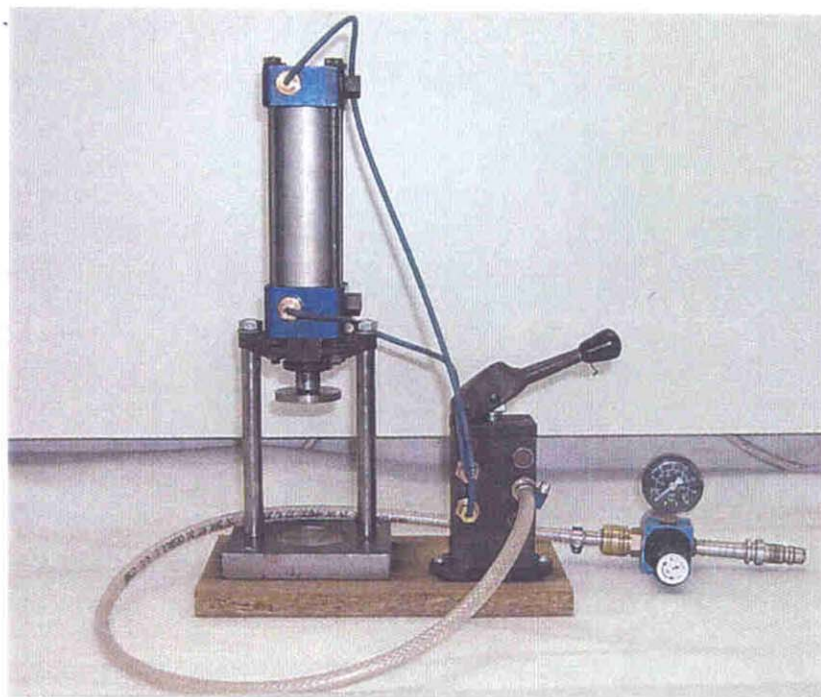


## Intern rapport nr. 2117

Kalksementstabilisering av  
bløt og kvikk leire

Prosedyre for innblanding i  
laboratoriet



November 1999



# Intern rapport nr. 2117

## Kalksementstabilisering av bløt og kvikk leire

### Prosedyre for innblanding i laboratoriet

#### Sammendrag

Denne rapporten inneholder beskrivelse av kalksementstabiliseringsprosedyren som er etablert på Vegteknisk avdeling, Geoteknisk kontor, samt noen eksempler på hvordan resultater kan rapporteres.

Emneord: *Leire, kalksementstabilisering, komprimering, komprimeringsapparat og skjærstyrke*

Kontor: *Geoteknisk kontor*

Saksbehandler: *El Hadj Nouri / Per Sydsæter*

*/ RDA*

Dato: *November 1999*

---

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

**Vegteknisk avdeling**

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo

Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

# Innhold

<b>1. INNLEDNING</b>	<b>2</b>
<b>2. UTSTYR OG REDSKAP</b>	<b>2</b>
<b>3. KLARGJØRING TIL KALKSEMENTSTABILISERING</b>	<b>4</b>
<b>4. BEREGNING AV KALKSEMENTMENGDE</b>	<b>4</b>
<b>5. FREMGANGSMÅTE</b>	<b>4</b>
<b>6. TILLAGING AV KALKSEMENTPRØVE</b>	<b>5</b>
<b>7. LAGRING AV PRØVER</b>	<b>5</b>
<b>8. KORREKSJON FØR PRESENTASJON AV RESULTATER</b>	<b>5</b>
<b>9. TRYKKTESTING OG PRESENTASJON AV RESULTATER</b>	<b>6</b>

## Vedlegg

<b>Vedlegg A</b>	<b>Arbeidsskjema</b>
<b>Vedlegg B</b>	<b>Rapportskjema</b>

## 1. Innledning

Med bløte leiravsetninger i store deler av de tettbefolkede områder i Norge, er kalksementpeler en grunnforsterkningsmetode som ofte blir vurdert i forbindelse med vegprosjekter. Som konsekvens av dette har Vegdirektoratet etablert laboratorieprosedyrer, og utviklet og konstruert et komprimeringsapparat som ved hjelp av regulert trykkluft, brukes for tillaging av stabiliserte prøver.

