



1918

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EHITUSE JA ARHITEKTUURI INSTITUUT

**ALUSKIHI MATERJALIDE STABILISEERIMINE TEEL VÕI
SEGURIS – TEHNOLOOGIAD, MAJANDUSLIK JA
TEHNILINE VÕRDLUS**

STABILIZATION OF BASE COURSE MATERIALS IN-SITU OR IN PLANT
– TECHNOLOGIES, TECHNICAL AND ECONOMICAL COMPARISON

Üliõpilane: Andre Mägi

Juhendaja: Dots. Andrus Aavik

Tallinn, 2017

KOKKUVÕTE

Stabiliseeritud alused on kahtlemata hea alternatiiv uutest materjalidest ehitatavatele killustik- ja kruusalustele, seda nii tehnoloogiliselt kui ka majanduslikult. Bituumenstabiliseeritud alused sobivad pigem madala liiklussagedustega teedele, kus raskeveokite osakaal on väiksem kui 10%. Bituumensstabiliseeritud katendikiht sobib kasutamiseks, kui soovitakse olemasolevale katendile lisada kandevõimet või, kui olemasoleval teetammil esineb väiksemaid ebäühtlaseid külmakerkeid, mida bituumenstabiliseeritud kiht talub tänu oma suuremale elastsusele.

Suuremate liiklussageduste ja –koormustega teedele on sobilikud tsement- ja kompleksstabiliseerimine. Kompleksstabiliseerimine võimaldab hüdraulilise sideaine kasutamisega hoida kontrolli all konstruktsioonikihi jäikust ja vähendada kihi temperatuuritundlikkust. Hüdraulilise ja orgaanilise sideaine samaaegsel kasutamisel saadav kiht on piisavalt elastne ning samas ka deformatsioonikindel. Lisaks on võimalik asfaldikiht paigaldada kompleksstabiliseeritud kihile varem, kui bituumensstabiliseeritud kihile, kuna katendikihi nõutav algugevus saavutatakse oluliselt kiiremini. Kuna tsementstabiliseerimisel on siiski lahendamata temperatuurimuutustest tekkida võivate pragude probleem, on eelistatum meetod kompleksstabiliseerimine. Seda näitab ka asjaolu, et sellist tehnoloogiat kasutades on ehitatud enim kilomeetreid Eestis. Tsementstabiliseeritud alustega teede kilomeetrite arv on kaduvväike.

Uuringutest selgub, et Eesti stabiliseeritud kihtide nõuded terastikulisele koostisele on head ja nõuetes kasutatavad sideainete kogused vastavad Soomes läbi viidud uuringutes sobilikele kogustele.

Puudusena võib tuua välja vähesed uuringud aluspinnase kohta projekteerimise faasis. Kompleks- ja tsementstabiliseeritud alus vajavad vähemalt 80 MPa suuruse kandevõimega aluspinnast. Samuti peab aluspinna materjal ja tugevusomadused olema ühtlased.

Bituumenstabiliseeritud kiht on elastsem ja seetõttu vajab ka väiksema kandevõimega aluspinnast.

Kuna stabiliseerimisel kasutatakse külmsegamisfreese, ei aktiveerita olemasolevas freesipurus olevat bituumenit. Seega, kui olemasoleva freesipuru bituumen on vananenud ja penetratsioon on langenud alla mingisuguse taseme, ei tööta bituumen segus enam nii nagu ta peaks: segu ei ole enam elastne ja lõhestus-tõmbetugevuse katsed ei anna soovitud tulemust välja. Seda probleemi annaks lahendada, kui kasutada segurit ja sideainena vahtbituumenit, mis peaks oma kõrge temperatuuri tõttu ka vana bituumeni aktiveerima.

Lisaks selgub Lääne-Euroopa teaduskirjandusest, et maksimaalne freesipuru osakaal stabiliseeritud segus võib olla 50%, kuna igasugune freesipuru osakaalu suurendamine vähendab kihi kandevõimet oluliselt.

