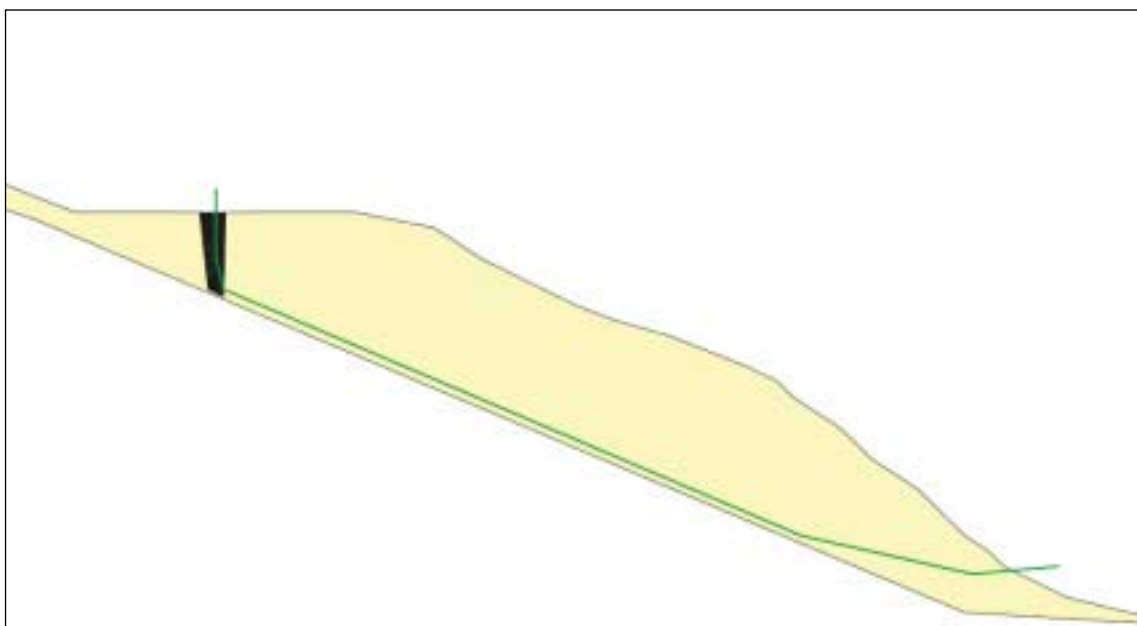


ATHUGUN Á STÆÐNI HÁRRA FYLLINGA

Jón Skúlason



EFNISYFIRLIT:

| | | |
|--------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | INNGANGUR..... | 2 |
| 2 | LÝSING VERKA..... | 2 |
| 2.1 | Fyllingar þar sem verulegt skrið hefur orðið..... | 2 |
| 2.1.1 | Djúpvvegur. Hnífsdalur – Bolungarvík. Óshlíð..... | 3 |
| 2.1.2 | Stígahíð. Radarvegur..... | 5 |
| 2.1.3 | Siglufrjarðarvegur. Almenningar..... | 6 |
| 2.1.4 | Breiðdalsvegur. Gvendarnesháls (Fáskrúðsfjörður-Stöðvarfjörður)..... | 13 |
| 2.1.5 | Suðurlandsvegur. Víkurgil. Vík í Mýrdal..... | 14 |
| 2.1.6 | Skálholtsvegur við Spóastaði..... | 16 |
| 2.1.7 | Norðurlandsvegur við Akureyri..... | 18 |
| 2.1.8 | Akureyri. Oddeyrarbryggja..... | 19 |
| 2.1.9 | Þorskafjörður. Raflínnumastur..... | 22 |
| 2.1.10 | Reykjavíkurhöfn. Sundahöfn. Ábóti..... | 24 |
| 2.1.11 | Hafnafjarðarhöfn. Norðurgarður..... | 27 |
| 2.1.12 | Hafnafjarðarhöfn. Höfn utan Suðurgarðs..... | 29 |
| 2.1.13 | Gílsfjörður. Raflínnumastur..... | 31 |
| 2.1.14 | Gílsfjörður. Holtahyrna..... | 33 |
| 2.1.15 | Snæfellsnesvegur. Búlandshöfði..... | 35 |
| 2.1.16 | Þófar. Seyðisfirði..... | 38 |
| 2.2 | Fyllingar þar sem ekki hefur orðið skrið..... | 45 |
| 2.2.1 | Norðurlandsvegur um Blönduós..... | 45 |
| 2.2.2 | Vesturlandsvegur í Kollafirði..... | 46 |
| 2.2.3 | Norðurlandsvegur í Bólstaðarhlíð..... | 47 |
| 2.2.4 | Vestfjarðavegur yfir Dýrafjörð..... | 48 |
| 2.2.5 | Vesturlandsvegur. Hvalfjarðartenging..... | 50 |
| 2.2.6 | Vesturlandsvegur um Bláskeggsá..... | 51 |
| 2.2.7 | Norðfjarðarvegur ofan við Eskifjörð..... | 52 |
| 2.2.8 | Vopnafjörður. Gljúfursárgil..... | 53 |
| 2.2.9 | Siglufrjarðarvegur. Mánárskriður..... | 54 |
| 2.2.10 | Vesturlandsvegur yfir Borgarfjörð..... | 56 |
| 2.2.11 | Vestfjarðavegur yfir Önundarfjörð..... | 58 |
| 2.2.12 | Norðurlandsvegur yfir Eyjafjarðará..... | 60 |
| 2.2.13 | Egilsstaðaflugvöllur..... | 62 |
| 2.2.14 | Reykjavíkurhöfn. Eyjargarður..... | 64 |
| 2.2.15 | Reyðarfjarðarhöfn..... | 66 |
| 3 | SAMANTEKT..... | 68 |
| 3.1 | Fylling þar sem verulegt skrið hefur orðið..... | 68 |
| 3.2 | Fylling þar sem ekki hefur orðið verulegt skrið..... | 68 |
| 4 | ATRIÐI TIL UMHUGSUNAR VIÐ HÖNNUN OG GERÐ VERKLÝSINGA..... | 73 |
| 4.1 | Skriður..... | 73 |
| 4.1.1 | Brattar skriður..... | 73 |
| 4.1.2 | Berghlaup og urðarbingir..... | 73 |
| 4.2 | Breikkun og hækkun vegfyllinga..... | 73 |
| 4.2.1 | Vegur á mýri..... | 73 |
| 4.2.2 | Vegur í skriðum..... | 73 |
| 4.3 | Fyllingar á lin jarðlög..... | 74 |
| 4.3.1 | Mýri..... | 74 |
| 4.3.2 | Sandur..... | 74 |
| 4.3.3 | Silt..... | 74 |
| 4.3.4 | Leir..... | 74 |
| 4.4 | Rannsóknir..... | 74 |
| 4.4.1 | Markmið..... | 74 |
| 4.4.2 | Grýtt og gróf efni..... | 74 |
| 4.4.3 | Fínkornótt efni..... | 75 |

1 INNGANGUR

Við lagningu vega þarf oft að fara um og yfir erfið svæði eins og skriður, lín jarðlög og mýrlendi. Í þeim tilvikum hafa komið upp erfiðleikar vegna sigs og skriðs í undirstöðunni. Sömu vandamál eru einnig til staðar við aðrar fyllingar við svipaðar aðstæður, t.d. hafnargerð. Með árunum hefur fengist nokkur reynsla af gerð fyllinga, bæði þar sem vandamál hafa komið upp og einnig þar sem búist var við að vandamál kæmu upp en allt gekk að óskum. Er því talið tímabært að safna saman þeim gögnum sem eru tiltæk frá slíkum mannvirkjum og skoða þau í samhengi. Var myndaður vinnuhópur um verkefnið og er Jón Skúlason Almennu verkfræðistofunni hf. verkefnisstjóri. Aðrir í verkefnishópnum eru Gunnar Bjarnason, Haraldur Sigursteinsson og Hreinn Haraldsson allir frá Vegagerðinni.

Verkefnið var unnið í áföngum og styrkt úr rannsóknasjóði Vegagerðarinnar. Valið er að skipta verkefninu í annarsvegar staði þar sem hreyfingar hafa valdið tjóni eða ótta um skriður og hinsvegar staði þar sem hreyfingar hafa ekki valdið vandræðum. Reynt er að gera grein fyrir hverju verki fyrir sig með því að lýsa aðstæðum og tilgreina rannsóknir og boranir. Einnig er tilgreint sig og skrið ef það hefur orðið og gerð grein fyrir líklegum ástæðum. Gerð er grein fyrir niðurstöðum útreikninga á stæðni en þær liggja fyrir í 7 tilvikum þar sem skrið varð og 6 þar sem það varð ekki.

Sett eru fram atriði til umhugsunar við hönnun og gerð verklýsinga fyrir háar fyllingar þar sem talið er að hætta sé á sigi eða skriði í undirstöðu.

2 LÝSING VERKA

2.1 Fyllingar þar sem verulegt skrið hefur orðið

Hér er fjallað um staði þar sem vandamál hafa orðið vegna sigs og skriðs eða að hreyfingar væru þannig að óttast mætti skrið (skriðuföll).

2.1.1 Djúpvegur. Hnífsdalur – Bolungarvík. Óshlíð

Inngangur

Djúpvegur milli Hnífsdals og Bolungarvíkur nefnist Óshlíð. Er vegurinn lagður í bratta skriðu með bröttum giljum. Vegurinn hefur verið eina vegtengingin milli þessara staða í marga áratugi og reynst varasamur vegna snjó-, aur- og grjótskriða.

Rannsóknir

Árið 1983 var skriðuefnið rannsakað í samanburði á þremur skriðuefnum, sjá heimild 1. Tvö sýni voru skoðuð úr Óshlíð og var annað efni beint úr skriðunni (gróft efni) en hitt aðeins sá hluti efnisins sem er fínni en 19 mm (fínt efni). Sáldurferill efnisins er sýndur í töflu 1 og niðurstöður úr þjöppunar- og CBR prófi í töflu 2.

Tafla 1. Sáldurferill samkvæmt heimild 1

| Sýni | Nr. | <#200 % | <#4 % | <19mm % | Ip | 3FI % | Bg | USCS | Frostfl. |
|-------|-----|------------|----------|------------|-----|----------|----|------|----------|
| Gróft | 11 | 13,0 | 32 | 48 | | 24 | | GM | T-2 |
| Fínt | 12 | 29,0 | 69 | 100 | 2,5 | 24 | 0 | SM | T-3 |

Tafla 2. Niðurstöður CBR prófs og plötuprófa í stórum stálhólki

| Sýni | Nr. | γ_s kN/m ³ | Við þjöppun | | Δw % | CBR % | E1 MPa | E2 MPa | E2/E1 |
|-------|-----|---------------------------------|-------------|------------|-----------------|----------|-----------|-----------|-------|
| | | | w % | γ_a | | | | | |
| Gróft | 11 | | 7,3 | 21,0 | | | 42 | 130 | 3,1 |
| Fínt | 12 | | 12,7 | 20,4 | 1,3 | 50 | 22 | 92 | 4,2 |

Árið 1985 var skriðuefnið rannsakað í tengslum við hönnun á vegsvölum yfir Steinsófærugil, sjá heimild 2. Tvö sýni voru skoðuð, annarsvegar efni beint úr skriðunni (gróft efni) og hinsvegar aðeins sá hluti efnisins sem var fínni en 19 mm (fínt efni). Sáldurferill efnisins er sýndur í töflu 3 og niðurstöður úr þjöppunar-, sig- og CBR prófum töflum 4 og 5.

Tafla 3. Sáldurferill samkvæmt heimild 2

| Sýni | Nr. | <#200 % | <#4 % | <19mm % | Ip | 3FI % | Bg | USCS | Frostfl. |
|-------|-----|------------|----------|------------|----|----------|----|-------|----------|
| Gróft | I | 10,5 | 30 | 48 | | | | GP-GM | T-2 |
| Fínt | II | 19,2 | 62 | 100 | | | | SM | T-3 |

Tafla 4. Niðurstöður CBR prófs og plötuprófs í stórum stálhólki

| Sýni | Nr. | γ_s kN/m ³ | Við þjöppun | | Δw % | CBR % | E1 MPa | E2 MPa | E2/E1 |
|-------|-----|---------------------------------|-------------|---------------------------------|-----------------|----------|-----------|-----------|-------|
| | | | w % | γ_a kN/m ³ | | | | | |
| Gróft | I | 2,99 | 6,5 | 21,3 | | | 66 | 190 | 2,9 |
| Fínt | II | | 10 | 21 | <1% | 45 | | | |

Tafla 5. Niðurstöður úr sigprófum

| Sýni | Nr. | Hæð sýnis cm | Við þjöppun | | m_1 |
|-------|-----|-----------------|-------------|------------------------------|-------|
| | | | w % | γ_a kN/m ³ | |
| Gróft | I | 41,7 | 6,5 | 21,0 | 300 |
| Gróft | I | 103,8 | 6,5 | 21,5 | 300 |

Aðstæður

Óshlíðin er þakin bröttum skriðum með mörgum giljum. Skriðurnar eru taldar vera nokkrir metrar á þykkt og er vegurinn skorinn í þær. Gilin er oftast þveruð með fyllingu úr skriðuefni og grjóti. Á tveimur stöðum hefur orðið að byggja vegskála til að tryggja öryggi vegfarenda og eru þeir grundaðir á skriðuefni.

Skriðan er nokkuð grýtt og er að mestu úr ummynduðu basalti sem brotnar lítið niður við þjöppun. Efnið er ekki frostþolið og rakaviðkvæmt svo ekki er hægt að vinna með efnið nema í þurru veðri. Skriðuefnið er einnig mjög þétt efni sem afvatnast illa.

Samkvæmt mælingum er halli óhreyfðrar skriðu 32° til 34° (1:1,5). Í vegstæðinu er flái mestur um 1:1,15 í skeringum en 1:1,25 í fyllingum sem er ýtt fram við lagningu vegarins.

Skrið

Í Óshlíð er mikið um snjó-, grjót- og aurskriður. Allar þessar skriður eru tengdar veðurfari og þá sérstaklega úrkomu. Gera má ráð fyrir að náttúruleg óstöðug skriða standi $38,5^\circ$ og gróin stöðug skriða standi 33° til 35° . Vegflái úr þjöppuðu skriðuefni ætti að geta staðið með fláa 1:1 eða undir 45° . Reynslan virðist sýna að í skriðum standa vegfláar sjaldnast brattari en 40° og ef svo er þá eru þeir óstöðugir, trúlega vegna lélegra þjöppunar. Við vegskálana við Ófæru með Stiga og Hvanngjá Innri hefur verið hlaðinn mjög brattur 1 til 2 m hár bakki úr gabionum. Hafa þeir reynst vel og gefa möguleika á að byggja nokkra metra háar fyllingar með bröttum fláa.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1983). Athugun á burðarþoli efna. Skriðuefni. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Jón Skúlason. Desember 1983.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1985). Athugun á skriðuefni úr Óshlíð. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Jón Skúlason. Óbirt handrit. Mars 1985.
3. Almenna verkfræðistofan hf. (1985). Navy Iceland Northern Radar Sites. Geotechnical Reconnaissance Stigahlíð, Bolungarvík. Jón Skúlason og Ágúst Guðmundsson. Apríl 1985.

2.1.2 Stigahlíð. Radarvegur

Inngangur

Árið 1986 var lagður vegur frá Bolungarvík upp Stigahlíð að nýrri radarstöð. Var vegurinn lagður í bratta skriðu með bröttum giljum. Valið var að leggja veginn með bröttum fláa úr gabionum þar sem skriðan er brattari en telst viðráðanlegt.

Rannsóknir

Farið var í vettvangsskoðun í mars 1985 og er gerð grein fyrir niðurstöðum hennarar í heimild 2. Engin sýni voru tekin af skriðuefninu en gert var jarðlagasnið í hlíðina.

Aðstæður

Stigahlíð er þakin bröttum skriðum með mörgum giljum. Skriðurnar eru taldar vera nokkrir metrar á þykkt og er vegurinn skorinn í þær. Gilin er oftast þveruð með fyllingu úr skriðuefni, grjóti og gabionum. Skriðuefnið er myndað úr veðruðu efni úr berglöggunum í hlíðinni.

Skriðan er nokkuð grýtt og er að mestu úr ummynduðu basalti sem brotnar eitthvað niður við þjöppun. Algengasta steinastærð á yfirborði er 20 til 70 cm í þvermál. Trúlega er skriðan fínefnaríkari þegar kemur inn í skriðuna. Flestir steinar í skriðunni eru kantaðir þó rúnnaðir steinar finnast einnig. Efnið er ekki frostþolið og rakaviðkvæmt svo ekki er hægt að vinna með efnið nema í þurru veðri. Skriðuefnið er einnig mjög þétt efni sem afvatnast illa.

Samkvæmt mælingum er halli óhreyfðrar skriðu 32° til 34° (1:1,5). Í brattasta hluta vegstæðisins eru notaðir gabionar til að byggja upp veginn.

Samkvæmt heimild 3 hafa gabionarnir verið þaktir efni jöfnum höndum er þeir koma í ljós. Unnið hefur verið að viðgerðum á hverju sumri að sumrinu 1997 undanskildu enda veturinn á undan snjóléttur og því lítið leysingavatn og hverfandi skemmdir. Viðhaldið hefur verið unnið þannig að myndaður hefur verið stallur með jarðýtu neðan við gabionana. Síðan hefur stallurinn verið fylltur upp með afgangsefni úr grjótnámu við vegamótin. Grjótnáman var opnuð vegna framkvæmda við brimbrjótinn í Bolungarvík. Hér er um sprengt efni að ræða, stærstu steinar um 45-50 cm í þvermál. Einhver salli og fínna efni slæðist með, en efnið er greinilega mjög stöðugt (viðnámshorn hátt).

Skrið

Í Stigahlíð er mikið um snjó-, grjót- og aurskriður. Allar þessar skriður eru tengdar veðurfari og þá sérstaklega úrkomu.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1985). Athugun á skriðuefni úr Óshlíð. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Jón Skúlason. Óbirt handrit. Mars 1985.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1985). Navy Iceland Northern Radar. Geotechnical Reconnaissance Stigahlíð, Bolungarvík. Jón Skúlason og Ágúst Guðmundsson. Apríl 1985.
3. Vegur á Bolafjall. Skoðaðir fláar og gabionar. Skýrsla eftir Kristján Kristjánsson Ísafirði 2. sept 1997.

2.1.3 Siglufjarðarvegur. Almenningar

Inngangur

Á árunum eftir 1960 var unnið við lagningu nýs vegar til Siglufjarðar, um Strákagöng. Þá var lagður vegur um Almenninga á svipuðum stað og vegurinn er í dag en hann síðar endurbættur og lagfærður. Frá fyrstu tíð hefur verið mikið um aur-, grjót- og jarðskrið í vegstæðinu. Í heimild 3 er sýnt yfirlit yfir þekkt skriðsvæði, nýlegar hreyfingar og brot í klæðingu 1998 til 1999 frá Hrauni að Mánárskriðu. Af þessu yfirliti sést að mjög stór svæði eru á hreyfingu og skemmdir á klæðingu vegarins eru á mörgum stöðum. Síðast kom stór aurskriða þann 18. júlí 1999 úr Kónsnefi og yfir veginn. Aurskriðan úr Kónsnefi var yfirborðsskriða og er talið að flái hafi verið um 1:1,0 þar áður en skriðan féll. Vegagerðin valdi að fletja fláa skriðunnar í 1:1,33 þótt ljóst væri að æskilegt væri að flái væri flatari, en vegna mikils kostnaðar við verkið var þetta valið.

Rannsóknir

Rannsóknir og gögn sem liggja fyrir eru:

1. Þversnið af vegsvæðinu frá Vegagerðinni á Sauðárkróki.
2. Nýtt kort af svæðinu.
3. Sáldurferlar sýna úr aurskriðu úr Kónsnefi.
4. Jarðfræðiskýrslur, sjá heimildir 3, 5 og 7.

Aðstæður

Berggrunnurinn er samsettur úr reglulegum blágrýtislögum sem hlaðist hafa upp með að meðaltali 30-50 cm þykkum setlögum milli einstakra hraunlaga. Þegar aðhald jökla gætti ekki lengur hlupu fram bergskriður og berghlaup undan jarðlagahallanum í átt til sjávar. Talið er að stærsta berghlaup á Íslandi muni einmitt vera á þessu svæði, og hefur fjallshlíðin hrunið fram nær óslitið á 25 km kafla, frá Almenningsnöf inn í Stíflu. Samkvæmt heimild 3 er hér ekki um berghlaup að ræða heldur urðarbingi en um þessi mál er nokkur ágreiningur meðal jarðfræðinga og er ekki tekin afstaða til þeirra mála en bent á heimild 3 til að fá greinargóðar upplýsingar og útskýringar á urðarbingum.

Skriðuefnið í Almenninum virðist vera svipað og gerist á öðrum svæðum þar sem vegir eru lagðir í bröttum skriðum utan í fjöllum. Skriðuefnið er mjög þétt efni sem afvatnast illa og heldur í sér mjög miklum raka (mældist 16 og 18%). Fláar í skriðuefninu eru mjög viðkvæmir fyrir vatni og erfitt að vinna í fyllingu úr slíku efni nema það sé þurrt.

Skrið

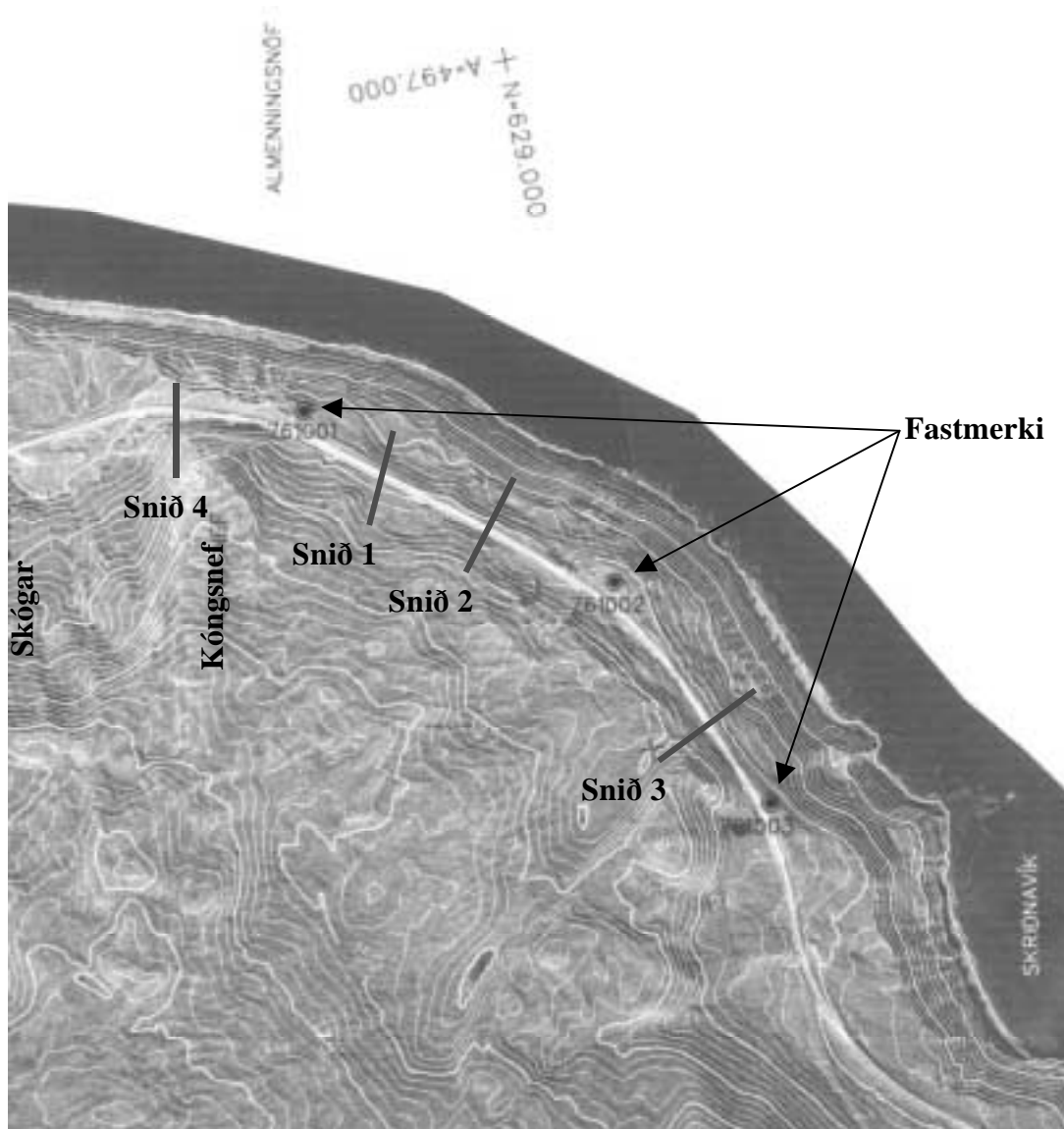
Skrið í Almenninum er tvennskona. Annarsvegar yfirborðsskrið sem verða vegna þess að skeringar eða fyllingar eru of brattar. Við slíkar aðstæður verða einnig grjótskriður og blanda af aur- og grjótskriðum. Hinsvegar verður landskrið þar sem stór landsvæði skriða fram í sjó og er ljóst að halli landsins er þar oft lítill.

Aurskriðan úr Kónsnefi var yfirborðsskriða og er talið að flái hafi verið um 1:1,0 þar áður en skriðan féll. Gert er ráð fyrir að náttúruleg óstöðug skriða (t.a.m.

yfirborðsskriður) standi með fláa 1:1,25 en gróin stöðug skriða með fláa 1:1,4 til 1:1,5.

Beggja vegna Kónsnefs eru merki um að stór svæði sem ná upp í fjallshlíðina séu að skriða hægt fram. Sams konar skrið eru greinileg um alla Almenna og hefur skrið á þessu svæði valdið töluverðum erfiðleikum við viðhald Siglufjarðarvegur um Almenna. Líklegt er talið að skriðið stjórni af niðurbroti vegna sjávargangs samhliða breytingum í vatnsprýstingi bæði efst í skriðunni í sprungum og í skriðfletinum í gegnum skriðuna. Ekki er líklegt að breytingar á fláa vegskerðingarinnar við Kónsnefið hafi áhrif á þennan stóra skriðmassa.

