



KS-peler i passiv sone for stabilisering av spuntgroper

Dr. Philos Kjell Karlsrud
Ekspert rådgiver, NGI

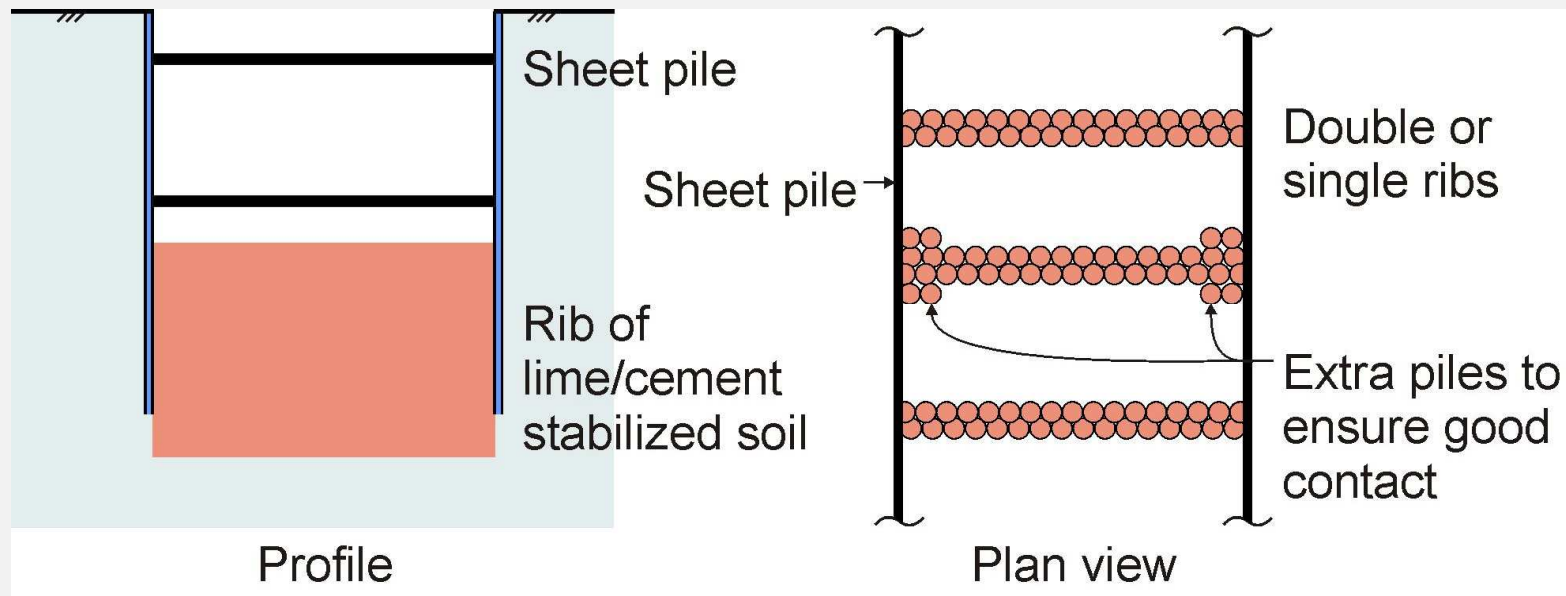
Innhold

- Prinsipper for stabilisering og beregningsmetoder
- Skjærstyrke av KS stabiliserte norske leirer
- Eksempler på anvendelser

Vesentligste forskjeller mellom norsk og svensk anvendelse av KS

- KS-peler brukes mest for å ivareta stabilitet, i mindre grad for å redusere setninger
- Stabilisering i form av paneler (ribber) mest vanlig
- Norske leirer har generelt lavere vanninnhold enn svenske leirer, som gir høyere styrke for stabilisert materiale

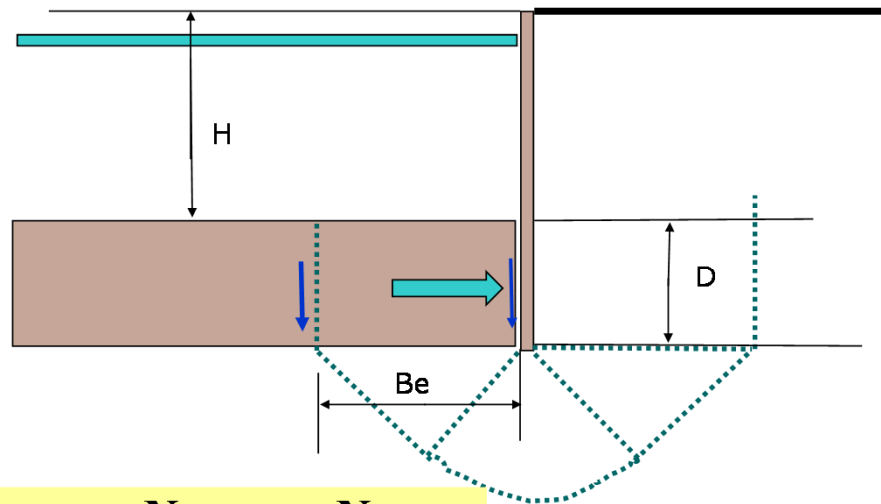
Et stort antall byggegropar i Norge er siden slutten på 1970-tallet stabilisert med KS-paneler



Fremgravde paneler i en åpen byggegrop



Sikkerhet mot grunnbrudd ved KS stabilisering



$$F = \frac{N_c c_u + N_t c_{ut} + N_s c_{us}}{\gamma H + q}$$

To effekter:

- Grunnbruddet presses ned til større dybde der c_u er større
- Bruddet må gå opp gjennom stabilisert leire

