

Ellenőrzési Rendszer

Próbabeépítések kialakításának feltételei és a mérési módszerek pontosságának meghatározása

Subert István

1.) Bevezető, előzmények

A Magyar Közút és a Nemzeti Autópálya Rt tendereiben és azok kivitelezésében a próbabeépítések kialakítására és végrehajtására, a szükséges mérések elvégzésére vonatkozó eljárásra az ÚTLAB és MK kidolgozta azt a rendszert, mely a rendkívül magas minőségi követelmények teljesítéséhez szükséges kialakítási és mérési módszerek megbízhatóságát és pontosságát nagy mintaszámmal, párhuzamos vizsgálatokkal meghatározza, az eredményeket értékeli és összehasonlítja, az autópálya építéseknél történő hasznosíthatóság érdekében.

A próbabeépítés a tervezett réteg, anyagtípus beépítési alkalmasságának elbírálása, eredménye a szükséges terítési rétegvastagságok, hengerlés típusa, szükséges járatszámok és anyag beépítési víztartalmi határok megadása és rögzítése a beépítési technológia véglegesítéséhez, valamint az MMT-ben minősítő vizsgálatként alkalmazandó szabványos mérések kiválasztása azok megbízhatósága és mért eredményeik alapján.

Jelen ellenőrzési rendszert Mérnök felügyeli és alkalmazza, mely szabályozza a próbabeépítés előkészítését, a mérések számát és végrehajtásának módját, szabályait, az eredmények kiértékelését, annak körülményeit és statisztikai vizsgálati terjedelmet, a mérési megbízhatóság megadásának módját, illetve a próbabeépítés dokumentálásának minimálisan szükséges tartalmát.

2.) Ellenőrzési rendszer elemei, követelmények

Az ellenőrzési rendszer elemei, részei, a vizsgálatok előkészítése, az alkalmassági vizsgálatok, a próbatömörítések, mérések, és az értékelés végrehajtása.

Minden anyagtípusra, minden rétegre külön-külön próbabeépítést kell végezni, mellyel **a tenderrel egyezően legfőbb 50.000m² felület, földmű esetén 50.000m³ jellemezhető.**

Az ellenőrzési rendszer felhasználta a korábban kidolgozott, próbabeépítések és próbatömörítések végrehajtásának és értékelésének szabályozására kidolgozott általános szabványos irányelveket.

2.1.) A próbabeépítés előkészítése, mérési feltételek

A vizsgálatokat csak kalibrált, vagy hitelesített mérőeszközökkel, KTI jártassági vizsgálatokkal rendelkező- és ÚTLAB tanfolyamot elvégzett személyzettel lehet elvégezni.

A helyszíni és laboratóriumi vizsgálati eszközöket a mérések elvégzése előtt fokozottan ellenőrizni kell azok kalibráltsága, működőképessége és pontossága tekintetében, melyért a laboratórium vezetői felelősek.

A kivitelező által megbízott laboratórium és a kontroll vizsgáló laboratórium a tervezett mérésekre használni szánt műszereikre a próbabeépítés megkezdésekor, de évente legalább egyszer végezzen összehasonlító méréseket és ellenőrizze azokat saját előírásaik szerint (kalibráció, feltöltöttség, saját tesztek).

A vizsgálatokat az érvényes MSZ-EN, MSZ, vagy Útügyi Műszaki Előírás alapján kell elvégezni, kivéve a Proctor vizsgálatot, melynél jelen szabályozásban részletezett módon, minimum öt Proctor ponttal kell elkészíteni.

A vizsgálatok részeredményeit és jegyzőkönyveit a laborok saját belső ellenőrzésük rendje szerint, a kiadás előtt ellenőrizni kötelesek. Kétséges, vagy bizonytalan adatot feltűnően meg kell jelölni és az értékelésből ki kell hagyni.

A Vállalkozói és Kontroll labor vizsgálataiban *viszonyítási sűrűségként* az elfogadott alkalmassági vizsgálat adatait kell használni mindaddig, amíg a helyszíni mintavétel eredményei el nem készülnek. A próbabeépítés során vett minta Proctor-vizsgálatának eredményei nem vonhatók össze az előzetes alkalmassági vizsgálat eredményeivel és a kiértékelésben ezeket kell felhasználni.

A *próbabeépítés dokumentációját* a Vállalkozói laboratórium a vizsgálati jegyzőkönyvek alapján állítja ki és küldi meg Mérnöknek. A független kontroll labor mérési adatai az ismételhetőség reprezentálására kerülhetnek felhasználásra és a Mérnök által végzett értékelésben a vizsgálati eredmények kontrollját jelentik, az *ismételhetőségi tartomány* megadásával.

