

Usikkerheter i GF med KS-peler og om alternative GF-metoder

Yutao Pan

NTNU

IBM

E-poster: yutao.pan@ntnu.no

HP: 92046973

Innhold

1

Bakgrunn

2

Usikkerhet i GF med KS

3

Andre typer grunnforsterkning

Bakgrunn

❖ Grunnarbeidsritualer

❖ India



❖ Peru



❖ Kina



Bakgrunn

Hvem skal holdes ansvarlig?

Byggherre

Rådgiver

Entreprenør



Bakgrunn

Usikkerhet

~~Usikkerhet beskriver enhver situasjon uten sikkerhet~~

Det som skjer er ikke alltid som forventet

Vi må forvente at noe uventet skjer

Bakgrunn

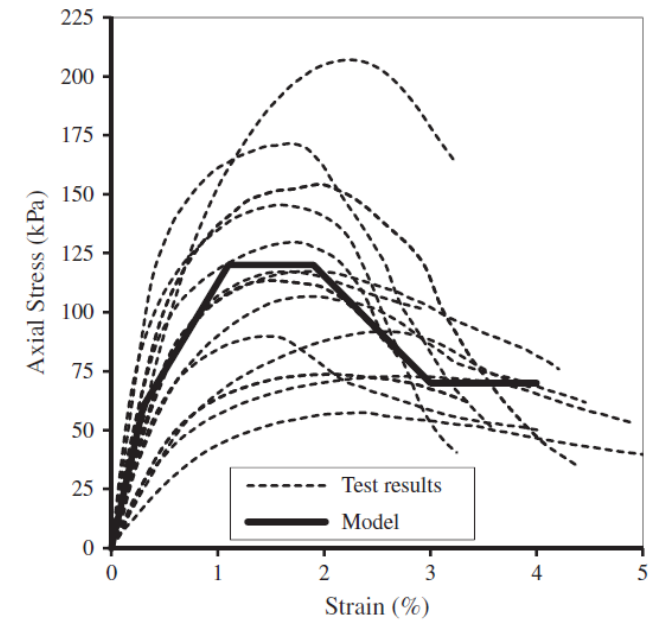
Usikkerhet



T-banestasjon



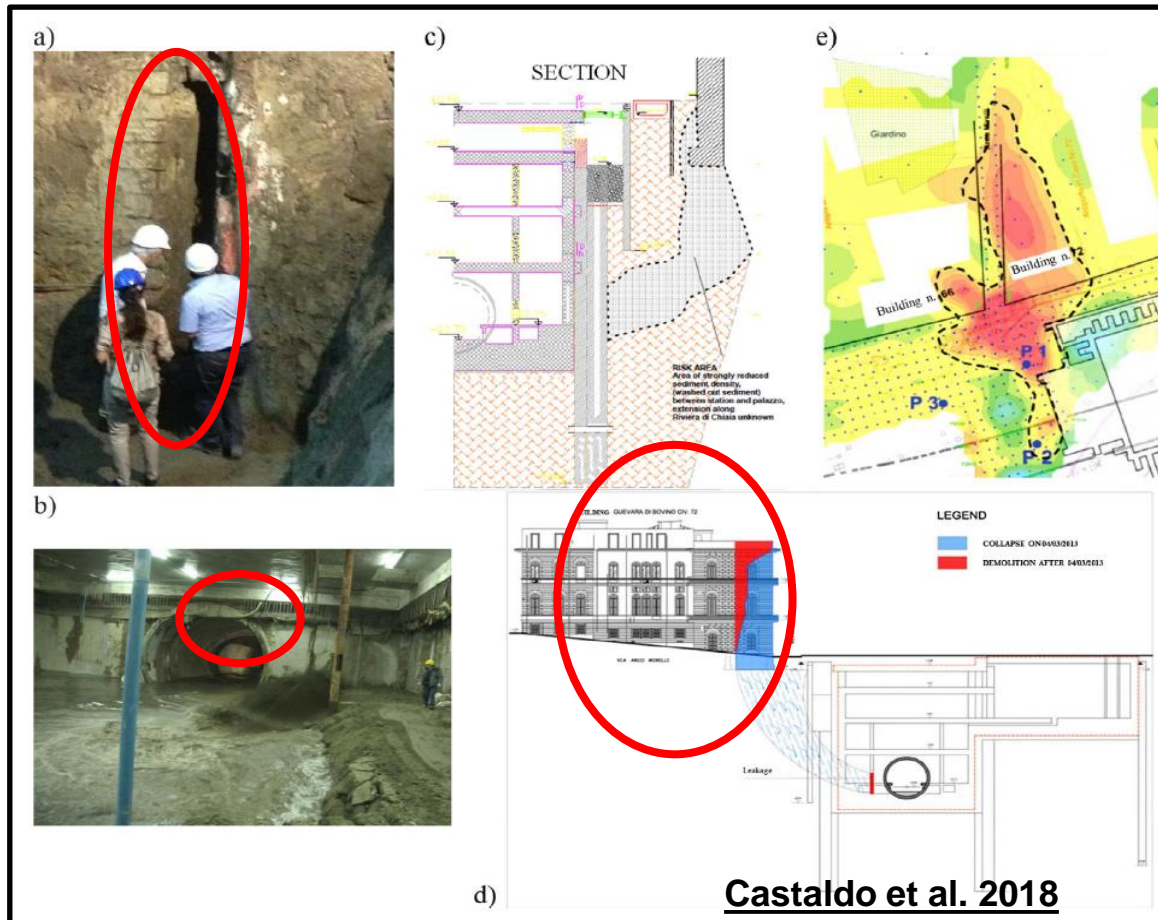
http://www.undergroundconsulting.it/images/competenza/tn_01c_Jet_grouting_Tuttle_Creek.jpg



kilder: Larsson et al. (2012)

