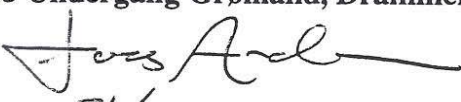



Til: Statens vegvesen Buskerud
v/: Bjørn Haram
Kopi: Arild Berg A/S v/Jon Johansen
Fra: Norges Geotekniske Institutt
Dato: 26 mai 1998
Prosjekt: 980010 Rv 283 Undergang Grønland, Drammen
Utarbeidet av: Lars Andresen 
Kontrollert av: Steinar Hermann 

Tittel: Resultater fra laboratorieundersøkelser på
k/s-stabilisert leire

1 INNLEDNING

Dette notatet oppsummerer resultater fra laboratorieundersøkelser på k/s-stabilisert leire og konklusjoner fra våre tolkninger og vurderinger av disse resultatene sammenliknet med hva som tidligere er antatt i stabilitet- og deformasjonsberegninger for byggegropen.

2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

Statens vegvesen Buskerud (SVB) tok opp fem Ø54 mm prøvesylindere med uforstyrrede leirprøver fra hull 3, dybde fra 5,2 m til 10,0 m. Plasseringen av prøvene i forhold til terrengnivå, trabunn og UK spunt vist på figur 1.

Opptatte prøver er rutineundersøkt ved Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling (Veglaboratoriet). Resultatene er vist på borprofil, figur 2.

Ved Norges Geotekniske Institutt (NGI) ble saltinnhold, figur 3, og enaksial trykkstyrke, figur 5 - 9, for naturlig (ikke stabilisert) leire bestemt for alle prøver.

På et antall leirprøver fra hver sylinder ble det utført stabilisering med innblanding av kalk og sement i laboratoriet. Det ble blandet inn like deler (50%/50%) kalk og sement tilsvarende 35 kg stabiliseringsmiddel pr. løpemeter for en Ø600 mm pel. Dette tilsvarer ca 9 - 10 % av tørrstoffinnholdet i leira. Stabiliseringen ble utført ved Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling (Veglaboratoriet).

f:\p\98\00\980010\tnot\02.doc

LA/StH/-

Postal address:	P.O. Box 3930 Ullevaal Hageby, N-0806 OSLO, NORWAY	Telephone:	(+47) 22 02 30 00	Postal account:	0814 51 60643
Street address:	Sognsveien 72, OSLO	Telefax:	(+47) 22 23 04 48	Bank account:	5096 05 01281
Internet:	http://www.ngi.no	e-mail:	ngi@ngi.no	Business No.	958 254 318 MVA

For de k/s-stabiliserte leirprøvene ble enaksial trykkstyrke bestemt etter herdetid på hhv. 7 døgn og 28 døgn, figur 10 - 14 og figur 15 - 24.

For k/s-stabilisert prøve fra dybde 7,6 m og 9,6 m med herdetid 28 døgn ble det utført to aktive treaksialforsøk (CAUA) med konsolidering av prøvene til in-situ spenningstilstand, figur 25 - 30.

Tabell 1 og figur 4 viser en sammenstilling av tolking av resultatene fra enaksiale trykkforsøk og treaksialforsøk utført på naturlig ubehandlet leire og k/s-stabilisert leire

3 TOLKING OG VURDERING AV RESULTATENE

3.1 Skjærstyrke for k/s-stabilisert leire

I prosjektering er det benyttet en karakteristisk isotrop udrenert skjærstyrke $s_u = 100$ kPa for k/s-stabilisert leire.

Resultatene fra samtlige enaksiale trykkforsøk viser en midlere udrenert skjærstyrke $s_u = 122$ kPa etter 28 døgns herdetid, se tabell 1. Resultatene fra de to aktive treaksialforsøkene viser begge $s_u \approx 200$ kPa. Etter 7 døgns herdetid viser resultatene fra de enaksiale trykkforsøkene en midlere udrenert skjærstyrke $s_u = 88$ kPa.

Figur 4 viser hvordan udrenert skjærstyrke (s_u) øker ved stabilisering med kalk/semment og med herdetiden. Etter 28 døgns herdetid viser ingen resultater udrenert skjærstyrke lavere enn 100 kPa og spredning er forholdsvis liten. Det er ingen systematisk forskjell på oppnådd udrenert skjærstyrke for den k/s-stabiliserte leiren med dybden eller leirtype (plastisk, mager). For den plastiske leiren, dybde 5 - 8 m, er udrenert skjærstyrke for k/s-stabilisert leire etter 28 døgn herding 6 - 7 ganger større enn skjærstyrken av naturlig leire. For den magre leiren, dybde 8 - 10 m, er den tilsvarende styrken etter 28 døgn omlag 11 ganger større.

3.2 Stivhet av k/s-stabilisert leire

I prosjektering er det ved beregning av deformasjoner på spunt og kloakkledning benyttet en udrenert E-modul ved 50 % mobilisering (E_{50}) for den k/s-stabiliserte leiren, $E_{50} = 75\,000$ kPa. Denne verdien ble estimert på grunnlag av at forholdet $E_{50}/s_{uA} = 750 - 900$ for naturlig Drammensleire og at dette forholdet ikke antas å endre seg ved stabilisering med kalk og semment.

Resultatene fra de enaksiale trykkforsøkene viser en midlere $E_{50} = 17\,000$ kPa etter en herdetid på 28 døgn, mens resultatene fra de to aktive treaksialforsøkene viser $E_{50} = 20\,200$ kPa og $23\,800$ kPa. Figur 4 viser hvordan stivheten øker ved stabilisering med kalk/semment

og med herdetid. Resultatene etter 28 døgns herdetid viser stor spredning med E_{50} varierende fra 6 300 kPa til 26 800 kPa.

Vi anser resultatene i form av absolutte verdier for stivheter (E_{50}) fra enaksiale trykkforsøk som lite relevante. Fra tabell 1 fremgår at forholdstallet $E_{50}/s_u \approx 40 - 50$ for naturlig leire, mens tidligere erfaring fra treaksialforsøk på Drammensleire viser $E_{50}/s_u \approx 750 - 900$.

Det er mer interessant å sammenlikne hvordan E_{50}/s_u - forholdet fra enaksiale trykkforsøk forandrer seg ved k/s-stabilisering. Tabell 1 viser at forholdet E_{50}/s_u øker fra en midlere verdi lik 44 for naturlig leire til en midlere verdi lik 140 for k/s-stabilisert leire etter 28 døgns herdetid. Vår tidligere antakelse om at dette forholdet ikke endrer seg ved stabilisering var derfor på den sikre siden.

4 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Resultater fra enaksiale trykkforsøk på k/s-stabilisert leire viser en midlere udrenert skjærstyrke $s_u = 122$ kPa etter 28 døgns herding.

Resultater fra to aktive treaksialforsøk (CAUA) med konsolidering til in-situ spenningstilstand viser begge $s_u \approx 200$ kPa.

Absolutte verdier for udrenert E-modul (E_{50}) fra enaksiale trykkforsøk på k/s-stabilisert leire etter 28 døgns herding viser en midlere verdi $E_{50} = 17\,000$ kPa, mens tilsvarende forsøk på naturlig leire viser en midlere verdi $E_{50} = 680$ kPa. Disse verdiene er som ventet svært lave og antas ikke å være representativ for faktisk stivhet.

Forholdet E_{50}/s_u øker fra midlere $E_{50}/s_u = 44$ for naturlig leire til midlere $E_{50}/s_u = 140$ for k/s-stabilisert leire, 28 døgns herding.

I deformasjonsberegningene er det antatt at forholdet E_{50}/s_u ikke endrer seg, noe som viser seg å være en forsiktig antakelse. Det er tatt utgangspunkt i erfaringstall for forholdet $E_{50}/s_u = 750$ for naturlig intakt leire. For k/s-stabilisert leire med udrenert skjærstyrke $s_u = 100$ kPa gir denne metoden $E_{50} = 100 \cdot 750 = 75\,000$ kPa. Vi mener at dette er en representativ verdi selv om absoluttverdiene fra de enaksiale trykkforsøkene er lavere.

Vår konklusjon er at disse forsøkene bekrefter at karakteristisk udrenert skjærstyrke ($s_u = 100$ kPa) som er benyttet ved prosjektering er fornuftig. Videre viser forsøkene at den metoden som er benyttet for å estimere stivheten E_{50} for k/s-stabilisert leire er egnet.

Tabell

TABELL 1

980010 Rv. 283 Undergang Grønland, Drammen

Resultater fra skjærstyrkeforsøk på k/s-stabilisert leire

Dybde (m)	Sylind. nr	Lab. nr	Herdetid (døgn)	Enaks (E) Treaks (T)	wi (%)	s_u (kPa)	ε_{Af} (%)	E_{50} (kPa)	E_{50}/s_u
5.3	F165	112	0	E	49.1	19	12.2	800	43
5.3	F165	112	7	E	43.4	61	3.0	6620	109
5.3	F165	112	28	E	42.9	122	3.5	16212	133
5.3	F165	112	28	E	43.1	110	3.2	17656	161
5.3	F165	112	28	E	43.3	108	2.9	16892	157
6.3	F44	113	0	E	45.1	19	12.0	616	33
6.3	F44	113	7	E	41.5	92	4.0	9552	104
6.3	F44	113	28	E	40.9	129	3.2	25112	195
6.3	F44	113	28	E	41.1	124	2.8	26848	217
7.3	F25	114	0	E	37.9	15	10.8	848	57
7.3	F25	114	7	E	33.7	83	5.0	4344	52
7.3	F25	114	28	E	33.3	100	4.3	7852	79
7.6	F25	114	28	T	30.2	211	16.0	20188	96
8.3	F61	115	0	E	39.1	11	13.3	480	44
8.3	F61	115	7	E	31.7	103	5.5	6000	58
8.3	F61	115	28	E	30.9	116	4.5	11494	99
8.3	F61	115	28	E	30.7	131	3.6	14254	109
9.3	F122	116	0	E	36.8	13	10.5	648	50
9.3	F122	116	7	E	31.6	102	4.0	9630	94
9.3	F122	116	28	E	31.5	117	4.0	6336	54
9.3	F122	116	28	E	31.3	160	3.1	27634	173
9.6	F122	116	28	T	-	199	15.0	23822	119

 ε_{Af}

Aksial tøyning ved brudd

 E_{50}

Udrenert E-modul ved 50 % mobilisering

LA / 04.05.98

F:\P\98\00\980010\DIV\ENAKS.XLS



OPDRAG
JOB TITLE

FORSØK / BEREGNING
SUBJECT

Rv. 283 Undergang Grønland

Drøvetaking for K/S-stabilisering

OPDRAGSNR.
CONTRACT NO.
980010

SIGN. *Stal*

KONTR.
CONTR.

SIDE
PAGE

DATO
DATE 16/3 08

DATO
DATE

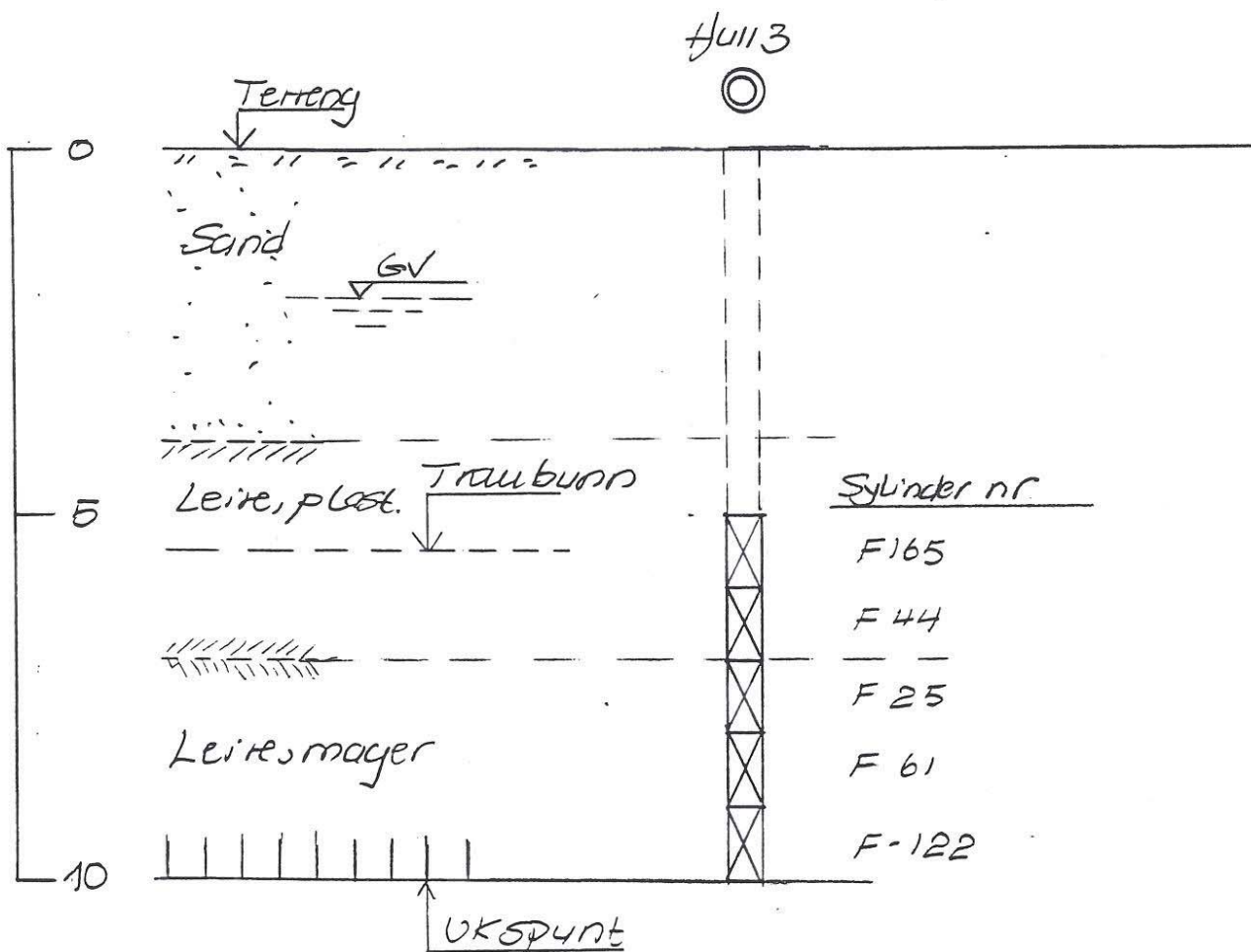


Fig. 1



Geoteknisk undersøkelse - Borprofil

Oppdragsnr: FD484B

Navn: JERNBANEUNDERGANG GRØNLAND

Prøveserie: 002

km/*pel: HULL3

Avst. CL:

Analyseår: 1998

Prøvetaker: 54 mm

Dyb- de (m)	Materiale	Prø- ve	Vanninnhold (%)			γ kN/m ³	S _t	Skjærstyrke (kN/m ²)					Gl. %
			20	40	60			20	40	60	80	100	
1													
2													
3													
4													
5													
6	SILTIG LEIRE	112				17,4	6	▼	○				2,80
7	SILTIG LEIRE	113				17,5	6	▼	○				
8	SILTIG LEIRE	114				18,5	4	▼	○				1,40
9	SILTIG LEIRE	115				19,0	6	▼	○				
10	SILTIG LEIRE	116				18,8	6	▼	○				
11													

Fig. 2

Norges Geotekniske Institutt



Miljølaboratoriet - Fysisk/kjemiske bestemmelser (MLP035)