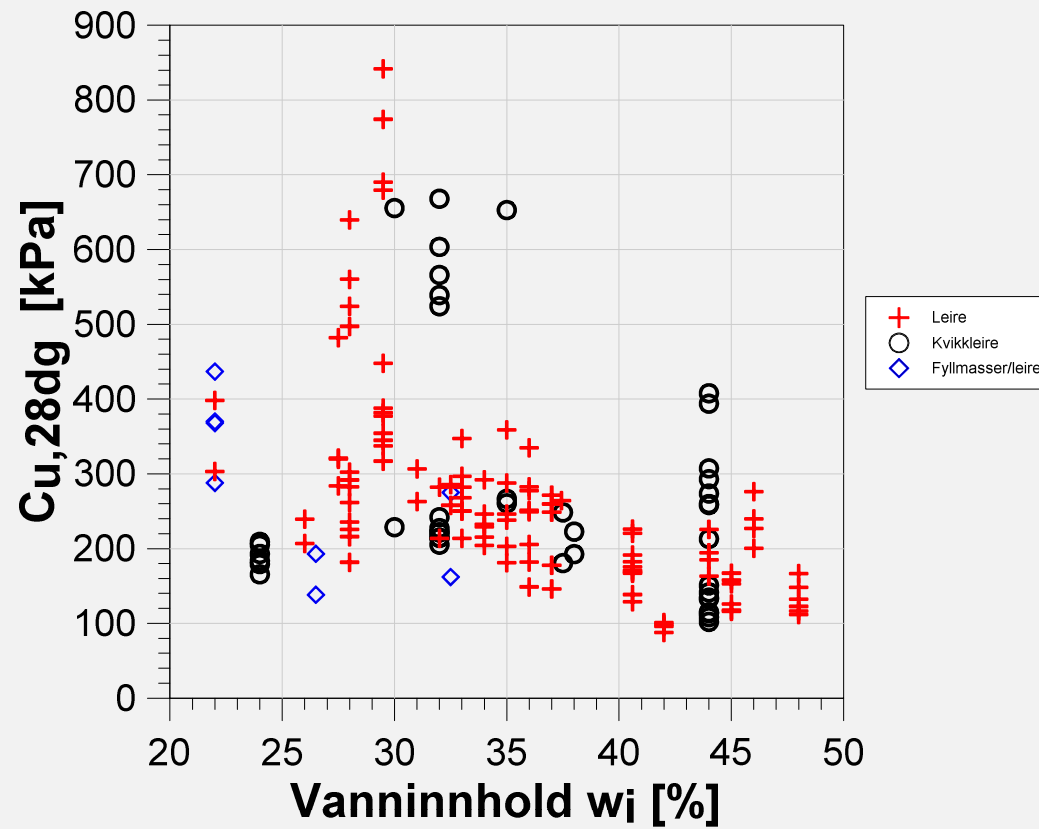
Valg av skjærstyrke i stabilisert sone

- Det anvendes **udrenert** skjærstyrke for KS stabilisert leire, (normalt basert enaksiale trykkforsøk på lab-blandede prøver)
- Inntil ca 2010 var det vanlig å begrense styrken til 150 kPa, men senere er verdier på opptil ca 250 kPa anvendt
- I stabilisert sone regnes normalt med gjennomsnitt av styrke for stabilisert og uforstyrret leire (reduert styrke mellom ribber kan forekomme, men kompenseres for ved at valgt styrke av KS ofte er svært konservativ)

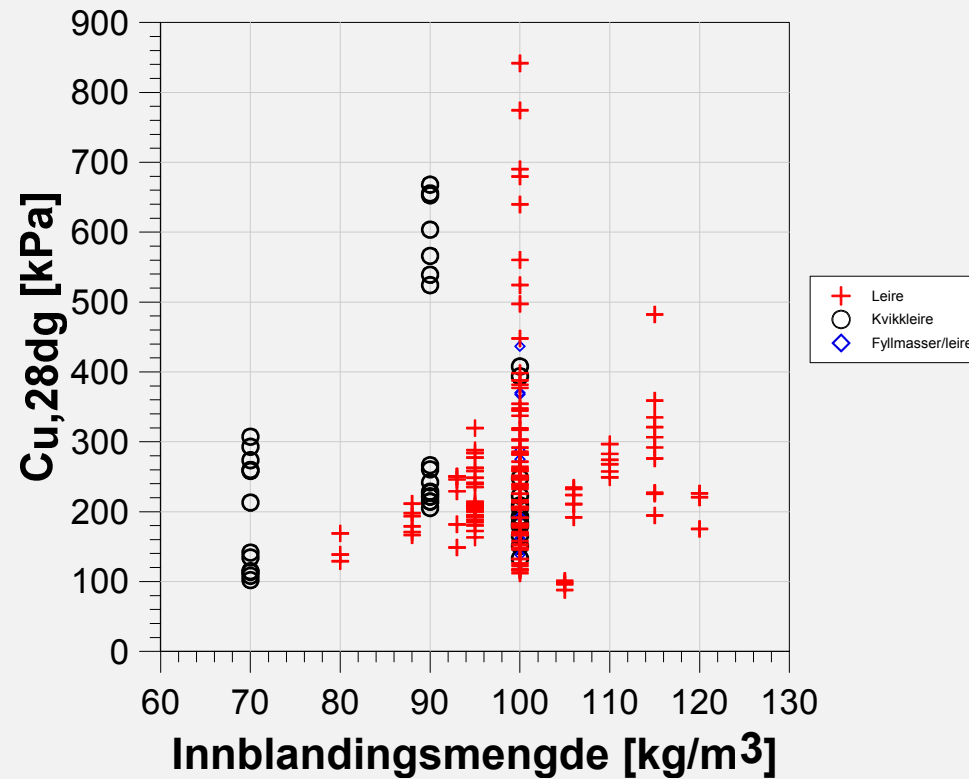
NGI har et pågående FOU prosjekt for å sammenstille egenskaper av KS- stabiliserte norske leirer.

- Enaksiale trykkforsøk på prøver blandet i laboratoriet
- Enaksiale trykkforsøk på prøver tatt av peler in-situ
- In-situ KPS, FOPS og CPTU sonderinger
- Treaksial forsøk (aktive og passive)- drenert og udrenert
- Ødometerforsøk

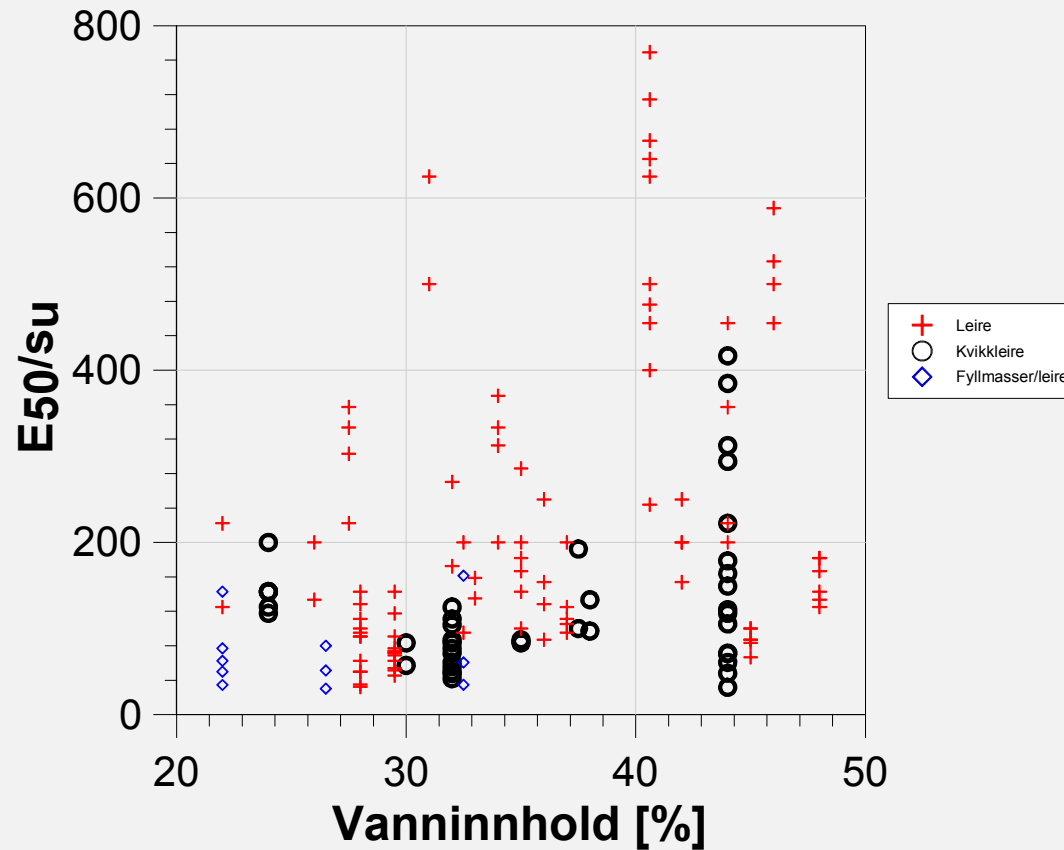
Enaksial skjærstyrke etter 28d i relasjon vanninnhold



