

Förankringsstag i Berg och Betong

Samverkan mellan förankringsstag, bruk och berg

Förstudie

- Manouchehr Hassanzadeh
Sweco Energide & LTH
- Richard Malm
Sweco Energide & KTH
- Peter Ulriksen
LTH
- 2017-03-20



Inledning

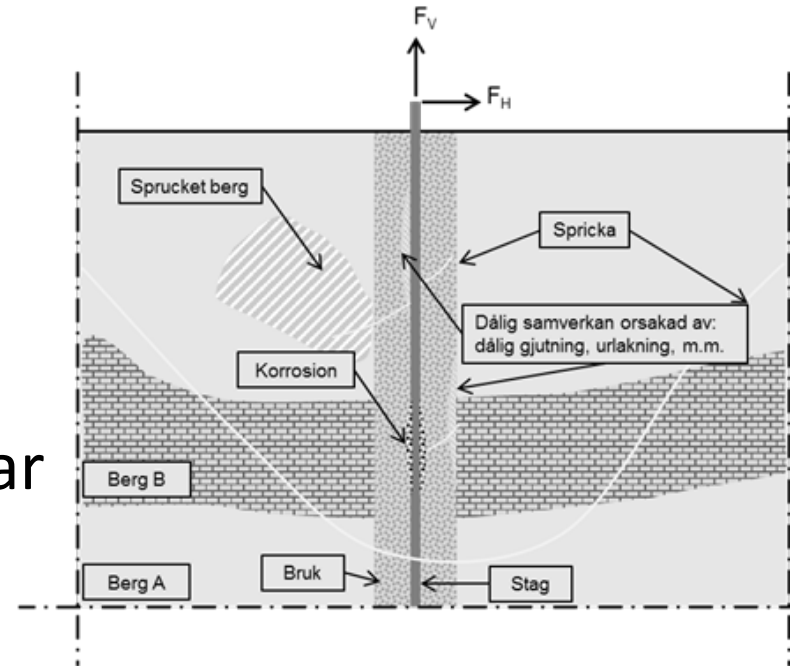
Ingjutna bergbultar och spännkablar används vid anläggningar för att:

- Förankra konstruktioner som dammar, bro- och vindkratsverksfundament, m.m. mot berg.
- Förstärka berg
- Förankra konstruktionsdelar mot varandra.
- Montering av utrustning



Problembeskrivning

- Bergbultars och spännkablars bärförmåga styrs av samverkan mellan bult, bruk och berg
- Bergets mekaniska egenskaper, sprickor och spänningar påverkar dess samverkan med bruket och bulten.
- Brukets mekaniska egenskaper samt defekter som uppkommer vid utförandet och/eller på grund av nedbrytning styr brukets samverkan med bult och berg.



Problembeskrivning

Samverkan mellan bergbult, bruk och berg kan analyseras med icke linjära modeller i kombination med förstörande och oförstörande provnings-metoder. Det råder, dock, brist på:

- Beräkningar som kan verifiera modellernas tillämpbarhet.
- Input data som brukets, det intakta bergets och bergmassans mekaniska egenskaper.
- Laboratorie- och flätprovningar som kan användas för verifiering av modellerna.

Syfte och mål

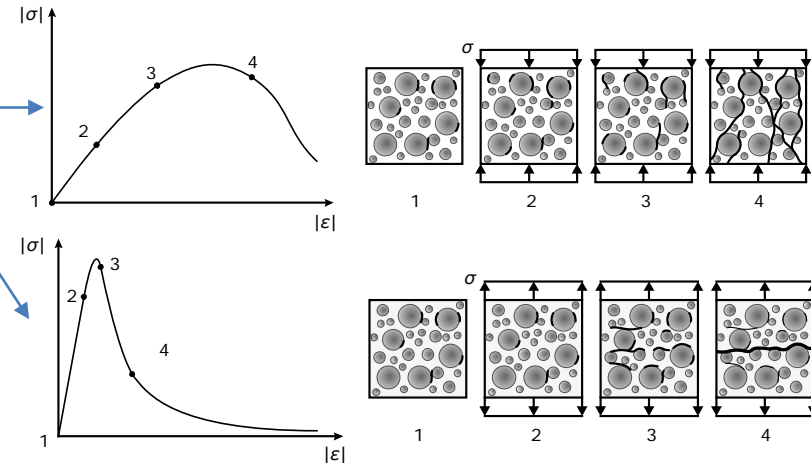
Syftet är på sikt bygga upp ett system bestående av modellerings- och mätningssverktyg understödda av laborativa och fältmetoder för dimensionering och tillståndsbedömning av slaka och spända bergbultar. Vidare är syftet att

- höja säkerheten och lönsamheten vad det gäller förankring av vattenkraftskonstruktioner mot berg,
- lyfta fram de olika materialparametrar som kan inverka på förankringssystemets beteende,
- visa att brottmodeller inom områdena berg, betong och metaller kan integreras i samma beräkningsmodell samt
- presentera förstörande och oförstörande provningsmetoder för bestämning av materialegenskaper.

