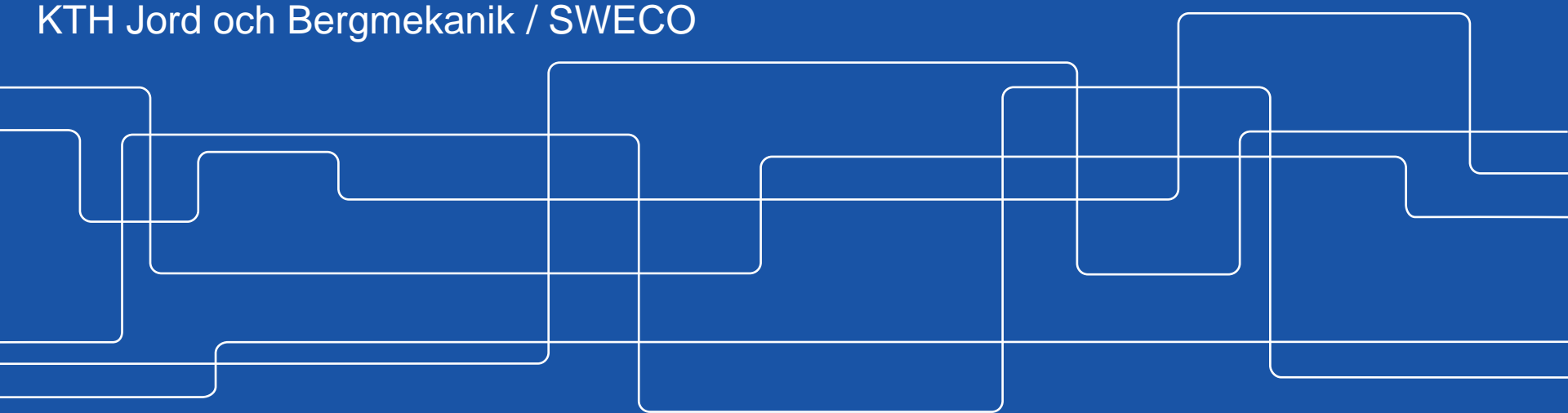




Inverkan från skala och passning på skjuvhållfastheten för bergsprickor

BeFo rapport nr. 128, 2013

Fredrik Johansson, Tekn Dr.
KTH Jord och Bergmekanik / SWECO





Konceptuell modell

Enligt Johansson & Stille (2014) består total friktionsvinkel för en ovittrad, rå spricka i hårt berg består av summan av en basfriktion och en dilatationsvinkel:

$$\phi_p = \phi_b + i_n \quad \text{där} \quad i_n = \arctan \left[\tan(i_g) \cdot \left(\frac{L_n}{L_g} \right)^{kH-k} \right]$$

Där:

ϕ_b = sprickans basfriktion för en plan slät yta

i_n = sprickans dilatationsvinkel

Θ^*_{\max} , A_0 , C = parametrar som beskriver ytans råhet (Grasselli 2001)

L_g = antagen kornskala

L_n = verklig skala

k = konstant som beskriver passning (matedness). Anger vilken klackstorlek som utgör kontaktpunkter på sprickytan. Varierar mellan 0 (perfekt passning) och 1 (maximalt opassad).

H = Hurst exponent, en konstant som beskriver hur höjden på klackarna skalas med ökad klacklängd.

Grasselli G. Shear strength of rock joints based on quantified surface description. Doctoral Thesis, EPFL, Lausanne. 2001.

Johansson F. Stille H. (2014) A conceptual model for the peak shear strength of fresh and unweathered rock joints. Accepted for publication in Int J. of Rock Mech Min Sci.



