

Miljövänlig bergbrytning med hydraulisk spräckning

Sprängning anses som en effektiv och väl beprövad bergbrytningsmetod för de svenska geologiska förhållandena där det råder hårda berg. Sprängning är emellertid i form av vibrationer, utsläpp av giftiga gaser och stötvågor förknippad med risker för störningar eller skador på omgivande miljöer, särskilt i tätorter. Högre krav på omgivningspåverkan i samband med sprängningsarbeten har under de senaste decennierna lett till bland annat komplicerade tillståndprocesser, strikta krav på skyddsåtgärder och tidskrävande hantering av klagomål. Inom detta projekt har därför en förstudie genomförts beträffande en icke-explosiv bergbrytningsteknik, nämligen hydraulisk spräckning. Denna bergbrytningsteknik är fri från vibrationer, giftiga gaser och chockvågor, därför anses denna bergbrytningsmetod utöver övriga fördelar vara så väl omgivnings- som miljövänlig.

Bakgrund

Det finns mekaniska bergbrytningsmetoder, såsom TBM, Roadheaders och wiresågning. TBM-maskiner är dyra och därför mest lämpade för långa tunnlar. Roadheaders används ofta i mjuka berg eller jord, därför används denna metod sällan i Sverige. Wiresågning har i allt högre grad använts i Sverige och har gett lovande resultat. De sågade bergblocken måste emellertid sprängas i mindre block för transport. Erfarenheter visar på att denna metod har begränsad effektivitet. Det är således önskvärt att utveckla alternativa bergbrytningsmetoder som är fria från explosioner, vibrationer och giftiga gaser. Metoderna förväntas också vara flexibla, effektiva, robusta och arbetsmiljövänliga. Detta projekt har undersökt möjligheten att använda hydraulisk spräckning som en sådan bergbrytningsmetod.

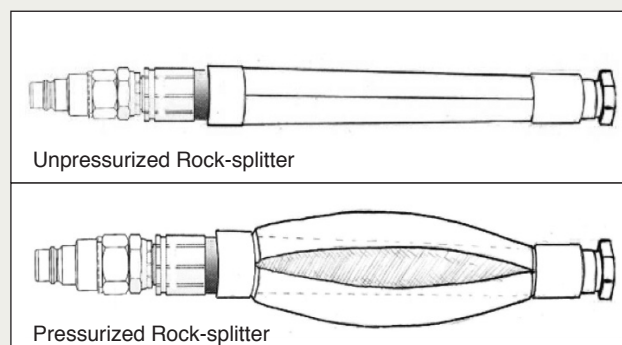
Syfte

Huvudsyftet med projektet var att undersöka genomförbarhet av tekniken i tunnelbyggande genom teoretiska studier och fälttester. Primärt har fokus varit att utreda spräckningsmekanismer och styrande faktorer för praktiska tillämpning.

Genomförande

Med stöd från SBUF har arbetet utförts i två delar, nämligen utrustningsutveckling inklusive fälttester och teoretiska studier.

Spräckningsutrustningen (splitter) består av en tillplattad hydraulisk slang omgiven av halvmåne-formade stålplattor på ömse sidor av slangen. Splittern sätts i borrhål och slangen expanderas med ett



Figur 1. Utrustningen som användes i detta projekt.

vattentryck upp till 700-1000 bar vilket gör att stålplattorna trycker på berget tills sprickor uppstår i berget. Expansionen fortsätter tills slangen är helt rund och då berget mellan borrhålen är spräckt, se figur 1.

Teoretiska studierna har utförts för att undersöka mekanismerna för spräckningsprocessen vid användning av denna utrustning.

Spräckningsprocessen utgörs av följande fyra steg:

1. Sprickinitiering i borrhålvägg.
2. Sprickspridning runt borrhål och sammanbindning med sprickor från närliggande borrhålen.
3. Separation av sprickans motsatta ytor och en "brygga" formas mellan borrhålen. I vissa fall har berget fortfarande viss bärformåga.
4. Slutlig nedbrytning av "bryggan" med fortsatt spräckning.

Teoretiska studierna har utförts med hjälp av så väl analytiska som numeriska modeller.

