

ROCARC – Rock anchoring for stabilization of infrastructures, ei oversikt av prosjektet og arbeidet så langt

Bergmekanikkdagen 2022

Bjarte Grindheim, Are H. Høyen og Charlie C. Li



NTNU

Norwegian University of
Science and Technology

Innhold

- Prosjektmål
- Prosjektledning og organisering
 - WP1: Leiing
 - WP2: Laboratorieforsøk
 - WP3: Feltforsøk
 - WP4: Numerisk modellering
 - WP5: Formidling
- Oppsummering
- Kjelder



(Li, 2022)



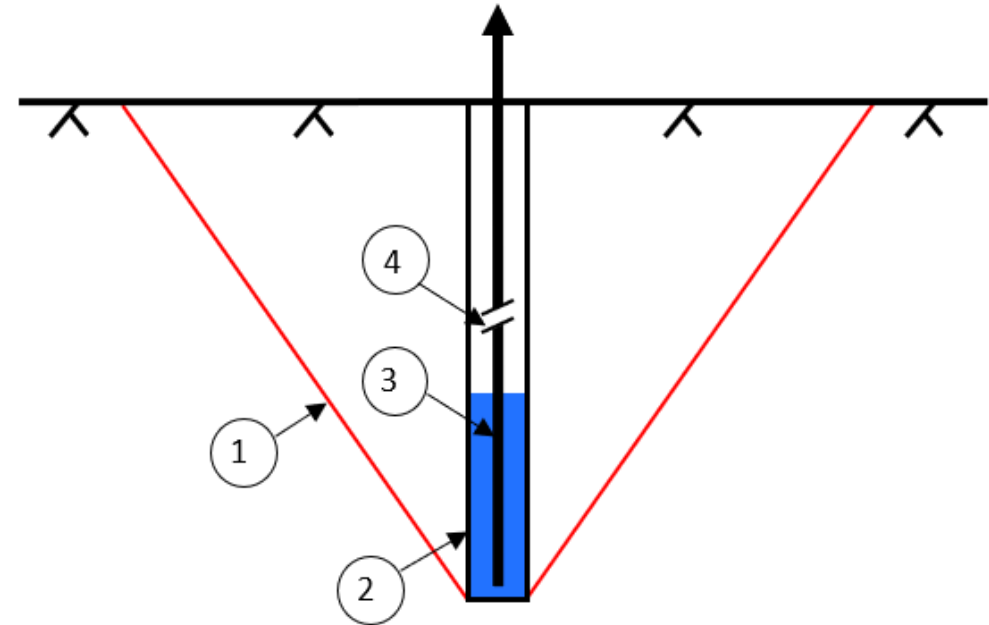
Prosjekt mål

- Hovudmålet til prosjektet er å utvikla ein oppdatert metode for dimensjonering av stag/strekkforankring som førar til ei realistisk og økonomisk løysing på dimensjonering av strekkforankring. For å nå dette målet vil prosjektet undersøka:
 - A. korleis lasta frå forankringa vert overført til bergmassen og korleis bergmassen går i brot;
 - B. korleis vert ein lastberande boge indusert i bergmassen under lasta frå forankringa;
 - C. korleis ein kan bestemma skjerstyrken til mørtel-berg grenseflata; og
 - D. til slutt vil det bli formulert nye retningslinjer for dimensjonering av strekkforankring.



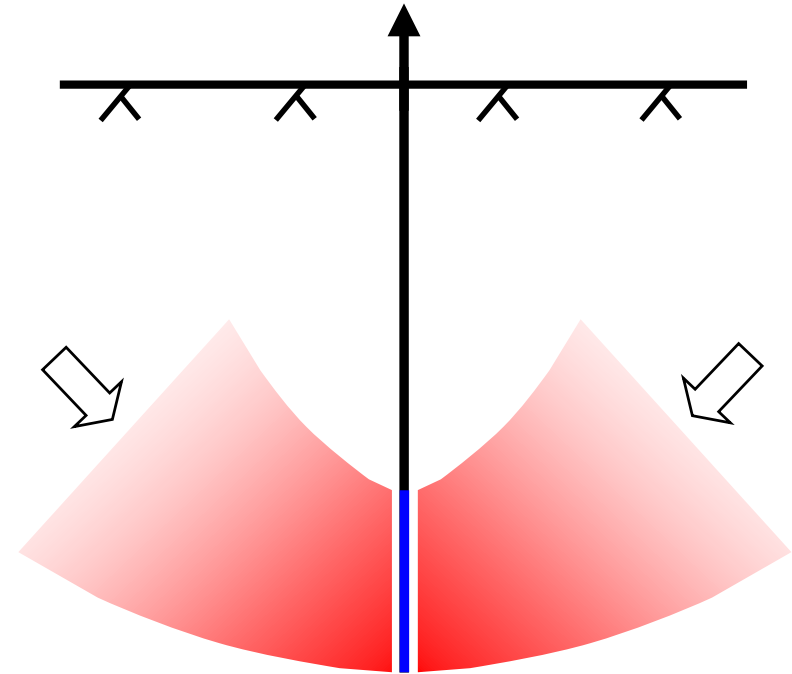
A. Lastoverføring og brot i bergmassen

- I prinsipp kan strekkforankring gå i brot på 4 måtar:
 1. Brot langs ei konisk overflate i bergmassen.
 2. Brot i bindinga mellom mørtel og berg.
 3. Brot i bindinga mellom stag og mørtel.
 4. Strekkbrot i stålet.



