



Norwegian University of
Science and Technology

Bergmekaniske prinsipper i bergforankring

Charlie C. Li
NTNU

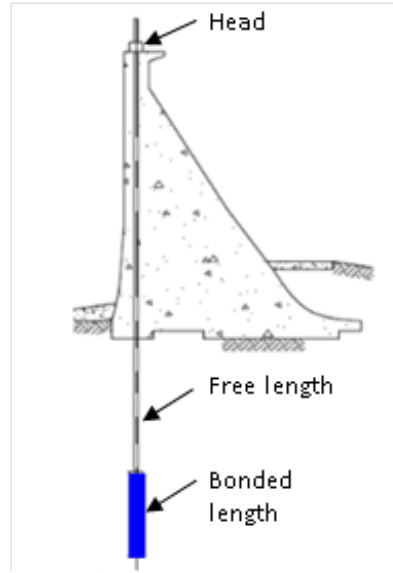
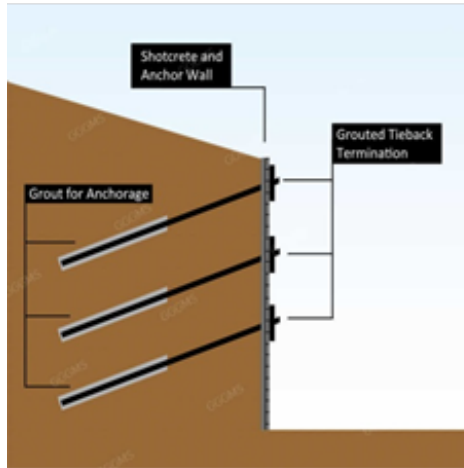
10.03.2022 NBG Vårsleppet, Oslo

Innhold

- Belastningsforhold
- Lastekapasitet
- Bruddmekanikk
- Passiv og aktiv fjellankring

Lasteforhold

Eksempler av fjellankring



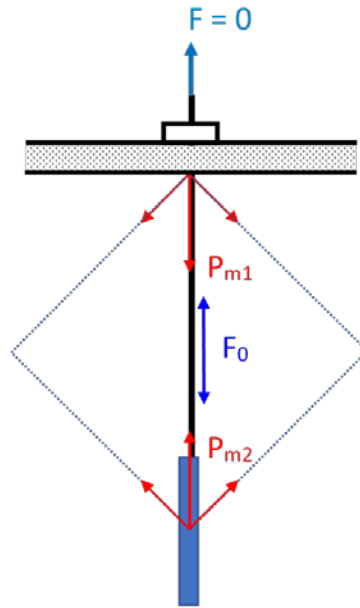
Belastningsforhold ved stabilisering av fundamenter