Bakgrunn

Påvirkning 1: Uventet brudd



Bakgrunn

Påvirkning 2: overkonservativ design

Typisk designprosedyre

Forutsatt skjærfasthet $c_u = 300$ kPa

Gjennomsnitt $c_u = 800$ kPa

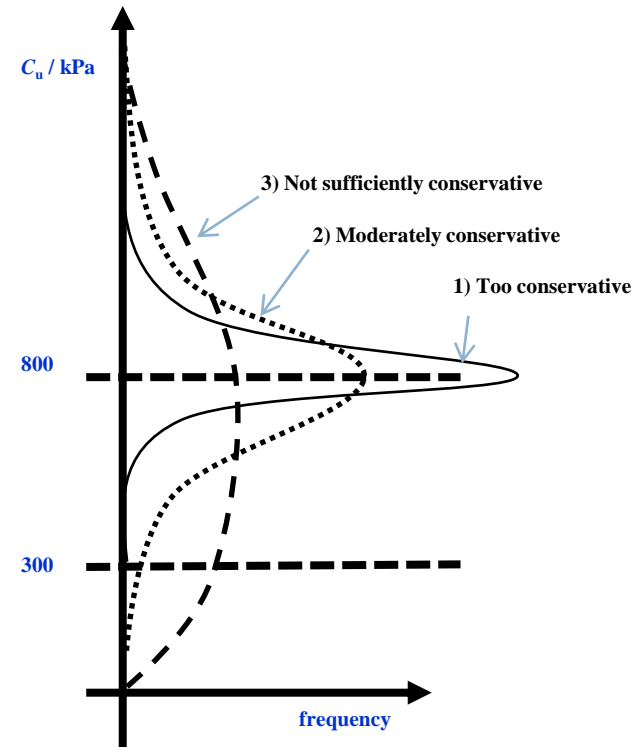
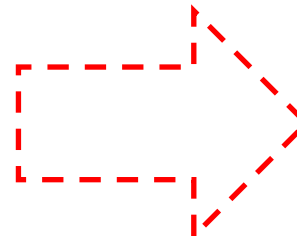
Blandingsforhold fra *SPECIALIST*

Påplassen "mock-up"
Prøvetaking & forsøk

Ikke godkjent

godkjent

produksjon



- 1) Prøvetaking resultat
- 2) Empiriske verdier

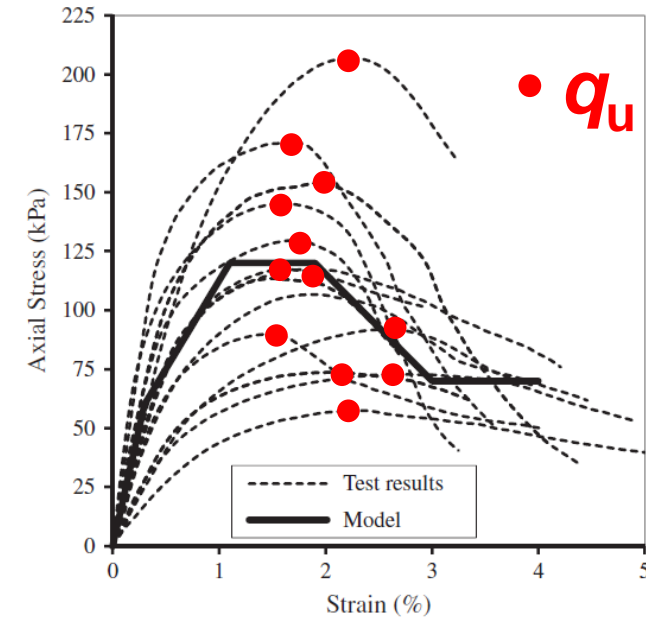
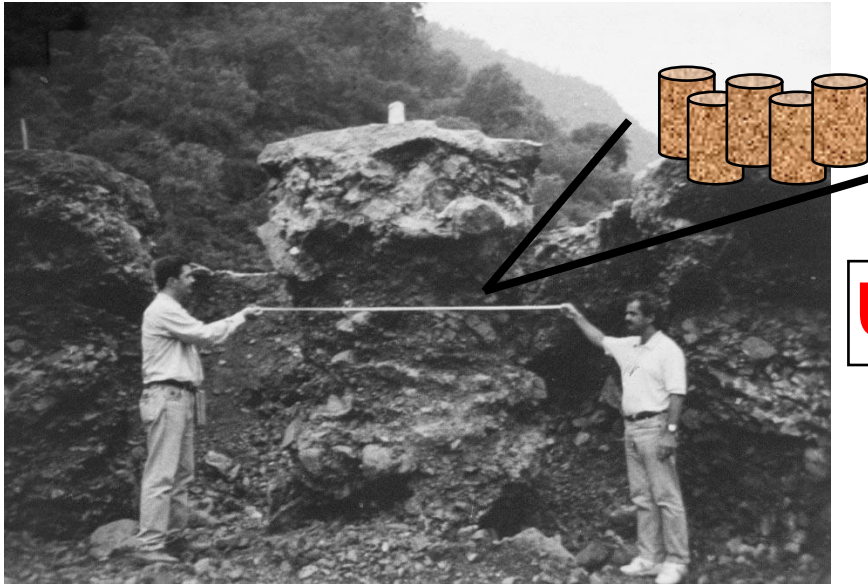
- 1) Globale oppførsel?
- 2) Mer vitenskapelig design?

Usikkerhet i GF

1) Romlige variasjoner i styrke og stivhet

prøvetaking

Dypstabilisering og jetinjering



kilder: Sembenelli & Sembenelli (1998)

kilder: Larsson et al. (2012)