Prosjekt nr.: 980010-1

Prosjekttitel: BOR 3

Type analyse.: Saltinnhold i jord

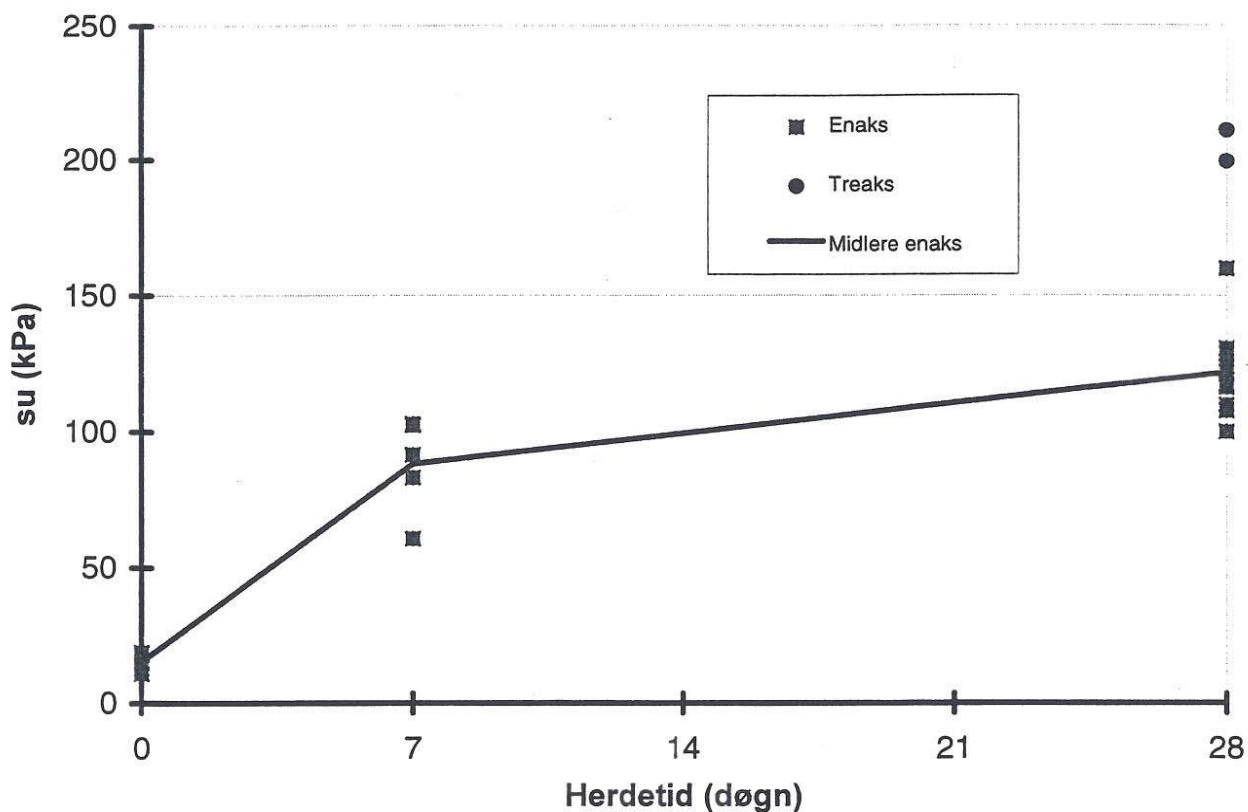
Dato/sign.: 30.03.98 MaB

Dato/kontr.: 31.03.98 TR

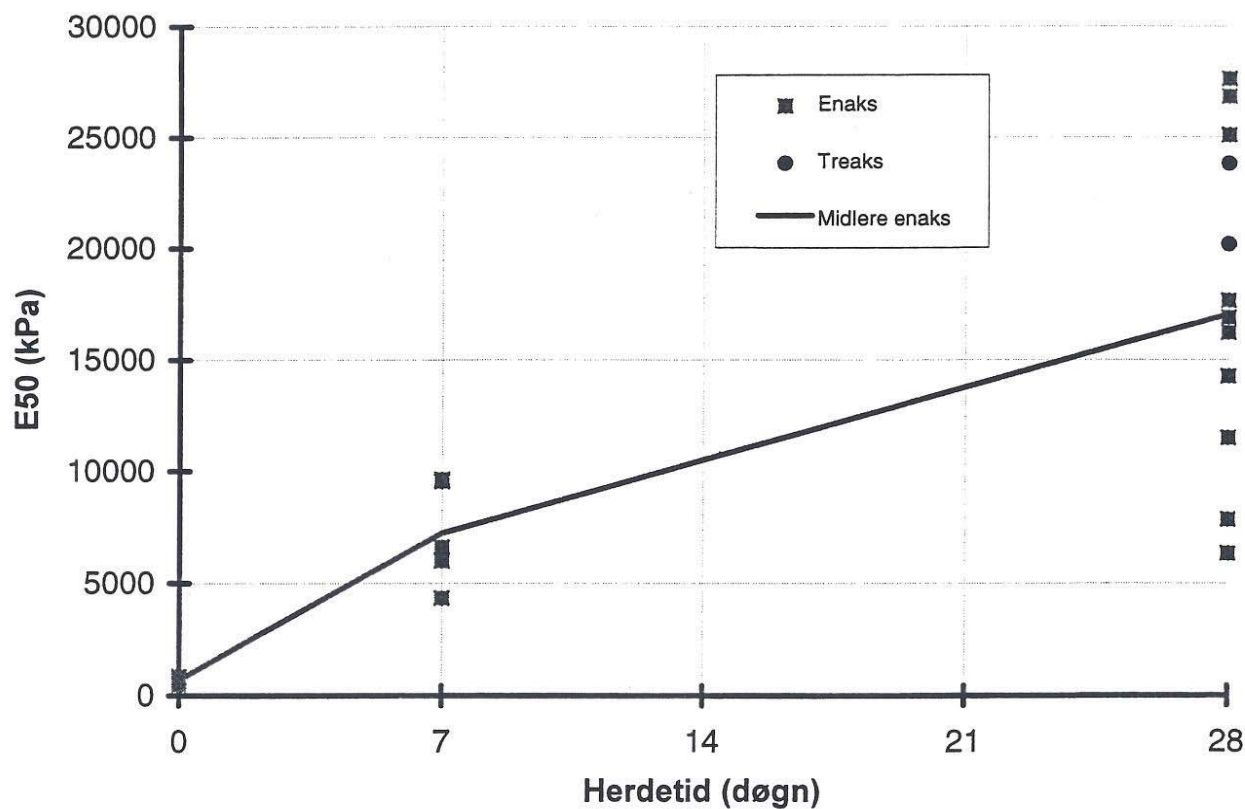
Sylinder

Prøve nr	Nat.saltinnh.	
	(g/l)	(g/kg ts)
F-165	10.6	2.9
F-44	15.8	7.9
F-25	19.4	7.0
F-61	25.5	8.5
F-122	29.3	10.4

A



B



F:\P\98\00\980010\DIV\ENAKS.XLS

Rv. 283 Undergang Grønland, Drammen

Rapport nr.
980010-1Figur nr.
4

Resultater fra skjærstyrkeforsøk på k/s-stabilisert leire

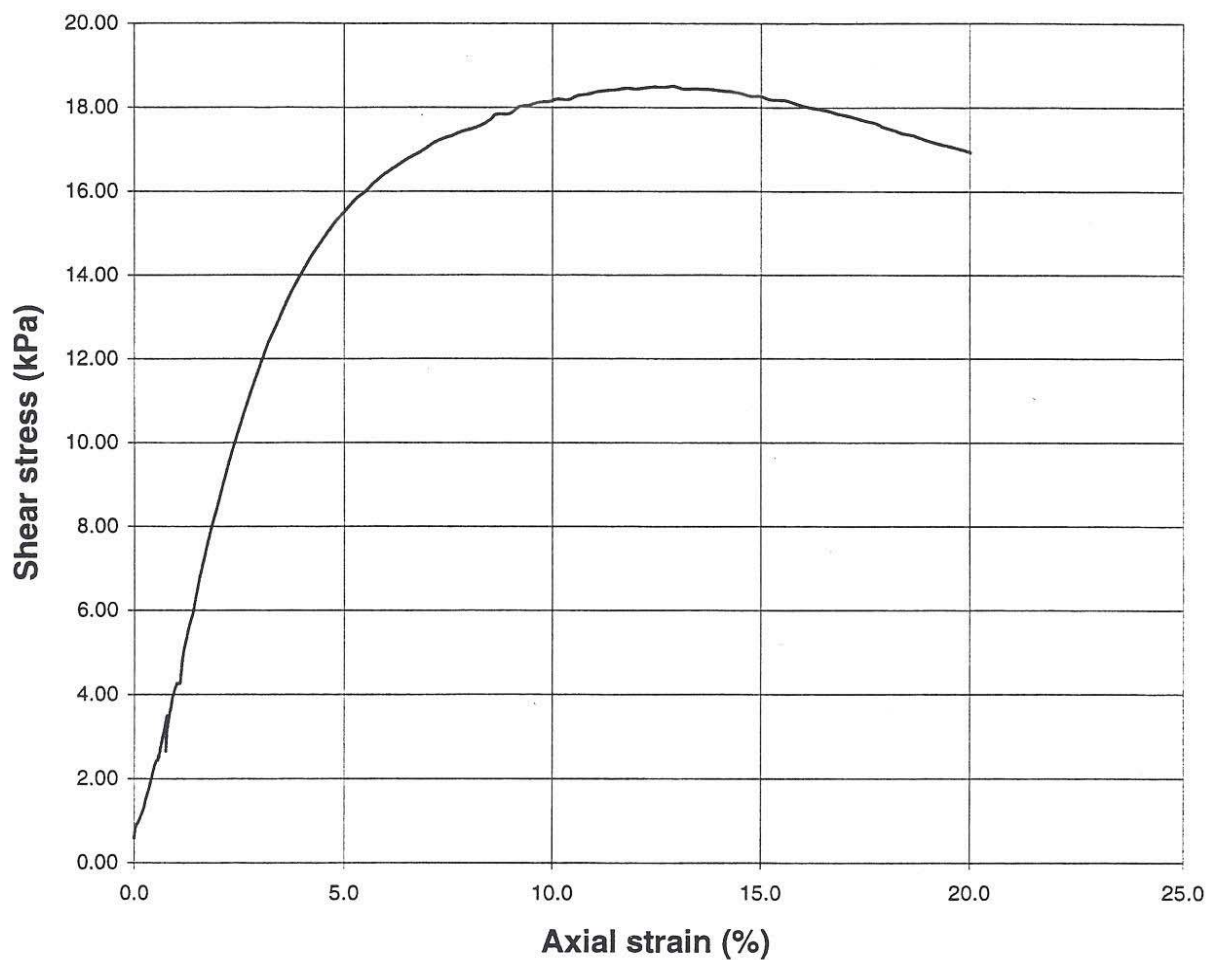
Tegner
Dato
28/05/98A: Udrenert skjærstyrke (s_u) som funksjon av herdetid

Kontrollert

B: Udrenert E_{50} -modul som funksjon av herdetid

Godkjent





RV. 283 Undergang Grønland, Drammen

Report No.
980010

Figure No.
5

Unconfined compression test

Depth = 5.30 m

Drawn by
M.F.S

Date
06.04.98

Boring: 3

Tube: F165

γ = 17.05 kN/m³

Checked
G.S

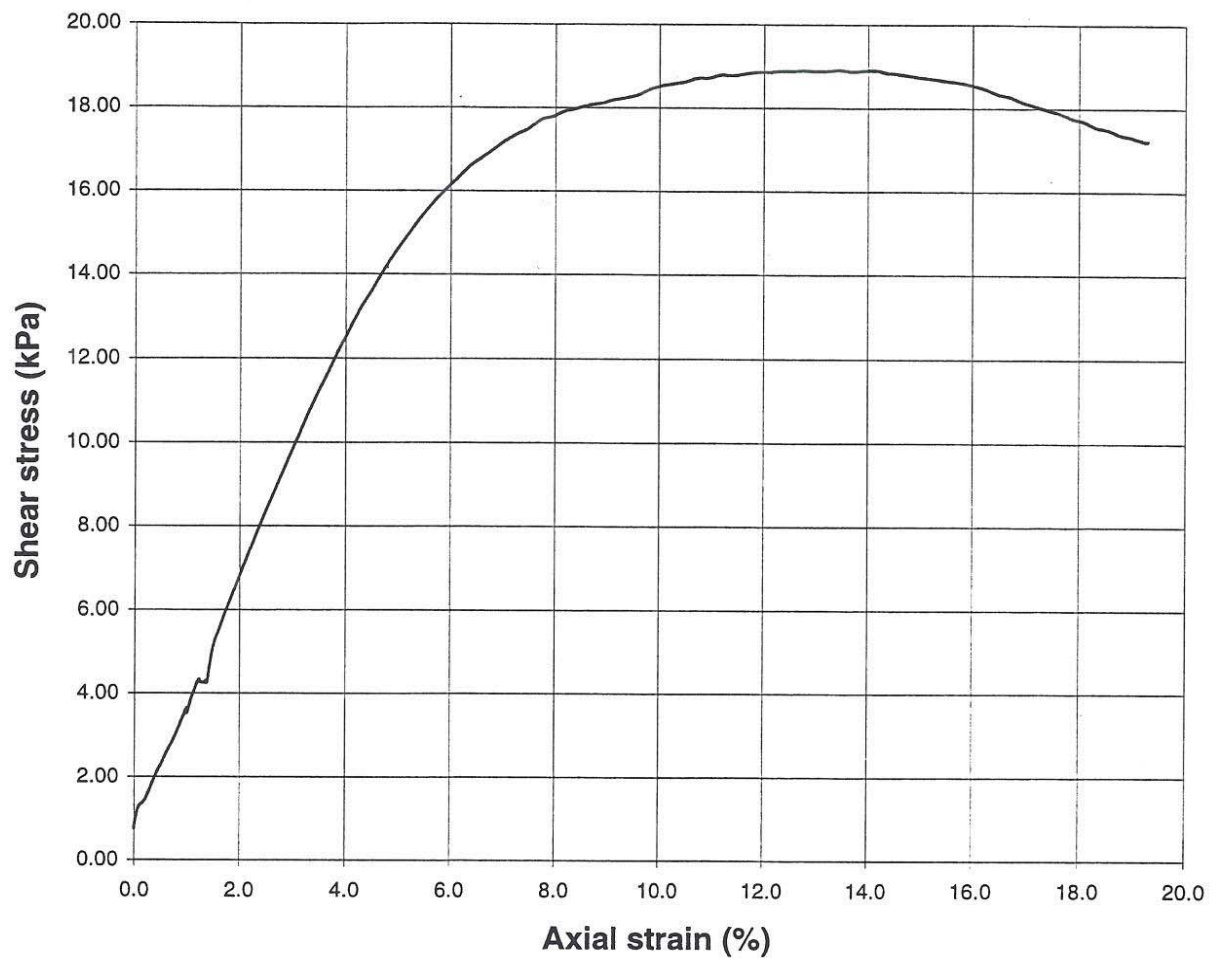
Part: U


Test: 1

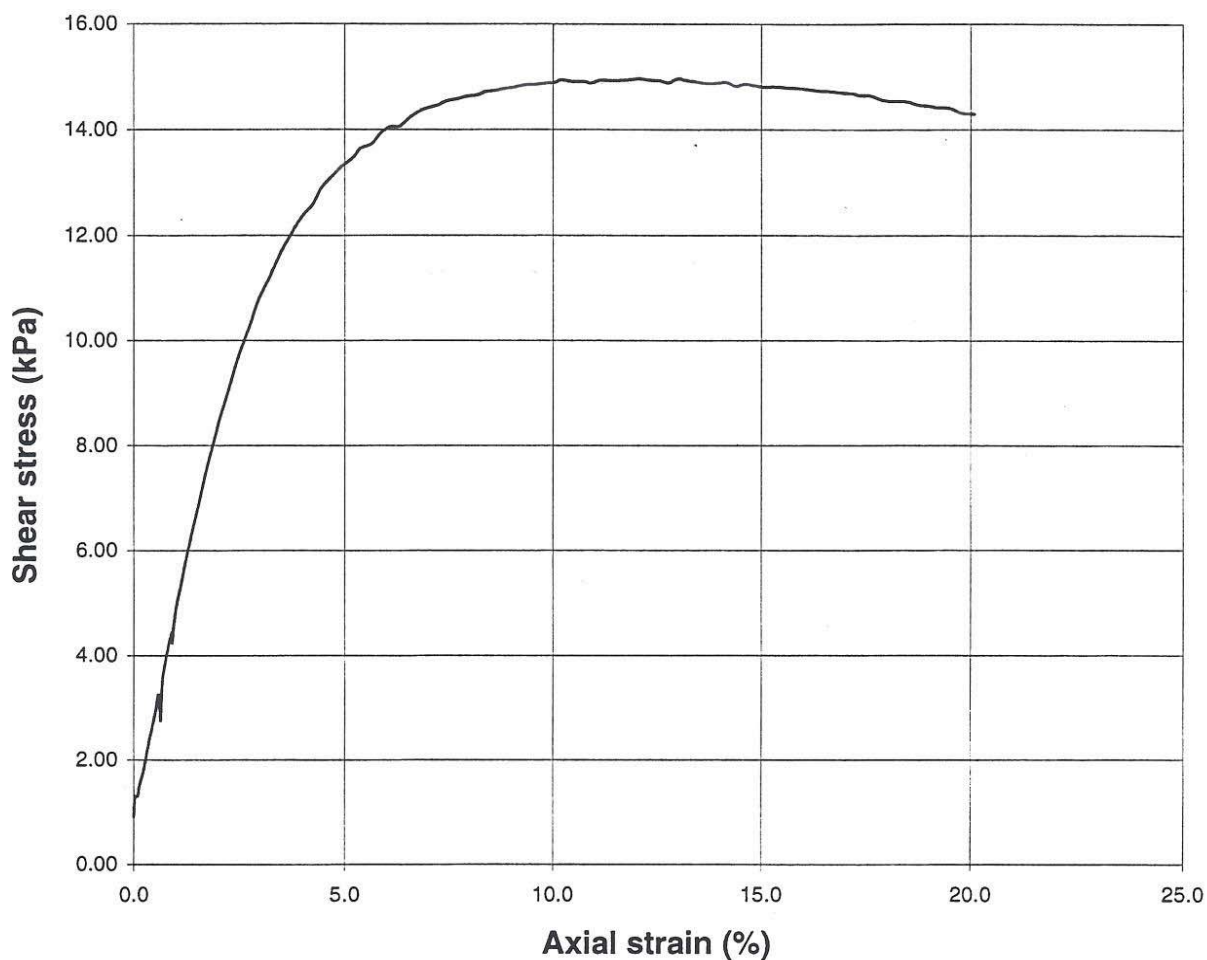
W_i = 49.1 %

Approved





RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 6
Unconfined compression test		Depth =	6.30 m	Drawn by MAS
Boring: 3	Tube: F44	γ =	17.24 kN/m ³	Checked GS
Part: 0	Test: 1	Wi =	45.1 %	Approved
				



RV. 283 Undergang Grønland, Drammen

Report No.
980010

Figure No.
7

Unconfined compression test

Depth = 7.30 m

Drawn by
M.H.S.