A vizsgálatok helyének előkészítését – a próbatömörítés szabályainak megfelelően - a Vállalkozó (Konzorcium) végzi, a jelen szabályozás szerinti kialakításban és méretben. A tömörítéshez szükséges berendezések és gépek tekintetében biztosítani kell a jelen mellékletben előírt típusú gépeket és tömörítő eszközöket. Minden alkalmazott géptípus (locsolókocsik és a homogén terítés elvégzésére alkalmas gréder, stb) azonos kell legyen a beépítéskor majd használni tervezett géppel és berendezéssel.

Fentiek teljesítését Mérnök kell számon kérje és felülvizsgálja.

2.2.) A vizsgálatok minimálisan szükséges száma

A vizsgálatokat jelen szabályozásban előírt számban kell elvégezni, mely a statisztikai kiértékeléshez és megfelelő megbízhatósághoz, a párhozamos vizsgálatokhoz és a szórás megállapításához szükséges. A független minőség-ellenőrzés mérési adatai csak akkor értékelhetők önállóan, ha annak mérési száma a minimálisan szükséges, előírt darabszámot eléri, ellenkező esetben a várható érték azonosságának elfogadása esetén a vizsgálati halmazt csoport-elkülönítés nélkül növeli.

2.3.) A mérési eredmények kiértékelése

A vizsgálatokat jelen szabályozásban előírt számban elvégezve, a mérés jegyzőkönyveket és részeredményeket Mérnöknek a próbabeépítési dokumentáció mellékleteként át kell adni, a statisztikai kiértékelést és a megbízhatósági intervallumot megadva, az értékelő dokumentáció összefoglaló táblázatban. A mérés körülményeit a próbatömörítésre vonatkozó szabályok szerint rögzíteni szükséges.

Az értékelés kiterjed a alkalmazott mérések szórásának, ismételhetőségének és megbízhatósági tartományának meghatározására, illetve a várható érték azonosságának elfogadhatóságára. A megengedettnél nagyobb mértékű egyedi eltérés esetén az eltérés okát egyedi vizsgálódással kell elemezni, (például a Tt és a tömörödési alakváltozási görbék statisztikai és tendencia vizsgálatával). Az eltérésnél valószínűsíteni kell annak okát és az elfogadott eredményt.

2.4.) A mérési helyek kijelölése

A vizsgálatok helyének előkészítését – a próbatömörítés szabályainak megfelelően - a Kivitelező (Konzorcium) végzi. **Általánosságban** a próbatömörítés előkészítésénél és kialakításánál az ÚT 2-3.101:1992:M2 számú mellékletben leírtak szerint kell eljárni (lásd melléklet). A próbatömörítés célja az adott anyag (talaj) beépítésére alkalmas tömörítő-eszközök, járatszámok, terítési vastagság és beépítési víztartalom határok, valamint a tömörségellenőrzési vizsgálatok szórásának és várható értékének, megbízhatóságának biztonságos megállapítása.

3.) Laboratóriumi alkalmassági vizsgálatok

A próbabeépítés fogadó felületéből vett mintán - altalajon - előzetesen az MMT-ben előírt szükséges alkalmassági és azonosító vizsgálatokat el kell végezni, ezekből pedig a talajjellemzőket megadni. Ezek jellemzően: a természetes víztartalom, szemeloszlás (hidrometrálással kiegészítve), hézag nélküli sűrűség, laza halmazsűrűség, természetes víztartalom, sodrási határ, folyási határ, legalább valamint legalább 2db 5 pontos Proctor sorozat *három különböző helyről vett, és homogenizált, negyedelt mintán*, valamint szervesanyag-tartalom vizsgálat.

A tervezett próbabeépítés anyagának alkalmassági vizsgálatait szintén előzetesen el kell végezni. Ezek tartalmazzák a szabványban előírt valamennyi vizsgálatot, szükség esetén a vízfelvételi-, a <0,1 mm alatti rész aprózódási hajlamának vizsgálatát Proctor géppel, a mállásra való hajlam vizsgálatát főzési próbával, valamint $w=3\%$ -nál nagyobb vízfelvétel esetén a fagyállósági vizsgálatot. Kvarckavicsoknál sem a fagyállóság vizsgálat, sem mállási vizsgálat nem kell, az alacsony vízfelvétele miatt.