Usikkerhet i GF

1) Romlige variasjoner i styrke og stivhet

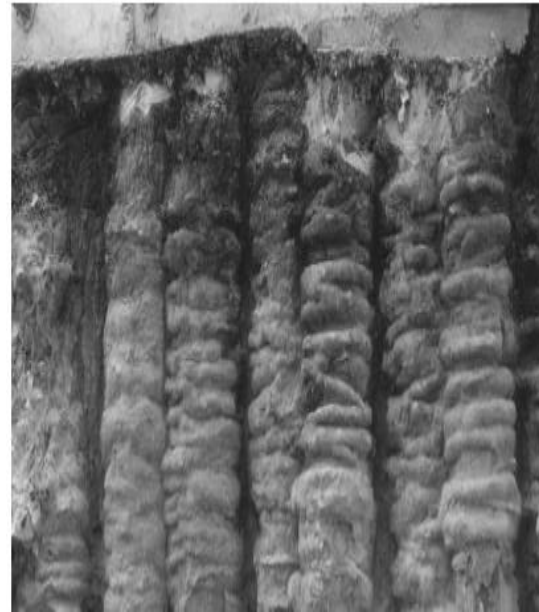
Referenser		Test (Result)	Gjennomsnitt (μ)	Variasjonskoeffisient (σ/μ)
Honjo (1982)		Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	0.6-8.0 MPa	0.21-0.36(leire) 0.32-0.4(sand)
Babasaki et al. (1996)		Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	-	0.22-0.27
Navin and Filz (2005)		Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	1.0-4.7 MPa	0.34-0.79
Larsson et al.(2005) †		Hand-operated penetrometer test (c_u)	-	<0.60
Larsson and Nilsson (2009)		CPT (Tip resistance)	-	0.20-0.60
Chen et al.(2011)	(MFBC)	Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	2.0-2.7 MPa	0.29-0.46
	(NCHS)	Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	3.2-4.5 MPa	0.29
Al-Naqshabandy et al.(2012)		CPT(Tip resistance)	-	0.22-0.67
Namikawa and Koseki (2013)		Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	1.7 MPa	0.2-0.4
Bruce et al. (2013)		Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	0.7-2.1 MPa	0.34-0.79
Chen et al. (2016)		Binder concentration	29%	0.19
Liu et al. (2017)†	(MFBC)	Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	1.7 MPa	0.42
	(Marina One)	Eneaksialt trykkforsøk (UCS)	2.1 MPa	0.44

Usikkerhet i GF

2) Anleggsavvik (variasjon i diameter, helning og plassering)



diametervariasjon



helningsavvik

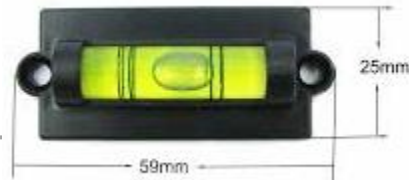


plasseringsavvik

Usikkerhet I GF

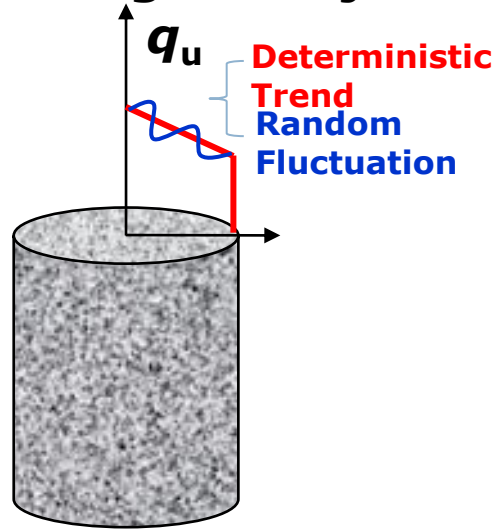
Tillate avvik

Kilder	Type av teknikk	Maksimal tillate avvik
ASCE Jet Grouting Guideline (2009)	Jet-grouting	1/100
Christopher and Jasperse (1989)	Deep mixing	1/100
Singapore Standard (2003)	Jet-grouting	1/75
Amos et al. (2008)	Drilled concrete piles	1/200**



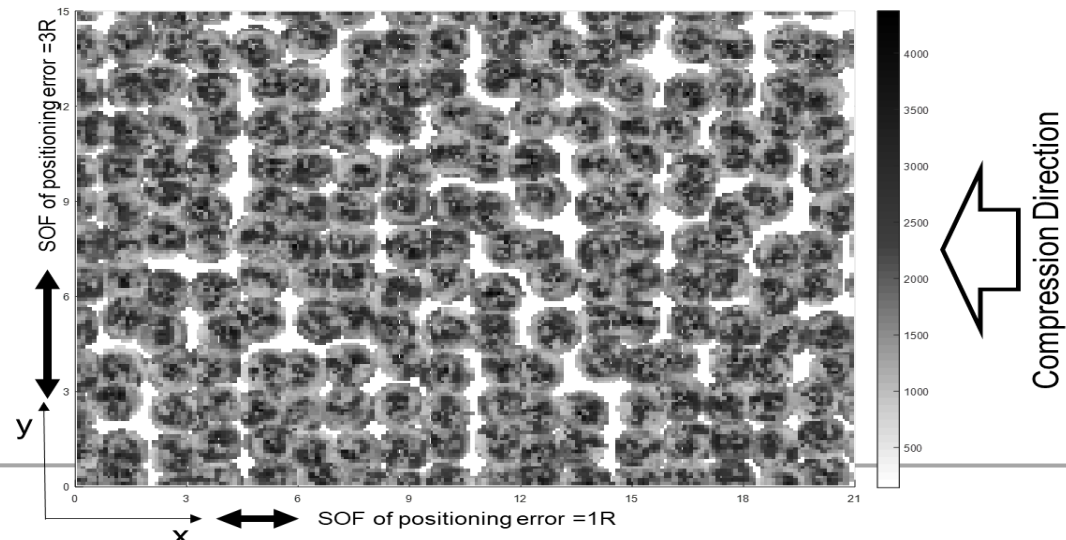
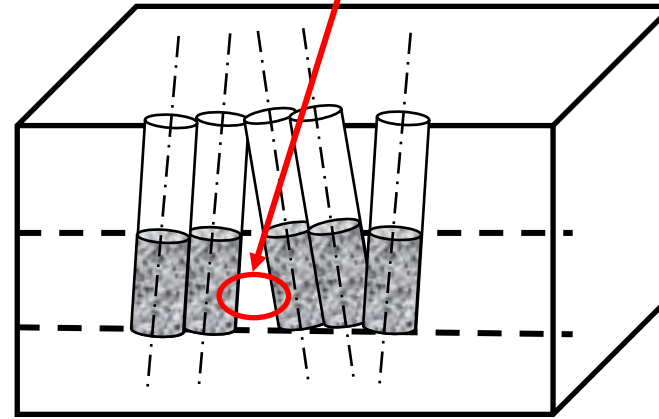
Usikkerhet i GF