Date
06.04.98

Boring: 3

Tube: F25

γ = 18.16 kN/m³

Checked
G.S.

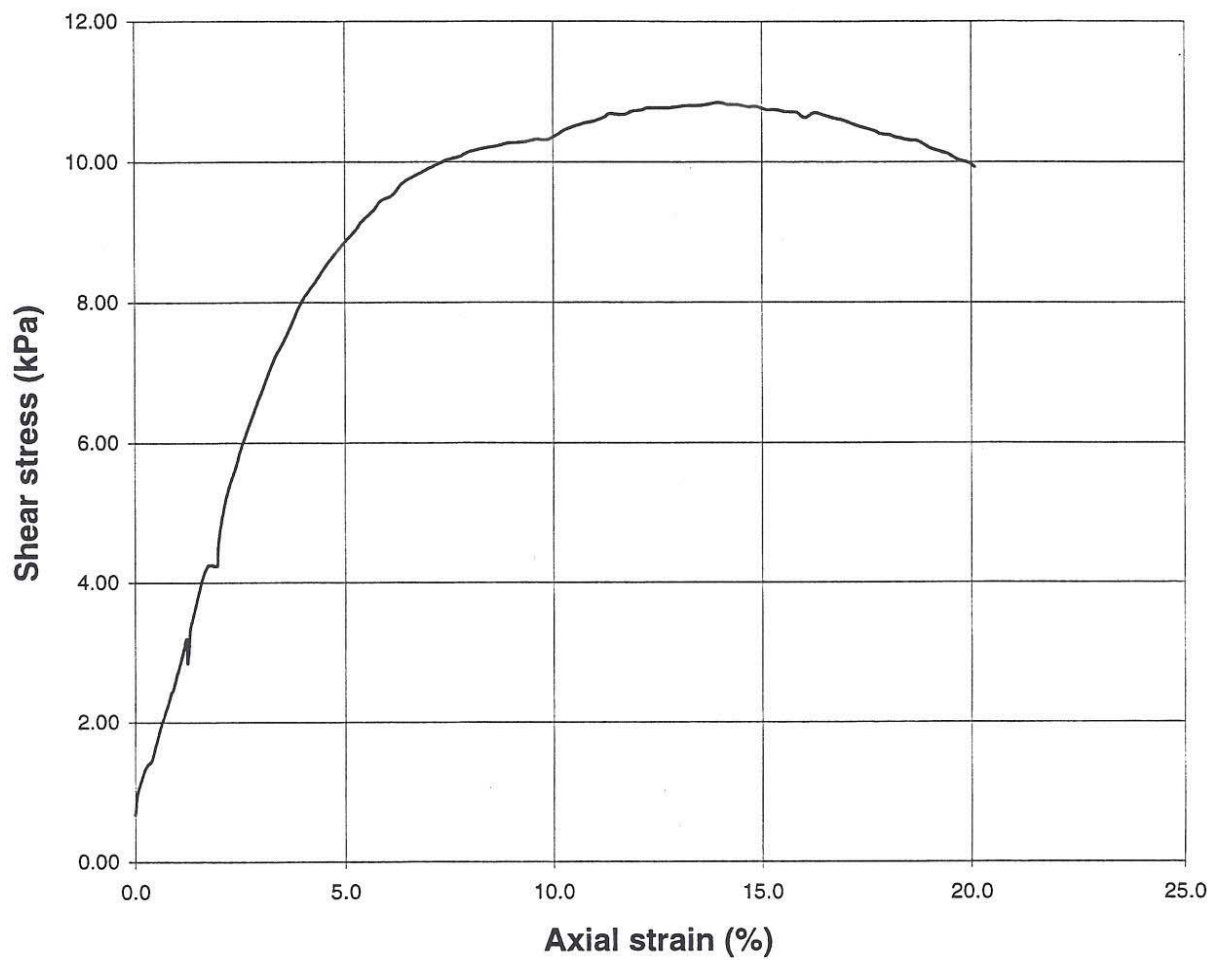



Part: 0

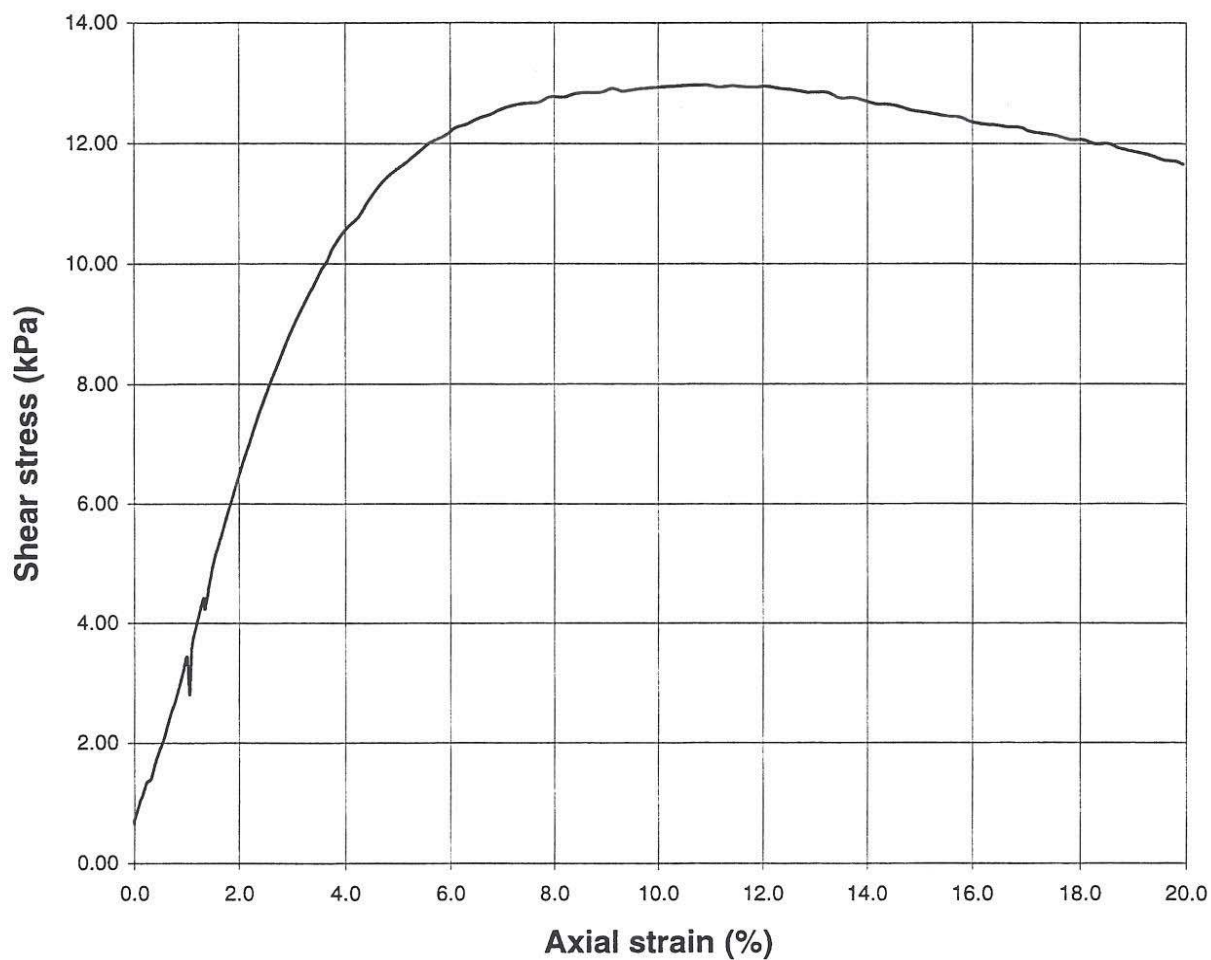
Test: 1


W_i = 37.9 %

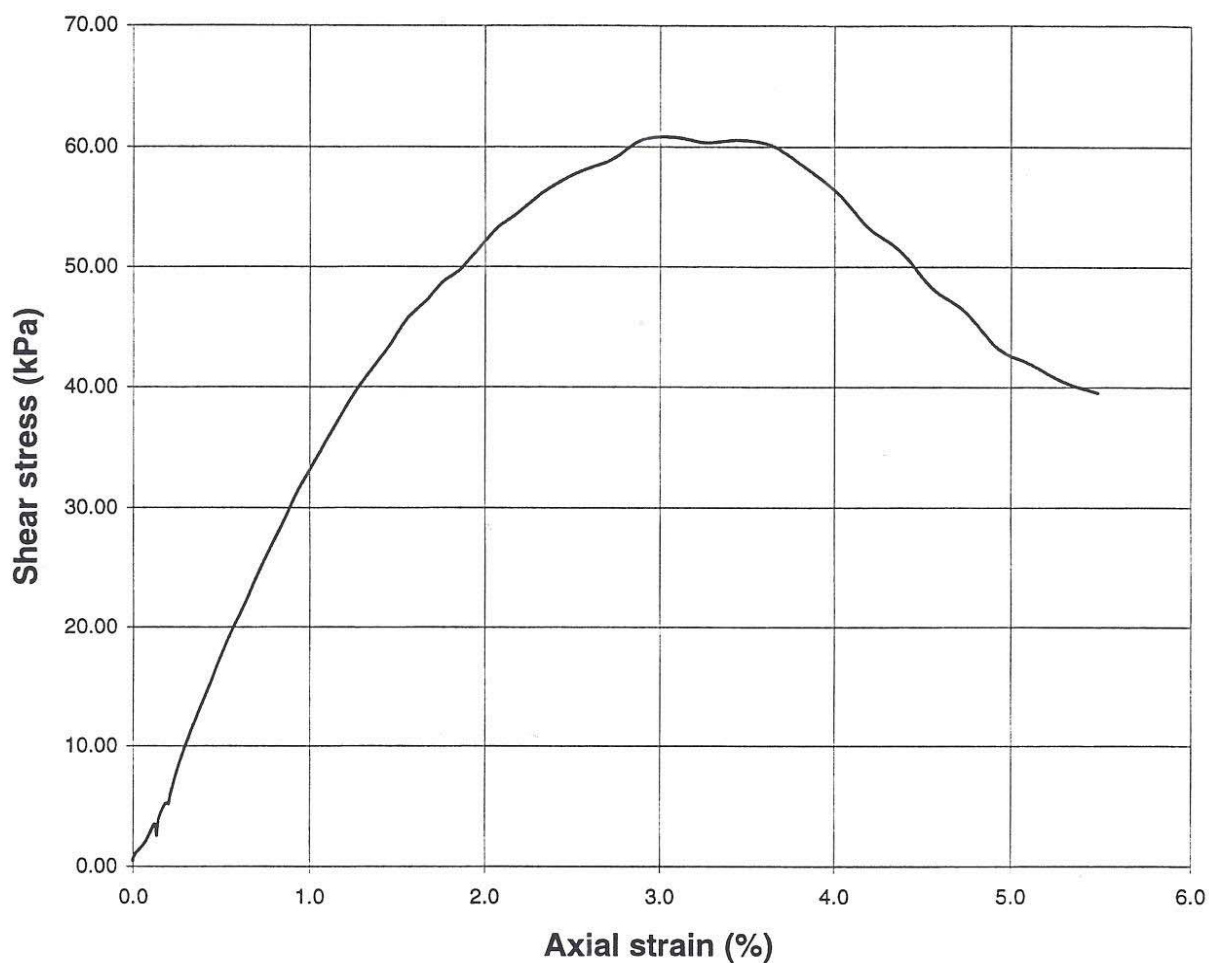
Approved




RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 8
Unconfined compression test		Depth = 8.30 m	Drawn by MAS	Date 06.04.98
Boring: 3	Tube: F61	$\gamma = 17.93 \text{ kN/m}^3$	Checked G.S	
Part: 0	Test: 1	$W_i = 39.1 \%$	Approved	

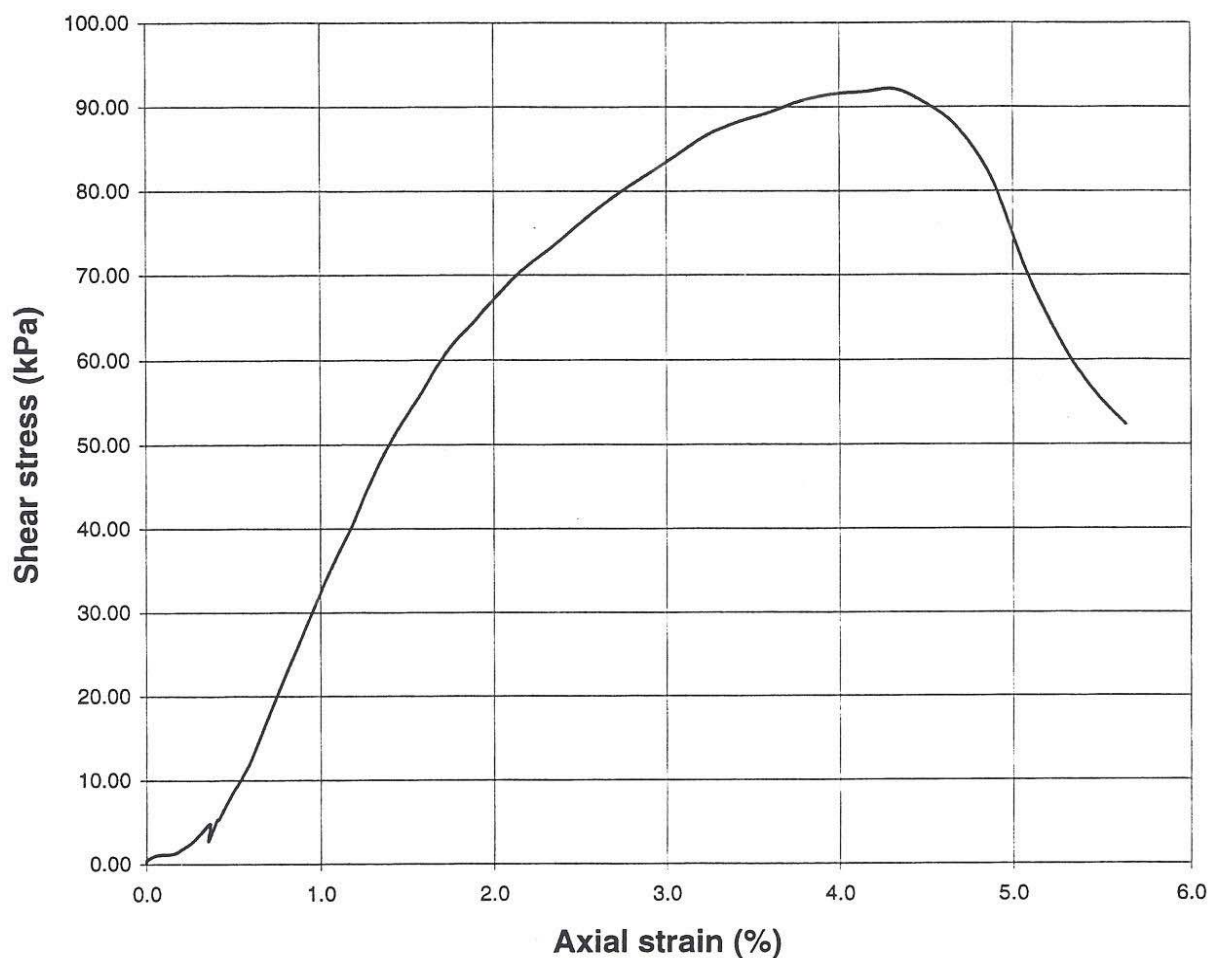


RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 9
Unconfined compression test		Depth =	9.30 m	Drawn by MAS
Boring: 3	Tube: F122	γ =	18.27 kN/m ³	Checked GS
Part: 0	Test: 1	Wi =	36.8 %	Approved
				




