



Statens vegvesen

NOTAT

Til: **Halgeir Brudeseth, Rm Utb**
Kopi: **Odd Arild Lindseth, Rm Utb**
Stein Heggstad, Rambøll Norge AS

Oppdrag:	Rv. 662 Haukabøen		Dok. nr. i Sveis:	2007097211-21			
Oppdragsgiver:	Statens vegvesen, Rm, Utb		Dato:	12.09.2008			
Planfase:	Byggeplan	Arkivkode:	460	Ant. vedlegg:	1		
Kommune:	Molde	Vegnr.:	Rv. 662	HP:	01	Km:	07,1-08,5
UTM 33 ref.:	N6980940, Ø94055		EUREF 89		Geoteknisk prosjektklasse:		3
Utarbeidet av:	Tore Humstad og Arild Gjerde		Sign.:				
Kontrollert av:	Tore Humstad		Sign.:				

Rv. 662 Haukabøen. Haukabøtunnelen Tunneldriving gjennom område med lav bergoverdekning

Bakgrunn

Drivingen av Haukabøtunnelen er i slutfasen og vil i uke 40-42 i 2008 gå gjennom et område med lav bergoverdekning. Avgrensningen av dette området har i ulike dokumenter variert noe ut fra hvor langt forundersøkelsene var kommet og hvordan man har definert "lav bergoverdekning". I et notat fra Vegdirektoratet datert 8/1-08 [ref. /1/] har dette området vært omtalt som en 250 m lang strekning fra profil 7500 til profil 7750, der overdekningen skal ha vært lavere enn 10 m.

I revidert ingeniørgeologisk rapport datert 5/2-08 [ref. /2/], heter det at inntil 100 m av Haukabøtunnelen vil få ca 10 m bergoverdekning eller mindre, og at særlig aktsomhet bør rettes mot en 40 m lang delstrekning mellom profil 7610 og 7650. Her vil bergoverdekningen bli inntil 6-8 m. Videre pekes det også på den 30 m lange delstrekningen videre vestover, mellom profil 7650 og 7680, der overdekningen er noe høyere, 8-12 m. Her skjæres samtidig bergmassen av ei 10 m bred lavhastighetsone. Noe usikkerhet ved bergoverdekningen gjenstår dessuten fortsatt ettersom generell avstand mellom hver fjellkontrollboring og/eller graving har vært på 5 m. Enkelte steder, der en har lagt andre observasjoner til grunn, er det inntil 10 m mellomrom mellom boringene.

Rambøll Norge AS har foretatt en tredjepartsverifikasjon av omfanget av forundersøkelser og konklusjoner vedrørende stabilitet og sikring med tanke på overdekning og bergmassekvalitet før tunneldrivingen begynte [ref. /3/]. De konkluderte med at omfanget av forundersøkelsene var tilstrekkelig og at sikringsmengder virket tilfredsstillende.

Med bakgrunn i ovennevnte vurderinger og registreringer, og med erfaringer fra tunneldrivingen så langt, vil foreliggende notat gi en oppdatert vurdering av behov for tung sikring samt forslag til prosedyre for driving og gjennomføring av sikring i bergmassen i dette området.

Mengdeanslag tung sikring

Utover tradisjonell sikring med radielle bergbolter og sprøytebetong har det tidligere vært vurdert som aktuelt å benytte seg av tung sikring i det ovennevnte området. I notatet fra Vegdirektoratet var det anslått et behov for 100 stk sikringsbuer, forutsatt 2,5 m mellomrom mellom hver bue i en strekning på 250 m. Forutsetningene for disse beregningene (250 m lengde med mindre enn 10 m bergoverdekning) var imidlertid ikke korrekte ettersom forundersøkelsene ikke var ferdig tolket og østlige påhugg ikke var endelig plassert. I ettertid har det vist seg at den aktuelle strekningen er vesentlig kortere. Ut fra hvilke områder som får mindre enn 10 m bergoverdekning, og som delvis kombineres med svakhetssoner og andre usikkerheter, ser det som en lengde på 40-70 m er mest aktuelt for tung sikring. I kontraktens kapittel E er det tatt høyde for ca 60 stk sikringsbuer.

Videre var betongsutstøpning på 30 m tatt med i kontrakten som beredskap dersom bergmassekvaliteten skulle vise seg å være vesentlig dårligere enn antatt.

Erfaring fra tunneldrivingen i Haukabøtunnelen

Fram til profil 7797,5 er tunnelen med unntak av påhuggsområdene sikra med radielle bolter og fiberarmert sprøytebetong. Fra profil 7797,5 og videre til profil 7740 er det benytta sammenhengende forbolting, delvis kombinert med sprøytebetongbuer..