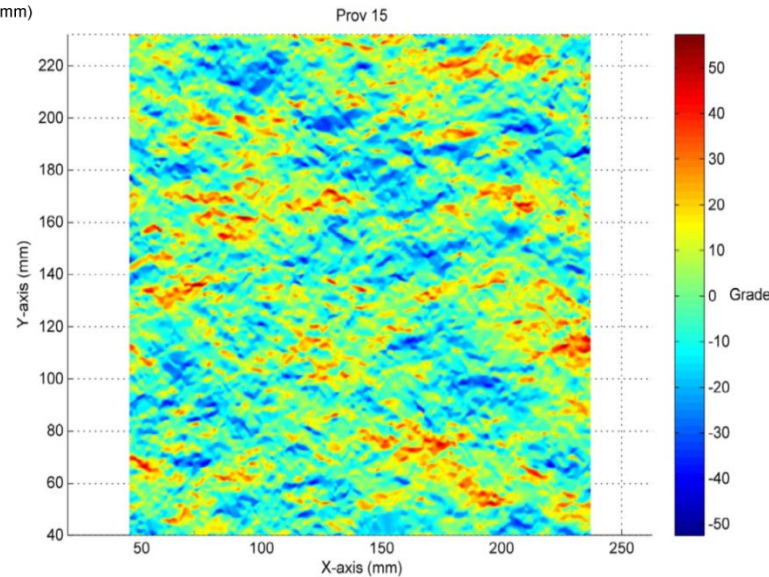
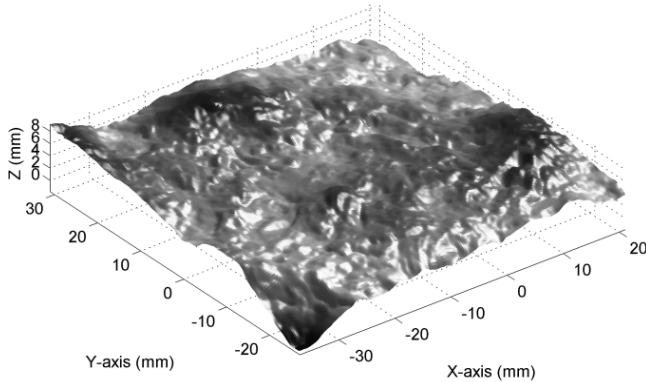
Syfte och metodik

- Syfte med föreliggande studie har varit att analysera den konceptuella modellen förmåga att uppskatta skjuvhållfastheten vid varierande skala och passning mot genomförda skjuvförsök.

Metodik

- (1) Framtagning av stenprover, (2) Optisk scanning av sprickytor före skjuvförsök, (3) Beräkning av skjuvhållfasthet för prover med konceptuell modell, (4) Skjuvförsök, (5) Optisk scanning av sprickytor efter skjuvförsök, (6) Jämförande analys mellan beräknad och uppmätt skjuvhållfasthet.
- Skjuvförsök genomfördes i två olika skalor (60 mm och 200 mm) och med två olika grader av passning (perfekt passning, och delvis opassad med 5 mm initiell förskjutning).
- Totalt genomfördes 12 försök i serien, 6 st i skala 60 mm och 6 st i skala 200 mm. För varje skala provades 3 stycken prov med perfekt passning och 3 stycken prov med delvis opassad sprickyta.
- Därutöver genomfördes tre prov på en sågad slät yta för bestämning av basfriktionen, ϕ_b .

Optisk scanning av sprickytor och beräkning av skjuvhållfasthet



- Innan skjuvning scannades provkropparnas sprickytor för beskrivning av ytornas råhet.
- Råheten beskrivs med parametrarna Θ_{\max}^* , A_0 , C såsom bl.a. beskrivs av Tatone och Grasselli (2009)
- Även parametern, H , som beskriver skalrelationen mellan bergklackar på sprickytan i olika skalor tog fram.
- Parametrarna bestämdes för skalan 0.5 mm, vilket antogs motsvara en kornskala för graniten.
- Därefter beräknades skjuvhållfastheten med den konceptuella modellen för en normalspänning på 1 MPa