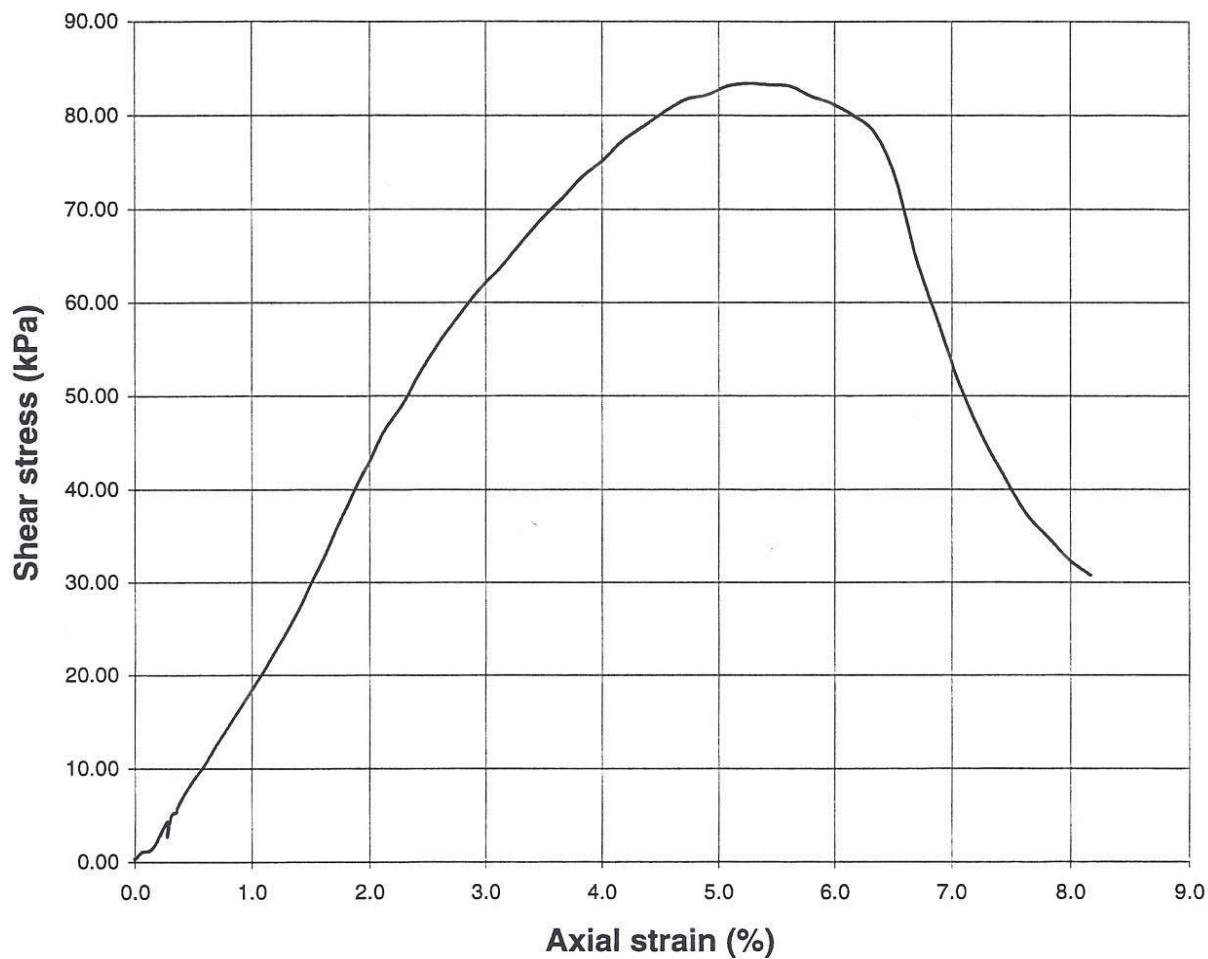
HERDETID 7 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 10
Unconfined compression test		Depth =	5.2-6.0 m	Drawn by <i>[Signature]</i>
Boring: Ø112	Tube: L-12	γ =	17.13 kN/m ³	Checked G.S.
Part: 0	Test: 2	W _i =	43.4 %	Approved
				




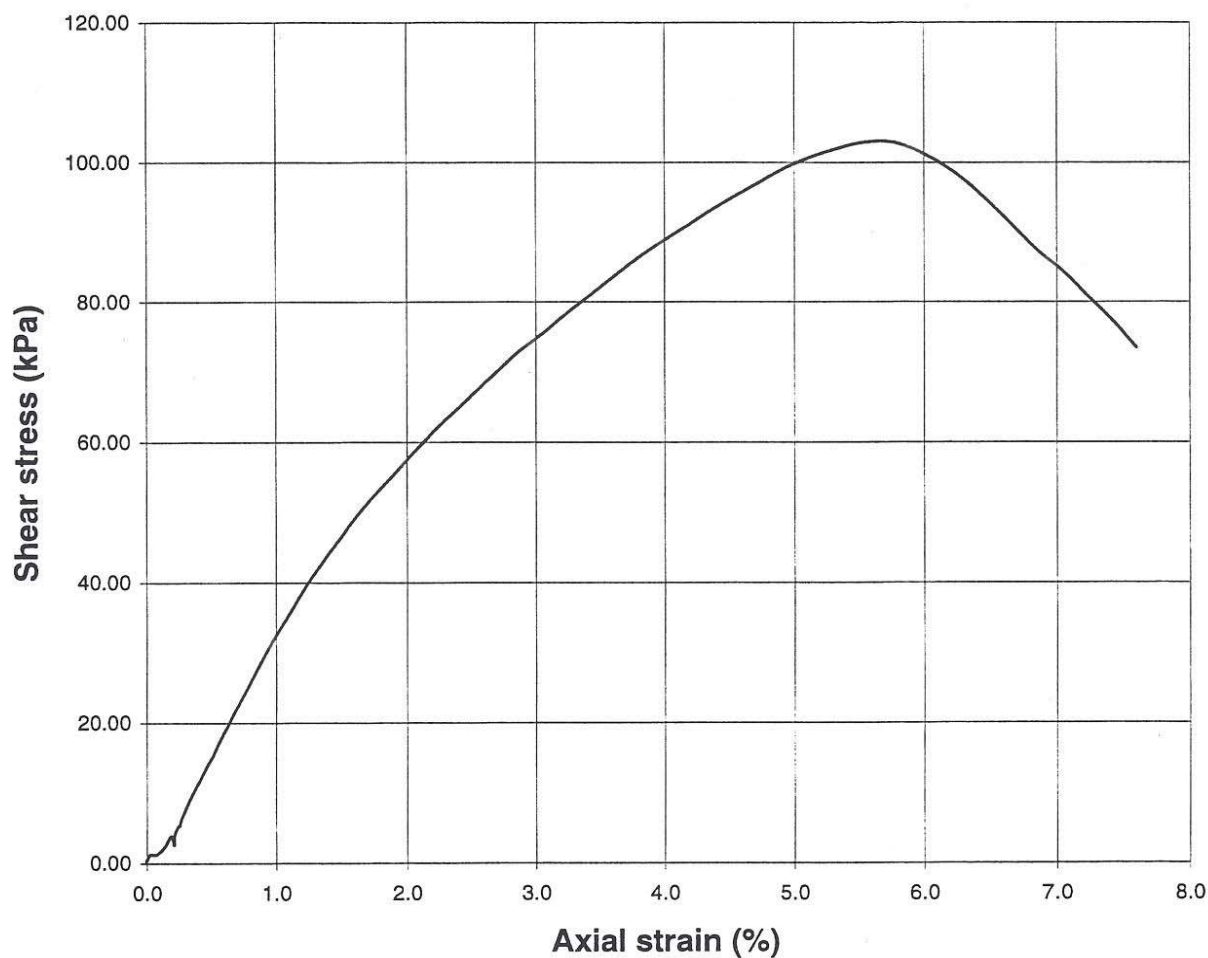
HERDETID 7 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 11
Unconfined compression test		Depth =	6.2-7.0 m	Drawn by M.A.S.
Boring: Ø113	Tube: 822	γ =	17.10 kN/m ³	Checked G.S.
Part: 0	Test: 2	W _i =	41.5 %	Approved
				




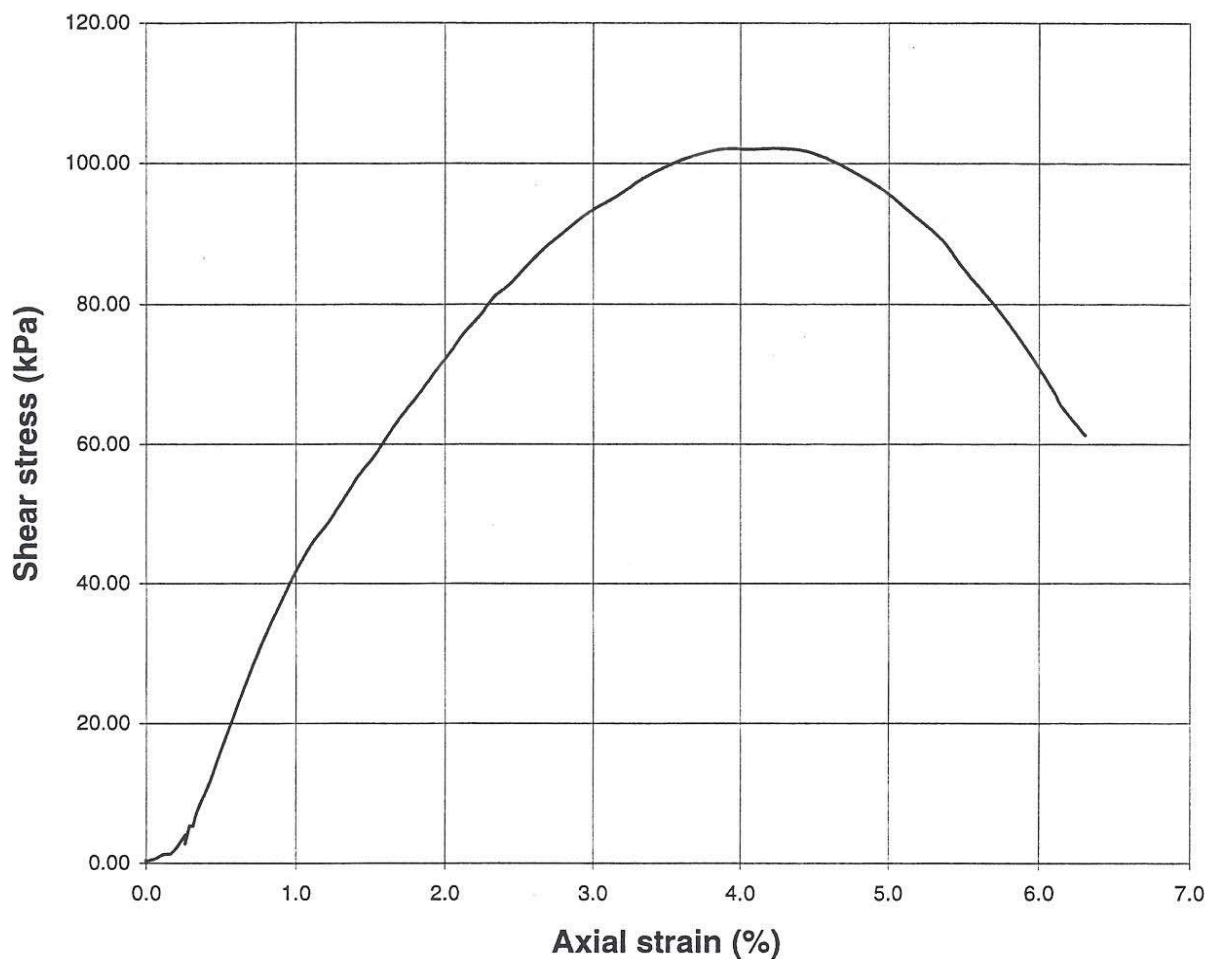
HERDETID 7 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 12
Unconfined compression test		Depth =	7.2-8.0 m	Drawn by M.A.S.
Boring: 8114	Tube: L3	γ =	18.20 kN/m ³	Checked G.S.
Part: 0	Test: 2	W _i =	33.7 %	Approved
				




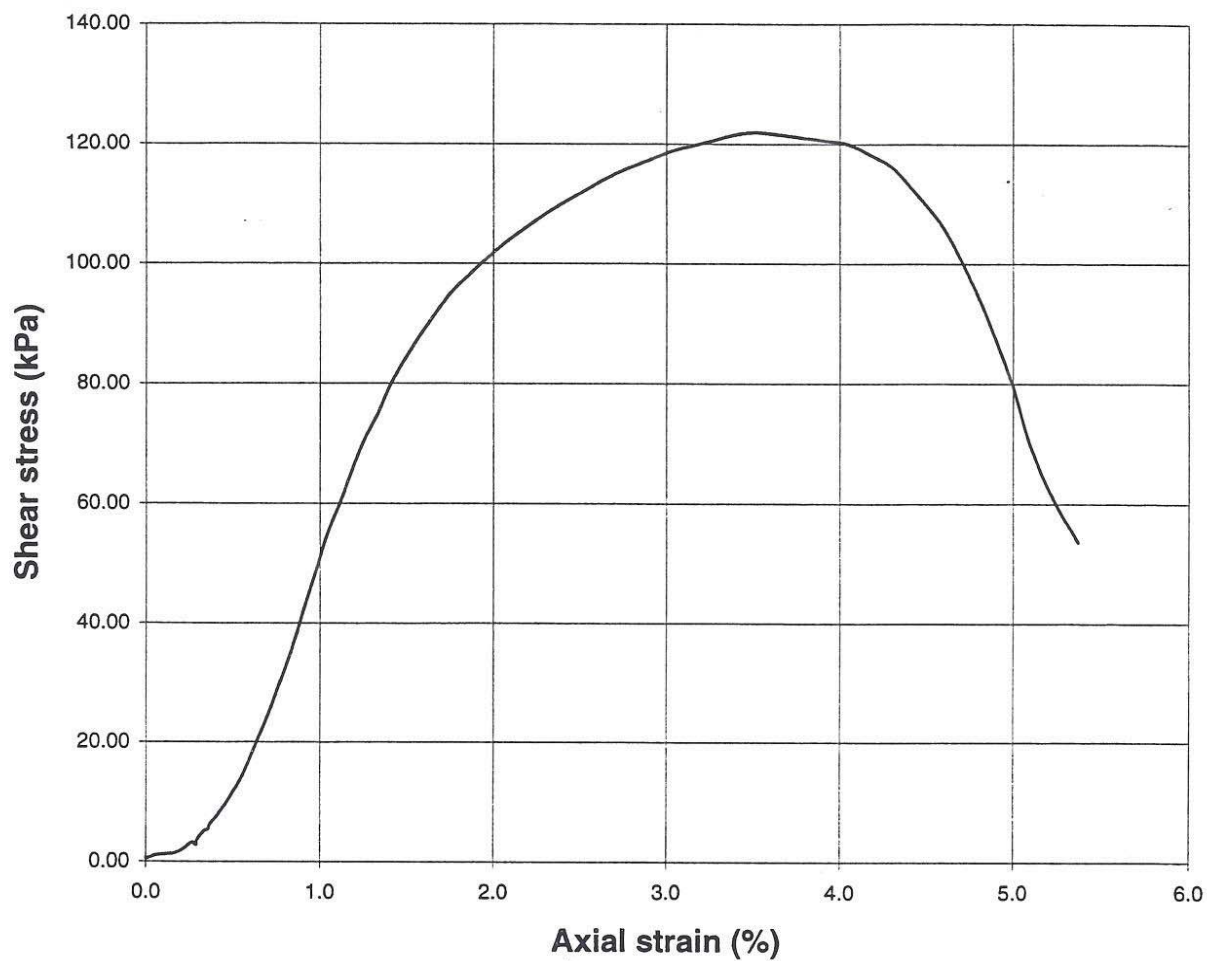
HERDETID 7 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 13
Unconfined compression test			Drawn by H.A.S.	Date 06.04.98
Boring: Ø 115	Tube: 1280	Depth = 8.2-9.0 m	Checked G.S.	
Part: 0	Test: 1	$\gamma = 19.21 \text{ kN/m}^3$ $W_i = 31.7 \%$	Approved	