B. Lastberande boge

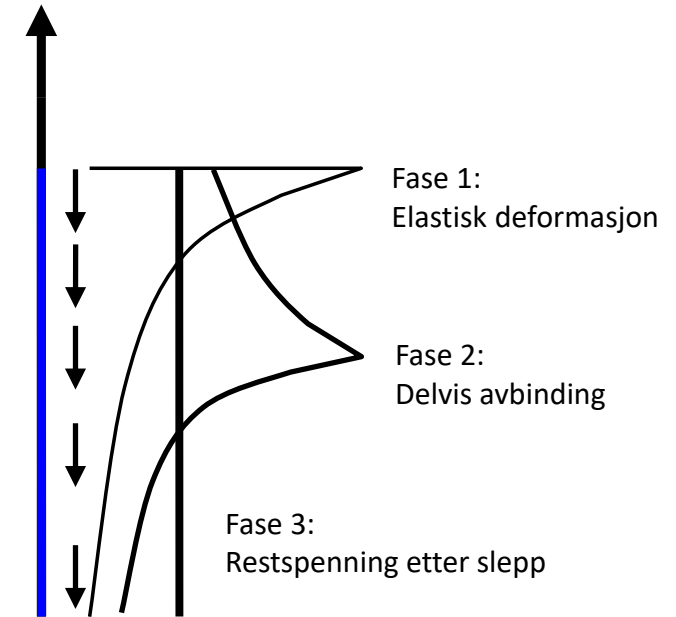
- Når eit stag trekker på bergmassen endrar det både deformasjonen og spenninga.
- Den aksiale forskyvinga førar til at blokkene i bergmassen roterer og ein får danna ein såkalla lastberande boge i den kringliggande bergmassen.



Load arch surrounding the anchor

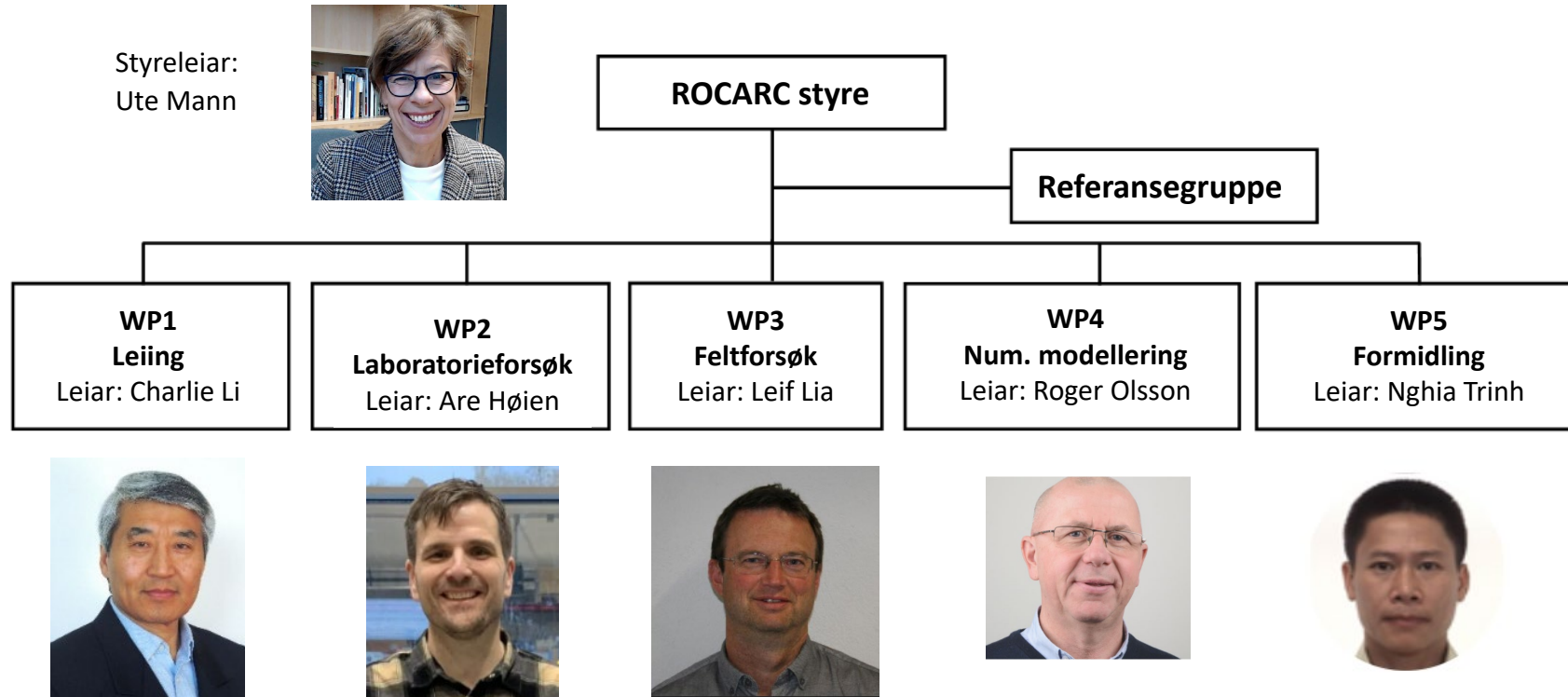
C. Skjerstyrke mørtel-berg

- Dagens dimensjoneringsmetode brukar ein gjennomsnittleg skjærstyrke i dimensjoneringa mot brot i bindinga mellom mørtel-berg.
- Fordelinga av skjærkreftene langs bindinga er avhengig av strekkrafta i staget, og kan delast inn i tri fasar:
 1. Elastisk deformasjon ved låg last. Spenninga minkar eksponentielt frå proksimal ende mot distal ende.
 2. Ved aukande last oppstår ei delvis avbinding i den proksimale enden og den propagerer innover ved aukande last.
 3. Slepp langs heile forankringa som resultera i jamn restspenning.



