

Kvalitet som styrmedel vid bergschakt under jord

I detta projekt har man utrett möjligheten och tagit fram förslag på utförandekrav och kontraktformulering för bergschakt baserat på kvalitetskrav.

Bakgrund

Dagens krav på bergschakt i tunnelentreprenader bygger på krav enligt AMA Anläggning, samt tillhörande mät- och ersättningsregler. Kraven är generella utifrån maximalt föreskriven stickning (överberg) samt begränsning av empiriskt bestämd sprängskadegren. Incitamenten för att hålla dessa krav är dock generellt små i konventionella anläggningsprojekt. Eftersom omskjutningar är tidskrävande och riskerar att påverka kostnad och tidplan för entreprenaden, finns tendenser till att hellre borra lite mer utanför kontur och ladda lite hårdare för att undvika intrång (underberg) samt också för att minska risken omskjutning. Omskjutning kan dessutom vara ett arbetsmiljöproblem om sprängämne finns kvar i berget. Detta arbetssätt fungerar normalt bra för tunnlar i normalt svenskt urberg, men kan leda till diskussion i projekt där speciella kvalitetskrav gäller för konturhållning och begränsning av sprängskadegrenen, till exempel Svensk Kärnbränslehanterings (SKB) planerade slutförvar för använt kärnbränsle eller tunnlar som permanent skall kläs in med betong (lining).

Syfte

Projektets syfte var att utreda möjligheten och ta fram förslag på utförandekrav och kontraktformulering för bergschakt baserat på kvalitetskrav. Ambitionen var att sådana krav ska beakta både konturhållning (lite överberg) och begränsning av sprängskadegren, samt dokumentation av arbetet. Utveckling av strategier för egenkontroll baserat på nyttjande av modern loggerutrustning i borrar- och laddutrustning diskuterades utifrån MTO-perspektiv (Människa Teknik Organisation). Frågan om mät- och ersättningsregler kopplade till kvalitet har också behandlats.

Genomförande

Med stöd från SBUF, SKB, Skanska och NCC har arbetet utförts av en arbetsgrupp som bestått av SKB, NCC och Skanska. Projektet har genomförts med stöd av data från en utbyggnad av SKB:s underjordslaboratorium Äspö Hard Rock Laboratory i Oskarshamns kommun 2012, samt jämförande data från en av

Skanskas entreprenader, arbetstunnlar vid Norsborg, Stockholm 2013. SKB:s experimenttunnlar som ingick i studien har en area på 20 m², medan Skanskas arbetstunnel har en area på 60 m². Som ytterligare underlag till arbetet ställdes en enkät samman till yrkesarbetare inom tunneldrivning verksamma inom både anläggnings- och gruvindustrin. Över 50 svar kom projektet tillgodo. Dessutom anordnades ett seminarium i oktober 2013 om kvalitetsfrågor i bergschakt för tunnel.

Resultat

En första uppgift för projektet var att kvantifiera resultat av sprängningen baserat på vad som uppnått i respektive projekt. En jämförelse mellan resultat från de två entreprenaderna kan inte göras utan att ställa resultaten i relation till kraven för respektive projekt, som är uttryckta på olika sätt för de båda projekten. Båda projekten har analyserats mot sin och det andra projektets kravbild för att jämföra de borringstoleranser som kan uppnås. Jämförelse av resultat baseras dels på geodetisk inmätning av konturhål, dels motsvarande data från riggens logger.

Krav på SKB:s deponeringstunnlar enligt KBS-3 metoden avser både god konturhållning för att möjliggöra effektiv återfyllning efter deponering, samt begränsning av sprängskadegrenen så att det inte uppstår kontinuerliga flödesvägar längs tunneln. Baserat på tidigare erfarenheter uttryckts kraven som utförandekrav.

- Tillåten bergvolym utanför teoretisk kontur fick inte överstiga 30 volymprocent per salva ("överberg")
- Max stickning sattes till 30 cm
- Ingen tillåten bergvolym innanför teoretisk kontur ("underberg")
- Ansättning skulle göras 5 cm utanför teoretisk kontur

Det konventionella begreppet bergschaktningsklass enligt AMA Anläggning användes inte. I stället tillämpades radiell avvikelse. Kravet var att påhuggsnoggrannheten för kontur och hjälpare inte skulle vara större än ± 7 cm, och att tillåten avvikelse för konturhål vid hålbotten skulle vara mindre än ± 20 cm. Krav i Norsborgsprojektet var Bergschaktningsklass 2 enligt AMA Anläggning 07, se Tabell 1.

Tabell 1. Bergschaktningsklasser enligt AMA Anläggning07.

| Bergschaktningsklass/ Bergschaktnings-tolerans | Största tillåtna mått – uttryckt som medelvärde av c och d – för avståndet mellan schaktad bergkontur och teoretisk kontur | Största tillåtna avvikelser för enskilt borrhål i vägg och tak i förhållande till teoretisk bergkontur | Största tillåtna avvikelser för enskilt borrhål i botten i förhållande till teoretisk bergkontur |
|---|--|--|--|
| 1 | 0,30 m | 0,70 m | 0,80 m |
| 2 | 0,35 m | 0,80 m | 0,90 m |
| 3 | 0,40 m | 0,90 m | 1,00 m |

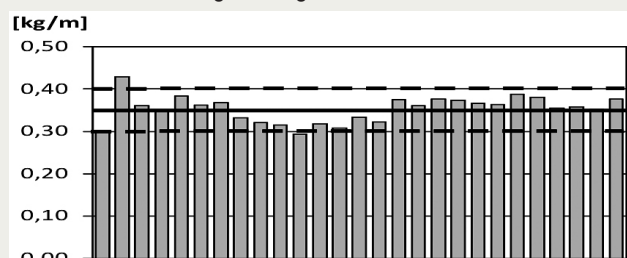
Medelvärde för mått c och d beräknas enligt formeln $(c+d)/2$.
 c = avstånd mellan påhugg och teoretisk kontur,
 d = avstånd mellan slutpunkt och teoretisk kontur

Båda projekten synes klara sina ställda krav på bergschakt, se Tabell 2. SKB tog fram en metod och algoritm för dokumentation av borrhningstoleranser, denna verkar lovande men bör testas på data från fler tunnelprojekt.