Megállapítandó és számítandó paraméterek a következők:

Talaj jellemzők: K-H-HL-I-A, d_{60} , d_{10} , U, I_p , I_c , w_L , w_p , w_t ,

ρ_s , S_r , $S_{0,8}$, $S_{0,9}$, $S_{1,0}$, ρ_{dmax} , w_{opt} , T_{rw} , I_{om} ,

murváknál továbbá: aprózódás<0,1mm alatt, mállás, vízfelvétel, fagyállóság

Ezeket az alkalmassági vizsgálatokat a beépíteni tervezett réteg anyagára előzetesen el kell végezni, és azok megfelelése esetén a próbatömörítés időpontjának kitűzése előtt Mérnöknek jóváhagyásra Mérnöknek bemutatni.

A Proctor-vizsgálatok ρ_{dmax} és w_{opt} értékeit a hagyományos 5 pontos értékelés mellett az összesített adatokból is meg kell meghatározni. A Proctor-görbéből előzetesen meg kell határozni a T_{rw} , és a viszonyítási sűrűség ρ_{dmax} és w_{opt} értékeit.

4.) A tömörítés helyszíne, kialakítása

A próbatömörítés helyszínét úgy kell megválasztani, hogy az reprezentálja a várható beépítési körülményeket, ugyanakkor jól megközelíthető legyen és biztosítson elegendő szabad teret a laboratóriumi eszközök, gépkocsik és személyzet biztonságos elhelyezése és munkavégzése érdekében. A próbatömörítésen résztvevőkre a beépítésre általában előírt biztonsági- és óvó rendszabályok betartása kötelező.

A helyszín legyen megfelelően víztelenített és homogén felületű. A próbatömörítés szakaszát úgy kell kijelölni, hogy három tömörítési henger szélességű és legalább 15-20m hosszúságú legyen egy terítési vastagságú szakasz. A tervezett próbatömörítési anyag-réteg vastagága 20 – 30 cm közöttire választható, de az egész szakaszon egyenletes vastagságú kell legyen. A próbaszakasz hosszát úgy kell kijelölni, hogy azon egymástól 3-5m körüli távolsággal három mérési keresztzelvényben legyen alkalmas a szükséges mérések elvégzésére.

Az altalaj (földmű-tükör, fogadó felület) előkészítése:

Az altalaj (földmű-tükör, fogadó felület) felülete legyen egyenletes, frissen vágott, kellően tömörített és megfelelő vízelvezetésű. Az altalajt az előkészítés részeként tömöríteni kell.

4.1. A fogadó felületen szükséges ellenőrző mérések és vizsgálatok

A tömörített altalajon a kijelölt próbabeépítési szakasz végétől 3-5m-re illetve ezeket megközelítve keresztirányban ki kell jelölni a három mérési keresztzelvényt és azt a széleken karókkal megjelölni, hogy a fogadó felület eltakarása után is pontosan azonosítható legyen a

szelvény. A fogadó felületen és a tömörített rétegen ugyanabban a keresztmetszvényben kell mérni.

A legalább három tömörítő-henger szélességű keresztmetszvényben ezután 1,0m hosszúságon belüli a sávban teljes szélességben egyenletesen elosztva, az előírt alábbi vizsgálatok elvégzése szükséges laboronként:

- MSZ 2509-3 statikus teherbírás mérés 2 db/mérési szelvény (E_1, E_2, T_t)
- ÚT2-3.103 izotópos tömörség mérés 3 db/ szelvény ($\rho_n, w_{tiz}, Trp\%$)
- víztartalom meghatározása az izotópos mérőeszközzel (a tömörségmérés helyén, minden mérési ponton),
- laboratóriumi visszazárítással (a mérés helyén, minden mérési ponton),
- helyszíni víztartalom mérővel ha azt Vállalkozói labor alkalmazni kívánja (a tömörségmérés helyén, minden mérési ponton),
- ÚT2-2.124 dinamikus tömörség- és teherbírás 3x2db/ szelvény (mértékadó eredmény), ($E_{dM}, E_{dvégM}, T_{rEM}\%, T_{rw}$ és $T_{rdM}\%$)
- Mérnök által előírt további vizsgálat lehet a homokkitöltéses, vagy kiszűrő-hengeres térfogatsűrűség meghatározás és/vagy helyszíni Proctor-vizsgálat elvégzése.

A jkv készítéséhez a laboratóriumban mért víztartalmat kell alapul venni. A mérések befejezésekor mindig mintát kell venni legalább két sorozat laboratóriumi Proctor vizsgálat és a víztartalom vizsgálat elvégzésére.

Mérések dokumentálása:

A mérési szelvényenként a mért vizsgálati eredményeket ezután átlagolni kell, majd összevonni a teljes szakaszra. A teljes próbabeépítés hosszára összesen legalább 3 mérési kereszt-szelvényt kell végigmérni, mely hiba, vagy nagy szórás (eltérés) észlelése esetén egy további keresztmetszvényel Mérnök döntése szerint kibővíthet.