1) Romlig variasjon



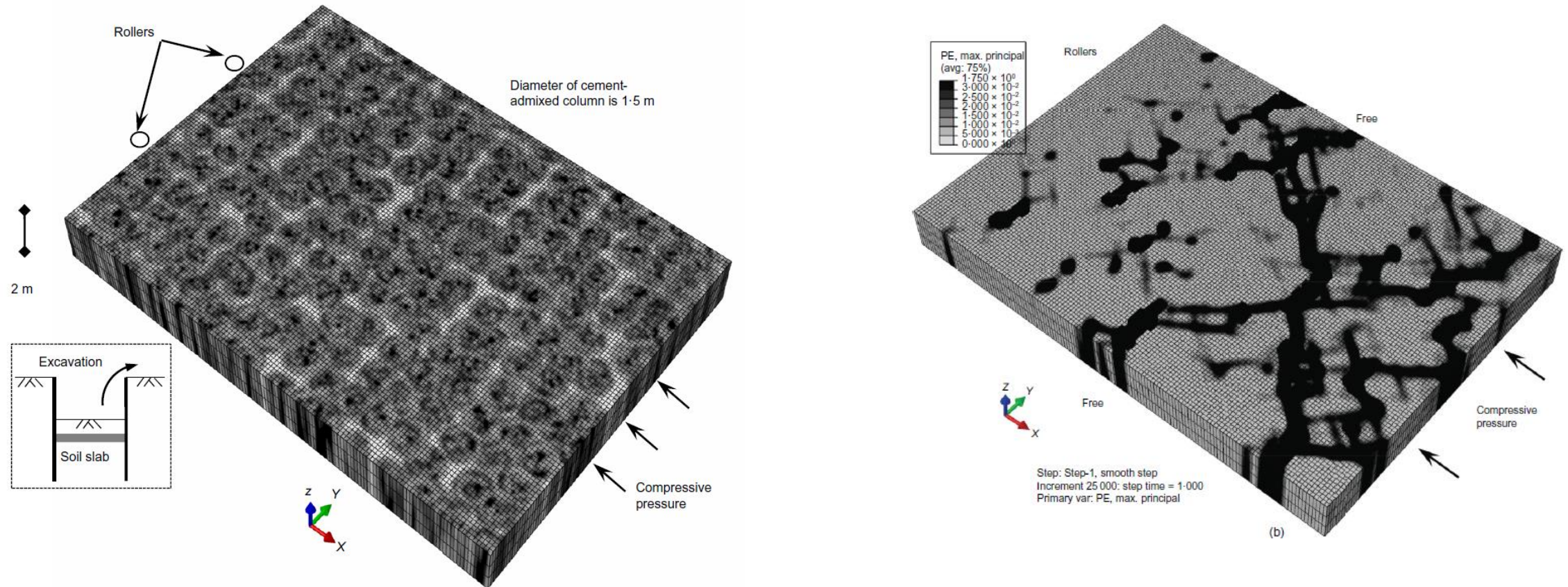
2) Anleggsavvik

Gap forårsaket av plasseringsavvik



Usikkerhet i GF

Kvantifisering of inflytelsen av usikkerhet



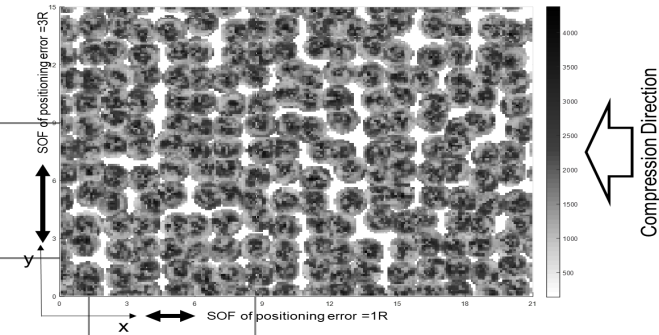
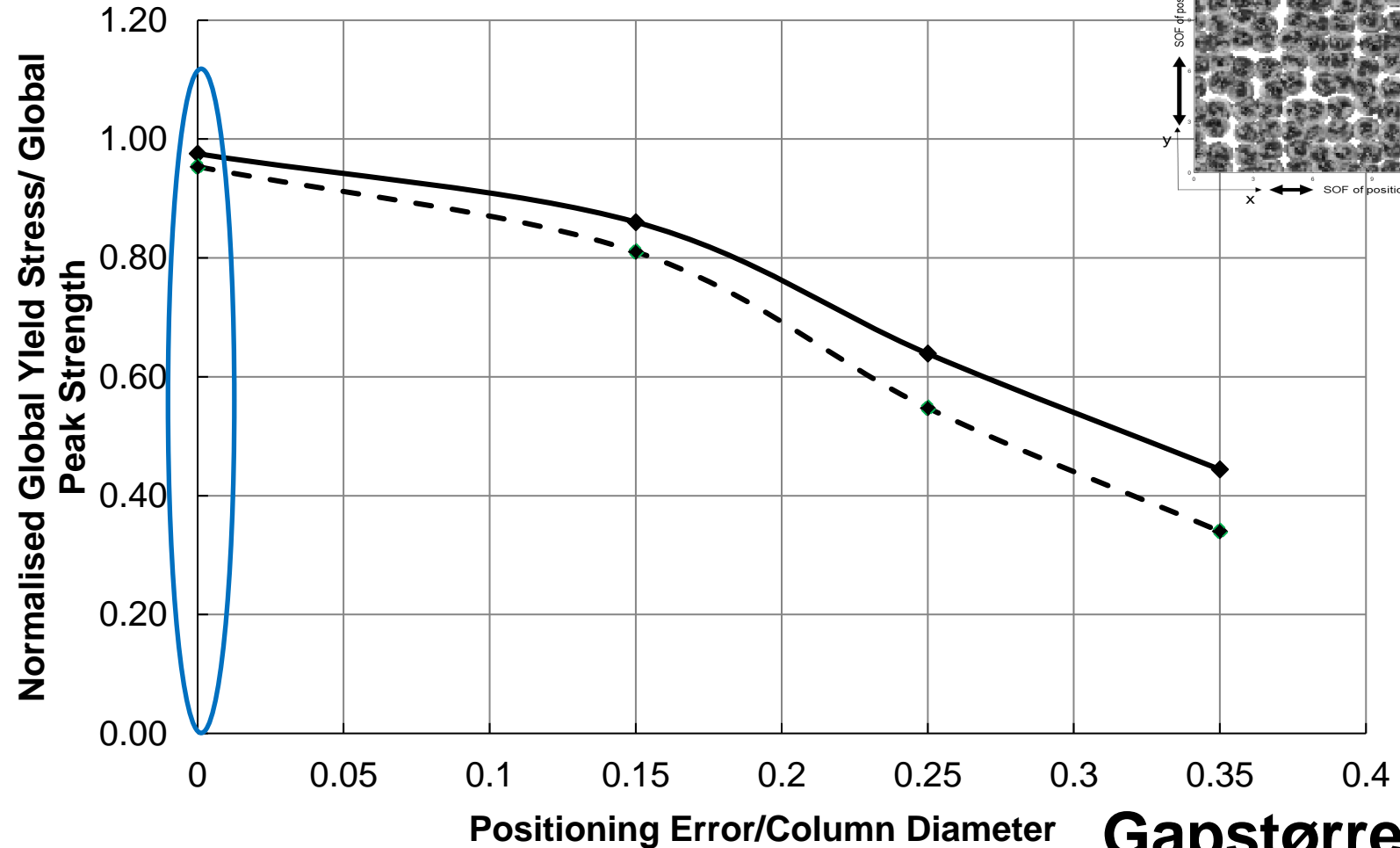
Karakteristiske verdier

