



Jarðgöng Blönduvirkjunar. Úttekt á bergstyrkingum

Björn A. Harðarson, Birgir Jónsson

Greinargerð BAH-BJ-86-01

ORKUSTOFNUN
VATNSORKUDEILD
1986-08-21

Greinargerð
BAH/BJ-86/01
ek

JARÐGÖNG BLÖNDUVIRKJUNAR
ÚTTEKT Á BERGSTYRKINGUM

Björn A. Hardarson
Birgir Jónsson

Ágúst 1986

Inngangur

Þann 11.08. 1986 fóru undirritaðir, Birgir Jónsson og Björn A. Harðarson, í skodunar- og kynnisferð norður í Blönduvirkjun samkvæmt ósk Landsvirkjunar og í samráði við Vinnueftirlit ríkisins.

Tilgangur ferdarinnar var að afla upplýsinga um magn, gerð og ástand bergstyrkinga í jarðgöngum virkjunarinnar með tilliti til öryggis starfsmanna. Á staðnum var rætt við eftirtalda aðila:

Marvin Pedersen	staðarverkfræðing Krafttaks
Svein Þorgrímsson	staðarverkfræðing LV
Matthías Loftsson	LV
Brynjar Brjánsson	VST

Síðar var einnig leitað upplýsinga hjá Má Svavarssyni starfsmanni Krafttaks.

Verkstaðan var þannig að lokið hefur verið við aðkomugöng, fallgöng, strengjagöng og þrýstijöfnunargöng; greiningar og sográsir grafnar að stöðvarhúsi, stöðvarhús útgrafið niður að gólfí vélarsalar (126 m y.s.) og frárennslisgöng komin í 1030 m þannig að tæplega 700 m voru eftir af þeim.

Styrkingarnar almennt.

Eins og flestum er kunnugt er sú styrkingaraðferð sem notuð er í jarðgöngum Blönduvirkjunar þ.e. steypuásprautun eftir hvern sprengdan salva, orðin fastur liður í hinni kerfisbundnu vinnslurás.

Gerð og magn sprautusteypu sem notuð er á hverjum stað er nokkuð breytilegt eftir eiginleikum og ástandi bergsins. Auk sprautusteypu hafa bergboltar verið notaðir á stöku stað þar sem þörf hefur verið talin á og eru boltarnir hluti af endanlegri styrkingu. Þessi styrkingaraðferð hefur yfirhöfuð gefist vel og eru allir sammmála um að þessar aðferðir séu almennt séð hentugastar við þær jarðfræðilegu aðstæður sem eru ríkjandi á svæðinu. Engin slys eða óhöpp hafa orðið við jarðgangagerðina af völdum ófullnægjandi styrkinga a.m.k. enn sem komið er.

Öll ásprautun sem framkvæmd hefur verið er skilgreind sem styrking á byggingartíma nema í stöðvarhúshvelfingu þar sem um endanlegra styrkingu er að ræða. Ákvörðun um gerð endanlegrar styrkingar í aðkomu- og frárennslisgöngum hefur ekki verið tekin.

Framkvæmd ásprautunar

Bergstyrking með steypuásprautun er ekki aðgerð sem eingöngu felst í því að úða sprautusteypu á bergið í hverjum salva. Segja má að ásprautun sé í raun fjórskipt framkvæmd sem felst í eftirfarandi:

1. Skrotun (scaling)
2. Skolun (air-water jet cleaning)
3. Ásprautun (shotcreting)
4. Yfirborðspéttung (curing)

Alla þessa liði verður að framkvæma á skynsamlegan hátt til að sprautusteypan uppfylli þær kröfur sem gerðar eru til hennar sem öryggisstyrking. Ástæða er til að ætla að svo sé ekki alltaf gert við jarðgangagerðina í Blöndu.