F = eksternkraften

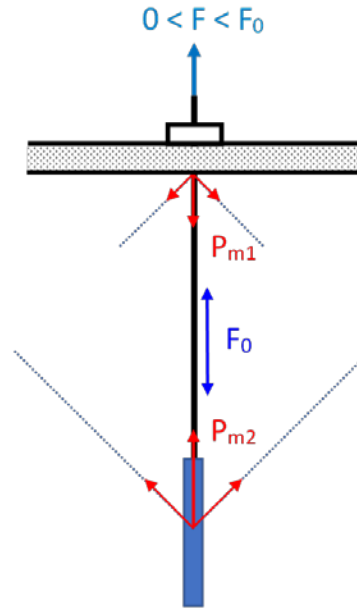
F_0 = forspenning

P_{m1} = øvre kraften
i bergmassen

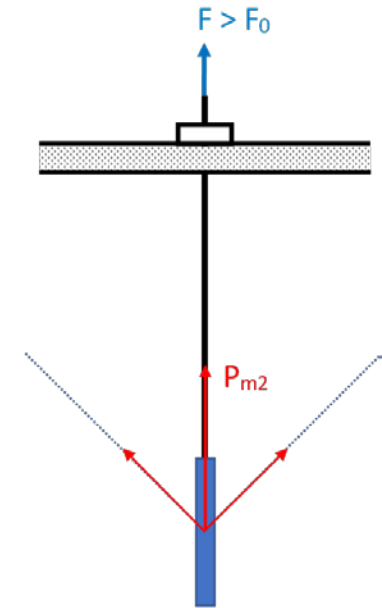
P_{m2} = nedre kraften
i bergmassen



$$P_{m1} = F_0$$
$$P_{m2} = F_0$$

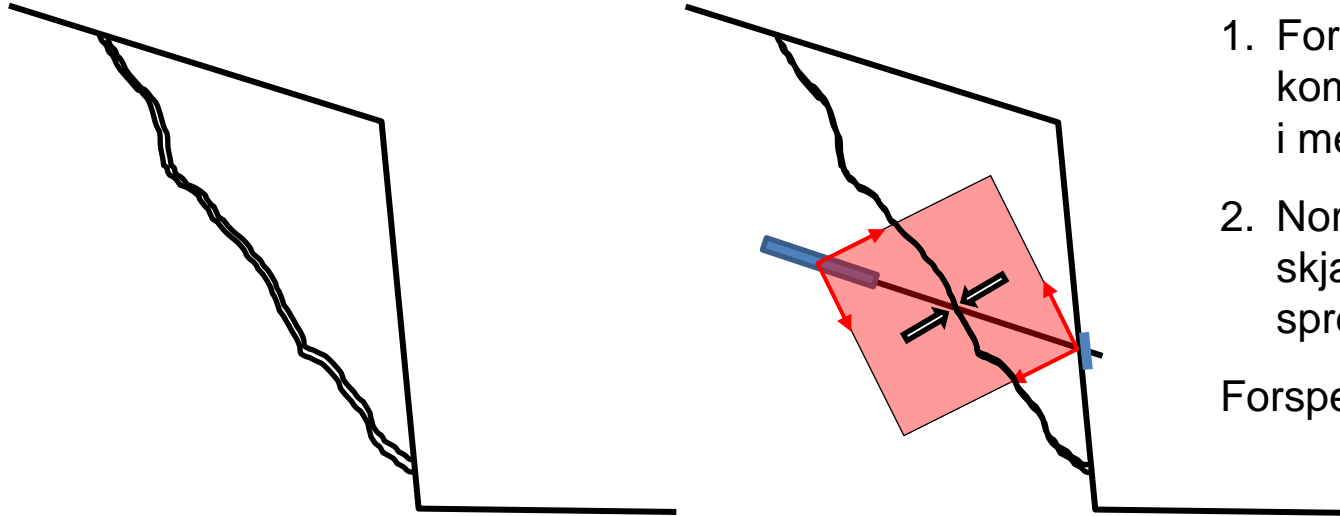


$$P_{m1} = F_0 - F$$
$$P_{m2} = F_0$$



$$P_{m1} = 0$$
$$P_{m2} = F$$

Belastningsforhold ved stabilisering av fjellskråning



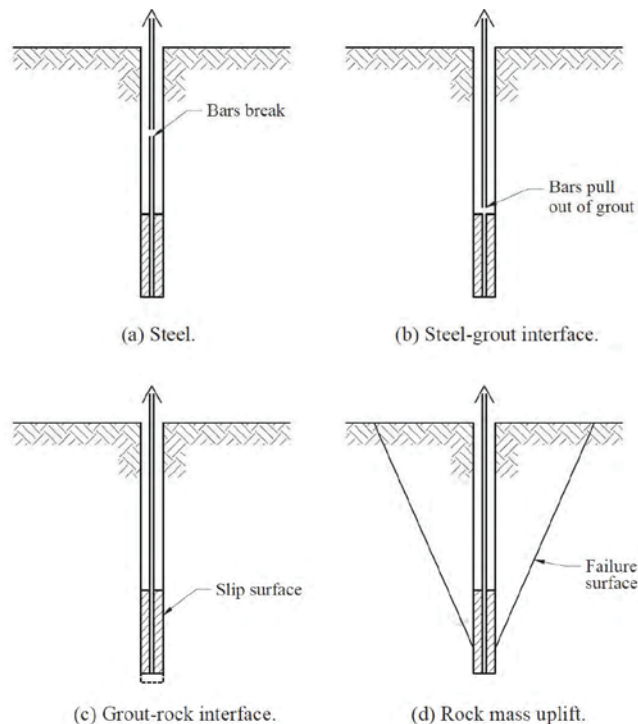
1. Forspenningen komprimerer sprekkene i mellom
 2. Normallast og skjærmotstand på sprekker økes
- Forspenningen er viktig !!

