

Styrkeegenskaber i kalkstabilisering

Moræneler

BN 1-8-1. Definition for K1 og K2 jord (Moræneler)

8.2 *K1 dårlig jord*

Følgende jordarter klassificeres som dårlig jord:

- Moræneler med udrænet forskydningsstyrke $40 \leq c_u \leq 80$ kPa.

8.3 *K2 middel jord*

Følgende jordarter klassificeres som middel jord:

- Moræneler med udrænet forskydningsstyrke $c_u > 80$ kPa.

10.1.1 Jordarter

Jord, som skal indbygges i dæmninger, skal mindst være af kvalitetsklasse K2; dog tillades fyld af moræneler fra klasse K1 anvendt, hvis det kan komprimeres, så det opfylder komprimeringskravene i [4]. Der må ikke indbygges sten større end 100 mm.

[4] Vejregler: "Udbuds- og anlægsforskrifter for jordarbejder. Almindelig arbejdsbeskrivelse" (AAB), Vejdirektoratet.

Grundlag for RFB banedæmningsopbygninger

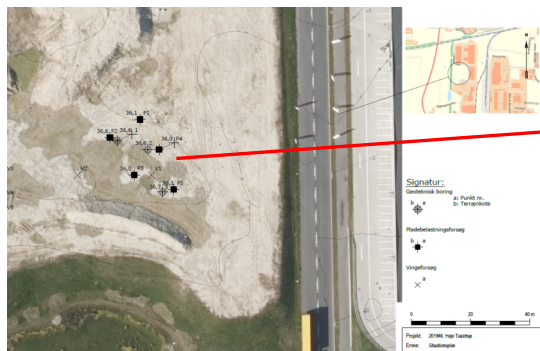
Udbuds krav RFB Fase 1: Råjorden som indbygges skal som udgangspunkt kunne henføres til **K2-jord** iht. BN 1-8-1.

Udbuds krav RFB Fase 2: Moræneler med $4\% < I_p < 25\%$.

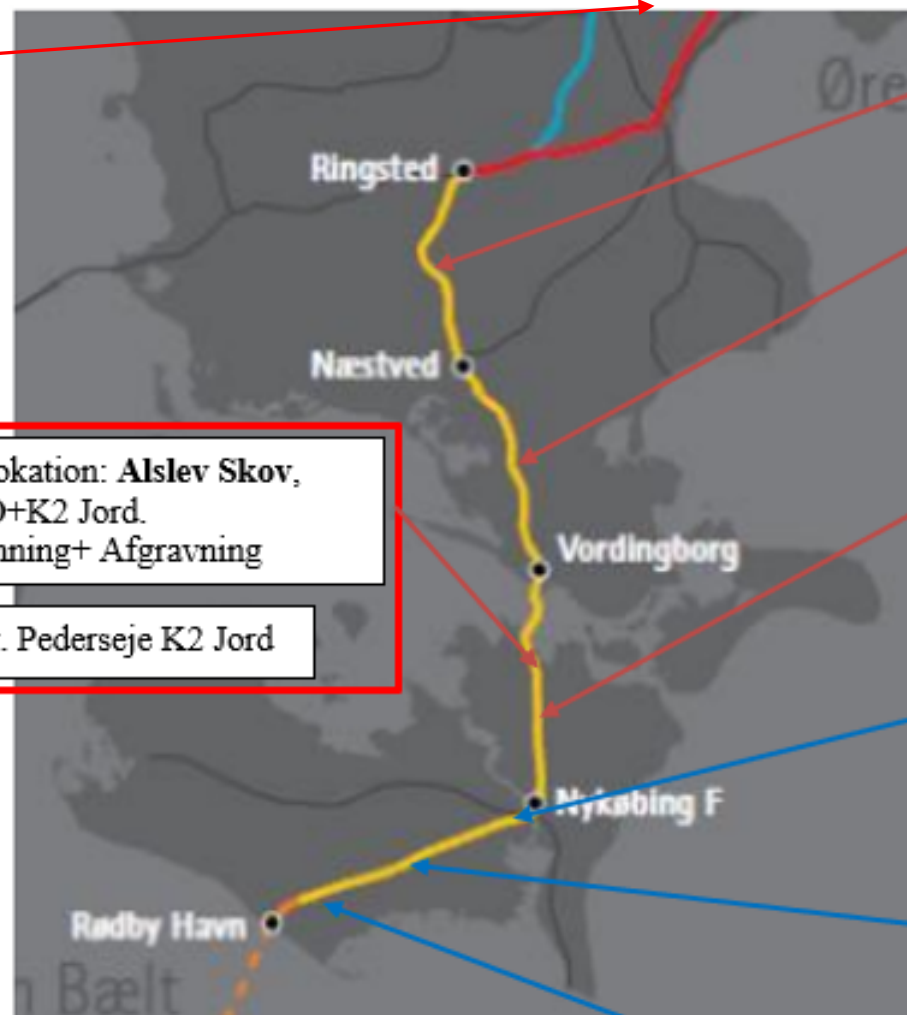
Ved $c_u = 40-80$ kPa samt naturligt vandindhold $> 2\% + w_{opt}$ kalkstabiliseres.

Designkrav. Nyanlæg: For at kunne henføre dæmningerne til CC3 med et skråningsanlæg $a = 2,0$ skal dæmningsfylden indbygges til $c_{u,k} = 80$ kPa (udrænet tilstand) og $\varphi' = 30^\circ$ og $c' = 8$ kPa (drænet tilstand).