Betong, bruk och andra cementbaserade material

- Kan beskrivas som ett kontinuum och i ett osprucket tillstånd och anses vara isotropa.
- Sprickor introducerar dels irreversibla skador i betongen men även ortotropi, då materialet inte längre kan anses ha samma styvhet och hållfasthet i de olika riktningarna.

- Krossning pga enaxiella tryckspänningar
- Sprickor pga enaxiella dragspänningar
- Vid fleraxiella spänningstillstånd varierar brottkriterium pga rådande spänningstillstånd

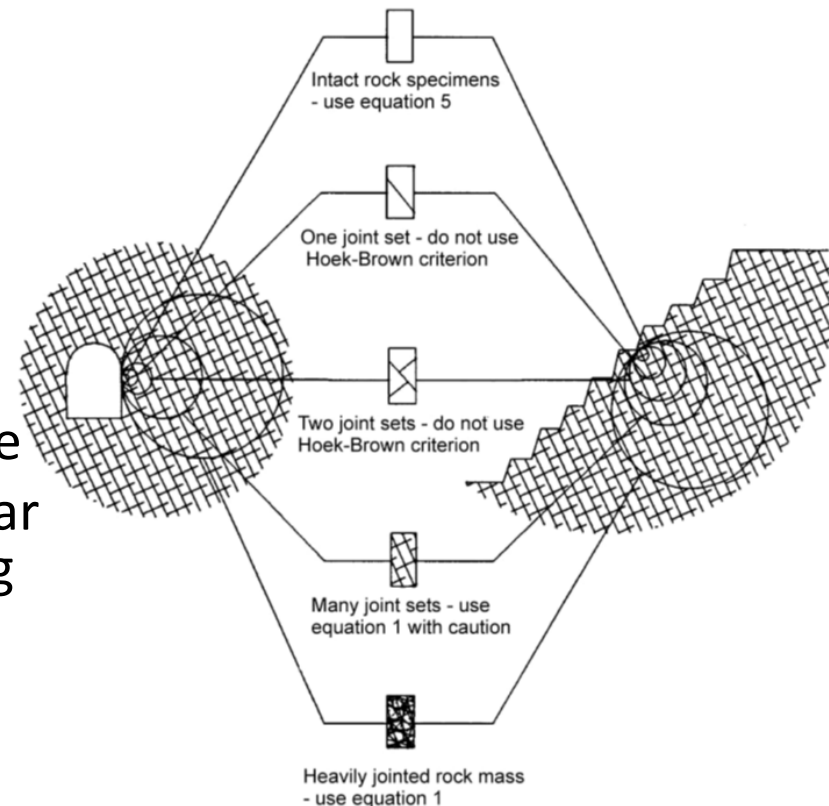


- I rapporten sammanfattas olika typer av konstitutiva materialmodeller för simulering av materialets icke-linjära beteende, bl.a. baserat på kontinuum metoder med utsmetade sprickor eller diskreta metoder för fysiska sprickor.

Intakt berg och bergmassa

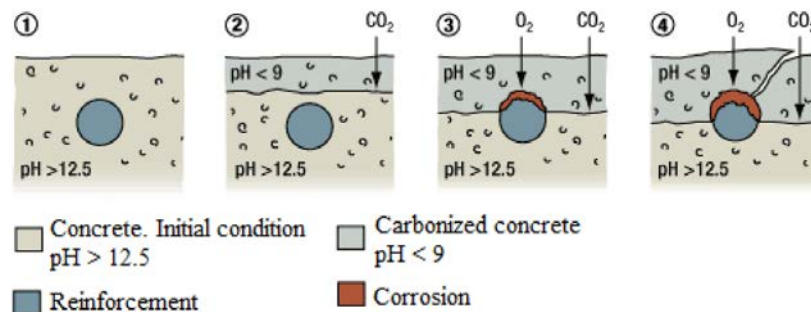
Det intakta berget, den spruckna bergmassan och materialen de emellan kan betraktas som kontinuum, förutsatt:

- att det betraktade modellelementet och provkroppen för bestämning av modellparametrar är tillräckligt stora samt
 - att de ingående komponenterna eller defekterna i materialet är välfördelade så att ökade dimensioner hos provkroppar och modellelement inte påverkar vare sig provnings- eller beräkningsresultaten.
- Rapporten ger vägledning för kontinuum mekanisk modellering av berg som kan integreras med icke-linjära modeller för betong och bruk.