A mérései jegyzőkönyvek számításakor, készítésekor és értékelésekor a feldolgozásban, mindig a valós (visszazárított) laboratóriumi víztartalmat és a 2*5 pontos módszerrel meghatározott, a próbabeépítéskor vett talajminta vizsgálatából származó Proctor jellemzőket ($\rho_{dmax}, w_{opt}, T_{rw}$) kell figyelembe venni, minden mérésnél (izotópos, dinamikus tömörség mérésnél is).

4.2.) Vizsgált felület helyszíni mérései

A próbatömörítés akkor kezdhető el, ha az altalajra az előzőek szerinti mérési eredmények egyenként és átlagosan is megfelelők és kielégítik a fogadófelületre előírt vonatkozó előírásokat.

Az első laza terítési vastagságot az anyagtól függően a tömör vastagságra kell választani, azt a lazulási faktoral ($\rho_{dmax}/\text{laza halmazsűrűség}$) felszorozva kell a terítendő vastagságot megállapítani. A terítést tolólapátos kotróval és/vagy gréderrel (de az építési folyamatban egyező géppel és módon) egyenletes vastagságban kell elvégezni és azt a jelen mellékletből választott hengerrel és járatszámmal tömöríteni. Az egyes talajtípusokra ajánlott hengertípusokat e melléklet tartalmazza.

Esetleges nedvesítést locsoló kocsival egyenletesen szórva, az első simítóhengerlés után kell végrehajtani, majd annak beszívódása után a tervezett tömörítést folytatni. A tömörítés utolsó hengerjárata előtt a felületet egyenletesre kell nyesni és simítóhengerrel lezárni.

A nedvesítésre kilocsolt víz mennyiségét tálca, vagy edény elhelyezésével mérni is szükséges. A nedvesítés utáni víztartalmat a teljes rétegvastagságból vett minta negyedelésével és mérésével kell megállapítani.

A próbatömörítésen mind az altalajon, mind az elterített és tömörített anyagrétegen az első dinamikus tömörségmérésnél a tárcsa elmozdítása nélkül ellenőrizni kell a megfelelő tömörítési munkát (ÚT2-2.124:2015 szerint). Az ugyanazon a helyen megismételt második BC mérés relatív dinamikus tömörségi fokának értéke el kell érje a $T_{rE}\%=98\%$ -ot, vagy a szabvány szerinti korrekciót kell alkalmazni.

4.2.1. Mérések és vizsgálatok a tömörítési járatok után

A mérések előtt a próbatömörítés anyagát, a tömörítés módját, járatszámát és körülményeit pontosan fel kell jegyezni. Mérni szükséges ezután mindhárom mérési keresztmetszetben, keresztmetszetenként azonos számban a 4.1. pontban megadott vizsgálatokat.

A dinamikus tömörségmérés értékéből meg kell állapítani a hengerlési munka határfokát. Ha a BC-vel mért $T_{rE}\%$ érték 97-98%-ot nem érte el, akkor további hengerléssel, vagy a hengerlési mód, típus változtatásával még fokozni, emelni lehet a tömörségi fokot, további hengerjáratokkal.

A terített tömör réteg vastagságát a mérések elvégzése után keresztszelvényenként egy-egy helyen, kézi munkával ki kell bontani és a réteg vastagságát 4 irányban +/-1cm pontossággal mérve, átlagképzéssel az adott keresztmetszet rétegvastagságát meghatározni.

Mérnök döntése szerint a tömörített réteg mérései elfogadhatók, vagy nagy eltérések esetén kiegészíthetők. Amennyiben szükséges további mérés, úgy a még változatlan rétegen egy további kereszt-szelvényben kell a pótméréseket elvégezni.

A dinamikus tömörség-és teherbírás párhuzamos méréseire az ÚT2-2.124 szerinti tőrési határokat kell alkalmazni. Az MSZ 2509/3 szerinti statikus teherbírás mérésre és az izotópos tömörség mérésre nincs előírás a párhuzamos vizsgálatok megengedett eltéréseire, ezért azoknál a +/-20%-nál nagyobb átlagtól való eltérés esetén a mérési szám növelése célszerű. Erről a próbatömörítés során, a helyszínen a Mérnök dönt.

4.2.2. További rétegek, rétegvastagságok és a tömörítési mód változtatása

A tömörítési mód változása esetén további, más típusú hengerrel vagy simító – vibro állás váltogatásával kell a réteget tovább tömöríteni a helyszínen választott technológia szerint, nedvesítéssel vagy a nélkül.

