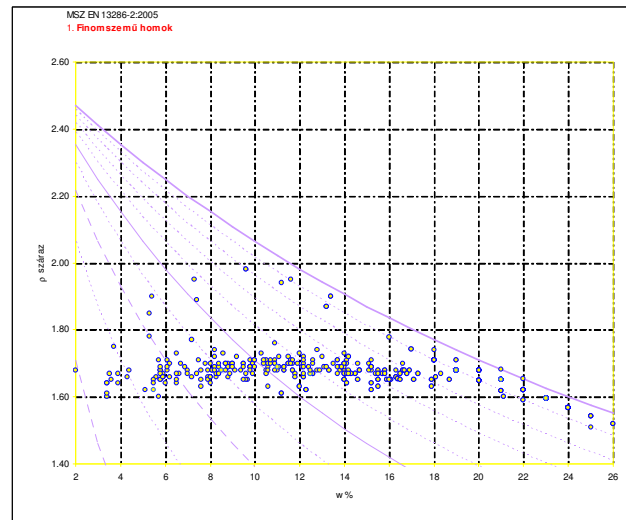
### Miért más a B&C dinamikus tömörésgmérés?

Az európai CEN-WA15846 vagy a magyar ÚT 2-2.124 szerinti dinamikus tömörítés és teherbírás mérés könnyűejtésű berendezéssel létrehozott tömörödési görbéből határozza meg az adott víztartalomnál jellemző helyszíni relatív tömörítési fokot A SP-LFWD típusú berendezés döngölési területe 208,6cm<sup>2</sup>, ejtési magasság 70-75cm, az ejtett tömege 10-11kg. A végzett munka egy ejtéssel  $W=8,25$  mkp, a teherbírásra jellemző dinamikus modulus meghatározásához 6 ejtés, míg a tömörítés meghatározásához 10-18 ejtés szükséges. Az előírt számú ejtéssel a B&C dinamikus tömörésgmérő berendezés 78,1% – 100% közötti helyszíni relatív tömörítési fok tartományban alkalmazható tömörítés és 10-300 MPa tartományban a teherbírás mérésére. Mivel a módszer az alakváltozás mérésén alapul, kiválóan alkalmas a közmű helyreállítások minősítésére. Ha ugyanis a 10 kilós ejtőszúllyal 18 ejtés alatt is csak kis mértékű benyomódás adódik, nyilvánvaló a megfelelő

tömörítés, míg ha nagy tömörödési alakváltozási görbe adódik, akkor az a valóságban is be fog következni.

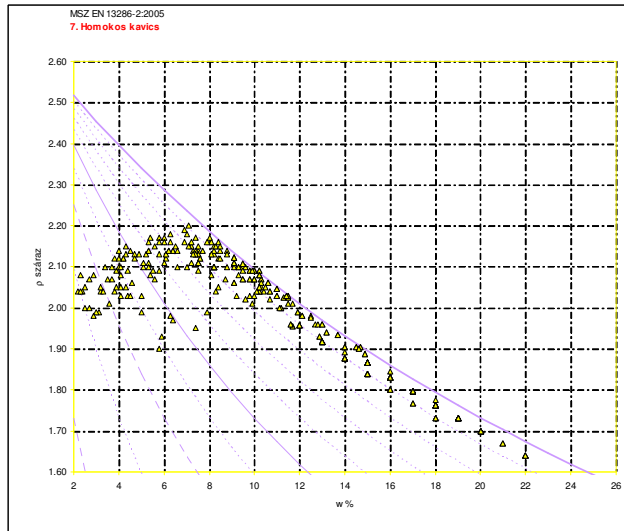
## 3. Viszonyítási sűrűség megbízhatósága

Viszonyítási sűrűségként Magyarországon a módosított Proctor-vizsgálatot alkalmazzuk, hasonlóan a legtöbb európai országhoz. Az erre vonatkozó vizsgálati előírás az MSZ 14043-7 volt, mely az uniós csatlakozás óta az MSZ EN 13286-2 szabványra változott. Ennek 7.4 pontja szerinti kiviteli mód ajánlott, mint a módosított Proctor-vizsgálat. Az új magyar földmű tervezési előírás, az ÚT 2-1.222:2007 szerint is az említett európai előírásokat kell alkalmazni.