Progressiv brotsutvikling langs mørtel-berg grenseflata.

Prosjektstruktur



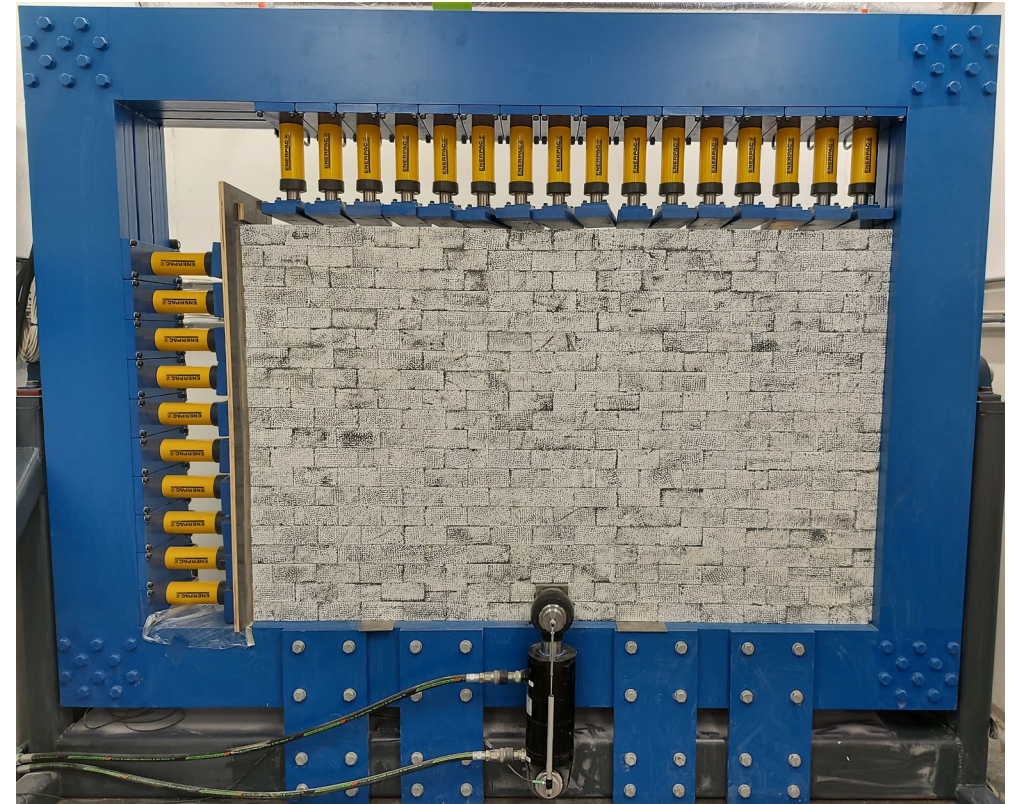
WP1: Prosjektleiing

- Prosjektvert: IGP, NTNU
- Prosjektleiar: Prof. Charlie C. Li
- Partnerar: Norsk Bergmekanikkgruppe; IBM, NTNU; Universitetet i Tromsø; Statens Vegvesen; SINTEF; NGI; Multiconsult; Norconsult; og NORSAR. HydroCen er ein støttepartner.



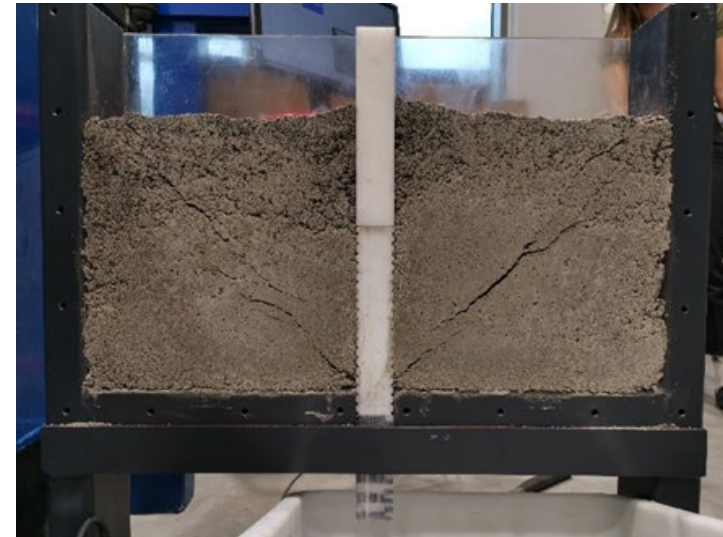
WP2: Laboratorieforsøk

- Det har blitt utvikla ein testrigg som skal simulera opptrekk av strekkforankring.
- Riggen kan påføra omgjevnadstrykk på ein blokkmodell/vegg.
- Nedst er det ei forankringsblokk som vert pressa opp som skal representera eit stag/strekkforankring.
- Riggen skal auka forståinga om korleis lasta frå forankring vert overført til bergmassen.
- Riggen var ferdig i haust og første runde med forsøk vart gjort i oktober.