Lastekapasitet

Bruddtyper

1. Brudd i stangen
2. Brudd i bolt-mørtelkontakten
3. Brudd i mørtel-bergkontakten
4. Brudd i berg

Lastekapasiteten er den minste blant de maksimale lastene for de fire bruddtypene.



Brown (2015)

Bruddmekanikk

Brudd langs bolt-mørtelkontakten og møt-bergkontakten

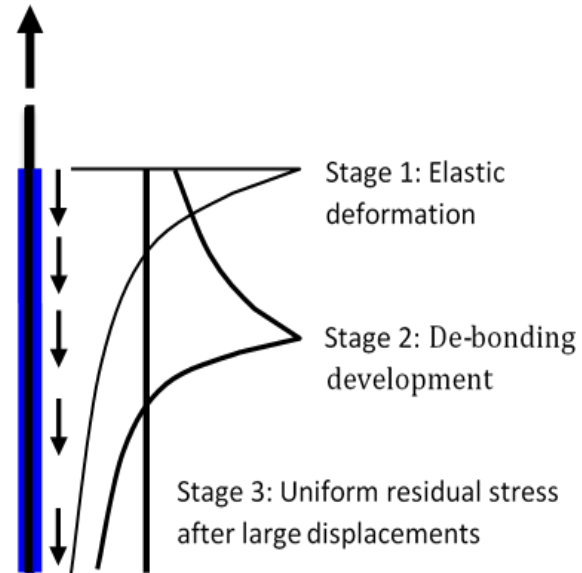
Bruddet begynner i toppen og utvider seg nedover.

Steg 1: elastisk deformasjon

Steg 2: brudutvikling langs kontakten

Steg 3: utglidning

Vår prøving viser at overføringen fra steg 2 til steg 3 er tvilsom!



Bruddmekanikk

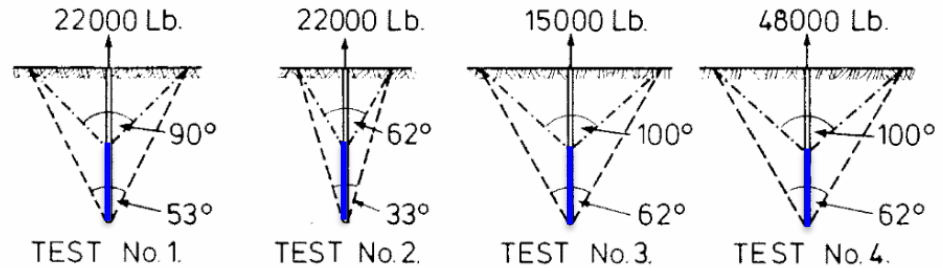
Brudd in bergmassen

Lastekapasiteten av bergmassen sjelden blir mobilisert i praksis.



Fig. 1b. After Failure View of a Group of Two Anchors

Ismael et al. (1979)



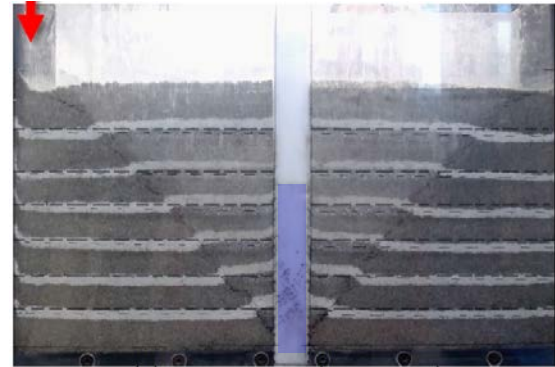
Littlejohn (1975)

Bruddmekanikk

Laboratorieprøvningsresultat i homogene masser



Figure 2.5: An example of a cone failure in concrete. From Nilsson and Elfgrén (2009)