1. ábra Módosított Proctor-vizsgálati pontok finomszemű homoknál

A szemcsés anyagok, visszatöltésre alkalmazott talajok tömöríthetőségi, alkalmassági vizsgálat igen jelentős információkat hordoz a kivitelezés gyakorlati vonatkozásában. Ugyanakkor sajnálatos, de a jelenlegi előírások a Proctor-vizsgálatból meghatározott  $\rho_{dmax}$  viszonyítási sűrűségre sem pontossági igényt, sem megbízhatósági (tűrés) intervallumot nem adnak meg. Mivel a mérés szórása magas, a viszonyítási sűrűség hibája elérheti a  $\pm 0,1$ g/cm<sup>3</sup> értéket, illetve a tömörítési fokban emiatt akár 4-5%-ot, mely más műszerpontossági paraméterekkel halmozódva még tovább is nőhet. Egy nagyszámú körvizsgálat mérési eredményeit mutatjuk be a 1.- 2. ábrán, mely a viszonyítási sűrűség szórását, pontosságát jól bemutatja.



2. ábra Módosított Proctor-vizsgálati pontok homokos kavicsnál

### 3.1 Az „Összetett” Proctor-görbe elmélete

Az ábrákból jól látható, hogy milyen fontos a Proctor alkalmassági vizsgálatnál, hogy ismerjük a telítési vonalakat, melyek közül kitüntetett a  $w_{opt}$ -hoz tartozó telítési vonal (az ábrán például  $S = 0,88$ ). A rendelkezésünkre álló több ezer Proctor-pontot, valamint a körvizsgálatok adatait statisztikai értékeléshez feldolgoztuk (2006 Phong - Subert). Megállapítottuk, hogy az eddig jellegzetesnek tartott görbék igen gyakran nem helytállóak. A telítési vonalak figyelembe vétele fontos. Az  $S \sim 0,9$  telítési vonaltól balra a „száraz” anyagviselkedés, míg az  $S \sim 0,9$  telítési vonaltól jobbra a nedves viselkedés jellemző. Bár az elválasztási zóna egy bizonytalan sávban jelenik meg, határozottan felismerhetően más-más tendenciát jellemez a két ág. Az új értelmezés a  $w_{opt}$  pontosabb meghatározására törekszik (3- 4. ábra)

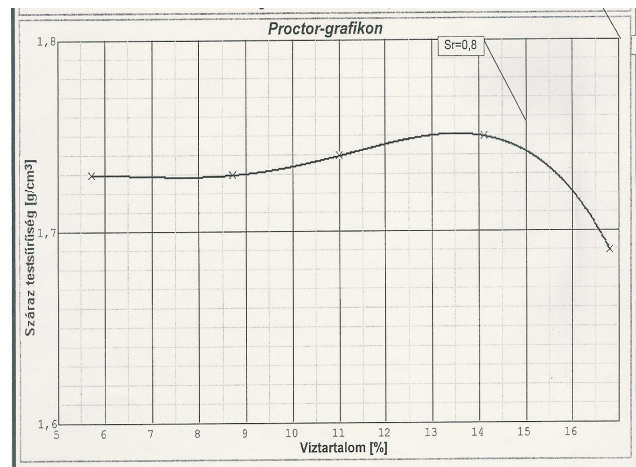
**Száraz viselkedést** az  $S=0,9$ -es telítési vonaltól balra eső pontok általában domború, vagy néha homorú görbe. A dinamikus tömörségmérés megengedett tartománya ebben a száraz tartományban helyezkedik el, a nedvesség korrekciós tényezője is ebből számítható.