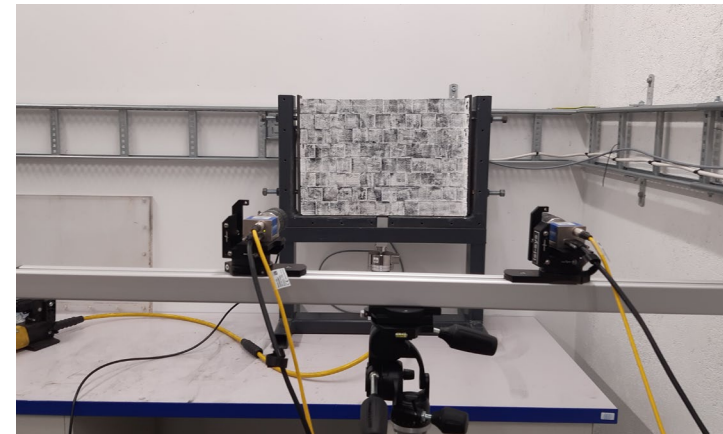


WP2: Laboratorieforsøk - masteroppgåver

- Riggen har vorte forsinka med 2 år som har påverka eit par masteroppgåver i prosjektet.
- Det har derfor vorte utvikla ein mini-rigg som har vorte nytta til å teste opptrekksforsøk i lausmasse og blokker.



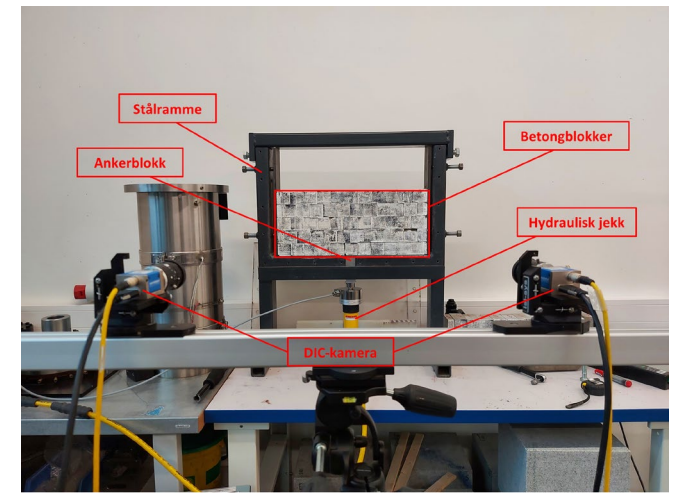
Tydeleg konisk brotform i svakt kohesivt material. Frå Høgset (2021).



Oppsett blokkforsøk. Frå Aasbø (2021).


WP2: Laboratorieforsøk - forsøk av blokkmodell i mini- testriggen

- Laboratorieforsøka vart overvaka av to DIC-kamera.
- Gjer det mogleg å plote deformasjonen for heile blokkmodellen.
- Blokkmodellen viste at det vart indusert lastberande bogar i kvart lag under testen.
- Blokkene fekk ei konisk brotform.
 - Brotforma kan ha blitt påverka av blokkmønsteret.
 - Fleire blokkmønster skal testast i den store riggen.
- Resultata frå forsøka har blitt publisert i “Geotechnical and Geological Engineering”.



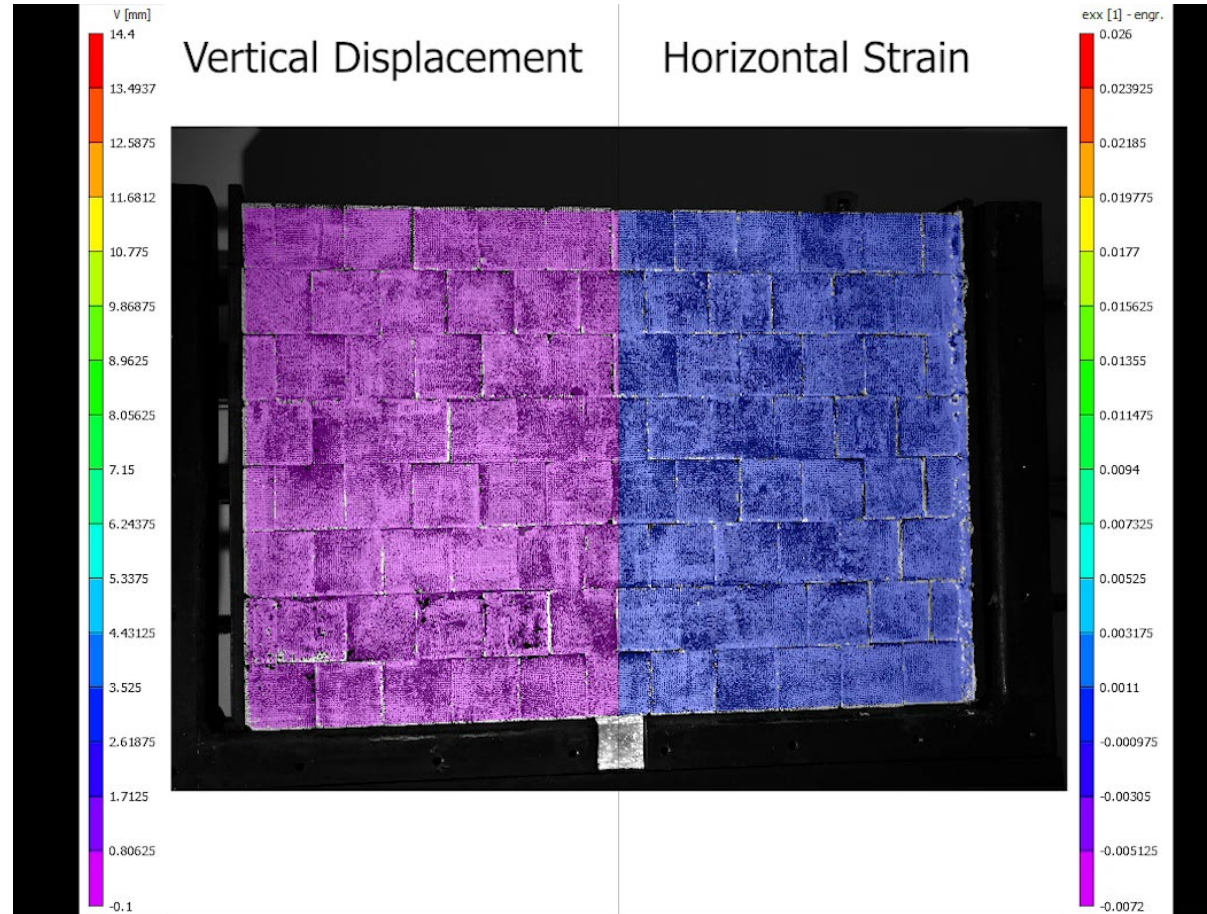
[Original Paper](#) | [Open Access](#) | [Published: 06 August 2022](#)