- ❖ Eurocode 7: (BSI, 2007: paragraph 2.4.5) The **characteristic value** of a geotechnical parameter shall be selected as a cautious estimate of the value affecting the **occurrence of the limit state**.
-

Usikkerhet i GF

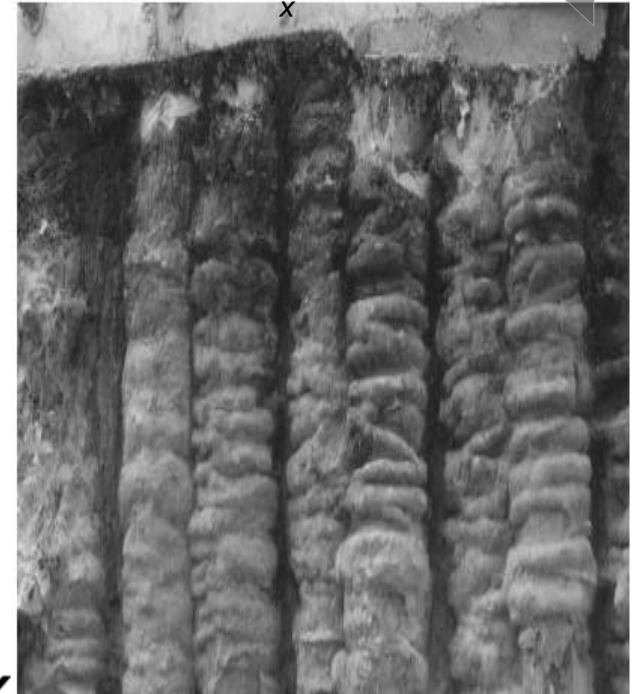
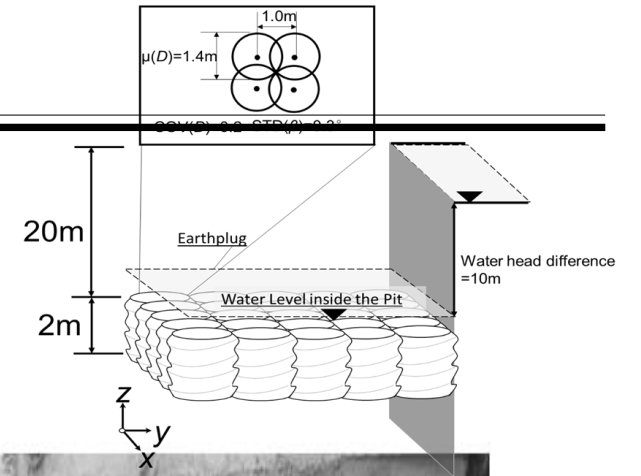
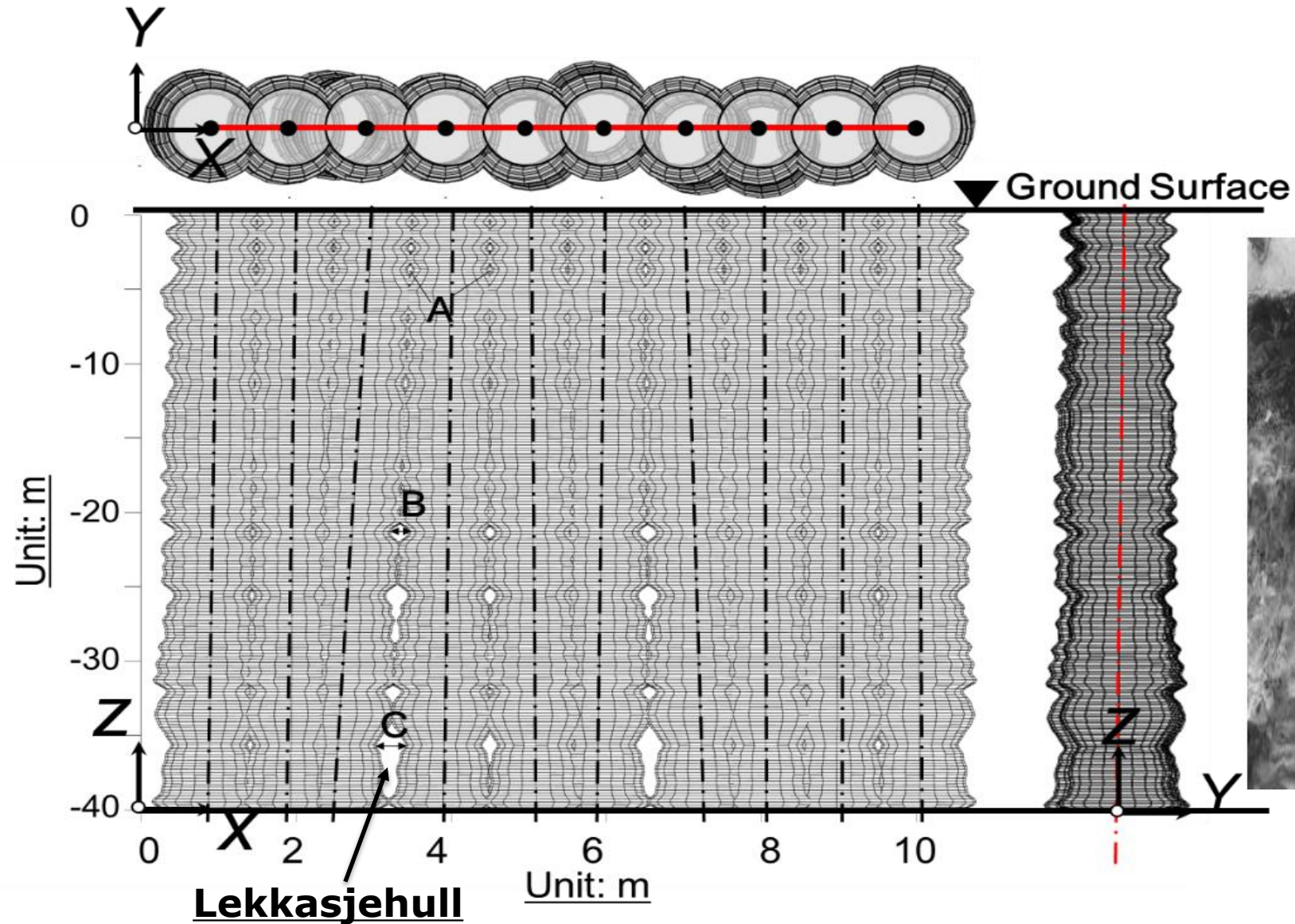
Kvantifisering av usikkerhetsinflytelse