Analüüsidest kätte defekte selgus, et parimad tulemused annab kompleksstabiliseerimine, kus kasutatakse samaaegselt nii hüdraulilist sideainet, mis annab konstruktsioonile piisava tugevuse ja orgaanilist sideainet, mis annab piisava elastsuse katendikihtidele. Võrreldes sarnase kasutusega ja liiklussageduse teelõike, kus aluseks oli killustikalus, bituumenstabiliseeritud alus ja kompleksstabiliseeritud alus, andis parimaid tulemusi just viimane. Kõige halvem olukord oli teelõigul, kus alus oli ehitatud fraktsioneeritud killustikust. Selge on, et lubjakivikillustik puruneb liikluskoormuse all ja kätte pinnale hakkavad tekkima defektid.

Majanduslikust aspektist selgus, et arvutuste põhjal on kulukam stabiliseerimistöde teostamine mobiilses külmsegamistehases, kui kohapeal freesiga stabiliseerides. Arvestades, et hinnavahe kahe objekti näite põhjal on üpris suur (ca 25 000 eurot põhimaantee nr. 2 näite põhjal) siis tuleks kaaluda seguri kasutamist juhul, kui seguri kasutamisega on tagatud parem segu kvaliteet. Seda hinnavahet on võimalik vähendada oluliselt suurendades seguri tootlikkust.

Kasutades segurit, on võimalik võita ka stabiliseerimistöde kestuses. Kui teel segamisel tuleb eelnevalt laotada stabiliseeritavad materjalid, siis seguriga segamisel seda pole vaja. Sõltuvalt seguri tootlikusest võib küll segamise pikkus ja segu laotamine olla mõneti pikema kestvusega, kui teel segamine ja tihendamine, siis kokkuvõttes oleks ajaline võit ikkagi seguri kasuks. Seguri kasutamisel võib probleemseks osutada olukord, kus segu tuleb laotada otse drenkihi peale. Kuna stabiliseeritud katendikihtie ehitamise juhised [12] ei luba hetkel seguri segatud segu laotada buldooseriga või hõõvliga, vaid ainult asfaldilaoturiga, siis otse liiva peale laotamine on tehnoloogiliselt võimatu. Tuleks vahele ehitada arvestatava paksusega tehnoloogiline kiht, mis nõuab jälle raha ja aega.

Segurit oleks võimalik edukalt rakendada asulasisestes ehitusobjektidel. Kitsastesse tingimustesse, kus on ringteed, eraldussaadet äärekividega piiratud ja tehnovõrkude kaevuluugid, on laoturiga oluliselt kergem stabiliseeritud kihte paigaldada. Segamisfreesi kasutamine tulenevalt väikesest manööverduisvõimalusest on raskendatud. Seguri kasuks räägib ka asjaolu, et paigaldades stabiliseeritud kihti laoturiga, jääb kiht tasasem, mis loob eeldused tasasele kattele

Suurematel maanteeobjektidel kipub alati freesipuru üle jääma, mis on sageli ette nähtud kasutada kõrvaliste teede pindamise alla. Kasutades objektidel segurit, oleks võimalik segurit rakendada lisaks stabiliseerimisele maanteel veel kõrvalteede pindamise alla mineva freesipuru stabiliseerimiseks ilma märkimisväärse lisakulutusega (tihtipeale nõutakse nagunii freesipuru laotamist laoturiga, juurde tuleks segamise ja sideainete maksumus). Tulemuseks peaks olema pikema elueaga kate, mis peaks rahuldama nii teekasutajat kui ka tellijat.

Alternatiiv oleks seguriga freesipuru stabiliseerimine hüdraulilise sideainega, et seda kasutada suuremate liikluskoormustega kõrvalteedele näiteks asfaldist aluskihi (AC base) asemel. Selle kohta on näited käesoleva töö lisa 4.

SUMMARY

Without a doubt, stabilised bases are a good alternative for bases made of gravel or splinters, both from a technological and economic point of view. Bitumen stabilised bases are more suitable for roads with low traffic volume, where the percentage of heavy goods vehicles is below 10%. A bitumen stabilised pavement layer is suitable if the aim is to increase the carrying capacity of the existing pavement or if there are smaller uneven pings on the existing causeways that the bitumen stabilised layer can stand, owing to its greater elasticity.