Fase 2: I forbindelse med etablering af ny bane over Lolland skal der anvendes våd lerfyld (Moræneler) fra sidetag som har vist vingestyrker i de øvre jordlag svarende til K1
Jord.Testlokationer for Fase 2 er angivet med blå på Figur 1.



Copenhagen Market Taastrup.
K2 Jord indbygget (4 år gammel)



E2002. Lokation: **Alslev Skov**,
0,4m CaO+K2 Jord.
Eks. Dæmning+ Afgravning

Grusgrav. Pederseje K2 Jord

E2001. Lokation: **Østerskov**.
K2 Jord indbygget i Dæmning

Sidetag: K2 Jord Langs Banen

E2001. Lokation: **Ring**.
Våd K2 Jord indbygget i Ny Dæmning

Grusgrav, Bårse K2 Jord

E2002. Lokation: **Eskilstrup**,
0,4 m CaO+K2 Jord i Dæmning.

Sidetag: Eskildstrup Syd, K2 Jord

E2009-10/E2011. Lokation: **Engmosen**
CaO+K1/K2 Jord indbygget i Dæmning.

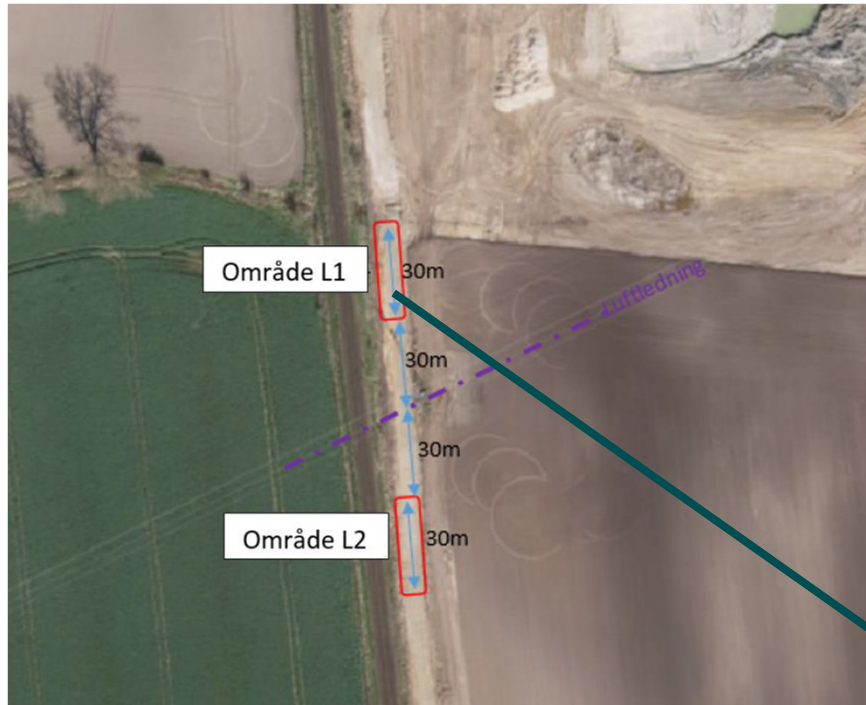
E2009-10. Sidetag/PG6: Engmosen,
K1 Jord + Lab.

E2009-10. Sidetag/PG7: Karlslundevej,
K1 Jord + Lab.

E2009-10. Sidetag/PG8-9: Errindlevvej,
K1 Jord + Lab.

Figur 1 : Oversigt over testlokationer på RFB Strækningen.
Rød = Fase 1. Blå = Fase 2.