I friksjonsmaterialer



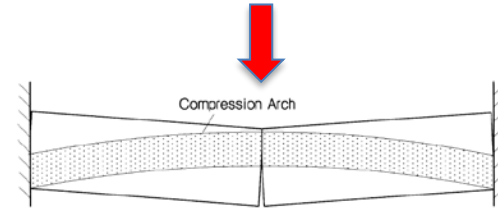
I lavt kohesive materialer

Bruddmekanikk

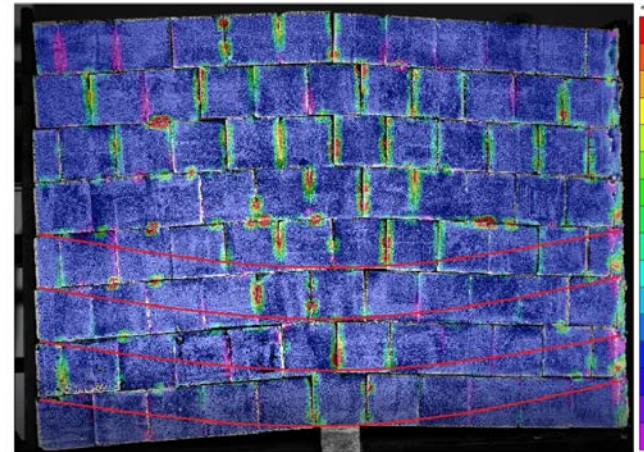
Laboratorieprøvningsresultat i blokkmasser



Voussoir beam theory

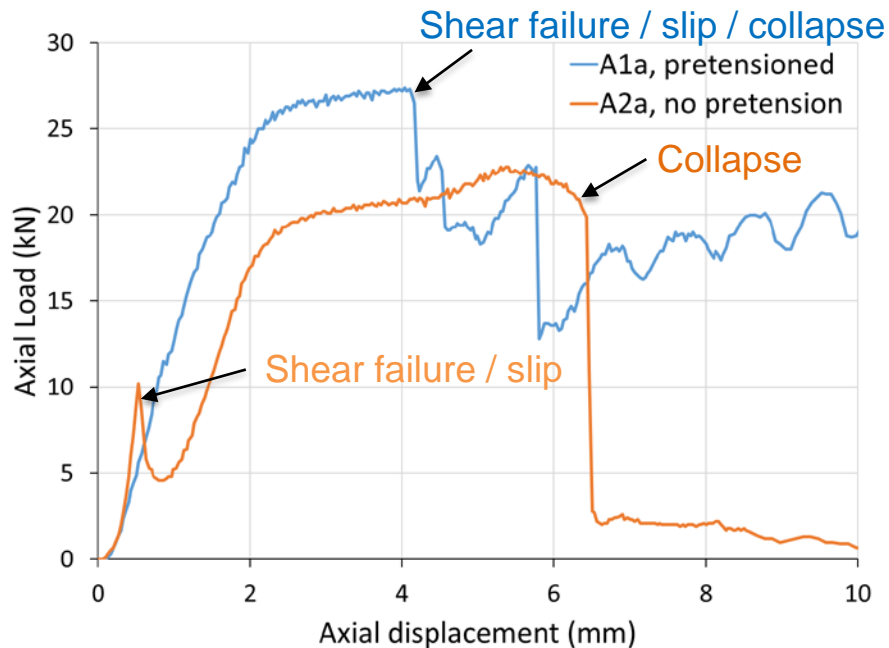


Lastebærende buer



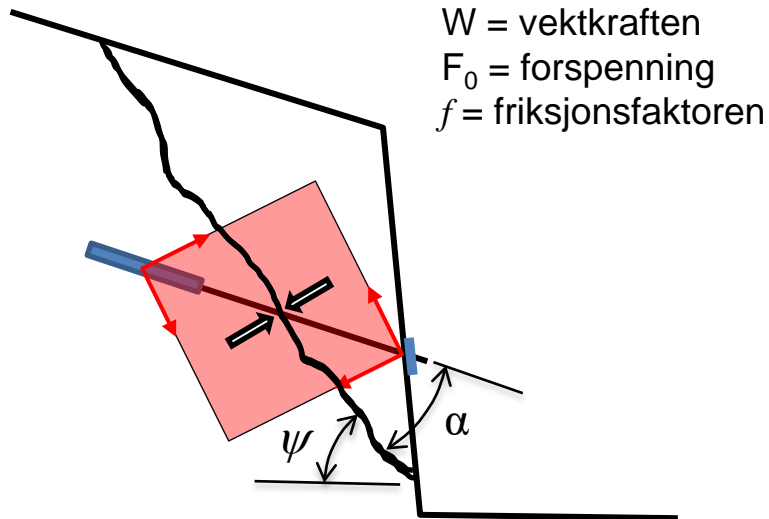
Passiv og aktiv fjellankring

Prøvingsresultat - aktiv og passiv sikring



Passiv og aktiv fjellankring

Kraftig aktiv sikring er bedre enn passiv sikring



Sikkerhetsfaktoren

Aktiv ankring

FS for skjærbrudd ($c > 0$ & $F_0 > 0$):

$$FS_S = \frac{cA + fW \cos \psi + F_0(f \sin \alpha + \cos \alpha)}{W \sin \psi}$$