1. Skrotun (scaling) felst í hreinsun á lausu bergi í þaki og veggjum eftir sprengingu hvers salva. Við hverja sprengingu skemmiðist (brotnar og losnar) alltaf eitthvað berg umhverfis göngin í mismunandi mæli. Mjög mismunandi er hve mikið þarf að skrota í hverjum salva og fer það að mestu leyti eftir eiginleikum bergsins og framkvæmd sprengingar. Þegar bergið er tiltölulega lítið sprungið (t.d. dílabasalt) þarf yfirleitt lítið að skrota en ef berg er mjög brotið og losaralegt (t.d. misgengisbreksía) getur þurft umtalsverða skrotun. Stundum er bergið það losaralegt að í raun væri hægt að skrota "endalaust" og stækka þversnið ganganna úr hófi fram. Í þeim tilvikum verður skynsemin og reynslan að ráða hversu mikið af bergi er losað með skrotun en ætíð skal reynt að halda bogadreginni lögun þekjunnar. Ef einhver vísbending er um að berghlutar hangi "hálflausir" í lofti eða veggjum skulu þeir skilyrðislaust hreinsaðir niður með skrotun.

2. Skolun (air-water jet cleaning). Eftir skrotun skal bergið hreinsað vandlega með þrýstibvotti. Tilgangurinn er aðallega að auka bindingu steypu og bergs með því að fjarlægja allt ryk og óhreinindi sem sitja á berginu. Einnig að hreinsa niður lausa smásteina sem enn kunna að vera til staðar.

3. Ásprautun (shotcreting). Nú er bergið fyrst tilbúið fyrir hina eiginlegu ásprautun sem framkvæma verður vandlega. Þekja skal bergið allt með jafnþykku lagi af sprautusteypu og passa sérstaklega að fletir sem snúa inn að stafni verði ekki útundan.

4. Þéttung (curing). Í verklýsingu er fyrirskrifuð svokölluð "curing" eða yfirborðspéttung sprautusteypunnar. Þéttung þessi fer fram þannig að sérstöku vaxkenndu efni er úðað yfir steypuna til þess að varna því að hún ofþorni, brotni upp og missi styrk. Þessa þéttingu á að framkvæma reglulega á hvern salva áður en byrjað er að bora þann næsta.

Sprautusteypan.

Eiginleikar sprautusteypunnar (s.s. brotstyrkur, beygjustyrkur og binding við bergið) eru nokkuð mismunandi eftir innihaldi hennar (s.s. hvort stálnálar eru notaðar eða ekki, magni storknunarflyta (?) og ástandi bergsins). Fylliefnin sem notuð eru í steypuna voru skoðuð á lager og þrátt fyrir nokkurt magn af móbergi og setbergi er það talið gott miðað við önnur steypufylliefni í þessum landshluta. Af niðurstöðum prófana á sprautusteypuni að dæma er styrkur hennar að jafnaði fullnæggjandi miðað við nágildandi forskriftir.

Bindistyrkur steypunnar við bergið er mjög mikilvægur liður sem erfitt er að meta eða mæla á einfaldan hátt. Af því er best verður séð er bindingin að jafnaði þokkaleg til góð en þó eru allmög dæmi um að steypan flagni af berginu á afmörkuðum stöðum sérstaklega þar sem steypan er í þunnum lögum og þar sem leir er á bergflötum. Besta leiðin til að tryggja sem sterkasta bindingu er að hreinsa vel öll óhreinindi af berginu fyrir ásprautun (sbr. skolun hér að framan) og sprauta steypunni í sem jafnþykkustum lögum á bergið.

Í viðræðum við verktaka og verkkaupa kom m.a. fram að stöku sinnum kemur upp ágreiningur milli þeirra um hve mikið magn af sprautusteypu skuli nota, sérstaklega þegar berg er brotið og losaralegt. Í þessum tilvikum vill verktaki nota meiri ásprautun en verkkaupi telur nauðsynlegt. Það sem ræður mestu um ásprautað steypumagn er að sjálfsögðu gerð og eiginleikar bergsins á hverjum stað í göngunum. Í frárennslisgöngunum virðist magn sprautusteypu hafa verið í grófum dráttum eftirfarandi:

Berggerð

Magn sprautusteypu
(rúmmetrar pr. salva)

Aths.