Genomförande av skjuvförsök



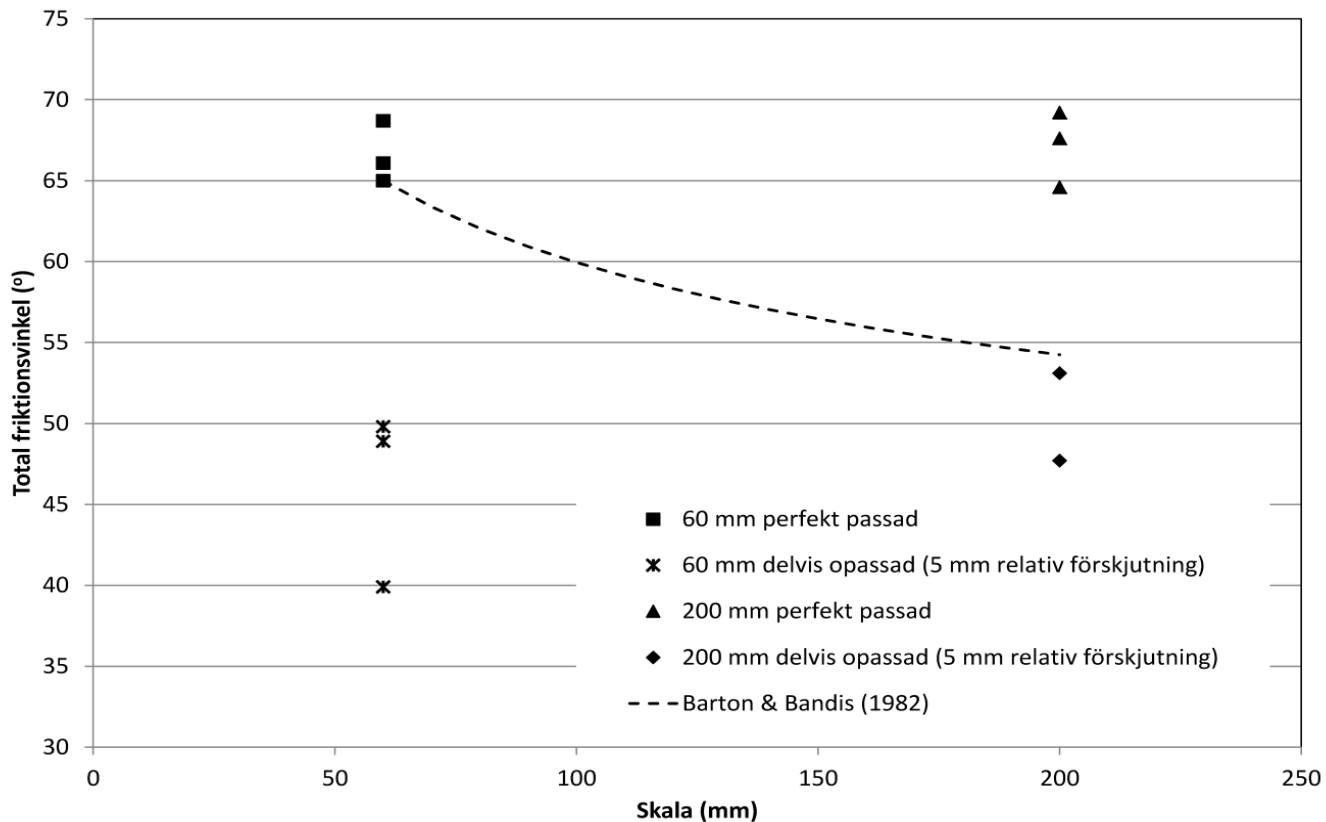
Skjuvbox vid Complab i Luleå Tekniska Universitet.
Foto: Thomas Forsberg

- Skjuvförsöken i skala 200 mm genomfördes vid Complab, LTU
- Skjuvförsöken i skala 60 mm genomfördes vid SP, Borås
- Samtliga försök genomfördes under en konstant normalspänning på 1 MPa.
- Dilatationsvinkeln beräknades med en steglängd på 0.1 mm skjuvdeformation

