

Stífnieiginleikar jarðvegs metnir með greiningu yfirborðsbylgna

Elín Ásta Ólafsdóttir, Sigurður Erlingsson, Bjarni Bessason (Háskóli Íslands)

Á Íslandi eru víða þykk laus setlög sem mynduð eru vegna framburðar jökla, jökulhlaupa og jökuláa, vegna öskufalls og vegna foks. Myndun setlaga er oft tengd miklum vatnsaga og setjast þau þá til á stuttum tíma og eru mjög laust pökkuð. Einnig er algengt að notast við þjappaðar jarðvegsfyllingar, svo sem jarðvegsþúða undir mannvirki, jarðstíflur og vegi. Þekking á jarðtæknilegum eiginleikum slíkra setlaga og jarðvegsfyllinga, svo sem stífní, heildarþykkt og viðnámi gegn ysjun í jarðskjálfta, er nauðsynleg í mannvirkjagerð. Ýmsum aðferðum má beita til að meta stífní jarðlaga. Hér má nefna borholuaðferðir (svo sem „down-hole“ og „cross-hole“ mælingar), aðferðir sem byggja á að reka eða þrýsta niður stálhólk og mæla þannig viðnám jarðvegsins (SPT og CPT mælingar) og loks aðferðir sem grundvallast á yfirborðsbylgjumælingum (SASW og MASW). Í þessu verkefni er áherslan á síðastnefnda flokkinn.

Fjölnemagreining á yfirborðsbylgjum (MASW) er nýleg aðferðafræði sem byggir á tvístrunareiginleikum yfirborðsbylgna í lagskiptum jarðvegi og tengslum á milli útbreiðsluhraða þeirra og fjaðureiginleika jarðvegs. Aðferðinni má skipta í þrjú meginskref:

1. **Öflun mæligagna:** Hraðanemum (oft 12-48 nemum) er komið fyrir á yfirborði jarðvegsins sem ákvarða skal skúfbylgjuhraðann í. Yfirborðsbylgjur eru framkallaðar með höggi á yfirborð jarðar og útbreiðsla þeirra skráð. Með endurteknum mælingum má safna gögnum sem gera framkvæmd óvissumats mögulega.
2. **Greining mæligagna:** Tvístrunarferill sem lýsir hraða grunntóns Rayleigh bylgna sem falli af bylgjulengd er ákvarðaður út frá niðurstöðum hverrar mælingar. Með endurteknum útreikningum fyrir aðskildar mælingar er meðaltalstvístrunarferill fyrir prófunarstaðinn ákvarðaður ásamt óvissumörkum.
3. **Bakreikningar:** Eðlisfræðilegt reiknilíkan, sem reiknar út bylgjuútbreiðslu í lagskiptum jarðvegi, er notað til að ákvarða fræðilegan tvístrunarferil sem gefur minnsta frávik frá mældum tvístrunarferli. Stíkar líkansins; fjöldi og þykktir laga og skúfbylgjuhraði hvers lags, eru stilltir af þannig að fræðilegi tvístrunarferillinn falli sem best að mældum tvístrunarferli. Stíkar líkansins gefa að lokum skúfbylgjuhraða sem fall af dýpi.

MASW aðferðin var fyrst kynnt til sögunnar um síðustu aldamót og byrjað var að innleiða og þróa hana hér á landi árið 2013 á vegum Umhverfis- og byggingarverkfræðideildar Háskóla Íslands. Skrifaður og prófaður hefur verið hugbúnaður sem beita má í öllum þessum skrefum. Sá hluti hugbúnaðarins sem ætlaður er fyrir greiningu mæligagna og bakreikninga [1] er aðgengilegur á heimasíðu verkefnisins masw.hi.is.

Helstu kostir yfirborðsmælinga felast í að þær eru mun ódýrari og fljótlegri í framkvæmd en t.d. borholuaðferðir og SPT/CPT mælingar. Dæmigerð MASW mæling tekur einungis um 1-2 klst. frá því að uppsetning á mælibúnaði hefst á mælistað og þar til að gengið hefur verið frá búnaði aftur. Aðferðin hentar jafnframt vel fyrir bæði fínefnaríkan lausan jarðveg og grófari jarðveg, þar sem erfitt getur verið að framkvæma annars konar mælingar. Aðferðinni hefur jafnframt verið beitt með góðrum árangri á stöðum sem einkennast af samlímdum jarðvegi, þ.e. móhellu og/eða sandsteini. MASW mælibúnaðurinn er mjög léttur (< 30 kg) og mælingin veldur engri varanlegri röskun á yfirborði prófunarstaðs. Niðurstöður mælinga gefa mat á meðaltalsstífnieiginleikum jarðvegs yfir 10-30 m langt svæði (háð lengd nemaraðarinnar) og fást því gögn yfir mun stærra svæði en úr borholumælingum. Auk þess hefur með MASW aðferðinni tekist að ákvarða stífni jarðlaga á meira dýpi en með SASW aðferðinni, sem hefur verið beitt hér á landi í rúma tvo áratugi.

Gerð er grein fyrir MASW mælingum sem framkvæmdar hafa verið á sjö stöðum á Suðurlandi og þremur stöðum á Norðurlandi á árunum 2014-2016. Niðurstöður mælinganna voru nýttar til þess að meta $V_{S,30}$ (meðaltals skúfbylgjuhraða fyrir efstu 30 m jarðvegs) fyrir prófunarstaðina, en vitneskja um gildi $V_{S,30}$ er nauðsynleg til að skilgreina jarðskjálftaálag samkvæmt jarðskjálftastaðli (Eurocode 8 - ÍST EN 1998). Niðurstöður MASW mælinganna hafa verið bornar saman við niðurstöður SASW mælinga og reynslulíkingar fyrir skúfstuðul jarðvegs. Á tveimur prófunarstöðum liggja enn fremur fyrir niðurstöður SPT mælinga sem hafa verið nýttar til samanburðar við MASW mælingarnar.

Næstu skref fela í sér framkvæmd fleiri mælinga til að meta efniseiginleika íslensks jarðvegs, jarðvegsfyllinga og jarðvegsgarða, sem og samanburð niðurstaðna við aðrar mæliaðferðir og/eða reynslulíkingar. Stefnt er að því að niðurstöður mælinga verði vistaðar á opinni vefsíðu sem ætlað er að hýsa mæld skúfbylgjuhraðasnið frá mörgum mismunandi stöðum á landinu. Slíkar niðurstöður nýtast hönnuðum í mannvirkjagerð.

Heimildir

[1] Elín Ásta Ólafsdóttir, Sigurður Erlingsson og Bjarni Bessason. (í prentun). Tool for analysis of MASW field data and evaluation of shear wave velocity profiles of soils. *Canadian Geotechnical Journal*. <http://dx.doi.org/10.1139/cgj-2016-0302>