Small Block Model Tests for the Behaviour of a Blocky Rock Mass Under a Concentrated Rock Anchor Load

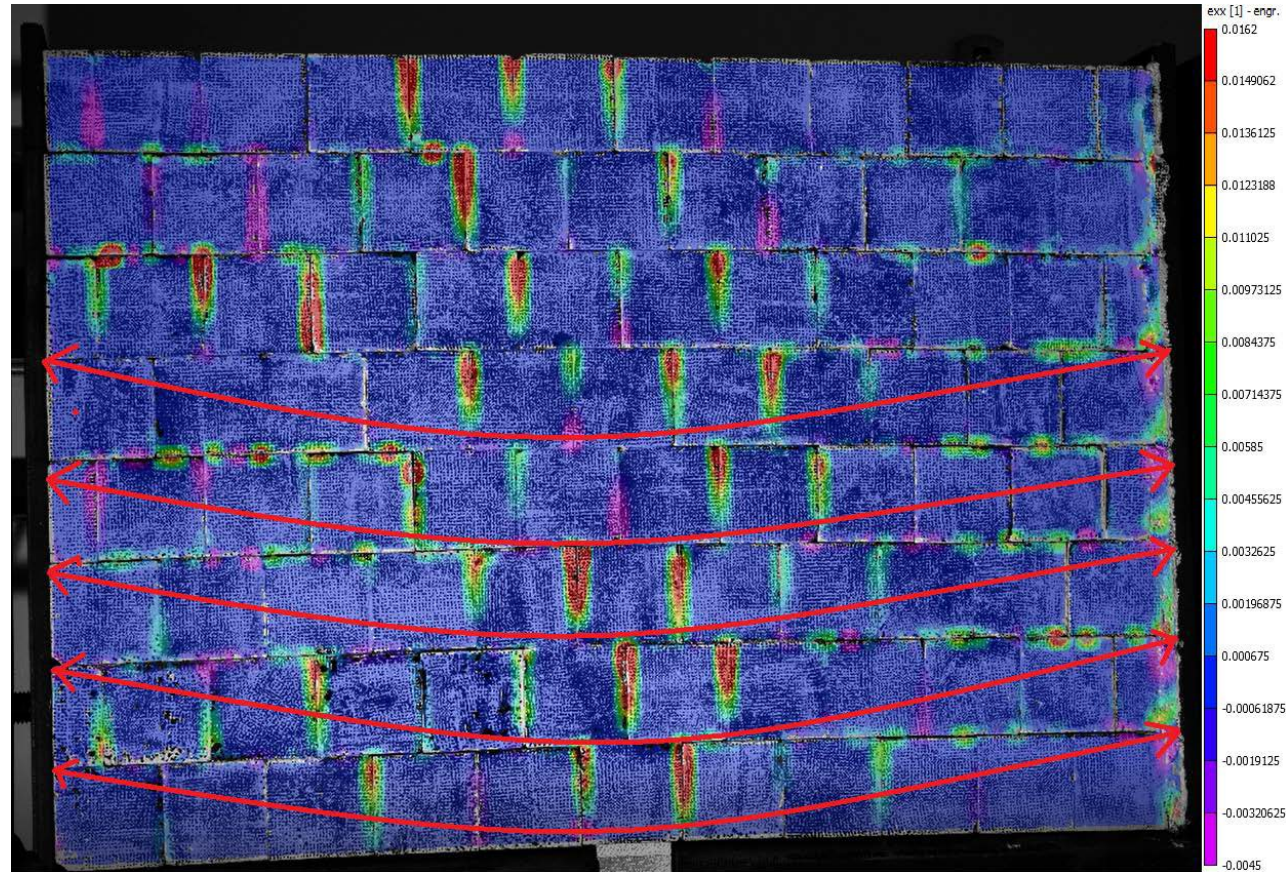
[Bjarte Grindheim](#) , [Karsten Sannes Aasbø](#), [Are Håvard Høien](#) & [Charlie C. Li](#)

Geotechnical and Geological Engineering (2022) | [Cite this article](#)

WP2: Video frå DIC programvara av ein blokktest i mini-riggen



WP2: Lastberande bue



Observert lastberande boge i kvart lag frå analyse i DIC-programvara. Frå Aasbø (2021).