Skjærstyrke etter 28d i relasjon mengde bindemiddel



Normalisert E-modul mot vanninnhold

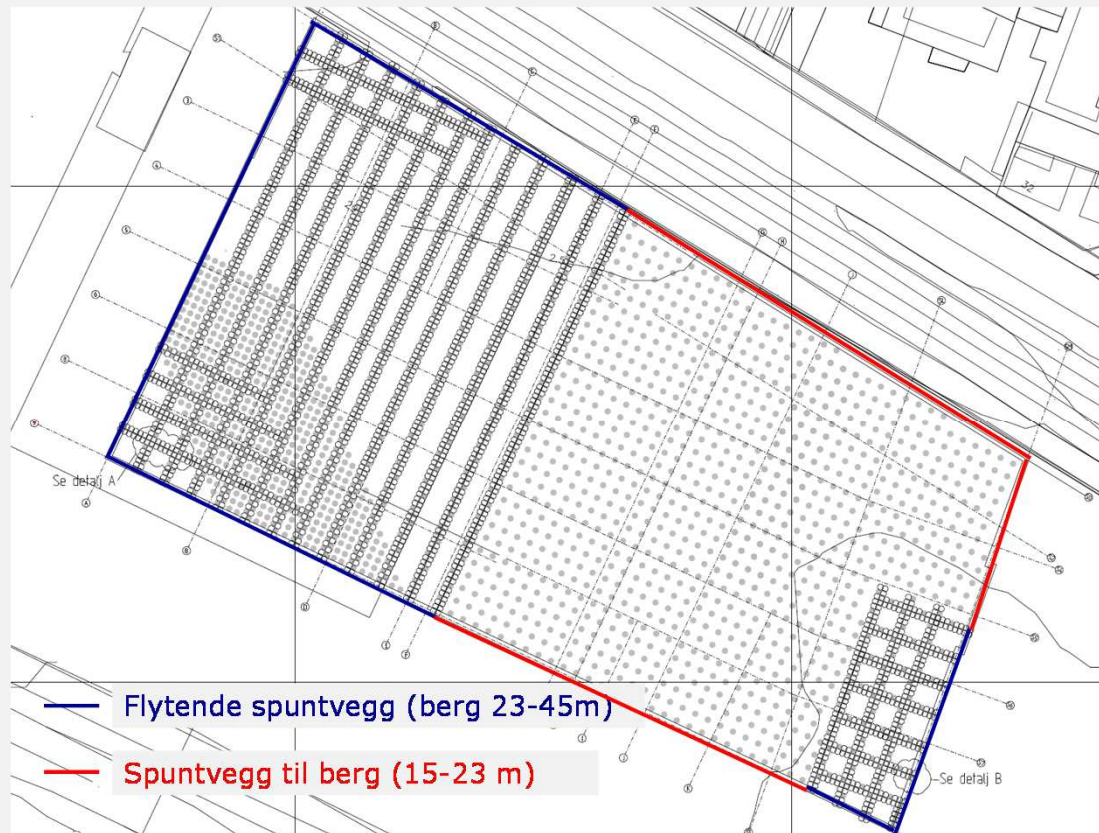


Eksempel byggegrop Schweigaardsgate 21-23, Oslo

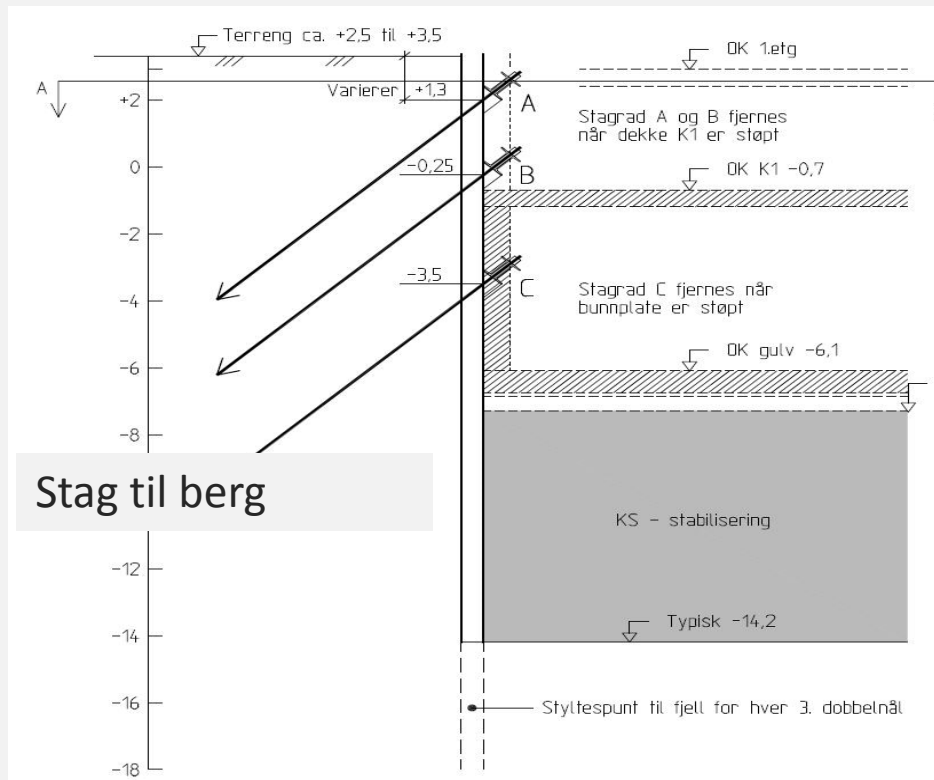


- 10 m gravedybde i NC Oslo leire
- Areal ca 90x45 m
- Nær til Oslo S spor og ny bro

