

## Rannsóknaráðstefna Vegagerðarinnar 2025

Tilraun á brú yfir Steinavötn - ágrip  
Verkefni styrkt af Rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar

Dórótea Höeg Sigurðardóttir og Ching-Yi Tsai

Einstakt tækifæri til rannsókna og þekkingarsköpunar skapaðist þegar brú yfir Steinavötn í Suðursveit skemmdist í vatnavöxtum haustið 2017. Það gróf undan einum af fjórum brúarstöplum og var brúin dæmd ónýt í kjölfarið. Brúin var byggð árið 1964 og var hluti af Þjóðvegi 1. Hún var 102 metra löng steinsteypt samfelld bitabru með sex höf, tvo landstöpla og 5 millistöpla. Áður en brúin var rifin voru framkvæmdar umfangsmiklar álagsprófanir og titringsmælingar á henni sumarið 2019, sem verður að teljast einstakt á Íslandi og þó víðar væri leitað, því sjaldan skapast þær aðstæður að hægt sé að gera tilraunir á mannvirkjum í fullri stærð að brotmörkum. Prófanirnar voru samstarfsverkefni Vegagerðarinnar, Háskólans í Reykjavík (HR), ETH í Zürich og Osmos Monitoring Group.

Við mælingarnar var notast við margvíslega mæla, þ.e. kraftmæla, færslumæla, hröðunarmæla og streitumæla af ýmsum gerðum. Mælingar á hegðun brúarinnar var skráð fyrir mismunandi álagstílfelli, svo sem örvun frá náttúrlegum umhverfisfórum, stýrt umferðarálag á brúnni, höggálag og svo frá stigvaxandi lóðréttu álagi á einu brúarhafinu. Í þessari rannsókn var sérstök áhersla lögð á greiningu á svörun brúarinnar við stigvaxandi álagi þar sem markmiðið var að greina aflfræðilega hegðun mannvirkisins nálægt brotmörkum með löngum ljósleiðarastreitumælingum.

Langir ljósleiðarastreitumælar voru settir á brúna bæði áslægt í lengdarstefnu bitans og í kross. Samsíða áslægir mælar gefa meðaltalsmælingu á krappa yfir mællengdina. Krosslagðir mælar mæla meðal skælingu þ.e. skerstreitu. LVDT færslumælar voru notaðir til þess að mæla niðurbeygju á miðju hafi. Mæligögnin voru síðan borin saman við annars vegar línulegar nálganir fyrir einfalda bita og hins vegar ólínulegt tölulegt líkan sem unnið var í OpenSees hugbúnaðinum.

Bitastanga-aðferð í OpenSees var notuð til að búa til ólínulegt tölulegt líkan af einu hafi brúarinnar. Líkanið tók mið af mismunandi þversniðum, ólínulegum steypueiginleikum og járnþvingu. Bitastanga-líkon í OpenSees nýta sér svipaða hugmyndafræði og við hönnun steinsteypuvirkja þar sem áslæg streita vegna vægis er tekin upp í láréttum trefjum en skúfstreita er tekin upp í krosseiningum. Í lengdarstefnu brúarinnar voru notaðar dispBeamColumn trefjaeiningar (780 stk.) en þær nýtast vel til að nálgast ólínulega hegðun. Þvert á lengdarstefnuna voru notaðar elasticBeamColumn einingar (732 stk.). Þær eru einungis línulegar og þarfnast því minni reiknigetu. Krosseiningar, Truss 2 (1440 stk.), voru notaðar til þess að nálgast ólínulega skerhegðun.

Niðurstöður úr tölulega líkaninu, línulegu nálgunum og mælingunum voru bornar saman fyrir þrjár breytur, þ.e. niðurbeygju á miðju hafi, krappa yfir eystri millistöpli og skerstreitu í sniðinu undir álaginu. Mælingum og greiningu bar yfirleitt vel saman. Segja má að línuleg hegðun hafi haldist allt að 1500kN álagi en umfram það fór brúin að sýna ólínulega svörun. Niðurbeygja á miðju hafi reyndist falla á milli línulegra nálgana fyrir einfalt studdan bita og innspenntan bita eins og við mátti búast. Líkanið í OpenSees sýndi svipaða hallatölu og einfalt studdi bitinn, vanmat því raunstífnina en reyndist ofmeta burðargetuna. Mjög góð samsvörun náðist á milli tölulegu greiningarinnar og mælinga á krappa við eystri millistöpulinn. Mælingar á skerstreitu voru ekki þær sömu á suður og norðurhlið bitans. Líklegt er að randskilyrði eigi þar hlut í máli og þarfnast það frekari greiningar. Línulega nálgunin fylgdi mælingunum vel á norðurhliðinni. Ólínulega líkanið lýsti hegðuninni á norðurhliðinni vel.

Niðurstöðurnar staðfesta að einfaldar línulegar nálganir duga vel til að lýsa ástandi steinsteypts bita við línulega svörun. Mælingar með löngum ljósleiðarastreitumælum eru mjög árangursrík leið til þess að greina krappa og skerstreitu á mannvirkjum í raunstærð. Að auki sýna niðurstöðurnar að þrátt fyrir einföldun náði OpenSees líkanið að fanga meginrætti ólínulegrar hegðunar mannvirkisins. Helsti lærdómur verkefnisins eru að samsvörun milli eininga í OpenSees líkaninu við ljósleiðaramæla gerði samanburð milli mælinga og tölulegrar greiningar einfaldan. Þessi samanburður getur veitt einstaka innsýn í burðarþol mannvirkja og samnýting þessarar tegundar mælinga við bitastanga-líkan af þessu tagi er því álitlegt verkfæri til áframhaldandi rannsókna á raunverulegri brúarhegðun.

Rannsókn sem þessi gefur vísbendingu um hvernig hægt er að hámarka gagnsemi mannvirkja sem á að rífa með því að nýta þau sem tilraunavettvang. Verkefnið markar tímamót í íslenskum burðarþolsrannsóknum þar sem í fyrsta sinn var gerð burðarþolsprófun á íslenskri brú í fullri stærð allt að brotmörkum. Niðurstöðurnar leggja grunn að dýpri skilningi á hegðun steinsteyptra mannvirkja undir álagi.