E2002: Eskildstrup. Vingeforsøg/Pladebelastning

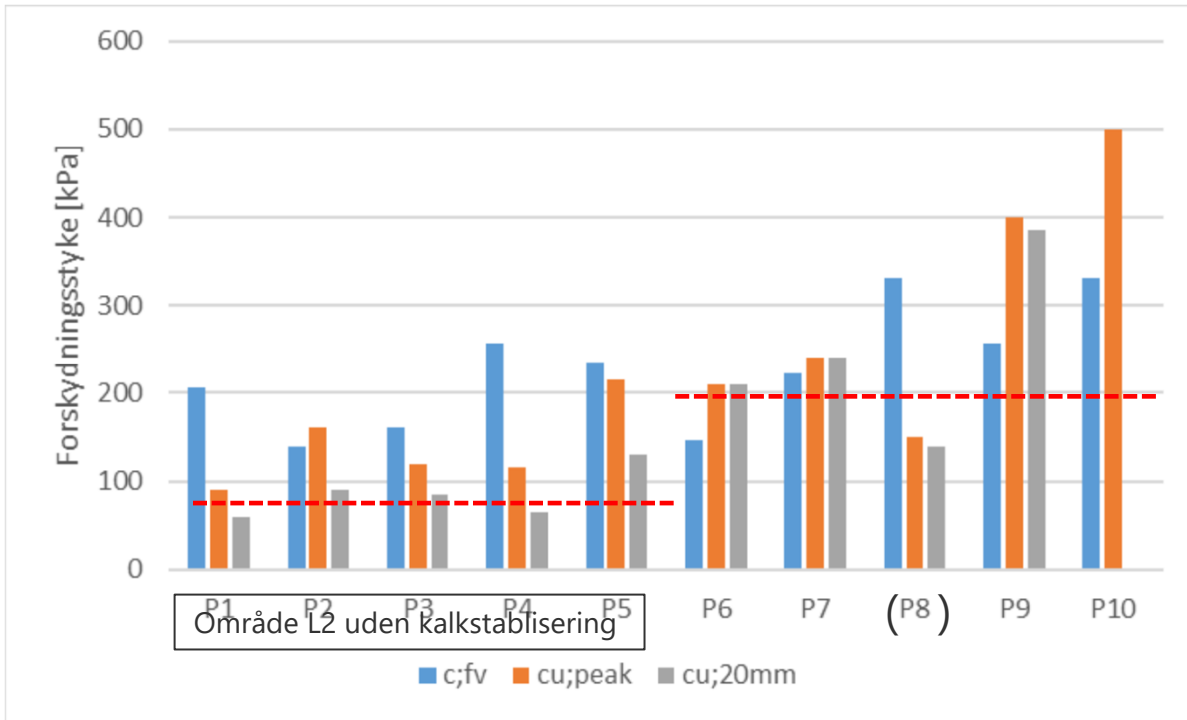


Vinge-/Pladebelastningsforsøg K2 Jord.

Forskydningsstyrke ved vingeforsøg, c_{fv} (Blå)

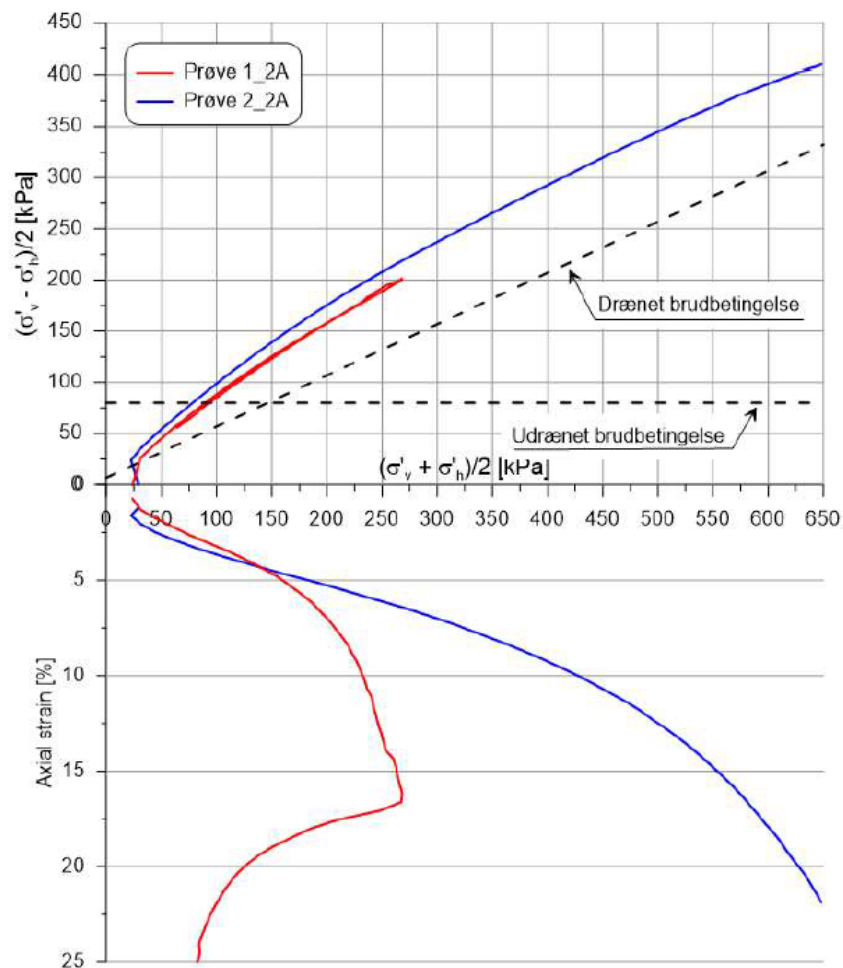
<-> Udrænet forskydningsstyrke ved Pladebelastning (Orange/Grå):