**Nedves viselkedés** görbéje az  $S=0,9$ -es telítettség feletti víztartalmaknál mindig jellegzetesen belesimul a telítési vonalak közé és közelít az  $S=1$  telítettséghez (lásd 3-4. ábra). Kérdés, hogy ez egyáltalán lényeges-e számunkra. Az  $S=0,90$  telítettség fölött ugyanis a tömörítés nehéz, a vizes anyag kellő tömörítése nem lehetséges, ezért ennek a szakasznak a jelentősége csak esetenként lehet fontos. Ilyenkor ugyanis már nincs elég levegő a rendszerben a tömörítés végrehajtásához,

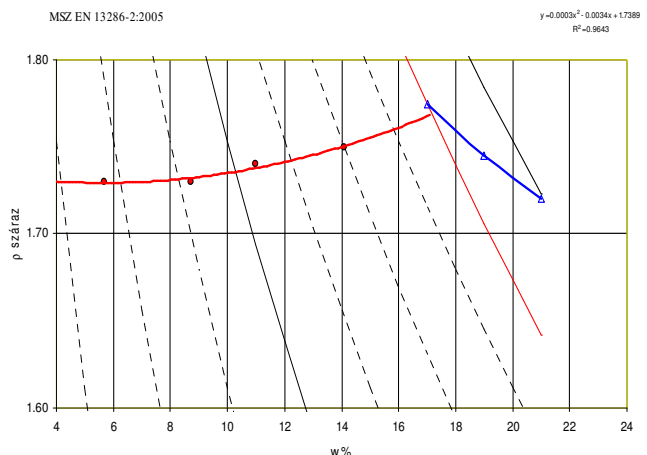
a víz pedig nem nyomható össze. A szabványok ezért tiltják a telített talajon történő tömörítést.

Ha egy matematikai görbét alkalmazunk, akkor gyakorlatilag ez valójában a számunkra teljesen érdektelen tartomány erősen befolyásolja a görbe alakját, és eltérően határozza meg a Proctor-görbe középső és jobb oldali ágát. Mivel a két ág viselkedése ilyen eltérő, ezek egy görbéként nem vonhatók össze, csak csatlakoznak egy pontban, ezért összetett görbének hívjuk. Bár ezek egy pontban találkoznak, de egymáshoz matematikai értelemben semmi közük sincs. A két szakaszt egy bizonytalan sáv köti össze, mely azonban a számunkra oly lényeges sűrűségi maximumot szabja meg.

A hagyományos feldolgozással előállt és az új módszerrel meghatározott  $w_{opt}$  optimális víztartalom között igen jelentős eltérés lehet (lásd 3-4. ábra).



3. ábra Hagyományos feldolgozása „szinuszos” Proctor-görbe  $w_{opt}=13,5\%$



4. ábra összetett-görbe módszerrel feldolgozott Proctor-görbe:  $w_{opt}=17,0\%$

## 4. Tömörégi fok változása a konszolidáció során

A konszolidáció a víz és a levegő eltávozása az idő során a terhelt talajból, mely tömörödéshez vezet. A dinamikus tömörségmérés elmélete lehetővé teszi, hogy adott töltésanyagnál még időben értelmezni tudjuk a tömörségi fok változása miatti süllyedés mértékét. A B&C feldolgozása során, a Proctor-vizsgálat Gsz-modellből számítjuk az alakváltozás - tömörségi fok lineáris összefüggését, meredekségét, a „Φ”értékét. A Parallel program ezt számítja, a jegyzőkönyveken feltünteteti, mely jellemzően 0,365+/-0,025 közötti érték.

A töltésanyag tömörségtől függő süllyedés mértéke az építéskor mért és a konszolidáció befejezésekor elért tömörségi fok terjedelmének (milyen tömörségi fokról milyenre tömörödik) és az  $1/\Phi$  érték szorzata, mely még fejből is könnyen számítható.

$$S = \frac{\Delta Trd \%}{\varphi}, \text{ ami } e = \frac{1}{\varphi} \text{ esetén } S = e \cdot \Delta Trd \% \text{ (mm)}$$

Ha a terepi víztartalom nem pont az optimális, akkor a terepi víztartalom miatti kisebb tömörségi fokot a Proctor alkalmassági vizsgálatból számíthatjuk. Száraz ágon azt feltételezhetjük, hogy a víztartalom előbb-utóbb az optimálishoz közelít. Ezzel megnövelve az előbb figyelembe vett tömörségi fok különbséget már számítható egy pontosabb süllyedés:

$$S = e \cdot (\Delta Trd \% + \Delta Tr\rho_w \% ) \quad (mm)$$

Nézzük meg, mit is jelent ez a gyakorlatban. A visszatöltés az 1. számú táblázatban számított süllyedést szenved el a statikus és dinamikus forgalmi igénybevételek és a földmű tömege miatti után-tömörödés során, különböző vastagságnál. Két méteres földmű visszatöltés magasságnál például a visszatöltésben megengedett (jelenleg megfelelő!) tömörségi fok 90%-ról átlagosan 98%-ra való tömörödése 17,4 cm süllyedést jelent a felszínen a garanciális idő végén!