Útreikningar á staðni.



Mynd 1. Yfirlitsmynd, staðsetning á sniðum.

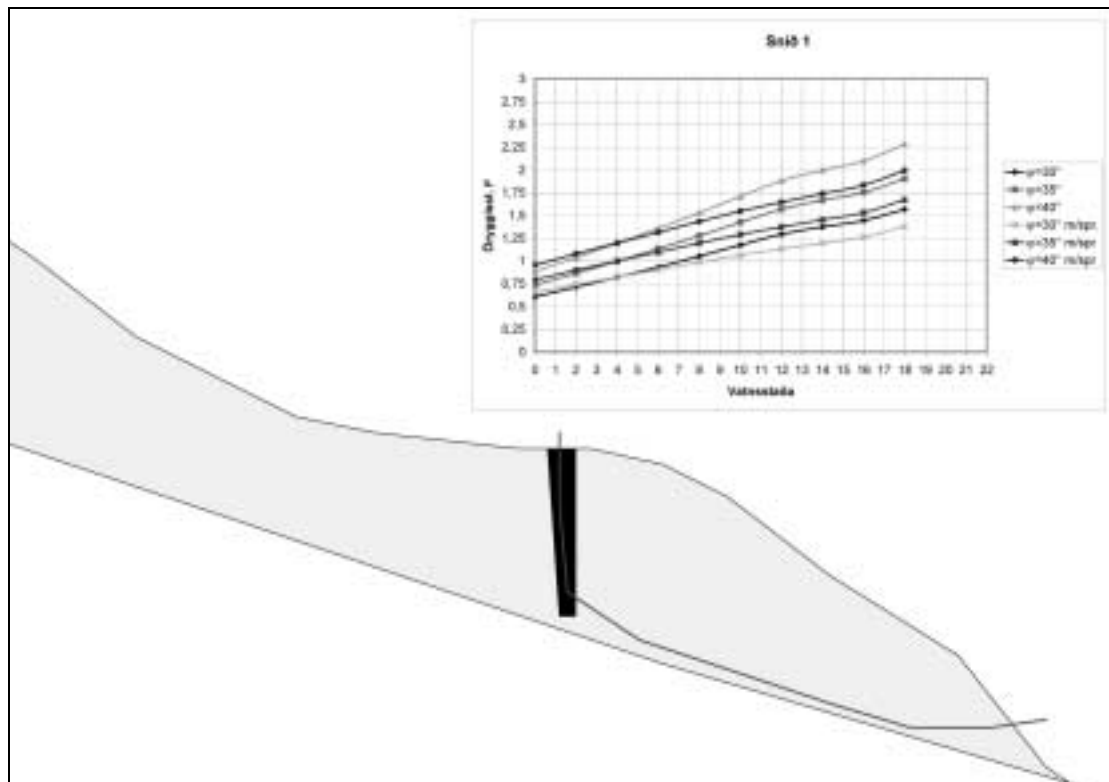
Valið var að reikna stæðni skriðunnar í fjórum sniðum og er staðsetning þeirra sýnd á mynd 1. Ekki er tiltæk gögn um dýpi á fast né hvaða efni er í skriðunni. Aðstæður eru taldar vera svipaðar og í Þófum í Seyðisfirði en þar hafa aðstæður verið rannsakaðar, sjá heimild 2. Er því valið að nota sömu efnisstuðla fyrir skriðuna í Almenninum eins og voru valdir út frá niðurstöðum rannsókna í Þófum. Rúmþyngd 21 kN/m^3 , samloðun 0, viðnámshorn 30° til 33° og grunnvatn við venjulegar aðstæður í 2 til 3 m dýpi.

Útreikningar eru gerðir eftir aðferð Morgenstern-Price í forritinu SLOPE/W frá GEO-SLOPE. Við útreikninga er grunnvatni breytt og einnig er athuguð reikningsleg áhrif frá vatnsfylltri sprungu ofarlega í skriðfletinum. Grunnvatnsborð fylgir yfirborði lands. Á myndum 2 til 5 er sýnt samband öryggisstuðuls og dýpis á grunnvatn frá yfirborði lands. Útreikningar eru sýndir fyrir eftirfarandi efnisstuðla:

Rúmþyngd 21 kN/m^3
 Samloðun 0
 Viðnámshorn 30° , 35° og 40° .

Miðað er við að grunnvatn geti verið nálægt yfirborði við mjög óhagstætt veðurfar, mikla úrkomu eða leysingar. Venjulegar aðstæður eru taldar vera við grunnvatn að meðaltali í 2 til 3 m dýpi.

Niðurstöður útreikninga fyrir Snið 1, sjá myndir 1 og 2.



Mynd 2. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 1.

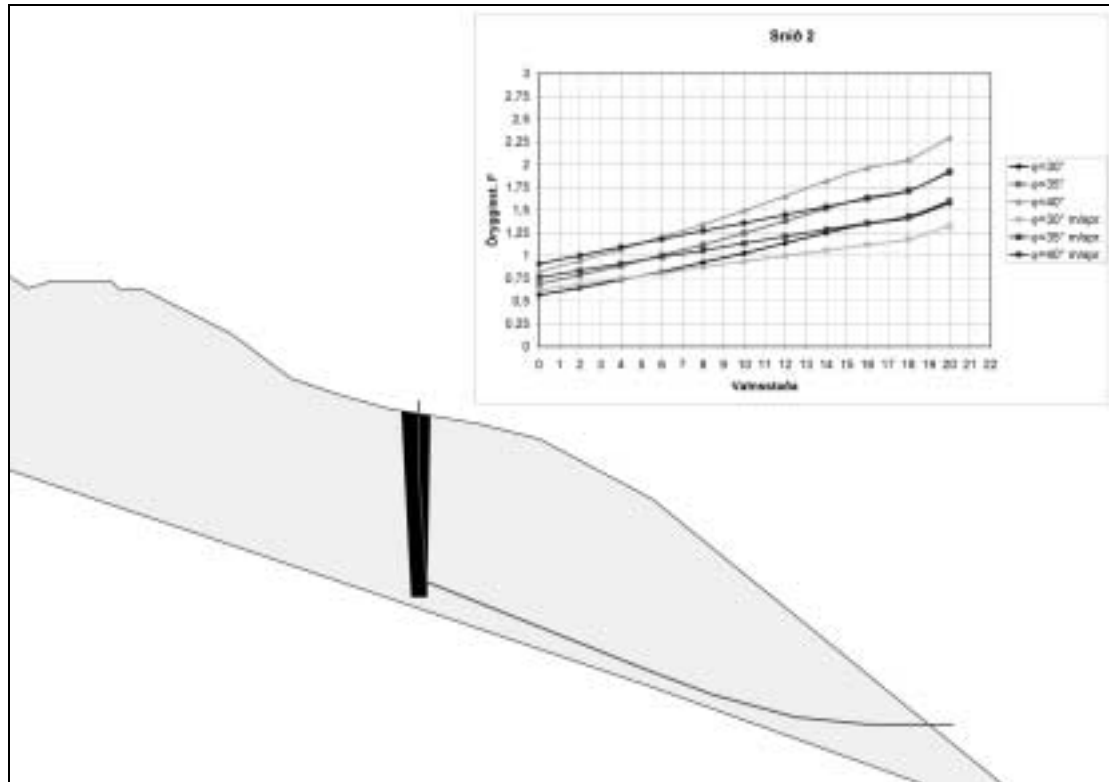
Niðurstöður útreikninga sýna að öryggi gegn skriði er um 1,0 þegar grunnvatn er í um 6 m dýpi, sjá mynd 2. Ef sprunga myndast efst í brotflatinum og hún fyllist af vatni

Þá lækkar öryggi gegn broti lítilsháttar. Niðurstöður útreikninga á öryggisstuðli við valið dýpi á grunnvatn eru sýndar í töflu 1.

Tafla 1. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 1

| Grunnvatnsstaða | Öryggisstuðull F |
|-----------------------|------------------|
| Vatn við yfirborð | 0,70 |
| Vatn í 2 til 3 m dýpi | 0,83 |

Niðurstöður útreikninga fyrir Snið 2, sjá myndir 1 og 3.



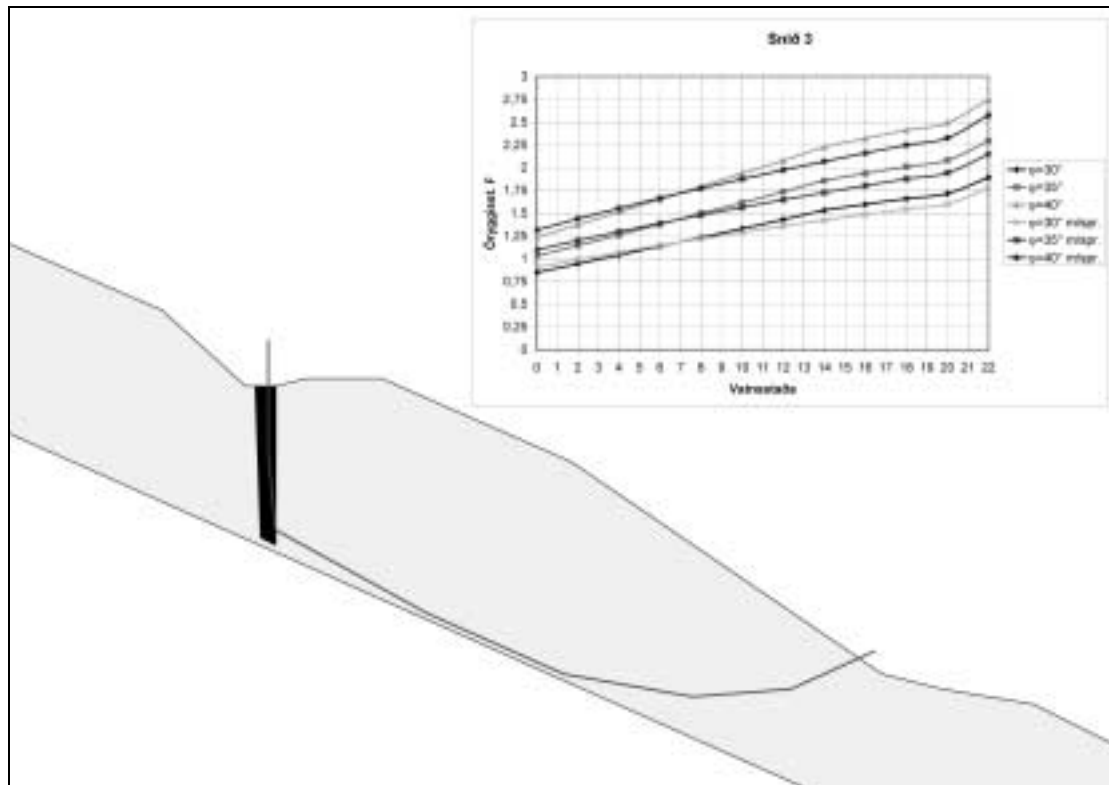
Mynd 3. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 2.

Niðurstöður útreikninga sýna að öryggi gegn skriði er um 1,0 þegar grunnvatn er í um 9 m dýpi, sjá mynd 3. Ef sprunga myndast efst í brotflatinum og hún fyllist af vatni þá lækkar öryggi gegn broti lítilsháttar. Niðurstöður útreikninga á öryggisstuðli við valið dýpi á grunnvatni eru sýndar í töflu 2.

Tafla 2. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 2.

| Grunnvatnsstaða | Öryggisstuðull F |
|-----------------------|------------------|
| Vatn við yfirborð | 0,67 |
| Vatn í 2 til 3 m dýpi | 0,77 |

Niðurstöður útreikninga fyrir Snið 3, sjá myndir 1 og 4.



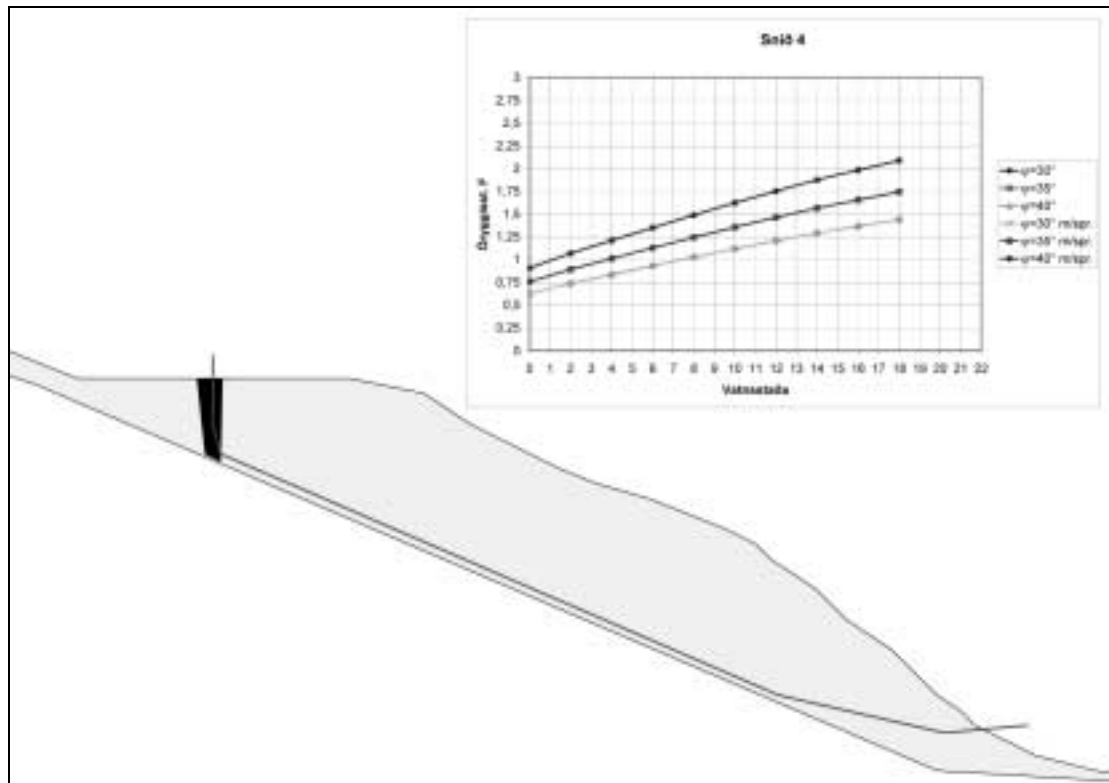
Mynd 4. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 3.

Niðurstöður útreikninga sýna að öryggi gegn skriði er um 1,0 þegar grunnvatn er í um 1 m dýpi, sjá mynd 4. Ef sprunga myndast efst í brotflatinum og hún fyllist af vatni þá lækkar öryggi gegn broti lítilsháttar. Niðurstöður útreikninga á öryggisstuðli við valið dýpi á grunnvatn eru sýndar í töflu 3.

Tafla 3. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 3

| Grunnvatnsstaða | Öryggisstuðull F |
|-----------------------|------------------|
| Vatn við yfirborð | 0,97 |
| Vatn í 2 til 3 m dýpi | 1,10 |

Niðurstöður útreikninga fyrir Snið 4, sjá myndir 1 og 5.



Mynd 5. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 4.

Niðurstöður útreikninga sýna að öryggi gegn skriði er um 1,0 þegar grunnvatn er í um 5 m dýpi, sjá mynd 5. Ef sprunga myndast efst í brotflatinum og hún fyllist af vatni þá lækkar öryggi gegn broti lítilsháttar. Niðurstöður útreikninga á öryggisstuðli við valið dýpi á grunnvatn eru sýndar í töflu 2.

Tafla 4. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 4

| Grunnvatnsstaða | Öryggisstuðull F |
|-----------------------|------------------|
| Vatn við yfirborð | 0,70 |
| Vatn í 2 til 3 m dýpi | 0,82 |

Niðurstöður útreikninga á stæðni.

Eins og áður hefur komið fram voru efnisstuðlar og dýpi á grunnvatn áætlað eins og rannsóknir fyrir Þófana í Seyðisfirði hafa sýnt að var þar. Ef þessar forsendur eru réttar er stæðni skriðunnar mjög lítil. Veruleg úrkoma mun setja stór svæði á hreyfingu og líklegt að vegurinn skemmist mikið. Æskilegt væri því að rannsaka nánar aðstæður og efnisgerð með borunum, mælingum á grunnvatni og rannsókn sýna. Ef efnisstuðlar og dýpi á grunnvatn eru aðrir en var áætlað væri hægt að endurtaka og betrubæta útreikninga á stæðni skiðunnar í Almennungum.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1999). Bréf til Hreins Haraldssonar Vegagerðin, er varðar “Aurskriðu úr Kóngsnefi í Fljótum”. Dagsett 18. ágúst 1999.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (2003). Þófar – Seyðisfirði. Athugun á stæðni. Jón Skúlason. Unnið fyrir Seyðisfjarðarkaupstað. Október 2003.
3. Ágúst Guðmundsson (2000). Frerafjöll. Urðarbingir á Tröllaskaga. 2000.
4. Jarðfræðistofa ÁGVST og BAH Ráðgjöf (1999). Greinargerð um aurskriðu úr Kóngsnefi í Fljótum. Gert fyrir Vegagerðina á Sauðárkróki. 22.06.1999.
5. Hafliði Hafliðason (1982). Jarðfræðiskýrsla vegna jarðsigs á Almenningum við Siglufjörð. Nóvember 1982.
6. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins (1999). Kornadreifing og rakainnihald sýna úr Kóngsnefi við Almenningsnöf. 5. júlí 1999.
7. Vegagerð ríkisins. Greinargerð um jarðsig á Siglufjarðarvegi (1982). Hreinn Haraldsson 09.12.1982.
8. Verkfræðistofa Siglufjarðar sf. (1999). Jarðsig á Almenningum. Milli Hrauna í Fljótum og Mánárskriða. Kenning um orsakir sigs á vegstæði. Þorsteinn Jóhannesson. September 1999.

2.1.4 Breiðdalsvegur. Gvendarnesháls (Fáskrúðsfjörður-Stöðvarfjörður)

Inngangur

Snemma árs 1980 skemmdist vegurinn milli Fáskrúðsfjarðar og Stöðvarfjarðar í Gvendarneshálsi, sjá heimildir 1 og 2. Var ástæðan skrið í berglaupi (urðarbingi) sem vegurinn liggur eftir. Var skriðið mest 2 til 4 m á mánuði í um hálf t ár og hætti þá og hefur ekki borið á neinum skemmdum á veginum síðan.

Rannsóknir

Engin sýni voru tekin af efninu í skriðunni. Umfangsmiklar mælingar á hreyfingum voru í gangi frá því skemmdir komu í veginn en þeim var hætt þegar hreyfingarar stöðvuðust.

Aðstæður

Landið á framhlaupssvæðinu er í stöllum. Stór, láréttur, vel gróinn stallur er í um 150 m y.s. og sprungur tengdar sigi vegarins ná upp á þann stall. Síðan kemur bratt belti með klettum og gilskorningum sem ná upp í um 250 m y.s. Þar ofan við er nokkuð flatt svæði þar sem eru áberandi hryggir og grjótrastir eftir framskrið á lausu efni. Síðan tekur við nýr stallur, um 30 m hár, og framan í honum er greinilega mikil hreyfing á efni. Uppá þessum stalli, framarlega (1-10 m frá brún), sáust 1983 gapandi sprungur sem ekki eru taldar tengjast skemmdum á þjóðveginum (heimild 2).

Skrið

Ofan við þjóðveginn þar sem skemmdirnar urðu 1980 var mikið um sprungur í jarðveginum. Sprungurnar voru allt að 20-40 cm breiðar og sást 1 til 2 m niður í þær án þess að alltaf sæist til botns. Greinilegt var að skrið hafði orðið áður á þessu svæði því gamlir vegir og troðningar höfðu færst til og voru skriðfletirnir vel grónir. Ofan við jarðsigið er mjög blautt svæði og verður að telja líklegt að það hafi haft áhrif á vatnsþrýsting í skriðefninu. Sigið líkist mest því að svörðurinn (2-4 m þykkur) renni fram á undirlagi sínu en ekki að dýpri jarðlög séu á hreyfingu, eins og talið er að sé í Almenningum. Þó er margt líkt með þessum svæðum, t.a.m. að bæði eru á framhlaupum (berghlaupum) eða urðarbingjum og að sjávarrof virðist vera stór þáttur í að viðhalda siginu, því að massarnir komast ekki í jafnvægi þegar sjórinn brýtur stöðugt af frambrún þeirra. Þetta sjávarrof er á mjög stuttum kafla á Gvendarneshálsi, en einmitt þar sem sig varð á veginum. Annars staðar í kring eru klappir og klettur við ströndina.

Heimildir

1. Vegagerð ríkisins(1982). Gvendarnesháls. Hreinn Haraldsson 31.08.1982.
2. Vegagerð ríkisins(1983). Gvendarnesháls. Jarðsig. Hreinn Haraldsson 05.09.1983.
3. Vegagerð ríkisins. Gvendarnesháls. Sigmælingar.

2.1.5 Suðurlandsvegur. Víkurgil. Vík í Mýrdal

Inngangur

Árið 1993 var unnið að undirbúningi fyrir lagningu nýs kafla á Suðurlandsvegi í skriðu í Grafarhóli við Vík í Mýrdal. Skriðuefnið er mjög moldarríkt og var ákveðið að reyna að nota það eins mikið og hægt væri til að draga úr kostnaði. Niðurstöður rannsókna á skriðuefninu bentu til þess að við góðar veðurfarsaðstæður væri hægt að nota efnið í hluta af veginum. Verkið var boðið út um haustið og átti verktaki að vinna við fyllingar við lagningu vegarins haustið og veturinn 1993 til 1994. Um áramótin 1993-1994 var orðið fullreynt að ekki var hægt að vinna með svo fínefnaríkt efni því úrkoma var mikil, bæði rigning og snjór. Var þá ákveðið að hætta að nota skriðuefnið og var fyllingin að mestu gerð úr sandi. Bundið slitlag var sett á veginn haustið 1994 og komu fljótlega fram skemmdir vegna sigs.

Rannsóknir

Skriðuefnið sem er mjög moldarríkt var rannsakað 1993, heimild 1. Kötluvíkur var rannsakaður 1975 og 1996, heimildir 3 og 4. Helstu niðurstöður rannsókna eru:

Tafla 1. Sáldurferlar.

| Sýni | Teikn. Nr. | <#200 % | <#4 % | <19mm % | Ip | 3F1 % | Bg | USCS | Frostfl |
|--------|------------|---------|-------|---------|----|-------|----|-------|---------|
| Skriða | 51 | 30-50 | 70-90 | 90-100 | | | | SM | T-4 |
| Víkur | 53 | 5,5 | 9 | 100 | | 99 | 7 | SM-SP | T-1 |

Eftir Modified Proctor þjöppun mældist Bg stuðullinn 15.

Tafla 2. Burðargildi. Eingöngu liggja fyrir rannsóknir á Kötluvíkri.

| Þjöppun | Rúmþyngd kN/m ³ | | | CBR % |
|-------------|----------------------------|-------|--------|-------|
| | Þurr | Vot | Mettuð | |
| Laust | 8-10 | 13 | 16 | |
| Þjappað | 10-12 | 14-15 | 16-17 | 20-30 |
| Vel þjappað | 11-14 | 16-17 | 17-19 | |

Vot rúmþyngd á skriðuefninu mældist 17 kN/m³

Tafla 3. Sigstuðlar. Eingöngu liggja fyrir rannsóknir á Kötluvíkri.

| Þjöppun | Sigstuðlar | | | Lekt k cm/sek |
|-------------|----------------|----------------|-------------------------------------|----------------------|
| | m ₁ | r _s | c _v cm ² /mín | |
| Laust | 50 | 1000 | >20 | 7,6 10 ⁻³ |
| Þjappað | 75 | 1500 | >20 | 4,7 10 ⁻³ |
| Vel þjappað | 100 | 2500 | >20 | |

Tafla 4. Skerstyrkur.

| Efni | Þjöppun | Viðnámshorn ϕ° við lóðrétt álag σ_1 MPa | | |
|------------|-------------|----------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| | | 0-0,2 MPa | 0,2-0,5 MPa | 2,0-3,0 MPa |
| Skriðuefni | Þjappað | | 48 | 46 |
| Kötluvíkur | Laust | 46-50 | 43-46 | |
| | Þjappað | 50 | 47 | |
| | Vel þjappað | 60 | 57 | 52-57 |

Aðstæður

Nýr vegur var lagður í bratta skriðu í Grafarhóli við Vík. Fyllingin var hönnuð með fláa 1:1,5. Ætlunin var að nota efni úr skriðunni í sem mest af fyllingunni. Þetta gekk ekki sökum tíðarfars og varð að byggja mestan hluta fyllingarinnar úr vikursandi. Fyllingin var að mestu gerð veturinn 1994 (fyrstu mánuði ársins) og var að verulegu leyti óþjöppuð en skriðan var stölluð áður til að auka stæðni hennar.

Útreikningar á stæðni.

Öryggi moldarfyllingarinnar var reiknað samkvæmt aðferð Janbu. Niðurstaða útreikninga var að öryggi gegn skriði væri viðunandi ef vatnsþrýstingur næði ekki að byggjast upp undir fyllingunni. Var miðað við að áður en fylling hæfist yrði lagður síudúkur og drenkerfi sem tryggði að vatnsþrýstingur yrði innan marka.