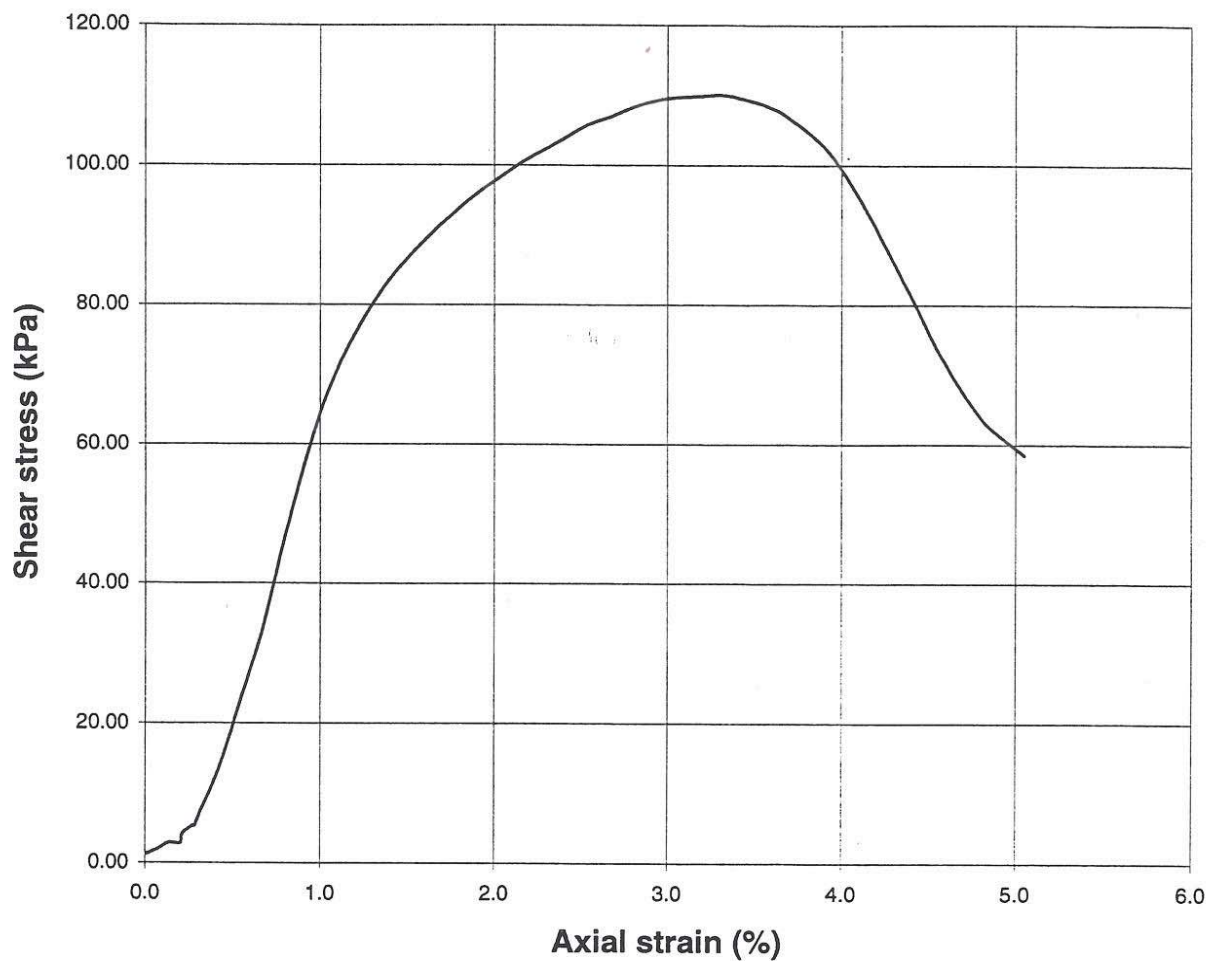
HERDETID 7 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No. 980010	Figure No. 14
Unconfined compression test		Depth = 9.2-10.0 m	Drawn by H. A. S.	Date 06.04.98
Boring: 2116	Tube: 899	$\gamma = 18.31 \text{ kN/m}^3$	Checked G.S.	
Part: 0	Test: 2	$W_i = 31.6 \%$	Approved	




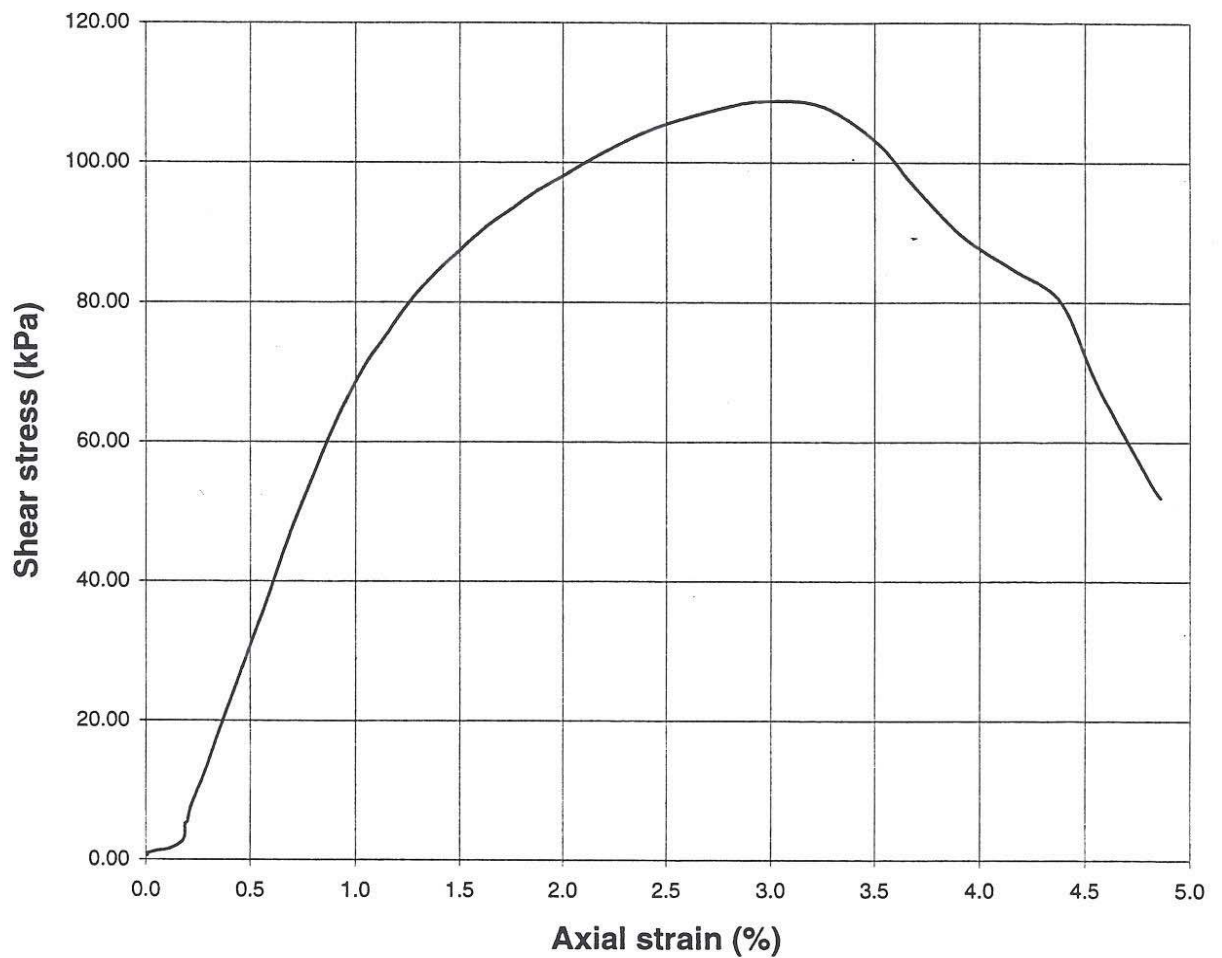
HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 15
Unconfined compression test		Depth =	5.2-6.0 m	Drawn by M.A.L.
Boring: 112	Tube: 1473	γ =	16.91 kN/m ³	Checked G.S.
Part: 0	Test: 3	W _i =	42.9 %	Approved
				




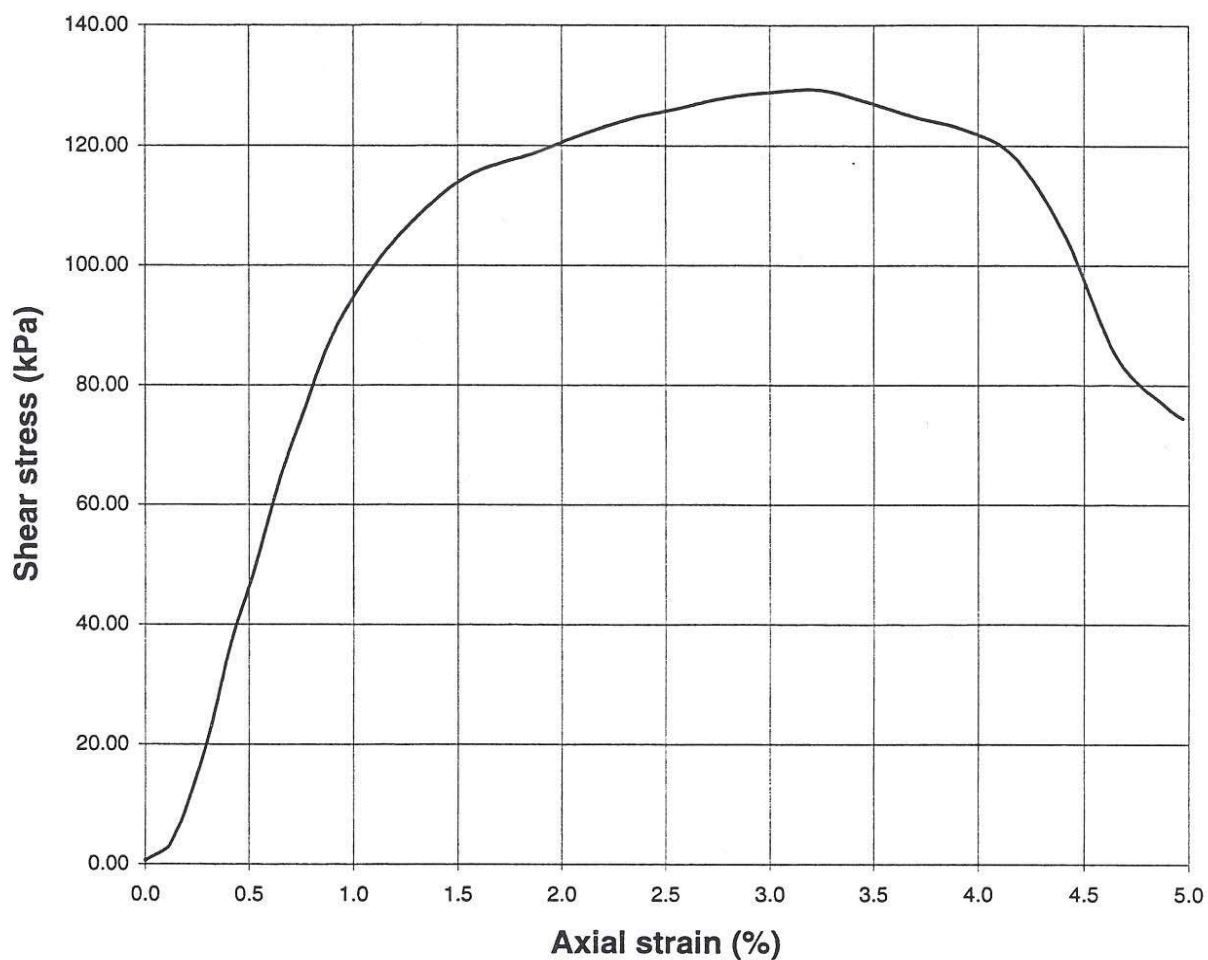
HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 16
Unconfined compression test		Depth =	5.2-6.0 m	Drawn by MAS
Boring: 112	Tube: L9	γ =	17.38 kN/m ³	Checked 9.5
Part: 0	Test: 3	W _i =	43.1 %	Approved
				




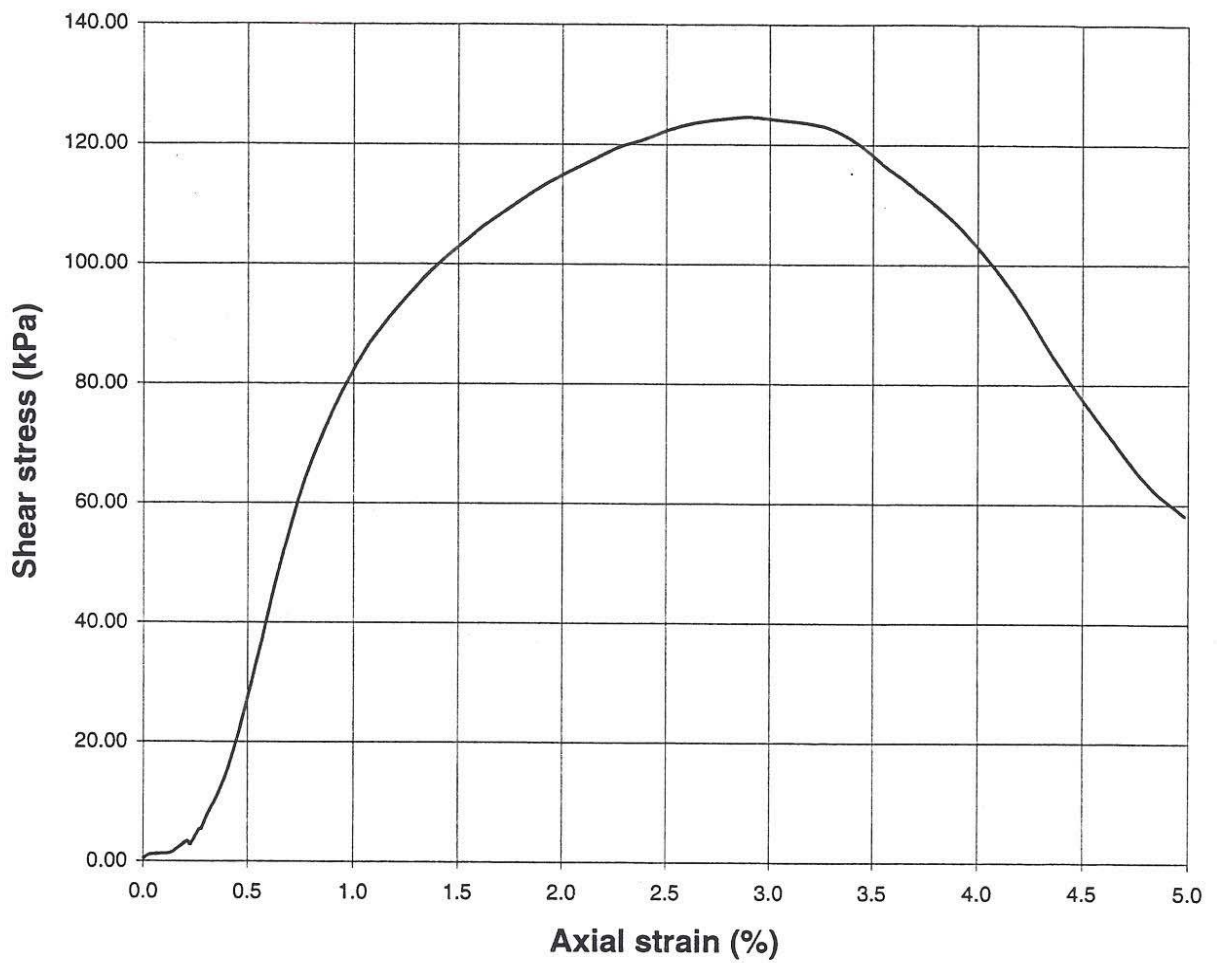
HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 17
Unconfined compression test		Depth =	5.2-6.0 m	Drawn by MJS
Boring: 112	Tube: B146	γ =	16.99 kN/m ³	Checked S.S.
Part: 0	Test: 3	Wi =	43.3 %	Approved
				