$$i = \arctan \left(\frac{\Delta \delta_n}{\Delta \delta_s} \right)$$

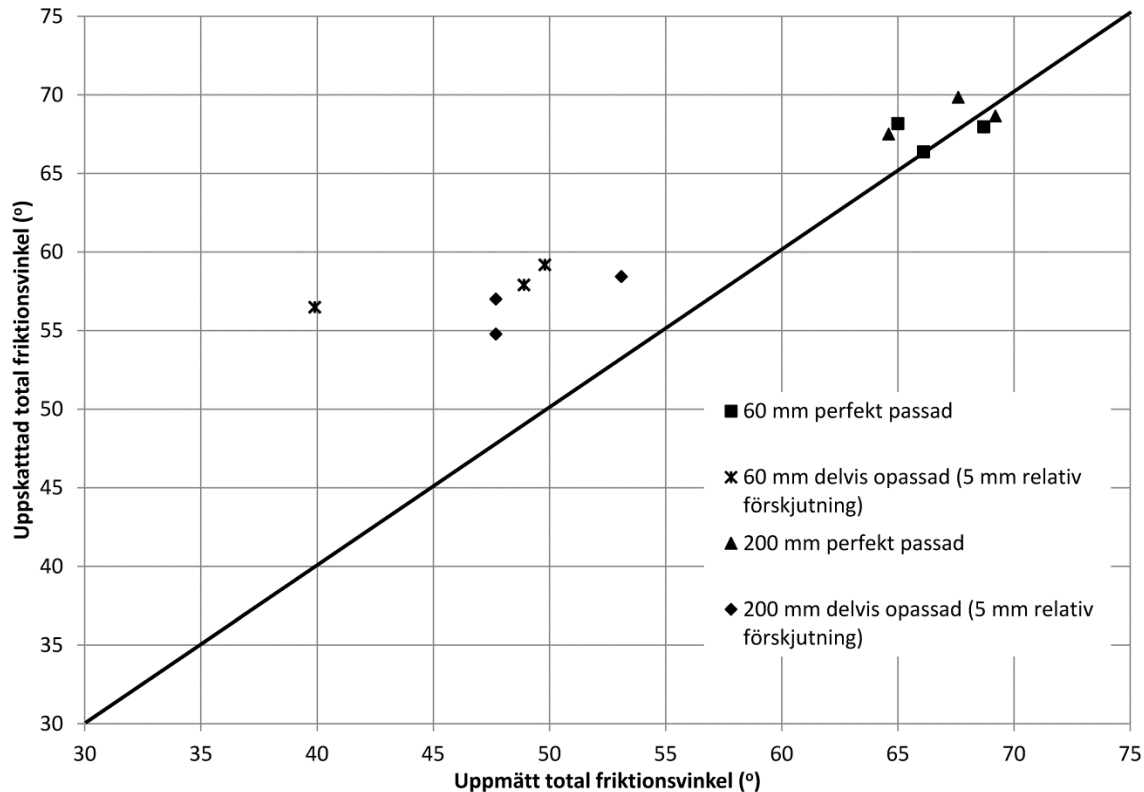
- Skjuvhastigheten var 0,1 mm/min

Sammanställning av resultat med hänsyn till skala



- Ingen skaleffekt kan observeras mellan skalan 60 och 200 mm
- Passningen mellan över och underyta har en större inverkan än skala på skjuvhållfastheten

Jämförelse mellan uppskattad och beräknad skjuvhållfasthet



- Mycket bra överensstämmelse mellan konceptuell modell och skjuvförsök vid perfekt passning.
- Sämre överensstämmelse för de delvis opassade sprickorna även om det principiella beteendet är korrekt.
- En möjliga orsak kan vara att antagen kornskala är felaktig.
- Den antagna kornskalans betydelse på resultatet tillsammans med steglängdens betydelse vid analys av dilatation i skjuvförsök bör analyseras i framtida studier.



Slutsatser

- De erhållna resultaten stödjer teorin i den konceptuella modellen som visar att ingen skaleffekt existerar för perfekt passade sprickor samt att sprickans passning har en stor inverkan på skjuvhållfastheten.
- Fortsatt forskning behövs för att undersöka rimliga värden på kornskala samt vilka steglängder som används för mätning av basfriktion och dilatation. Om olika mätskalor används är det möjligt att olika värden på dilatationsvinkeln kommer att mätas och eller beräknas.
- Fortsatt forskning behövs även för att med större säkerhet bestämma modellens giltighet i större skalor (m.a.p. möjliga värden på den stationära tröskeln för sprickors råhet).