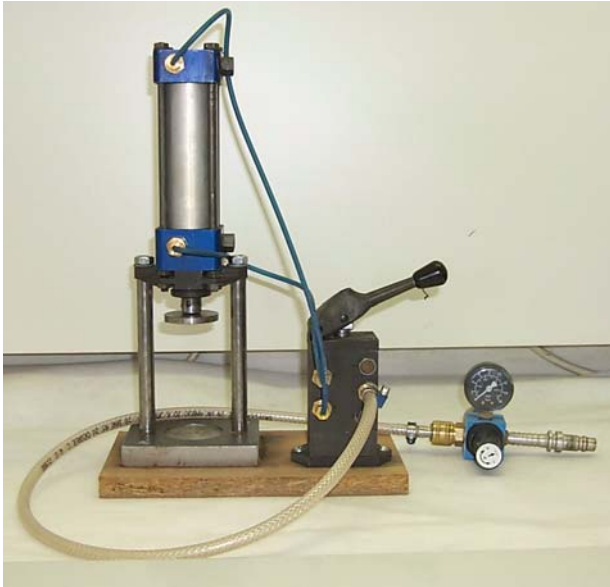
Forsøk med kalk- og sementinnblanding i laboratoriet utføres for å kunne vurdere effekten av innblandingen, samt danne grunnlag for å kunne fastsette kalk- og sementmengden i pelen.

## 2. Utstyr og redskap



Det har blitt utført kalksement-innblanding i leirprøver ved Vegteknisk avdeling Geoteknisk kontor i mer enn 10 år. Ved de første forsøkene vi utførte var prosedyrene manuelle med enkle hjelpemidler som kniv / spatel til innblanding og en messingstang til komprimering av prøver, og resultatet var da veldig avhengig av operatøren. For å bedre repeterbarhet ble manuell innblanding erstattet med en kjøkkenmaskin (fig.1), utrustet med en bolle i rustfritt stål og en såkalt "K"-visp til omrøring og innblanding.

*Fig. 1 kjøkkenmaskin-Kenwood major (eff. 650 watt) m / stålbolle og "K" -visp.*



Vegteknisk avdeling har senere utviklet og konstruert et komprimerings-apparat (fig.2) basert på bruk av trykkluft for tillaging av prøver. Apparatet er laget ut fra forutsetningen at det brukes en 100mm lang prøvesylinder med diameter 54mm. Maskinen består av et stempel som kan betjenes opp og ned ved hjelp av en to-veis trykkluftsylander, med hvilestilling i midtstilling. Trykket kan justeres trinnløst ved hjelp av et skalert manometer (0 - 16 bar). Stempelets under-side er utformet med et vaffelmønster for å unngå lagdelinger i prøven.

*Fig. 2 Komprimeringsapparat (konstruert og laget på Vegteknisk avdeling).*

I tillegg til ovennevnte, er utstyr og redskap som behøves for å fullføre forsøket oppsummert herunder:

- Prøveutskyver for 54 mm sylinderprøver
- Konusapparat
- Analysevekt, nøyaktighet 0,01 g
- Prøvesylinder (10 cm lang og  $\Phi = 54\text{mm}$ )
- Papirfilter
- Enaksial presse, type Geonor A/S
- Vekt, nøyaktighet 0,5 g (til total densitet)
- Nummererte skåler, med kjent masse
- Gummihetter
- Kniv (spatel)
- Trådsag og stållinjal
- Varmeskap med temperatur  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Kjøleskap for lagring
- Porselenskål

