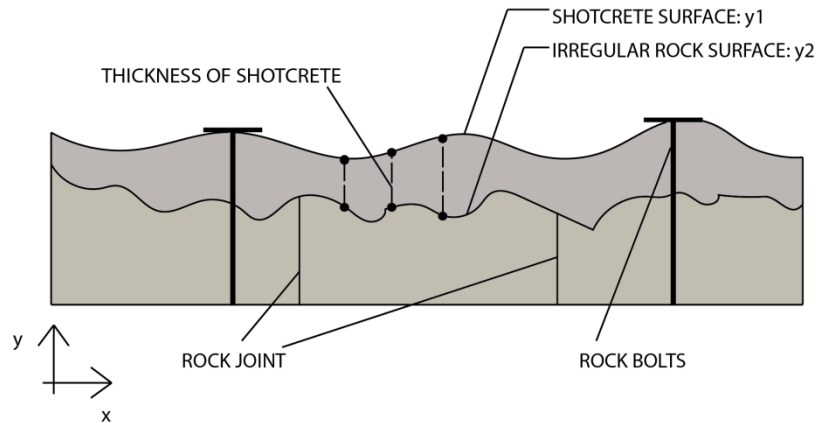


Effektiv användning av bergförstärkning vid tunnelbyggande genom förbättrade analysmetoder för samverkan mellan berg och sprutbetong



Författare:

Andreas Sjölander KTH

Handledare:

Anders Ansell KTH

Richard Malm KTH

Fredrik Johansson KTH

Referensgrupp:

Per Tengborg BeFo

Tommy Elisson Besab

Martin Hansson Sika

Henrik Ittner SKB

Mattias Roslin Trafikverket

Rikard Gothäll Tyréns

Hans-Åke Mattson ÅF

Bakgrund

Tunnlar i hårt berg byggs vanligtvis genom sprängning. Detta leder till att bergets yta får en oregelbunden form. En vanlig typförstärkning för tunnlar i Sverige är fiberarmerad sprutbetong i kombination med bergbultar.

Vid sprutning finns många faktorer som gör det svårt att avgöra den faktiska tjockleken. En viss del av sprutbetongen kommer inte fästa mot berget, det saknas naturliga referenser för att veta när rätt tjocklek är uppnådd samt att bergets yta varierar. Tjockleken av förstärkningen i en tunnel kommer därmed variera kraftigt. Tidigare forskning har enbart undersökt hur harmoniska eller regelbundna förändringar påverkar spänningsuppbyggnaden i sprutbetongen. Hur den oregelbundna tjockleken påverkar bärförmåga och spänningsuppbyggnad är därmed viktigt att förstå.

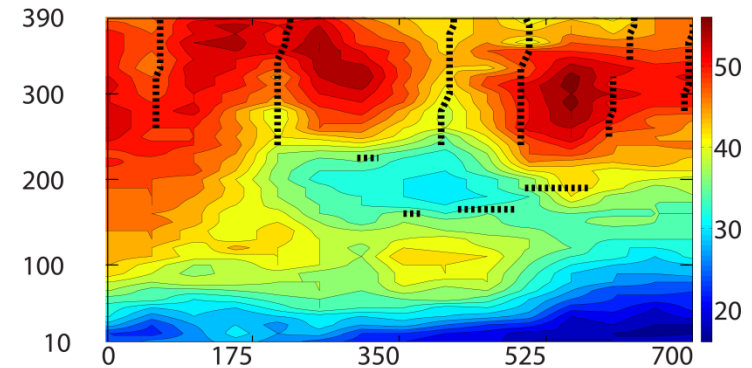
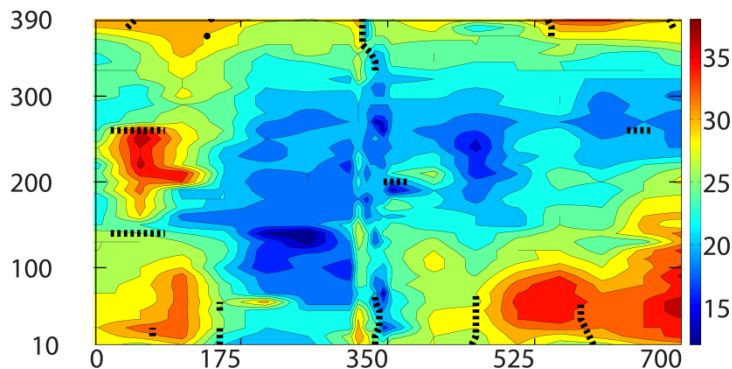
En annan viktig parameter för förstärkningens kapacitet är vidhäftningen mellan berg och sprutbetong. Denna är känd för att kunna variera kraftigt och vara svår att bestämma. Därför behövs en ökad kunskap om skillnaden i verkningsätt mellan delvis vidhäftande och kontinuerligt vidhäftande sprutbetong.