Passiv ankring

FS for skjærbrudd ($c > 0$ & $F_0 = 0$):

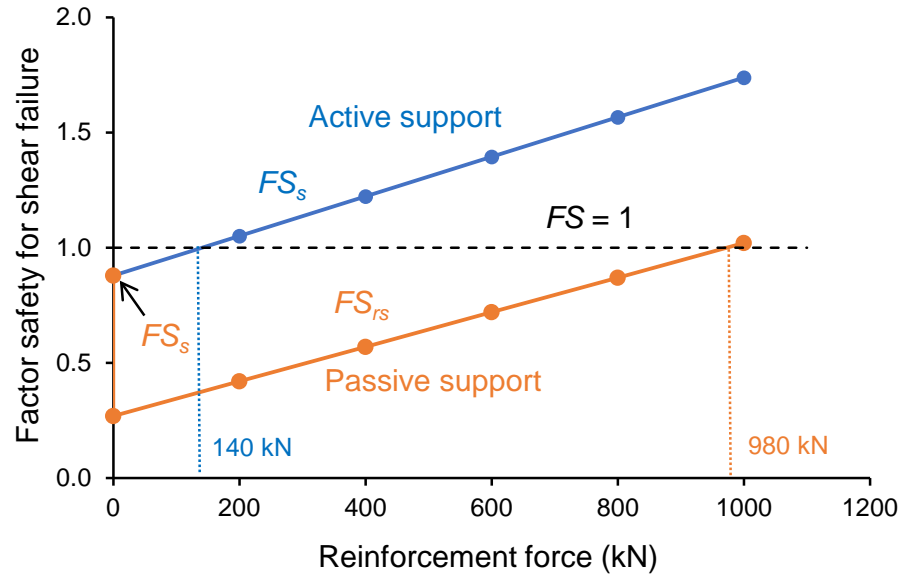
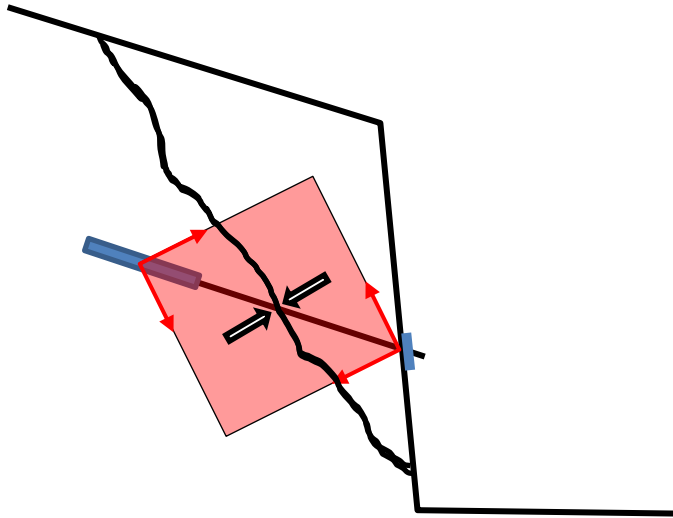
$$FS_S = \frac{cA + fW \cos \psi}{W \sin \psi}$$

FS etter skjærbrudd ($c = 0$ & glidningmoliserte kraften $F_r > 0$):

$$FS_{rS} = \frac{fW \cos \psi + F_r(f \sin \alpha + \cos \alpha)}{W \sin \psi}$$

Passiv og aktiv fjellankring

Et regneeksempel



Oppsummering

- Belastningsforhold:
 - Lasten på bergmasseoverflaten avtar med den eksterne kraften i ankeret.
 - Lasten på bergmasseoverflaten forsvinner helt of bergmassen blir kun belastet i den indre enden når den eksterne kraften er større enn forspenningen.
 - Forspenning er avgjørende for ankerene som sikrer fjellskråninger.
- Lastekapasiteten er den minste blant de maksimale lastene for de fire bruddtypene.
- Bruddmekanikk:
 - Ujevnt fordelte skjærspenninger langs mørtelkontaktene
 - Konisk brudd i bergmassen, som påvirkes av oppsprukkningsgraden og omslutningsspenningen