Skrið

Ákveðið var að setja bundið slitlag (tvöfalda klæðingu) á veginn strax haustið 1994. Fljótlega fór að bera á skemmdum í slitlaginu vegna sigs þar sem fyllingin er hæst. Voru settir sigboltar í stöð 78+003, 78+016 og 78+105 en á þessum stöðum var sig einna mest áberandi. Þann 2. júní 1995 var mælt sig frá lagningu vegarins 6, 14 og 11 cm. Skemmdirnar voru lagfærðar um sumarið. Frá haustinu 1995 til 30. apríl 1996 mældist viðbótarsig 12, 10 og 12 cm. Frá 30. apríl til 14. ágúst 1996 mældist viðbótarsig 2, 1 og 9 cm. Síðar þetta haust var vegurinn lagfærður og sigmælingum hætt. Gylfi Júlíusson rekstarstjóri Vegagerðarinnar í Vík hefur fylgst með veginum. Samkvæmt samtali við hann 28-11-97, 9-9-98 og 18-8-99 hefur vegurinn aðeins hreyfst um nokkra mm og ekki þurft að lagfæra hann vegna sigs í fyllingunni. Síðan þá hefur þurft að lagfæra slitlag vegarins lítilháttar og ekki verið um alvarlegar skemmdir að ræða. Talið er að sigið sé að hluta vegna ónógrar þjöppunnar á verkátíma. Verður að telja óheppilegt að vinna við háar fyllingar að vetrarlagi nema um sé að ræða fyllingarefni úr grjóti eða mjög grófri möl.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1993). Suðurlandsvegur, Grafarhóll-Vík. Unnið fyrir Vegagerðina á Selfossi. Jón Skúlason. 24. júní 1993.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1993). Suðurlandsvegur, Grafarhóll-Vík. Unnið fyrir Vegagerðina á Selfossi. Jón Skúlason. 25. júní 1993.
3. BUSL-Efnisgæðanefnd (1998). Athuganir á blöðróttum gosefnum. Skýrsla E-27. Jón Skúlason og Edda Lilja Sveinsdóttir. Maí 1998.
4. Vegager ríkisins (1975). Athuganir á Kötluvíkri. Jón Skúlason. Desember 1975.
5. Fundargerð (1994). Suðurlandsvegur, Víkurgil. Verkfundur. 1. febrúar 1994.
6. Upplýsingar frá Gylfa Júlíussyni rekstarstjóra í Vík um sigmælingar og viðhald vegarins.

2.1.6 Skálholtsvegur við Spóastaði

Inngangur

Á árunum 1995 og 1996 var unnið við endurbyggingu Skálholtsvegar við Spóastaði. Sumarið 1996 eftir að lokið var við lagningu klæðingar á veginn fór að bera á skemmdum á slitlaginu á tveimur stöðum. Er um að ræða sig á vegköntum á vegköflum milli stöðva 4080 og 4200 annars vegar og 4500 og 4560 hins vegar. Þessar skemmdir héldu áfram í nokkur ár og varð oft að gera við veginn.

Rannsóknir

Engin sýni voru tekin af jarðlögum í veglínunni en sáldurferill var tekinn af sandi sem var notaður sem fyllingarefni.

Tafla 1. Niðurstöður mælinga á sáldurferli sandsins.

| Sýni | Náma Hvítá | <#200 % | <#4 % | <19mm % | Ip | 3F1 % | Bg | USCS | Frostfl. |
|--------|------------|---------|-------|---------|----|-------|----|------|----------|
| Sandur | 51 | 30-50 | 1 | 97 | | | | SP | T-1 |

Umfangsmiklar mælingar á hreyfingum voru í gangi frá því skemmdir komu í ljós.

Aðstæður

Í útboðsgögnum (heimildir 2 og 3) er sagt að verkefnið felist í að fylla á gamlan veg en engar upplýsingar eru um jarðvegsaðstæður. Við vettvangsskoðun 17. september 1996 var mat manna að í vegstæðinu væri þunn mýri milli stöðva 4080 og 4200, en nokkra metra þykk á hinum kaflanum. Fyllingin var gerð úr sandi frá námu í farvegi Hvítár. Í útboðsgögnum (heimildir 2 og 3) er sýndur einn sáldurferill af efni úr námunni og flokkast það sem malarkenndur sandur, fínefni um 1%, frostþolinn og SP.

Skrið

Á báðum vegköflum var fyllt ofan á gamlan veg og hann breikkaður. Unnið var við fyllingar frá 20. febrúar til 20. mars 1996. Efninu var ýtt upp úr Hvítá og það lagt út í lögum og valtað. Á þessu tímabili var hitastig -5 til -8° C. Fláar gamla vegarins voru grónir grasi og var það ekki fjarlæggt né stallað þegar sandurinn var lagður út. Skemmdirnar eru bundnar við breikkunina sem nær innundir miðjan nýja veginn. Skemmdirnar afmarkast af sprungum langs eftir veginum og hefur vegkanturinn sigið mest um 5 cm fyrstu tvö árin en síðan að mestu stöðvast á kaflanum milli stöðva 4080 og 4200. Á kaflanum milli stöðva 4500 og 4560 hefur mesta sig verið um 10 cm til 1999 en síðan hefur dregið úr siginu. Fyrri kaflinn var lagfærður 1997 og 1998 en seinni kaflinn á hverju ári til 1999 en sjaldnar eftir það. Samkvæmt athugunum Almennu verkfræðistofunnar 1996 var orsök skemmdanna:

- Ekki var talið að skemmdirnar verði útskýrðar með frosti í sandinum.
- Útreikningar á stæðni sandfyllingarinnar sýna að mjög litlar líkur eru á skriði á sandinum þó hann hafi þjappast illa í frostinu.
- Breikkun út fyrir gamla veginn er sumsstaðar þykkri en fyllingin á veginum og hefur orsakað viðbótarsig. Aðalástæða skemmda í slitlagi vegarins var talin vera skrið sandfyllingarinnar á moldarlaginu og sig í mýrinni vegna aukins álags við breikkun vegarins.

Samkvæmt tillögu Almennu verkfræðistofunnar hf. var árið 1996 fyllt aukalega utan á veginn til að draga úr skriði eftir fláanum. Þessar aðgerðir hafa verið til bóta og hjálpað til við að stöðva sig vegna skriðs en hefur fremur aukið sig í mýrinni. Mælingarnar hafa sýnt að á fyrri kaflanum eru skemmdirnar aðallega vega skriðs í vegfláanum en á seinni kaflanum einnig vegna sigs í mýrinni.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1996). Athugun á Skálholtsvegi. Unnið fyrir Vegagerðina á Selfossi. Jón Skúlason. 24. september 1996.
2. Vegagerðin (1995). Skálholtsvegur. Höfði-Biskupstungnabraut. 1995. 1. hefti útboðslýsing-tilboðsform. Apríl 1995.
3. Vegagerðin (1995). Skálholtsvegur. Höfði-Biskupstungnabraut. 1995. 2. hefti Uppdrættir. Apríl 1995.
4. Vegagerðin Selfossi og Verkfræðistofa Suðurlands. Sigmælingar 18-09-96, 04-12-96, 26-02-97, 09-01-98, og 22-09-98.

2.1.7 Norðurlandsvegur við Akureyri

Inngangur

Haustið 1975 var lokið við lagfæringu og lagningu malbiks á hluta Norðurlandsvegar norðan Akureyrar, NV-5. Var fyllt á gamlan veg og hann hækkaður og breikkaður. Einnig lagði Akureyrabær nýtt holræsi þvert undir veginn. Fljótlega eftir að lagningu malbiks var lokið fór slitlagið að skemmast á kafla frá stöð 0+520 að 0+640. Fylgst var með veginum í nokkur ár og þurfti að lagfæra slitlagið nokkrum sinnum.

Rannsóknir

Aðstæður voru athugaðar með borunum sem sýna að í vegstæðinu er 4 til 5 m þykk mýri og undir henni malarlag. Sig var mælt í fjórum sniðum en einnig var jarðvatn mælt í 5 mælum. Mælingar stóðu yfir frá haustinu 1975 fram á mitt sumar 1976.

Aðstæður

Fyllt var á gamlan veg og hann hækkaður og breikkaður. Einnig lagði Akureyrabær nýtt holræsi þvert undir veginn. Í vegstæðinu er 4 til 5 m þykk mýri og undir henni malarlag. Jarðvatn hefur verið í hæð 33 til 34 m á vegkaflanum en hefur lækkað næst holræsinu í hæð 32 m en hækkar í um 33 m um 20 m frá ræsinu.

Skrið

Mælingar og athuganir á staðnum sýndu að skemmdirnar voru verulegar og lagfæringar umtalsverðar. Í upphafi var talið hugsanlegt að um brot væri að ræða í mýrinni. Um haustið 1975 og vorið 1976 voru gerðar hliðarfyllingar beggja vegna við veginn um 1 m á þykkt og 10 m á breidd. Engar breytingar voru sjáanlegar á sigi vegarins við þessar fyllingar og þá talið ljóst að sigið væri fyrst og fremst vegna sigs í mýrinni. Niðurstöður sigmælinganna eru óvenjulegar að því leyti að mest sig mælist ætíð í miðju vegarins. Niðurstaða þessara rannsókna var að skemmdir á slitlaginu væru vegna sigs í mýrinni. Sigið væri til komið vegna álagsaukningar frá hækkun og breikkun vegarins ásamt verulegri lökkun á jarðvatni vegna drenunar meðfram nýja holræsinu.

Vegurinn var lagfærður í nokkur ár en þá hættu þessar skemmdir að koma fram á slitlaginu.

Heimildir

1. Vegagerð ríkisins (1975). Bréf til Guðmundar Guðlaugssonar, Guðmundar Heiðrekssonar og Sigurðar Oddssonar um athuganir á skemmdum á NV-5. Jón Skúlason, dagsett 04-12-1975.
2. Vegagerð ríkisins (1976). Bréf til Guðmundar Guðlaugssonar, Guðmundar Heiðrekssonar og Sigurðar Oddssonar um athuganir á skemmdum á NV-5. Jón Skúlason, dagsett 23-02-1976.
3. Vegagerð ríkisins (1996). Lagfæring á skemmdum á Norðurlandsvegi, NV-5. Jón Skúlason, apríl 1976.

2.1.8 Akureyri. Oddeyrarbyggja

Inngangur

Framkvæmdir við Oddeyrarbyggju hófust 1969. Fyrst var byggður garður úti í sjó og síðan dælt efni frá sjó inn fyrir garðinn í ágúst sama ár, til að hækka landið. Gert var ráð fyrir að Eimskip byggði vöruskemmu um 25 m innan við viðlegukantinn. Frá september til desember 1969 var grafið fyrir vestur helmingi af undirstöðum vöruhúss Eimskips og fyrir öllum landvegg byggjunnar. Áður en slegið var upp fyrir steypumótunum var fyllingin völluð með titurvalta. Í lok ársins 1969 var lokið við að steypa landvegginn og helminginn af undirstöðum fyrir vöruhúsið. Í apríl 1970 var grafið fyrir seinni helmingi af undirstöðunum fyrir vöruhúsið og fyllingin þjöppuð með titurvalta. Mánuðina apríl og maí 1970 var fyrri stauraröð í áætlaðri staurabryggju rekin niður. Sigmælingar hófust 16. apríl 1970 en þá var orðið ljóst að undirstöðurnar og bryggjan var að síga. Í maí 1970 var hætt við að byggja tveggja hæða vöruhús og því breytt í einnar hæðar hús en grunnflötur hússins lengdur í norður og vestur. Einnig er húsið fært lengra frá bryggjunni til að draga úr sigi á undirstöðum. Í júlí og ágúst 1970 var unnið við efnisskipti í austurhluta vöruhússins. Í september og október var lokið við allar undirstöður vöruhússins. Á tímabilinu ágúst til og með nóvember 1970 var gengið frá bitum að fyrri stauraröð byggjunnar og gólf hafnarbakkans steipt að stauraröðinni. Í lok ársins 1971 var orðið staðfest með sigmælingum umtalsvert sig á undirstöðum hússins og bryggjunni. Voru framkvæmdir þá stöðvaðar og aðstæður athugaðar betur samtímis því að allar áætlanir um gerð viðlegu voru endurskoðaðar. Árið 1975 var ákveðið að hætta við opna staurabryggju og gera viðleguna með stálþili. Var þilið rekið niður sumarið 1975 en lokið við hafnarbakkann 1977. Stálþilið er rekið niður um 4 metrum nær landi en upphaflega var áætlað sem staðsetning á ytri stauraröð. Stálþilið er af gerðinni BZ 550. Akkerisstag er fest í þilið í hæð +0,5 m og þilið er rekið í hæð -14,3 m. Mjög umfangsmiklar rannsóknir fóru fram á svæðinu fyrir vöruhúsið og hafnarbakkann. Gerð er grein fyrir helstu niðurstöðum í heimildum 3 og 4.

Rannsóknir

Laus jarðlög voru athuguð með borrobor, vængjabor og sýnatöku. Sýni voru rannsökuð hjá Geoteknisk Institut í Danmörku. Gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna í greinargerðum GI, sjá heimild 3 og 4. Helstu niðurstöður borana og rannsókna á tilraunastofu eru sýndar í eftirfarandi töflu.

Tafla 1. Efnisstuðlar lausra jarðlaga.

| Efni | Borhola | |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|
| | 101 | 102 |
| Raki % | 25-35 | 15-20 |
| Rúmþyngd kN/m ³ | 19 | 21 |
| P _c kPa | 1,1 P _o | 1,1 P _o |
| m (M=m√10σ) | 60 | 140 |
| r _s þegar σ > P _c | 600 | 1400 |
| c _v cm ² /mín | 1 | |
| Afvötnun taki | 4 vikur | 2 vikur |
| φ | 35 til 40° | 35 til 40° |

Aðstæður

Árið 1971 voru mæld fjögur þversnið þvert á hafnarbakkann. Með samanburði við eldri dýptarmælinga sést að fláinn hefur verið um 1:2,0 á eyrinni. Á austurhelmingi hafnarbakkans hafði fláinn ekki breyst við fyllingarnar fram til 1971 en á vesturhlutanum hafði verið fyllt fram fyllingu og var fláinn um 1:1,5 árið 1971. Í borholu 101 sem lýsir vesturhluta svæðisins er laus fínefnaríkur sandur niður í 25 metra dýpi en neðar er sandurinn þéttari. Raki er á bilinu 25 til 35 %, oftast á bilinu 25 til 30% og rúmþyngd er um 19 kN/m^3 . Í borholu 102 sem lýsir austurhluta svæðisins er laus fínefnaríkur sandur niður í 20 m dýpi en neðar er sandurinn þéttari. Raki er á bilinu 15 til 20 % og rúmþyngd er um 21 kN/m^3 . Bormótstaðan mælist lítil og vex sáralítið með dýpi sem sýnir að setið er laust. Rannsóknirnar sýna að jarðlögin eru verulega betri á eystri hluta hafnarbakkans en þeim vestari. Efnið í báðum borholum er í meðallagi lífrænt og þjálmi (I_p) 0% samkvæmt sjónmati.

Útreikningar á stæðni.

NGI athugaði stæðni fláans og kemst þar að þeirri niðurstöðu að þegar flái er orðin 1:1,5 þá sé öryggi gegn skriði orðið mjög lágt (sjá heimild 6).

Skrið

Eyrin sem bryggjan er byggð á er að mestu gerð úr lausum siltríkum sandi þar sem vatnsþrýstingur jafnast út á nokkrum vikum. Í sandi eins og hér, þar sem efnið er í meðallagi lífrænt, sýnir reynslan að langtímasig getur orðið þó nokkuð og staðið yfir í mörg ár. Mjög umfangsmiklar sigmælingar voru gerðar bæði á hafnarbakkanum og undirstöðum vöruhúss Eimskips. Mest sig byggingar mældist vestast og minnst austast. Akureyrarbær mældi á sömu polla í mars 1997 og var miðað við fastmerki á lögreglustöð bæjarins. Fyrri mælingar voru miðaðar við fastmerki úti á eyrinni sem er talið að hafi sigið um 1 mm á ári og var ekki leiðrétt fyrir þessara skekkju í fyrri mælingum. Í eftirfarandi töflu eru sýndar leiðréttar mælingar fyrir polla bryggjunnar eftir að lokið var við byggingu viðlegunnar.

Tafla 2. ig polla (mm) eftir lok byggingar Oddeyrarbryggju.

| | PA | PA3 | PA4 | PA5 | PV |
|------------------|------|------|------|------|------|
| 2. mars 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8. nóv 89 | 15,7 | 25,9 | 33,6 | 38,4 | 40,3 |
| Sig per ár 77-89 | 1,2 | 2,0 | 2,6 | 3,0 | 3,1 |
| 19. mars 97 | 21,8 | 33,3 | 41,8 | 47,1 | 49,1 |
| Sig per ár 89-97 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 |

Fyrstu 13 árin eftir að lokið var við byggingu hafnarinnar var sig á vesturenda bryggju 2,5 sinnum meira en á austurendanum. Er þetta svipað hlutfall og mældist á byggingartímanum frá 1971. Frá 1989 til 1997 hefur viðbótarsig að meðaltali verið svipað eftir bryggjunni eða um 1 til 1,5 mm á ári og er það svipað og sig eyrarinnar sem Akureyrarbær metur 1 mm á ári.

Útreiknað sig eftir að vatnsþrýstingur hefur jafnast út sýnir að reikningslegt langtímasig er minna en mælt og þá sérstaklega í vesturenda bryggjunnar. Sig er einnig mun lengri tíma að koma fram en reiknað var með fyrstu árin og á það sérstaklega við um vesturenda bryggjunnar. Sigmælingar hafa einnig sýnt að sig minnkar eftir því sem komið er inn á grunn vöruhússins, sem bendir til þess að flái eyrarinnar sé óstöðugur.

Helstu niðurstöður eru:

Sigmælingar margra ára sýna mun meira langtímasig en útreikningar.

Sig er mun lengri tíma að koma fram en útreikningar gefa tilefni til að ætla.

Stæðnireikningar sýna að öryggi fláans gegn skriði er lágt og er nærtækast að skýra mismun í mældu og reiknuðu sigi út frá skriði í fláanum.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1997). Akureyrarhöfn. Mat á fyrirliggjandi gögnum um laus jarðlög við Oddeyrarbyggju. Unnið fyrir Siglingastofnun Íslands. Jón Skúlason. Mars 1997.
3. Geoteknisk Institut (1971). Akureyri. Havneanlæg. Geoteknisk rapport med bilag no. 1-14. Lyngby 10-12-1971.
4. Geoteknisk Institut (1975). Akureyri. Havneanlæg (sydkaj). Geoteknisk rapport no. 10 med bilag no. IC, 1021 og 1022. Lyngby 10-12-1971.
5. Norges Geotekniske Institutt (1970). Grunnundersøkelse for lagerbygg og kai ved nytt havneanlegg. Akureyri, Island. 70022. Oslo 28. mai 1970.
6. Norges Geotekniske Institutt (1970). Stabilitetsberegninger for kaimur ved havneanlegget i Akureyri på Island. 70022-2. Oslo 23. juni 1970.
7. Norges Geotekniske Institutt (1972). Havneanlegg i Akureyri, Island. 70022-3. Oslo 24. januar 1972.

2.1.9 Þorskaðfjörður. Raflínumastur

Inngangur

Síðari hluta árs 1976 hóf RARIK að undirbúa lagningu Vesturlínu yfir Þorskaðfjörð. Línuleiðin yfir fjörðinn var athuguð lauslega 1976 með bylgjubrotsmælingum, sjá heimild 6. Almenna verkfræðistofan hf. og Línuhönnun hf. athuguðu 1979 kostnað við loftlínu yfir fjörðinn, sjá heimild 6. Niðurstaða athugana leiddi í ljós að hagkvæmast var að leggja loftlínu yfir fjörðinn. Undirstaða stálmasturs í miðjum firðinum var byggt á grjótvarinni eyju og var fyllt upp með efni sem var ekið út frá landi eftir vinnuvegi. Eyjan og vinnuvegurinn voru byggð árið 1980 og var rafmagni hleypt á línuna þá um haustið. Eyjan er ferhyrnd, 11,4 m á kant og fláinn er 1: 2,0. Fylgst var með sigi eyjunnar eftir að fylling var komin vel upp úr sjó og var sig mælt í um 15 ár. Upphaflega var ætlunin að setja stálmastrið á undirstöður sem voru festar niður í fyllinguna en því var breytt í lok byggingartímans því of mikil hreyfing var á undirstöðunum. Var valið að steypa ofan á eyjuna plötu sem var 8,7 metrar á kant og 1,2 m á þykkt. Fylling hófst um mitt árið 1980 og var komin í hæð +4,0 m í byrjun ágúst. Þann 27. ágúst var fyllt áfram og var fylling komin í fulla hæð 2. september (fylling um 7 m á þykkt). Vinna við steypu plötuna hófst með lökkun eyjunnar um þykkt plötunnar 10. september og var lokið við að steypa plötuna þann 21. september 1980.

Rannsóknir

Aðstæður voru athugaðar með borroborun og töku lítið hreyfðra sýna sem voru rannsökuð á tilraunastofu. Út frá niðurstöðunum var gert ráð fyrir að efnisstuðlar lausra jarðlaga væri eftirfarandi.

Rúmþyngd 19 kN/m^3

P_c sé 70 kN/m^2 við sjávarbotninn og vaxi í 100 kN/m^2 í 13 metra dýpi en sé jafnt P_o þaðan.

$M = 30 P_o$ fyrir $\sigma < P_c$

$M = 30 \sigma$ fyrir $\sigma > P_c$

$r_s = 600$

c_v var talið vera um $0,5 \text{ cm}^2/\text{mín}$ en gert var ráð fyrir að sighraði yrði ákveðin út frá sigmælingum.

Skærstyrkur, samloðun, $c = 0 \text{ kN/m}^2$

Skærstyrkur, viðnámshorn, $\varphi = 40^\circ$

Aðstæður

Í línustæðinu eru flatar leirur frá landi norðvestan megin í firðinum út að mastrinu í miðjum firðinum. Sjávarbotninn er flatur í þessum hluta fjarðarins í hæð um 0 m en nokkru austan við eyjuna er áll. Dýpi á klöpp við eyjuna er ekki mælt en borun sýnir að jarðlögin verða mun þéttari í um 25 m dýpi og í 28 m dýpi er komið niður á fastan botn. Lagður var vegur rétt yfir meðalsjó eftir leirunum til að aka út efni í eyjuna. Rannsóknir sýna að undir eyjunni er efst um 2 m lag af malarefni en síðan tekur við lagskipt efni af sandi og silti. Þjálmi efnisins var ekki mæld en áætlað lítið plastískt út frá sjónmati ($I_p = 5\%$).

Skrið

Í heimild 2 er gert ráð fyrir að sig eyjunnar verði um 80 cm og að sigræði verði ákveðinn með sigmælingum. Sigmælingar hófust eftir að spennur voru orðnar hærri en yfirstyrking samkvæmt mælingum í sigtæki og fékkst því ekki mat á hvort efnið væri í reynd þannig. Samkvæmt sigreikningum hefur eyjan sigið um 20 cm áður en sigmælingar hófust. Sig eyjunnar um 1983 er því orðið um 90 cm en var áætlað 80 cm eftir um 20 ár. Mælt sig verður því nokkuð meira en áætlað. Ástæðan er talin vera plastískar hreyfingar í undirlaginu sem ekki er tekið tillit til við útreikningana. Sést það vel á mældu sigi fyrsta hálfu árið en þá er sig jafnt á tímæiningu sem getur ekki staðist nema skrið sé í undirstöðunni. Niðurstöður mælinga sýna að fyllt hefur verið full hratt, því botnlögin hafa ekki náð að afvatnast og auka styrk í samræmi við álagið. Útreikningar á langtímasigi eftir að vatnsþrýstingur hefur jafnast út sýna að viðbótarsig um mitt ár 1994 ætti að vera um 20 cm. Samanburður við sigmælingar er nokkuð erfiður vegna skriðs í botnlögunum en talið er að mælingarnar sýni viðbótarsig um 30 cm.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. og Línuhönnun hf. (1979). Athugun loftlínu yfir Gilsfjörð og Þorskafjörð. Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins, Árni Björn Jónasson, Sigurberg H. Elentínusson og Jón Skúlason, nóvember 1979.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1980). Vesturlína. Jarðvegsathuganir vegna þverunar Gilsfjarðar og Þorskafjarðar. Unnið fyrir Rafmagnsveitu ríkisins, Jón Skúlason, september 1980.
3. Almenna verkfræðistofan hf. (1983). Landsvirkjun. Vesturlína. Þorskafjörður-Gilsfjörður. Mælingar. Unnið fyrir Landsvirkjun, Sigurberg H. Elentínusson, október 1983.
4. Almenna verkfræðistofan hf. (1994). Vestfjarðarvegur. Þverun Gilsfjarðar. Rannsóknir á lausum jarðlögum. Áfangaskýrsla nr. 1. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, Jón Skúlason, febrúar 1994.
5. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
6. Orkustofnun (1977). Raforkudeild. Vestfjarðalína. Þverun á Gilsfirði og Þorskafirði. Jarðsveiflumælingar. Birgir Jónsson. Unnið fyrir Raflínunefnd, desember 1977, OS-ROD-7724.

2.1.10 Reykjavíkurhöfn. Sundahöfn. Ábóti

Inngangur

Í tengslum við lengingu Kleppsbakkans í Reykjavík var nauðsynlegt að gera grjótgarð út af Korngarðinum til að tryggja skjól í slæmu veðri. Til að ná þessu marki var byggður 160 m langur garður með hefðbundnu þversniði, Ábóti. Frá upphafi var ljóst að mjög erfitt yrði að fylla garðinn frá landi í einum áfanga vegna lélegrar stæðni. Var því ákveðið að fylla fyrsta hluta garðsins frá sjó og láta fyllinguna standa í nokkurn tíma áður en fyllt væri frá landi. Fylling frá sjó með dæluskipi hófst í júlí 1988 og lauk í lok desember 1988. Fylgst var með framgangi verksins með dýptarmælingum. Almennt var fyllingin aðallega undir miðju garðsins en of lítið efni var undir fláum hans. Einnig vantaði verulega á að tækist að fylla næst landi frá sjó því dæluskipið komst ekki nógu nálægt landi vegna grjóts í fjörunni. Fylling frá landi hófst í september 1988 og var hún höfð eins lág og tók voru á eða í hæð +4 til +5 m. Garðurinn var komin í fulla lengd í þessari hæð í byrjun apríl 1989. Garðurinn var hækkaður í endanlega hæð síðari hluta ársins 1989. Samkvæmt tímaáætlunum Reykjavíkurhafnar varð bygging garðsins að vera lokið í lok ársins 1989. Rannsóknir á sýnum af botnlögum sýndu að það tæki 7 til 8 mánuði að jafna út vatnsþrýsting vegna álagsbreytinga í þeim. Sigmælingar við Vogabakka höfðu nokkru áður sýnt að vatnsþrýstingur jafnaðist út mun hraðar en rannsóknir á tilraunastofu höfðu sýnt. Talið var líklegt að aðstæður væru svipaðar á þessum stöðum og því líkur á að ekki þyrfti að líða nema 2 til 3 mánuðir á milli fyllingaáfanga. Var frá upphafi ljóst að nákvæmar upplýsingar um sighraða yrði ekki aflað nema með sigmælingum. Reynt var að mæla sig strax og fyllingar hófust en þær mælingar reyndust ónothæfar. Var sig mælt með sigplötum strax og fylling kom upp úr sjó. Kom strax í ljós að stæðni garðsins var léleg og varð mikið sig í fyllingunni og nokkur brot. Var því fylgst mjög vel með garðinum og reynt að tryggja að engin hætta stafaði af skriði og brotum í garðinum sem óhjákvæmilega fylgir þessum fyllingarhraða. Vegna tíðra brota var erfitt að mæla sig en reynt var eftir fremsta megni að fá sem samfelldastar mælingar.