KS stabilisering Schweigaardsgate 21-23, Oslo



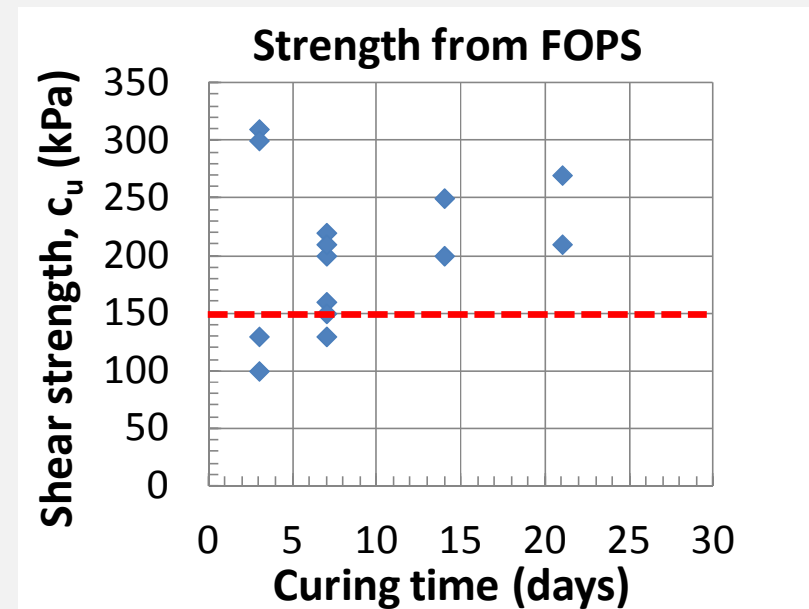
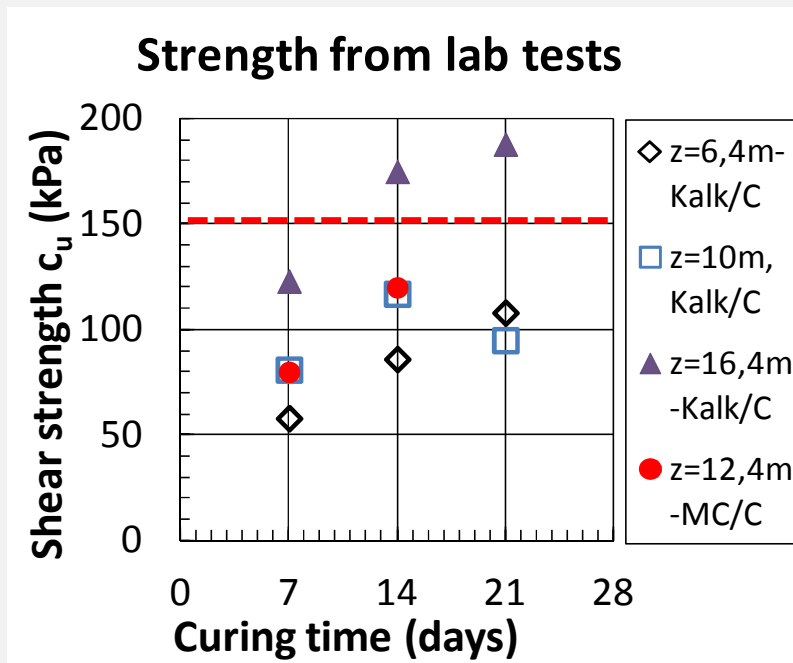
Snitt med KS stabilisering Sgt 21-23



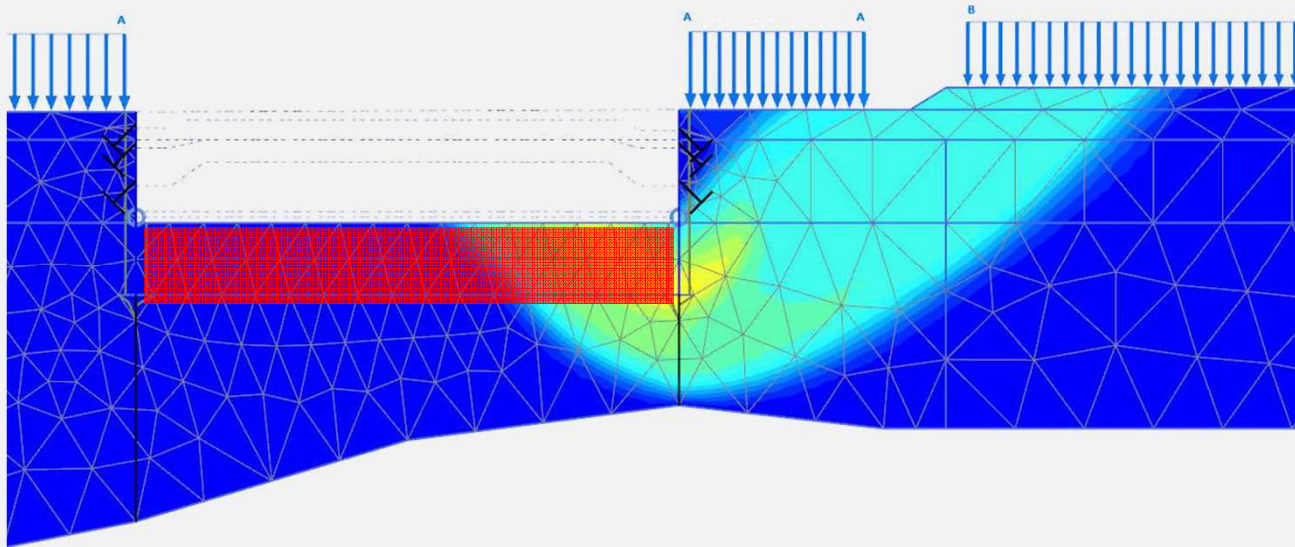
- KS peler $\varnothing 600\text{mm}$
- Doble paneler med c/c 3.0 m
- Dim. $c_u = 150\text{ kPa}$
- Bindmiddel 50/50 MC/C
- 100 kg/m^3

Styrker fra lab og FOPS- Sgt 21-23

Bindemiddel 100 kg/m³



PLAXIS med NGI-ADP jordmodell ble anvendt ved prosjektering



KS stabiliseringen gjorde det også lett å gjennomføre gravearbeider og stagsetting