Cement and complex stabilisation are more suitable for roads with greater traffic volumes and loads. By using a hydraulic binder, complex stabilisation allows to keep the rigidity of the structural layer under control and reduce the temperature sensitivity of the layer. The layer which is obtained by simultaneously using a hydraulic and organic binder is sufficiently elastic and resistant to deformations at the same time. In addition, the asphalt layer can be added to a complex-stabilised layer sooner than to a bitumen stabilised layer, since the required initial strength of the pavement layer is obtained considerably faster. As the problem of possible cracks caused by temperature fluctuations remains unsolved with cement stabilisation, complex stabilisation is the most preferred method. This is also indicated by the fact that the greatest number of kilometres in Estonia have been paved using this technology. The number of kilometres of roads with cement stabilised bases is insignificant.

Research reveals that Estonian requirements for particle sizes of stabilised layers are good and quantities of binders included in the requirements correspond with the quantities listed in research projects conducted in Finland.

One disadvantage is that only a few research projects have been conducted on subsoil in the design phase. Complex and cement stabilised bases need subsoil with a carrying capacity of at least 80 MPa. In addition, the material and strength characteristics of the subsoil must be

uniform. Bitumen stabilised layers are more elastic, which is why they require subsoil with a smaller carrying capacity.

Since cold recycles are used in the stabilisation process, the bitumen in the existing RAP is not activated. Therefore, if the bitumen in the existing RAP has aged and penetration has fallen below a certain level, the bitumen will no longer function in the mix as it should: the mix is not as elastic and splitting-tensile strength tests no longer yield the desired results. This problem could be solved by using a mixer and foamed bitumen as a binder, which should also activate the old bitumen, owing to its high temperature.

In addition, scientific literature from Western Europe indicates that the maximum percentage of RAP in a stabilised mixture can be 50%, since any increase in the percentage of RAP will significantly decrease the layer's carrying capacity.

Analysis of pavement defects revealed that the best results are obtained by complex stabilisation where hydraulic binder, which gives sufficient strength to the structure, and organic binder, which makes the pavement layer flexible enough, are used simultaneously. When comparing sections of road with a similar operating life and traffic volume, where the base is either a gravel base, a bitumen stabilised base or a complex stabilised base, the latter yielded the best results. Out of the sections of road, the one with the fractioned gravel base was in the worst condition. It is clear that limestone splinters break under the traffic load and defects appear on the surface of the pavement.

From the economic point of view, it appeared that based on calculations it costs more to carry out the stabilisation works in mobile cold recycling mixing plants than to stabilise on site with milling machines. Considering that the difference in prices between the two sites is not great (ca. 15,000 euros in the case of main road No. 2) and in theory the mixers should produce a more high-quality mix (more exact dosage, quality control), using a mixer in stabilising works should be considered. Using a mixer can also decrease the duration of stabilisation works. While mixing on the road requires spreading the stabilising materials beforehand, it is not necessary when mixing with a mixer. Depending on the productivity of a mixer, the duration of mixing and spreading the mix may be somewhat longer than mixing and compacting on the road, however, overall, the mixing would be faster. When using a mixer, a situation where the mix must be spread directly on top of the drainage layer may become a problem. Since at present, the guidelines for building stabilised pavement layers [12] do not allow spreading a mix mixed

with a mixer using a bulldozer or a grader, but only with an asphalt paver, then paving the mix directly on top of sand is technologically impossible. A technological layer of considerable thickness should be built between the layers, which again requires time and money.

A mixer could be successfully used for construction sites in built-up areas. In tight conditions with roundabouts, directional islands with curb stones and manholes of utility networks, spreading stabilised layers using a spreader is considerably easier. Using a recycler is difficult due to its small manoeuvring ability. Another benefit of using a mixer is that when the stabilised layer is spread with a spreader, the layer will be more even, helping to create an even pavement.

Larger highway projects mostly result in an excessive amount of RAP which is usually designated to be used under the pavement of smaller roads. When a mixer is used on site, the mixer could be also used for stabilising the RAP that goes under smaller roads, in addition to stabilising the highway, without making any considerable expenditures (often, spreading RAP with a spreader is required anyway and the cost of mixing and binding would be added to that). The result would be a pavement with a longer operating life that would satisfy both the contracting authority and those who use the road.

An alternative would be stabilising RAP in a mixer with a hydraulic binder to use it on smaller roads with greater traffic volumes, e.g. instead of an asphalt base (AC base). Examples of this have been presented in annex 4 of the thesis.