Rannsóknir

Dýpi á klöpp var athugað með seismiskum endurvarpsmælingum og borunum. Gerð lausra jarðlaga var athuguð með borbor, vængjabor, sýnatöku og rannsókn sýna. Yfirlit yfir helstu eiginleika jarðlaga er sýnt í heimildum 2 og 3 og eftirfarandi töflu.

Tafla 1. Efnisstuðlar laura jarðlaga

| | Botnleðja | Hart sandlag | Neðra siltlag |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Rúmþyngd kN/m ³ | 16,5 | 20 | 19 |
| Raki % | 50-80 | 20-25 | 35-45 |
| Þjálmi I _p | 3-4 | 0 | 5-9 |
| P _c kPa | P _o + 10 | P _o + 10 | P _o + 10 |
| m (M=mσ) | 15 | 25 | 19 |
| r _s | 270 | 700 | 350 |
| c _v cm ² /mín | 0,5 | 5 | 0,2 |
| Skerst. á byggingartíma kPa | 10 - 25 | | 30 - 60 |
| Skerst. eftir byggingartíma kPa | C=0 og φ 35° | C=0 og φ 35° | C=0 og φ 35° |

Aðstæður

Næst Korngarðinum er klöpp í hæð –10 m og fellur þaðan í um –20 m í 70 m fjarlægð frá landi. Klöppin heldur áfram að lækka þegar lengra kemur út í sjó og er komin í hæð – 40 m þegar komið er 150 m frá landi. Sjávarbotninn er í hæð um –10 m nema næst landi þar grynkar í hæð –5 til –10 m. Þykkt lausra jarðlaga er um 5 m næst landi en vex í um 30 m í 150 m fjarlægð frá landi. Lausu jarðlögin eru efst um 9 m þykk lin botnleðja (lífrænt silt), síðan um 2 metra þykkt nokkuð hart sandlag og undir því siltlag ofan á klöpp. Botnleðjan er með raka 50 til 80%, rúmþyngd 16 til 17 kN/m³ og skerstyrk 10 til 25 kN/m². Sandlagið er með raka 20 til 25%, rúmþyngd 19 kN/m³ og skerstyrk 30 til 60 kN/m². Neðra siltlagið er með raka 35 til 45%, rúmþyngd 19 kN/m³ og skerstyrk 30 til 60 kN/m².

Niðurstöður útreikninga á stæðni

Útreikningar á stæðni grjótgarðsins sýndu að öryggi gegn skriði er nægilegt eftir að vatnsþrýstingur hefur jafnast út í siltlögunum. Sigmælingar og athuganir á garðinum eftir að byggingu hans lauk hafa staðfest þessa útreikninga. Útreikningar á stæðni garðsins á byggingartíma sýndu að öryggi gegn skriði var lágt og ef fyllt yrði of hratt væri hætta á broti. Reynslan hefur sýnt að fyllingarhraði við byggingu Ábótans var of mikill sem orsakaði nokkur brot á garðinum.

Skrið

Vegna óvissu um sigráða og áhrif þess á stæðni fyllingar var ákveðið að mæla sig strax og það væri hægt. Var reynt að nota þrýstingsmæli sem var settur í fyrsta áfanga fyllingar frá sjó. Mælingar reyndust ónothæfar en umfangsmiklar sigmælingar fengust með sigplötum sem voru settar í norður hlið garðsins eftir að hann kom upp úr sjó. Voru settar niður sex sigplötur sem tókst að mæla á nokkuð samfelt. Sigmælingar trufluðust af skriði í garðinum og varð í nokkrum tilvikum að taka plöturnar upp vegna skriðs. Við samanburð á mældu og reiknuðu sigi veldur miklum erfiðleikum að frá sjó var fyllt illa undir fláafót fyllingarinnar, þannig að ekki er ljóst hvort skrið í fyllingunni varð vegna þess að fyllingu vantar undir fláann eða vegna þess að vatnsþrýstingur jafnast of hægt út.

Í heimild 3 er sett fram sigspá fyrir mælistaðina næstu 20 árin. Frá 1990 hefur sig verið mælt yst á grjótgarðinum en það er á svipuðum stað og sigplata 6. Í eftirfarandi töflu er sýnd sigspá fyrir plötu 6 samkvæmt heimild 3 og sigmælingar á enda garðsins.

Tafla 2. Samanburður á mældu og útreiknuðu sigi garðs í cm

| | Sigspá fyrir plötu 6 | Mælt sig á enda garðs |
|--------------------|----------------------|-----------------------|
| 1. janúar 1990 | 0 | |
| 3. október 1990 | (10) | 0 |
| 12. september 1991 | | 6,5 |
| 10. maí 1994 | | 11,3 |
| 3. janúar 1995 | | 12,0 |
| 1. janúar 1995 | 25 | |
| 25. október 2001 | | 15,6 |
| 1. janúar 2010 | 35 | |

Miðað við sigstuðla er útreiknað sig frá 1. janúar til 3. október 1990 um 10 cm. Samanburður á útreiknuðu og mældu sigi sýnir að endi garðsins hefur sigið svipað á fyrstu 11 árunum.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1987). Reykjavíkurböfn. Skjólgarður út af Korngarði. Athuganir á lausum jarðlögum. Unnið fyrir Hafnarstjórnann í Reykjavík, Jón Skúlason. Des. 1987.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1988). Reykjavíkurböfn. Skjólgarður út af Korngarði. Athuganir á stæðni og sigi garðs. Unnið fyrir Hafnarstjórnann í Reykjavík, Jón Skúlason. Nóv. 1988.
3. Almenna verkfræðistofan hf. (1990). Reykjavíkurböfn. Skjólgarður út af Korngarði. Athuganir á stæðni og sigi garðs. Unnið fyrir Hafnarstjórnann í Reykjavík, Jón Skúlason. Feb. 1990.
4. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
5. Jón Skúlason (1989). Athugun á stæðni grjótgarða. Árbók VFÍ 1989/90.

2.1.11 Hafnafjarðarhöfn. Norðurgarður

Inngangur

Á árunum 1941 og 1945 var byggður skjólgarður í Hafnafjarðarhöfn norðan í firðinum skammt utan við gömlu hafskipabryggjuna. Garðurinn er um 230 m á lengd og stefnir í suður. Um er að ræða garð úr grjóti og möl með fláa úr stórgrýti að utan og innan. Þekja var steipt ofan á garðinn og niður með hliðum hans. Á byggingartíma varð mikið sig á ysta hluta garðsins og talið að hann hefði farið niður eins og um brot væri að ræða í undirlaginu.

Rétt fyrir 1980 var athugað hvort hægt væri að lengja garðinn. Voru aðstæður athugaðar og er gerð grein fyrir þeim í heimild 1. Ekkert varð úr lengingu garðsins en hann var styrktur með grjótvörn 1985 og 1986. Fylgst var með sigi garðsins og mældist um 3 cm sig á ári fyrstu árin á eftir sem bendir til þess að ekki hafi þá orðið skrið í botnlögunum.

Rannsóknir

Botnlögin voru athuguð af Geoteknisk Institut 1959 (sjá heimild 2) og Almennu verkfræðistofunni hf. 1978 (sjá heimild 1). Gerð lausra jarðlaga var athuguð með borrobör, vængjabor, sýnatöku og rannsókn sýna. Samantekt á helstu niðurstöðum úr þessum prófunum er:

Rúmpyngd 15 kN/m^3
 $M = 14 \sigma_1$
 $r_s = 210$
 $c_v = 0,2 \text{ cm}^2/\text{mín}$
 $s_u = 30 \text{ kN/m}^2$, fyrst á byggingartíma (ódrenað ástand)
 $c = 0$ (drenað ástand)
 $\varphi = 40^\circ$

Aðstæður

Botninn undir garðinum er lin botnleðja með raka 60 til 80%, rúmpyngd 14 til 16 kN/m^3 , styrktarstuðul c_v í sigprófi $0,2 \text{ cm}^2/\text{mín}$ og er þjálmi (I_p) áætluð 0-5%. Mælingar með vængjabor sýndu að hlutfallið $s_u/\sigma_1=0,4$ og gefa vísbendingu um að ódrenaður skerstyrkur sé lægstur um 20 til 30 kN/m^2 við grjótgarðinn.

Niðurstöður útreikninga á stæðni.

Lauslegar athuganir á stæðni sýna að útreiknað öryggi garðsins hefur verið lægra en 1,0, ef reiknað er með s_u aðferðinni og byggt á niðurstöðum mælinga með vængjabor. Er talið ljóst að fyllt hafi verið of há fylling og of hratt miðað við hvað vatnsþrýstingur er lengi að jafnast út.

Skrið

Á byggingartíma, 1940 til 1945 varð mikið sig yst á garðinum og talið ljóst að það væri að hluta vegna brots í botnlögunum. Fyllt var frá landi í fulla hæð garðsins. Athuganir á stæðni sýndu að útreiknað öryggi garðsins hafði verið lægra en 1,0, ef byggt var á niðurstöðum mælinga með vængjabor. Er talið ljóst að fyllt hafi verið of há fylling og of hratt miðað við hvað vatnsþrýstingur er lengi að jafnast út. Árið 1986

var fyllt grjótvörn utan á garðinn og var þess gætt að fyllingin kæmi mun hægar. Ekkert brot varð þá í botnlögunum sem staðfestir fyrri ályktun.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1978). Jarðvegsathuganir í Hafnarfjarðarhöfn. Jón Skúlason. Unnið fyrir Vita- og Hafnamálastofnunina. Des. 1978.
2. Geoteknisk Institut (1959). Hafnarfjörður. Island. Kajkonstruksjon. Geoteknisk rapport med bilag 1-28, samt Geoteknisk Institut's bulletin no. 1-3. 26-2-1959.
3. Jón Skúlason (1989). Athugun á stæðni grjótgarða. Árbók VFÍ 1989/90.

2.1.12 Hafnafjarðarhöfn. Höfn utan Suðurgarðs

Inngangur

Á árinu 1987 og 1988 var unnið við gerð grjótgarðs út frá Hvaleyrinni til að mynda skjól fyrir hafnaraðstöðu. Dæling í norður/suður legg hófst 18. mars 1998 og í austur/vestur legg 20 maí sama ár. Fyllt var neðst með skeljaefni með dæluskipi frá sjávarbotni sem var í kóta –10 til –11 m, upp í kóta –4 m. Í byrjun júní 1998 var fylling í miðju garðs í kóta –2,5 m í norður/suður legg, –4,5 m í austur/vestur legg og í –7 m í enda garðs. Í byrjun ágúst 1998 var fylling í miðju garðs í kóta 0 m í norður/suður legg og í austur/vestur legg og í –3 m í enda garðs. Um mánaðamótin október nóvember 1998 hóf ÍSTAK vinnu við fyllingar frá sjó og landi. Í lok janúar 1999 var fylling í miðju garðs í kóta +3 til +4 m í norður/suður legg, –1 m í austur/vestur legg og í –1,5 m í enda garðs. Í febrúar 1999 varð mikið brot í ytri fláa garðsins á austur/vestur leggnum við norður/suður legginn. Í lok júlí 1999 var fylling í miðju garðs í kóta +5,5 m í norður/suður legg, +3,5 m í austur/vestur legg og í +2,0 m í enda garðs. Í byrjun júní 1999 var verið að hækka ysta hluta garðsins og varð þá stórt brot innanvert þar sem endinn beygir í norður. Garðurinn var hækkaður síðustu viku ágústmánaðar í kóta +4,5 m úr kóta +3,5 og +2,0 m og varð þá mikið brot á sama stað og áður. Fyllingum var þá hætt en hófust aftur í september 1999 og var garðurinn þá hækkaður í +5,5 m án þess að brot yrði aftur.

Rannsóknir

Laus jarðlög voru athuguð með seismiskum mælingum, borroborun og sýnatöku. Sýni voru rannsökuð hjá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. Gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna í greinargerð Almennu verkfræðistofunnar hf., sjá heimild 1. Helstu niðurstöður mælinga, borana og rannsókna á tilraunastofu eru sýndar í eftirfarandi töflu.

Tafla 1. Efnisstuðlar

| | Dýpi 0-3 m | Dýpi meira en 3 m |
|--------------------------------------------|------------|-------------------|
| Raki (%) | 50-55 | 70-100 |
| Rúmþyngd kN/m ³ | 17,5 | 15,5 |
| Þjálmi I_p | 0 | 3-7 |
| m ($M = m\sigma_1$) | 20 | 15 |
| r_s | 600 | 300 |
| c_v (cm ² /mín) | 1,0 | 0,4 |
| s_u (ódrenað ástand, kN/m ²) | 15 | 15 |
| c (drenað ástand) | 0 | 0 |
| φ (°) | 40 | 40 |

Aðstæður

Í garðstæðinu var sjávarbotn í hæð –5 m við garðendann næst Hvaleyrinni en fellur þaðan í hæð –10 m á um 150 m. Þaðan út í fjörðinn er sjávarbotninn undir garðinum í hæð –10,5 til –11,0 m.

Seismiskar mælingar sýna að í garðstæðinu er klöpp í hæð –8 m í suðurenda garðsins. Þaðan fellur klöppin hratt út í fjörðinn og er neðan við hæð –30 m miðja vegu eftir garðinum.

Boranir sýna að í ystu 200 metrum eru efstu 15 metrar setsins mjög lint efni en virðist verða nokkuð þéttara þar fyrir neðan. Í efstu 3 metrum setsins var lífrænt sandríkt silt með skel, ekki plastískt, raki 50-55% og rúmþyngd 17-18 kN/m³. Frá 3 m niður í 15 m dýpi var lífrænt silt með skel, lítið plastískt, raki 70-100% og rúmþyngd 15-16 kN/m³.

Niðurstöður útreikninga á stæðni

Útreikningar á stæðni grjótgarðsins sýndu að öryggi gegn skriði er nægilegt eftir að vatnsþrýstingur hefur jafnast út í siltlögunum. Útreikningar á stæðni garðsins á byggingartíma sýndu að öryggi gegn skriði var lágt og ef fyllt er of hratt væri hætta á broti. Reynslan hefur sýnt að fyllingarhraði við byggingu garðsins var of mikill og orsakaði brot á garðinum.

Skrið

Umfangsmiklar sigmælingar hafa verið gerðar á garðinum allt frá því fylling var komin upp úr sjó. Hefur mælst mikið sig á garðinum og virðist vera hægt að álykta að ekki sé hætta á broti ef sig er minna en 1 cm á dag. Ef sig er orðið 3 cm og meira er reynslan að þá er stutt í brot í garðinum.

Í febrúar 1999 varð mikið brot í ytri fláa garðsins á austur/vestur leggnum við norður/suður legginn. Í byrjun júní 1999 var verið að hækka ysta hluta garðsins úr kóta +2,0 og varð þá stórt brot brot innanvert þar sem endinn beygir í norður. Garðurinn var hækkaður síðustu vikna í ágúst í kóta +4,5 m úr kóta +3,5 og +2,0 m og varð þá mikið brot á sama stað og áður. Fyllingum var þá hætt en hófust aftur í september og var garðurinn þá hækkaður í +5,5 m án þess að brot yrði aftur.

Sig á byggingartíma er mun meira en útreikningar sýna. Talið er að ástæðan sé plastískar hreyfingar í undirlagi garðsins sem ekki er hægt að taka tillit til við útreikninga.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1998). Höfn utan Suðurgarðs. Hvaleyrargarður. Athugun á lausum jarðlögum. Unnið fyrir Hafnarfjarðarhöfn. Jón Skúlason. Maí 1998.
2. Stuðull, verkfræði- og jarðfræðiþjónusta (1998). Útboð nr. 11160. Brimbrjótur fyrir Hafnarfjarðarhöfn. Ágúst 1998.

2.1.13 Gilsfjörður. Raflínustaur

Inngangur

Fyrstu athuganir vegna raflínu yfir Gilsfjörð eru frá árunum 1963 og 1964, sjá heimild 8 og 9. Samhliða því var unnið við dýptarmælingar á vegum Sjósmælinga Íslands og gert dýptarkort. Í framhaldi af þessum athugunum var lagður sæstrengur frá Kaldrana yfir í Króksfjarðarnes. Síðari hluta árs 1976 fór RARIK að undirbúa lagningu Vesturlínu yfir Gilsfjörð. Línuleiðin yfir fjörðinn var athuguð af Orkustofnun árin 1976 og 1977 með endurkasts- og bylgjubrotsmælingum, sjá heimild 6 og 7. Almenna verkfræðistofan hf. og Línuhönnun hf. athuguðu 1979 kostnað við loftlínu yfir fjörðinn, sjá heimild 1. Niðurstaða athugana leiddi í ljós að hagkvæmast var að leggja loftlínu yfir fjörðinn út frá Ólafsdalseyri. Undirstaða stálmasturs í miðjum firðinum var byggt á grjótvarinni eyju. Var hún fyllt upp með efni sem var ekið út frá landi eftir vinnuvegi. Eyjan og vinnuvegurinn voru byggð árið 1980 og var rafmagn hleypt á línuna þá um haustið. Eyjan er ferhyrnd 12,8 metrar á kant og fláinn er 1:2,0. Fylgst var með sigi eyjunnar eftir að fylling var komin vel upp úr sjó og hefur sig verið mælt síðan. Upphaflega var ætlunin að setja stálmastrið á undirstöður sem voru festar niður í fyllinguna en því var breytt í lok byggingartímans því of mikil hreyfing var á undirstöðunum. Var valið að steypa ofan á eyjuna plötu sem var 11,0 metrar á kant og 1,0 metri á þykkt. Fylling hófst um mitt árið 1980 og var komin í hæð +4,0 m í byrjun ágúst. Þann 12. ágúst var fyllt áfram og var fylling komin í fulla hæð 17. ágúst (um 8 m þykk fylling). Vinna við steypu plötuna hófst með lökkun eyjunnar um þykkt plötunnar 10. september og var lokið við að steypa plötuna þann 19. september 1980.

Rannsóknir

Laus jarðlög voru athuguð með seismiskum mælingum, borrobörnun og sýnatöku. Sýni voru rannsökuð hjá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. Gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna í greinargerð Almennu verkfræðistofunnar hf., sjá heimild 2. Helstu niðurstöður mælinga, borana og rannsókna á tilraunastofu eru sýndar í eftirfarandi:

Rúmþyngd í efstu 2 m 19 kN/m^3

Rúmþyngd í siltinu $16,5 \text{ kN/m}^3$

P_c sé 70 kN/m^2 við sjávarbotninn og vaxi í 100 kN/m^2 í 13 m dýpi en sé jafnt P_o þaðan.

$M = 15 P_o$ fyrir $\sigma < P_o$

$M = 15 \sigma$ fyrir $\sigma > P_o$

$r_s = 300$

c_v var talið vera um $0,5 \text{ cm}^2/\text{mín}$ en gert var ráð fyrir að sighraði yrði ákveðinn út frá sigmælingum.

Aðstæður

Í línustæðinu eru flatar leirur frá landi norðan megin í firðinum út í mastrið í miðju fjarðarins. Sjávarbotninn er flatur í þessum hluta fjarðarins í hæð um +1 m en nokkrum sunnan við eyjuna er áll. Dýpi á klöpp við eyjuna er meira en 30 m. Lagður var vegur rétt yfir meðalsjó frá norðurströnd fjarðarins til að aka út efni í eyjuna. Undir eyjunni er efst um 2 metra lag af sandi en síðan tekur við lagskipt lífrænt efni af leirríku silti. Efnið í siltlaginu er 10 til 20% leir, 80 til 90% silt og um 5% sandur. Þjálmi (I_p) efnisins var ekki

mælt en áætlað út frá sjónmati 10 til 20%. Siltlagið mælist með rakagildi 50 til 70% og rúmþyngd 16 til 17 kN/m².

Skrið

Í heimild 2 er gert ráð fyrir að sig eyjunnar verði um 150 cm og að sigræði verði ákveðinn með sigmælingum. Samkvæmt heimild 3 er mælt sig eyjunnar frá því hún var komin vel upp úr sjó orðið um 2,6 m árið 1994. Niðurstöður sigreikningum sýna að eyjan hefur sigið um 40 cm áður en sigmælingar hófust. Sig eyjunnar er því 1994 orðið um 300 cm en var áætlað 150 cm eftir um 20 ár. Sigmælingar hófust eftir að spennur voru orðnar hærri en yfirstyrking samkvæmt mælingum í sigtæki og fékkst því ekki mat á hvort efnið væri í reynd þannig. Mælt sig varð því um tvöfalt meira en áætlað. Aðal ástæðan er talin vera plastískar hreyfingar í undirlaginu sem ekki er tekið tillit til við útreikningana. Sést það vel á mældu sigi fyrsta hálfu árið en þá er sig jafnt á tímaeiningu sem getur ekki staðist nema skrið sé í undirstöðunni. Niðurstöður mælinga sýna að fyllt hefur verið of hratt og botnlögin hafa ekki náð að afvatnast og auka styrk í samræmi við álagið. Útreikningar á langtímasigi eftir að vatnsþrýstingur hefur jafnast út sýna að viðbótarsig um mitt ár 1994 ætti að vera um 40 cm. Samanburður við sigmælingar er nokkuð erfiður vegna skriðs í botnlögum en talið er að mælingarnar sýni að viðbótarsig verði verulega meira.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. og Línuhönnun hf. (1979). Athugun loftlínu yfir Gilsfjörð og Þorskafjörð. Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins, Árni Björn Jónasson, Sigurberg H. Elentínusson og Jón Skúlason, nóvember 1979.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1980). Vesturlína. Jarðvegsathuganir vegna þverunar Gilsfjarðar og Þorskafjarðar. Unnið fyrir Rafmagnsveitur ríkisins, Jón Skúlason, september 1980.
3. Almenna verkfræðistofan hf. (1983). Landsvirkjun. Vesturlína. Þorskafjörður-Gilsfjörður. Mælingar. Unnið fyrir Landsvirkjun, Sigurberg H. Elentínusson, október 1983.
4. Almenna verkfræðistofan hf. (1994). Vestfjarðarvegur. Þverun Gilsfjarðar. Rannsóknir á lausum jarðlögum. Áfangaskýrsla nr. 1. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, Jón Skúlason, febrúar 1994.
5. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
6. Orkustofnun (1977). Raforkudeild. Vestfjarðalína. Þverun á Gilsfirði og Þorskafirði. Jarðsveiflumælingar. Birgir Jónsson. Unnið fyrir Raflínunefnd, desember 1977, OS-ROD-7724.
7. Orkustofnun (1978). Raforkudeild. Vestfjarðalína. Þverun á Gilsfirði, könnun á þykkt setlaga. Ágúst Guðmundsson, Birgir Jónsson, Arnlaugur Guðmundsson og Jósep Hólmjárn. Unnið fyrir Rarik, Línudeild, apríl 1978, OS-ROD-7812.
8. Raforkumálastjóri (1964). Athugun á línustæði yfir Gilsfjörð. HT/ag 28.1.1964.
9. Raforkumálastjóri (1964). Orkudeild. Lýsing á jarðfræðilegum aðstæðum á línustæðum yfir Gilsfjörð. HT/eg 12.5.1964.

2.1.14 Gilsfjörður. Holtahyrna

Inngangur

Árin 1995 til 1997 var á vegum Vegagerðarinnar unnið við Vestfjarðaveg um Gilsfjörð. Við upphaf verksins var ætlunin að taka um 400.000 m³ af efni úr skriðu í Holtahyrnu í Saurbæ. Var miðað við að sigta frá efni grófara en 400 mm til nota í grjótvörn og síulag. Fínni hlutann var ætlunin að nota sem fyllingarefni. Þegar verulegur hluti þessa efnis hafði verið tekinn úr hlíðinni komu fram sprungur í skriðunni vegna hreyfinga.

Rannsóknir

Sumarið 1993 var boðið út verkið “Gilsfjörður – rannsóknir”. Verkið fólst í efnistöku og flokkun efnis í Holtahyrnu sunnan Gilsfjarðar, greftri rannsóknahola sunnan og norðan fjarðarins, svo og sprengingum á þremur stöðum í Króksfjarðarnesi. Grafnar voru 6 gryfjur sem voru 6 til 9 metra djúpar til að kanna grjótmagn og gerð efnisins. Teknikir voru sáldurferlar af þeim hluta sem var fínni en 400 mm en grófari hlutinn var vigtaður sér.

Aðstæður

Efst í skriðunni (urðarbingnum) var mikið af grjóti en við vinnslu í námunni kom í ljós að magn grjóts minnkaði með dýpinu. Virtist sem að jafnaði væri grjótríkt lag um 3-4 m á þykkt efst í skriðunni.

Skrið

Sumarið 1997 fór að bera á skriði í skriðunni (urðarbingnum) en verktakinn var þá að vinna efni í námunni. Var reynt að mæla hreyfingar í skriðunni og mældust færslur 0,5 til 1,0 m að meðaltali en mest 2,5 m.

Eftirfarandi lýsing á skriði er að mestu tekin úr heimild 2 sem lýsir vettvangsskoðun sumarið 1997. Skeifulaga brotsár var í yfirborði bingsins, sást neðst að austanverðu í 187 m y.s. og þar var lóðrétt hreyfing um 0,2 m. Brotsárið hækkaði til vesturs og náði þvert yfir binginn í 200, 210 og 224 m y.s. Á þessu svæði var lóðrétt hreyfing frá 0,4-0,6 m austantil en fór mest í 1,2 m þar sem brotskeifan lág hæst. Brotsárið fór hæst við vestari grófa urðartauminn sem lá frá klettabeltunum í ofanverðri Holtahyrnu. Þaðan lækkaði brotsveigurinn niður til vesturs og sást síðast í 197 m y.s. og var lóðrétt hreyfing þar um 0,2 m.

Auk skeifulaga brotsársins voru sprungur ofar, það er um 20 m hærra í urðinni, rétt neðan við rætur klettabeltanna. Hreyfing þar virtist vera um 0,2 – 0,3 m.