Resultat

Inom detta projekt har framgångsrika fältförsök genomförts på ett antal anläggningsprojekt, bland annat:

- Högalid parkeringsgarage, Stockholm, Skanska
- Citybanan Station City, Stockholm, NCC
- 2nd Avenue Tunnelbanan, New York, Skanska, se *figur 2*
- Nya Karolinska Solna, Skanska, se *figur 3*
- Ett antal bergslänter i Stockholm och Göteborg.

Fältförsöken visar på att ett hålavstånd på cirka 400-500 mm är tillräckligt för att erhålla en effektiv spräckning. Detta överensstämmer väl med resultaten av de teoretiska studierna. Hydraulisk spräckning är skonsam för omgivande berg. Alla borrhål är synliga i alla fältförsöken.

Mycket tid har dock förbrukats för att hantera splittrarna under några av fältförsöken. Det vore önskvärt att ett automatiserat system kan utvecklas för att öka produktionseffektiviteten i termen "kubikmeter utbrutet berg per timme". Det uppskattas att dagens utrustning har en kapacitet att spräcka cirka 30 m³ berg/dag. Produktionseffektiviteten kan sannoligen ökas avsevärt med en styrenhet och mekaniska armar för automatisk hantering av spräckningsprocessen.

Slutsatser

Resultaten från detta projekt visar att hydraulisk spräckningsteknik har stor potential som en miljövänlig och effektiv bergbrytningsmetod. Det rekommenderas att utföra ytterligare arbete för forskning och utrustningsutveckling för att uppnå högre produktivitet, pålitlighet och flexibilitet. Hydraulisk spräckningsteknik är också arbetsmiljövänlig jämfört med sprängning. Hydraulisk spräckning medför inga explosioner, höga ljudnivåer eller giftiga gasutsläpp, så utrymning behövs inte under bergbrytningsarbeten.

Teoretiska analyserna visar på att utrustningens konfiguration med inriktad spräckningsriktning kräver 70 procent lägre tryck för sprickinitiering jämfört med jämt fördelat tryck i spräckningshålet. Båda de teoretiska analyserna och fältförsöken visar att efter det att sprickor har skapats mellan spräckningshålen krävs det ytterligare belastning för att bryta ner berget. Det krävs i vissa fall upp till 10 cm utvidgning i spräckningshålen. Denna företeelse är av stor vikt i utrustningsutvecklingen, vilket innebär att utrustningen måste kunna utvidga sig tillräckligt för att bryta berget.

För en effektiv installation av splitter är det viktigt att borra raka och rena hål. Det inses däremot att böjliga splitter med låtta vikter har stora praktiska fördelar för effektiv installation. Numeriska modeller indikerar att det är möjligt att använda spräckningsteknik för tunneldrivning. Det föreslås att man först skapar en öppning i tunnelfront, genom till exempel överlappade borrhål. Spräckningen kan sedan utföras mot öppningen.



Figur 2. Spräckning med vertikala hål, Manhattan, New York.



Figur 3. Spräckning av bergblock, Nya Karolinska Solna.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Ulf Håkansson, Skanska Sverige AB, tel: 070-3712493,
e-post: ulf.hakansson@skanska.se

Yanting Chang, Geton Consulting AB, tel: 070-3306437,
e-post: yanting.chang@geton.se

Litteratur:

- Backers, T. (2004). *Fracture toughness determination and micromechanics of rock under mode I and mode II loading*. Dissertation of University of Postdam, Scientific Technical Report STR 05/05.
- Carter, B.J., Desroches, J., Ingraffea, A.R. & Waweznyek, P.A. (2000). *Simulating fully 3D hydraulic fracturing*. Modelling Geomechanics, 2000.
- Chang, Y. (1994). *Tunnel Support with Shotcrete in Weak Rock – A Rock Mechanics Study*. Doctoral thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Rockbreaker Tools AB. (2015). *Bergspräckare SUPER WEDGE*. www.rockbreakertools.se/bergsprackare/super-wedge/
- Darda. (2015). *400 tons of splitting force in one-hand*. www.darda.de.
- Dexpan. (2015). *How to use Dexpan to break concrete & rock*. www.dexpan.com.