$\Phi=1/e$	Trg%=85	Trg%=90	Trg%=95	Trg%=97
Felvett tömörségi fok változás %	13	8	3	1
Süllyedés cm/25cm réteg	3,5	2,2	0,8	0,3
Süllyedés cm/ 0,5m visszatöltés	7,1	4,4	1,6	0,5
Süllyedés cm/1m visszatöltés	14,1	8,7	3,3	1,1
Süllyedés cm/ 2m visszatöltés	28,3	17,4	6,5	2,2

1 sz. táblázat Tömörödés miatti süllyedés mértéke

Az építés előtt már jól ismert, visszatöltésre használt anyag Proctor-vizsgálatának eredményei alapján tehát a várható süllyedés mértéke becsülhető. Fentiekből következik az is, hogy a nagyobb töltésmagasságoknál tapasztalt süllyedés oka nem csak altalajprobléma, hanem a földmű utántömörödése is. Példánk egyszerűsített módon mutatta be a probléma kezelését, mely időben és térben is tovább parcionálható.

## 5. Összefoglalás

A földmű építése során a tömörség a legfontosabb jellemző, amit biztosítani szükséges. Az épített minőség tanúsítása során az alkalmazott mérések pontossága, jósága döntően kihat azok megítélésére. A vasúti-, közúti-, vízépítési földműveken, műtárgyak és helyreállítások környékén tapasztalt lokális megsüllyedések elkerülése régóta foglalkoztatja a szakmát, hatékonyabb módszereket keresve a tömörítés módjára, meghatározására, minősítésére. Jól látható ez a törekvés világszerte, az egyre szigorodó határértékekben, melyek mind a tömörségi fok, mind a teherbírási előírások emelkedésében nyomon követhető.

A B&C dinamikus tömörségmérés alkalmazása indokolt valamennyi esetben, valamennyi rétegre, ahol kisebb mérési szórás, pontosabb mérési eredmény szükséges. Fontos hangsúlyozni, hogy a dinamikus tömörségmérés két fő összetevőjéből, a helyszíni relatív tömörség ( $T_{re}\%$ ) a tömörítés hatékonyságát mutatja, míg a  $T_{rw}$  nedvességkorrekciós tényező az anyag víztartalmának megfelelőségét, eltérését az optimálistól. A helyszínen tehát a tömörítés még korrigálható, ha közben mérünk.

Bemutattuk, mit jelent az utántömörödésben a tömörségi fok „néhány százalékos” emelkedése a gyakorlatban. Két méteres visszatöltés magasságnál a 90%-ról 98%-ra való után-tömörödés 17,4 cm süllyedést jelent a felszínen, mely egyenlő a biztos burkolatbeszakadással. Ebből következik, hogy a

süllyedés elkerülésére a jelenlegi előírások alkalmatlanok, azok átdolgozása, szigorítása szükséges.



Sajnálatos, hogy mind a mérési pontatlanság, mind az után-tömörödésből származó süllyedési alakváltozás egy irányban hat, nevezetesen az épített földmű minőségének rovására, mely a süllyedés bekövetkezéséhez vezet:

- Konszolidációra rendelkezésre álló idő a diktált határidő miatt egyre rövidebb
- a valós tömörödésből jelentős süllyedések adódnak a garanciális időszak végére
- a választott mérési módszer jelentősen befolyásolja a probléma pontos előrejelzését
- azt a módszert kellene alkalmazni a tömörségmérésre, amelyik jobb és pontosabb
- minősítéskor kerülni kell a közelítő, pontatlan mérési módszereket

A B&C berendezéssel végzett dinamikus tömörségmérés elég pontos ahhoz, hogy megszüntesse, csökkentse a jelenlegi süllyedési veszélyt, a burkolat-deformálódási problémát, mely egyaránt érdeke a Beruházónak, Kivitelezőnek, Fenntartónak és persze nem utolsó sorban az adófizető állampolgároknak.