Auk þessa voru minni sprungur inni á urðarbingnum, innan svæðis sem skeifulaga brotsárið markaði. Til dæmis voru sprungur á flötum pöllum austantil í námusvæðinu þar sem lárétt hreyfing mældist um 1 m en lóðrétt hreyfing um 0,3 m niður að vestanverðu. Auk þess sást nokkrar smærri sprungur á víð og dreif, bæði ofantil á bingnum, á óhreyfðu yfirborði og einnig niðri í námusvæðinu.

Talið var að framskrið á miðhluta bingsins sumarið 1997 hafi verið nokkrir metrar (3-5m) og að lóðrétt hreyfing eða sig á bingnum hafi einnig mælst í metrum.

Eftir að vinnslu var hætt í námunni stöðvaðist skriðið að mestu og er ekki talið að skrið hafi verið í námusvæðinu síðan þá. Samkvæmt því er líklegast að flái skriðunnar hafi orðið of brattur við efnisvinnsluna og því orðið skrið yst í urðarbingnum. Þegar vinnslu var hætt virðist aftur hafa komist á jafnvægi í skriðunni.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1994). Minnisblað fyrir Jón Helgason um fyllingarefni í Gilsfirði. Jón Skúlason. 13. júní 1994.
2. Jarðfræðistofa ÁGVST (1997). Bréf til Vegagerðarinnar á Ísafirði dagsett 14. júlí 1997. Varðar efnistöku úr Holtahyrnu í Saurbæ við sunnanverðan Gilsfjörð. Ágúst Guðmundsson.
3. Vegagerðin, Ísafirði (1994). Gilsfjörður – rannsóknir. Samantekt um niðurstöður rannsókna 1993. Sveinn L. Sveinsson. Maí 1994.
4. Vegagerðin, Áætlanadeild (1995). Holtahlíðarnáma í Gilsfirði. Mat á umhverfisáhrifum. Jón Helgason, Helgi Jóhannesson og Sveinn L. Sveinsson. Apríl 1995.

2.1.15 Snæfellsnesvegur. Búlandshöfði

Inngangur

Árið 1998 hófst lagning á nýjum vegi um Búlandshöfða. Liggur vegurinn um bratta skriðu þar sem hafa verið aur- og grjótskriður á liðnum árum. Var skriðuefnið notað í fyllingar og neðra burðarlag vegarins en lagningu hans lauk 1999. Á verktíma var votviðrasamt á köflum og gekk þá illa að vinna með skriðuefnið. Athuganir á raka efnisins sýndu að efnið var með hátt rakagildi sem gerði verktakanum erfitt fyrir þegar rigndi.

Þann 26. mars 2000 urðu tvö brot í veginn um Búlandshöfða. Mjög mikil úrkoma var síðustu tvo sólahringa áður en brot varð í veginum. Taldi rekstarstjóri Vegagerðarinnar í Ólafsfirði að mælingar sýni að ekki hafi mælst meiri rigning í um 20 ár. Annað brotið var í nýja þjóðveginn en hitt var í tengivegi milli nýja vegarins og þess gamla. Athugunum var fyrst og fremst beint að brotinu í þjóðveginn enda hefur brotið í tengiveginum engin áhrif á umferð um þjóðveginn.

Að öðru leyti hafa engin merki verið um skrið í veginum eða í skriðum ofan og neðan vegarins.

Rannsóknir

Árið 1992 var unnin jarðfræðirannsókn af Stapa bæði í Búlandshöfða og á nokkrum svæðum í nágrenninu, sjá heimild 2. Almenna verkfræðistofan hf. rannsakaði skriðuefnið 1997 til að meta staðni efnisins og hugsanlega möguleika á að nota efnið í burðarlög, sjá heimild 1. Vegagerðin í Borgarnesi og í Reykjavík gerði ýmsar athuganir á undirbúningtíma samhliða framkvæmdum. Niðurstöður helstu rannsókna eru sýndar í eftirfarandi töflum.

Tafla 1. Niðurstöður sáldurferils

| Sýni | Raki % | <#200 % | <#4 % | <19mm % | Ip | 3F1 % | Bg | USCS | Frostfl. |
|--------|--------|---------|-------|---------|----|-------|----|-------|----------|
| R02 | 24,0 | 4,8 | 37 | 55 | | | | GW | T2 |
| R02<19 | | 16,2 | 75 | 100 | | 70 | | SM | T3 |
| R02L | | 11,5 | 55 | 100 | | | 8 | SW-SM | T2 |
| R04 | 18,9 | 4,0 | 36 | 63 | | | | GW | T1 |
| R04<19 | | 9,5 | 60 | 100 | | 64 | | GW-GM | T2 |
| R04L | | 8,4 | 48 | 100 | | | 5 | GW-GM | T2 |

Tafla 2. Niðurstöður þjöppunar og CBR prófs

| Sýni | Nr. | γ_s | Við þjöppun | | Δw % | CBR 0,1'' % | CBR 0,2'' % |
|------|-----|------------|-------------|------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| | | | w % | γ_d kN/m ³ | | | |
| R02L | | 2,917 | 20,2 | 18,01 | 2,2 | 42 | 56 |
| R04L | | 2,985 | 17,6 | 18,46 | 1,0 | 89 | 112 |

Blandað var saman í jöfnum hlutföllum efni úr sýni R02L og R04L og búið til sýni R024L. Tvö þríasapróf voru gerð á þessu efni og eru niðurstöðurnar sýndar í eftirfarandi töflu.

Tafla 3. Niðurstöður þríasaprófa við σ_3/σ_1 mín.

| Þurr rúmpýngd kN/m ³ | σ_1 kPa | σ_3 kPa | τ kPa | ϕ ° | ϵ % |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------|-----------------|
| 17,51 | 446 | 47 | 200 | 54,4 | 1,0 |
| 17,67 | 817 | 109 | 354 | 49,9 | 1,6 |

Aðstæður

Vegurinn liggur um brattar skriður úr mjög þéttu efni sem afvatnast illa. Efnið reyndist rakaríkt og var erfitt í vinnslu ef rigndi. Fláar í skriðuefninu eru mjög viðkvæmir fyrir vatni og erfitt að vinna við fyllingu úr slíku efni nema það sé þurr.

Gert er ráð fyrir að náttúruleg óstöðug skriða (þar verða yfirborðsskriður) standi 1:1,25 en gróin stöðug skriða 1:1,4 til 1:1,5.

Skrið

Ekki er vitað um skriður í hlíðinni á byggingartíma. Á liðnum áratugum eru þekkt mörg aur- og grjótskrið í skriðunum.

Eins og framfar segir urðu tvö brot í mars 2000 og var annað í þjóðveginum. Samkvæmt upplýsingum frá rekstrarstjóra Vegagerðarinnar í Ólafsfirði þá er vitað um tvö brot, á síðustu 20 árum, í gamla veginn um Búlandshöfða á svipuðum stað og þetta brot. Nýi þjóðvegurinn var lagður á sama stað og gamli vegurinn með því að breikka hann og lagfæra vegrásina.

Mjög mikil úrkoma var síðustu tvo sólahringa áður en brot varð í veginum. Taldi rekstarstjóri Vegagerðarinnar í Ólafsfirði að mælingar sýni að ekki hafi mælst meiri rigning í um 20 ár.

Niðurstöður úr vettvangsskoðuninni voru:

- Ekki sáust neinar sprungur í slitlagi vegarins nema þær sem voru tengdar brotinu í veginum. Það voru því engar vísbendingar um að brot væri yfirvofandi á fleiri stöðum í skriðunni.
- Í brotsári vegarins sést að vegfyllingin er fínefnarík skriða sem stendur nær lóðrétt. Brotið hefur orðið um 10 m neðan við yfirborð vegarins og virðist fylgja bergstalli sem skriðan hefur staðið á. Botn brotsins er nær lóðrétt um 8 m hátt stál og nær inn undir vegkantinn við vegrásina.
- Út frá formi brotflatarins verður að telja ljóst að vatnsþrýstingur við klöppina hafi orðið það hár, vegna mikillar úrkomu, að fyllingin hafi skriðið út við klapparyfirborðið.
- Samkvæmt rannsóknum á skriðuefninu er vitað að efnið er mjög þétt og afvatnast illa. Hafa þessir efniseiginleikar haft afgerandi áhrif á að vatnþrýstingur við yfirborð klapparinnar hefur ekki drenast út.

Sameiginleg niðurstaða Almennu verkfræðistofunnar hf. og starfsmanna Vegagerðarinnar um aðgerðir til að lagfæra veginn voru:

- Hreinsa skal eins og kostur er leðju og skriðuefni ofan af klöppinni.
- Fylla með um tveggja metra þykkt lag af grjóti ofan á klöppina inn að botni brotsins.
- Fylla með milligrófu grjóti ofan á grjótlagið.

- Fylla meðbögglabergi upp undir vegyfirborð.
- Leggja að lokum burðarlag og slitlag á veginn.

Vegurinn var lagfærður samkvæmt þessum tillögum og er ekki vitað um brot eftir þetta.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1998). Snæfellsnesvegur. 557-13 um Búlandshöfða. Athugun á skriðuefni. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason, janúar 1998.
2. Stapi-jarðfræðistofa (1993). Búlandshöfði. Efri leið og Fjöruleið. Jarðfræðirannsóknir árið 1992. Ómar Bjarki Smáráson. Maí 1993.
3. Vegagerðin, Borgarnesi, Hönnunardeild (1993). Snæfellsnesvegur. 557-13 um Búlandshöfða. Endurskoðun frumáætlunar. Efri leið. Auðunn Hálfðanarson. Maí 1993.
4. Framkvæmdafréttir Vegagerðarinnar (1999). Búlandshöfði á Snæfellsnesi. Ingvi Árnason. 27. tbl./99.

2.1.16 Þófar. Seyðisfirði

Inngangur

Svæðin beggja vegna við byggðina í Seyðisfirði hafa verið þekkt fyrir snjóflóð og skriður. Á síðustu árum hefur verið vaxandi ótti við skriður úr Þófum norðan við kaupstaðinn ofan við verksmiðju SR mjöls. Sumarið 2000 tóku menn eftir nýlegum sprungum í tengslum við könnun á lausum jarðlögum vegna gerðar hættumats fyrir Seyðisfjörð (12). Haustið 2001 var aftur vart við nýjar sprungur í Þófum og hreyfingum en við það opnuðust sprungurnar. Í nóvember það ár (4) var farið í vettvangsskoðun og í framhaldi af henni voru grafnir skurðir til að veita vatni úr skriðunni.

Haustið 2002 var skipaður ráðgjafahópur undir forustu umhverfisráðuneytisins til að rannsaka aðstæður í Þófunum og koma með tillögur um úrbætur ef hægt væri. Veðurstofan hefur fylgst með sprungum á svæðinu og fyrir liggja frá stofnuninni upplýsingar um veðurfar. Fyrsti fundur hópsins var haldinn á Seyðisfirði 14. nóvember 2002. Ráðgjafahópurinn komst meðal annars að þeirri niðurstöðu að það þyrfti að finna með borunum þykkt og gerð lausra jarðlaga. Einnig að taka sýni af jarðlögum og rannsaka eiginleika þeirra. Niðurstöðurnar yrðu síðan notaðar til að reikna út stæðni skriðunnar og meta líklegan árangur af aðgerðum. Gerð er grein fyrir niðurstöðum þessara rannsókna í heimildum 3 og 6.

Rannsóknir

Dýpi á fast og sýnataka af jarðlögum var gerð með ODEX borun. Einnig voru tekin sýni í gryfjum sem grafnar voru með beltagröfu. Samhliða boruninni voru sett niður 11 mælirör til að fylgjast með stöðu grunnvatns. Dýpi á grunnvatn var mjög breytilegt eða frá 3 til 21 m dýpi. Var talið að mælingarnar væru ekki áreiðanlegar og líklegt að dýpi á grunnvatn væri algengt á bilinu 2 til 3 m. Á tilraunastofu voru sýnin prófuð bæði með einföldum prófum og þríasaprófum. Gerð er grein fyrir niðurstöðum þessara rannsókna í heimildum 3 og 6. Skriðuefnið var 10-40% silt, 20-30% sandur og 30-50% möl. Efnið mældist með þjálmi á bilinu 1 til 19% sem er hátt miðað við aðrar mælingar hér á landi. Gerð voru bæði CIU og CAU þríasapróf og eru niðurstöðurnar sýndar í eftirfarandi töflum:

Tafla 1. Niðurstöður þríasaprófa

| Sýni nr. | Raki [%] | Þurr rúmþ. [kN/m ³] | Mettun [%] | Spennur við styrkingu [kPa] | | |
|----------|----------|---------------------------------|------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|
| | | | | σ_{1c} [kPa] | σ_{3c} [kPa] | σ_{3c}/σ_{1c} |
| CIU-50 | 26,2 | 16,69 | 99,8 | 48 | 50 | 1,03 |
| CIU-100 | 26,6 | 16,53 | 98,9 | 100 | 102 | 1,01 |
| CIU-150 | 24,7 | 17,06 | 99,2 | 150 | 151 | 1,01 |
| CAU-100 | 26,0 | 16,71 | 99,3 | 90 | 50 | 0,55 |

Framhald

| Sýni nr. | $\varepsilon = 1\%$ | | | | $\varepsilon = 2\%$ | | | |
|----------|---------------------|------------------|--------------|------------|---------------------|------------------|--------------|------------|
| | σ_1 [kPa] | σ_3 [kPa] | τ [kPa] | ϕ [°] | σ_1 [kPa] | σ_3 [kPa] | τ [kPa] | ϕ [°] |
| CIU-50 | 82 | 27 | 28 | 31,2 | 75 | 23 | 26 | 32,0 |
| CIU-100 | 138 | 49 | 45 | 28,9 | 126 | 38 | 44 | 32,5 |
| CIU-150 | 184 | 76 | 54 | 24,5 | 168 | 54 | 57 | 30,9 |
| CAU-100 | 107 | 34 | 36 | 30,5 | 107 | 32 | 38 | 33,4 |

Framhald

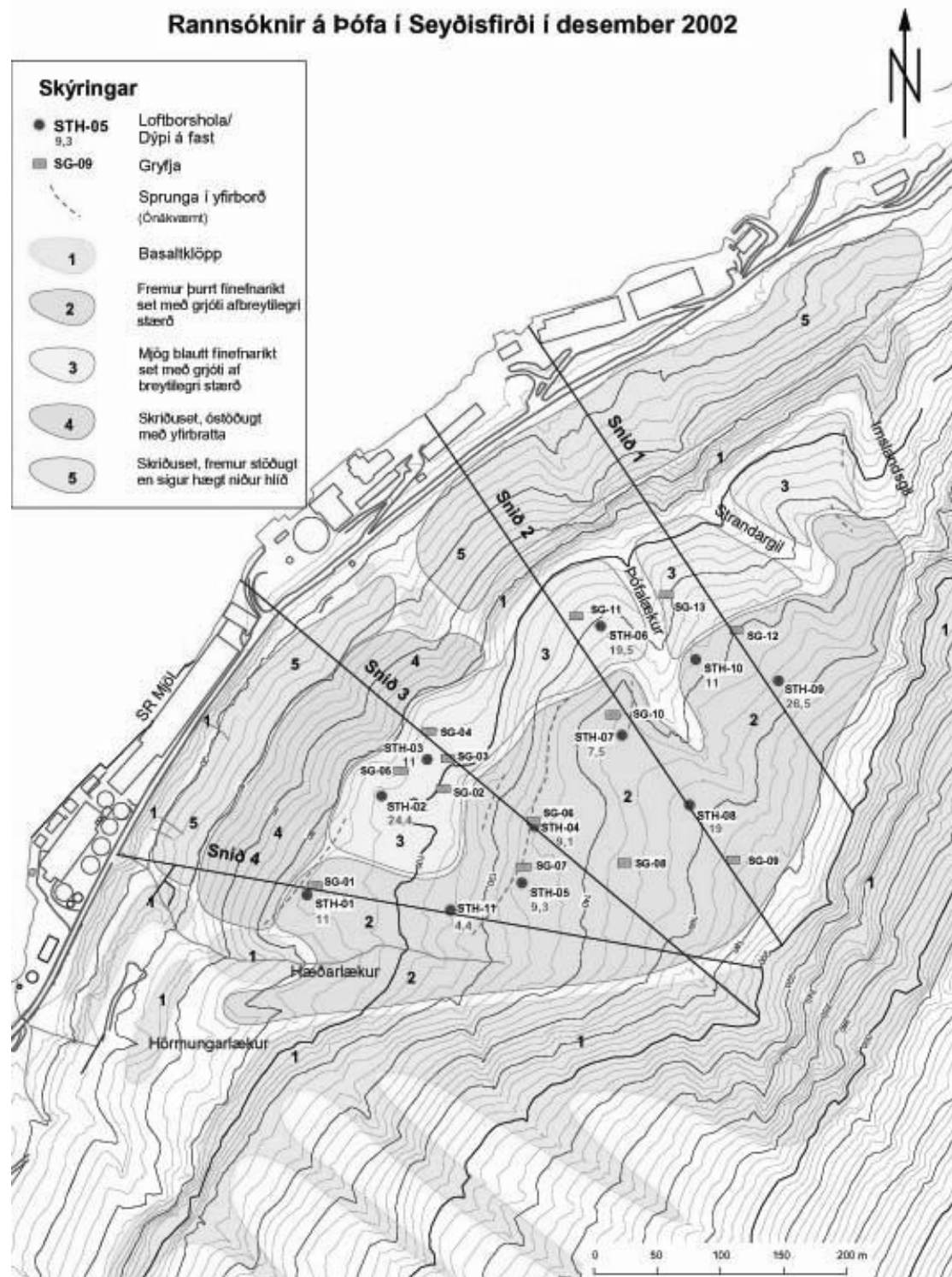
| Sýni nr. | σ_3/σ_1 min | | | | | | | |
|----------|-------------------------|------------------|---------------------|--------------|--------------------|-----------------|------------|-------------------|
| | σ_1 [kPa] | σ_3 [kPa] | σ_3/σ_1 | τ [kPa] | τ/σ_{1c} | τ/σ_1 | ϕ [°] | ε [%] |
| CIU-50 | 70 | 21 | 0,29 | 25 | 0,52 | 0,36 | 33,7 | 8,0 |
| CIU-100 | 116 | 33 | 0,29 | 42 | 0,42 | 0,36 | 34,1 | 8,0 |
| CIU-150 | 152 | 41 | 0,27 | 56 | 0,37 | 0,37 | 35,7 | 9,0 |
| CAU-100 | 107 | 30 | 0,28 | 38 | 0,42 | 0,36 | 33,4 | 5,0 |

Öll sýnin voru drenuð og mældist styrktarstuðull (Coefficient of consolidation, vertical drainage) 20 til 40 cm²/mín.

Aðstæður

Þófar eru gróin skriða ofan við SR-mjöl í Seyðisfirði sem hallar um 30 til 40 m á 100 m. Dýpi á klöpp var fundið með ODEX-borholum og var oftast á bilinu 10 til 20 m. Staðsetning á borholum og gryfjum ásamt lýsingu á efninu er sýnd í heimild 6. Lausa efnið er blanda af silti, sandi og möl sem er nokkuð plastískt og er fínefnahlutfall á bilinu 20 til 30%. Jarðvatn var mælt í 11 borholum og var oftast á bilinu 3 til 9 m frá yfirborði lands. Nokkuð er um ósamræmi í niðurstöðum mælinga á grunnvatni og virðist sem annað vatnsborð sé í klöpp eða að eitthvað af mælunum hafi stíflast. Út frá mælingum, vettvangsskoðun og borunum er því talið að í neðri hluta skriðunnar sé dýpi á grunnvatn 2 til 3 m í skriðunni en við óhagstætt veðurfar geti vatnstaðan verið nálægt yfirborði. Hreyfingar hafa verið á skriðunni í gegnum tíðina en eftir 2002 hafa þær vaxið og sprungur orðið meira áberandi.

Í heimild 3 eru sýndar niðurstöður útreikninga á brotflötum eftir fjórum sniðum. Valið er að taka hér brotflæti eftir tveimur sniðum en þannig fæst ágætt mat á stæðni skriðunnar. Staðsetning á sniðum, borholum og gryfjum er sýnd á mynd 1.



Mynd 1. Yfirlitsmynd.

Útreikningar eru gerðir eftir aðferð Morgenstern-Price (heimild 6). Við útreikninga er grunnvatni breytt og einnig eru athuguð reikningsleg áhrif frá vatnsfylltri sprungu ofarlega í skriðfletinum. Á myndum 2 til 4 er sýnt samband öryggisstuðuls og dýpis á grunnvatn frá yfirborði lands. Útreikningar eru sýndir fyrir eftirfarandi efnisstuðla sem eru grundaðir á niðurstöðum þríasaprófa:

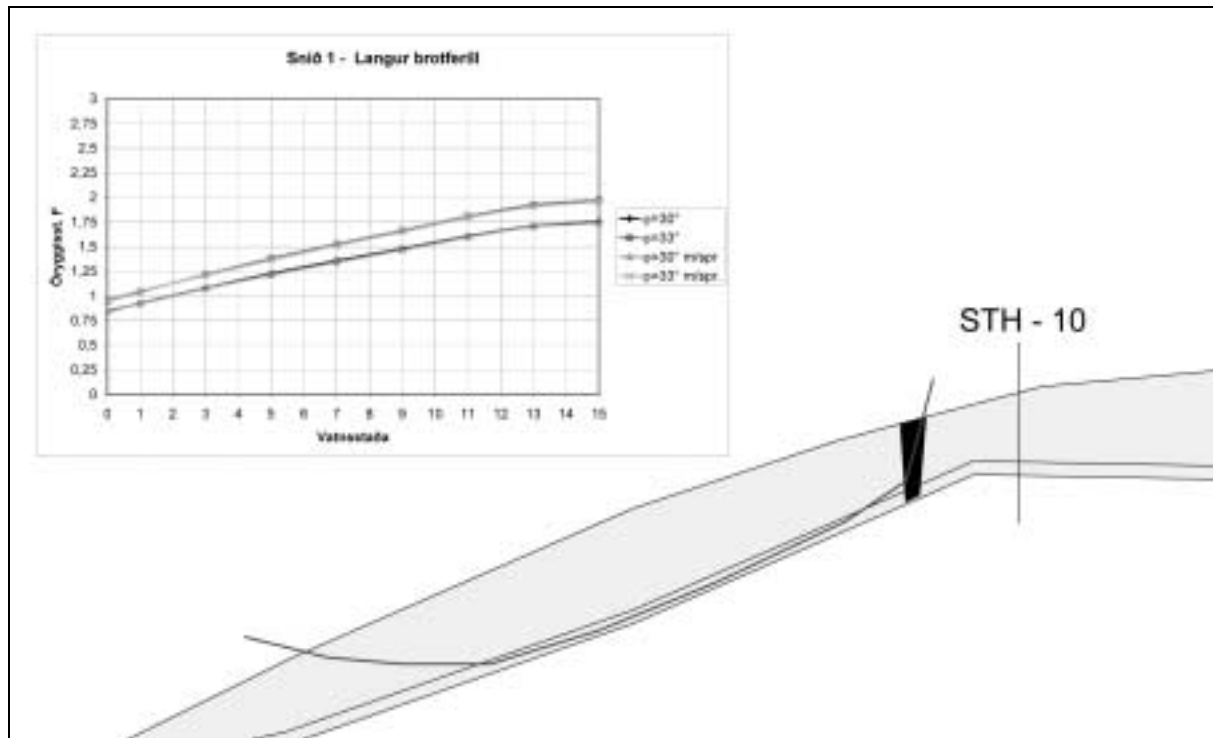
Rúmþyngd 21 kN/m^3

Samloðun 0

Viðnámshorn 30° og 33°

Útreikningar eru gerðir fyrir grunnvatn í yfirborði sem er talið hugsanlegt við mjög óhagstætt veðurfar, mikla úrkomu eða leysingar. Einnig við venjulegar aðstæður sem eru taldar vera við grunnvatn að meðaltali í 2 til 3 m dýpi. Að lokum er sýnd niðurstaða við mælt grunnvatnsdýpi en talið er að í einhverjum tilvikum sýni mælingarnar of mikið dýpi á grunnvatn.

Niðurstöður útreikninga fyrir Snið 1, langur brotflötur



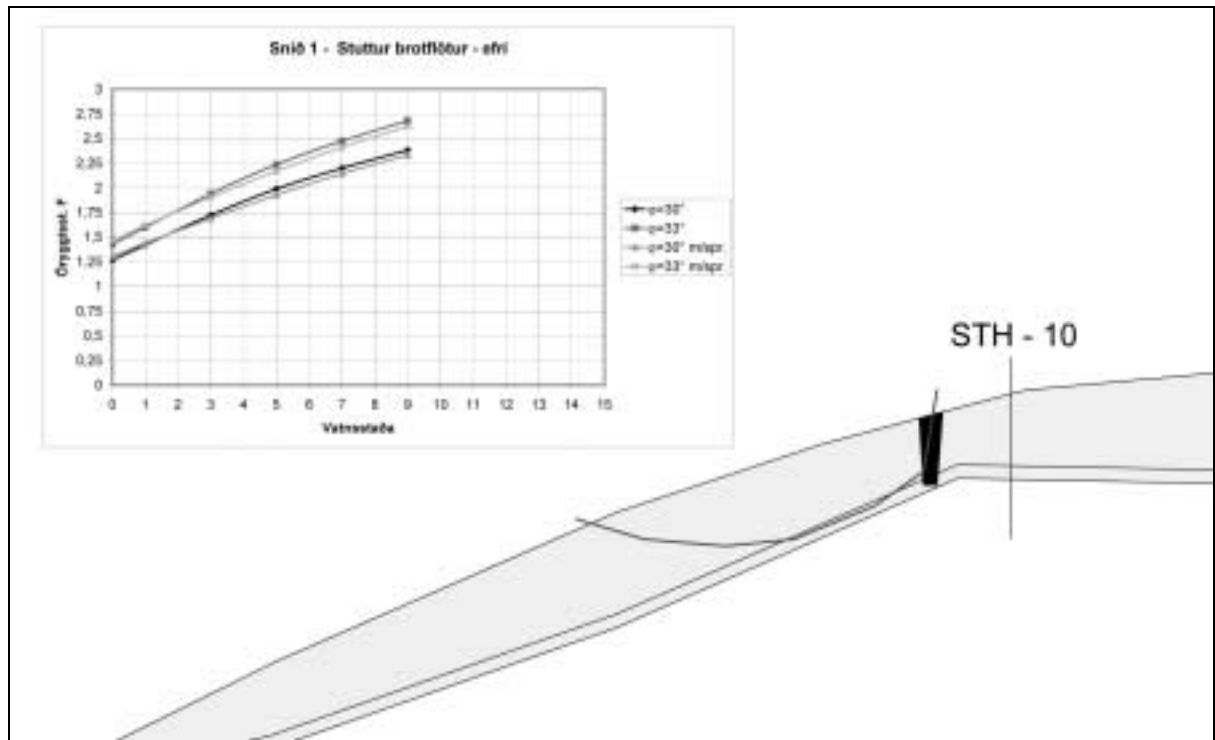
Mynd 2. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 1, langur brotflötur.

