



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND

Ehituse ja arhitektuuri instituut

## LIIVA JA KILLUSTIKU SEGUDE ELASTSUSMOODULID

THE MODULUS OF ELASTICITY OF THE MIXTURES OF SAND AND GRAVEL

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Rasmus Renter

Üliõpilaskood: 105254 EATI

Juhendaja: Ain Kendra

Tallinn 2019

## Kokkuvõte

Katsetulemused ei olnud paljuski ootuspärased, kuid see eest paljastus uut infot Proctorvormis mõõtmise kohta. Liiva ja 16/32 fraktsioonist killustiku segu elastsusmooduli arvutamisel ei saa kasutada osakoostiste aritmeetilist keskmist. Segades erinevates vahekordades liiva ja killustiku omistub segule vähese killustiku osakaalu puhul liiva elastsusmoodul ning vähese liiva puhul killustiku elastsusmoodul. Segu ja selle elastsusmoodul ei suurene lineaarselt lisades liivale killustiku. Segu tugevus suureneb mingis segu vahekorras hüppeliselt. Käesolevate katsetuste raames suurenes hüppeliselt 50-50 segu elastsusmoodul. Tavaolukorras laiali laotatud materjalilt mõõtes (elastne poolruum) ei pruugi tulemus sama olla. Praegusel juhul moonutasid tulemusi vormi seinad. Killustikule piirded suurt mõju ei avalda. Seinte mõju arväärtust ei saa arvutada nagu liiva puhul (liiva puhul ka valem katseliselt tõestatud). Seetõttu ka puhta killustiku elastsusmoodulite väärtused lähedased liivale. Asjaolu, et suurematerjalist killustiku praeguses töös kasutatud arvutusvalemitega Proctorvormis mõõta ei saa, on väärtuslik informatsioon. Kuidas piirde mõju ja mõõdetava pinnase tera suurus korreleeruvad, on väärt edasist uurimist. Sama kehtib ka aluspinnase mõju uurimise kohta. LWD seadmega Proctorvormist elastsusmooduli mõõtmine võiks muutuda üha nõutumaks. Teedehituses on kehtestatud normid, kus arväärtustena määratud killustikaluse, drenkihi, muldkeha kandevõime. Objektile mõõdetakse kandevõimet konstruktsioonikihi pindadelt. LWD või muu seade mõõdab kõikide kihtide vajumeid mingi koormuse ja survetalla diameetri korral ning antud parameetrite kaudu arvutatakse kogu konstruktsiooni kandevõime (täpsemalt liituvad materjalikihtide vajumid, milleni mõõtmeseadme mõju ulatub). Liivpinnaste puhul on selle tugevust võimalik hinnata erinevate teimide abil. Seetõttu on erinevaid liivpinnaseid omavahel lihtsam võrrelda. Uuem suund oleks liiva elastsusmooduli mõõtmine Proctorvormis. Killustike puhul on olemas katse löögikindluse määramiseks – Los Angelese tegur. Antud teguri kaudu määratakse killustiku klassid. Killustike klassi järgi määratakse ekvivalentne elastsusmoodul. Mõõtes LWD seadmega Proctorvormis, saaks oluliselt rohkem infot karjääridest leiduva killustiku kohta. Lisaks kivi tugevusele mõjutab materjali elastsusmoodulit kasutatav fraktsioon. Praegused nõutud katsed fraktsiooni mõju ei hinda.

Sven Sillamäe töös „töös „Muldkehades ja drenkihtides kasutatavate mineraalmaterjalide veejuhtivus- ja tugevusomadused seotuna terastikulise koostisega““ mõõdeti tehiskruusade filtratsioonimoduleid. Segades killustiku sisse liiva, vaid 25% väheneb filtratsioon 40 korda, 50%-50%(liiv-killustik) ja 75%-25% segude puhul 80 korda. Liiva filtratsiooniga võrreldes on segud vastavalt 1/3 ja 3 korra võrra väiksema filtratsiooniga. Normides ette nähtud minimaalne filtreeruvus on 1m/ööpäevas, mistõttu segud sobiksid drenkihis kasutamiseks. Praktilist väärtust sellel siiski ilmselt ei oleks. Puhas liiv on mitu korda parema filtratsiooniga, kui liiva ja killustiku segud (vt tabel 6.2). Kandevõime suurenes hüppeliselt praeguste katsete puhul 50%-50% vahekorras. Mõõtes elastses