Reduksjon av
gjennomsnittlig
styrke



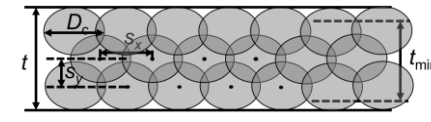
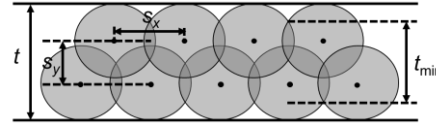
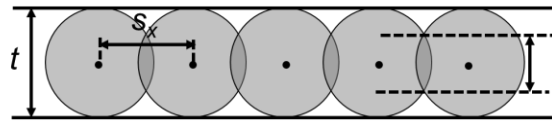
Gapstørrelse
(proporsjonal med dybde)

Usikkerhet i GF

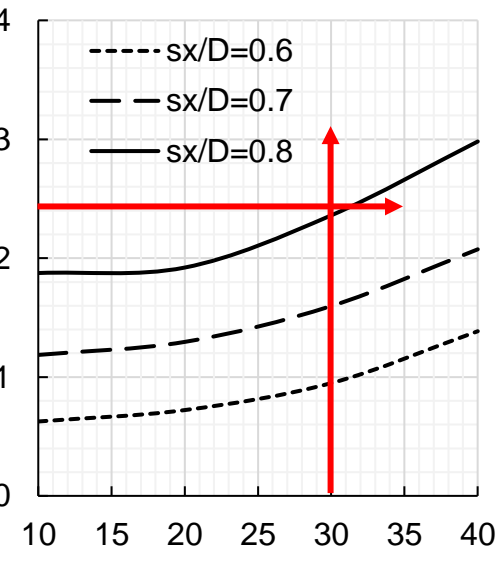
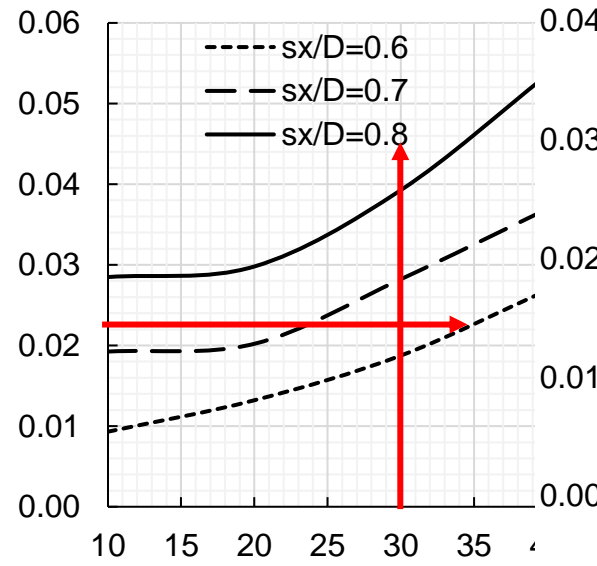
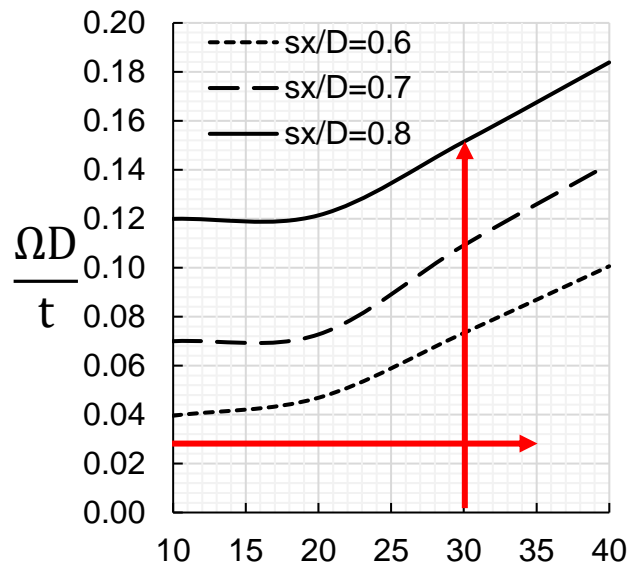


Usikkerhet I GF

Designdiagrammer



Normalisert dreineringskapasitet



L/D

Normalisert dybde Find min(\$\text{€}\$)