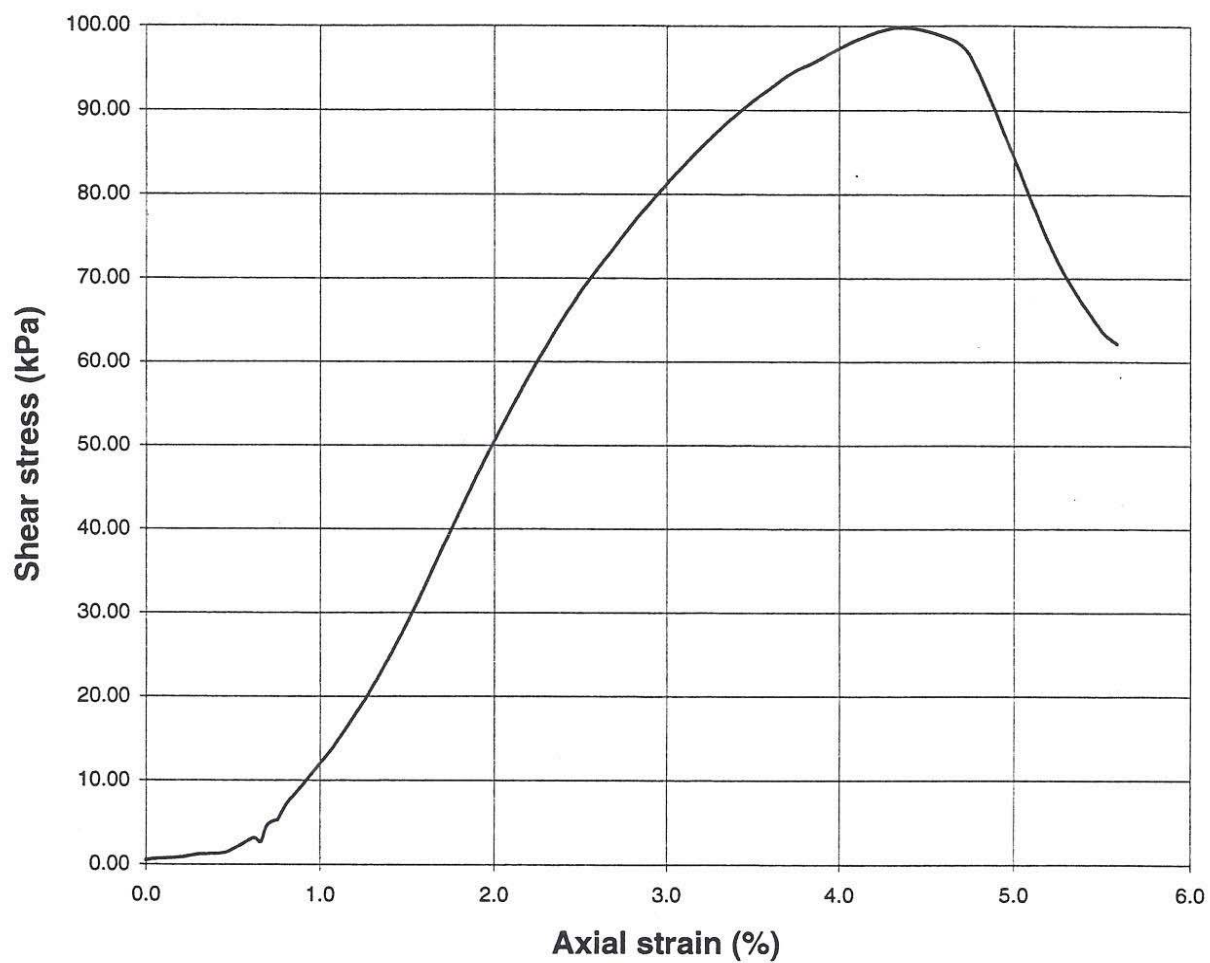
HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 18
Unconfined compression test		Depth =	6.2-7.0 m	Drawn by MAS
Boring: 113	Tube: B119	γ =	17.48 kN/m ³	Checked GS
Part: 0	Test: 3	W _i =	40.9 %	Approved
				





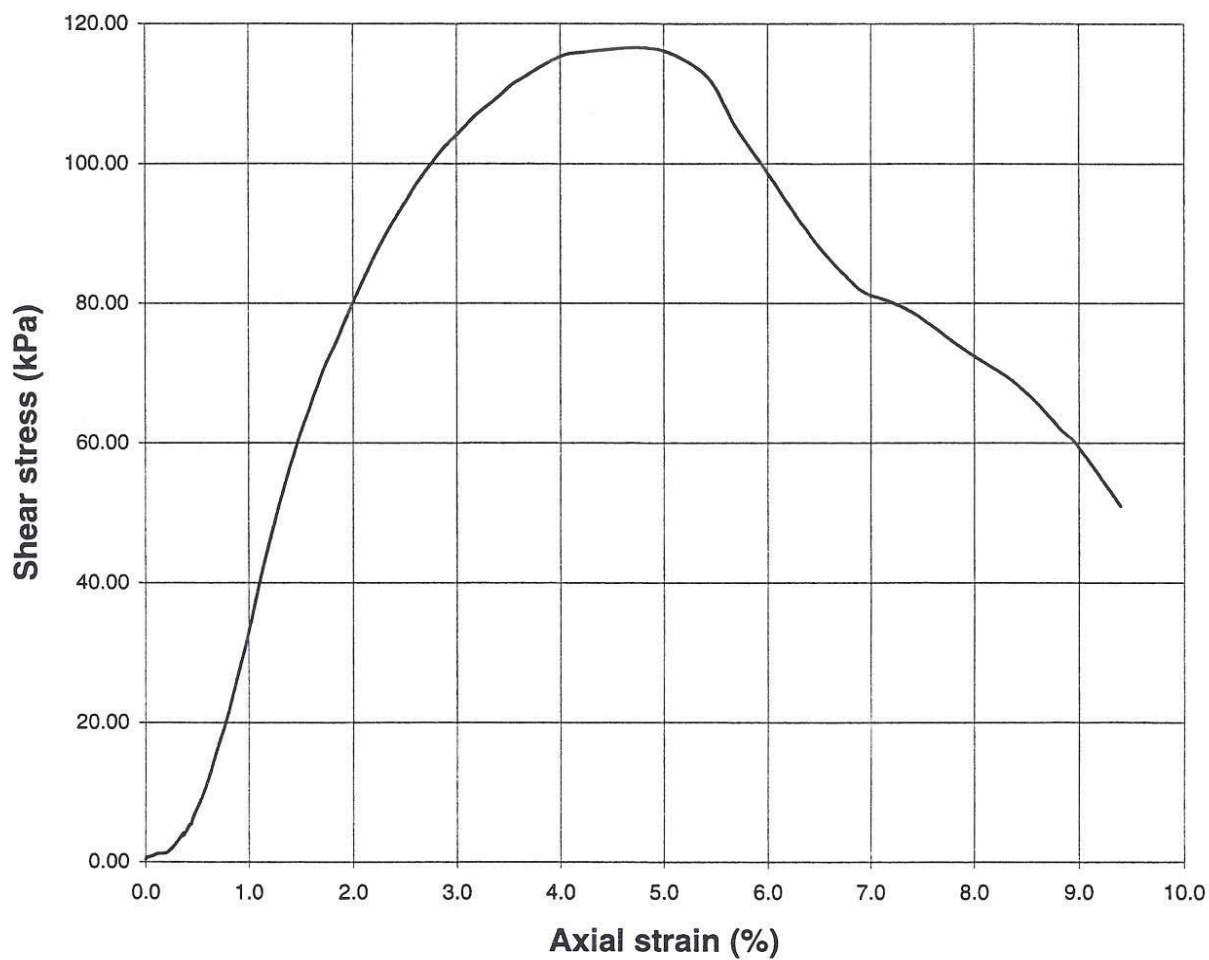
HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 19
Unconfined compression test		Depth =	6.2-7.0 m	Drawn by HAS
Boring: 113	Tube: K648	γ =	17.20 kN/m ³	Checked S.S.
Part: 0	Test: 3	W _i =	41.1 %	Approved
				



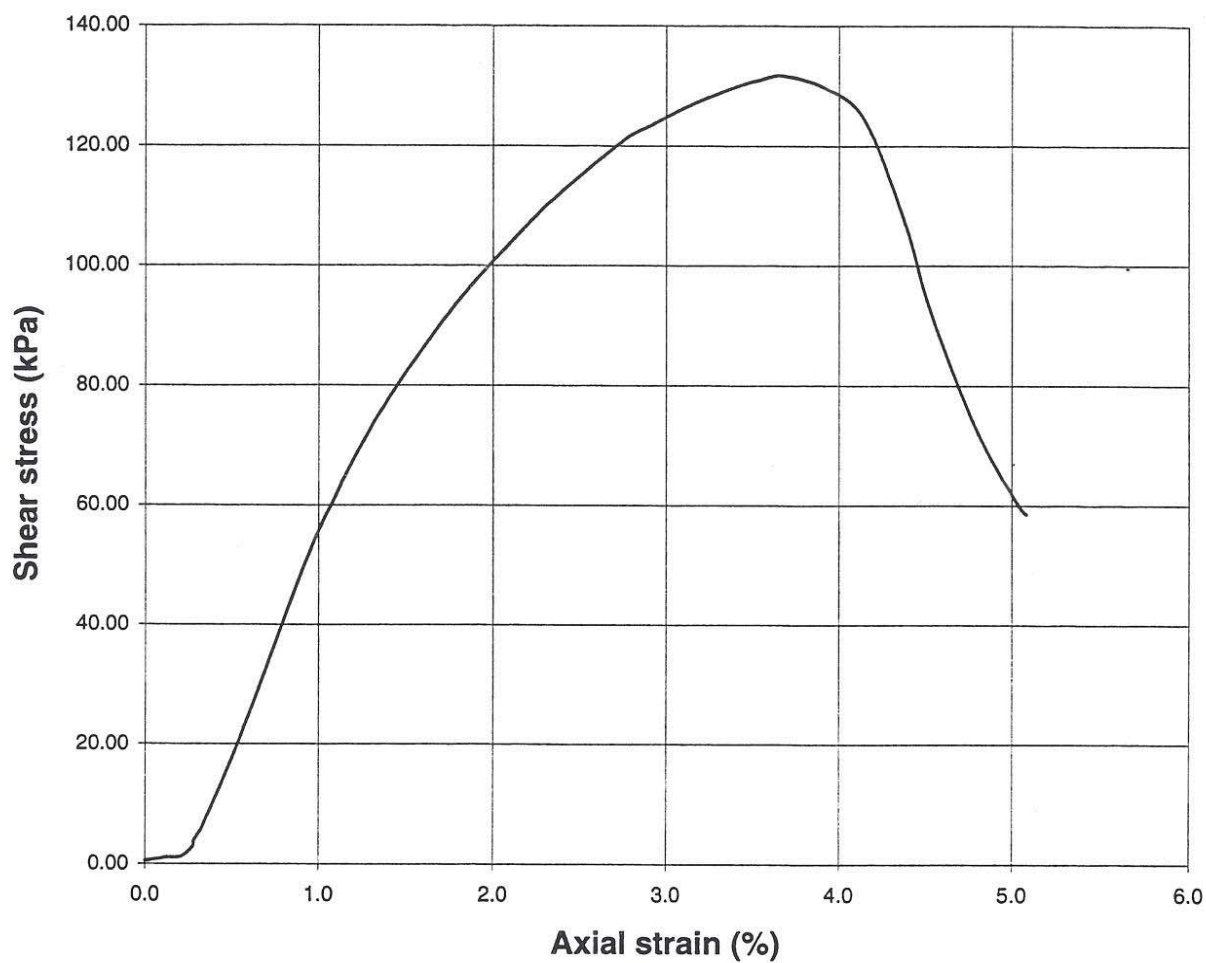
HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen				Report No.	Figure No. 20
Unconfined compression test		Depth =	7.2-8.0 m	Drawn by 	Date 01.05.98
Boring: 114	Tube: 1460	γ =	17.94 kN/m3	Checked 9.5	
Part: 0	Test: 3	Wi =	33.3 %	Approved	




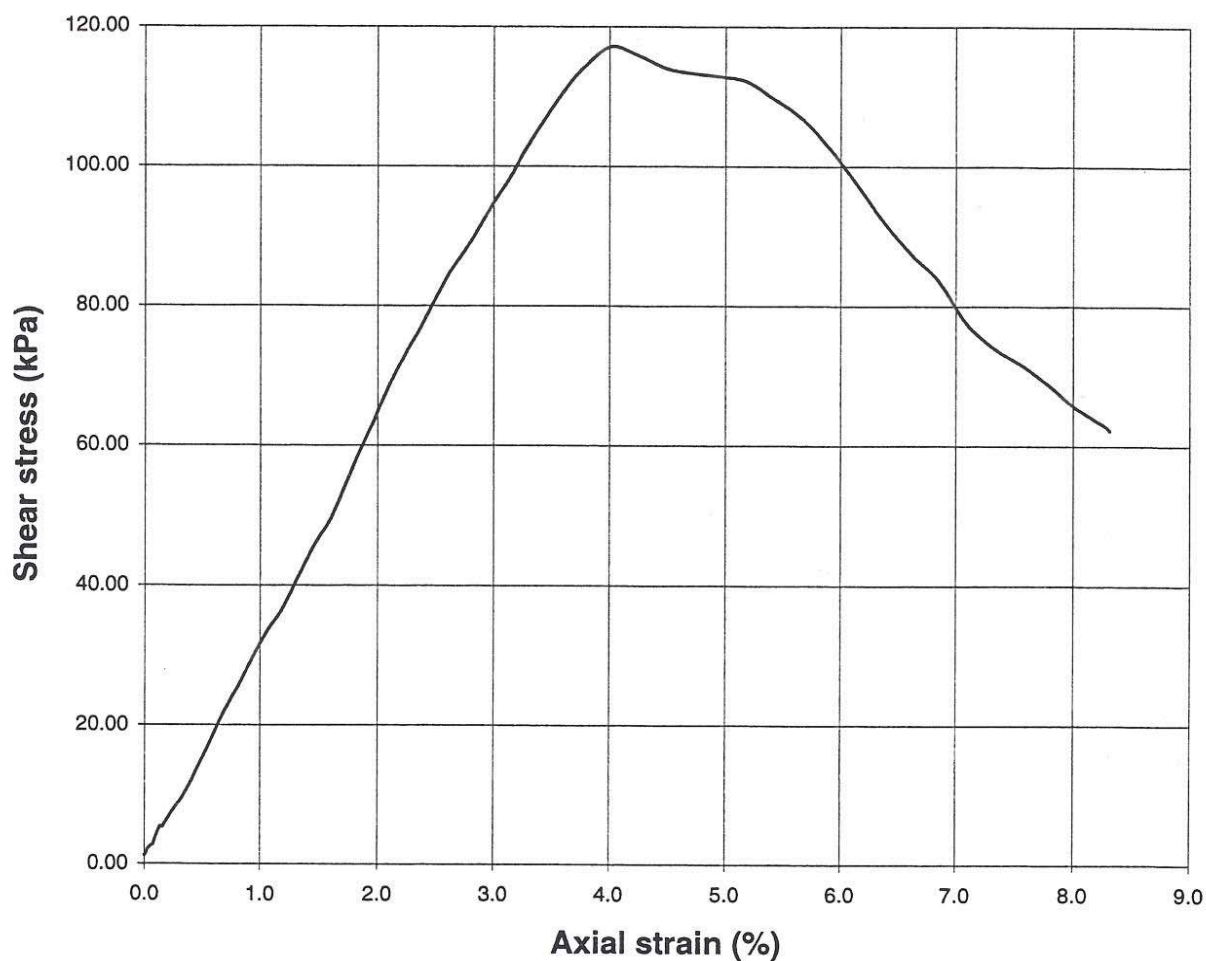
HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 21
Unconfined compression test		Depth =	8.2-9.0 m	Drawn by HIS
Boring: 115	Tube: 600	γ =	17.72 kN/m ³	Checked 98
Part: 0	Test: 3	W _i =	30.9 %	Approved NGI



HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 22
Unconfined compression test		Depth =	8.2-9.0 m	Drawn by MAS
Boring: 115	Tube: 850	γ =	18.27 kN/m ³	Checked 9.5
Part: 0	Test: 3	W _i =	30.7 %	Approved
				



HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen

Report No.

Figure No.

