

Fjölneamatíðnigreining á yfirborðsbylgjum

Elín Ásta Ólafsdóttir (HÍ)

INNGANGUR

Á Íslandi eru víða þykk laus setlög sem myndast hafa vegna framburðar jökla, jökulhlaupa og jökuláa, vegna öskufalls og vegna foks. Upplýsingar um eiginleika þessara jarðefna, s.s. þykkt einstakra laga og stífni þeirra, þjöppunarstig og hegðun í jarðskjálftum, eru mikilvægar í mannvirkjagerð. Þekking á eiginleikum manngerðra fyllinga er að sama skapi mikilvæg.

Stífni jarðlaga má ákvarða með ýmsum aðferðum. Í þessu verkefni er áherslan á yfirborðsbylgjuaðferðir (*surface wave analysis methods*) sem byggja á tvístrunareiginleikum yfirborðsbylgna í lagskiptum jarðvegi og tengslum á milli útbreiðsluhraða þeirra og fjaðureiginleika jarðvegs. Yfirborðsbylgjur eru framkallaðar með höggi á yfirborð jarðar og útbreiðsluhraði þeirra er mældur með hraðanemum. Útbreiðsluhraði bylgjanna er því næst notaður til að ákvarða skúfbylgjuhraða sem fall af dýpi, sem ásamt eðlismassa jarðvegs má nota til að meta skúfstuðul jarðlaganna á hverjum stað.

Helstu kostir yfirborðsbylgjuaðferða felast í því að þær eru ódýrar í framkvæmd auk þess að vera umhverfisvænar, þar sem þær valda hvorki skemmdum á yfirborði prófunarstaðar né krefjast þungs vélbúnaðar eða vinnuvéla.

YFIRBORÐSBYLGJUAÐFERÐIR

Þekktri mæliaðferð sem byggir á tíðnigreiningu á yfirborðsbylgjum (*Spectral Analysis of Surface Waves*) [SASW] hefur verið beitt á mörgum stöðum hér á landi á undanförunum árum til að meta skúfbylgjuhraða í náttúrulegum jarðvegi og manngerðum fyllingum. Við gagnaúrvinnslu er unnið með gögn frá tveimur hraðanemum í einu, en til að tryggja að gögnin spanni nægjanlega breitt tíðnibil er nauðsynlegt að framkvæma margar mælingar á vettvangi.

Fjölneamatíðnigreining á yfirborðsbylgjum (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) [MASW] er nýrri aðferðafræði við greiningu á yfirborðsbylgjum og í örri þróun. Fyrstu MASW mælingarnar voru framkvæmdar hérlendis sumarið 2013 og hefur aðferðafræðin nú verið prófuð með góðum árangri á nokkrum stöðum á Suðurlandi. Helstu kostir MASW yfirborðsbylgjuaðferðarinnar, umfram SASW aðferðina, eru eftirfarandi:

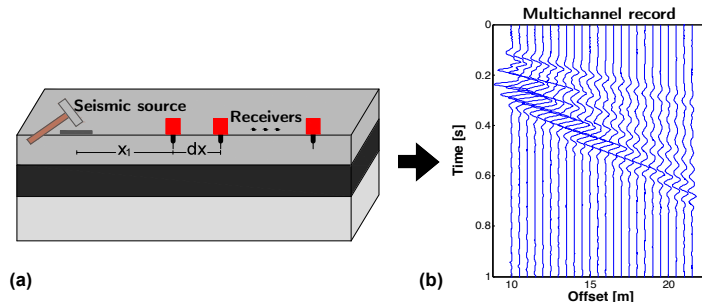
- Öflun mæligagna á prófunarstað og úrvinnsla gagna tekur skemmri tíma. Gagnaúrvinnsluhugbúnaður er sjálfvirkur og unnið er úr gögnum frá öllum hraðanemum samtímis.
- Aukinn áreiðanleiki niðurstaðna (hærra signal/noise hlutfall)
- Möguleikar á að ákvarða skúfbylgjuhraða á auknu dýpi.
- Möguleikar á að greina jarðvegseiginleika í tveimur (eða þremur) víddum á hagkvæman hátt.

