



TalTech - Ehituse ja Arhitektuuri instituut

KRUUS – JA LIIVMATERJALIDE OMADUSTE
LABORATOORNE VÕRDLUSANALÜÜS LWD JA CBR
SEADMETE KATSETULEMUSTEGA

COMPARATIVE LABORATORY ANALYSIS OF GRAVEL AND SAND PROPERTIES
WITH LWD AND CBR TEST RESULTS

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Timo Tsefels

Üliõpilaskood: 176696 EAXM

Juhendaja: Ain Kendra

Tallinn 2019

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimustöö eesmärgiks oli katsetada ning analüüsida laboritingimustes materjalide veesisalduse (optimaalne ja küllastunud), lõimise, lõimiseteguri ja ohtlike peenosiste (MB_f) sisalduse mõju konstruktsioonikihi kandevõimele kasutades kandevõime määramiseks Dynatest LWD 3032 ja CBR'i mõõtmise seadmeid. Kandevõime võrdluskatsed tehti veega küllastunud tingimustes ja optimaalse veesisalduse ning maksimaalse tiheduse juures katsekehadega. Võrreldi saadud tulemusi ja analüüsiti katendiarvutustes kasutatavate materjalide arvutuslike kandevõime näitajaid ning samuti analüüsiti laboritingimustes mõõdetud LWD tulemuste põhjal arvutatud tihedusnäitajaid „Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhise“ juhises toodud nõuetega. Sõltuvalt analüüsi tulemustest pakuti välja võimalikud muudatus - ja täiendustepanekud tööprotsessides ning juhenddokumentatsioonides.

Püstitatud eesmärkide saavutamiseks katsetati ning analüüsiti projekti „Rail Baltica maavarade proovivõetud ja laborianalüüs“ raames AS Teede Tehnokeskuse poolt võetud liiva ja kruusakarjääride materjale ning teostati materjalidele täiendavaid katsetid tulenevalt töö iseloomust. Töös käsitleti 56 erineva karjääri materjale. Tulenevalt Rail Baltic Estonia OÜ poolt kehtestatud piirangutest andmete avalikustamisel ei toodud käesolevas töös välja karjäärade nimetusi.

Laboratoorsete katsetuste tulemusena selgus, et Proctor-vormis mõõtes CBR-seade ülehindab ja Dynatest LWD 3032 seade alahindab kruuspinnaste tugevusomadusi. CBR tulemusi mõjutavad kõige rohkem materjalide ühtlaseteralisus ja veesisaldus. LWD tulemusi mõjutab kõige rohkem seadme enda stabiilsus mõõtmise hetkel ja veesisaldus. Dynatest LWD 3032 seade ei sobi (katsetamisel kasutatud konfiguratsiooni juures) kruuspinnaste katsetamiseks Proctor-vormis aga tundub sobivat liiv- ja kruuspinnaste tihedusnäitajate kontrollimiseks. Samuti sobib liivapinnaste elastsusmoodulite mõõtmiseks. Eelduseks on täiendavate võrdluskatsete teostamine välitingimustes. Inspector-seadmega Proctor-vormis mõõtes õnnestus tihedusnäitaja nõue 1,15 (tihendustegur 1,0) saavutada ainult 38 % kordadest. Soovituslik on „Muldkeha pinnaste tihendamise ja tiheduse kontrolli juhise“ tabelis nr 5 nimetatud pinnaste tihedusnäitaja nõude 1,15 täitmise vajadus üle vaadata ja vajadusel teostada täiendavaid katsetusi laboratoorsetes tingimustes ehitatud katselõigul ning võimalusel asendada 1,15 1,30-ga. Erinevate materjaliomaduste mõju täpsemaks hindamiseks LWD-seadmega on vaja teha paralleelseid mõõtmisi erinevate seadmetega spetsiaalselt laboratoorsetes tingimustes ehitatud katselõigul. Dynatest 3032 LWD-seadmega on vaja laboritingimustes katsetada, Proctor-vormis katsetada erinevaid koormusplaadi ja anduri mõõtevarda konfiguratsioone.

Töö autor sai hea ülevaate elastsusmoodulite mõõtmiseks kasutatavate seadmetest (Dynatest 3032 LWD, CBR'i press ja Inspector LWD), nende plussidest ja miinustest ning mõõtmistulemusi mõjutavatest pinnaseomadustest. Käesolevas lõputöös käsitletud teemasid ja saadud infot on võimalik kasutada järgnevate käsitletud teemasid puudutavate, võimalike uurimustööde planeerimisel ja kavandamisel.

SUMMARY

COMPARATIVE LABORATORY ANALYSIS OF GRAVEL AND SAND PROPERTIES WITH LWD AND CBR TEST RESULTS

Timo Tsefels

The aim of this study was to test and analyze the impact of water content (optimal and saturated), granulometry, the granulometry factor, and the content of hazardous fines (MB_F) on the load-bearing capacity of the structural layer in laboratory conditions using Dynatest LWD 3032 and CBR measuring equipment to determine the load-bearing capacity. Comparative load-bearing tests were performed with test pieces under water-saturated conditions and with optimal water content and maximum density. The results were compared, and the computational load-bearing capacity indicators of the materials used in the pavement calculations were compared, and the density values calculated on the basis of LWD results measured in laboratory conditions were also analyzed against the requirements of the "Instruction of control of density and compaction of embankment soils." Depending on the results of the analysis, possible amendments and additions were proposed for the work processes and for the guidance documentation.

In order to achieve the set goals, the materials of sand and gravel quarries taken by AS Teede Tehnokeskus were tested and analyzed in the framework of the project "*Rail Baltica Mineral Sampling and Laboratory Analysis*" and additional tests were carried out on the materials arising from the nature of the work. The work covered materials from 56 different quarries. Due to the restrictions imposed by Rail Baltic Estonia OÜ on the publication of the data, the names of quarries were not included in this work.

The results of laboratory testing showed that when measuring in Proctor mold, the CBR device overestimates and Dynatest LWD 3032 underestimates the strength properties of gravel surfaces. CBR results are most influenced by the grain size distribution of materials and water content. The LWD results are most affected by the device's own stability at the time of measurement and water content. The Dynatest LWD 3032 device is not suitable (at the configuration used in the test) for testing gravel surfaces in Proctor mold, however, it seems to be suitable for testing density indicators of sand and gravel surfaces. It is also suitable for measuring elasticity modules of sand surfaces. The prerequisite is the performance of additional comparative tests in outdoors conditions. By measuring with the Inspector device in the Proctor mold, the density requirement of 1.15 (compression factor 1.0) was only achieved in 38% of cases. It would be advisable to review the requirement of meeting the 1.15 soil density indicator requirement provided in Table 5 of

"Instruction of control of density and compaction of embankment soils" and, if necessary, perform additional experiments in the test section constructed in laboratory conditions, and if possible, replace 1.15 with 1.30. In order to better assess the impact of the characteristics of different materials with the LWD device, parallel measurements with different devices on a test section constructed specifically for laboratory conditions would be necessary. It would be necessary to test different configurations of the load plate and sensor dipstick with the Dynatest 3032 LWD device under laboratory conditions in Proctor mold.

The author obtained a good overview of the devices used to measure the elasticity modulus (Dynatest 3032 LWD, CBR Press and Inspector LWD), their pros and cons and the soil properties that affect the measurement results. The topics discussed in this thesis and the information obtained can be used to plan and carry out possible future research on the topics discussed.