A rétegvastagság változtatását a próbabeépítési szakasz meghosszabbításával kell végezni, azonos kialakítási feltételekkel és az altalaj-jellemzők ellenőrzésével.

A hengerlés befejezésével az előbbi fejezet szerinti mérések elvégzése szükséges. Ügyelni kell arra, hogy a mérési eredmények jól azonosíthatók legyenek, és ne keveredhessenek. A mérések helyéről célszerű vázlatot mellékelni a próbatömörítési dokumentációhoz.

A rétegvastagság változtatása a próbatömörítési szakasz megtoldásával, vagy az addig megépített réteg teljes elbontásával és újraépítésével lehetséges. Mindkét esetben szükséges az altalajvizsgálatok újbóli megismétlése, ellenőrzése.

4.2.3. Kontroll mérések:

Az ellenőrzésre kijelölt független laboratórium mérési helyeit Mérnök jelöli ki. A mérési eredmények a próbatömörítés adatainak kiegészítésére, összehasonlítására az ismételtetés ellenőrzésére szolgál és a dokumentációban ekként szerepeltethető, de a laboratórium próbabeépítést értékelő eredményeibe nem vonható be.

Mérnöknek jogában áll a kellő mértékű tájékozódására, kontrollra további laboratóriumok felkérése párhuzamos vizsgálatokra, vagy saját (hasonlóan kalibrált) mérőeszköz használata.

Az izotópos tömörségi fok méréseinél a T_{rw} nedvességkorrekciós tényező ismeretében mindig ellenőrizni és számítani kell a $T_{REiz}\%$ értékét is, mely a hengerlés hatékonyságát jellemzi és 100% feletti érték esetén a mérés hibáját jelzi.

4.3. Próbátömörítés megszakítása, halasztott mérések

Ha a Próbabeépítést bármilyen okból meg kell szakítani, de a felületen később további méréseket akarunk végezni, akkor Mérnök a próbabeépítést nem befejezettek nyilváníthatja. Ekkor a teljes felületet fóliával esésirányban átlapolttoldással le kell takarni és felületét leterhelni, lécekkel letakarni, lesúlyozni. A területet a munkagépek előtt el kell korlátozni. Az így konzervált felületen egy-két hétig a mérések megismételhetők, vagy folytathatók.

5. Mérések értékelése, dokumentálása

A próbátömörítés értékelését Vállalkozói Laboratórium állítja össze, az alkalmassági vizsgálat, a próbabeépítés mérései alapján.

5.1. Mérési pontosság meghatározása

A próbabeépítési dokumentációnak tartalmaznia kell a mérések szórásából számított megbízhatósági intervallumot mérés típusonként, a következő feldolgozással, $p=90\%$ valószínűség ($\alpha=0,1$ szignifikanciaszint) mellett és a mintaszámtól függő Student-tényezővel:

| N mintaszám db | szabadsági fok (N-1) | Student tényező | Várható érték M (átlagtól való eltérés +/- Δ i) |
|----------------------|-------------------------|-----------------|---|
| 12 | 11 | 1,796 | $M= X \ +/-\Delta$ i |
| 9 | 8 | 1,860 | $M= X \ +/-\Delta$ i |
| 6 | 5 | 2,015 | $M= X \ +/-\Delta$ i |
| 3 | 2 | 2,920 | $M= X \ +/-\Delta$ i |
| 2 | 1 | 6,314 | $M= X \ +/-\Delta$ i |

Az egyes mérések pontosságának, megbízhatóságának meghatározása a próbabeépítés része, melyet az ÚT2-1.222:2007 ÜME előír, Mérnök pedig ennek meghatározását kell kérje.

5.1.2. Izotópos mérések mérési megbízhatóságának meghatározása:

A próba-beépítés kialakított szakaszon a mérések megkezdése előtt, egy szondalyukat kialakítva, a meghatározás módszere a következő. A műszert elhelyezve a szondát 20cm-re le kell engedni. Tetszőleges irányban, tetszőleges mértékben elforgatva, egy sorozatban 12 mérést kell végezni és leolvasni a nedves térfogatsűrűséget (ρ_n), valamint az ehhez tartozó víztartalmat ($w\%$). A kapott eredményből kiszámítjuk mindkét alapsokaság statisztikai jellemzőit (átlag, szórás, maximum, és minimum).