Tabell 2. Uppnådd borrhningstolerans uttryckt med schaktnings-tolerans enligt AMA Anläggning.

| | c _{medel} | c _{min} | c _{max} | d _{medel} | d _{min} | d _{max} | Antal borrhål | $\frac{c+d}{2}$ |
|---------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Äspö | | | | | | | | |
| Inmätt, medelvärden | 0,07 | 0,01 | 0,14 | 0,32 | 0,17 | 0,49 | 397 | 0,20 |
| Maskin medelvärden | 0,07 | 0,02 | 0,13 | 0,38 | 0,21 | 0,49 | 546 | 0,23 |
| Norsborg | | | | | | | | |
| Inmätt, medelvärden | 0,21 | 0,11 | 0,33 | 0,39 | 0,24 | 0,60 | 36 | 0,30 |
| Maskin medelvärden | 0,20 | 0,13 | 0,24 | 0,67 | 0,57 | 0,78 | 36 | 0,43 |

Vad avser laddningskrav har detta följts upp i Äspöprojektet, resultat och krav framgår av Figur 1.



Figur 1. Laddningsfördelning i konturhål 1 – 27 för en salva. Helden linje markerar kravet och streckade linjer tolerans.

Slutsatser

För att uppfylla projektspecifika krav på noggrann konturhållning rekommenderas att man lägger fokus på kravställning och involverar yrkesarbetarna i en process med ambition att nå ständiga förbättringar. I enkäten till yrkesarbetare efterfrågades bland annat synen på vad som ger en god konturhållning. Förutom val av borrstål, tändmedel etcetera lyfte ett flertal svar fram behovet av mer håll (jämnare fördelning av sprängmedel) samt mer tid för borrhning. Dessa parametrar påverkar naturligtvis kostnad per tunnelmeter, och måste tydliggöras till beställare som har specifika kvalitetskrav i sitt projekt. Enkäten resulterade även i insikten att många yrkesarbetare anser att de har dålig kunskap om den

moderna borrhningen, en betydande andel (26 %) angav dessutom att de inte fått någon utbildning alls. Det rekommenderas att tillsättande av en arbetsgrupp som tar fram förslag på utbildning, och att det även utses en huvudman för sådan utbildning. Krav på dokumenterad yrkeskompetens kan bli ett av urvalskriterierna i samband med upphandling av tunnelentreprenad med projektspecifika kvalitetskrav.

För projekt med specifika kvalitetskrav bör också den generellt bredare erfarenhet av tunneldrivning som finns hos entreprenörer beaktas, jämfört med flertalet projekterande konsulter. I sådant fall är konventionell upphandling som utförandeentreprenad inte optimal. Modeller för samverkansformer i entreprenaden med fokus på de projektspecifika kraven bör studeras närmare. Dessutom bör det utredas djupare former för att involvera entreprenörer med förslag redan under projekteringen. Modeller för incitament kan också vara värdefullt att utveckla.

Detta projekt har identifierat att AMA Anläggning är tunn på förslag till kontrollmetoder för dokumentation av bergschakt. En vision som diskuterats är möjligheten att använda modern borrh- och laddlogger för automatisk dokumentation av uppnått resultat. Detta är möjligt inom vissa ramar, så länge man är införstådd i de tekniska begränsningarna, såsom hur utsättningen gjorts för riggen och hur kalibrering av borrh- och laddutrustning gjorts.

En sådan utvecklingsväg ställer dock nya krav på organisationen och dess kunskaper, något som sannolikt underlättas om man gav sig tid att analysera och arbeta utifrån ett MTO-perspektiv. Ett praktiskt sätt att inkludera MTO-perspektivet är att analysera och förbättra faktorer som påverkar den aktuella arbetskontexten i ett tunnelprojekt och använda dessa som en checklista i förändringsarbetet. Dessa faktorer är: *Människans förmågor och utbildning, Tid och nytta, Makt, Organisationsstruktur och kultur, Belöningssystem/incitament, Ägarskap, Social identitet och sociala nätverk, Förtroende, Ledningens support, Verktyg och utrustning och Arbetsflöde.*

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Rolf Christiansson, SKB, tel 0706083891,

e-post: rolf.christiansson@skb.se.

Maria Christiansson, NCC, tel 0761251320,

e-post: maria.christiansson@ncc.se

Robert Sturk, Skanska, tel 0703200039,

e-post: robert.sturk@skanska.se

Litteratur:

- Olsson M. and Ouchterlony F, 2003. Ny skadezonsformel för skonsam sprängning. SveBeFo report No 65, Stockholm, Sweden.
- Olsson M and Markström I., 2009. Examination of the Excavation Damage Zone in the TASS tunnel, Äspö HRL. Svensk Kärnbränslehantering AB, report R-09-39., Stockholm, Sweden.
- Olsson, M. och Niklasson, B. 2013. Tunneldrivning med pumpemulsion. Erfarenheter av sprängämne, utrustning och laddningsarbete. BeFo rapport nr 115. Stockholm, Sweden.