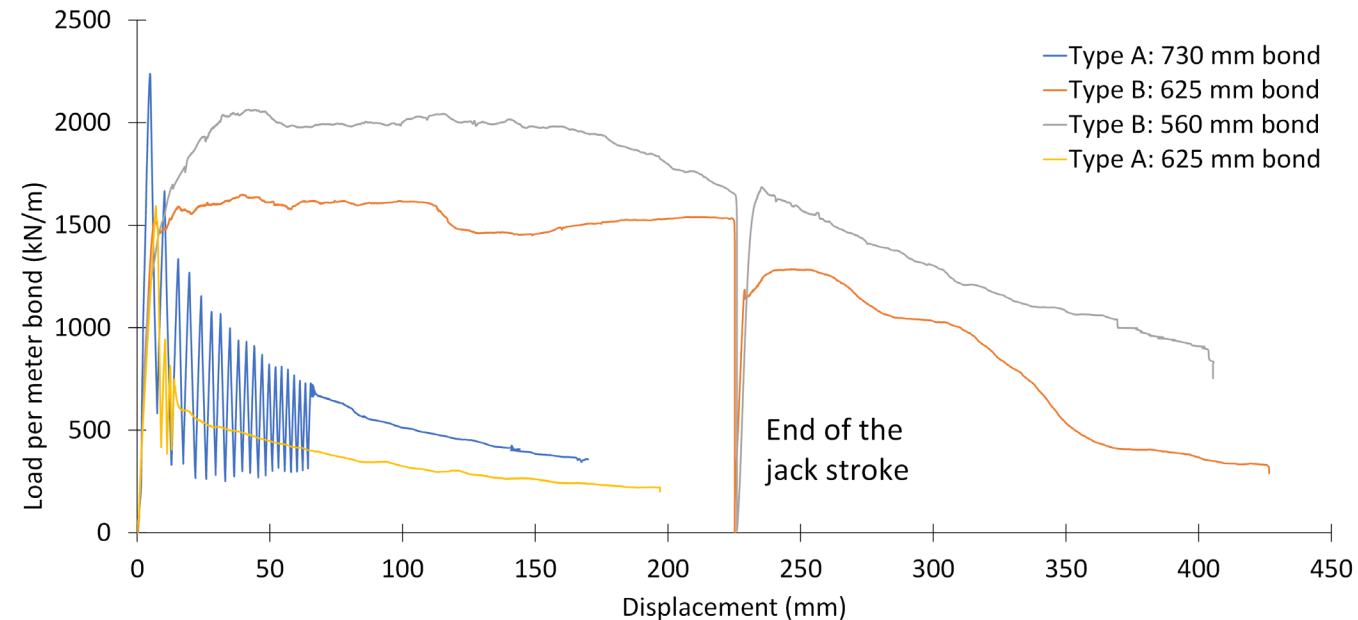
WP3: Feltforsøk 2021

- Utførte fullskala opptrekkforsøk i gruva til Verdalskalk i Tromsdalen, oktober 2021.
- Hensikta var å teste bindingsstyrken mellom stål-mørtel og mørtel-berg.
- Resultata frå testane var lovande.



WP3: Feltforsøk 2021

- Testa to typar stag med 64 mm diameter.
 - Stag A utan endeplate.
 - Stag B med endeplate.
- Stag A vart designa for å test bindinga mellom stag-mørtel og mørtel-berg.
- Stag B vart design for å teste bindaga mellom mørtel-berg.
- Det var tydeleg at endeplata auka seigheita til forankringa.
 - Fallet rundt 230 mm er enden av slaglengda til jekken.