$$c_u = \frac{\sigma}{5,14 \cdot 1,2}$$



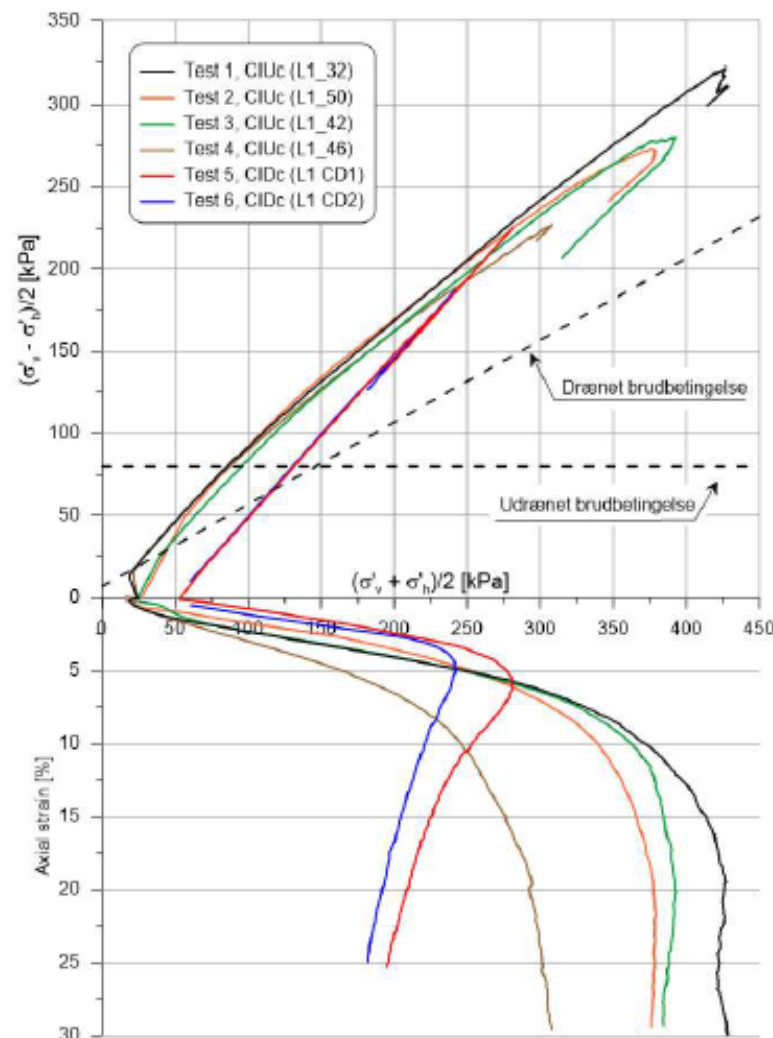
Fase 1: K2 Jord. Triax forsøg (CID+CIU)

Copenhagen Market (Figur 3)



Figur 3: CIUc-forsøg fra Copenhagen Market. Effektiv middelspænding er plottet mod den mobiliserede forskydningsspænding (øvre y-akse) og den tilhørende aksiale tøjning (nedre y-akse).

Eskildstrup (Figur 4)



Figur 4: CIUc- og CIDc-forsøg fra Eskildstrup. Effektiv middelspænding er plottet mod den mobiliserede forskydningsspænding (øvre y-akse) og den tilhørende aksiale tøjning (nedre y-akse).

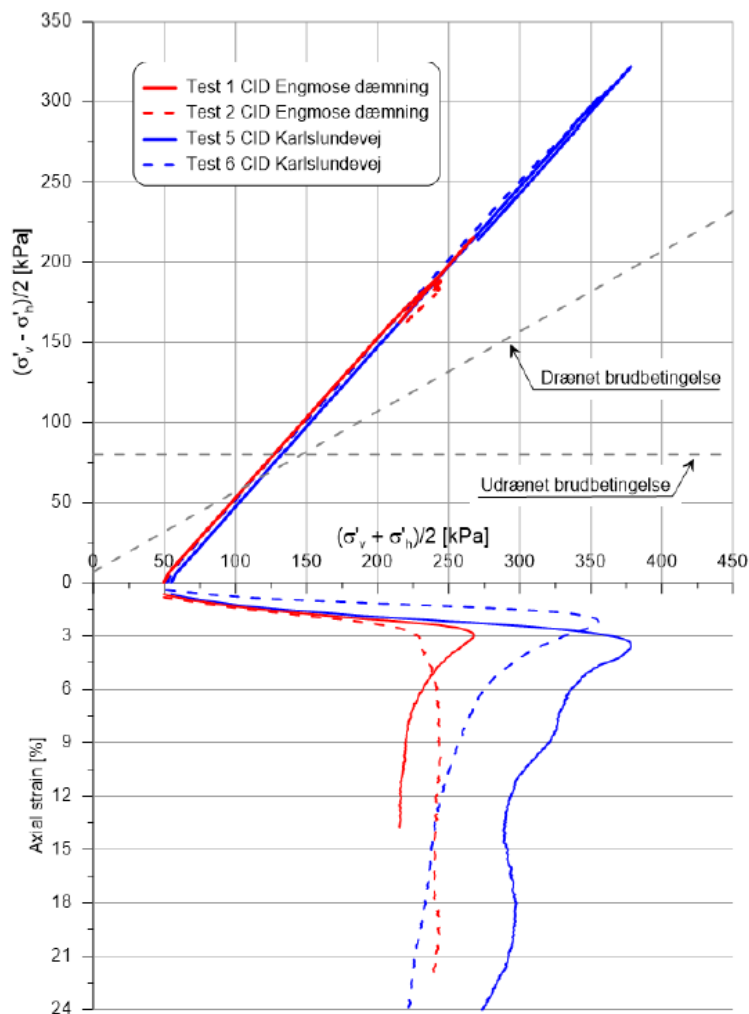
- Test 1: $c_u = 290$ kPa
- Test 2: $c_u = 258$ kPa
- Test 3: $c_u = 270$ kPa
- Test 4: $c_u = 190$ kPa