Mit kell ennek érdekében tudni?

**Milyen gyakran kell mérni a tömörséget és a teherbírás közmű helyreállításokon?**

- A tömörséget 0,5m vastag rétegenként/50fm gyakorisággal kell tanúsítani minden megkezdett árokra, de minimálisan 3 db tömörségmérés szükséges munkaárkonként. A földmútükör felső részén tehát minimum 3, a homokoskavics védőrétegen további 1 tömörségmérést kell végezni. Ha a helyreállítás pl. 1,5m mély és < 50m hosszú akkor a

visszatöltésre 0,5 m-ként 1 tömörséget (3 db) + a védőrétegen 1 db tömörséget kell mérni.

- Teherbírás a földmű felső részén 1 helyen, és a védőrétegen 1 helyen, azaz összesen 2 helyen kell tanúsítani. Közvetlenül a cső fölött csak az első 0,5m réteg utáni rétegen szabad csak tömöríteni és mérni, hogy ne sérüljön.

**Mi legyen az előírt tömörségi fok értéke?**

- Az ÚT 2-1.222 földmű tervezési ÚME 90-92% tömörségi fok előírást tartalmaz. Ez mindenképpen kevés, még ha csak alsó határérték jelleget elfogadjuk, akkor is. Emiatt a visszatöltésben is közel azt a tömörséget javasoljuk, mint amit a védőrétegnél alkalmazunk.
- A megfelelő tömörség csak akkor állítható elő, ha az anyag víztartalma az optimális víztartalom környékén mozog, ezért azt is mérni kell ( $w_{opt} \pm 3\%$ ).
- Javasolt tömörségi előírás visszatöltésekre, földmunkára az anyag Proctor  $\rho_{dmax}$  legnagyobb száraz sűrűségének\* függvényében:

Proctor – sűrűség	$\rho_{dmax} \geq 1,85$ g/cm <sup>3</sup>	1,85 – 1,75 g/cm <sup>3</sup>	< 1,75 g/cm <sup>3</sup>
0,5m visszatöltés rétegen	Trd% > <b>95 %</b> (új)	Trd% > <b>97 %</b> (új)	Trd% > 98 %
HK védőrétegen	Trd% > <b>96 %</b>	Trd% > <b>98 %</b>	-

\*Proctor sűrűséget az MSZ EN 13286-2 szabvány 7.4 pontja szerint kell meghatározni.

**Mekkora legyen a földmű felső rétegen az előírt teherbírás értéke?**

- A közmű helyreállításokon a statikus teherbírás mérést ( $E_2$ ) általában elhagyják, mert ellensúlyt igényel és rendkívül körülményes a mérése. Az ÚT 2-2.124 dinamikus tömörség és teherbírás mérés azonban egy méréssel nem csak a tömörséget, hanem a dinamikus teherbírás  $E_d$  (MPa) is méri, azaz egyszerűen és biztonságosan meghatározható a dinamikus teherbírás!

- Az ÚT 2-1.222 földmű *tervezési* ÚME a *tervezési* teherbírési értékeket tartalmazza, míg az ÚT 2-1.202 Útügyi Műszaki Előírás 5.1 táblázata az *eltakarás előtti* értékeket. Javasolt tehát ezeket előírni és teljesíteni. A javasolt teherbírési előírás visszatöltésekre, földművekre az ÚT 2-1.202 5.1 táblázat szerint\*:

Töltéstest felső 50cm-en	<b><math>E_d &gt; 60</math> MPa</b> (vagy $E_2 > 50$ MPa statikus)
HK védőrétegen, fagyvédő rétegen	<b><math>E_d &gt; 78</math> MPa</b> (vagy $E_2 > 65$ MPa statikus)

\*Az eltakarás előtti teherbírési előírást kell figyelembe venni és nem a tervezési modulust.

### Mitől biztos a dinamikus tömörségmérési módszer?

- Mert 10kg súlyt 72cm-ről ejtünk le, ami 163mm átmérőjű tárcsa teherátadó golyójára 707 kp erővel üt rá, 10-18 alkalommal. Ha ennek hatására már nem jön létre süllyedés a vizsgált rétegen, akkor az a forgalom alatt később sem fog megsüllyedni. A kis tárcsaátmérő miatt a mérés akár csatornaaknak mellett, vagy szűk munkaárokban is könnyedén elvégezhető.