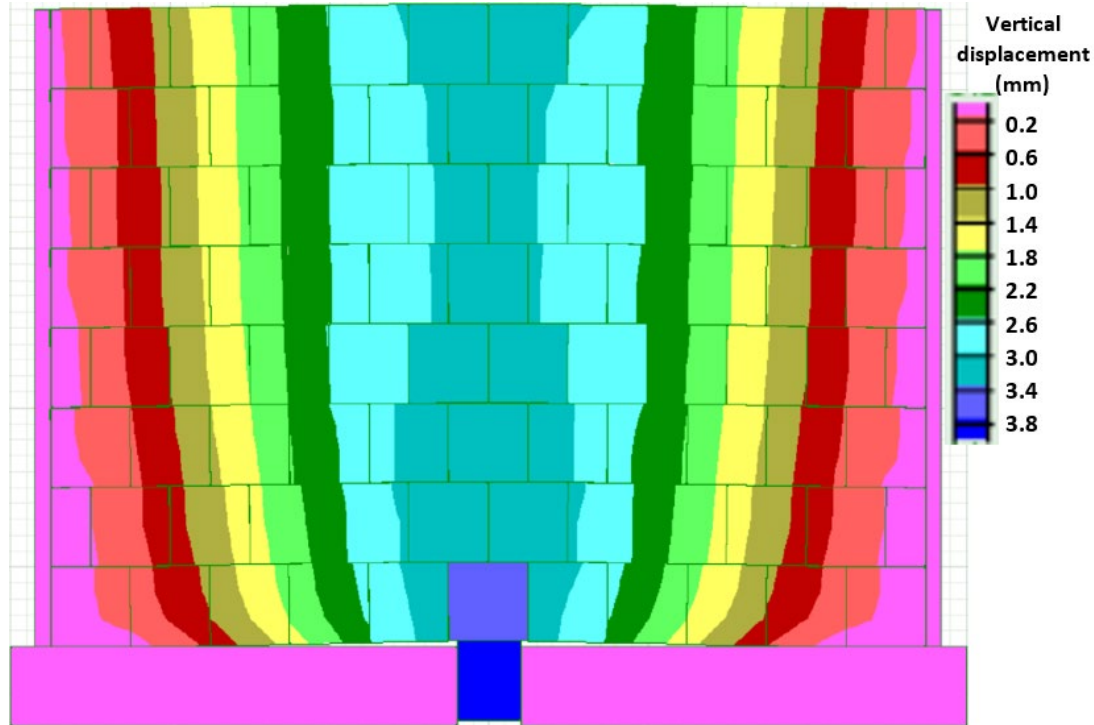


WP3: Feltforsøk 2022

- Før sommaren vart det gjennomført nye feltforsøk. Dei undersøkte brotforma til bergmassen rundt stag med 64 mm diameter.
- Det var viktig at bergmassen rundt staget ikkje vart komprimert av jekken, sidan dette ville verke forsterkande på bergmassen.
- Målingar som vart gjort under forsøka:
 - Deformasjon på overflata (LVDT).
 - Deformasjon i bergmassen rundt staget (ekstensometer).
 - Spenningsmålingar for overvaking av lastberande boge (lastceller).
 - Seismiske målingar for lokalisering av brotflata (geofonar).
 - Samt last og forskyving av staget.
- Dette vil gi oss betre forståing av korleis bergmassen vert påverka av lasta frå strekkforankring.
- Det ser ut som forma til utrivingsleikamen avhenger av dei eksisterande sprekkene i bergmassen.
- Dataen frå forsøka er under analyse på nåverande tidspunkt.

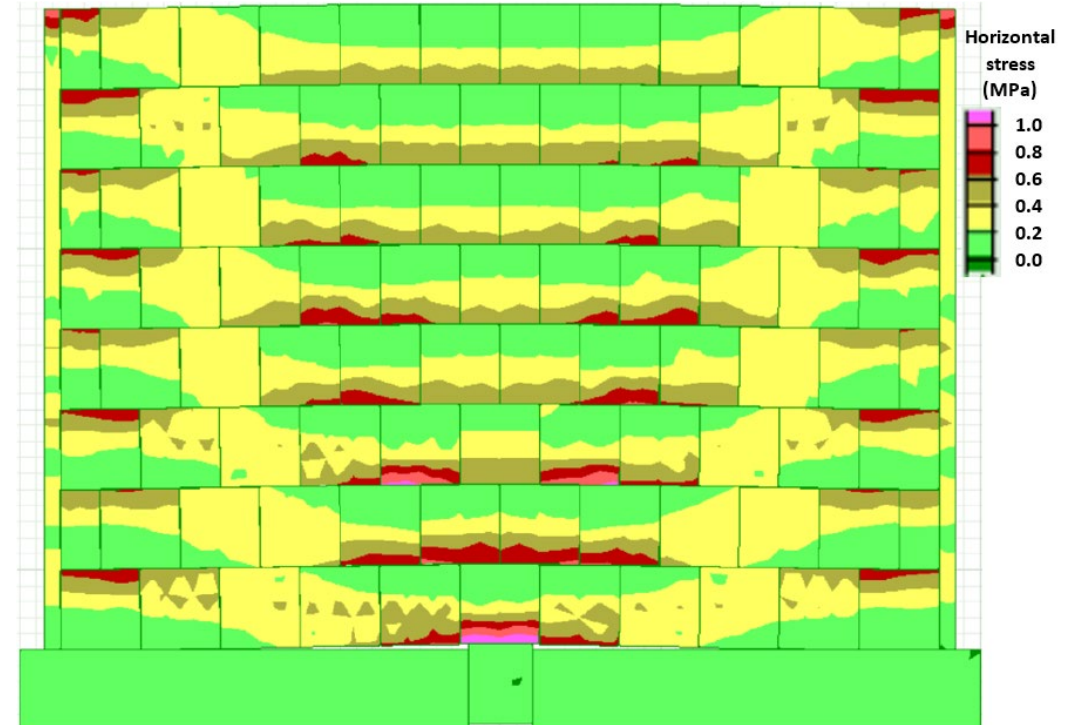


WP4: Numerisk modellering av blokkforsøk i UDEC



(Grindheim et al., 2022)

Vertikalforskyving

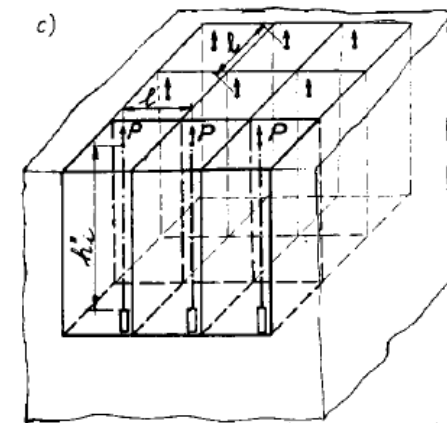
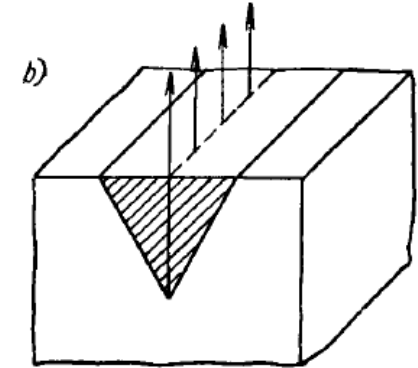
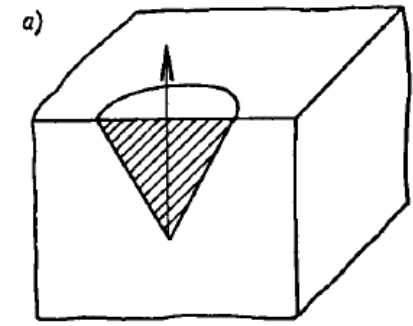


(Grindheim et al., 2022)

Horizontalspenning

WP4: Numerisk modellering

- Feltforsøka og laboratorieforsøka vil bli brukt til kalibrering av numeriske modellar i 3DEC og UDEC.
- Deretter vil me modellere ulike scenario som er usikre med dagens dimensjoneringsmetodar og etterspurt av byggebransjen.
- Eksempel på scenario:
 - a) Full skala forankring (5-20 m stag).
 - b) Linje med stag.
 - c) Grid med stag.