### 3. Klargjøring til kalksementstabilisering

Saksbehandler som bestiller kalk- og sementstabiliseringsforsøk skal spesifisere hvilken mengde kalk og sement i forhold til tørrstoff som skal innblandes med leire, blandingsforhold kalk / sement, vanninnhold (antatt eller målt), lagringsklima og bestemme herdetid før trykktesting samt type forsøk (enaksialt og eventuelt treaksialt trykkforsøk). Sylinderen med uforstyrret prøve tas ut av kjøleskapet og innholdet skyves ut og behandles på rutinemessig måte, dvs. bestemmes total densitet, naturlig vanninnhold, konusforsøk omrørt og uomrørt og enaksialt trykkforsøk (ref håndbok 014). NB! her må vi ta vare på alt materiale for å få nok til fire stabiliserte prøver i tillegg til vanninnhold etter stabilisering.

### 4. Beregning av kalksementmengde

Kalk og sementmengden beregnes i prosent av materialets tørre masse. Vanligvis bruker vi på Vegteknisk avdeling 7 % kalk og sement, oftest i blandingsforhold 50/50. For å finne ut hvor mye kalk og sement vi skal tilsette må vi vite tørrvekt til materialet. Tørrmasse er kjent dersom totalvekt ( $m_{total}$ ) og vanninnhold ( $w$ ) er antatt / målt.

Tørr masse beregnes som følger: 
$$m_{tørr} = \frac{m_{total}}{1 + w}$$

*Eksempel: Vi har 758 g kvikkleire. Vanninnholdet er funnet til 43 %, og vi ønsker å tilsette 7% kalk og sement i blandingsforhold 30 og 70.*

*Først må vi finne tørr masse:  $m_{tørr} = \frac{758}{1 + 0,43} = 530 \text{ g}$*

*Vi ønsker å tilsette 7 % av tørr masse:  $m_{(tilsatt)} = 530 * 0,07 = 37,1 \text{ g}$*

*Kalk og sement skal tilsettes i blandingsforhold 30/70:*

*Andel kalk:  $37,1 * 0,30 = 11,13 \text{ g}$*

*Andel sement:  $37,1 * 0,70 = 25,97 \text{ g}$*

### 5. Fremgangsmåte

Etter at rutineanalyser er utført, samles materialet i stålbollen med kjent tara og veies. Deretter monteres stålbollen i blandemaskinen. Hastigheten stilles på "min" (ca. 48 omdr/min), og leira røres rundt i 30 sek for å bryte ned strukturen. Deretter tilsettes kalk og sement i det beregnede kvantum. "K" -vispen kjøres i ytterlige 30 sek.. Maskinen stoppes og materiale som har festet seg på veggen og vispen, blir tilbakeført til bunnen ved hjelp av en slikkepott. Etter ytterligere 30 sek. omrøring for å få homogen masse, fordeles prøvematerialet i 4 prøvesylindere, og en prøve tas ut til vanninnholdbestemmelse av kalksementstabilisert masse.

## 6. Tillaging av kalksementprøve

Prøvene blir komprimert i 54 mm sylindere som er avkappet i 100 mm lengder.

Prøvesylinderen med kjent tara plasseres i komprimeringsmaksinen. Trykket stilles til 200 kPa og holdes i 10 sek per lag. Bruk papirfilter i bunnen. Totalt skal det være 5 lag av tilnærmet lik tykkelse.

Sylinderen med ferdig komprimert materiale veies også slik at densitet kan beregnes. 54 mm sylindere med høyde 100 mm har volum  $V = 228,9 \text{ cm}^3$ .

Våt densitet ( $\rho$ ) beregnes som følger:

$$\rho = \frac{m_{\text{sylinder}} - \text{tara}}{V_{\text{sylinder}}}$$

*Eksempel: En sylindere blir veid før pakking og funnet tara = 54,11 g. Etter pakking veies sylinderen til  $m_{\text{sylinder}} = 446,61 \text{ g}$ . Det er brukt 54 mm sylindere med høyde 100 mm.*

*Våt densitet blir:  $\rho = \frac{446,61 - 54,11}{228,9} = 1,71 \text{ g/cm}^3$*

Deretter forsegles prøven i begge ender med gummihetter (hvis ikke noe annet er spesifisert) i begge ender og er klar for herding.