MASW

Aðferðafræðinni sem MASW byggir á má lýsa í þremur megin skrefum:

1) Öflun mæligagna á vettvangi

Útbreiðsluhraði bylgna í jarðvegssniði er mældur með mörgum hraðanemum (oft 12-48 nemum) sem komið er fyrir á yfirborði prófunarstaðar. Yfirborðsbylgjur eru framkallaðar með höggi við annan enda nemaraðarinnar og skrá hraðanemarnir bylgjuhreyfinguna sem fall af dýpi (mynd 1). Með endurteknum mælingum má safna gögnum sem gera framkvæmd óvissumats mögulega í næsta skrefi.



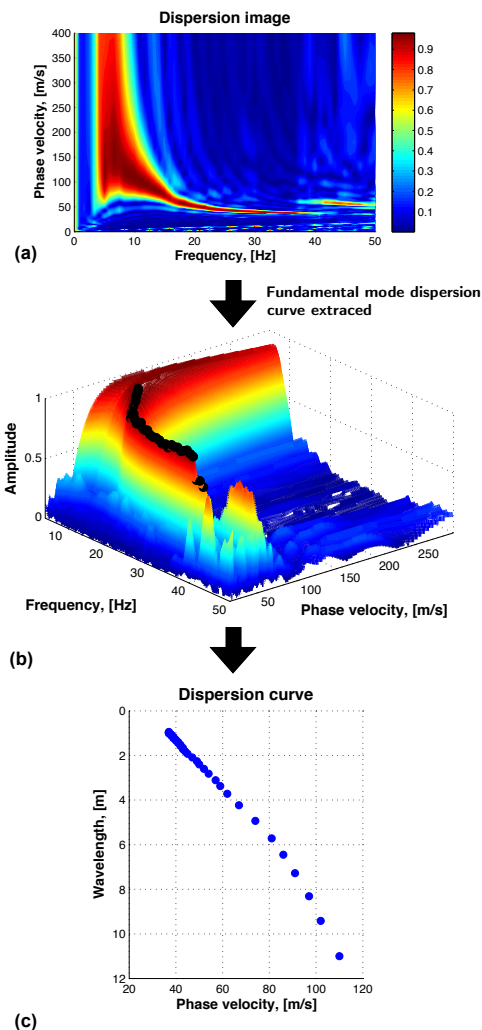
Mynd 1. Öflun mæligagna á vettvangi. (a) Hraðanemum er komið fyrir með jöfnu millibili í beinni línu á yfirborði prófunarstaðar. (b) Yfirborðsbylgjur eru framkallaðar með höggi við annan enda nemaraðarinnar og útbreiðsla þeirra er skráð.

2) Greining mæligagna – ákvörðun tvístrunarferils

Tvístrunarferill (*dispersion curve*), sem lýsir hraða grunntóns (*fundamental mode*) Rayleigh bylgna sem falli af bylgjulengd, er ákvarðaður út frá niðurstöðum hvernar mælingar.

Mældum tímaröðum (ein tímaröð fyrir hvern hraðanema) er varpað yfir í tíðnirúmið með Fourier vörpun þar sem þrívítt tvístrunarróf (*dispersion image*) er ákvarðað (mynd 2a). Hryggirnir sem koma fram í rófinu lýsa tvístrunareiginleikum bylgjanna sem voru framkallaðar í fyrra skrefi. Hæsti hryggurinn svarar til tvístrunarferils grunntóns Rayleigh bylgjanna (mynd 2b). Tvístrunarferillinn er ákvarðaður með því að elta hæsta hrygginn í rófinu og ákvarða bylgjulengd og bylgjuhraða sem svarar til hvers hágildispunkts (myndir 2b og 2c).