Beständighet och nedbrytning

- Nedbrytningen av bergbult eller omgivande cementbruk bedöms ha relativt liten påverkan på bultarnas bärförmåga.
 - Vid ofullständig kringgjutning med cementbruk kan korrosion uppstå i de blottlagda delarna av bulten, bedöms dock vara låg
 - Elektrokemiska processen $< 16 \mu\text{m}/\text{år}$ (Windelhed et al 2003)
 - Vattenkemi vid Svenska älvar $\approx 20 \mu\text{m}/\text{år}$ (baserat på 30 000 mätprov, Hellgren et al (2017))
 - Nedbrytning av cementbruk kan kategoriseras enligt
 - Materialförlust p.g.a. vattenflöde (separation, erosion och/eller urlakning) - förväntas leda till försvagning i begränsad omfattning
 - Krympning (plastisk, kemisk, uttorkning och/eller avvattning) – negativ inverkan på bergbultens bärförmåga
 - Svällning (ASR, kemisk, frost och/eller sulfatangrepp) – generellt gynnsamt för ingjutna bultar då det leder till tätning av eventuella sprickor alternativt förtätning av cementpastan
- Stämmer överens med flera observationen gjorda i fält på t.ex. 50 år gamla bultar där ingen eller mycket begränsad nedbrytning uppstått.

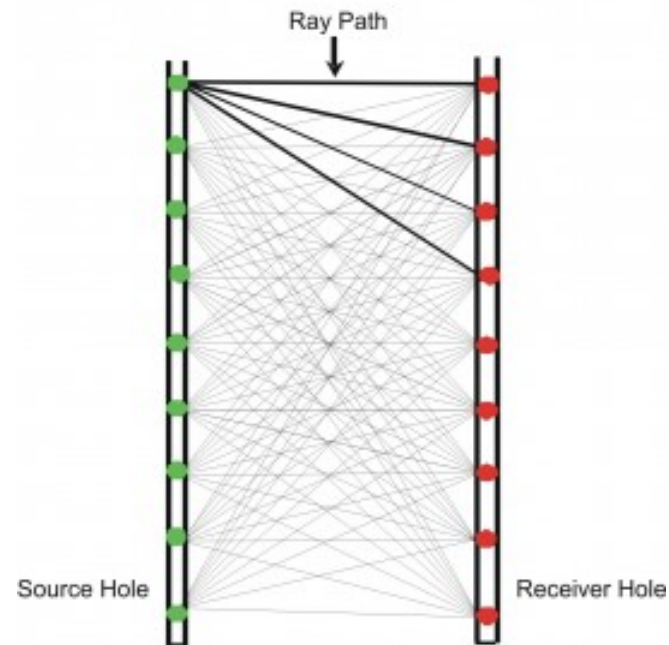


Akustisk (seismisk) cross-hole mätning

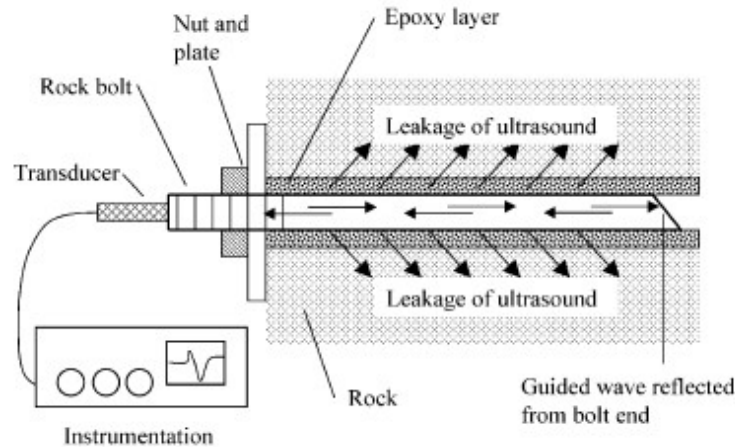
Genom att mäta ankomsttid och signalstyrka för signaler i alla kombinationer kan man framställa en tomografisk bild över ljudhastighet och en över dämpning.

Därigenom fås ett kvalitetsmått på mellanliggande bergmassa.

XHT Basic Principles



Kvalitetskontroll av dragstag med ultraljud



Det är en fördel om stagets inre ändpunkt (t.h.) isoleras från omgivningen

Vissa frekvenser påverkar inte stagets yta, de håller sig inuti bulten och ger information om stålets kvalitet t ex rostskador eller avbrott.

Andra frekvenser exciterar stagets yta och då kommer det utläckande ultraljudet att reflekteras mot t ex hålrum i injekteringsbruket.

Av ovanstående skäl skall man först göra en modellering av ultraljudets utbredningsmoder för att kunna mäta vid rätt frekvens.

Sammanfattning

Rapporten presenterar

- grundläggande teoretiska samband för modellering av bergbultars förankring i berg och förankrings-systemets brottförlopp,
- schematisk en provningsmetod i laboratorieskala som kan användas för bestämning av materialegenskaper, verifiering av beräkningsmodeller och eventuellt oförstörande provningsmetoder.
- de mekanismer som kan bryta ner och urlaka bruket, som följaktligen försämrar vidhäftningen mellan bult och bruk och mellan bruk och berg, samt korrosionsskyddet av bultar.
- några olika bultar och spännkablar som används i praktiken samt
- förstörande och oförstörande provningsmetoder för bestämning av materialegenskaper.