A mérés hibáját 90%-os megbízhatósággal, a kis mintaszámú statisztikai elemzéshez használatos Student-féle eloszlással, a következő képlettel számítjuk, a nedves sűrűségre és a víztartalomra külön-külön:

$$\Delta = \pm \frac{t \times S}{\sqrt{n}}$$

ahol:

s = a mérési sokaság alapszórása (standard deviáció) a mérési eredménynél ($T_{RE}\%$, és víztartalom)

$n=2$, mert egy izotópos mérést három különböző irányban mért részeredményből átlagolunk

$v=2$ szabadságfok (N-1)

$t = 6.314$ Student-féle tényező ($\nu=(n-1)=1$ szabadságfok és $\alpha = 0.1$ szignifikancia-szint mellett)

Fentiek szerint, számítjuk külön a $T_{rE}\%$ és külön a víztartalom hibáját, amely fenti képletből a például lehet a következő:

$$\Delta w = \pm 1,8$$

$$\Delta T_{rE}\% = \pm 4,2$$

Számítjuk a $\rho_n \text{ min}$, $\rho_n \text{ max}$ és $w\%_{\text{min}}$, $w\%_{\text{max}}$ értékeit (legnagyobb és legkisebb), számítjuk a száraz sűrűséget (mind a két nedves és mind a két víztartalommal)

$$\rho_{sz} = \frac{\rho_n}{1+w} \text{ képlettel}$$

majd a négy adatból a legnagyobb és legkisebb értéket (min- max) kiválasztjuk.

A Proctor legnagyobb sűrűség értékét a megengedett sűrűségváltozással $\pm 0,025 \text{ g/cm}^3$ számítva meghatározzuk a referenciasűrűség max-min értékét.

Például:

Ha $\rho_{\text{dmax-átlag}} = 1,98 \text{ g/cm}^3$ akkor $\rho_{\text{dmax-max}} = 2,01 \text{ g/cm}^3$ és a $\rho_{\text{dmax-min}} = 1,955 \text{ g/cm}^3$ értékű.

Az izotópos tömörségi fokot ezekből számítjuk (száraz sűrűség/ referenciasűrűség), majd a négy adatból a legnagyobb és legkisebb értéket (min- max) kiválasztjuk, ez a tömörségi fok terjedelme. Ennek fele a mérésre jellemző $\pm \Delta$ tömörségi fok mérési pontosság, adott szignifikanciaszint mellett.

Számítjuk fentiek szerint az adott izotópos műszerrel mért víztartalmakkal, majd a laboratóriumban mért víztartalmakkal. Ebből eldönthető, hogy a műszer alkalmas-e a víztartalom helyszíni mérésére, vagy visszaszáritással kell a minták víztartalmát meghatározni.

Hasonlóan számítható a kiszűrőhengeres módszerrel mért tömörségi fok mérési pontossága, a student-tényező megfelelő megválasztásával.

Hasonlóan számítható a mért víztartalom mérési pontossága külön, a student-tényező megfelelő megválasztásával.

5.1.3. Dinamikus tömörség mérések pontossága és mérési megbízhatóság meghatározása:

A próba-beépítés kialakított szakaszon a mérések megkezdése előtt 1 m^2 területet kijelölünk. A meghatározás módszere a következő. A BC műszer tárcsáját elhelyezve 9 mérést végzünk és le kell olvasni a mért relatív tömörségi fokot ($T_{rE}\%$), valamint az ehhez tartozó víztartalmat ($w\%$). A kapott eredményből kiszámítjuk az alap sokaságok statisztikai jellemzőit (átlag, szórás, maximum, és minimum).

A mérés hibáját 90%-os megbízhatósággal, a kis mintaszámú statisztikai elemzéshez használatos Student-féle eloszlással, a következő képlettel számítjuk, a $T_{rE}\%$ -re:

$$\Delta = \pm \frac{t \times S}{\sqrt{n}}$$

ahol:

s = a mérési sokaság alapszórása (standard deviáció) a mérési eredménynél ($S_{T_{rE}\%}$, és S_w víztartalom)

$n=2$, mert egy dinamikus mérést két mért részeredményből átlagolunk

$\nu=1$ szabadságfok ($N-1$)

$t = 6.314$ Student-féle tényező ($\nu=(n-1)=1$ szabadságfok és $\alpha = 0.1$ szignifikancia-szint mellett)

Fentiek szerint, számítjuk a $T_{rE}\%$ hibáját, amely fenti képletből a például a következő:

$$\Delta T_{rE}\% = \pm 1,4\%$$

A Proctor legnagyobb sűrűség értékét a megengedett sűrűségváltozással $\pm 0,025 \text{ g/cm}^3$ számítva meghatározzuk a Proctor-görbéből a referenciasűrűséghez tartozó víztartalom $\pm w\%$ eltérés értékét. Ebben a pontban leolvassuk az ehhez a víztartalomhoz tartozó száraz sűrűségeket és számítjuk $T_{rw1} - T_{rwmax}$ értékét.