## 7. Lagring av prøver

Prøvene oppbevares i kjøleskap i det antall døgn som er bestemt (vanligvis 7 eller 14 og 28 døgn) for herding, hvis ikke noe annet er spesifisert.

## 8. Korreksjon før presentasjon av resultater

Hvis antatt vanninnhold er brukt som grunnlag for beregning av tørrstoffmengde, bør dette korrigeres hvis naturlig vanninnhold avviker fra antatt vanninnhold.

## 9. Trykktesting og presentasjon av resultater

Etter herdetiden kjøres prøvematerialet ut ved hjelp av 54 mm utskyvingsbenk. Prøven veies og trykkes til brudd i et enaksialt trykkapparat, for å bestemme skjærstyrken. Diagram fig. 3 og 4 viser eksempler på hvordan resultater kan rapporteres ved hjelp av Excel-regnark. Eksemplene herunder viser resultatene fra laboratorieundersøkelsene hvor det ble utført innblandinger med forskjellige kalksementmengder (7%, 7,5%, 9% og 10%) i blandingsforhold 50 / 50. Resultatene viser at leire i de to områdene har potensiale til å kunne utvikle stor fasthet med de foreskrevne innblandingsmengdene, samt at skjærstyrken øker med tid og innblandingsmengde.

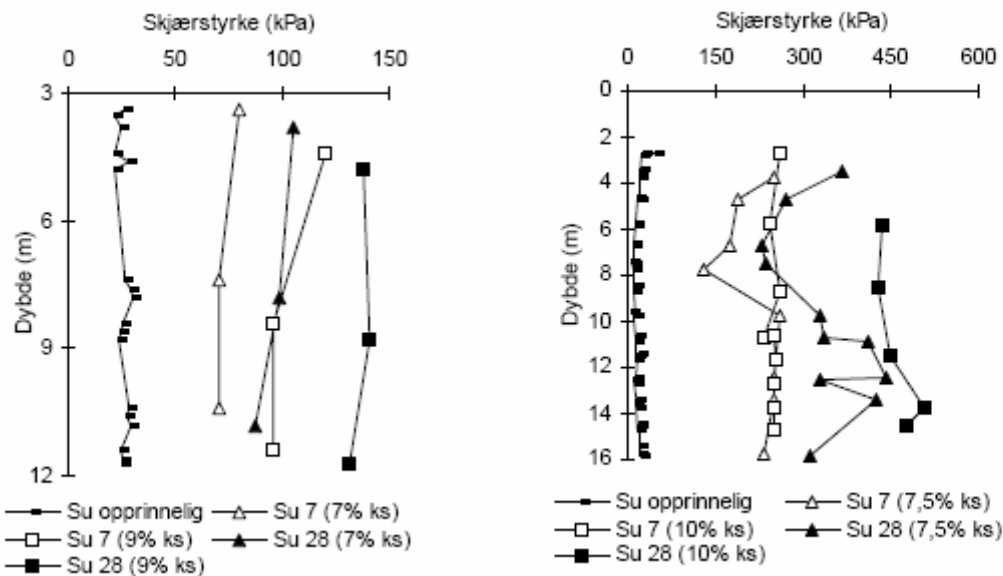


Fig 3. Og 4. Resultater fra enaksialt trykkforsøk (Cd382C og B394A)

Det har også blitt utført treaksiale trykkforsøk på kalksementstabiliserte prøver. Prøvene ble påført isotrope konsolideringsspenninger som tilsvarer in situ spenningsnivå og er vannmettet. Forsøkene ble utført ved holde horisontalspenningene konstant og komprimere prøven vertikalt ved å øke vertikal spenning til brudd eller 6% tøyning er oppnådd. I fig. 5 er det vist resultater fra treaksialforsøk av prøver som er tatt fra “ferske kalksement peler”, fra Rosenkrantsgate i Drammen, som har herdet i 35 dager under kontrollert klimaforhold i laboratoriet.