Dílabasalt ("gott" berg) + kargi	2 - 3	
Þóleiít basalt ("þokkalegt" berg) + kargi	3 - 4	
Brotið þóleiít og breksía ("lélegt" berg)	5 - 6	oft í tveimur umferðum, fyrri umferð með stálnálum. Ef mikið vatnsstreymi þá meiri steypa.
Setberg í þaki	6	fyrri helmingur með stálnálum, stundum bergboltun (hluti af endanlegri styrkingu).
"Lélegt" berg og "mikið" vatn, hrun úr þaki (stærra flatarmál)	8 - 15	stálnálar í hluta, steypumagn eftir stærð flatarmáls og vatns- streymi o.fl.

Eins og sést á ofangreindu fer steypumagnið eftir gerð bergsins, eiginleikum þess, vatnsstreymi og hversu mikið hrynur úr umfram hannað þversnið. Ekki er unnt að gefa upp neinar ákveðnar reglur um magn steypu sem nota skal, heldur verður slíkt að ákveðast eftir skrotun og skolun hvers salva af þeim sem verkið vinna þ.e. fulltrúum verktaka og verkkaupa. Við þá ákvörðun verða menn að hafa að leiðarljósi þá reynslu sem þegar hefur fengist við jarðgangagerðina. Í þeim tilvikum þar sem ágreiningur verður um 1-2 rúmmetra af steypu í salva er mælt með að hærri magntalan verði látin ráða.

Sú styrking sem notuð hefur verið í jarðgöngunum til þessa hefur í heildina reynst vel. Einu sinni hefur gömul sprautusteypa gefið sig sem olli nokkuð hrundi á afmörkuðu svæði. Ekki þykir sannað að þar hafi þykkt steypunnar verið sérstaklega ábótavant heldur getur ófullnægjandi skrotun, skolun og/eða þéttung steypunnar hafa verið orsök eða meðorsök. Í þessu tilviki var þunnt setlag í þaki en síkar aðstæður eru sérstaklega varhugaverðar og ef minnsti grunur leikur á "hálffhangandi" bergi í þekju skal það umsvifalaust fjarlægt með skrotun.

Ástand eldri sprautusteypu í jarðgöngunum er þokkalegt að okkar mati. Á stöku stað hefur steypan orðið fyrir hnjasí og á a.m.k. tveimur stöðum er ástæða til að laga styrkinguna með viðbótarásprautun. Þessir staðir eru annars vegar í vegg milli innangangs í stöðvarhús og jöfnunarganga og hins vegar í vegg nálægt sigrásum þar sem set hefur grafist undan basalti.

Framkvæmd sprenginga.

Sprengingar í jarðgöngum skemma alltaf berg eitthvað út frá hönnuðu þversniði. Því meira sem berg skemmist (brotnar og/eða losnar upp) því meiri hætta er á hrundi og því þörf fyrir meiri skrotun og meiri styrkingar. Það ætti því að vera öllum kappsmál að haga sprengingum þannig að bergið fyrir utan þversniðið verði fyrir sem minnstu hnjasí. Borplón og kennihlöð á að ákveða með tilliti til gerðar og eiginleika bergsins en að okkar mati hefur nokkur misbrestur verið á því í jarðgöngum Blönduvirkjunar. Í þessu sambandi má minna á að brotið og losaralegt berg á að losa með minna eða veikara sprengiefni og með minni fjarlægð milli jaðarhola heldur en heillegra og sterkara berg. Hér sem oftast áður er það fengin reynsla sem á að ráða mestu og bæði verktaki og verkkaupi ættu að huga meira að þessu grundvallaratriði.

Samantekt.

Sú styrkingaraðferð sem notuð er í jarðgöngum Blönduvirkjunar hefur gefist vel og er talin sú besta sem völ er á miðað við ríkjandi jarðfræðilegar aðstæður. Meginstyrkingaraðferdin þ.e. notkun sprautusteypu eftir hvern sprengdan salva er aðgerð sem felst í fjórum samtengdum þáttum sem eru; skrotun, skolun, ásprautun og yfirborðspéttung. Öryggi starfsmanna er best borgið með því að framkvæma vandlega alla þessa fjóra þætti með hliðsjón af fenginni reynslu. Ef svo verður gert eru allar líkur á að jarðgangagerð við virkjunina verði án slysa af völdum ófullnægjandi styrkinga.

Virðingarfyllst

Birgir Jónsson Björn A. Harðarson

Afrit: Vinnueftirlit ríkisins