Udrænet brudbetingelse:
 $c_u = 80$ kPa

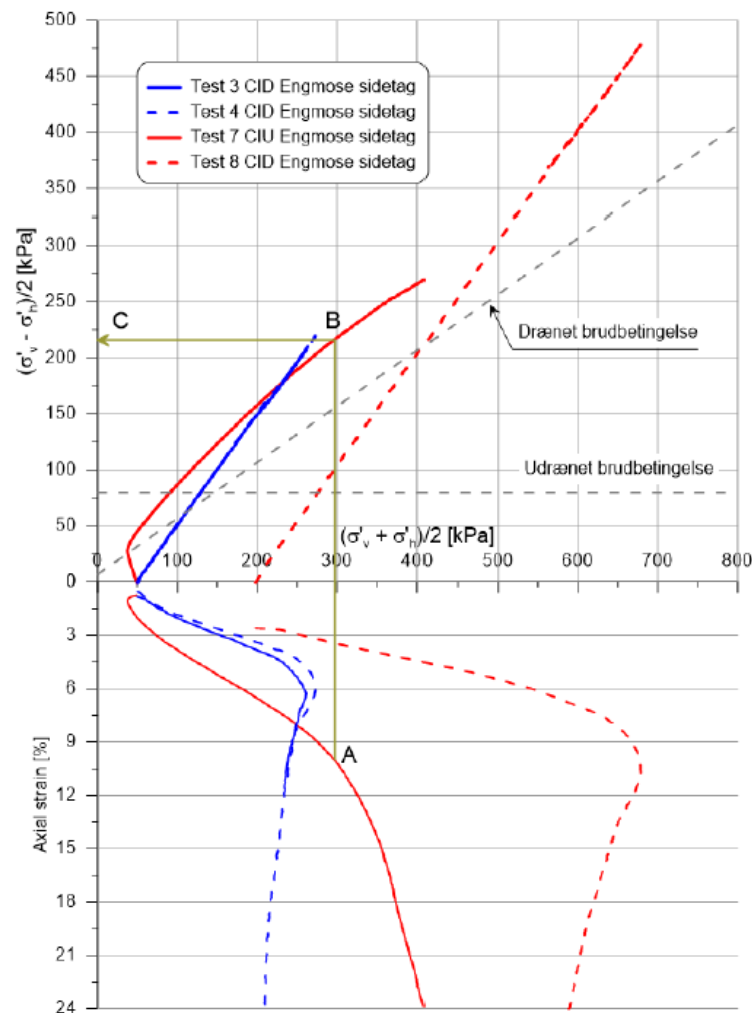
Drænet brudbetingelse:
 $\varphi' = 30^\circ$, $c' = 8$ kPa

Fase 2: K1 Jord Triax forsøg (CID + CIU)

Engmose dæmning (Figur 7.1, rød) Engmose sidetag (Figur 7.2)



Figur 7.1 CIDc-forsøg for Engmose dæmning og Karlslundevej. Effektiv middelspænding er plottet mod den mobiliserede forskydningsspænding (øvre y-akse) og den tilhørende aksiale tøjning (nedre y-akse).



Figur 7.2 CIDc- og CIUc-forsøg for Engmose sidetag. Effektiv middelspænding er plottet mod den mobiliserede forskydningsspænding (øvre y-akse) og den tilhørende aksiale tøjning (nedre y-akse).

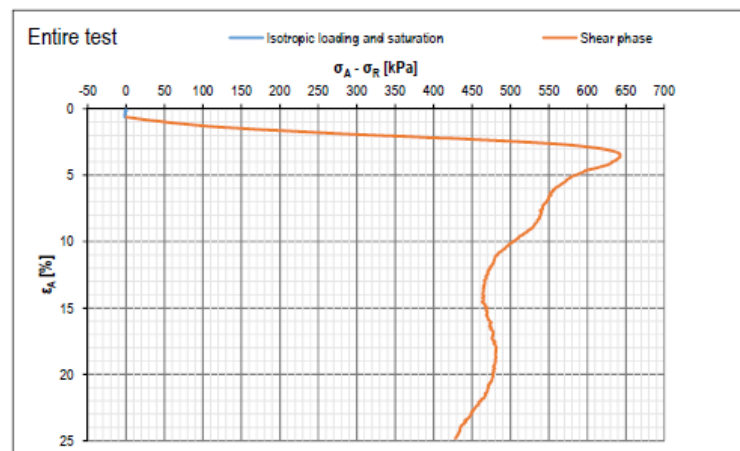
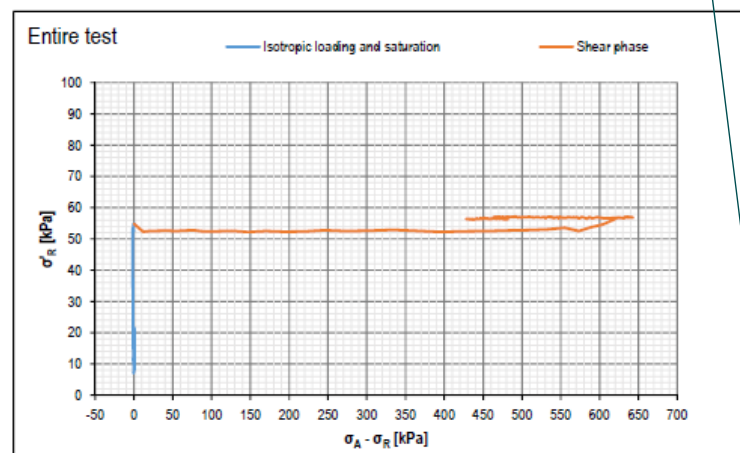
Test 7 [A->B->C] => $c_u = 220$ kPa



Foto. Ret fed Moræneler

Karlsundevej K1 Jord ($I_p = 4\%$)
Engmosen K1 Jord ($I_p = 13\%$)
Errindlevvej K1 Jord ($I_p = 20\%$)

