

KRAFTINDUSTRINS BETONGDAG 2017
MANOUCHEHR HASSANZADEH



SAMVERKAN MELLAN FÖRANKRINGSSTAG, BRUK OCH BERG BeFo-förstudie



Inledning

Ingjutna bultar 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

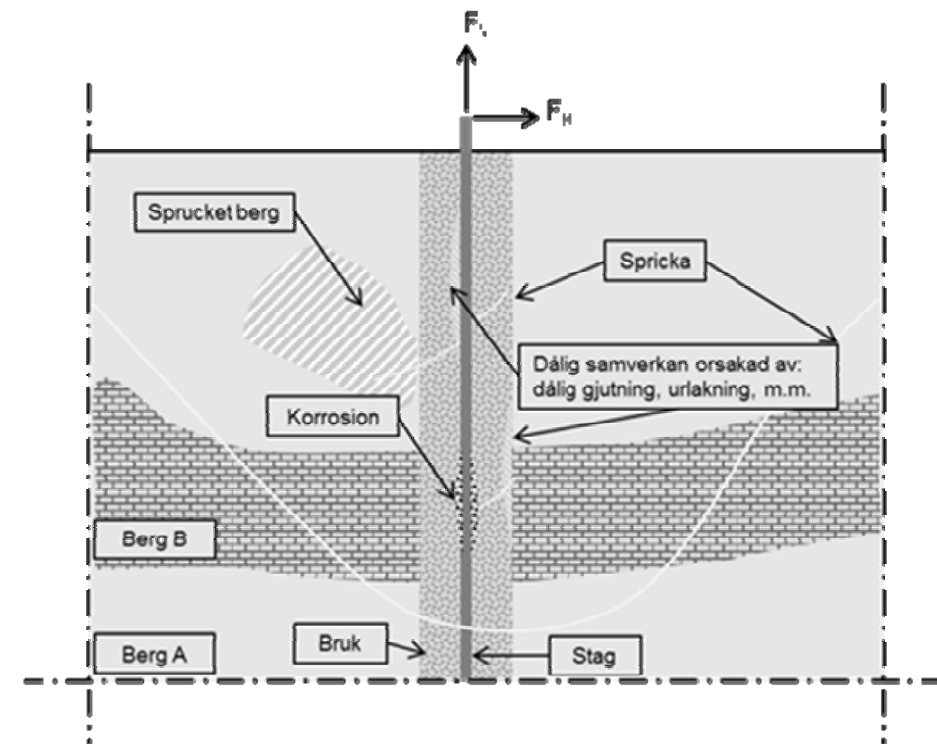


Förstudie finansierad av BeFo

Manouchehr Hassanzadeh, Richard Malm och Peter Ulriksen

Problembeskrivning

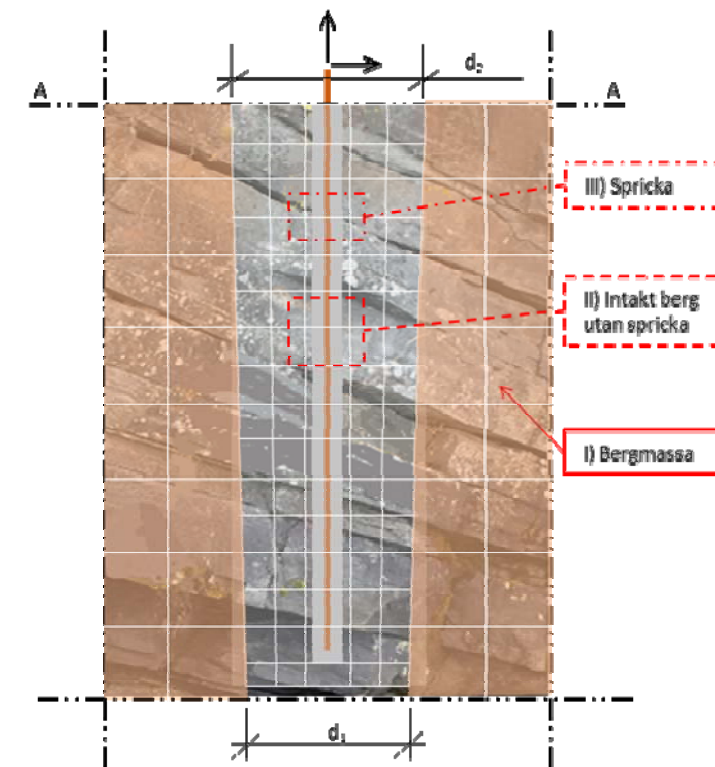
- Bergbultars och spännkablars bärförmåga styrs av samverkan mellan bult, bruk och berg.
- Bergets mekaniska egenskaper, sprickor och spänningar påverkar bergets samverkan med bruket och bulten.
- Brukets mekaniska egenskaper samt defekter som uppkommer vid utförandet och/eller på grund av nedbrytning 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 provningsmetoder. Det råder, dock, brist på:

- Beräkningar som kan verifiera modellernas tillämpbarhet.
- Indata som bl.a. brukets, det intakta bergets och bergmassans mekaniska egenskaper.
- Laboratorie- och flätprovningar för kalibrering och verifiering av modellerna.