Ut fra ukerapporter t.o.m. uke 36, da tunnelen var drevet frem til profil 7870, framkommer det at det i gjennomsnitt er satt inn 5,6 radielle bolter og påført 2,5 m³ sprøytebetong pr lm tunnel. Sikringsomfanget har dermed vært omtrent som forventet når det gjelder bergbolter. Prosjekterte mengder var 5,5 bolter/lm. Sprøytebetongforbruket har derimot vært høyere enn det prosjekterte omfanget på 2,1 m³/lm. Omfanget av bolting har gått opp etter hvert som overdekningen har blitt mindre og vinkelen mellom to av hovedsprekkeretningene og tunnelaksen har blitt mindre. En registrert utvikling mot større sikringsbehov mot den østlige delen av tunnelen, samsvarer med antagelsene fra forundersøkelsene. Det har vært en liten økning i vannlekkasjene mot øst, men omfanget er fortsatt relativt lite og spredt.

Bergmassen har ellers vært omtrent som forventet fram til profil 7800, både når det gjelder bergarter, oppsprekking, sprekkeretning og tilstedeværelse av leir- og knusningssoner. De fleste svakhetssonene har gått parallelt med foliasjonen som stryker 80-110°. De har derfor generelt skjært tunnelen med spiss vinkel og påvirket tunnelen over flere salvelengder. Sonene har imidlertid hatt moderat utstrekning i bredden og er vurdert til ikke medføre behov for tung sikring så langt. Sonene har opptrådt med typisk 30-50 m mellomrom. Registrerte Q-verdier inne i tunnelen samsvarer generelt godt med antatte Q-verdier fra forundersøkelsene, i hovedsak innen intervallet 1,0-10. Passering av en lavhastighetszone ved profil ca 7850 gikk uten store problemer. Som et spesielt tilfelle kan nevnes ei ca 5 cm brei sone med rein leire. Sona sto steilt og tilnærma på tvers av tunnelaksen (parallelt med sprekkesett 3, ref. /2/), og skapte problemer med lading og sprengning av en salve, men sona er ikke vurdert å gi noen stabilitetsmessige problemer som gir behov for tung sikring.

På grunn av problemer med utfall i sidene av tunnelen på flere salver frem mot profil 7800 ble det beslutta å sette inn forbolter fra profil 7797,5. På salver videre østover, utvikla bergmassekvaliteten seg til det verre, med tett oppsprekking langs begge de strøkparallelle sprekkesetta, og det var til dels betydelig innslag av leire. På partiet 7768-7778 ble bergmassen vurdert til å være så dårlig ($Q > 0,01$) at det ble bestemt å montere fire sprøytebetongbuer. Buene er bygd opp av 6 stk Ø16 mm kamstål. To av buene er forankra i innstøpte CT-bolter med 3 og 4 m lengde, ei bue er forankra med limbolter og den siste er montert på forbolter. Det er montert et tverrstykke av Ø16 mm kamstål på enden av forankringsboltene som armeringa til buene er montert på. Senteravstand til armeringsjernene er ca 100

mm og avstanden mellom buone er 2,5-3 m. For øvrig er det påført minimum 15 cm sprutbetong E700 over hele profilet, og det er satt inn ca 8,5 radielle bolter pr. løpemeter tunnel fra 7997,5 og fram til 7744. I heng og vederlag er det benytta 4 m lange bolter, i veggene 3 m.

To prøver fra Haukabøtunnelen er sendt inn til laboratorium for prøving av svelletrykk, frissvelling og XRD-analyse. Resultatet av disse er ikke mottatt. Fra Nakketunnelen er det sendt inn fire prøver. Resultatene fra tre av disse er vedlagt.

Vurdering av ytterligere behov for tung sikring

Når dette notatet skrives, står stoffen på profil 7744, og tunnelen drives videre østover på synkende profilnummer. Ut fra forundersøkelsene antas det at bergmassen vil være av en generelt god kvalitet fram mot ca 7680.

Forundersøkelsene antyder generelt at bergmassekvaliteten ikke ville medføre særlig behov for tung bergsikring, men kombinasjonen av ugunstige sprekkeretninger, lite overdekning og innspenning samt muligheter for leire på sprekkeplan, førte likevel til en forventning om tungt sikringsbehov på deler av den østligste enden av tunnelen. Erfaringer så langt viser at oppsprekkinga stedvis kan opptre som gjennomsettende og glatt og med leire og glimmer på sprekkeflatene. Som tidligere antatt er orienteringa på to av sprekkesettene (sprekkesett 1 og 2) ugunstig. Kombinert med lav innspenning, gir dette fare for utfall av blokker og dannelse av spir langs tunnelens lengdeakse. Utfall gir en dårlig buevirkning og kan medføre stabilitetsproblemer både på kort og lang sikt. Ved fare for utfall av betydning må det forboltes for å beholde profilet. Toleransen for utfall avtar etter hvert som bergoverdekninga blir mindre. Det må også benyttes 4 m lange bolter i hengen i områder hvor det er fare for større nedfall for å forsikre seg om at blokker i hengen er forankra i innspent bergmasse.