Innhold

1

Bakgrunn

2

Usikkerhet i GF med KS

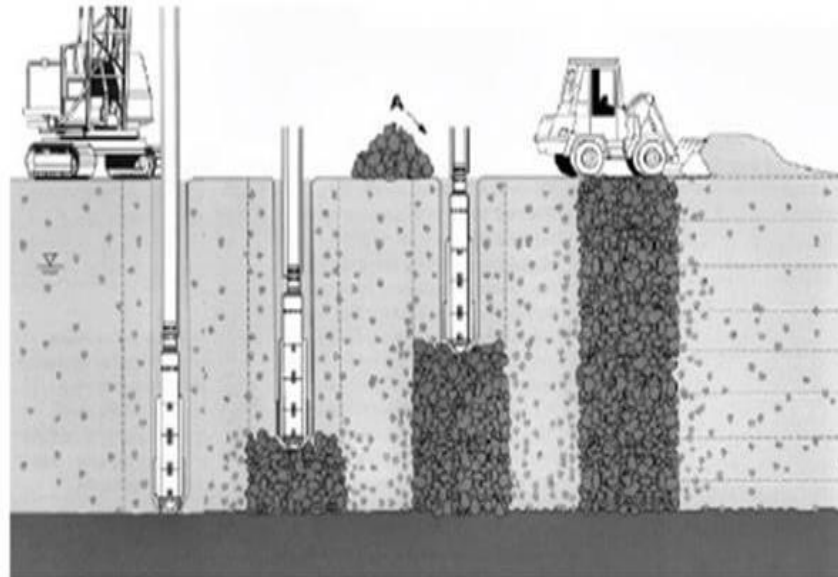
3

Andre typer grunnforsterkning

Andre typer GF

Klassifisering etter material

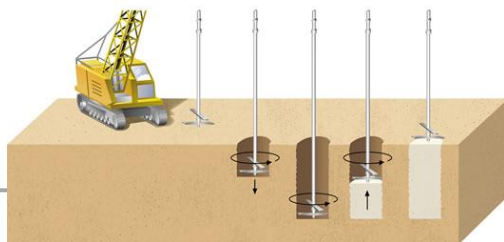
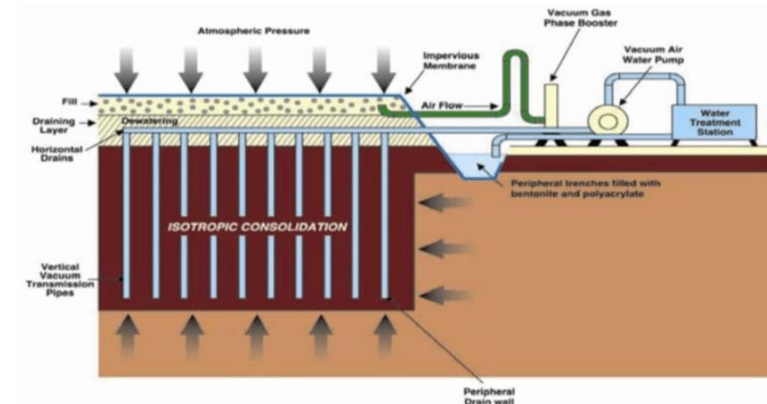
- 1) kalk sement peler
- 2) grus-/sand- søyler
- 3) salt-brønner
- 4) geosynteser



Andre typer GF

Klassifisering etter anleggsmetoder

- 1) Kjemisk: dypstabilisering/jet-injisering
- 2) Mekanisk: Komprimering (inkl. vakuum og forbelasting)
- 3) Fysiokjemisk: grunnfrysing, elektroosmose, saltstabilisering



Grus-/sand-peler

Fakta

• **Definisjon**

- Denne teknikken benytter en bunnmatingsvibrator som penetrerer finkornige jordarter og fyller det skapte rommet med knust stein eller grus som blir komprimert av vibratoren.

• **Bruksområder**

- Torv, leire, silt og sand

• **Mekanisme**

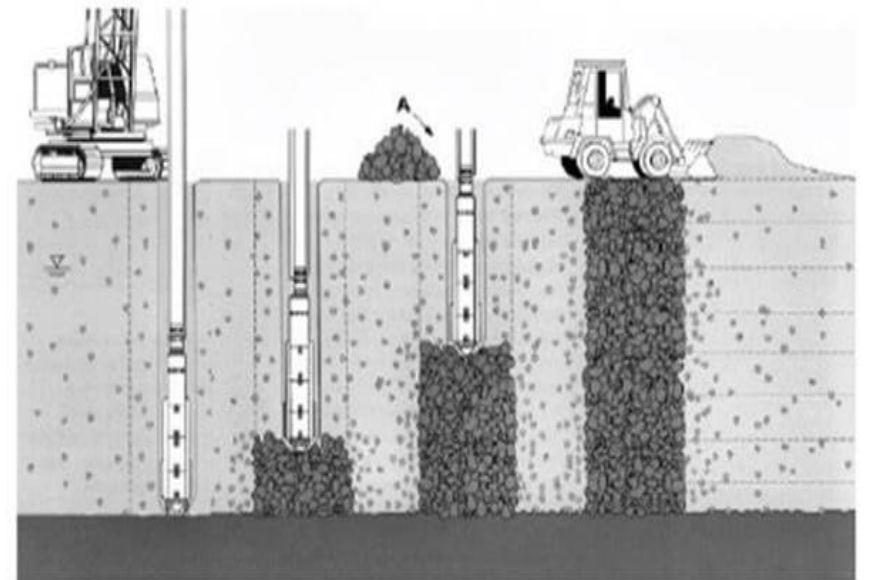
- Stivheten av komprimert grus og sand benyttes
- Omkringliggende jord blir komprimert

• **Anleggsprosedyre**

- 1. penetrasjon
- 2. komprimering
- 3. avslutning

• **Fordeler og ulemper**

- Lavere CO2 utslipp
- Raskere konsolidering
- Stor usikkerhet
- Utfordrende kvalitetskontroll



Geosynteser - innkapslede grus-/sand-peler

Fakta

• Definisjon

- Denne teknikken benytter en geosynteser poser til å inneholde grus eller sand til å holde cohesionsløse fyllinger sammen og gir høyere stivhet og styrke