23

Unconfined compression test

Depth = 9.2-10.0 m

Drawn by

MHS

Date

01.05.98

Boring: 116

Tube: 1800

$\gamma = 17.55 \text{ kN/m}^3$

Checked

G.S

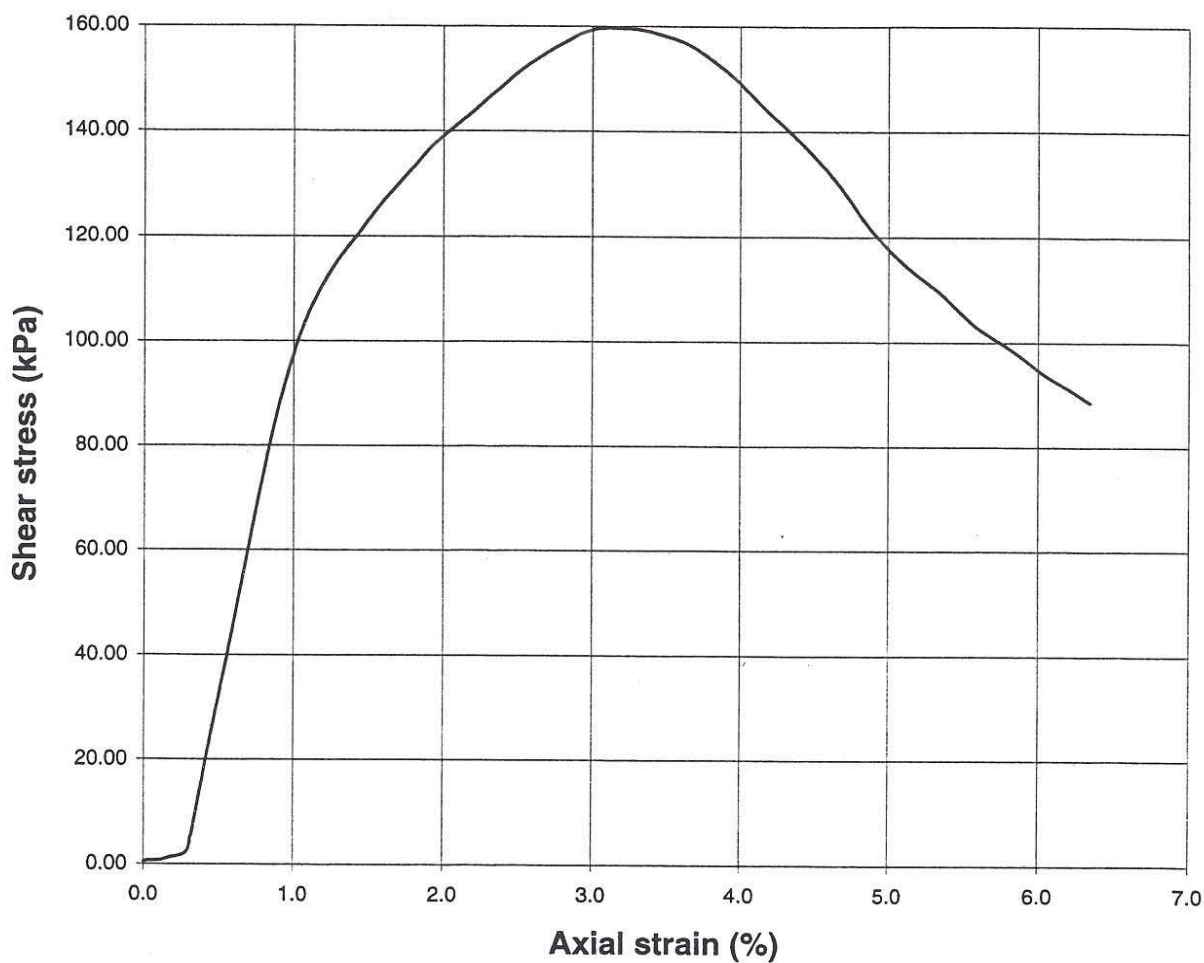
Part: 0

Test: 3


W_i = 31.5 %

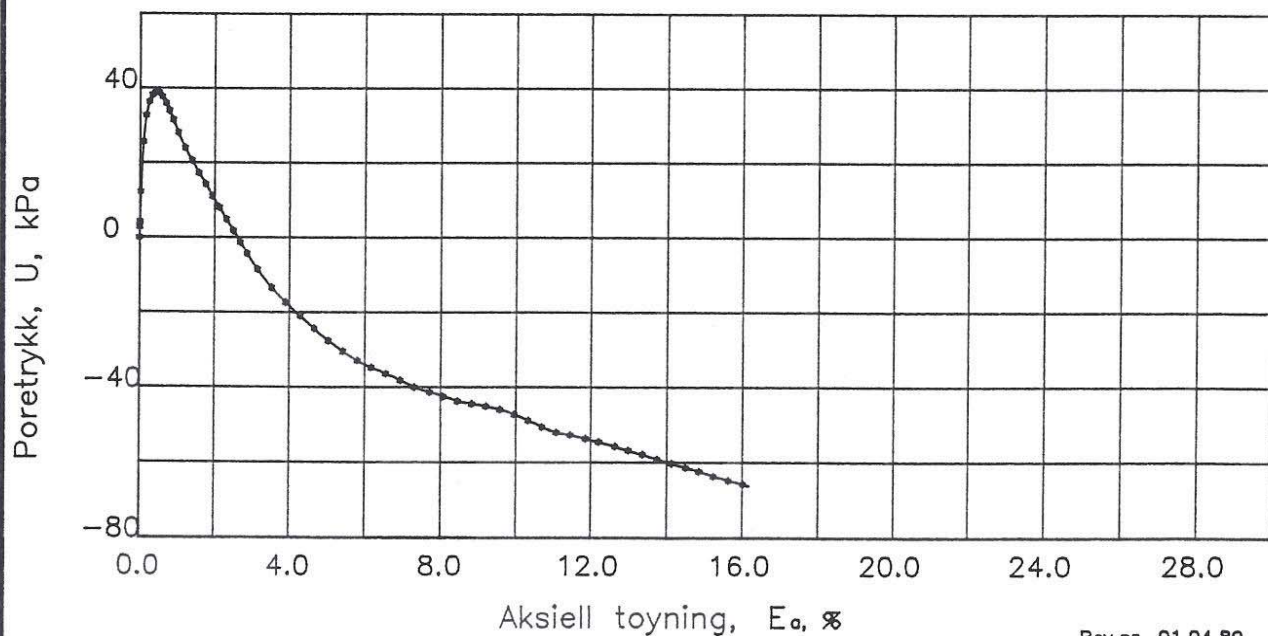
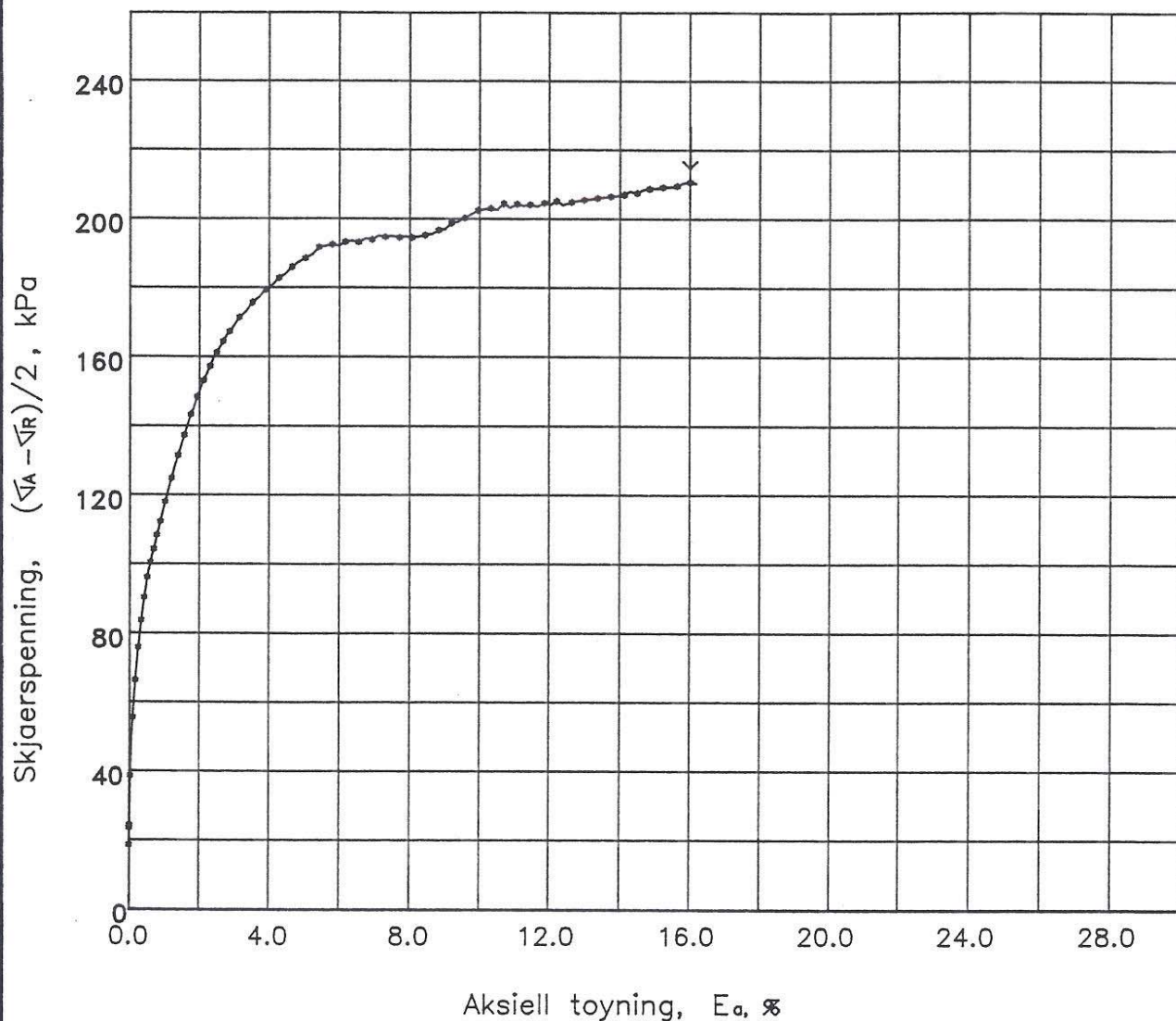
Approved





HERDETID 28 DØGN

RV. 283 Undergang Grønland, Drammen			Report No.	Figure No. 24
Unconfined compression test			Drawn by NBS	Date 01.05.98
Boring: 116	Tube: 1543	Depth = 9.2-10.0 m	Checked GS	
Part: 0	Test: 3	$\gamma = 18.20 \text{ kN/m}^3$ $W_i = 31.3 \%$	Approved	



Rev.nr. 01.04.89

RV.283 UNDERGANG GRONLAND, DRAMMEN

Rapport nr.
980010-1

Figur nr.
25

Konsolidert treaksialforsok

Dybde = 7.60 m

Tegner
9.5

Dato
05/04/98

Boring: Syl: L23

σ'_{AC} = 82.9 kPa

Kontrollert

Del: A

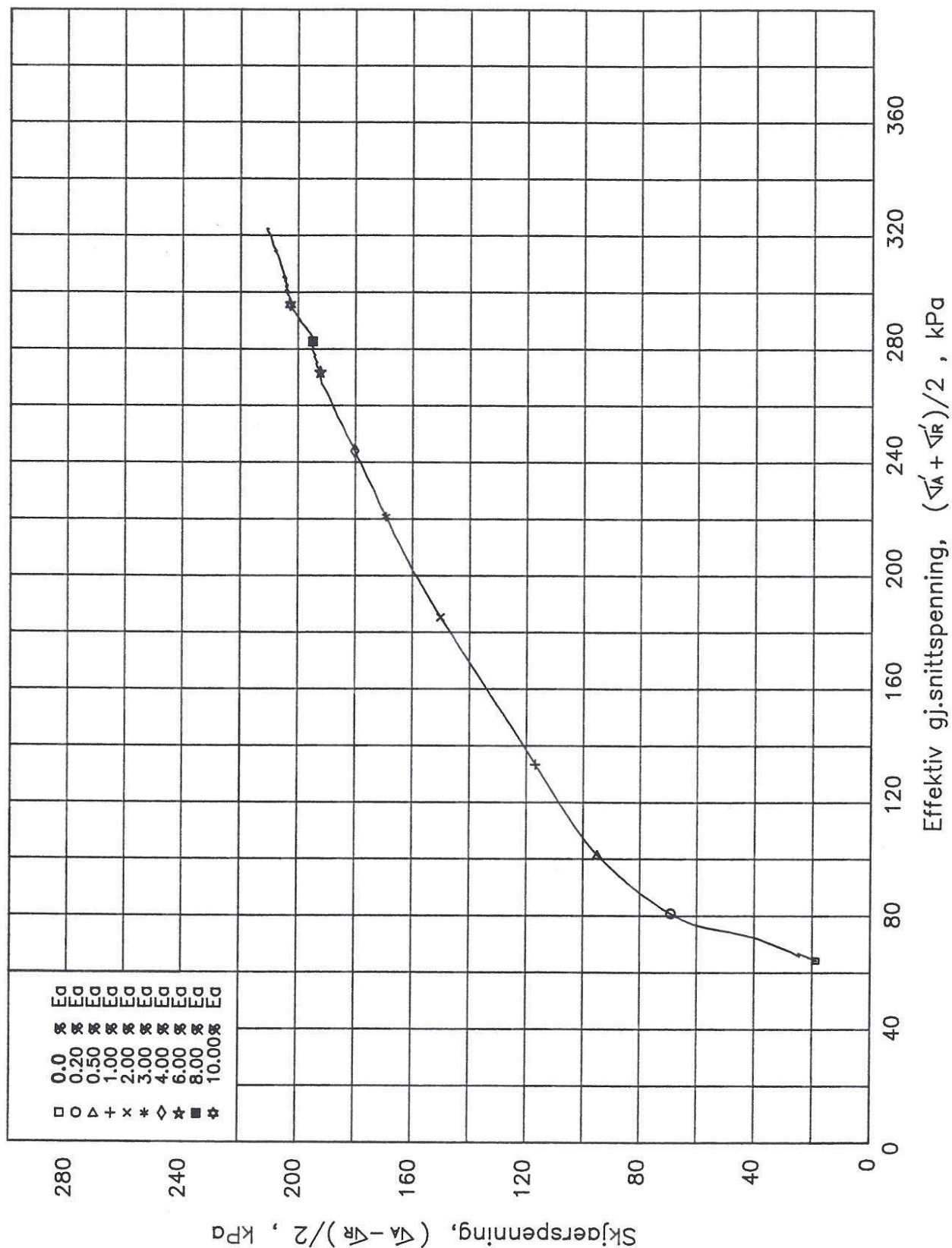
Test: 1

σ'_{RC} = 45.6 kPa

W_i = 30.20 %

Godkjent





Rev.nr. 01.04.89

RV.283 UNDERGANG GRONLAND, DRAMMEN

Rapport nr.
980010-1

Figur nr.
26

Konsolidert treaksialforsok

Dybde = 7.60 m

Tegner
G.S

Dato
05/04/98

Boring:

Syl: L23

σ'_{AC} = 82.9 kPa

Kontrollert

Del: A

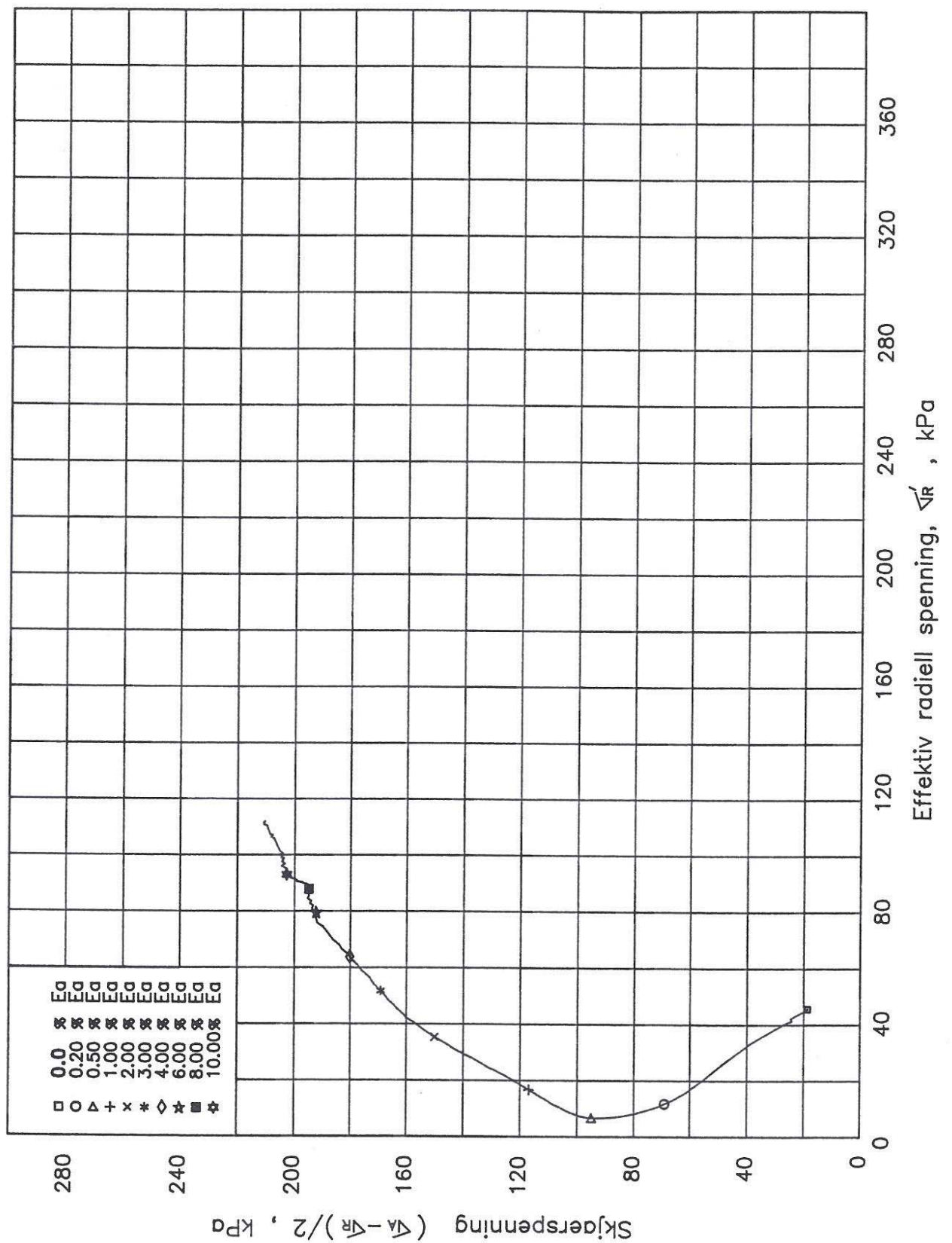
Test: 1

σ'_{RC} = 45.6 kPa

Godkjent

W_i = 30.20 %





Rev.nr. 01.04.89

RV.283 UNDERGANG GRONLAND, DRAMMEN

Rapport nr.
980010-1

Figur nr.
27

Konsolidert treaksialforsok

Dybde = 7.60 m

Tegner
95

Dato
05/04/98

Boring:

Syl: L23

σ'_{AC} = 82.9 kPa

Kontrollert

Del: A

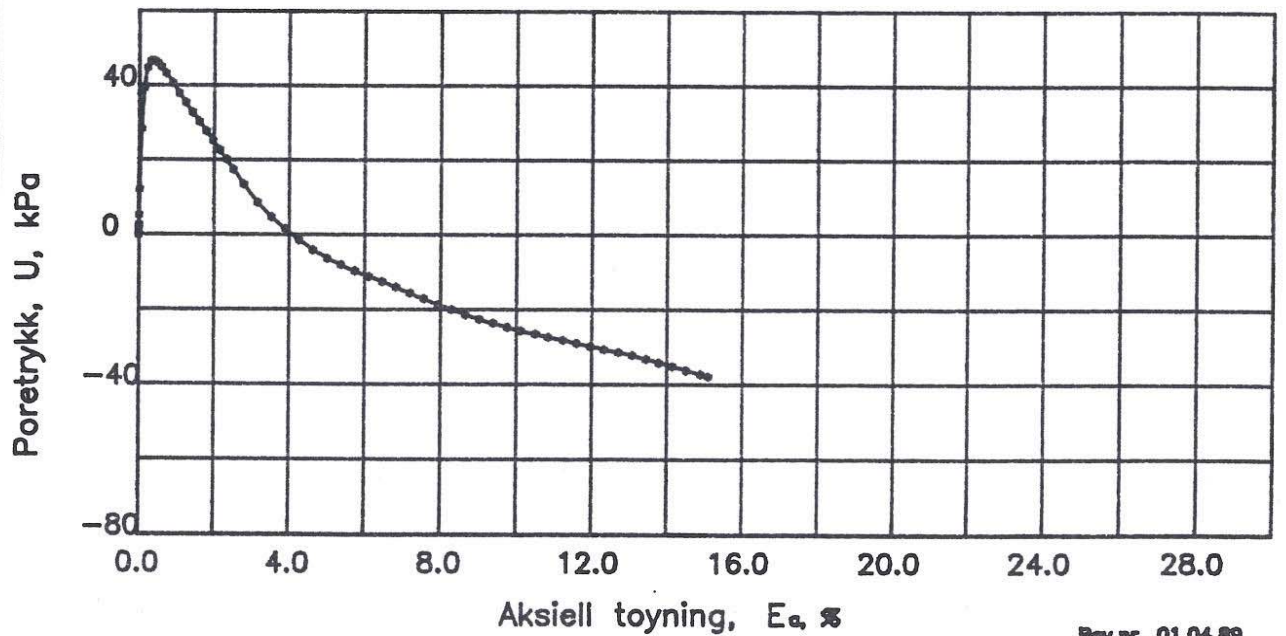
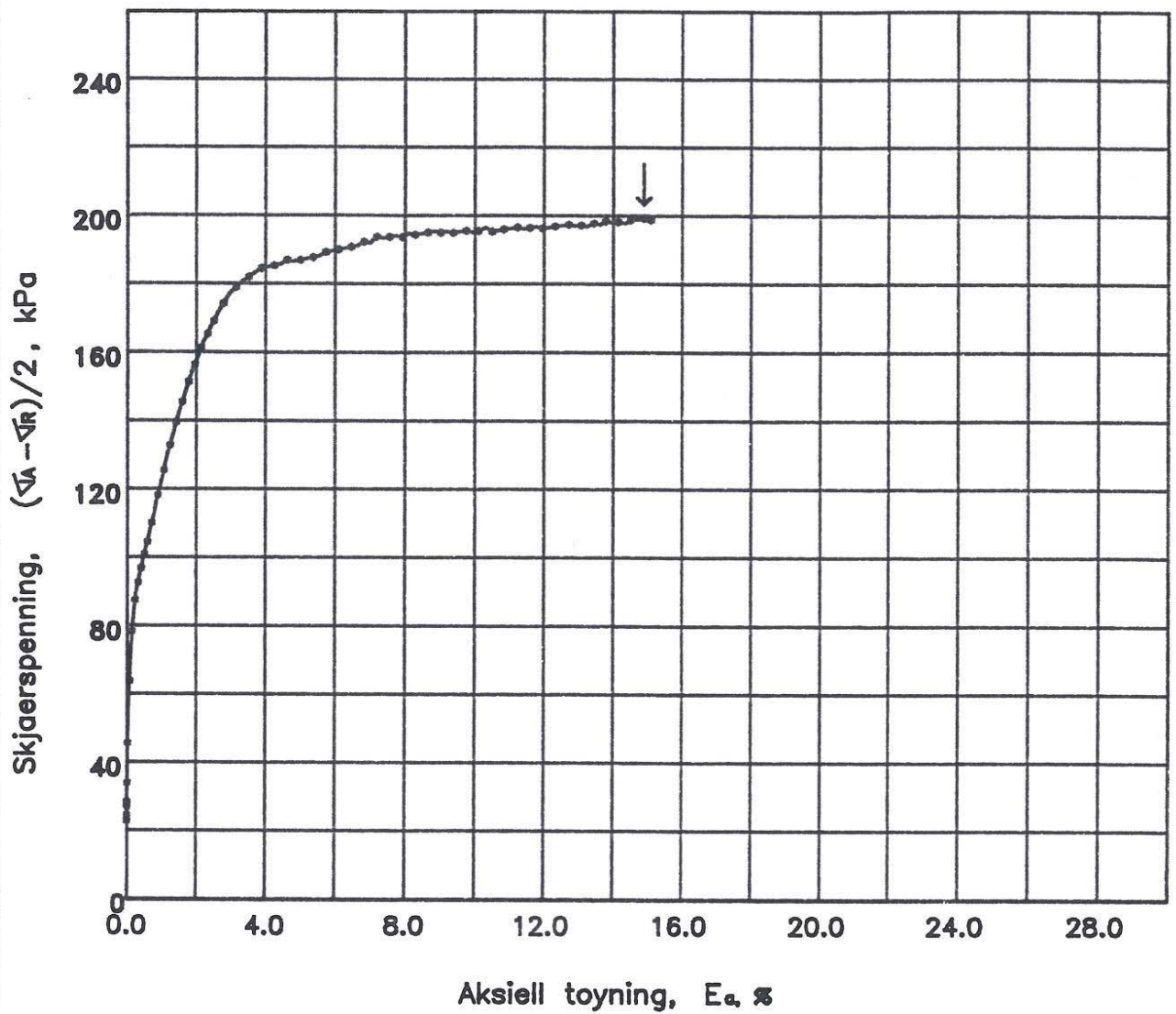
Test: 1

σ'_{RC} = 45.6 kPa

Wi = 30.20 %

Godkjent





Rev.nr. 01.04.89

RV.283 UNDERGANG GRONLAND, DRAMMEN

Report No. 980010-1 Figure No. 28

Konsolidert treaksialforsok

Dybde = 9,6 m

Boring:

Syl: L32

σ'_{AC} = 100.8 kPa

Del:

Test: 1

σ'_{RC} = 55.3 kPa

W_i = %

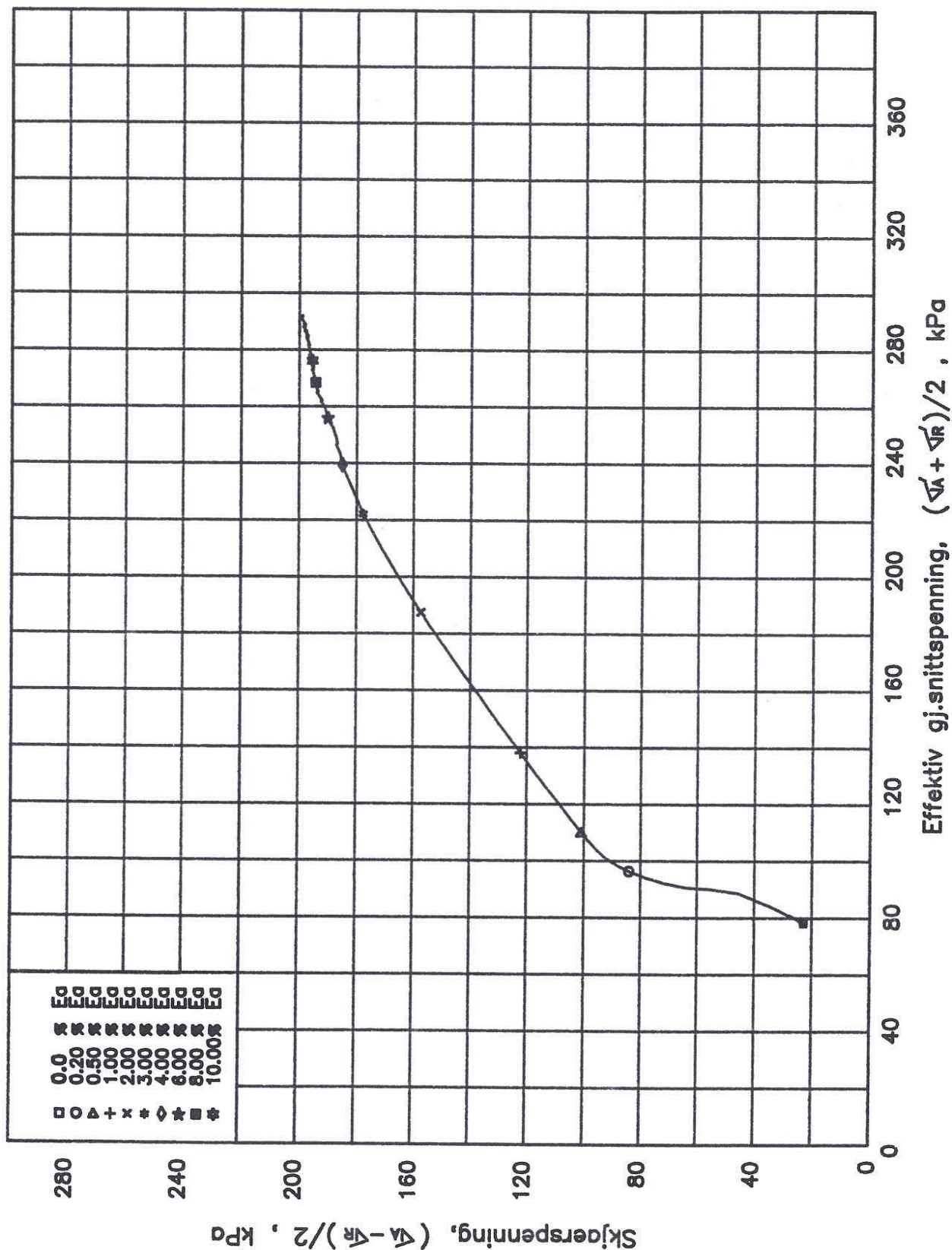
Drawn by

Date 05/04/98

Checked

Approved





Rev.nr. 01.04.89

RV.283 UNDERGANG GRONLAND, DRAMMEN

Report No. 980010-1 Figure No. 29

Konsolidert treaksialforsok

Dybde = 9.6 m

Boring:

Syl: L32

σ'_{AC} = 100.8 kPa

Del:

Test: 1

σ'_{RC} = 55.3 kPa

W_i = %

Drawn by

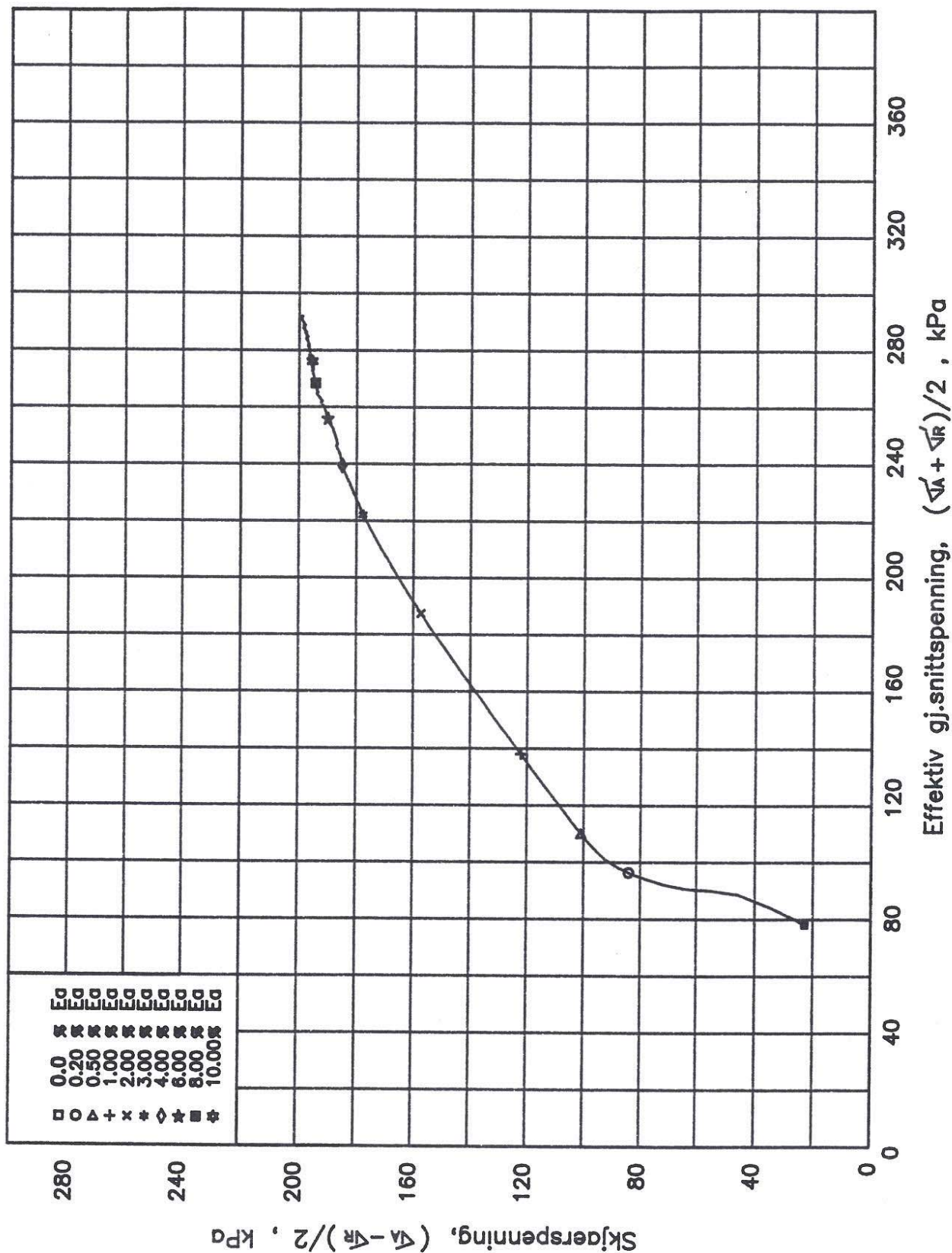
Date

05/04/98

Checked

Approved





Rev.nr. 01.04.89

RV.283 UNDERGANG GRONLAND, DRAMMEN

Report No. 980010-1 Figure No. 30

Konsolidert treaksialforsok

Dybde = 9.6 m

Boring:

Syl: L32

σ'_{AC} = 100.8 kPa

Del:

Test: 1

σ'_{RC} = 55.3 kPa

W_i = %

Drawn by

Date 05/04/98

Checked

Approved