Identification	Geological description
Borehole	0
Specimen no.	5
Depth [m]	0
	Lab. Kalkstabiliseret moræner (1%). Genindbygget
	Lokalitet 2 - PG7: Karlsundevej, Døllefeldt Musse
	Moræner, ret fedt, sandet, sv. gruset, med enk. rodtrevler, gråbrunt Gl



Results and interpretations

$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	53,7
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	48,9
c'	[kPa]	-

Results and interpretations

$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	53,7
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	48,1
c'	[kPa]	-

Results and interpretations

$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	58,1
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	52,5
c'	[kPa]	-

Results and interpretations

$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	58,1
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	52,5
c'	[kPa]	-

Results and interpretations

$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	58,1
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	52,5
c'	[kPa]	-

Results and interpretations

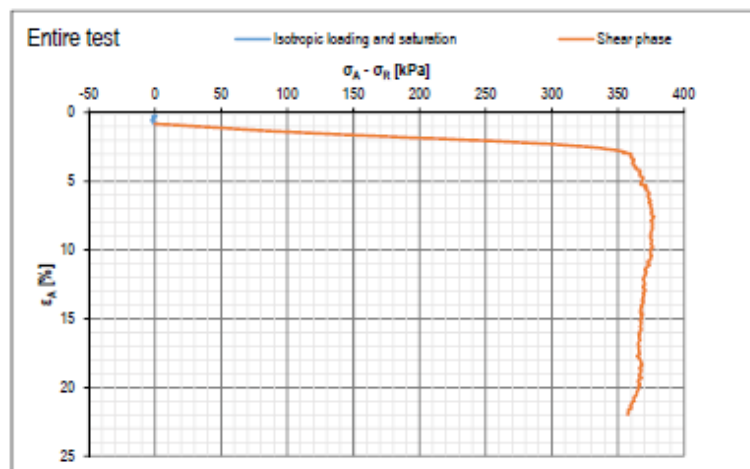
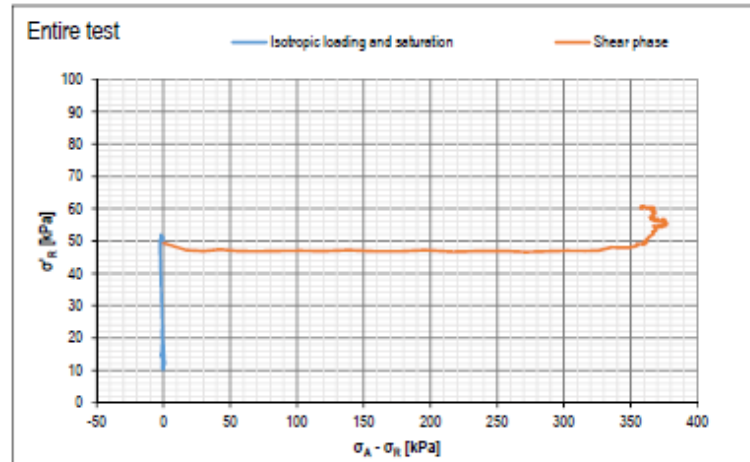
$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	58,3
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	50,4
c'	[kPa]	-

Genindbygning af kalkstabilisering

Engmosedæmningen K1+K2 Jord

Identification	Geological description
Borehole	0
Specimen no.	2
Depth [m]	0
	In situ Kalkstabiliseret moræner (1%). Genindbygget
	Engmosen, km 149,2
	Moræner, sandet, gruset Gl Gc



Results and interpretations

$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	50,8
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	48,2
c'	[kPa]	-