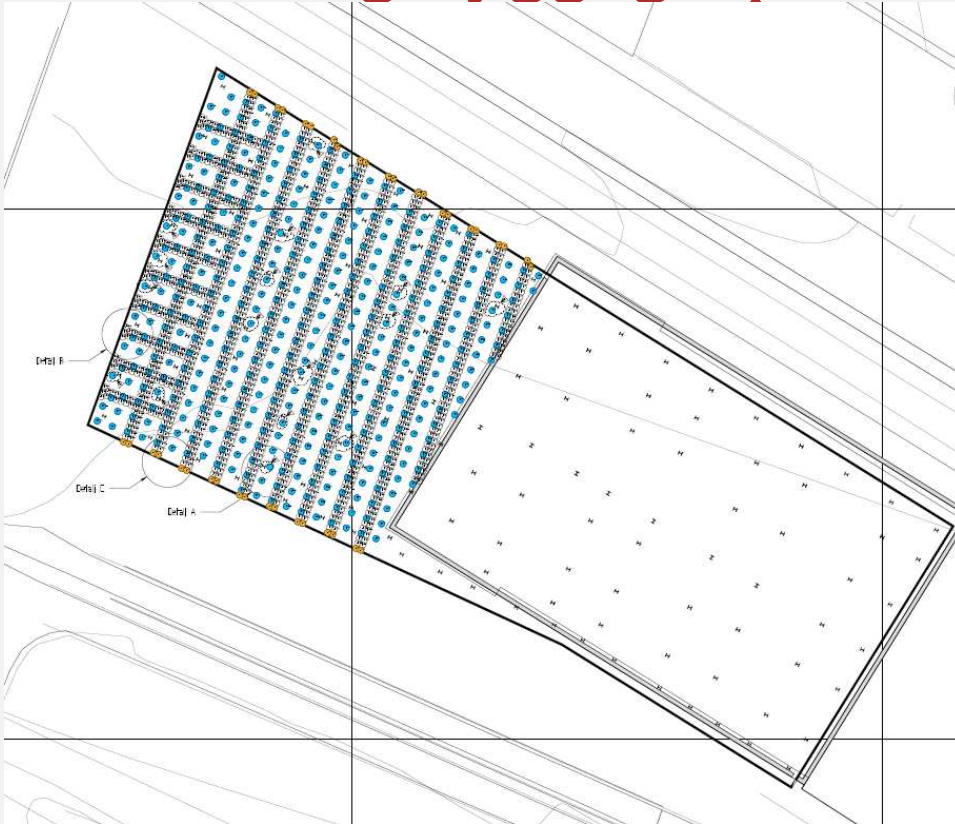
31

Byggegrupp Schweigaardsgate 27-29, Oslo



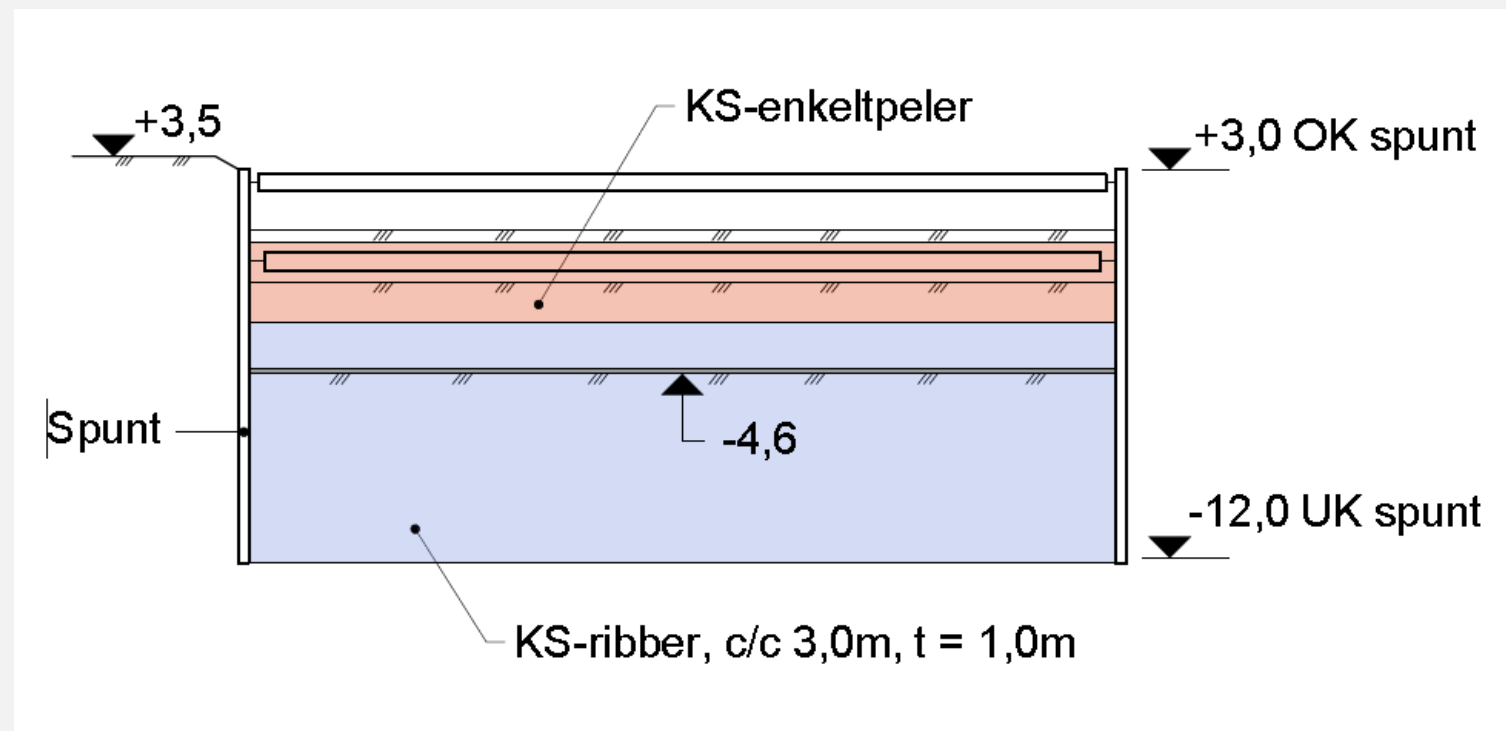
- 8 m gravedybde i NC Oslo leire
- Areal ca 80x35 m
- Nær til Oslo S spor og ny gangbro