### Mire vállalható garancia?

- Minden kivitelező garanciát vállal, hogy a garanciális idő alatti süllyedést kijavítja. A most javasolt teherbírési értékeket és megemelt tömörségi előírásokat alkalmazva, az ÚT 2-2.124 dinamikus tömörség- és teherbírás mérési módszerrel mérve, **garancia vállalható arra, hogy nem következik be megsüllyedés** egy szakszerű építés után a garanciális idő alatt.

## Irodalomjegyzék

MSZ 15320 Földművek tömörségének meghatározása radioizotópos módszerrel  
MSZ EN 13286-2 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek 2. Vizsgálati módszerek a laboratóriumi viszonyítási térfogatsűrűség és víztartalom meghatározására. Proctor-tömörítés.  
CEN-WA 15846 Measuring Method for Dynamic Compactness & Bearing Capacity with SP-LFWD  
ÚT 2-2.124 Dinamikus tömörség és teherbírás mérés kistárcsás könnyűejtsúlyos berendezéssel

METRÓBER: ER-TRG01 Ellenőrzési rendszer próbatömörítések végrehajtására és értékelésére az M7 Zamárdi – Balatonszárszó szakszán. Mérnöki Eljárási Utasítás. p.:10

Report on usage of Andreas dynamic load bearing capacity and compactness deflectometer) - University of Ljubljana Katedra za mehaniko tal z laboratorijem  
Comparison of B&C LFWD and sand filling method – Ms. Panarat – Ramkhamhaeng University, Thailand  
Dr Pusztai József – Dr Imre Emőke – Dr Lőrincz János – Subert István – Trang Quoc Phong: Nagyfelületű, dinamikus tömörségmérés kifejlesztése helyazonosítással és a tömörítő hengerek süllyedésének folyamatos helyszíni mérésével. COLAS jelentés 2007.  
Subert I. - Phong T.Q.: Tömörégi fok átszámítása egyszerűsített és módosított Proctor-vizsgálatok között. Közlekedésepítési Szemle 2009 július. p:24-29, f:7  
Subert I. - Phong T.Q.: Izotópos és dinamikus tömörségi fok mérések szórásanalízise Közlekedésepítési Szemle 2009 április. p:23-27, f:2, t:3  
Subert I. - Phong T.Q.: Proctor-vizsgálatok új értelmezési lehetőségei. Mélyépítéstudományi Szemle 2007

Király Á. - Morvay Z.: Földmunkák minősítő vizsgálatainak hatékonysági kérdései Magyarországon  
Subert: Method for measuring Compactness-rate with New Dynamic LFWD. XIII. Danube-European Conference on Geotechnical Engineering Ljubljana, Slovenia, 2006

Subert I.: „Dinamikus tömörségmérés a hazai autópályákon és városi helyreállításokon” Geotechnika Konferencia 2006 Ráckeve. (2006. október 17-18.)

Fáy M. - Király Á.: - Subert I.: Közúti forgalom igénybevételének modellezése új, dinamikus tömörség- és teherbírás-méréssel. Városi Közlekedés 2006  
Fáy M. - Király Á.: - Subert I.: Egy földmű-tömörégi anomália feltárása és megoldása. Mélyépítéstudományi Szemle 2006

Subert I.: „Dinamikus tömörségmérés aktuális kérdései. A dinamikus tömörség mérés újabb tapasztalatai” Geotechnika Konferencia 2005 Ráckeve. (2005. október 18-20.)

Subert I.: „Új, környezetkímélő, gazdaságos mérőeszközök a közlekedésepítésben” Geotechnika Konferencia 2004 Ráckeve. (2004. október 26-27.)

Subert I.: „A dinamikus tömörség- és teherbírás-mérés újabb paraméterei és a modulusok átszámíthatósági kérdései” Közúti és mélyépítési szemle 55. évf. 2005. 1. sz. (5 oldal)

Subert I.: „B&C dinamikus tömörségmérés” Mélyépítés 2004 október-december (p.:38-39).

Subert I.: B&C – egy hasznos társ Magyar Építő Fórum 2004/25 szám (p.:36. oldal).