Niðurstöður útreikninga sýna að öryggi gegn skriði í löngum brotflæti er um 1,0 þegar grunnvatn er í 1 til 2 m dýpi, sjá mynd 2. Ef sprunga myndast efst í brotflætinum og hún fyllist af vatni þá lækkar öryggi gegn broti lítilsháttar. Niðurstöður útreikninga á öryggisstuðli við valið dýpi á grunnvatn eru sýndar í töflu 1.

Tafla 1 Niðurstöður útreikninga á stæðni

| Grunnvatnsstaða | Öryggisstuðull F |
|-----------------------------------|------------------|
| Vatn við yfirborði | 0,85-0,95 |
| Vatn í 2 til 3 m dýpi | 1,00-1,25 |
| Vatn í 3 m dýpi (mæld vatnsstaða) | 1,15-1,25 |

Skrið eftir stuttum brotfleti efst í skriðu



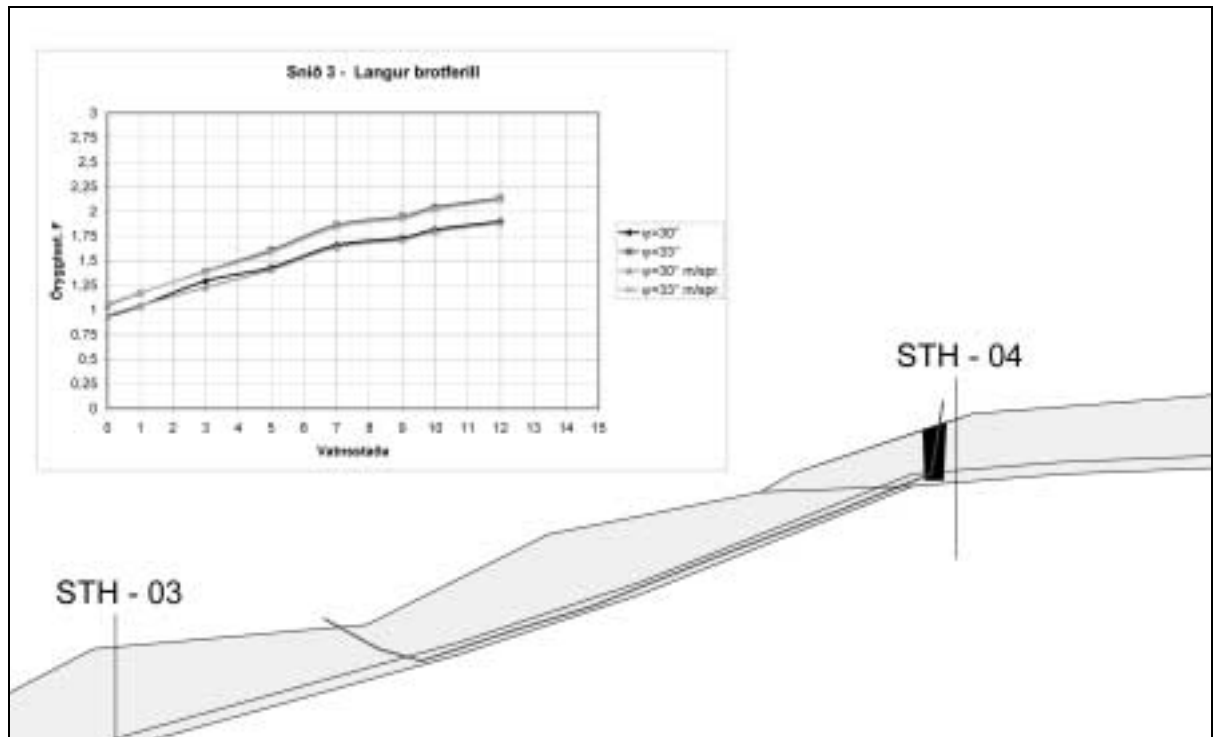
Mynd 3. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 1, stuttur brotfloetur.

Niðurstöður útreikninga á öryggi gegn skriði í stuttum brotfleti efst í skriðu eru sýndar á mynd 3. Ef sprunga myndast efst í brotfletinum og hún fyllist af vatni þá lækkar öryggið lítilsháttar. Niðurstöður útreikninga á öryggisstuðli við valið dýpi á grunnvatn eru sýndar í töflu 2.

Tafla 2 Niðurstöður útreikninga á stæðni

| Grunnvatnsstaða | Öryggisstuðull F |
|-----------------------------------|------------------|
| Vatn við yfirborði | 1,25-1,35 |
| Vatn í 2 til 3 m dýpi | 1,60-1,75 |
| Vatn í 3 m dýpi (mæld vatnsstaða) | 1,70-1,85 |

Niðurstöður útreikninga fyrir Snið 3. Skrið eftir löngum brotflæti



Mynd 4. Niðurstöður útreikninga á stæðni. Snið 3, langur brotflötur.

Niðurstöður útreikninga á öryggi gegn skriði í löngum brotflæti eru sýndar á mynd 4. Ef sprunga myndast efst í brotflætinum og hún fyllist af vatni þá lækkar öryggið lítilsháttar. Niðurstöður útreikninga á öryggisstuðli við valið dýpi á grunnvatni eru sýndar í töflu 3.

Tafla 3. Niðurstöður útreikninga á stæðni.

| Grunnvatnsstaða | Öryggisstuðull F |
|-----------------------------------|------------------|
| Vatn við yfirborði | 0,90-1,10 |
| Vatn í 2 til 3 m dýpi | 1,15-1,35 |
| Vatn í 8 m dýpi (mæld vatnsstaða) | 1,70-1,85 |

Samantekt útreikninga á stæðni

Hreyfingar hafa verið á skriðunni í gegnum tíðina en eftir 2000 hafa þær vaxið og sprungur orðið meira áberandi. Sprungurnar eru í efri hluta skriðunnar. Er það í samræmi við niðurstöður útreikninga á stæðni sem sýndu að líklegast er að brotflöturinn sé langur og djúpur og nái niður í neðri hluta skriðunnar og upp í sprungusvæðið.

Niðurstöður útreikninga á stæðni skriðunnar sýna að öryggi gegn skriði er oftast á bilinu 1,2 til 1,8 miðað við grunnvatnsstöðu sem er mæld var í borholum árið 2003. Miðað við það sem talið er venjulegar aðstæðu þá er öryggið oftast á bilinu 1,1 til 1,5 en við verstu aðstæður 0,9 til 1,3. Samkvæmt (4) er eðlilegt að gera þá kröfu að öryggi sé ekki lægra en 1,3 til 1,5 háð aðstæðum. Samkvæmt þessum niðurstöðum er öryggi gegn skriði lágt og eðlilegt að hreyfingar verði ofarlega í skriðunni við

óhagstæðar aðstæður á grunnvatni. Ef sprungur myndast efst í brotfláum og þær fyllast af vatni getur öryggi gegn skriði lækkað nokkuð.

Ekki er líklegt að hægt sé að ráða við að sprungur myndist og fyllist af vatni ef hreyfing verður á skriðunni. Hefur því verið talið að leggja beri áherslu á að halda grunnvatni niðri (minnst 3 m dýpi) og reyna að hindra þannig skrið í Þófum.

Heimildir

1. Almenna Verkfræðistofan hf. (1998). Snjóflóðavarnir á Seyðisfirði. Athugun á lausum jarðlögum. Unnið fyrir Verkfræðistofu Austurlands hf. Jón Skúlason. Apríl.
2. Almenna Verkfræðistofan hf. (2001). Seyðisfjörður. Ferjulægi. Athugun á lausum jarðlögum. Áfangaskýrsla nr. 2. Unnið fyrir Siglingastofnun Íslands. Jón Skúlason. Nóvember.
3. Almenna Verkfræðistofan hf. (2003). Þófar - Seyðisfirði. Athugun á stæðni. Unnið fyrir Seyðisfjarðarkaupstað. Jón Skúlason. Október.
4. Almenna Verkfræðistofan hf. og VST hf. (2001). Seyðisfjarðarbær og SR mjöl hf., Seyðisfirði. Minnisþingar. Jón Skúlason og Pálmi R. Pálmason. 13. nóvember.
5. Janbu N., Bjerrum L., Kjærnsli B. (1956). Veiledning ved løsning av fundamenteringsoppgaver. Norges Geotekniske Institutt. Publikasjon nr. 16.
6. Jarðfræðistofan ehf. (2003) Seyðisfjörður. Athuganir á setmyndunum og jarðgerð í Þófum og Botnum. Veturinn 2002 og 2003. Ágúst Guðmundsson, Óskar Knudsen og Haraldur Hallsteinsson.
7. Morgenstern, N.R. and Price, V.E. (1965). The analysis of the stability of general slip surfaces. Geotechnique, 15, 79-93.
8. SLOPE/W for slope stability analysis. Version 5. GEO-SLOPE.
9. Spilde Entreprenør AS, NGU, IFE, E-CO Vannkraft, Aurland kommune og NGI (2002). Studie av fjellskred og dalsidestabilitet i fylletområder. NFR rapport 2002. 18. januar.
10. Veðurstofa Íslands (1998). Saga skriðufalla á Seyðisfirði 1882-1997. Halldór Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson. VÍ-G98024-ÚR19. Júlí.
11. Veðurstofa Íslands (1999). Mat á aurskriðu- og grjóthrunshættu við Seyðisfjarðar-kaupstað. Þorsteinn Sæmundsson og Halldór Pétursson. VÍ-G99003-ÚR02. Mars.
12. Veðurstofa Íslands (2002). Hætta á jarðskriði úr brún Þófans á Seyðisfirði. Samantekt á niðurstöðum mælinga. Esther Hlíðar Jensen og Tómas Jóhannesson. 12.11.2002.

2.2 Fyllingar þar sem ekki hefur orðið skrið

Hér er fjallað um staði þar sem ekki hafa verið vandamál vegna sigs eða skriðs eða að hreyfingar væru þannig að óttast væri um skriðuföll. Aðstæður á þessum stöðum eru samt þannig að þeim svipar að ýmsu leyti til staða þar sem hafa orðið skrið og mikið sig.

2.2.1 Norðurlandsvegur um Blönduós

Inngangur

Árið 1975 vann Vegagerðin við endurbætur á Norðurlandsvegi um Blönduós. Hluti framkvæmdanna var lagning á nýjum vegi yfir mýrlendi. Í veglínunni voru tveir staðir þar sem um var að ræða 8 m háa fyllingu á um 5 m djúpri mýri. Til að tryggja að ekki yrði brot í mýrinni undan þunga fyllingarinnar var byggð hliðarfylling beggja vegna við veginn. Gekk verkið vel og varð ekki skrið í vegköntum.

Rannsóknir

Dýpi á fast var kannað með borunum og er fastur botn í um 5 m dýpi. Einnig voru umfangsmiklar sigmælingar á byggingartíma og fyrstu mánuði á eftir.

Aðstæður

Samkvæmt borunum er 3 til 6 metra djúp blaut mýri frá stöð 60+900 að stöð 61+125 og frá stöð 61+500 að 61+800.

Skrið

Vegfylling var 4 til 8 m á þykkt frá stöð 60+900 að stöð 61+125 og frá stöð 61+500 að 61+800 og var mýrin á þessum svæðum 3 til 6 m á dýpt. Til að tryggja að ekki yrði skrið vegna brots í mýrinni var valið að byggja hliðarfyllingar til beggja hliða við veginn. Þar sem fyllingarhæð var yfir 3,0 m milli stöðva 60+890 og 61+700 voru gerðar 15 m breiðar hliðarfyllingar með afrúnuðum fláum til beggja hliða. Hliðarfyllingar voru 3 m lægri en vegmiðja. Sig var mælt á hliðarfyllingunum á verk tíma og fyrst á eftir. Gekk verkið vel og varð ekki skrið í vegköntum.

Heimildir

1. Vegagerð ríkisins (1975). Norðurlandsvegur um Blönduós. Minnisblað. Jón Skúlason. 03-09-1975.

2.2.2 Vesturlandsvegur í Kollafirði

Inngangur

Árið 1973 lagði Vegagerðin nýjan Vesturlandsveg á Kjalarnesi. Um 20 km frá Reykjavík var vegurinn lagður yfir óhreyfða mýri á Kollafjarðarkleifum. Valinn var einn staður í veglínunni til rannsókna á vegi lögðum á mýri (stöð 18+050). Umfangsmiklar athuganir voru gerðar á aðstæðum og sig og vatnsþrýstingur var mældur á verktíma og fyrst á eftir. Fékkst þarna áhugaverð reynsla af stæðni vegarins samhliða vinnu við fyllingar.

Rannsóknir

Laus jarðlög voru athuguð með borroborun og sýnatöku. Sýni voru rannsökuð hjá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. Gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna í greinargerð Almennu verkfræðistofunnar hf., sjá heimild 1. Helstu niðurstöður mælinga, borana og rannsókna á tilraunastofu eru eftirfarandi:

- Rúmþyngd $10,5 \text{ kN/m}^3$
- P_c , sjá jarðsnið á teikningu 223
- $M = 15$ fyrir $\sigma > P_0$
- $M = 5,5 \sigma$ fyrir $\sigma > P_0$
- $r_s = 65$
- c_v mældist 0,2 til 0,8 $\text{cm}^2/\text{mín}$

Umfangsmiklar mælingar voru gerðar á sigi og vatnsþrýstingi.

Aðstæður

Á rannsóknarstaðnum er um 4 m djúp mýri og fylling 3 til 4 m á þykkt. Mýrin var með raka um 600%, rúmþyngd um $10,5 \text{ kN/m}^3$ og glæðitap um 80 %. Vegfyllingin var unnin samkvæmt ALVERK þess tíma.

Skrið

Samkvæmt ALVERK skal fyrsta fyllingarlag ekki valda hærri álagsaukningu en 20 kPa og síðari lög ekki hærri en 30 kPa. Fylla skal strax í fulla breidd fyllingarinnar. Hvert fyllingarlag skal liggja það lengi að mýrin nái um 50% styrkingu frá álagsbreytingunni áður en nýtt lag er lagt út.

Fylgst var með sigi og vatnsþrýstingi á byggingartíma og fyrst á eftir. Samanburður á útreiknuðum og mældum gildum féllu vel saman. Samkvæmt þeim niðurstöðum hefur ekki orðið skrið í mýrinni og hægt er að áætla tímamann sem vatnsþrýstingur jafnast út vegna álagsbreytinga út frá niðurstöðum í sigtæki. Vinnutilhögun í ALVERK um fyllingar á mýri tryggði að ekki varð skrið í mýrinni þegar fyllt var í vegstæðið.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1986). Lagning vega á mýri. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Jón Skúlason. Febrúar 1986.
2. Jón Skúlason (1990). Sig fyllinga á mýri. Árbók VFÍ 1990/91.
3. Vegagerð ríkisins (1974). Rannsókn á eðli mýrar í VV-5, stöð 18+050. T 1/73. Jón Skúlason. Marz 1974.

2.2.3 Norðurlandsvegur í Bólstaðarhlíð

Inngangur

Árið 1993 lagði Vegagerðin nýjan Norðurlandsveg um Bólstaðarhlíðarbrekku. Frá stöð 16+520 að 17+440 er vegurinn lagður í miklum hliðarhalla, víða á bilinu 1:2 til 1:3 og á einstaka stað enn meiri. Þessi hluti vegarins var athugaður með tilliti til skriðs og gerðar sérstakar ráðstafanir þess vegna.

Rannsóknir

Grafnar voru gryfjur eftir veglínunni og tekin sýni til rannsókna. Sáldurferlar sýna voru mældir og eru niðurstöður úr tveimur prófum sýndar í heimildum.

Aðstæður

Norðurlandsvegur sem var lagður 1993 liggur í miklum hliðarhalla frá stöð 16+520 að 17+440. Var vegstæðið athugað með tilliti til skriðs og settar fram eftirfarandi tillögur um verkframkvæmd (sjá heimild 1).

Þar sem hliðarhalli er brattari en 1:3,0 var lagt til:

- Öll lífræn yfirborðslög verði fjarlægð undan fyllingunni.
- Öll laus og fínefnarík jarðlög verði fjarlægð undan fyllingunni.
- Gerður verði stallur samkvæmt Vegbygging við fláafót fyllingar.
- Fylling verði gerð úr góðri mól eða grjóti.
- Tryggt verði að ekki geti staðið vatn í vegfyllingunni.

Farið var að þessum tillögum og er ekki vitað um vandamál vegna sigs eða skriðs. Efnið í skriðunni er fínefnaríkt og reyndist erfitt í vinnslu í vætutíð.

Skrið

Ekkert skrið hefur orðið í vegstæðinu í hlíðinni.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1993). Bréf til Gunnars Bjarnasonar varðandi nýjan veg um Bólstaðarhlíðarbrekku. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Jón Skúlason. Dagsett 17.maí 1993.
2. Vegagerðin. Norðurland vetra (1993). Norðurlandsvegur. Bólstaðarhlíð-Víðivörðuás. 1993. 1. hefti, útboðslýsing-tilboðsform.

2.2.4 Vestfjarðavegur yfir Dýrafjörð

Inngangur

Vegagerð ríkisins vann við lagningu vegar yfir Dýrafjörð á árunum 1990 til 1992. Yfirlit yfir framkvæmdir er að fá í heimild 7. Efnið í fyllinguna var tekið í Ketilseyri og flutt í vegstæðið. Hæð fyllingar í miðjum firðinum þar sem dýpi er mest er um 17 metrar. Fylling í áfanga 1 var gerð með pramma og hófst í maí 1990 og lauk í september sama ár. Áfangi 2 var fylltur frá landi og hófst í mars 1991 og lauk í júní sama ár. Fylling á áfanga 3 var unnin í beinu framhaldi af áfanga 2 og lauk honum í október 1991. Vegagerð yfir fjörðinn lauk með lagningu slitlags í ágúst 1992.

Rannsóknir

Laus jarðlög í vegstæðinu yfir fjörðinn voru athuguð með borrobor, vængjabor og sýnatöku. Sýni voru síðan rannsökuð nánar á Rannsóknastofnun byggingar-iðnaðarins. Gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna í greinargerð Almennu verkfræðistofunar hf., sjá heimild 2. Helstu niðurstöður rannsókna eru:

Tafla 1. Efnisstuðlar lausra jarðlaga

| | Leirlag | Siltlag |
|----------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Raki % | 40-70 | 15-20 |
| Rúmþyngd, kN/m ³ | 17,5 | 20,0 |
| I _p % | 20-40 | 6 |
| P _c , kPa | P ₀ + 100 | P ₀ + 100 |
| M þegar $\sigma < P_c$ | 10 P _c | 30 P _c |
| m (M=m σ) þegar $\sigma > P_c$ | 10 | 30 |
| r _s þegar $\sigma > P_c$ | 200 | 800 |
| c _v cm ² /mín | 0,03 | 10 |
| Skerst. á byggingartíma kPa | 20 | 50 |
| Skerst. eftir byggingartíma | C=0 og ϕ 35° | C=0 og ϕ 35° |

Eftir að fylling kom upp úr sjó voru settar sigplötur á fjóra staði og sig mælt.

Aðstæður

Úti í firðinum er þykkt lausra jarðlaga mest í miðjum firðinum og grynnkar hratt við land sunnanmegin en helst nokkuð óbreytt norðanmegin við Lambadalsoddann. Í miðjum firðinum er efst um 7 metra þykkt lag af lífrænum plastískum leir og undir honum sandríkt silt sem nær niður á fast í um 12 metra dýpi undir sjávarbotni. Fjórðungur (25%) efnisins er leir, fínna en 0,002 mm og um 72% efnisins er silt. Leirinn er með raka á bilinu 40 til 70%, þjálmi (I_p) frá 20 til 40% og rúmþyngd 17 til 18 kN/m³. Sandríka siltið er um 8% leir, 40% silt og 40% sandur og möl. Siltið er með raka frá 15 til 20%, þjálmi (I_p) um 6% og rúmþyngd um 20 kN/m³.

Skrið

Sigmælingar hófust um miðjan apríl 1991 eftir að fylling kom upp úr sjó. Af þeirri ástæðu er ekki hægt að bera saman mælt og reiknað heildarsig fyllingar. Ekki fæst heldur mat á áætlaða yfirstyrkingu leirlagsins sem var reiknuð 100 kPa og sigi upp að því álagi. Sig í siltinu er einnig að mestu afstaðið um áramótin 1991 - 1992 samkvæmt reikniforsendum. Konsolidering í leirlaginu tekur reikningslega 4 til 7 ár eftir þykkt

lagsins. Talið er að samanburðurinn sýni að eftir áramótin 1991 og 1992 sé mælt og reiknað sig svipað og því hægt að álykta að efniseiginleikar samkvæmt niðurstöðum rannsókna, lýsi konsolideringssigi fyllingarinnar og staðfesti að ekki hafi orðið skrið í undirstöðu fyllingarinnar.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1988). Bréf til Vegagerðar ríkisins, Gísli Eiríksson. Varðar Dýrafjörð. 16. ágúst 1988.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1989). Vestfjarðavegur yfir Dýrafjörð. Athuganir á lausum jarðlögum. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, Vestfjörðum. Jón Skúlason, Janúar 1989.
3. Almenna verkfræðistofan hf. (1989). Bréf til Vegagerðar ríkisins, Gísli Eiríksson. Varðar: Vestfjarðaveg yfir Dýrafjörð. 29. des. 1989.
4. Almenna verkfræðistofan hf. (1990). Vestfjarðavegur yfir Dýrafjörð. Athuganir á sigi og stæðni vegfyllingar í Dýrafirði. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, Vestfjörðum. Jón Skúlason, Janúar 1990.
5. Almenna verkfræðistofan hf. (1991). Bréf til Vegagerðar ríkisins, Kristján Kristjánsson. Varðar: Vestfjarðaveg yfir Dýrafjörð. 1. júlí 1991.
6. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
7. Vegagerð ríkisins (1989). Bréf til Almennu verkfræðistofunnar hf. b.t.Jón Skúlason. Gísli Eiríksson. 09.11.1989.
8. Vegagerð ríkisins, framkvæmdadeild Ísafirði (1993). Dýrafjörður. Framkvæmda-skýrsla um þverun fjarðarins 1988 - 1992. Febrúar 1993.
9. Vegamál (1990). Yfir Dýrafjörð. 1/90.

2.2.5 Vesturlandsvegur. Hvalfjarðartenging

Inngangur

Við lagningu vegtengingar Hvalfjarðarganga 1. áfanga þurfti að hækka og breikka eldri vegi. Var farið eftir útboðs- og verklýsingu og er ekki vitað annað en það hafi gengið vel.

Rannsóknir

Engar sérstakar rannsóknir voru gerðar á skerstyrk efna.

Aðstæður

Í útboðs- og verklýsingu eru eftirfarandi ákvæði:

Við breikkun eldri vega skal skera kant hans í fláa 1:3 eða stalla þar sem flái núverandi vegar er brattari en 1:3. Miða skal við að neðsta stöllum sé 0,6 m ofan við fláafót gamla vegarins. Stöllum/skering þessi er sýnd á teikningu sem 0,6 m.

Skrið

Ekki er vitað um skrið í neinum vegfláum þar sem stöllum eða skering var gerð. Ekki er heldur um skrið að ræða á öðrum stöðum á veginum.

Heimildir

1. Vegagerðin. Vegtenging Hvalfjarðarganga 1. áfangi, Hringvegur (1) og Akrafjallsvegur (51). Útboðs- og verklýsing.
2. Vegagerðin. Upplýsingar frá Haraldi Sigursteinssyni.

2.2.6 Vesturlandsvegur um Bláskeggsá

Inngangur

Við lagningu Vesturlandsvegar um Bláskeggsá þurfti að breikka eldri veg fram af brattri skriðu. Í útboðslýsingu voru ákvæði um hvernig vegkanturinn skyldi stallaður.

Rannsóknir

Engar sérstakar rannsóknir voru gerðar á skerstyrk efna.

Aðstæður

Í útboðs- og verklýsingu eru eftirfarandi ákvæði:

Undir Kísilberginu frá stöð 5080 að stöð 5160 verður vegurinn breikkaður fram af brattri skriðu sem stalla þarf, þessi stöllum (um 0,5 m stöllum) er sýnd á viðkomandi þversniðum í teikniheftinu. Vinna skal þessa stöllum í 150 cm lögum og þjappa hvert lag með titurvalta. Fjarlægja skal lífrænan jarðveg úr vegfláa í fláafleyg áður en þessi breikkun verður unnin.

Skrið

Ekki er vitað um skrið í neinum vegfláum þar sem stöllum eða skering var gerð. Ekki er heldur um skrið að ræða á öðrum stöðum í veginum.

Heimildir

1. Vegagerðin. Útboðs- og verklýsing.
2. Vegagerðin. Upplýsingar frá Haraldi Sigursteinssyni.

2.2.7 *Norðfjarðarvegur ofan við Eskifjörð.*

Inngangur

Við lagningu Norðfjarðarvegur um Oddsskarð (ofan við Eskifjörð) þurfti að breikka eldri veg fram af brattri skriðu. Í útboðslýsingu voru ákvæði um hvernig vegkanturinn skyldi stallaður.

Rannsóknir

Engar sérstakar rannsóknir voru gerðar á skerstyrk efna.

Aðstæður

Í útboðs- og verklýsingu eru eftirfarandi ákvæði:

Fyllingar skulu unnar samkvæmt Alverk '88. Þar sem ekki næst tilskilinn flái t.d. þegar fyllt er utan á núverandi veg skal fláinn stallaður í samræmi við leyfilegar lagþykktir (<1,5 m) og hvert lag þjappað sérstaklega.