Results and interpretations

$\Psi'_{peak, sec}$	[°]	53,7
c'	[kPa]	-

$\Psi'_{res, sec}$	[°]	48,9
c'	[kPa]	-

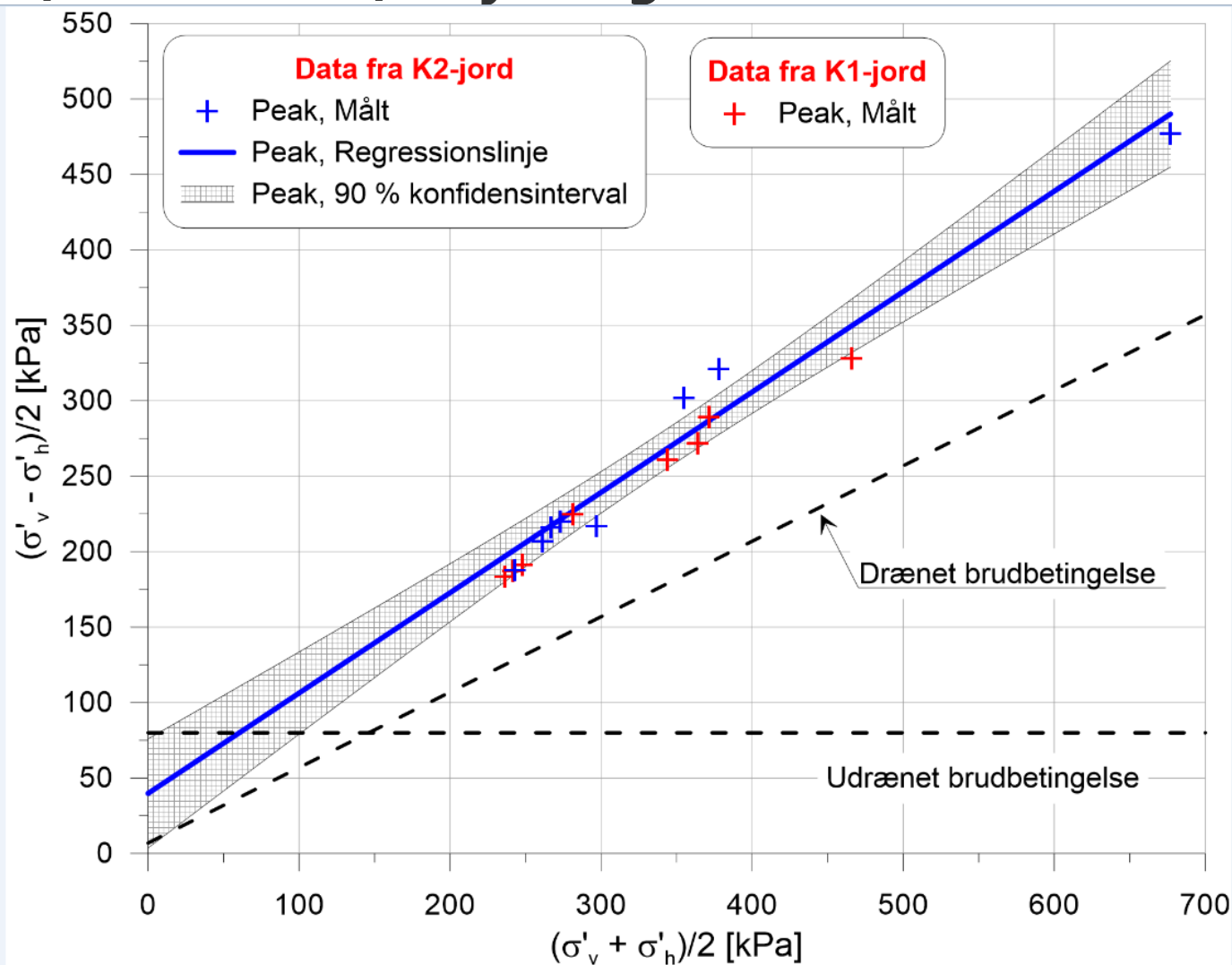
Sammenfatning:

$$c' = 0 \Rightarrow$$

$$\Psi'_{peak} = 50-58^\circ$$

$$\Psi'_{residual} = 48-52^\circ$$

(K1 + K2-Jord): Styrkeegenskaber i Kalkstabilisering



Forsøgsresultater (CIU+CID):

Regressionslinje, Peak:

$$\varphi'_{\text{peak}} = 41,7^\circ$$

$$c' = 53 \text{ kPa.}$$

Materiale K1 og K2 Jord:

Moræneler ($c_u > 40(60) \text{ kPa}$).

4% (stærkt sandet) $< I_p < 25\%$ (ret fed)

$$W_{\text{opt}} < 2-3\% + W_{\text{nat}} < 20 \%$$

1% CaO tilsætning.

Udrænet brudbetingelse: $c_u = 80 \text{ kPa}$

Drænet brudbetingelse: $\varphi' = 30^\circ$, $c' = 8 \text{ kPa}$

TITEL

Vurdering af styrkeegenskaber af kalkstabiliseret
fyld af K1-moræneler for Civil Works pakkerne på
Lolland

21-12-2021 rev 0

Følgende karakteristiske styrkeparametre anbefales for den kalkstabiliserede morænelersfyld af K1-jord:

- Udrænet forskydningsstyrke: $c_u = 80$ kPa
- Drænede styrkeparametre: $\phi' = 30^\circ$ og $c' = 8$ kPa

De drænede parametre er forsigtigt valgte, og er baseret på en serie af drænede triaksialforsøg.

Den udrænede forskydningsstyrke er verificeret med et enkelt udrænet triaksialforsøg, hvor værdien på 80 kPa synes som et meget forsigtigt estimat.