Målsättning

- Öka förståelsen för sprutbetongens verkningssätt i samverkan med berg och bergbult.
- Studera effekterna av sprutbetongens oregelbundna tjocklek samt bergets oregelbundna yta.
- Studera hur kontinuerlig eller delvis vidhäftande sprutbetong påverkar spänningsuppbyggnad och uppsprickning av sprutbetongen.

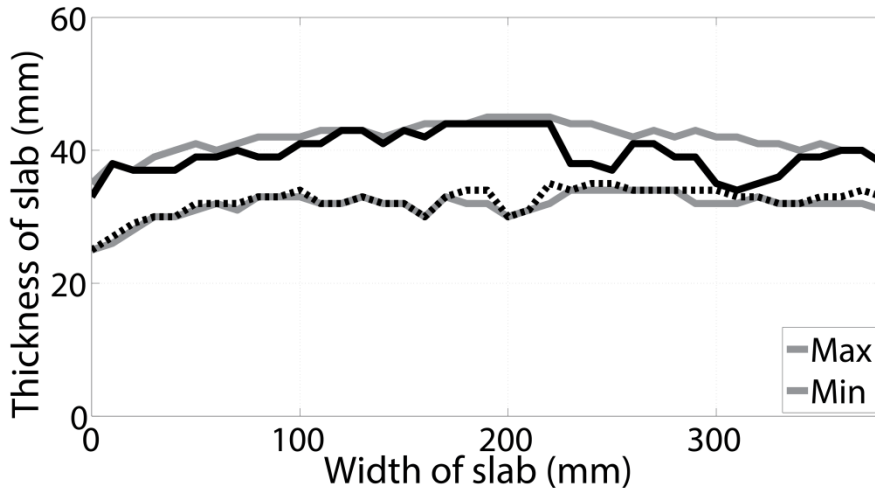
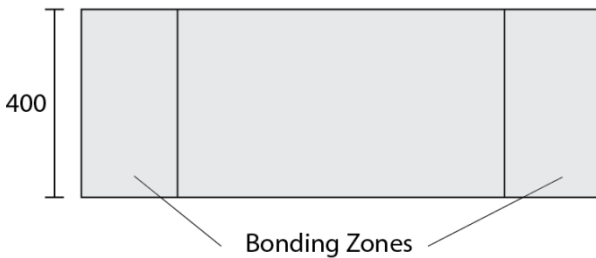
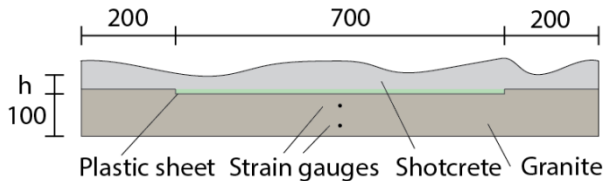
Kontinuerligt vidhäftande sprutbetong

Numeriska simuleringar av sprutbetong med kontinuerlig vidhäftning mot en slät granitplatta genomfördes för att studera betydelsen av sprutbetongens varierande tjocklekens med avseende på uppsprickning. Geometrin för sprutbetongen inhämtades ifrån en försökserie av Bryne (BeFo rapport 133). Spänningarna i sprutbetongen simulerades genom att ansätta en jämn temperatursänkning i hela plattan vilket är ett förenklat sätt att studera effekten av uttorkningskrympning.



Konturplotterna i figurerna ovan visar variationen i tjocklek hos sprutbetongen i mm. Axlarna x och y avser längd och bredd av plattan i mm. De streckade linjerna visar sprickor som är större än 0.05 mm och de flesta sprickor är ytsprickor som inte har propagerat genom hela tjockleken. En ökad tjocklek av plattan leder till fler sprickor.