Skrið

Ekki er vitað um skrið í neinum vegfláum þar sem stöllum eða skering var gerð. Ekki er heldur um skrið að ræða á öðrum stöðum í veginum.

Heimildir

1. Vegagerðin. Útboðs- og verklýsing.
2. Vegagerðin. Upplýsingar frá Haraldi Sigursteinssyni.

2.2.8 Vopnafjörður. Gljúfursárgil

Inngangur

Við lagningu Vopnafjarðarvegar um Gljúfursárgil þurfti að byggja um 18 metra háa fyllingu.

Rannsóknir

Teknir voru sáldurferlar af efninu á staðnum, sjá heimildir.

Aðstæður

Efnið í fyllinguna var tekið við veginn úr lítið grónum mel. Efst var 5-20 cm jarðvegur nokkuð grýttur. Síðan var 0,7 til 2,0 m þykkur jökulruðningur með steinum um 50 cm í þvermál. Efnið þoldi illa rigningu og varð þá nánast fljótandi.

Skrið

Þegar búið var að fylla í hálfu fyllingarhæðina gerði mikla rigningu og skolaðist töluvert af efni í burtu. Halli fláa er 1:1,25 sem er frekar bratt fyrir þetta efni þannig að það standi. Ákveðið var að klæða fyllinguna með loðnunót og var settur grjótmulningur utan á hana í 0,3-0,5 m þykku lagi. Þessi aðgerð gekk vel og tókst að ljúka fyllingunni án brots eða skriðs. Fyllingin fellur vel að landinu útlitslega séð.

Heimildir

1. Vegagerðin á Reyðarfirði. Fylling í Gljúfursárgil. Minnisblað dagsett 20.03.98.
2. Vegagerðin. Upplýsingar frá Haraldi Sigursteinssyni.

2.2.9 Siglufjarðarvegur. Mánárskriður

Inngangur

Árið 1979 hóf Vegagerðin lagfæringar á veginum um Mánárskriður. Var um að ræða að færa gamla veginn um 80-100 m niður fyrir þáverandi veg.

Rannsóknir

Gerð var jarðfræðiathugun á staðnum, sjá heimild 4. Einnig var tekið stórt sýni af skriðuefninu og það rannsakað á Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. Ákveðinn var sáldurferill, þjöppun og skerstyrkur skriðuefnisins, sjá heimild 1 og eftirfarandi töflur.

Tafla 1. Sáldurferlar

| Sýni | Efni | <#200 % | <#4 % | <19mm % | Ip | 3F1 % | Bg | USCS | Frostfl. |
|--------|-------|---------|-------|---------|----|-------|----|------|----------|
| Skriða | Gróft | 16 | 43 | 64 | | | | GM | T-3 |
| Skriða | <19mm | 26 | 65 | 100 | | | | SM | T-3 |

Í þjöppunarprófi samkvæmt Standard Proctor þjöppun mældist hæsta þurra rúmþyngd efnis finna en 19 mm, 20,2 kN/m³ við raka 13,6 %. Í Relative density prófi mældist á efni >19mm hæsta þurra rúmþyngd 20,5 kN/m³ og lægsta 14,5 kN/m³.

Þrjú þríasapróf voru gerð á efni finna en 19 mm og eru niðurstöðurnar sýndar á teikningu 293 og í eftirfarandi töflu.

Tafla 2. Niðurstöður þríasaprófa við σ_3/σ_1 mín

| Þurr rúmþyngd kN/m ³ | σ_1 kPa | σ_3 kPa | τ kPa | ϕ ° | ϵ % |
|---------------------------------|----------------|----------------|------------|----------|--------------|
| 20,5 | 136,0 | 11,1 | 62,4 | 58,1 | 1,0 |
| 19,4 | 336,0 | 64,6 | 135,7 | 42,6 | 4,4 |
| 20,1 | 367,6 | 64,8 | 151,4 | 44,5 | 3,2 |

Aðstæður

Mánárfjall er byggt upp af tertierum basaltlögum, með suðvestlægum jarðlagahalla (15-20°). Að norðvestanverðu er fjallshlíðin snarbrött og skriðurunnin í sjó fram og heitir þar Mánárskriður. Skriðurnar eru að hluta grónar og hér og þar skaga basaltlögin fram. Efnið í skriðunni er að mestu til komið við frostveðrun og vatnsrof á basaltinu ofar í fjallinu. Nýja vegstæðið (1979) liggur nær lárétt gegnum skriðurnar allt að 100 m neðan við gamla veginn. Í nýju veglínunni skiptast á annarsvegar lítil gil og hinsvegar einskonar ranar úr skriðuefni. Miðhluti veglínunnar liggur ofan á og utan á fastri klöpp, sem skagar út úr skriðunni.

Halli skriðanna virðist víðast vera um 1:1,25.

Skrið

Nýr vegur var lagður í skriðunni um 1980. Ekki er vitað um skrið í veginum og virðist vegstæðið vera stöðugt.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1980). Athugun á Mánárskriðum. Jón Skúlason. Janúar 1980.
2. Ágúst Guðmundsson (2000). Frerafjöll. Urðarbingir á Tröllaskaga. 2000.
3. Vegagerð ríkisins (1979). Skoðunarferð í Mánárskriður. Jón Helgason 22. október 1979.
4. Vegagerð ríkisins (1979). Nokkur atriði varðandi nýjan veg um Mánárskriður. Björn Harðarson. Október 1979.

2.2.10 Vesturlandsvegur yfir Borgarfjörð

Inngangur

Mestur hluti leiðigarða og vegfyllinga Vesturlandsvegar yfir Borgarfjörð var gerður 1980. Áður hafði verið unnið við vegfyllingu sunnan brúar og vegagerð á Seleyri. Millistöplar brúarinnar eru grundaðir á 14 m löngum tréstaum sem ná hvergi niður á fastan botn. Millistöplar voru steiptir 1976. Syðri endastöpull var byggður 1978 og sá nyrðri 1979 en það ár var lokið við byggingu brúarinnar sem er 520 m löng. Endastöplar eru grundaðir á 11 m löngum steiptum kvaðratískum staum sem eru 29 cm á kant. Í hvorri undirstöðu voru 42 staurar í tveimur röðum og var fjarlægð á milli stauraraða 1,5 m en á milli staura í hvorri röð 1,0 m.

Rannsóknir

Umfangsmiklar rannsóknir fóru fram fyrir og samhliða framkvæmdum. Var um að ræða boranir sýnatöku og seismiskar mælingar eftir veglínunni yfir fjörðinn. Sýnin sem tekin voru í borholu 4 voru of hreyfð til að hægt væri að prófa þau til að meta sig en skerstyrkur var mældur á tilbúnum sýnum. Efniseiginleikar til útreikninga á sigi voru því valdir út frá raka og samanburði við hliðstæð jarðlög. Sig fyllinga var mælt strax og það var hægt og sigspá endurskoðuð í ljósi niðurstaðna. Í framhaldi af því voru sigstuðlar endurskoðaðir og er niðurstaðan sýnd í eftirfarandi:

Efnisstuðlar lausra jarðlaga:

| | |
|-------------------------------------------|---------------------|
| Rúmþyngd, kN/ m ³ | 20 |
| P _c , kPa | P _o + 10 |
| m (M = m√0,1σ) | 128 |
| r _s þegar σ > P _c | 1730 |
| c _v , cm ² /mín | 30 |
| Afvötnun jarðlaga við álagsaukningu tekur | 15 daga |
| Skerstyrkur, samloðun (c) | 0 kN/m ³ |
| Skerstyrkur, viðnámshorn (φ) | 40° |

Rúmþyngd fyllingarefnis er áætluð 20 kN/m³.

Umfangsmiklar sigmælingar voru gerðar fyrir báða endastöpla og millistöpla brúarinnar. Einnig var mælt sig fyllingar við nyrðri endastöpulinn. Nyrðri endastöpull brúarinnar var byggður á eyju sem var byggð sérstaklega til þess úti í firðinum. Sigmerki voru sett á sjávarbotninn strax og sig mælt frá því fyllingar hófust. Ein sigplata var í stauraþyrpingunni sem var rekin undir stöpulinn og sýndu mælingarnar að rekstur staura í fyllinguna hefur þjappað sandinum undir henni saman um 5 cm. Efnisstuðlar voru endurskoðaðir í ljósi sigmælinga.

Aðstæður

Í brúarstæðinu er sjávarbotn í hæð -4 til -6 m miðað við meðalsjó í hæð -1,4 m. Sjávarbotninn hallar út fjörðinn um 1 til 2 metra á kílómetra. Aðstæður eftir veglínunni voru athugaðar með seismiskum mælingum og borunum og töku sýna af lausum jarðlögum. Við suðurenda brúarinnar er dýpi á klöpp 15 til 20 m og fellur klöppin hratt út í fjörðinn þar til dýpi er orðið um 30 m. Þaðan er dýpi á klöpp 30 til

35 m á um 250 m kafla en fellur síðan og er orðið um 90 me undir norðurenda brúarinnar. Ein góð borhola er við suðurenda brúarinnar, borhola nr 4. Setið undir brúnni er laus sandur með mörgum misþykkum lögum af silti og möl. Samkvæmt rannsókn sýna úr borholu 4 er raki 25 til 40%, rúmþyngd um 20 kN/ m³ og þjálmi (I_p) 0% samkvæmt sjónmati

Skrið

Engin brot komu fram við lagningu vegarins yfir fjörðinn en fyllingin var um 8 m á hæð

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1979). Borgarfjarðarbrú. Athugun á sigi brúar. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, Jón Skúlason, nóvember 1979.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1980). Borgarfjarðarbrú. Nokkur atriði varðandi gerð vegfyllingar. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, Jón Skúlason, febrúar 1980.
3. Almenna verkfræðistofan hf. (1980). Bréf til Vegagerðar ríkisins, Kristján Baldursson. Varðar Borgarfjarðarbrú. 5. nóvember 1980.
4. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
5. Geoteam A/S. (1974). Geofysiske málíngur ved Borgarfjörður, for Vegagerd Ríkisins, Island. Rapport 4020.01. Oslo, den 22. oktober 1974.
6. Vegagerð ríkisins (1975). Jarðtæknileg atriði varðandi vega- og brúargerð í Borgarfirði. Jón Skúlason, Jan. 1975.
7. Vegagerð ríkisins (1975). Jarðtæknileg atriði varðandi vega- og brúargerð í Borgarfirði. ón Skúlason, Des. 1975.
8. Vegagerð ríkisins (1981). Vegur yfir Borgarfjörð. Framkvæmdaskýrsla 1980. Apríl 1981.

2.2.11 Vestfjarðavegur yfir Önundarfjörð

Inngangur

Um 1980 vann Vegagerðin við lagningu á nýjum vegi yfir Önundarfjörð. Var um að ræða 3 m þykka vegfyllingu sem var fyllt frá landi. Gekk verkið vel og komu engin óvænt vandamál upp við lagningu vegarins í firðinum.

Rannsóknir

Aðstæður voru rannsakaðar með seismiskum mælingum, borrobörnunum og sýnatöku af lausum efnum. Sýnin voru rannsökuð með mælingum á sáldurferli, raka, rúmþyngd, sigstuðlum og skerstyrk. Samantekt yfir efniseiginleika er sýnd í eftirfarandi töflum.

Tafla 1. Sáldurferlar

| Sýni | Efni | <#200 % | <#4 % | <19mm % | Ip | 3FI % | Bg | USCS | Frostfl. |
|-------|--------|------------|----------|------------|----|----------|----|------|----------|
| 6-2-1 | Sandur | 21 | 87 | 98 | | | | SM | T-3 |
| 6-4-4 | Silt | 97 | 100 | 100 | | | | | |
| 6-5-4 | Silt | 91 | 100 | 100 | | | | | |

Tafla 2. Niðurstöður þríasaprófa við σ_3/σ_1 mín

| Þurr rúmþyngd kN/m ³ | σ_1 kPa | σ_3 kPa | τ kPa | ϕ ° | ϵ % |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|---------------|-------------|-----------------|
| 21,3 | 76,2 | 8,1 | 34,0 | 53,8 | 2,0 |
| 21,8 | 174,6 | 35,4 | 69,6 | 41,5 | 3,1 |
| 18,6 | 48,9 | 3,4 | 2,7 | 60,2 | 2,4 |
| 20,2 | 145,9 | 25,8 | 60,0 | 44,4 | 3,1 |

Efnisstuðlar lausra jarðlaga í firðinum (siltlagið):

| | |
|---------------------------------------------|-------|
| Raki % | 30 |
| Rúmþyngd, kN/m ³ | 20 |
| P_c , kPa | P_o |
| m ($M = m\sqrt{0,1\sigma}$) | 55 |
| r_s þegar $\sigma > P_c$ | 700 |
| c_v , cm ² /mín | 2 |
| Skerstyrkur, samloðun (c) kN/m ³ | 0 |
| Skerstyrkur, viðnámshorn (ϕ) | 40° |

Aðstæður

Innst í Önundarfirði eru miklar leirur sem koma að mestu upp úr á fjöru. Rannsóknirnar sýna að grunnt er á klöpp í fjörunni beggja vegna fjarðarins. Þar sem vegurinn þverar fjörðinn niður af Breiðdal er jökulruðningsbakki sem liggur meðfram fjörunni og nær um 200 m frá landi. Ofan á jökulruðningnum er 5 til 10 m þykkt set sem vex hratt í yfir 30 m þykkt þar sem jökulruðningurinn hverfur. Seismisku mælingarnar sýndu að hljóðhraðinn er 1500 til 1800 m/sek í siltinu en 2000 til 2600 m/sek í jökulruðningnum. Setið er silt með raka um 30% og rúmþyngd um 20 kN/m³ úti í firðinum en ofan á jökulruðningnum næst landi neðan Breiðdals var rakinn um 27% og rúmþyngd um 21 kN/m³.

Skrið

Ekkert skrið kom fram við lagningu vegarins enda var vegfylling aðeins um 3 m á þykkt.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1979). Jarðvegsathuganir í Önundarfirði. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins, Ísafirði. Jón Skúlason. Janúar 1979.

2.2.12 Norðurlandsvegur yfir Eyjafjarðará

Inngangur

Árið 1984 hóf Vegagerð ríkisins vinnu við lagningu nýs vegar yfir Leirurnar í botni Eyjafjarðar norðan Akureyrarflugvallar. Eyjafjarðará var brúuð í miðjum firðinum með 135 metra langri brú í þrem 45 metra löngum höfum. Vegna dýpis á fast var brúin grunduð á fljótandi staurum. Vegurinn var fyrst lagður frá austri að brúarstæðinu sem síðan var fyllt af sandi og brúin byggð á fyllingunni á þurru. Umfangsmiklar sigmælingar voru í gangi á byggingartíma og eftir að lokið var við brúnna hefur verið fylgst með sigi hennar.

Rannsóknir

Gerð lausra jarðlaga í veg- og brúarstæðinu var athuguð með snúningborun, borrobörun og sýnatöku.

Út frá niðurstöðum borrobörana og rannsókna á sýnum úr borholu 1, A og B var gert ráð fyrir að efnisstuðlar lausra jarðlaga væru eftirfarandi:

| Dýpi m | 0 til 20 m | Fyrir neðan 20 m |
|---------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Efni | Sandur og silt | Sandur og silt |
| Raki % | 30-50 | 30-40 |
| Rúmþyngd kN/m ³ | 18 | 18 |
| P _c , kPa | 1,1P _o | 1,1P _o |
| m (M = m√0,1σ) | 80 | 160 |
| r _s þegar σ>P _c | 1200 | 2400 |
| c _v cm ² /mín | >20 | >20 |
| Afvötnun vegna álagsbreytinga taki 2 vikur | | |
| Skerstyrkur, samloðun (c) kN/m ² | 0 | 0 |
| Skerstyrkur, viðnámshorn (φ) | 40° | 40° |

Rúmþyngd fyllingarefnis er áætluð 20 kN/ m³.

Aðstæður

Framburður Eyjafjarðarár hefur í tímans rás borið fram efni og myndað víðáttumiklar leirur í botni Eyjafjarðar. Er svæðið sunnan við veginn upp úr sjó en vegstæðið var rétt undir sjávarfletinum á stórstraumsfjöru. Landið á þessum leirum er flatt og hallar til norðurs um 1 til 2 m á kílómetra. Boranir vegna leitar að vatni fyrir Akureyri sýndu að dýpi á fastan botn er meira en 100 m.

Í brúarstæðinu er efst finnt sandur sem verður siltríkari eftir því sem neðar dregur og er í 10 m dýpi orðið svipað magn af sandi og silti. Efnið er metið í meðallagi lífrænt. Neðan við 10 m er álitnið að efnið sé svipað niður í 20 m dýpi en þar fyrir neðan er efnið mun þéttara. Rakagildi efnisins er 30 til 50%, rúmþyngd um 18 kN/ m³ og þjálmi (I_p) 0% samkvæmt sjónmati.

Skrið

Samanburður á mældu og reiknuðu sigi sýndi að við landstöpulinn er útreiknað sig fyrsta mánuðinn aðeins minna en mælt sig og vex mismunurinn með tímanum. Við báða landstöplana er fyllingarþykkt um 5 m. Út frá sigmælingum við millistöplana sást að mismunur milli útreiknaðs sigs og mælds vex með aukinni þykkt fyllingar. Er nærtækast að álykta að ástæðan sé sú að efnið undir 20 m dýpi sé linara en var áætlað.

Ekkert skrið kom fram við lagningu vegarins þó vegfyllingin væri um 6 m á þykkt.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1986). Brú á Eyjafjarðará á Leirum. Athuganir á lausum jarðlögum. Unnið fyrir Vegagerð ríkisins. Jón Skúlason. Febr. 1986.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
3. Vegagerð ríkisins (1973). Rannsóknir á sigi sendins jarðvegs. Jón Skúlason. Júní 1973.
4. Vegagerð ríkisins (1975). Niðurstöður tilrauna á jarðefni úr Leirunum í Eyjafirði. Jón Skúlason. Ágúst 1975.
5. Vegagerð ríkisins (1975). Val á jarðtæknilegum hönnunarforsendum fyrir jarðefni úr Leirunum í Eyjafirði. Jón Skúlason. Nóv. 1975.
6. Vegagerð ríkisins (1975). Jarðtæknileg atriði varðandi vega- og brúagerð á Leirunum í Eyjafirði. Jón Skúlason. Nóv. 1975.

2.2.13 Egilsstaðaflugvöllur

Inngangur

Árið 1987 ákváðu íslensk stjórnvöld að byggja nýja flugbraut á Egilsstöðum. Nýju flugbrautinni var snúið þannig að flug úr suðri yrði eins gott og mögulegt var. Ákveðið var að flugbrautin yrði 2000 metra löng og að hægt væri að lengja hana síðar í 2700 metra. Flugbrautin var lögð vestan við flugstöðina þannig að hægt var að nota malarbrautina (gömlu brautina) austan við flugstöðina á byggingartíma og að flugstöðin nýttist við nýju brautina með breytingum. Fyrsti áfangi flugbrautarinnar þ.e.a.s. 2000 m, varð að liggja norðan við þjóðveginn frá Egilsstöðum. Af þessari ástæðu varð að færa Eyvindará um 950 metra í norður.

Fyrsta útboð var sumarið 1987 og hófst jarðvinna í nóvember sama ár. Unnið var eftir því sem fjármagn fékkst og var lokið við malbikun á flugbraut og flughlaði haustið 1992. Flugvöllurinn var tekin í bráðabirgðanotkun síðari hluta 1992 og í fulla notkun árið 1993.

Rannsóknir

Aðstæður voru athugaðar með greftri gryfja, borrobörun og töku lítið hreyfðra sýna. Út frá niðurstöðum rannsókna á sýnum úr borholu 1, 2 og 4 og borrobörunum eru efnisstuðlar lausra jarðlaga valdir eftirfarandi:

| | Sandur | Silt | Leirríkt silt |
|---------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Raki, w % | 35-40 | 35-40 | 70 |
| Rúmþyngd, kN/m ³ | 18,5 | 19 | 16,5 |
| Þjálmi Ip, % | 0 | 0 | 12 |
| P _c , kPa | P ₀ | P ₀ | P ₀ |
| m (M = mσ) | | 45 | 13 |
| m (M = m√0,1σ) | 75 | | |
| r _s þegar σ > P _c | 1000 | 800 | 300 |
| c _v , cm ² /mín | >25 | 9 | 1 |
| Skerstyrkur, samloðun (c) kN/m ³ | 0 | 0 | 0 |
| Skerstyrkur, viðnámshorn (φ) | 40° | 40° | 40° |

Rúmþyngd fyllingarefnis er áætluð 20 kN/ m³.

Aðstæður

Flugvöllurinn er á svæði sem hefur myndast með framburði Eyvindará og Lagarfljóts. Eyvindará hefur flutt fram efni sem er aðallega sandur og möl. Lagarfljótið hefur aftur á móti hlaðið upp fínkornóttum efnum sem eru mjög siltrík. Svæðið er breytilegt á yfirborði, allt frá þurru vallendi á syðri hluta brautarinnar norður að gamla farvegi Eyvindarár en þaðan tekur við ófært mýrlendi og staratjarnir. Efst er 1 til 2 m þykkt lag af lífrænu efni. Á nyrstu 550 m er þar fyrir neðan um 2 m þykkt lag af sandi, síðan 6 m þykkt lag af lífrænu, linu, leirríku silti og þar undir meðalfast ólífrænt silt. Á syðri hlutanum er undir jarðveginum 3 til 4 m þykkt lag af mól og síðan 10 til 14 m þykkt lag af sandi og undir honum virðist vera sama meðalfasta ólífræna siltið eins og var neðst í norðurhlutanum.

Við byggingu flugvallarins var fljótlega ákveðið að grafa burt jarðveg (lífrænt efni) og mýrlendi til að minnka sig. Eftir það voru aðalerfiðleikar við lausu jarðlögin sig í lífræna siltinu.

Skrið

Út frá áætlun um væntanlegt sig var ljóst að gera varð ráð fyrir verulegu langtímasigi á norðurhluta brautarinnar eftir að hún væri tekin í notkun ef ekkert yrði að gert. Var reikningslegt sig eftir að lokið væri við gerð slitlags allt að 20 cm. Þetta var talið of mikið sig og því leitað leiða til að minnka það. Varð niðurstaðan að fergja nyrstu 700 m flugbrautarinnar með fyllingarefni úr Mýnesi sem yrði notað sem fylling í norðurhluta flugvallarins. Á öðrum hlutum flugvallarins var talið að sig yrði lítið og myndi eiga sér stað hratt. Ákveðið var að miða fergingu við að flýta sigi næstu 20 ára yfir á byggingartíma. Þurfti farg að vera 2 m þykk mól er staði á brautinni í minnst hálf t. ár og gert ráð fyrir að sig yrði um 75 cm. Sig var mælt á þrem stöðum fyrir hverja 50 m eftir brautinni þ.e.a.s. við öxl og í brautarmiðju. Vatnsþrýstingur var mældur á einum stað, stöð 1800, í 10, 15 og 18 m dýpi. Af samanburðinum sést að afvötnun í jarðlögum er lokið fyrr samkvæmt sigmælingum en vatnsþrýstingsmælingum. Sigmælingarnar benda til að langtímasig sé svipað og áætlað var og hönnun fargs því eðlileg. Sighraði er mældur með sigi og vatnsþrýstingi. Við báðar mælingar sést að sighraði er mun meiri en reikningar er byggðu á niðurstöðum úr sigmælitæki á tilraunastofu (ödometer) sýndu. Mismunurinn er skýrður með því að setið sé lagskipt og þar séu lekari millilög en komu fram við sýnatöku. Þegar fargið var tekið af brautinni eftir rúmt ár mældist nokkra millimetra lyfting á fáeinum stöðum. Lyftingin kom fram strax og síðan hreyfðist brautin ekkert næstu mánuði.

Sig syðri hluta brautarinnar var mælt og er það mest nokkrir cm sem komu fram strax.

Ekkert skrið kom fram við lagningu flugbrautarinnar.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1986). Egilsstaðaflugvöllur. Athugun á lausum jarðlögum. Unnið fyrir Flugmálastjórn, Jón Skúlason. Febrúar 1986.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1989). Egilsstaðaflugvöllur. Ný flugbraut 2 áfangi. Athugun á fyllingarefni og sigi flugbrautar. Unnið fyrir Flugmálastjórn, Jón Skúlason. Júlí 1989.
3. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.
4. Jón Skúlason (1993). Egilsstaðaflugvöllur, ný flugbraut. Jarðtæknileg atriði varðandi undirbúning, hönnun og framkvæmd. Árbók VFÍ 1992/93.

2.2.14 Reykjavíkurböfn. Eyjargarður

Inngangur

Árið 1996 hófust framkvæmdir við lengingu Eyjargarðs á vegum Reykjavíkurböfnar. Um er að ræða lengingu á grjóttgarði til að mynda viðlegu fyrir olúskip sem geta verið allt að 40.000 DWT. Var garðurinn lengdur um 255 m og var sjávarbotn í kóta -13 m við viðleguna. Efnisskiptaskurður fyrir stálþil var grafinn og endurfylltur um áramótin 1996-1997. Árið 1997 var fyllt frá sjó með malarefnum upp í kóta 0 til -3 m. Fylling frá landi ásamt vinnu við grjóttvörn hófst snemma árs 1998 og lauk að mestu áramótin 1998-1999.

Rannsóknir

Aðstæður voru rannsakaðar með seismiskum mælingum, greftri á gryfjum, snúningsþrýstingsborun, borrobörun, CPT borun og sýnatöku. Út frá niðurstöðum rannsókna eru efnisstuðlar lausra jarðlaga í garðstæðinu valdir eftirfarandi:

Tafla 1. Efnisstuðlar

| | Næst landi | Við viðlegu | Við enda garðs |
|-----------------------------------------|------------|-------------|----------------|
| Raki, % | 30-50 | 50-60 | 60-70 |
| Rúmþyngd kN/m ³ | 18 | 17 | 16 |
| Ip, % | 0 | 0 | 0 |
| Yfirstyrking P _C , kPa | 0 | 0 | 0 |
| m (M = mσ) | 25 | 23 | 20 |
| m (M = m√0,1σ) | 60 | 50 | 40 |
| r _s þegar σ > P _C | 600 | 500 | 400 |
| c _v , cm ² /mín | 10 | 4 | 1 |
| Su ódrenað kPa | 15 | 15 | 16 |
| c drenað | 0 | 0 | 0 |
| φ (°) drenað | 40 | 40 | 40 |

Vegna hættu á skriði í garðinum á byggingartíma voru gerðar umfangsmiklar sigmælingar strax og garðurinn kom upp úr sjó.