• Bruksområder

- Torv, bløt leire, silt og sand

• Mekanisme

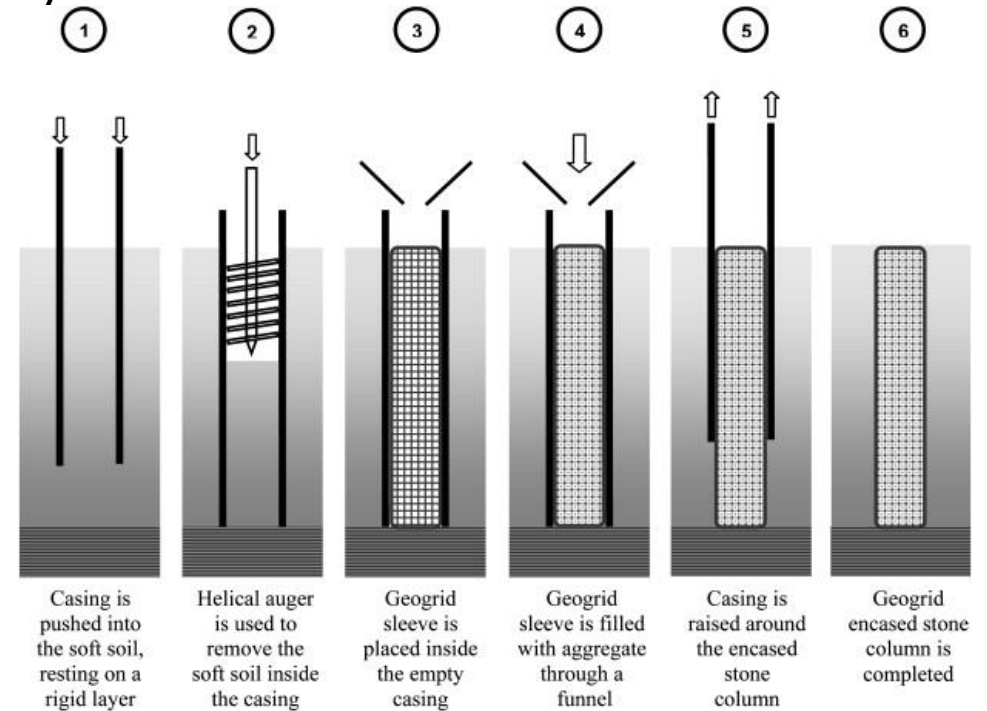
- Benytte stivheten av komprimert grus og sand benyttes
- Omkringliggende jord blir komprimert

• Anleggsprosedyre

- 1. penetrasjon+fjerne jord
- 2. sette geosyntetikk
- 3. compaction
- 4. finishing

• Fordeler og ulemper

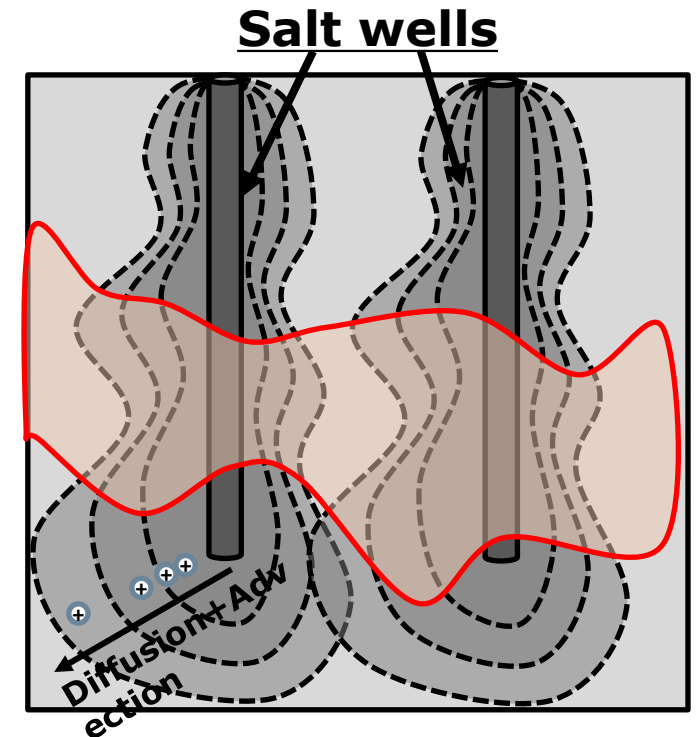
- Lavere CO2 utslipp
- Raskere konsolidering
- Stor usikkerhet
- Utfordrende kvalitet-kontroll



Saltbrønner

Fakta

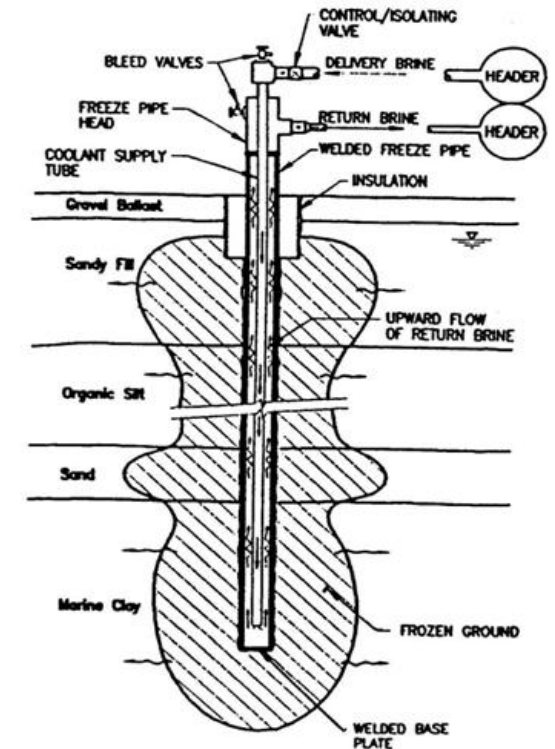
- **Definisjon**
 - Denne teknikken benytter en saltbrønn til å fjerne «kvikkelse».
- **Bruksområder**
 - Kvikkleire
- **Mekanisme**
 - Fulle opp salt igjen med høy konsentrasjon (diffusjon og adveksjon)
- **Fordeler og ulemper**
 - Lavere CO₂ utslipp
 - Mindre forstyrrelse
 - Sakte forsterkning
 - Ikke høyere skjærfastehet
 - Stor usikkerhet
 - Utfordrende anlegging



Grunnfrysing

Fakta

- **Definisjon**
 - Denne teknikken konverterer in situ porevann til is gjennom sirkulasjonen av en avkjølt væske via et system av rør med liten diameter plassert i borede hull.
- **Bruksområder**
 - Byggegrøp; tunnel; grunnvann kontrol
- **Mekanisme**
 - Frysing øker styrke og stivhet, redusere permeabilitet
- **Fordeler og ulemper**
 - Lav CO2 utslipp
 - Passer bra i Norge
 - Frostheving & smeltsetning



Oppsummering

Man betaler for usikkerhet av usikkerheten

Usikkerheten kan kvantifiseres

Vi kan spare penger med kvantifiseringen

Takk