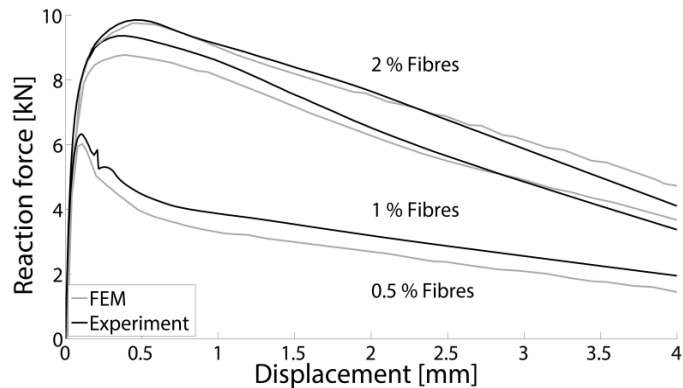
Delvis vidhäftande sprutbetong



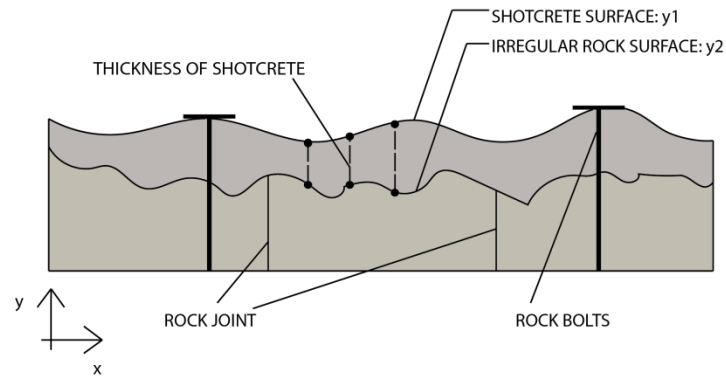
Försökupställning ifrån BeFo rapport 133 där centrisk placerad plast användes för att skapa en delvis vidhäftande sprutbetong mot en granitplatta. Töjningsgivare registrerade rörelser i graniten orsakade av sprutbetongens krympning tills en spricka slog upp tvärs över plattan och delade den i två delar.

Grå linjer i figuren visar max respektive min tjocklek av plattan i tvärgående riktning samt sprickans läge i förhållande till detta. Svarta heldragen linjen visar experiment och streckade linjen visar simulering där sprickan tydligt propagerar i plattans tunnare delar.

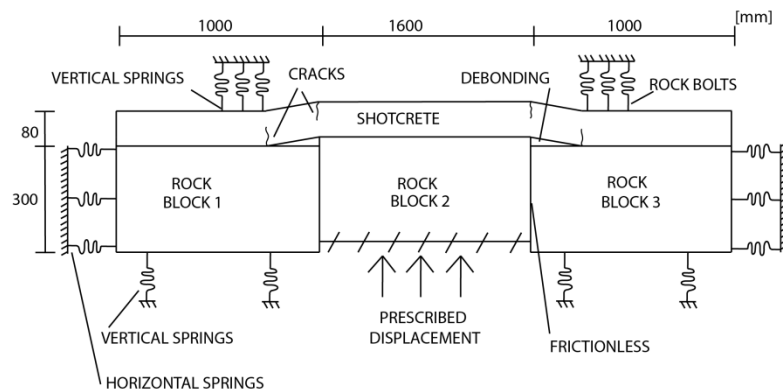
Bultförankrad sprutbetong



En modell för att beakta fiberarmerad sprutbetongs icke-linjära beteende utvecklades och verifierades mot labbförsök.



Sprutbetongens oregelbundna tjocklek modellerades med en harmonisk överyta och en oregelbunden bergyta där den resulterade tjockleken var baserad på mätdata ifrån fältet.



Sprutbetongens bärförmåga med avseende på ett genomstansande bergblock undersöktes för tre olika fall där sprutbetongens tjocklek var jämn, harmoniskt varierande eller oregelbunden. Simuleringar visar att bärförmågan reducerades till cirka 40-50 % när tjockleken var oregelbunden istället för helt jämn.

Slutsatser

- Den varierade tjockleken hos sprutbetong har stor påverkan på bärförmågan samt spänningsuppbyggnad vilket bör beaktas vid dimensionering av en bergförstärkning.
- Effekten av icke-linjär uttorkningskrympning i kombination med en oregelbunden tjocklek påverkar det strukturella beteendet av sprutbetongen.
- Vidhäftningen är en viktig parameter som har stor påverkan på uppsprickning orsakad av tvångslaster som tex uttorkning och temperaturdifferenser.

Framtida arbete

- Kombinera fältarbete med numeriska analyser för att bättre förstå hur fläckvis vidhäftningsbortfall påverkar sprutbetongens bärförmåga
- Kombinera mätningar av tjocklek samt rörelser i sprutbetongen för att bättre förstå och kunna förutsäga kritiska sektioner i förstärkningen.