KS stabilisering byggegrop Schweigaardgate 27-29

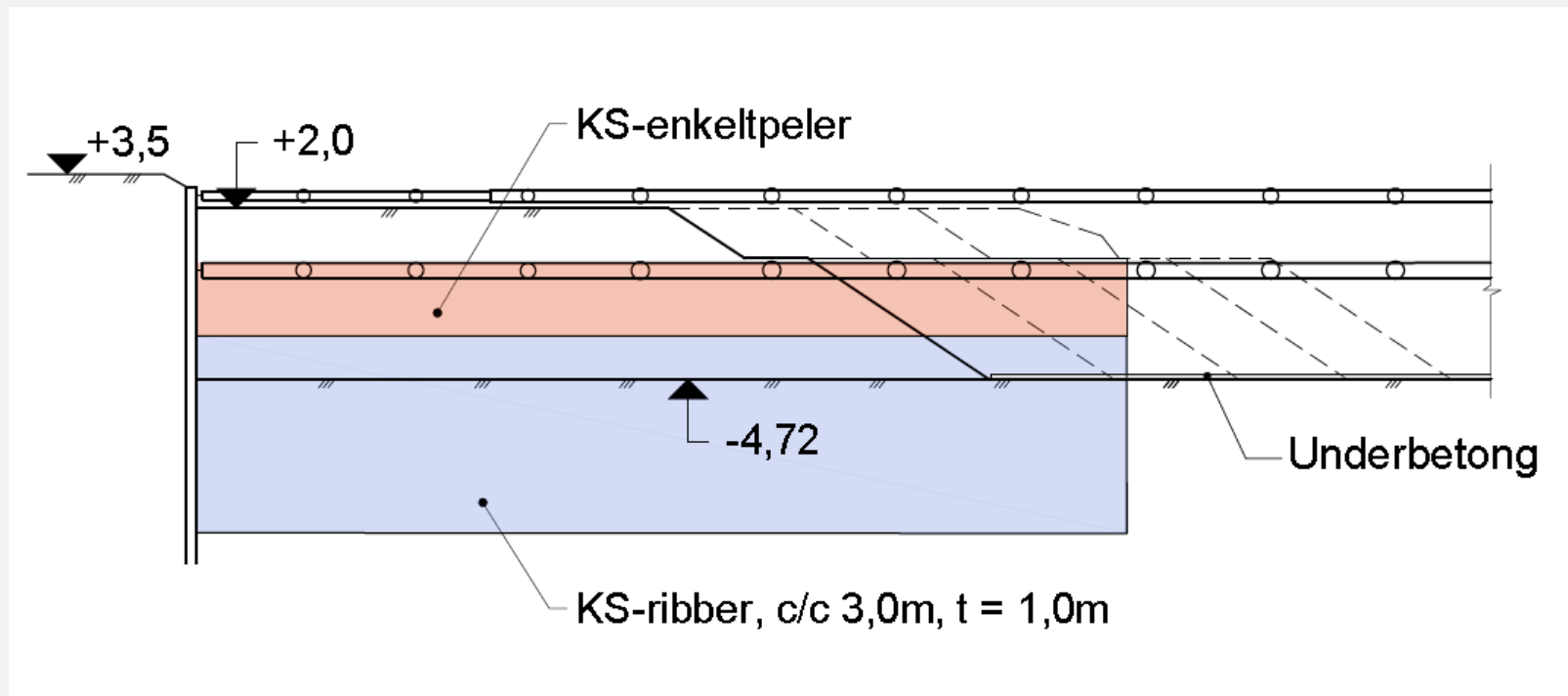


Jetpeler satt i
kontakt KS-paneler
og spuntvegg

Typisk snitt Schwegaardsgate 33



Prosedyre for graving og avstivning Schweigaardsgate 33



Fra KS-stabilisering Sgt.33



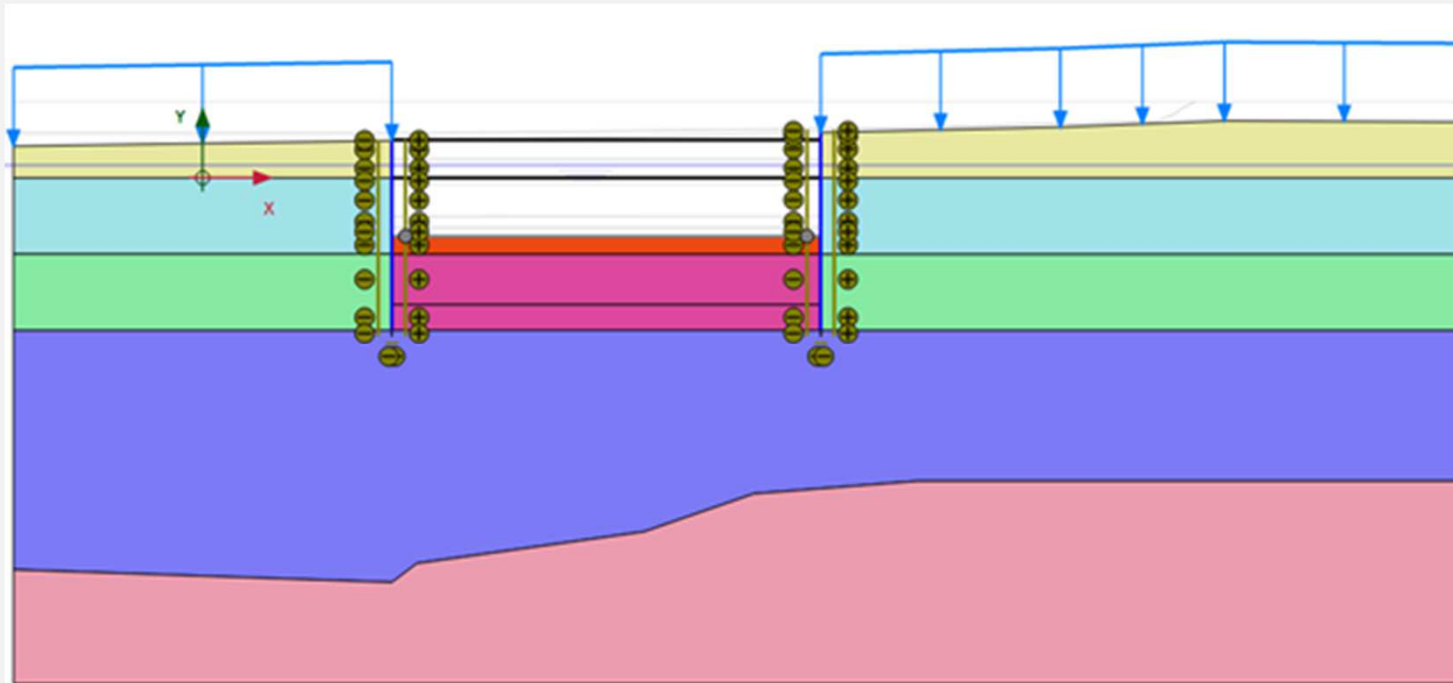
Fra utgraving byggegrop Sgt. 33



Fra utgraving Sgt. 27-29



PLAXIS modell Schweigaardsgate 27-29



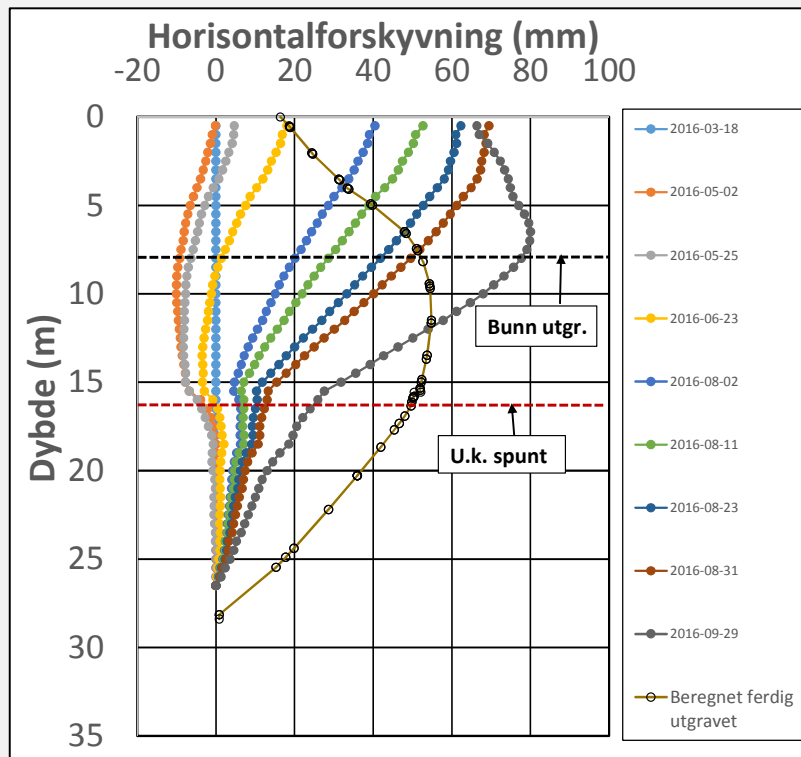
Parametre for KS stabilisert sone i PLAXIS

- DSS skjærstyrke av leire ca. 40 kPa
- Skjærstyrke KS 200 kPa (isotrop)
- E-modul KS 30 Mpa

For 33 % dekningsgrad:

- Midlere skjærstyrke ca. 90 kPa
- Midlere E-modul ca. 26 MPa

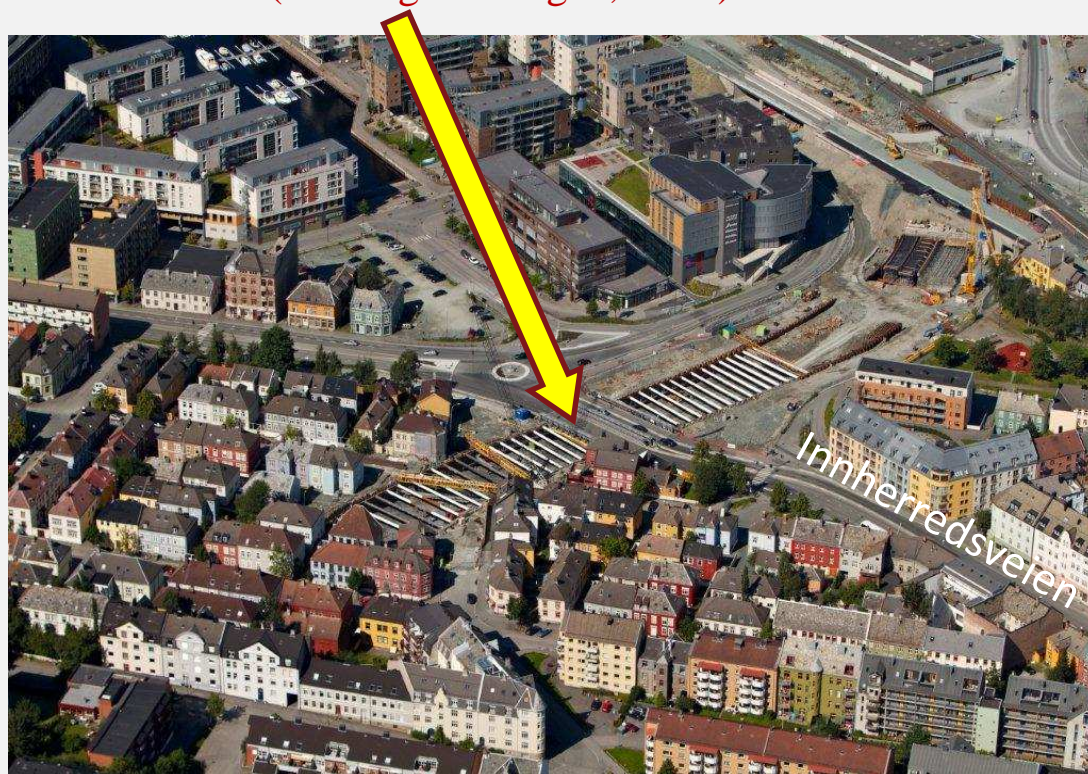
Beregnet og målt horisontalforskyvning SGgt. 27-29



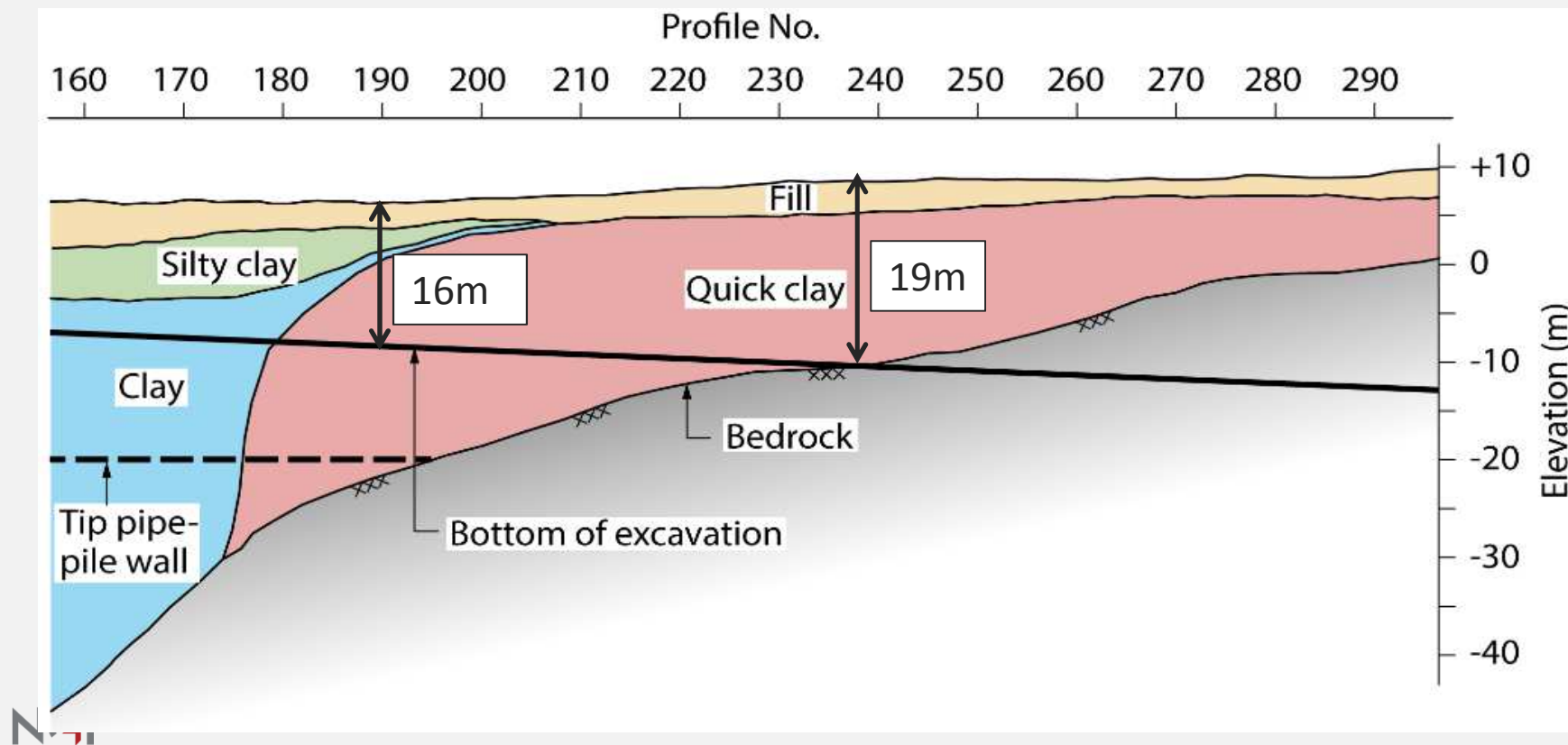
↗ Målt og beregnet horisontal forskyvning i KS-sonen er omtrent den samme (ca. 50 mm)

Møllenberg tunnelen i Trondheim

(fra Torgeir Haugen, NCC)