Például:

Ha $\rho_{dmax-átlag} = 1,98 \text{ g/cm}^3$ akkor a $\rho_{dmax-min} = 1,955 \text{ g/cm}^3$ értékű, az ehhez tartozó $\Delta w\%$ víztartalom eltérés $\pm 3\%$, T_{rw1} értéke $1,96/2,01=0,975$ a Proctor görbéből, illetve a T_{rwmax} értéke=1.

Mivel $T_{rd}\% = T_{re}\% * T_{rw}$, meghatározzuk mind a négy $T_{rd}\%$ értéket, majd a négy adatból a legnagyobb és legkisebb értéket (min- max) kiválasztjuk, ez a dinamikus tömörségi fok terjedelme. Ennek fele a mérésre jellemző $\pm \Delta$ tömörségi fok mérési pontosság.

Például $T_{re}\%max=98,1$ $T_{re}\%min=94,9$ akkor $\Delta T_{re}\%=3,2$ mérési pontosság $\Delta T_{re}\%/2=1,6\%$

Számíthatjuk fentiek szerint az adott helyszíni víztartalom mérő műszerrel mért víztartalmakkal, majd a laboratóriumban visszaszárítással mért víztartalmakkal. Ebből eldönthető, hogy a víztartalom mérő műszer alkalmas-e a víztartalom helyszíni mérésére, vagy visszaszárítással kell a minták víztartalmát meghatározni.

5.1.4. Egyéb mérések pontossága és mérési megbízhatóságuk meghatározása:

A statikus teherbírás mérés, a homok-kitöltéses mérés, ágyazási együttható stb nem ismételtetű meg azonos helyen, ezeket a próba-beépítés összes méréseiből számított átlaggal és szórással jellemezhetjük. A meghatározás módszere alkalmazható ezekre is, a Student tényező megfelelő megválasztásával. Ekkor a próbabeépítésre kapott, adott mérési eredmény megbízhatósági tartománya azt mutatja, hogy az előírt határérték teljesülése milyen tartományban lehetséges. Ha például feltétel, hogy a legkisebb érték is haladja meg az előírt határértéket, akkor ennek alapján előírható a mérés eltakarás előtt mérendő átlaga.

5.2. Probabeépítés méréseinek értékelése

A méréseket mindhárom mérési szelvényben (a szükséges számban) elvégezve, meg kell állapítani a szakasz és réteg eredményeinek homogenitását (átlagát, szórását, minimumát és maximális értékét).

Az értékelésnek tartalmaznia kell méréstípusonként a laborok és mérések azonosíthatóságára vonatkozó adatokat, valamint a főbb statisztikai jellemzőket, mint átlag, szórás, relatív szórás, minimum, maximum, mintaszám, Student-tényező $\alpha=0,1$ szignifikanciaszinten, várható érték tartománya. Az elemzés és értékelés legalább az alábbi jellemzőkre kell kitérjen:

- Statikus teherbírás mérés – dinamikus teherbírás mérés
- Izotópos tömörségi fok – dinamikus tömörségi fok
- Izotópos tömörségi relatív tömörségi fok - dinamikus tömörség relatív tömörségi fok
- Izotópos víztartalom – laboratóriumi víztartalom – műszerrel mért víztartalom

Az értékelés fő következtetése a várható értékek azonosságának elfogadása, vagy elutasítása, melyet az alkalmazott szignifikanciaszint és mintaszám megadása mellett kell számítani és megadni. Általában a hibával kevésbé terhelt, nagyobb mintaszámmal meghatározott Proctor-jellemzőket (ρ_{dmax} , W_{opt} , T_{rw}) kell összehasonlításra használni.

Az izotópos tömörségi fok egy mérési keresztmetszetben mért átlaga és a dinamikus tömörségmérés átlagának jelentősebb ($>3Trg\%$ -os) eltérése esetén az eltérés okát egyedileg is elemezni kell és meg kell határozni az eltérés valószínűsíthető okát. Ehhez ellenőrizni kell a nedves sűrűség három izotópos részeredményének egyezőségét és szórását, a mért víztartalmat és a valós (laboratóriumi visszaszárítással meghatározott) víztartalmat, a T_t értékéből valószínűsíthető tömörségi állapotot és az azonos helyen mért dinamikus tömörségmérés(ek) görbéjét (a helyszínen is kinyomtatható). A T_{rw} nedvességkorrekciós tényező ismeretében mindig ellenőrizni és számítani kell a relatív izotópos tömörségi fokból is a $TrEiz\%$ értékét is, mely

a hengerlés hatékonyságát jellemzi és 100% feletti érték esetén az izotópos mérés esetleges durva hibáját kimutatni képes.