Aðstæður

Nýi garðurinn er um 255 m langur og er sjávarbotn í kóta -13 m við viðleguna. Í garðstæðinu var sjávarbotn í kóta -10 m framan við gamla garðinn. Þaðan féll sjávarbotninn í kóta -14 m framan við nýja garðinn og er botninn láréttur þaðan út sundið. Seismiskar mælingar sýna að klöpp er í hæð um -12 m við gamla garðinn og fellur í hæð um -30 m við enda nýja garðsins. Boranir sýna að við gamla garðinn er sandur og mól niður á klöpp. Í þillínunni er siltríkur fínn sandur með skel, raki 50 til 60%, rúmþyngd um 17 kN/m³ og er efnið ekki plastískt. Undir ysta hluta garðsins er í efstu þrem metrunum siltríkur fínn sandur með skel, raki 60 til 70 %, rúmþyngd um 16 kN/m³ og er efnið ekki plastískt. Frá þremur m niður á klöpp er sandríkt silt með skel, raki 50 til 70%, rúmþyngd 16 til 17 kN/m³ og er efnið ekki plastískt.

Skrið

Á hönnunartíma var ljóst að ekki væri hægt að fylla garðinn í fulla hæð í einum áfanga. Aðstæður eru verstar undir ysta hluta garðsins en þar er hann hæstur. Garðinum var skipt upp í þrjá hluta og skilgreint mesta fyllingarþykkt og tími milli fyllingaráfanga á hverju svæði. Lengstur tími þurfti að vera fyrir fyllingaráfanga yst

á garðinum. Fyrir þann hluta mátti fylla í hæð –4 m á um tveimur mánuðum. Eftir að það farg hafði staðið í fimm mánuði mátti hækka í kóta 0. Þegar það lag hafði staðið í fimm mánuði mátti fylla í endanlega hæð. Fylgst var vel með sigi garðsins og var miðað við að ef sig var meira en 1 cm á dag væri ástæða til að hætta vinnu við fyllingar. Á öðrum hlutum garðsins var hægt að fylla hraðar því aðstæður voru betri.

Fyllingar gengu hægar en skilgreint var sem mesti fyllingarhraði og urðu engin brot í garðinum. Þessi framkvæmd sýnir að ef fyllt er nægilega hægt þá er ekki ástæða til að ætla að brot verði í botnlögum þótt mjög lín séu.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Reykjavíkurböfn. Olúhöfn í Reykjavík. Lenging Eyjargarðs. Athugun á lausum jarðlögum. Unnið fyrir Hafnarstjórnann í Reykjavík. Jón Skúlason. Desember 1995.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Reykjavíkurböfn. Olúhöfn í Reykjavík. Lenging Eyjargarðs. Athugun á sigi og stæðni grjóttgarðs. Unnið fyrir Hafnarstjórnann í Reykjavík. Jón Skúlason. Desember 1995.

2.2.15 Reyðarfjarðarhöfn

Inngangur

Frá 1991 til 1994 hefur verið unnið að gerð nýrrar viðlegu fyrir flutningahöfn vestan við höfnina á Reyðarfirði. Viðlegan er gerð með stálþili og er fyllt innan við þilið með mól. Stálþilið var rekið sumarið 1991 og fyllt að því sama ár. Strax við rekstur þilsins kom í ljós að botninn var mjög linur og runnu sumar skúffurnar niður undan eigin þyngd. Framan við þilið hefur verið dýpkað í hæð -9,0 m.

Rannsóknir

Laus jarðlög voru athuguð með seismiskum mælingum, borrobör og sýnatöku. Sýni voru rannsökuð hjá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins. Gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna í greinargerð Almennu verkfræðistofunnar hf., sjá heimild 1. Helstu niðurstöður mælinga, borana og rannsókna á tilraunastofu eru sýndar í eftirfarandi:

Samkvæmt seismisku mælingum Orkustofnunar er dýpi á klöpp meira en 40 m.

Efnisstuðlar lausra jarðlaga niður í hæð -30 m eru:

Raki, 40 til 50%

Þjálmi I_p er metin 0% samkvæmt sjónmati

Rúmþyngd, 18,5 kN/m³.

Spennumótstaða $M = 35\sqrt{10}\sigma$.

Spennumótstöðutala r_s 300.

c_v , 5 cm²/mín

Útjöfnun vatnsþrýsings vegna álagsbreytinga tekur 2 mánuði.

Samloðun, 0,0 t/m²

Viðnámshorn, 40°

Aðstæður

Yfirlit yfir aðstæður og staðsetningu borhola er sýnt í heimild 1. Samkvæmt þessum rannsóknum í þillínunni eru efstu 25 til 30 m lífrænn siltríkur sandur, nokkuð lagskiptur og eru þunnar sandríkari linsur í setinu. Engar boranir ná niður fyrir hæð -30 m og er ekki vitað hvað er þar undir. Samkvæmt hljóðhraðamælingum Orkustofnunar er dýpi á klöpp yfir 40 m. Fyrir athaganir á sigi og staðni hafnarbakkans skiptir þetta litlu máli því spennuaukning er hlutfallslega lítil þegar komið er svo djúpt.

Skrið

Fylling við þilið hófst um mitt ár 1991 og vorið 1992 var sett á svæðið næst þilinu (um 40 m breitt svæði) farg úr mól, upp í hæð +3,6 til +3,9 m. Um miðjan júlí 1992 var fargið breikkað í um 95 m fjarlægð frá þili. Fargið er um 1 metra þykk mól miðað við áætlaða hæð hafnarbakkans. Umfangsmiklar sigmælingar hafa verið gerðar á öllu svæðinu frá því fyllingar hófust og sýna þær talsvert sig.

Framtíðarsig var metið 1993 (sjá heimild 1) út frá sigmælingum og rannsóknum á sýnum af lausum jarðlögum í sigtæki. Var þar miðað við að fargið yrði tekið af í ágúst 1993 eins og reyndin varð. Var álitid að sig yrði lítið næstu eitt til tvö árin en síðan héldi það áfram eins og ekkert farg hefði verið sett. Viðbótarsig næstu 15 árin miðað við þessar forsendur er áætlað 20 til 25 cm. Á nyrsta hluta svæðisins er sig áætlað minna og líklegt að þar verði 10 til 15 cm viðbótarsig næstu 15 árin eftir að byggingu lauk. Sigreikningar sýna

svipað sig á öllu stálþilinu og svæðinu næst því næstu árin en sigmælingar benda til þess að það verði eitthvað minna við vesturenda þilsins.

Í sigspánni var gert ráð fyrir að fargið væri um eins metra þykk malarfylling en það sýndi sig að hún var aðeins um helmingur þess. Gert er ráð fyrir að notálag (um 20 kN/m^2) komi á svæðið um hálfu ári síðar og að það verði samfelld yfir stóran hluta hafnarsvæðisins. Í ljósi þess að farg er aðeins helmingur þess sem var áætlað var talið rétt að miða sigspá við að viðbótarsig næstu 15 árin, eftir áramótin 1993-1994, verði 25 til 30 cm. Engar sigmælingar liggja fyrir eftir mitt ár 1993. Er því ekki hægt að bera saman mælt og reiknað sig.

Athuguð var stæðni stálþilsins og hvort sig hafnarbakkans tengdist of lélegri stæðni. Skerstyrkur lausra jarðlaga var metinn út frá niðurstöðum mælinga í þríásatæki. Niðurstöður útreikningar á stæðni voru (sjá heimild 1) að stæðni hafnarbakkans í heild sinni er viðunandi og að sig svæðisins er ekki vegna skriðs, nema að óverulegu leyti.

Heimildir

1. Almenna verkfræðistofan hf. (1993). Reyðarfjörður. Athugun á lausum jarðlögum. Við stálþil. Við höfn í botni fjarðarins. Á lóð í botni fjarðarins. Á Eyri. Unnið fyrir Hafnamálastofnun, Jón Skúlason. Ágúst 1993.
2. Almenna verkfræðistofan hf. (1995). Vegagerðin. Sig fyllinga. Athugun á sigi í sandi, silti og leir. Unnið fyrir Vegagerðina. Jón Skúlason. Janúar 1995.

3 SAMANTEKT

3.1 Fylling þar sem verulegt skrið hefur orðið

Í töflum 3.1 og 3.2 eru dregnar saman helstu niðurstöður. Þó um fá verkefni sé að ræða og þau breytileg er talið að líkur séu á að draga megi eftirfarandi ályktanir:

- Í bröttum skriðum í fjallshlíðum er halli í óhreyfðum skriðum 32 til 34° (1:1,5) Í vegstæðum er flái mestur um 1:1,15 í skeringum en 1:1,25 í fyllingum sem er ýtt fram við lagningu vegarins. Gabionar hafa verðið notaðir með góðum árangri til að byggja bratta fláa í skriðum.
- Skrið í bröttum skriðum er oftast tengt úrkomu og er mikilvægt að dreina þær eins og hægt er.
- Mörg dæmi eru um hreyfingar í berghlaupum og urðarbingjum. Þessi svæði eru oft í litlum halla og skríða fram í stökkum og stöðvast þess á milli. Skrið er tengt úrkomu og einnig því ef sjór brýtur framan af skriðunni og viðheldur ójafnvægi við fláafót hennar. Niðurstöður útreikninga benda til þess að hægt sé að fá hugmynd um stöðuleika landfyllinganna út frá niðurstöðum stæðnireikninga. Mikilvægt er að halda grunnvatni sem lægstu og tryggja þannig stöðuleika svæðisins.
- Breikkun og hækkun vega á mýri hefur reynst erfið og hefur breikkunin sigið og skriðið til í fláa vegfyllingarinnar og slitlagið skemmst.
- Fylling á lífrænt silt hefur sigið mikið og skriðið fram ef fyllingarþykkt er yfir 5 m og ekki líða meira en 2 til 3 mánuðir á milli áfanga.
- Fylling út á marbakka getur raskað jafnvægi hans og framkallað skrið sem getur staðið yfir í mörg ár.

3.2 Fylling þar sem ekki hefur orðið verulegt skrið

Í töflum 3.3 og 3.4 eru dregnar saman helstu niðurstöður. Út frá þessum breytilegu verkefnum er talið að líkur séu á að draga megi eftirfarandi ályktanir:

- Breikkun og hækkun vega í skriðum og á góðri undirstöðu hafa reynst vel ef fínefni er hreinsað úr vegfláanum og hann stallaður með 0,5 til 1,5 m stöllum.
- Fyllingar um 5 til 10 m á þykkt hafa verði byggðar án vandamála þegar undirstaðan er sendið efni og landið með litlum halla.
- Fylling á lífrænt silt hefur sigið samkvæmt áætlunum og ekki skriðið fram ef fyllingarþykkt hvers áfanga er mest um 5 m og það eru minnst 6 mánuðir á milli áfanga

Tafla 3.1. Fylling þar sem verulegt skrið hefur orðið, aðstæður

| Verk | Staður | Mannvirki | Lýsing á aðstæðum | | | Rannsóknir | | |
|--------|-----------------------------------------|---------------|-------------------|-------------------------|-----------------|------------|---------|------------|
| | | | Gerð | Undirstaða | Flái | Kornakúrfa | Sigpróf | Þríasapróf |
| 2.1.1 | Djúpvegur. Óshlíð | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt, gróft efni | 1:1,15 & 1:1,25 | X | X | |
| 2.1.2 | Stigahlíð. Radarvegur | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt, gróft efni | 1:1,5 | | | |
| 2.1.3 | Siglufjarðarvegur. Almennigar | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt efni | | X | | X |
| 2.1.4 | Breiðdalsvegur. Gvendarnesháls | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt efni | | | | |
| 2.1.5 | Suðurlandsvegur. Víkurgil | Vegur | Skriða | Mold | | X | | X |
| 2.1.6 | Skálholtsvegur við Spóastaði | Vegur | Vegur á mýri | Mýri | | X | | |
| 2.1.7 | Norðurlandsvegur við Akureyri | Vegur | Vegur á mýri | Mýri | | | | |
| 2.1.8 | Akureyri. Oddeyrarbyggja | Höfn | Fylling | Sandur | | X | X | X |
| 2.1.9 | Þorskafjörður. Raflínúmastur | Raflínúmastur | Fylling | Sandur | | X | X | X |
| 2.1.10 | Reykjavíkurböfn. Ábóti | Grjótgarður | Sjávarbotn | Lífrænt silt | | X | X | X |
| 2.1.11 | Hafnarfjarðarhöfn. Norðurgarður | Grjótgarður | Sjávarbotn | Lífrænt silt | | X | X | X |
| 2.1.12 | Hafnarfjarðarhöfn. Höfn utan Suðurgarðs | Grjótgarður | Sjávarbotn | Lífrænt silt | | X | X | X |
| 2.1.13 | Gilsfjörður. Raflínúmastur | Raflínúmastur | Fylling | Lífrænt silt | | X | X | X |
| 2.1.14 | Gilsfjörður. Holtahyrna | Náma | Skriða | Fínefnaríkt efni | | | X | |
| 2.1.15 | Snæfellsnesvegur. Búlandshöfði | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt efni | | X | | X |
| 2.1.16 | Þófar. Seyðisfirði | Skriða | Skriða | Fínefnaríkt gróft efni | | X | | X |

Tafla 3.2. Fylling þar sem verulegt skrið hefur orðið, niðurstöður

| Verk | Hreyfingar | | Tengt úrkomu | Hæð fyllinga [m] | Fyllt á setlög | | | Stæðni-reikningar | Athugasemdir |
|--------|------------|-------|--------------|------------------|----------------|--------|------|-------------------|--------------------------------------------|
| | Sprungur | Skrið | | | Mýri | Sandur | Silt | | |
| 2.1.1 | Já | Já | Já | Breytileg | | | | Nei | |
| 2.1.2 | Nei | Já | Já | Breytileg | | | | Nei | |
| 2.1.3 | Já | Já | Já | Lítill | | | | Já | Gabionar notaðir með góðum árangri |
| 2.1.4 | Já | Já | Já | Lítill | | | | Nei | Mikið landskrið (Urðarbingir) |
| 2.1.5 | Já | Nei | Nei | Lítill | | | | Já | Mikið landskrið (Urðarbingir) |
| 2.1.6 | Já | Nei | Nei | 2-3 | X | | | Nei | Unnið að vetrarlagi, stallaður flái |
| 2.1.7 | Já | Nei | Nei | 2 | X | | | Nei | Vetrarvinna, ekki stallaður flái |
| 2.1.8 | Já | Já | Nei | 4 | | X | | Já | Drenuð mýri |
| 2.1.9 | Nei | Nei | Nei | 7 | | | X | Nei | Fyllt í einum áfanga |
| 2.1.10 | Já | Já | Nei | 16 | | | X | Já | Fyllt í 2 áföngum, 2-3 mán. á milli áfanga |
| 2.1.11 | Já | Já | Nei | 8 | | | X | Já | Fyllt í einum áfanga |
| 2.1.12 | Já | Já | Nei | 20 | | | X | Já | Fyllt í 2 áföngum, 2-3 mán. á milli áfanga |
| 2.1.13 | Já | Já | Nei | 8 | | | X | Nei | Fyllt í einum áfanga |
| 2.1.14 | Já | Já | Óljóst | | | | | Nei | Of brattir fláar, (Urðarbingir) |
| 2.1.15 | Já | Já | Já | Lítill | | | | Nei | Of hár vatnsþrýstingur |
| 2.1.16 | Já | Já | Já | | | | | Já | Mikið landskrið (Urðarbingir) |

Tafla 3.3. Fylling þar sem ekki hefur orðið verulegt skrið, aðstæður

| Verk | Staður | Mannvirki | Lýsing á aðstæðum | | | Rannsóknir | | |
|--------|--------------------------------------|-------------|-------------------|------------------|-----------|------------|---------|------------|
| | | | Gerð | Undirstaða | Flái | Kornakúrfa | Sigpróf | Príásapróf |
| 2.2.1 | Norðurlandsvegur um Blönduós | Vegur | Vegur á mýri | Mýri | | | | |
| 2.2.2 | Vesturlandsvegur í Kollafirði | Vegur | Vegur á mýri | Mýri | | | X | |
| 2.2.3 | Norðurlandsvegur í Bólstaðahlíð | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt mól | 1:2 – 1:3 | X | | |
| 2.2.4 | Vestfjarðarvegur yfir Dýrafjörð | Vegur | Vegfylling | Leir og silt | | X | X | X |
| 2.2.5 | Vesturlandsvegur. Hvalfjarðartenging | Vegur | Vegfylling | Fylling | | | | |
| 2.2.6 | Vesturlandsvegur um Bláskeggsá | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt efni | | | | |
| 2.2.7 | Norðfjarðarvegur ofan við Eskifjörð | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt efni | | | | |
| 2.2.8 | Vopnafjörður. Gljúfursárgil | Vegur | Fylling | Fylling | 1:1,25 | X | | |
| 2.2.9 | Siglufjarðarvegur. Mánarskriður | Vegur | Skriða | Fínefnaríkt efni | 1:1,25 | X | | X |
| 2.2.10 | Vesturlandsvegur yfir Borgarfjörð | Vegur | Sjávarbotn | Sandur | | X | X | X |
| 2.2.11 | Vestfjarðarvegur yfir Önundarfjörð | Vegur | Sjávarbotn | Silt | | X | X | X |
| 2.2.12 | Norðurlandsvegur yfir Eyjafjarðará | Vegur | Sjávarbotn | Sandur og silt | | X | X | X |
| 2.2.13 | Egilsstaðaflugvöllur | Flugbraut | Silt | Silt | | X | X | X |
| 2.2.14 | Reykjavíkurhöfn. Eyjargarður | Grjótgarður | Sjávarbotn | Lífrænt silt | | X | X | X |
| 2.2.15 | Reyðarfjarðarhöfn | Viðlega | Sjávarbotn | Silt og sandur | | X | X | X |

Tafla 3.4. Fylling þar sem ekki hefur orðið verulegt skrið, niðurstöður

| Verk | Hreyfingar | | Tengt úrkomu | Hæð fyllinga [m] | Fyllt á setlög | | | Stæðni-reikningar | Athugasemdir |
|--------|------------|-------|--------------|------------------|----------------|--------|------|-------------------|----------------------------------|
| | Sprungur | Skrið | | | Mýri | Sandur | Silt | | |
| 2.2.1 | Já | Nei | Nei | 7 | X | | | Nei | Hlíðarfyllingar |
| 2.2.2 | Já | Nei | Nei | 3-4 | X | | | Nei | Samkv. Alverk |
| 2.2.3 | Nei | Nei | Nei | | | | | Nei | Skriðan stölluð skv. vegbyggingu |
| 2.2.4 | Já | Nei | Nei | 15 | | | X | Já | Fyllt í 3 áföngum á 1½ ári |
| 2.2.5 | Nei | Nei | Nei | Breikkun | | | | Nei | Breikkun á vegi, stölluð fylling |
| 2.2.6 | Nei | Nei | Nei | Breikkun | | | | Nei | Breikkun á vegi, stölluð fylling |
| 2.2.7 | Nei | Nei | Nei | Breikkun | | | | Nei | Breikkun á vegi, stölluð fylling |
| 2.2.8 | Já | Já | Já | 17 | | | | Nei | Klætt með loðnunót |
| 2.2.9 | Nei | Nei | Nei | Breikkun | | | | Nei | |
| 2.2.10 | Já | Nei | Nei | 8 | | X | | Já | Farg var sett við endastöppla |
| 2.2.11 | Já | Nei | Nei | 3 | | X | | Já | |
| 2.2.12 | Já | Nei | Nei | 6 | | X | | Já | Brúarstæðið var fergt |
| 2.2.13 | Já | Nei | Nei | 2-4 | | | X | Nei | Flugbraut var fergd |
| 2.2.14 | Já | Nei | Nei | 20 | | | X | Já | Fyllt í áföngum á 2 árum |
| 2.2.15 | Já | Nei | Nei | 4-6 | | | X | Já | Fyllt í einum áfanga |

4 ATRIÐI TIL UMHUGSUNAR VIÐ HÖNNUN OG GERÐ VERKLÝSINGA

4.1 Skriður

4.1.1 Brattar skriður

Utan í bröttum fjallshlíðum eru brattar skriður oftast 5 til 10 m á þykkt. Samkvæmt mælingum er halli á bröttum óhreyfðum skriðum 32 til 34° (1:1,5). Í vegstæðum er flái mestur um 1:1,15 í skeringum en 1:1,25 í fyllingum sem er ýtt fram við lagningu vegarins. Vegflái úr þjöppuðu skriðuefni ætti að geta staðið með fláa 1:1 eða undir 45°. Reynslan virðist sýna að í skriðum standa vegfláar sjaldnast brattari en 40° og þá eru þeir óstöðugir, trúlega vegna lélegra þjöppunar. Á nokkrum stöðum eins og við vegskálana við Ófæru með Stiga og Hvanngjá Innri hefur verið hlaðinn mjög brattur nokkura m hár bakki af gabionum. Hafa þeir reynst vel og gefa möguleika á að byggja bratta fláa.

4.1.2 Berghlaup og urðarbingir

Á mörgum stöðum á landinu eru berghlaup og urðarbingir á hreyfingu og er oft um að ræða mjög stór svæði (Almenningar á Siglufjarðarvegi). Þessi landskrið er fremur flöt og eru hreyfingar ójafnar en geta verið nokkrir tugir sentímetrar og verða yfirleitt samhliða mikilli úrkomu. Niðurstöður útreikninga á stæðni sýna að vatnsþrýstingur í skriðunni er afgerandi þáttur í hvort skrið verður. Við lagningu vega um slík svæði er mikilvægt að gera allt sem hægt er með viðráðanlegu mótí til þess að halda vatnsþrýstingi niðri og dreina út vegstæðið.

4.2 Breikkun og hækkun vegfyllinga

4.2.1 Vegur á mýri

Við endurbætur á vegum er algengt að eldri vegir séu breikkaðir og hækkaðir. Á þetta sérstaklega við lagningu vega yfir mýri. Ætíð skal fjarlægja mold og fínefnaríkt efni úr vegkantinum sem verður breikkað yfir og hann stallaður með 0,5 til 1,5 m stöllum. Besta aðferðin er síðan að fergja breikkunina en hæð fergingar og fargtími þarf að ákveðast út frá aðstæðum og þykkt fyllingar.

4.2.2 Vegur í skriðum

Við endurbætur á vegum í skriðum er algengt að eldri vegir séu breikkaðir og hækkaðir. Er mikilvægt að vinna við fyllingar sé ekki að vetrarlagi því þjöppun er erfið ef hitastig er lágt. Einnig er ljóst að stæðni er háð vatnsþrýstingi og verður því að dreina fyllingar eins og tók eru á.

4.3 Fyllingar á lin jarðlög

4.3.1 Mýri

Komin er löng reynsla af vinnu við fyllingar á mýri. Hefur sýnt sig að ef fylgt er vinnureglum í Alverk þá hefur ekki orðið brot í mýrinni og fyllingarhraði hefur hentað við framkvæmdirnar. Á þessu er sú undantekning að ef grunnvatn er lækkað mjög mikið þá getur áraun á mýri undir vegfyllingu orðið það hátt að brot verði í mýrinni. Er dæmi um þetta á Norðurlandsvegi við Akureyri en þar varð sig vegna denunar við ræsi sem lá í gegnum vegfyllinguna og voru stæðnivandmál í vegfyllingunni í nokkur ár.

4.3.2 Sandur

Yfirleitt er ekki ástæða til að óttast vandamál vegna skriðs ef fyllt er á sand eða sendin efni. Þó er rétt að athuga stæðni marbakka ef fyllt er út í sjó frá landi. Er ljóst að við Oddeyrina á Akureyri varð skrið við slíkar aðstæður sem stóð yfir í nokkur ár.

4.3.3 Silt

Slæm reynsla er af fyllingum á lífrænt silt ef þykktin á fyllingunni er yfir 5 m þó hún sé að hluta í sjó. Ef fyllt er í áföngum er ekki ráðlegt að fyllingaráfangar séu þykkari en 5 m og að það líði minnst 6 mánuðir á milli þeirra. Tvö dæmi eru um 2 til 3 mánuði á milli áfanga og urðu tíð brot og sig sem tengdist floti í undirstöðunni. Með ýtrustu aðgæslu tókst að koma fyllingunum út en verulegt viðbótarefni þurfti sökum skriðs og sigs og nokkrar tafir urðu á fyllingum hjá verktakanum.

4.3.4 Leir

Eitt dæmi er um fyllingu á þykkt leirlag í Dýrafirði. Fyllt var í um 5 m þykkum áföngum og voru um 6 mánuðir milli áfanga. Verkefnið gekk vel og ekki er vitað til þess að brot hafi komið í leirlagið.

4.4 Rannsóknir

4.4.1 Markmið

Markmið rannsókna er:

- Ákveða þykkt setlaga og dýpi á klöpp
- Skilgreina efnisstuðla setsins
- Mæla stöðu og breytingar grunnvatns
- Mæla hreyfingar ef þær eru einhverjar

4.4.2 Grytt og gróf efni

Ef dýpi er minna en 5 til 6 m er auðveldast að grafa gryfjur með gröfu og taka sýni. Við meira dýpi hefur reynst best að ODEX bora niður að klöpp og taka hreyfð sýni.

samhliða borun. Grunnvatn er mælt í rörum sem eru sett niður með gröfu eða bortæki (t.d. ODEX bor). Efnisstuðlar eru oftast metnir út frá niðurstöðum rannsókna frá hliðstæðum stöðum. Ef það er ekki nægilegt þá eru notuð stór þríasapróf og sigpróf.

4.4.3 Fínkornótt efni

- Dýpi á klöpp er oftast ákveðið með gröfu eða snúnings- þrýstingsbor.
- Efnisstuðlar er hægt að meta út frá SPT og CPT borniðurstöðum. Einnig er algengt að taka sýni af efnunum og rannsaka þau með prófum á tilraunastofu.
- Grunnvatn er mælt í vatnsþrýstingsmælum sem eru settir niður með gröfu eða bortæki.
- Hreyfingar eru mældar með landmælingatækjum.