Syfte och mål

Syftet är på sikt bygga upp ett system bestående av modellerings- och mättningsverktyg 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.

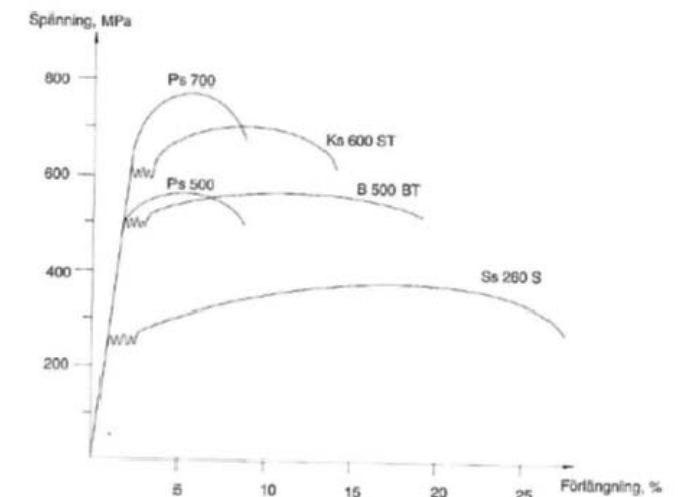
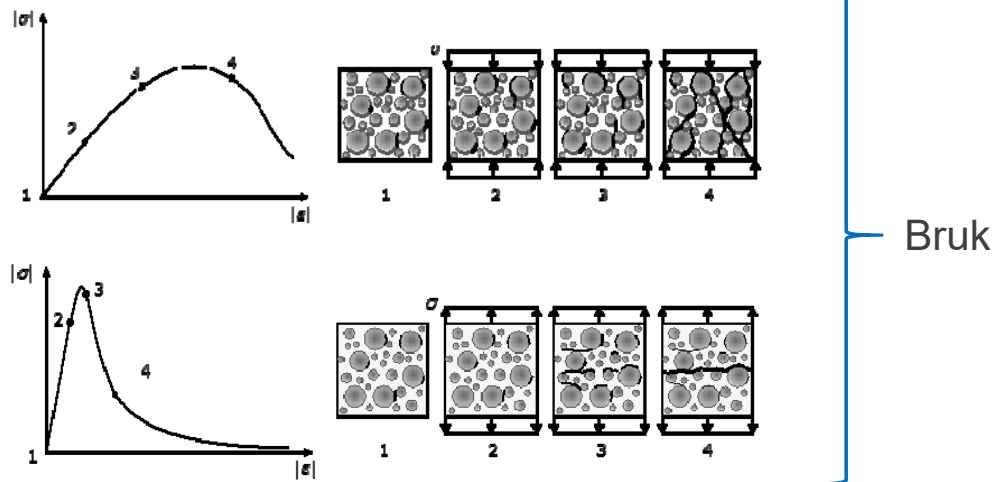
Rapportens innehåll

Rapporten presenterar

- grundläggande teoretiska samband för modellering av bergbultars förankring i berg och förankringssystemets brottförlopp,
- en provningsmetod som kan användas för bestämning av materialegenskaper, verifiering av beräkningsmodeller och oförstörande provningsmetoder,
- de mekanismer som kan bryta ner och urlaka bruket, vilka följaktligen försämrar vidhäftningen mellan bult och bruk och mellan bruk och berg; samt försämrar det korrosionsskydd som bruket utgör för bultar,
- några olika bultar och spännkablar som används i praktiken samt
- förstörande och oförstörande provningsmetoder för bestämning av materialegenskaper.