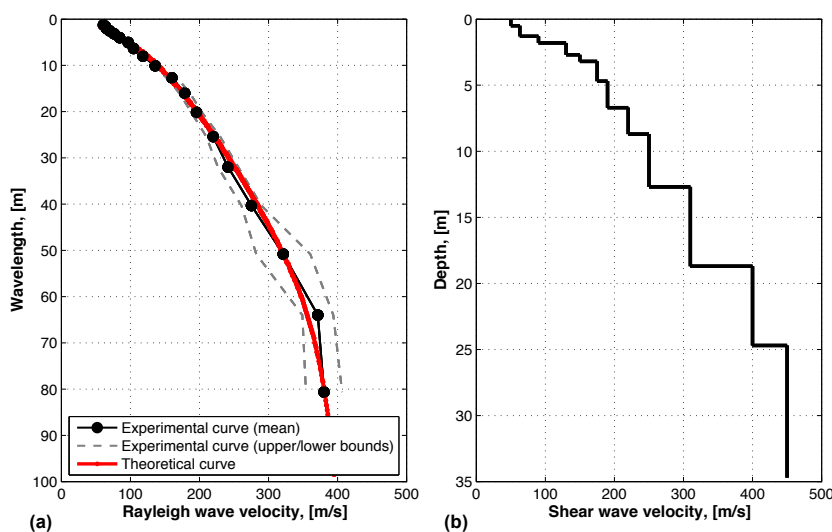
Mynd 2. Ákvörðun tvístrunarferils út frá mæligögnum með greiningu í tímarúmi.



Með endurteknum útreikningum fyrir aðskildar mælingar er meðaltalstvístrunarferill fyrir prófunarstaðinn ákvarðaður ásamt óvissumörkum sem svara til eins staðalfráviks í hvora átt frá meðaltalsferlinum (mynd 3a).

3) Bakreikningar

Með bakreikningum er eðlisfræðilegt reiknilíkan, sem reiknar út bylgjuútbreiðslu í lagskiptum jarðvegi, notað til að ákvarða fræðilegan tvístrunarferil sem gefur minnsta frávik frá mældum tvístrunarferli (mynd 3a). Stíkar líkansins; fjöldi og þykktir laga og skúfbylgjuhraði hvers lags, eru stilltir af þannig að fræðilegi tvístrunarferilinn falli sem best að mældum tvístrunarferli. Stíkar líkansins gefa að lokum skúfbylgjuhraða sem fall af dýpi (mynd 3b).



Mynd 3. Bakreikningar. (a) Samanburður mælds tvístrunarferils og fræðilegs tvístrunarferils. (b) Skúfbylgjuhraði sem fall af dýpi fyrir prófunarstað.

SAMANTEKT OG NÆSTU SKREF

MASW yfirborðsbylgjuaðferðinni hefur verið beitt með góðum árangri á nokkrum stöðum á Suðurlandi sumarið 2013 og sumarið 2014. Aðferðin hefur reynst mun fljótvirkari en sambærileg mæliaðferð sem til þessa hefur verið notuð hér á landi, auk þess sem tekist hefur að ákvarða skúfbylgjuhraða á meira dýpi en með fyrri aðferð miðað við sama bylgjugjafa.

Það tölvulíkan sem nú er til staðar fyrir bakreikninga byggir á einfaldri leit þar sem upphafsgildi fyrir þykkt og skúfbylgjuhraða hvers lags eru uppfærð í litlum skrefum þar til frávik mælds tvístrunarferils frá fræðilegum tvístrunarferli er ásættanlegt. Vinna stendur yfir við þróun fullkomnara tölvulíkans til að bakreikna tvístrunarferil og ákvarða skúfbylgjuhraða sem fall af dýpi. Næstu skref fela enn fremur í sér framkvæmd fleiri mælinga í mörkinni á komandi sumri samfara frekari athugun á áhrifum uppstillingar nemaraðarinnar (þ.e. millibili milli nema og fjarlægð frá höggstað að fyrsta nema) á nákvæmni niðurstaðna og mögulegt könnunardýpi.