poolruumis võiks vahetult antud tulemuse lähedal olla. Killustikuvaheliste tühimike tihendatud liivaga täitmisel oleks segu vahetult 35% liiv-65% killustik (vt „Killustikuvaheliste tühimike arvutus). Enne elastsusmooduli hüpet olid erinevate segude elastsusmoodulite väärtused väga lähedased. Ehk vähese killustiku lisamine liiva elastsusmoodulit olulisel määral ei tõsta. Küll aga väheneb olulisel määral liiva filtratsioon (25% killustiku kahandab liiva filtratsiooni 3 korda). Jõudes juba 50%- 50% või isegi 35%-65% seguni, võiks kasutada hoopiski puhast killustiku. Sellisel juhul on filtratsioonivõime erinevus 80 korda suurem ning kandevõime väärtus pisut väiksem (praeguste katsete juures omas 50%-50% segu ka suurimat kandevõime väärtust). Lisanduks liiva kulu, mis täidab killustikute vahelisi tühimikke.

## Summary

Test results were not as expected. Never the less a new information was found. Calculating modulus of elasticity of mixture of sand and gravel(fraction 16/32) the value of aritmetical average of the two materials can not be used. Additional research should be made. In the mixture of sand and gravel, the modulus of sand gives the value for the modulus of the mixture if the main component is sand. On the contrary with gravel. The change of the modulus of the mixture is not linear. In a particular mixture the modulus value makes a jump. Current study showed that the jumap takes place in the mixture 50%-50%. On site the result might not be the same(elastic half space). In this case the result was affected by the walls of the mold. Walls of the mold does not affect gravel as sand. The impact of the walls can not be calculated the same as it is done by sand. That is the reason why modulus of elasticity of gravel is close to sand. The fact that big fraction materials can not be measured in a Proctor mold is a valuable information. How the impact of the wall and the size of grain correlate should have further research. Measureing from the Proctor mold may become more and more demandful. In road construction the standards set bars of modulus of elasticity for gravel base, sand base and natural soil. On site the modulus are measured from the top of each layer. LWD device measures the modulus of the entire construction by measureing and summing the subdeformations of each layer into total deformation and by total deformation gives out the total modulus of entire construction. It is easier to compare different sands due to the bigger variety of laboratory tests for sand as other soils. It would be a new possibility to measure the modulus of elasticity of sand in a Proctor mold. For gravels there is the Los Angeles test. The test sets measured gravel into a certain class. And each class has a standardgiven modulus of elasticity. Measureing from the Proctor mold more information can be specified. Additional to the impact resistance of grains the fraction of gravel gives a big component of final modulus of elasticity of a gravel layer. Present tests can not specify that impact. In the study of Sven Sillamäe " The water conductivity and strength properties combined with granural mix of mineral materials used in embankment bodies and drainage layers" the modulus of filtration of gravel and sand mixtures were measured. Adding 25% of sand into gravel the modulus of filtration dropped 40 times comparing to pure gravel. In the mixtures of 50%-50% and 75%-25%(sand-gravel) 80 times. Compared to modulus of filtration of sand the mixture modulus dropped 1/3 and 3 times respectively. Minimal filtration in the standard is 1 meter per 24 hours, which makes the mixture suitable. Never the less it has no practical value. The filtration ability of sand is several times better than mixtures of sand and gravel(table 6.2). In current study the bearing capacity rose suddenly in the mixture of 50%-50%. The result should be close while measureing in a elastic half- space. The calculation of cavities in gravel gave 35% sand- 65% gravel for the result. Before the leap the results of modulus of diffenrent mixtures were close. Adding fewer amount of gravel into sand does not raise the modulus by a greater extent.

But the capacity of filtration drops significantly(25% of gravel in sand lowers the filtration capacity by 3 times). Getting up to 50%-50% or even 35%-65% mixtures, pure gravel is more practical to use. In that case the capacity of filtration is 80 times higher and the bearing capacity lower by minimal amount(in current study the 50%-50% mixture had the highest modulus of elasticity). Additional would be the expense of the sand bedded between the caps of gravel.