Bruk, stag, intakt berg och bergmassa

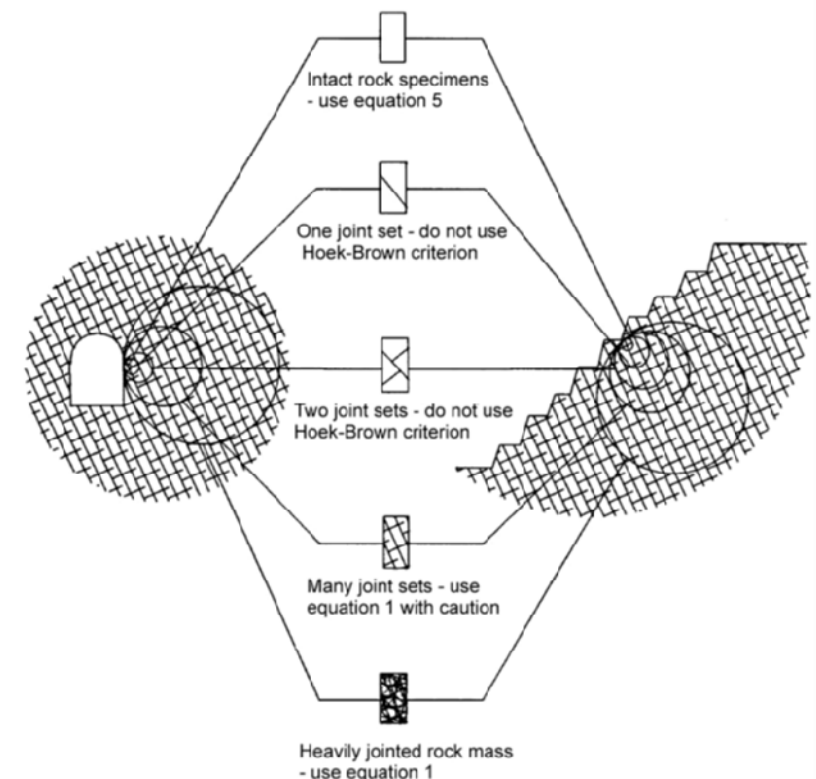
- I rapporten sammanfattas olika typer av konstitutiva materialmodeller för simulering av brukets och bergets icke-linjära beteende, bl.a. baserat på kontinuum metoder med utsmetade sprickor eller diskreta metoder för fysiska sprickor.



Stål

Bruk, stag, intakt berg och bergmassa

- Det intakta berget och den spruckna bergmassan kan betraktas som kontinuum, förutsatt:
 - att det betraktade modellens element och den provkropp som används för bestämning av modellens parametrar är tillräckligt stora samt
 - att de ingående komponenterna eller defekterna i materialet är representativa och välfördelade i strukturenså 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.



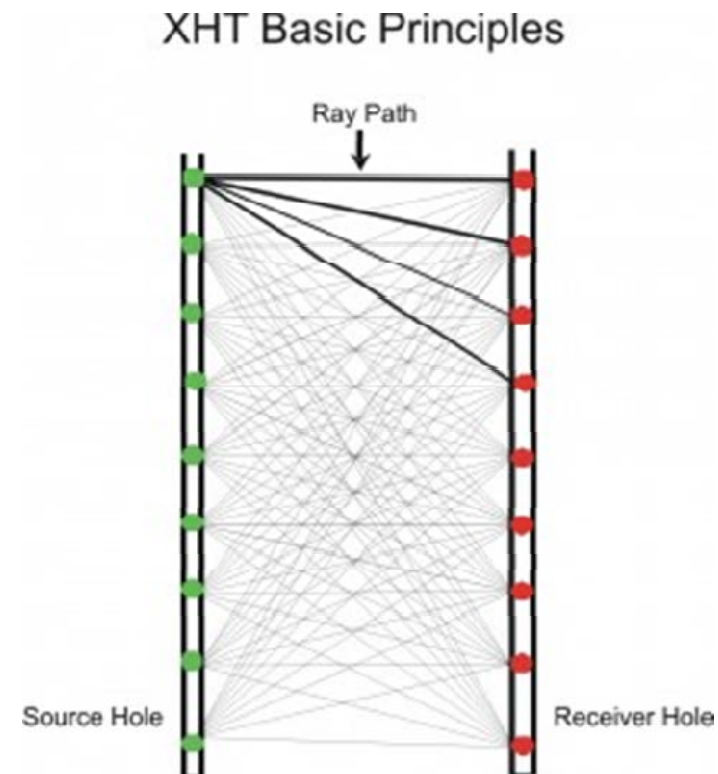
Beständighet och nedbrytning

- Nedbrytningen av bergbult eller omgivande cementbruk bedöms (i vattenkraftens konstruktioner) 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 uppstår.

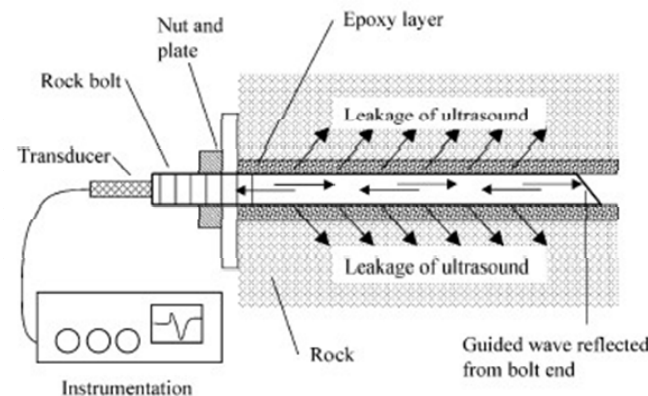
Akustisk (seismisk) cross-hole mätning

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.



