

Styrkingarmöguleikar burðarlags í vegum

Þorbjörg Sævarsdóttir, Jón Magnússon & Bergþóra Kristinsdóttir

INNGANGUR

Ljóst er að á næstu árum verður nauðsynlegt að ráðast í meira mæli í styrkingu vegakerfisins þar sem endurnýjun þess og viðhald er langt undir þörfum. Vegir landsins eru flestir komnir til ára sinna og aldur þeirra almennt kominn fram yfir hannaðan líftíma. Þá hefur umferð og álag á vegi landsins aukist til muna á síðustu árum og umferðarspár gefa til kynna áframhaldandi þróun í þá veru. Þegar kemur að burðarþolsstyrkingum vega eru margar leiðir færar, en miklu máli skiptir að velja réttu aðferðina þannig að sem mestur árangur náist á sem hagkvæmastan hátt við styrkingar vega.

Í þessu verkefni var valið að skoða tvær algengar aðferðir til styrkinga, bikbundið burðarlag og sementsbundið burðarlag, en til samanburðar voru einnig skoðaðir kaflar þar einungis var þurrfræst, keyrt í veginn og lögð á klæðing eða vegurinn að hluta endurbyggður með óbundnum burðarlögum. Reynt var að meta hversu mikið styrkur veganna jókst með hjálp falllóðsmælinga, en einnig voru tveir kaflar sem voru endurbættir og styrktir sumarið 2015 skoðaðir sérstaklega sem og bikbundinn kafli sem var festur 2006.

Hugmyndin að verkefninu er að meta áhrif mismunandi styrkinga og auðvelda hönnuðum og veghöldurum að meta kosti og galla hvernar aðferðar fyrir sig fyrir mismunandi aðstæður og samhliða meta hagkvæmni þeirra.

Eins og áður sagði voru þrjú kaflar skoðaðir sérstaklega:

- Í Borgarfirði við Gljúfurá var kafli 1-g9/1-h0 (stöðvar 8.370-9.120 og 0-2.940) sementsstyrktur sumarið 2015. Kafllinn var falllóðsmældur fyrir og eftir styrkingu og tekin voru sýni úr veginum til að gera kornakúrfu, mæla brothlutfall, kleyfnistuðul og framkvæma Los Angeles próf. Hluti af efninu var blandaður sementi og steypitir í kjarna, brotstyrkur þeirra var borin saman við sýni tekin úr veginum.
- Við Skálholt (31-01 stöðvar 6740-9310) var verið að þurrfræsa, keyra í og endurklæða vegkafla sumarið 2015. Þessi kafli var ekki styrktur að öðru leiti og því notaður sem samanburðarkafli við styrktu kaflana. Vegspotinn var falllóðsmældur fyrir og eftir endurlögn og tekið var sýni úr veginum til að gera kornakúrfu, mæla brothlutfall og kleyfnistuðul. Til að laga þverhalla og ójöfnur í veginum var keyrt í efni úr námu við Merkurlaut.
- Á Biskupstungnabraut (35-01 stöðvar 48-1328 og 3082-4336) var burðarlag vegarins styrkt með bikfestun sumarið 2006. Falllóðsmælingar fyrir og eftir styrkingu voru skoðaðar og kjarnar teknir úr bikfestuninni til að meta styrk þeirra.

Auk þessa voru falllóðsmælingar úr öðrum veghlutum skoðaðar fyrir og eftir endurbætur og árangurinn metinn.

SEMENTSSTYRKING Í BORGARFIRÐI

Tvær kornakúrfur voru fengnar úr tveimur sýnum, annað tekið við brúnna við Gljúfurá og hitt fyrir ofan afleggjarann að Munaðarneslandi. Niðurstöður sýna að töluvert vantar uppá fínefnainnihald burðarlagsins sem var sementsbundið borið saman við viðmiðunar kornakúrfur Vegagerðarinnar. Þrátt fyrir að kornakúrfa burðarlagsins samræmist ekki viðmiðunarkúrfunni sýna falllóðsmælingar greinilega styrkingu við sementsfestunina. Aðrir efnistuðlar sem voru mældir voru:

- Kleyfnistuðull – Fl_{16} sem stenst ströngustu kröfur Vegagerðarinnar.
- Brothlutfall efnisins – $C_{80/1}$, en samkvæmt leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar á hlutfallið fyrir malað harpað grjót að vera $C_{90/3}$.
- Los Angeles próf – $LA_{13,5}$ sem stenst ströngustu kröfur Vegagerðarinnar.