(Hobst & Zajíc, 1983)

WP5: Formidling

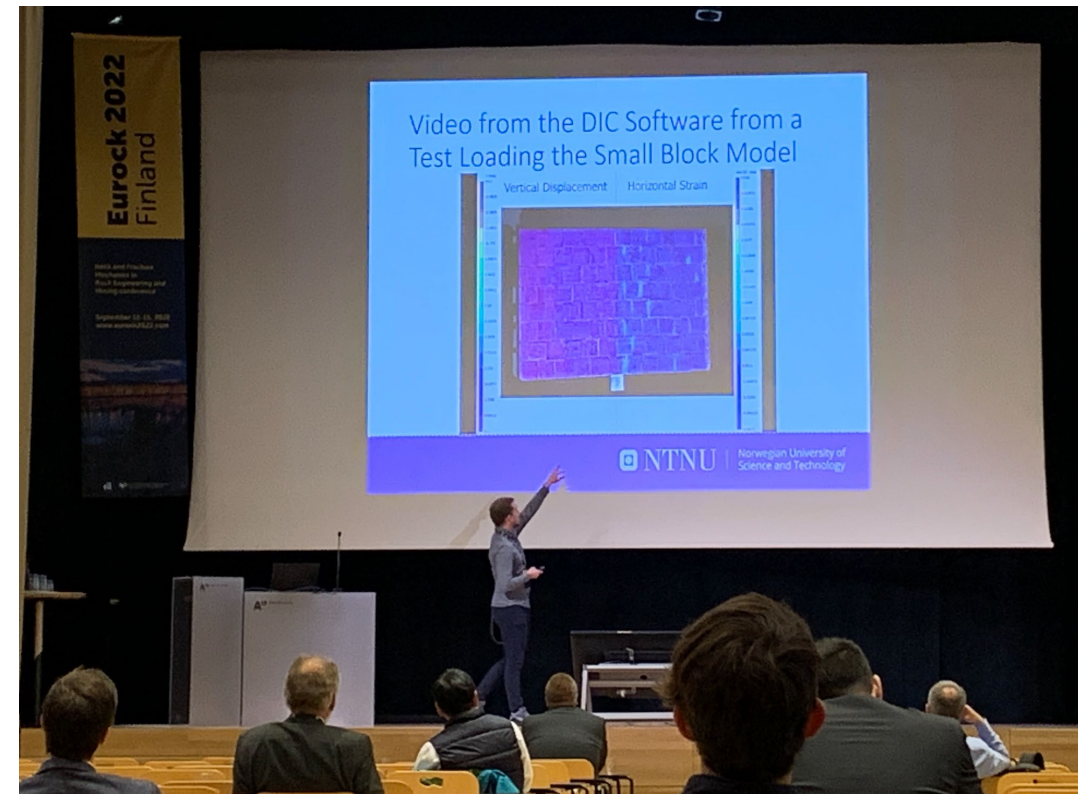
- Resultata frå prosjektet skal bli formidla igjennom:
 - ei doktoravhandling;
 - 5-8 forskingsartiklar i prestisjetunge internasjonale tidsskrifter;
 - presentasjonar på seminar, kurs, nasjonale og internasjonale konferansar;
 - undervising i relevante emnar hjå universiteta som er med i prosjektet; og
 - ein arbeidsverkstad på slutten av prosjektet.

Original Paper | [Open Access](#) | [Published: 06 August 2022](#)

Small Block Model Tests for the Behaviour of a Blocky Rock Mass Under a Concentrated Rock Anchor Load

[Bjarte Grindheim](#) , [Karsten Sannes Aasbø](#), [Are Håvard Høien](#) & [Charlie C. Li](#)

[Geotechnical and Geological Engineering](#) (2022) | [Cite this article](#)



Oppsummering

- ROCARC-prosjektet er ei viktig satsing på strekkforankring som har vorte etterspurt av byggebransjen.
- Prosjektet har som mål å utvikla ein oppdatert metode for dimensjonering av strekkforankring.
- Laboratorieforsøk har vist at lastberande bogar vert indusert i bergmassen.
- Feltforsøk har vist at forma til utrivingslekamen er avhengig av dei eksisterande sprekkene i bergmassen.



Kjelder

- Aasbø K.S. (2021) Laboratory tests and numerical modeling of block models for evaluation of rock mass behaviour when subject to an anchoring load. Masteroppgåve, NTNU.
- Grindheim B., Aasbø K.S., Høien A.H. and Li C.C. (2022) Small block model tests for the behaviour of a blocky rock mass under a concentrated rock anchor load. Geotechnical and Geological Engineering, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10706-022-02251-1>.
- Hobst L., Zajíc (1983) Anchoring in rock and soil. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, USA.
- Høgset H.M. (2021) A Study of Failure in Frictional and Low-Cohesive Materials under the Load og Ground Anchors through Small-Scale physical model tests and numerical simulations. Masteroppgåve, NTNU.
- Li CC (2022) ROCARC - Rock anchoring for stabilization of infrastructures. NTNU [Online], URL <https://www.ntnu.edu/igp/rocarc>.

Takk til alle partnerane i prosjektet for økonomisk og fagleg støtte!



Statens vegvesen



Multiconsult Norconsult  **NORSAR**

Stor takk til Verdalskalk AS!



VERDALSKALK

- For at me fekk gjennomføra forsøka i gruva i Tromsdalen.
- Og all hjelp med gjennomføringa av forsøka.



Nå håper eg de har fått ei god
oversikt over prosjektet, takk for
meg!