Kvalitetskontroll av dragstag med ultraljud



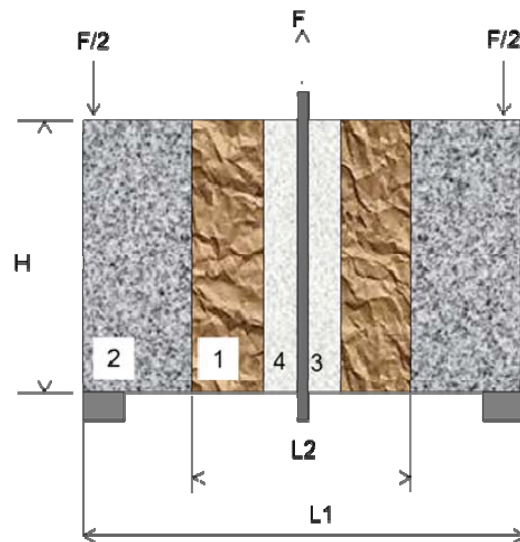
Det är en fördel om stagets inre ändpunkt (t.h.) isoleras från omgivningen

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.

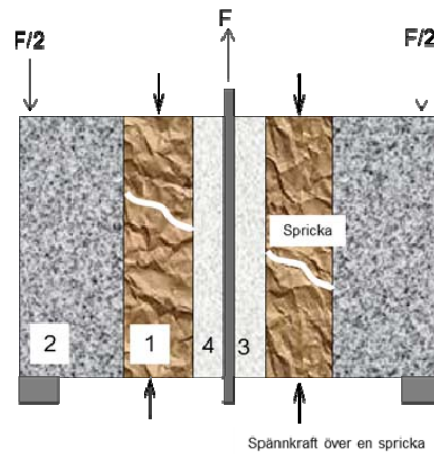
Principiell provningsställning



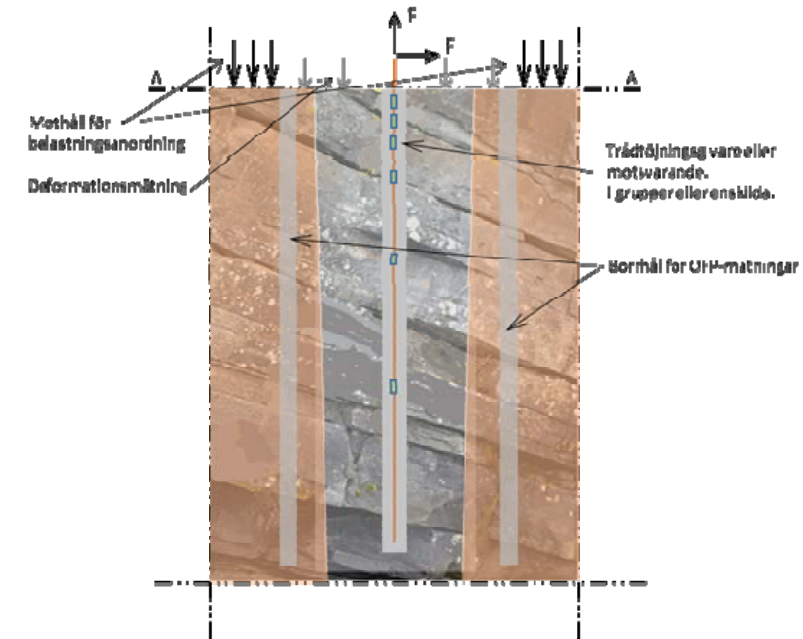
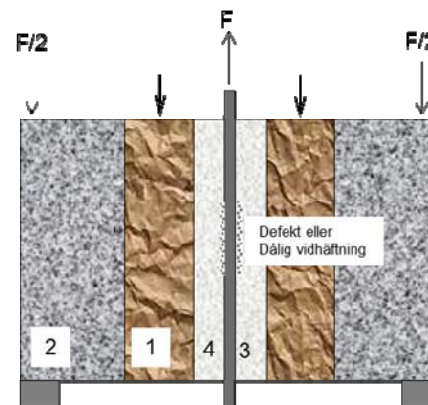
1. Bergblock (i detta fall intakt berg)
2. Betongblock med ungefär samma mekaniska egenskaper som bergblocket. Detta för att underlätta provningar i labbet. Mindre bergblock kan transporteras till labbet och gjuts in.
3. Bergbult
4. Bruk

Figuren är inte skalenlig

Laboratorium



Spännkraft över en spricka



Fält