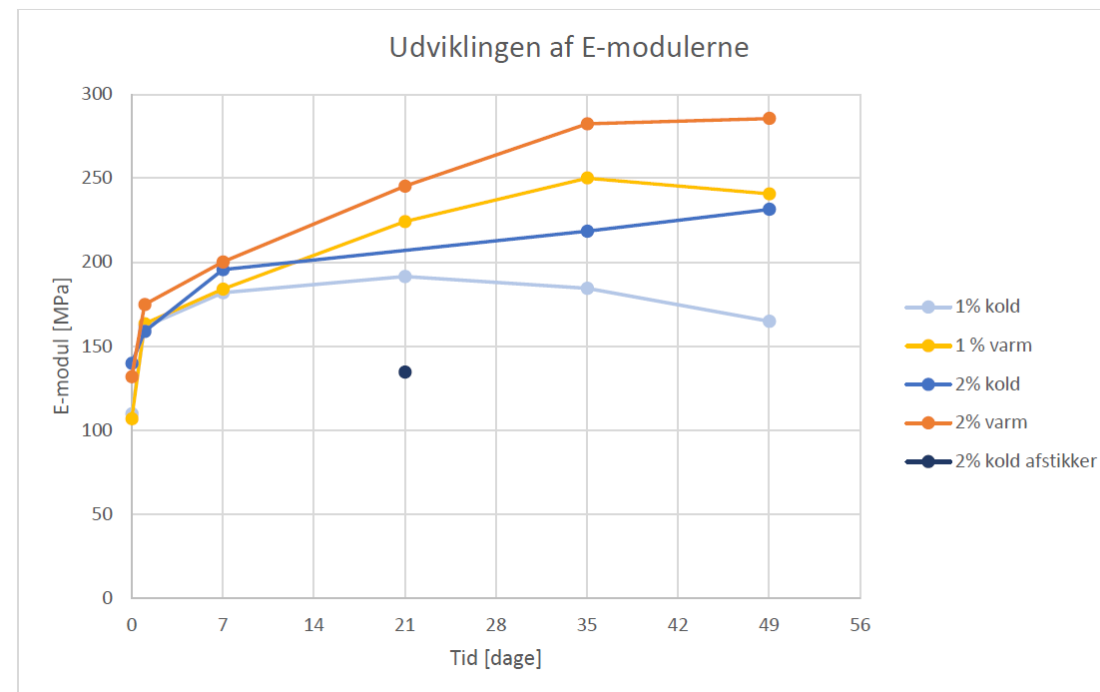
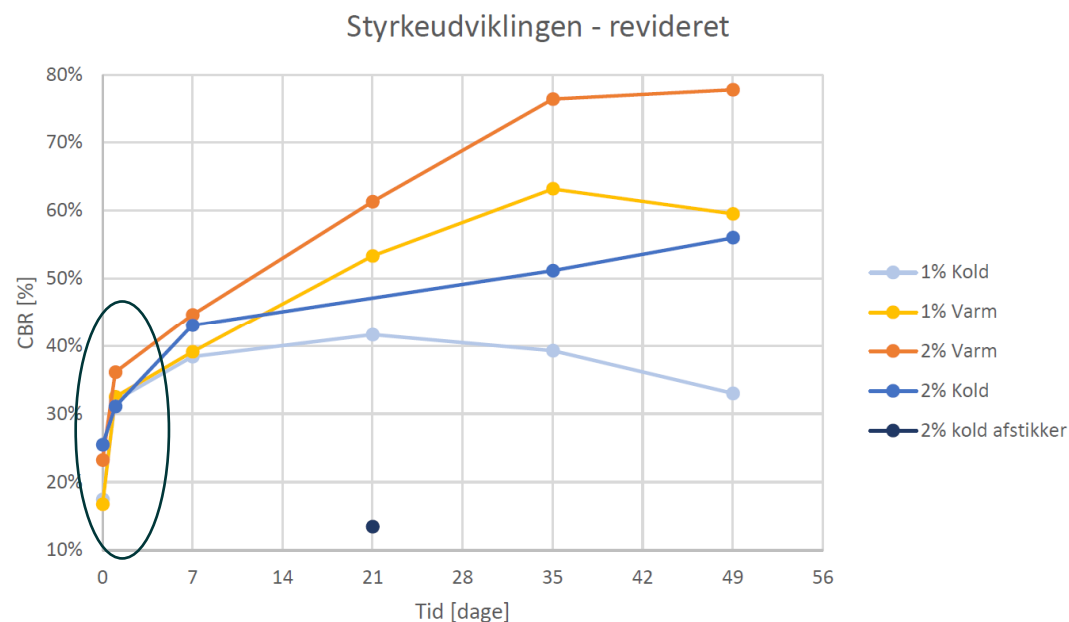
K1 Jord, St. sandet Moræneler ($I_p = 4\%$) - ret fed Moræneler ($I_p = 20\%$).

Dette memo er i sit indhold - og i de underliggende felt- og laboratorieforsøg - målrettet til Civil Works pakkerne på Lolland, og konklusionerne er derfor kun gyldige for de tilhørende strækninger. En udvidelse af dette anvendelsesområde kan kun opnås efter accept fra TSA Geoteknik.

Styrkeudvikling i kalkstabilisering over tid CBR Forsøg samarbejde med AAU

16-12-2022

Fie M. Stephansen
 Marcus Vincent
 Johan B. Exner



CBR-værdien er et udtryk for jordens deformationsmodstand, som især bruges indenfor vejbyggeri. E-modulet kan tilnærmelsesvist bestemmes ud fra CBR-værdien ved denne empiriske formel, hvis $CBR < 5\%$ (Bolet and Busch, 2016):

$$E = 10 \cdot CBR \text{ [MPa]}$$

Hvis $CBR > 5\%$, kan følgende formel benyttes (Bolet and Busch, 2016):

$$E = 17,6 \cdot CBR^{0,64} \text{ [MPa]}$$

Konklusion

- 1% CaO kalkstabiliseret Moræneler med $4\% < I_p < 20\%$ og et naturligt vandindhold, $w_{\text{nat}} = 2\% + w_{\text{opt}}$ har ved avancerede laboratorieforsøg og statisk pladebelastningsforsøg vist:
 - Udrænet forskydningsstyrke $c_u > 190 \text{ kPa}$.
 - Drænede parametre $\varphi' = 41,7^\circ$ og $c' = 53 \text{ kPa}$.
- Der er ikke forskel på K1 og K2 Jord når den kalkstabiliseres.
- Den største styrketilvækst i kalkstabilisering er indtruffet indenfor 3-4 dage efter indbygning.

Spørgsmål ?