I NFFs håndbok "Tung bergsikring for undergrunnsanlegg" argumenteres det for tung bergsikring i spesialtilfeller med svært lave bergspenninger på grunn av svært lav bergoverdekning, kombinert med spenningsavlastede soner eller slepper [ref..4]. Det er usikkert hvordan "svært lav bergoverdekning" er definert, men for Haukabøtunnelen vurderes dette behovet å kunne være reelt dersom markerte soner eller slepper sammenfaller med lav bergoverdekning.

Ut fra geologisk rapport må det legges et spesielt fokus på:

Strekning A: Profil 7680-7650 (30 m)

Strekning B: Profil 7650-7610 (40 m)

Erfaringer fra profil 7797,5-7744 viser dessuten at bergmassekvaliteten kan være noe dårligere enn antatt også andre steder enn de som var forventa å kreve tung sikring ut fra forundersøkelsene.

Sikringsomfanget må naturligvis fastsettes endelig etter ytterligere observasjoner og registreringer på stoff. Dette bør omfatte en grundig ingeniørgeologisk kartlegging på av sprekkekarakteristikk og – retning, bergmassekvalitet og tilstedeværelse av vann. Overdekningen bør i enkelte tilfeller verifiseres ved hjelp av sonderboringer. Dersom kartleggingen viser intakt bergmasse med beskjeden oppsprekking i de aktuelle områdene, kan behovet for tung bergsikring reduseres eller falle bort. Inntil videre anses det som sannsynlig at i alle fall strekning B (40 m) vil ha behov for tung bergsikring.

Prosedyre for driving og sikring gjennom området

Ved driving gjennom strekning A (7680-7650) og B (7650-7610) bør prosjektet legge opp til:

- Å være særlig påpasselig med å sette av tilstrekkelig tid til å ingeniørgeologisk kartlegging på stoff og i samråd med entreprenør vurdere plan for sprenging og sikring av neste salve før ny salveboring påbegynnes.

- Det bør legges spesiell vekt på å identifisere eventuelle diskontinuiteter som kan få innvirkning på neste salve.
- I noen tilfeller kan det dessuten være aktuelt med sonderboringer for å bekrefte tilstrekkelig overdekning. Dette gjelder bl.a.:
 - Før profil 7665 – til høyre
 - Før profil 7650 – i hengen
 - Før profil 7620 – til høyre
 - Før profil 7610 – til høyre
- Ved eventuelle forhold som tilsier tung bergsikring, settes det inn forbolter etter tilpasset mønster. Profilet utvides da med min 20 cm. Salvelengde 2,5 m
- Eventuelle sikringsbuer monteres i hovedsak for hver 2,5 m, og plasseres under enden av forboltene. Skisse med ønsket utforming overleveres entreprenør for mest mulig enhetlig og dokumentert utførelse.
- Overholdelse av krav til rysteleser ivaretas ved bruk av rystelsesmålinger

Vedlegg:

1. Ingeniørgeologisk kart V001
2. Fotodokumentasjon fra utvalgte lokaliteter mellom profil 8390 og 7740 i Haukabøtunnelen

Referanser:

1. Statens vegvesen, Vegdirektoratet (2008): Notat om geologisk rapport Rv 662 Hp 01 Haukabøen som del av konkurransegrunnlag, 8/1-08. SVEIS 2007176038-02
2. Statens vegvesen, region midt (2008): Rv. 622 Haukabøen. Ingeniørgeologisk rapport. Revisjon 01. Byggeplan. Haukabltunnelen og Nakketunnelen. Ingeniørgeologisk rapport Geologisk rapport, 5/2-08. SVEIS 2007097211-06
3. Rambøll Norge AS (2008): 3. parts kontroll av prosjektering av utvalgte områder. G-notat – revisjon 1. Oppdrag 6080300-Rv 622 Nakketunnelen – Haukabøtunnelen, 6/6-08. SVEIS 2007097211-19
4. NFF (2008): "Tung bergsikring i undergrunnsanlegg". Håndbok nr 5. Januar 2008







011008 Pal 7660,8
Heng



300908 Pei 7671,3
Heng