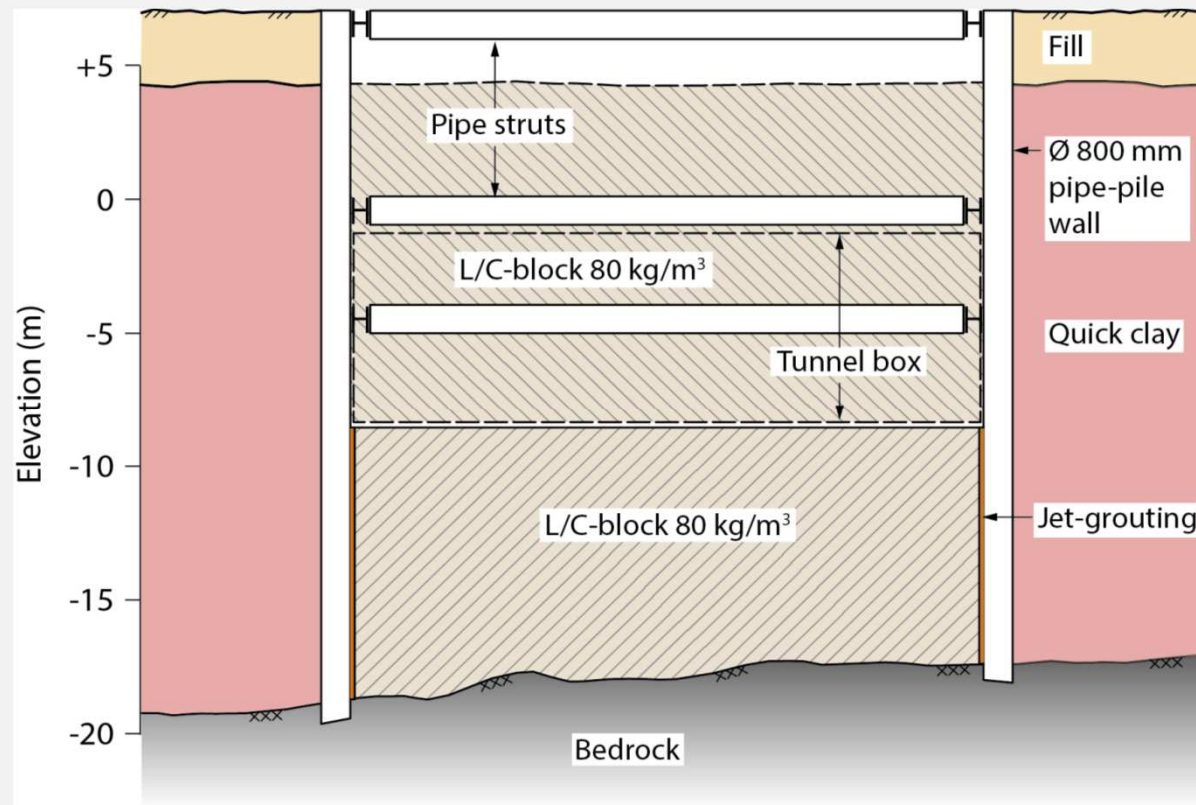


Lengdeprofil Møllenberg tunnelen (basert T.Haugen, NCC)



Blokkstabilisering ble anvendt på Møllenberg

(basert T.Haugen, NCC)



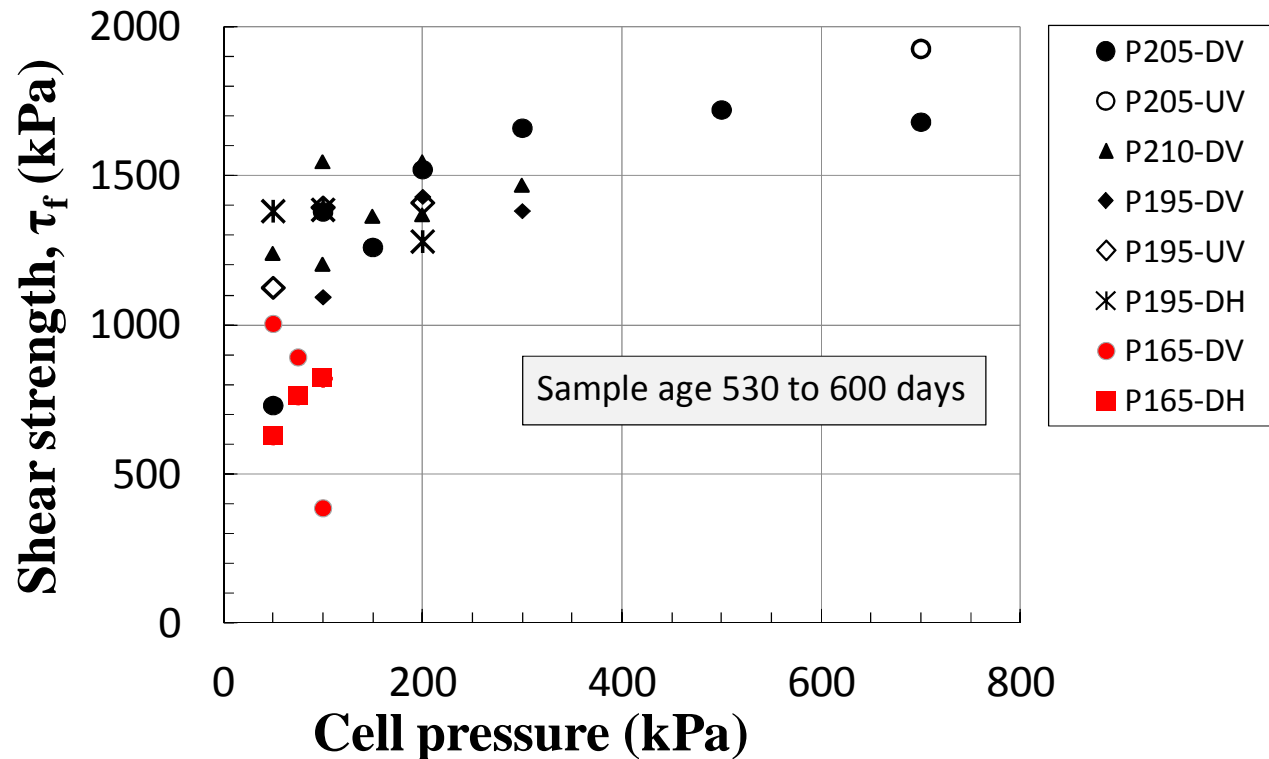
Styrker av KS-stabilisert leire, Møllenberg

(Basert T.Haugen, 2012)

- Basert lab-blandede prøver ble det konservativt valgt $C_u=120$ kPa for 80 kg/m^3
- FKPS, OPS og CPTU sonderinger etter 16-43 døgn viste $C_u= 300-600$ kPa
- Enda høyere verdier målt på blokkprøver tatt under utgraving av byggegropen!
- Horizontal innpressing av spuntvegg var i godt samsvar med beregninger (Brukt $E=120 \text{ Mpa}$)

Styrker målt på blokkprøver tatt i byggegropen

(Basert MSc oppgave av Simon Hanson, NTNU, 2012)



- 30 stk udrenerte og drenerte treaksialforsøk
- Både vertikalt og horisontalt trimmede prøver
- Isotrop konsolidering

Observasjoner fra forsøkene på blokkprøver fra Møllenberg

- ↗ Minst 5 ganger så høy styrke som målt på lab-blandede prøver etter 1 mnd.
- ↗ Ingen vesentlig forskjell i styrker fra drenert og udrenert treaks
- ↗ Ingen vesentlig forskjell i styrker fra prøver trimmet horisontalt og vertikalt
- **Tid + gunstigere herdeforhold i felt enn i lab er antagelig de viktigste årsaker til den store forskjellen i styrker**

Oppsummering

- Stabilisering av et stort antall spuntede byggegropser i bløt leire har vært utført i Norge- ingen grunnbrudd så langt!
- Det anvendes samme udrenerte styrke i aktiv og passiv sone
- Deformasjoner er generelt noe større enn forventet- bedres ved jetinjisering i kontakt spunt/KS-paneler
- Mye tyder på at skjærstyrken i felt er vesentlig høyere enn i laboratoriet