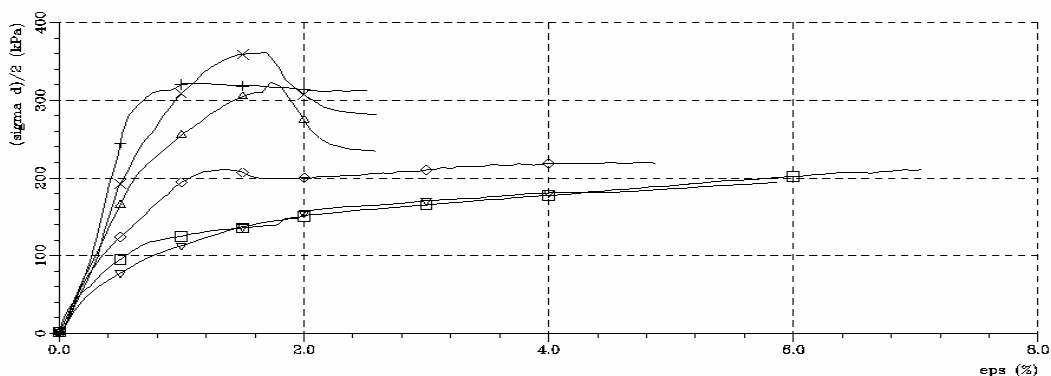


FIG 5 Resultater fra treaksialt trykkforsøk (F311A)



# Kalksementinnblanding

Oppdragsnr.

Antatt / målt w%.

STATENS VEGVESEN, Vegteknisk avdeling

Profil / Hullnr.

Operatør.

Dato.

Blande dato	Lab. nr.	Innblanding kalk og sement						Densitet			Skjærstyrke				Vanninnhold	
		våtvekt	tørrvekt	kalk	sement	kalk	sement	sylinder tara	syl. vekt fersk	syl. vekt herdet	herdetid	hette	Su	def	stabilisert masse w%	
		g	g	%	%	g	g	g	g	g/cm <sup>3</sup>	døgn	nr.	kPa	%		
															skål nr	
															våtvekt (g)	
															tørrvekt (g)	
															w	
															skål nr	
															våtvekt (g)	
															tørrvekt (g)	
															w	
															skål nr	
															våtvekt (g)	
															tørrvekt (g)	
															w	
															skål nr	
															våtvekt (g)	
															tørrvekt (g)	
															w	

<b>Kalksementinnblanding</b>	<u>Oppdragsnr.</u>	<u>Sted.</u>	
	STATENS VEGVESEN, Vegdirektoratet, Vegteknisk avdeling	<u>Profil / Hullnr.</u>	<u>Operatør.</u>

lab nr.	Innblanding kalk / sement						Densitet			Skjærstyrke		Vanninnhold	
	Våt	Tørr	Kalk	Sement	Kalk	Sement	Syl.	syl. vekt	syl. vekt	Herde-	Hette	Stabilisert	
	vekt	vekt					tara	fersk	herdet	tid	nr.	masse	
	(g)	(g)	(%)	(%)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g/cm <sup>3</sup> )	(døgn)		w	
												Skål nr.	
												våtvekt (g)	
												tørrvekt (g)	
												w (%)	
												Skål nr.	
												våtvekt (g)	
												tørrvekt (g)	
												w (%)	
												Skål nr.	
												våtvekt (g)	
												tørrvekt (g)	
												w (%)	
												Skål nr.	
												våtvekt (g)	
												tørrvekt (g)	
												w (%)	