Þrjár kjarnar voru byggðir upp með 7% raka, 5% sementsmagni og 96% proctor þjöppun til að kanna brotstyrk þeirra, en samkvæmt útboðsgögnum átti brotstyrkurinn að vera að lágmarki 7 MPa en í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar er miðað við 5 MPa lágmarksstyrk. Niðurstöður prófanna voru langt undir mörkum en talið er að of mikið vatnsinnihald hafi spilað þar stóran þátt, ásamt þeirri staðreynd að efnið sem verið var að binda var frekar fínefnasnautt. Niðurstöður prófanna gáfu einungis um 3 MPa brotþol.

Borkjarnar voru teknir úr veginum á 6 stöðum og þeir brotnir á Nýsköpunarmiðstöð Íslands. Meðaltals brotþol allra þessara kjarna er 5,4 MPa sem er töluvert lægra heldur en lágmarksstyrkur sem kveðið er á um í útboðsgögnum uppá 7 MPa en stenst viðmiðunarkröfur tilgreindar í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar. Aðeins einn kjarni (númer 4) nær tilskildum styrk, 7 MPa, samkvæmt útboðsgögnum.

ÓBUNDINN ENDURBÆTING SKÁLHOLTSVEGAR

Kornakúrfurnar úr Skálholtsveginum og námunni við Merkur laut falla innan ytri markalína kornakúrfu Vegagerðarinnar fyrir 0/22 burðarlagefni utan örlítis fráviks í efninu úr Merkur lautinni. Aðrir efnistuðlar sem voru mældir voru:

- Kleyfnistuðull – Skálholt $Fl_{9,9}$ og Merkur laut Fl_3 sem stenst ströngustu kröfur Vegagerðarinnar.
- Brothlutfall efnisins – Skálholt $C_{75/4}$ og Merkur laut $C_{100/0}$ en samkvæmt leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar á hlutfallið fyrir malað harpað grjót að vera $C_{90/3}$.
- Los Angeles próf – Merkur laut LA_{27} sem er yfir mörkum leiðbeiningarrits Vegagerðarinnar, þar sem efni skal vera minna en 25% fyrir 3.flokks efni sem er ferskt, fínblöðrótt basalt samkvæmt berggreiningu. LA-gildi var ekki reiknað fyrir staðbundið efni úr Skálholtsveginum.

BIKFESTUN Á BISKUPSTUNGNABRAUT

Á Biskupstungnabraut voru tekin 6 borkjarnar úr veginum og á fjórum kjarnanna var mögulegt að mæla kleyfnibrotþolið þeirra. Kleyfnibrotþolið reyndist vera um 274 kPa efst á kjarnanum en styrkurinn minnkaði niður í um 175 kPa neðar á kjarnanum. Einungis var unnt að mæla styrkinn neðst á einum kjarnanum, en efst voru 3 kjarnar góðir en einn kjarninn var sprunginn og niðurstöður mælinga eftir því. Þessir kjarnar standast því leiðbeinandi gildi Vegagerðarinnar þar sem kleyfnibrotþol bikbundinna efna skal vera meira en 100 kPa við 25°C.

Falllóðsmælingar á þessum vegkafla gáfu betri niðurstöður eftir styrkingu heldur en aðrir bikfestir kaflar sem voru skoðaðir.

SAMANTEKT FALLÓÐSMÆLINGA

Þegar falllóðsmælingarnar eru teknar saman þá kemur greinilega í ljós styrk aukning sementsfestunarinnar. Helstu niðurstöður falllóðsmælinganna eru tilgreindar hér að neðan.

Yfirborðsstífni – meiri stífni sementsbundna burðarlagsins borið saman við bikbundna og óbundna burðarlagið. Fyrir styrkingu er yfirborðsstífni í kringum 300 MPa en eftir sementsstyrkingu eykst hún og fer yfir 500 MPa.