A próbabeépítés értékelését és összefoglalását Mérnök havi minőség-ellenőrzés formájában Megrendelő NA Rt felé jelentésében foglalja össze és fogadja el, vagy ismétlését előírhatja.

5.3. Próbátömörítési dokumentáció tartalmi követelményei

Egy anyag típusra egy dokumentáció készíthető. Minden dokumentáció tartozéka mellékletként az altalaj (földműtűkör, vagy fogadófelület) alkalmassági vizsgálatának és helyszíni méréseinek értékelése (még ha az azonos) is.

A próbátömörítési dokumentáció összefoglaló táblázatban kell megadja a fő azonosító adatok feltüntetésével a lényeges vizsgálati eredményeket és azok statisztikai jellemzőit (átlag, szórás, minimum, maximum, mintaszám), illetve mellékletében elkülönülten kell tartalmazza az altalaj, illetve anyagréteg vizsgálatok jegyzőkönyveit, melynek alapján a dokumentáció táblázatait kiállították.

A próbabeépítési dokumentáció értékelje a próbabeépítést, tapasztalatait és tegyen javaslatot az előírt határértékeket kielégítő szerkezeti réteg megépítéséhez a **javasolt mérési módszer, a választott anyag, terítési laza és tömör rétegvastagság, és a tömörítési technológiai adataira, mint az alkalmazandó tömörítőhengerek típusai, járatszáma, valamint a szükséges beépítési víztartalom határokra.**

A dokumentációnak tartalmazni kell azokat az anyagra jellemző és a gyártásközi vizsgálatokban figyelemmel kísért tűréshatárokat, valamint a ρ_{dmax} megengedett intervallumát (általában +/-0,025), melynek nem teljesülése esetén már új próbátömörítés elvégzése szükséges.

A próbabeépítés során tapasztaltak, valamint a próbátömörítési dokumentáció és az összesített értékelés alapján Mérnök dönt a további kontroll és minősítő tömörségmérés típusáról, melyre a javaslatétel a Tenderrel való egyezés esetén a Vállalkozót illeti. Az így kiválasztott vizsgálatokat kell az MMT-ben vizsgálati módszerként alkalmazni és a földmunkák minősítését elvégezni.

6.) Alkalmazott szabványok, előírások jegyzéke

(tenderkiírás szerint)

7.) Mellékletek

LABOR NEVE**PRÓBATÖMÖRÍTÉS HELYSZÍNI ÖSSZESÍTŐ**

... AUTÓPÁLYA ... SZAKASZ

Próbatömörítés helye: + ... kmsz -+ ... kmsz/azonosító:

Dátum 1.próbatömörítési szelvény: + ...kmsz 2.próbatömörítési szelvény: + ...kmsz 3.próbatömörítési szelvény: + ...kmsz **ALTALAJ****ALKALMASSÁGI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK**

Talajjellemzők:

K: H: HL: I: A: d₆₀: d₁₀: U: Ip: Ic: wt: w_L: w_p: ρ_s: S_r: S_{0,8}: S_{0,9}: S_{1,0}: I_{om} mellékelveρ_{dmax}= w_{opt}= T_{rw} táblázat mellékelve ρ_{d 95%}= ρ_{d 90%}= ρ_{d 85%}=**HELYSZÍNI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK**Hengerjárat és mód g=gumikerekű / v=vibro/ s=statikus acélköpenyes / j2=járat 2Rétegvastagság: cm laza, mért tömör cm:

| WTM | Statikus teherbírás | | | BC | Izotópos tömörség mérés | | | | | BC dinamikus tömörség-mérés | | | | | |
|-----|---------------------|----------------|----------------|----|-------------------------|------|-----|----------------|-----------------|-----------------------------|-----|-------|-------|-------|---------|
| | E ₁ | E ₂ | T _t | | Ed | Szám | wiz | ρ _n | ρ _{sz} | Trp % | Trw | TrE % | Trd % | Trd % | Jellege |
| | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1/1 |
| | | | | | | 2 | | | | | | | | | >98 |
| | | | | | | 3 | | | | | | | | | >99 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 1/2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 2/1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 2/2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 3/1 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 3/2 |
| | | | | | | | | | | | | | | | ../3 |
| | | | | | | | | | | | | | | | ../3 |

Egyéb mérések: kiszúróhenger , homokszórás , helyszíni proctor Locsolás mennyisége:

Megjegyzés, mérési helyek vázlata: