

Taivo-Ahti Adamson

Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhised
Kinnitatud Maanteeameti peadirektori käskkirjaga nr 264 29.12.2006
Peatükk 2.10. Pinnase tiheduse kontroll – lõik 2.10.3 kuni 2.10.4

EKSPERTARVAMUS

1 Juhendi ekspertiisi objektiks olevate punktide sisu

Juhise ekspertiisi objektiks olevad punktid käsitlevad liivpinnase tihendusteguri K_t määramist Loadman või Inspektor tüüpi katseseadmega. Väljavõte juhisest:

„2.10.3. Teades liivpinnase kihil Loadmani või Inspektori mõõtmistulemuste alusel arvutatud tihedusnäitajat, on võimalik selle alusel arvutada sama liivpinnasekihi tihendustegur K_t kasutades järgmiseid seoseid:

- Loadmani kasutamisel: $K_t = -0,1537 \cdot T_L + 1,1712$,

kus:

K_t - tihendustegur

T_L - Loadmani mõõtmistulemuste alusel arvutatud tihedusnäitaja

- Inspektori kasutamisel: $K_t = -0,1264 \cdot T_I + 1,1449$,

kus:

K_t - tihendustegur

T_I - Inspektori mõõtmistulemuste alusel arvutatud tihedusnäitaja“

Sealjuures on:

„Tihedusnäitaja T – Loadmani või Inspektori mõõtmistsükli 3 viimase mõõtmistulemuse (6-s, 7-s ja 8-s) keskmise ($\Sigma E/3$) ja teisena mõõdetud elastsusmooduli ($E(2)$) suhe ($T = \Sigma E/3 / E(2)$)“

„Tihendustegur K_t - pinnaseskeleti tegeliku tiheduse suhe sama pinnaseskeleti maksimaaltihedusse standardsel Proctorteimil.“

2 Juhendi ekspertiisi objektiks olevate punktide 2.10.3 kuni 2.10.4 teaduslik põhjendus

Kõne all olevad punktid on koostatud TTÜ 2005.a. uurimistöö tulemustele tuginedes. Uurimistöö käigus tihendati flotoliiva, kruusast liiva ja Männiku liiva pinnasekastis. Tihendamise eri faasis katsetati pinnaseid Loadman ja Inspektor seadmega, ning määrati tihedus lõikerõngaga.

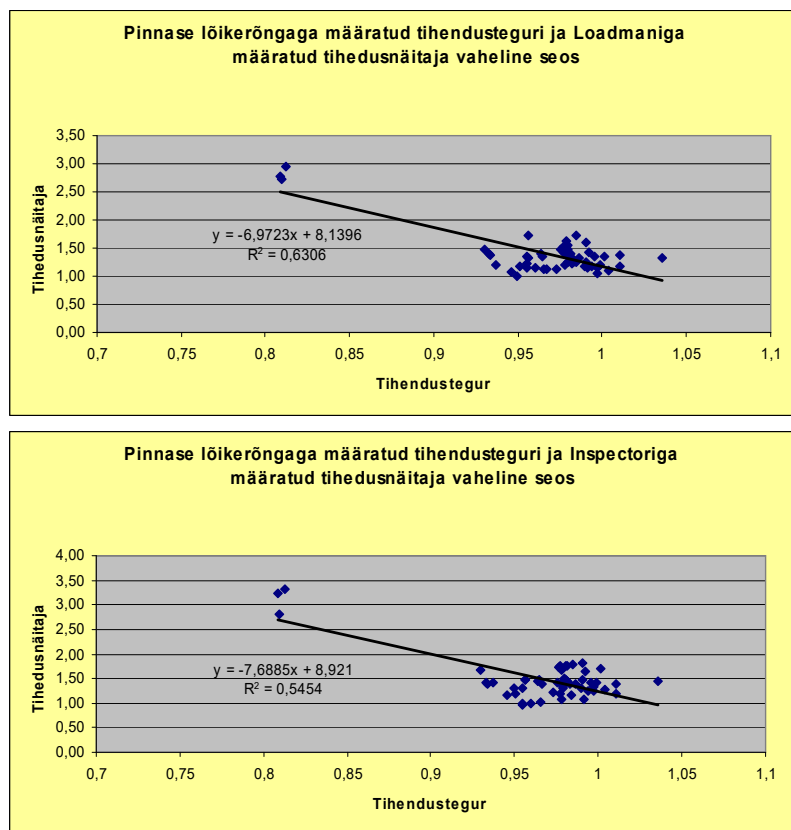
Flotoliiva tihendati 1, 2, 3, 4 ja 5 rulli ülesõiduga. Iga ülesõidu järel teostati katsed ja võeti proovid.

Kruusast liiva 1, 2, 3, 4, 5, 10 ja 15 rulli ülesõiduga. Iga ülesõidu järel teostati katsed ja võeti proovid.

Männiku liiva 1, 2, 3, 4 ja 5 rulli ülesõiduga. Iga ülesõidu järel teostati katsed ja võeti proovid. Lisaks tehti katsed ja võeti proovid tihendata (0 rulli ülesõitu) Männiku liival.

Juhendi aluseks on uurimistöö järgmine järeldus:

„Rahuldava tulemuse annavad seosed Loadmani ja Inspectoriga määratud tihedusnäitajate ja lõikerõngaga võetud proovidele määratud tihendustegurite vahel (Loadmaniga $R^2=0,63$, Inspectoriga $R^2=0,54$) (joonis 4.28).

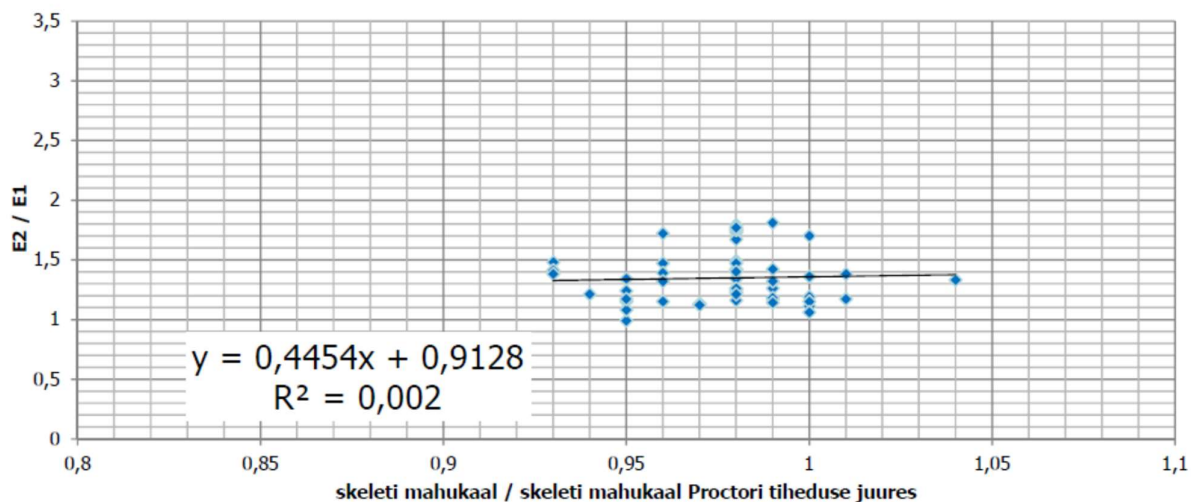


Joonis 4.28 Liivpinnase kihi Loadmani ja Inspectoriga määratud tihedusnäitajate ja lõikerõngaga võetud proovidele määratud tihendustegurite vaheline seos.

3 TTÜ 2005.a. teadusuuringu järelduste kriitiline analüüs

TTÜ uuringut juhtinud A. Aaviku käest saadi analüüsi aluseks olnud originaalkatseandmed tabelitena, so. järgnev analüüs tugineb samale katseandmete kogumile, millele tugines TTÜ 2005 uuring.

Esmalt tehti analüüs kuhu kaasati kõik katsed, mis olid tehtud liival mida oli tihendatud vähemalt 1 rulli ülesõiduga – Joonis 1. Selgus, et liival mida oli tihendatud vähemalt 1 rulli ülesõiduga, ei ole seost Inspectoriga määratud tihedusnäitaja ja tihendusteguri vahel ($R^2 = 0,002$).



Joonis 1. Seos Inspektoriga määratud tihedusnäitaja ($E2/E1$) ja tihendusteguri (skeleti mahukaal/skeleti mahukaal Proctori tiheduse juures) vahel juhul kui tihendamine on toimunud vähemalt 1 rulli ülesõiduga. Seose tugevus $R^2 = 0,002$ tähendab, et seost ei ole.

Edasi lisati analüüsitud andmekogumisse 3 katse tulemused Männiku liivaga täidetud pinnasekastis, mis saadi enne liiva tihendamist (Joonis 2). Regressioonanalüüs näitab sarnase tugevusega ja valemiga seost, kui saadi 2005.a. TTÜ uurimistöös.

Kahe andmekogumi analüüsi kõrvutamisel hakkab silma, et:

- seos liiva tihedusnäitaja ja tihendusteguri vahel on kontrollitud tihendamata liiva katsetamisel saadud andmete poolt.
- tihendatud liival puudub seos tihedusnäitaja ja tihendusteguri vahel.
- tihendatud liiva korral ei iseloomusta see uus, tihendamata liiva katsetulemuste poolt kontrollitud sirge punktiparve paremini või täpsemalt kui esialgne sirge – iga üksiku punkti keskmine kaugus valemist iseloomustavast sirgest praktiliselt ei muutu.

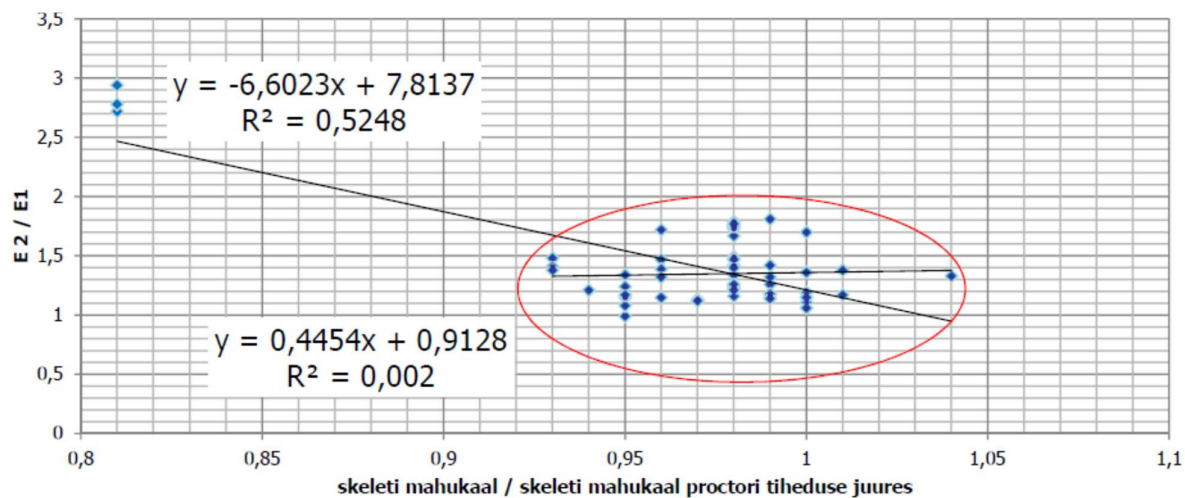
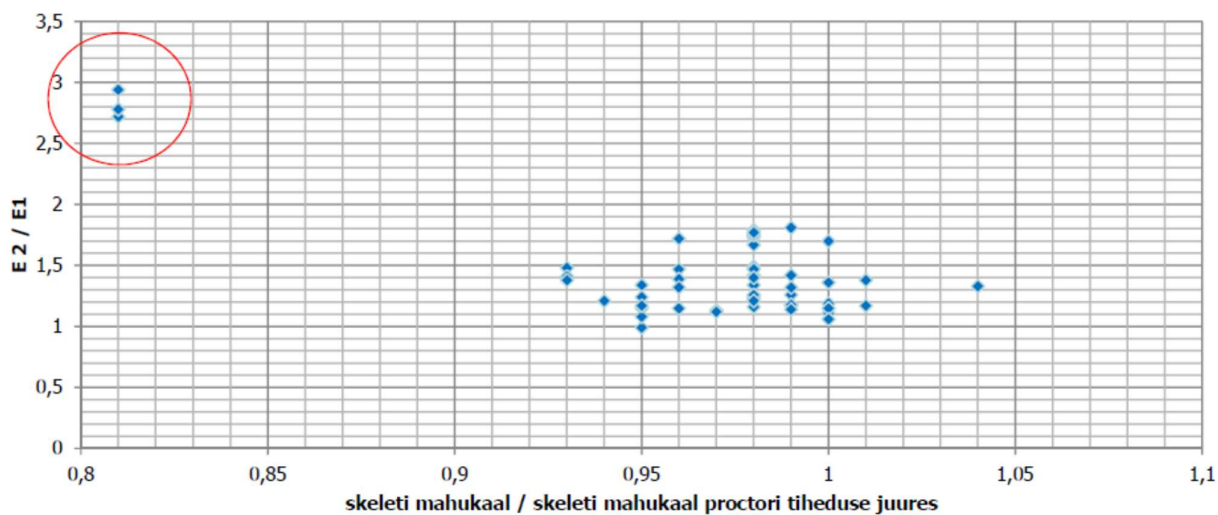
Joonisel 1 toodud tihendatud liiva katsete tulemustele tuginedes tuleb tõdeda, et ei eksisteeri rahuldavat seost tihedusnäitaja ja tihendusteguri vahel.

Näiteks on tihedusnäitaja $E2/E1 = 1,2$ juures reaalselt mõõdetud tihendusteguri K_t väärtused 0,94; 0,95; 0,98; 0,99; 1,00 ja 1,01 ehk $K_t = 0,94..1,01$. Juhendis toodud valem aga annab tihendusteguri K_t väärtuseks: $K_t = -0,1264 \cdot T_I + 1,1449 = -0,1264 \cdot 1,2 + 1,1449 = 0,99$.

Tihedusnäitaja $E2/E1 = 1,7$ juures on reaalselt mõõdetud tihendusteguri K_t väärtused 0,96; 0,98; 0,98 ja 1,00 ehk $K_t = 0,96..1,00$. Juhendis toodud valem aga annab tihedusnäitaja väärtuseks: $K_t = -0,1264 \cdot T_I + 1,1449 = -0,1264 \cdot 1,7 + 1,1449 = 0,93$.

Esimese näite korral on arvutatud tihendustegur enamasti suurem, kui katsega määrati (0,99 valemist ja isegi ainult 0,94 määratud). Teise näite korral on arvutatud tihendustegur aga oluliselt väiksem, kui ühegi katsega määratud (0,93 valemist ja 0,96...1,00 määratud). Selline katsetulemustele mitte

vastavus kinnitab, et juhise lõige 2.10.3 valemid ei sobi otsitavat seost iseloomustama ja lõige 2.10.4 Tabel 5 on ekslike T väärtustega.



Joonis 2. Analüüsitud kogumisse lisati 3 tihendamata proovi tulemused (ülemine joonis). Alumisel joonisel on esitatud täiendatud kogumi jaoks seos Inspektoriga määratud tihedusnäitaja ($E2/E1$) ja tihendusteguri (skeleti mahukaal/skeleti mahukaal Proctori tiheduse juures) vahel. Seose tugevus $R^2 = 0,525$.

4 Järeldused

1. TTÜ uuringuga andmetel ei võimalda tihendatud liiva katsete tulemused leida rahuldava tugevusega seost tihedusnäitaja ja tihendusteguri vahel.
2. TTÜ uuringu järeldusena toodud valemeid katsepunktidel rakendades selgub, et valemiga leitud tihendustegur teatud juhtudel ülehindab tihendustegurit ja teatud juhtudel selgelt alahindab. Põhjuseks on asjaolu, et valemi määravad katsed tihendamata liival.
3. Juhise punktid 2.10.3 ja 2.10.4 tuleb kustutada.

Koostas,



Peeter Talviste
Eesti volitatud ehitusinsener (geotehnika)