K-gildið er niðurbeygjan undir álagsmiðjunni deilt með frádrættinum af niðurbeygjunni undir álagsmiðjunni og niðurbeygjunni 20 cm frá álagsmiðjunni, $K = \frac{d_0}{d_0 - d_{20}}$. K-stuðulinn eykst gríðarlega þegar styrkt er með sementi, væntanlega vegna aukinnar álagsdreifingar þegar vegbyggingin er að einhverju leyti orðin stíf. K-stuðulinn er breytilegur fyrir bikfestunina, í sumum tilfellum er stuðulinn tvöfalt hærri eftir festun en í öðrum tilfellum er hann nær óbreyttur. K-gildið er nánast óbreytt fyrir vegi með óbundið burðarlag.

Krappi yfirborðsins (SCI) ber saman mældar niðurbeygjur á efstu 30 cm vegbyggingarinnar. Töluverður breytileiki er í mælingunum en í öllum tilfellum minnkar niðurbeygjan eftir styrkingu en niðurbeygjan minnkar greinilega meira þar sem burðarlagið er sementsbundið. Þar sem burðarlagið er sementsbundið minnkar hún að lágmarki um helming en mesti munur er þar sem burðarlag er bikbundið eða óbundið og minnkar niðurbeygjan mest um 72% en í þeim tilvikum var niðurbeygjan mjög há fyrir endurbætur.

Krappi burðarlagsins (BCI) gefur til kynna stífni neðstu laga vegbyggingarinnar eða efsta lag undirbyggingarinnar. Verið er að skoða breytingu á niðurbeygju á 60-90 cm dýpi. Í ¾ tilvika lækkar BCI fyrir sementsbundna burðarlagið og helmings tilvikum þar sem burðarlagið er bikbundið og óbundið.

Skemmdarstuðull burðarlags (BDI) sýnir breytingu á niðurbeygju á 30-60 cm dýpi. Niðurbeygjan lækkar mun meira þar sem vegurinn er sementsbundin. Því virðist sem sementsbindingin dreifi álaginu betur vegna aukinnar stífni samanborið við bikbundin og óbundin burðarlög.

LOKAORÐ

Frumathuganir gefa til kynna að sementsbinding burðarlags skili töluvert auknum styrk miðað við að notast við óbundin og / eða bikbundin burðarlög. Þrátt fyrir að einhver aukning verði í styrk efstu laganna þegar notast er við óbundið eða bikbundin burðarlög í viðhaldi vega þá verður ekki sama álagsdreifing og vegur verður ekki eins stífur og þegar vegurinn er styrktur með sementi. Miðað við þessa athugun virðist skipta litlu máli hvort sementsstyrkingin sé 10 eða 15 cm þykk, en þess ber þó að geta að einungis einn kafli er styrktur 10 cm og getur þar munað um magn sements í burðarlaginu.

Vegurinn í Borgarfirði sýndi greinilega aukningu í styrk þrátt fyrir að kornakúrfa efnisins væri langt frá því að falla að þeirri kornakúrfu sem mælt er með fyrir burðarlagsefni sem skal sementsbinda. Kjarnar sem teknir voru úr veginum og kjarnar sem voru byggðir upp á NMÍ gáfu ekki nægan styrk miðað við það sem gefið var upp í útboðsgögnum en kjarnar teknir í felti stóðust kröfur gerðar í leiðbeiningarriti Vegagerðarinnar.

Falllóðsmælingar við Biskupstungnabraut sýndu greinilega styrk aukningu eftir bikfestun enda uppfylltu kjarnar sem teknir voru úr brautinni lágmarkskröfur um kleyfnibrotstyrk. Svo virðist sem meiri breytileiki sé í styrktar aukningu bikfestu kaflanna samanborið við styrktar aukningu sementsfestu kaflanna.

Þegar litið er til endingar veganna þá helst styrkur sements- og bikfestu burðarlaganna mun betur og lengur heldur en þeir vegir þar sem óbundin burðarlög eru til staðar.

Í framhaldinu verður reynt að meta hvenær aðferðirnar eru heppilegar, það er að segja hvaða aðstæður þurfa að vera til staðar til þess að aðgerðin heppnist og hvað innlend og erlend reynsla hefur kennt okkur. Einnig er ætlunin að fylgjast áfram með tilteknum vegköflum, bæta við vegköflum og skoða fleiri nýframkvæmdir.