

8450\*18.5.79

SBED

NTH - Fellesarbeider.  
Fotgjengerkryssing av Stavne -  
Leangenbanen.  
Grunnundersøkelse.  
Generell geoteknisk vurdering.

o.3068

15. mai 1979

Bilag:

1.          Situasjonsplan                  M = 1:500
2.          Profiler m. borerresultater  M = 1:200
3.          Poretrykksmåling
- 4 - 6.      Borprofiler
- 7 - 9.      Treaksialforsøk
10.        Ødometerforsøk

Tillegg:

- I.         Markundersøkelser
- II.        Laboratorieundersøkelser
- III.       Spesielle undersøkelser

## 0. SAMMENDRAG.

I angitt område for fotgjengerkryssing av Stavne - Leangenbanen ved NTH er det påvist ujevne grunnforhold (tidl. skredmasser) med fast tørrskorpe til ca. 3 meters dybde og derunder sand og silt samt leire i østligste borhull.

Direkte fundamentering med netto såletrykk 120 kN/m<sup>2</sup>, evt. til dels noe forhøyet, ansees på dette stadium mulig. Det er ikke påvist organiske eller andre spesielt kompressible materialer, og det ventes derfor relativt moderate setninger.

Dypere utgravninger inntil veg og jernbane forutsettes utført innenfor avstivet stålpunt. Grunnere utgravninger (< 3 m) kan utføres med fri graveskråning 1:1,5 dersom dette av plasshensyn er mulig.

Det er ikke avdekket spesielle forhold som kan sees å vanskeliggjøre midlertidig omlegging av jernbanen.

Det kreves nøyere geotekniske vurderinger for prosjektet (bæreevne, setninger, evt. pelefundamentering, dimensjonering av spunt og avstivninger/forankringer).

OTTAR KUMMENEJE

---

Jarle Th. Nestvold

---

Birger Romenstad  
for Eystein Enlid

## 1. INNLEDNING.

Etter anmodning fra Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat i brev av 21. mars 1979 har vi utført grunnundersøkelser for fotgjengerkryssing av Stavne - Leangenbanen på NTH's interesseområde.

Undersøkelsen skal danne grunnlag for prosjektering av fotgjengerkryssingen, og er, foruten boringer og laboratorieundersøkelser, forutsatt å omfatte generelle vurderinger av fundamenteringsforhold og utgravning.

## 2. UTFØRTE MARKUNDERSØKELSER.

Borearbeidet ble utført i tiden 28. mars - 5. april 1979 under ledelse av vår ing. E. Strøm.

Det ble utført 6 dreietrykkssonderinger til 10,5 - 18,4 meters dybde. Sonderingene ble utført med automatisk registrerende hydraulisk borerigg.

Videre er det foretatt prøvetaking med 54 mm stempelprøvetaker. Det ble i alt tatt opp 26 prøver fra 3 hull.

Borepunktene plassering er vist i bilag 1, mens boreresultatene er opptegnet i profilene i bilag 2 i form av sonderingsmotstand (nedpressingskraft) og forenklet jordartsoversikt ved prøvehullene. Tidligere utførte boringer fra våre undersøkelser o.248 (Generelt, NTH), o.669 (Bygn.ing. avd., NTH) og o.2588 (SINTEF) er forøvrig også angitt i bilag 1.

I punkt 6 ble det dessuten utført poretrykksmåling med piezometre nedsatt til henholdsvis 4 og 6 meters dybde. Resultater er opptegnet i bilag 3.

I tillegg I bak i rapporten er boremetoder og resultatfremstilling nærmere beskrevet. Her kan tilføyes at dreietrykksondering utføres med 32 mm stenger som dreies/trykkes ned med konstant omdreiningshastighet (25 o./min.) og konstant nedpressingshastighet (3 m/min.). Nedpressingskraften i kN registreres automatisk og angis som sonderingsmotstand.

### 3. UTFØRTE LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte prøver er undersøkt i vårt laboratorium.

For samtlige prøver er det foretatt beskrivelse, klassifikasjon og bestemmelse av vanninnhold.

Sylinderprøvene er videre rutinemessig undersøkt m.h.t. romvekt og udrenert skjærstyrke  $s_u$  i uforstyrret og omrørt tilstand.

For 1 prøve, lab.nr. 15, er det dessuten utført bestemmelse av konsistensgrenser og saltinnhold.

Resultatene fra disse undersøkelsene er samlet i borprofiler, bilag 4 - 6.

Foruten rutineundersøkelsene er det utført 2 treaksiale trykkforsøk for måling av effektive skjærstyrkeparametre ( $a$  og  $tg \phi$ ) og 3 konsolideringsforsøk i ødometer for bestemmelse av grunnens kompressibilitet. Resultatene er fremstilt i diagrammer i bilagene 7 - 9 og 10.

Undersøkelsesmetoder og resultatfremstilling er ellers nærmere forklart i tillegg II og III bakerst.

#### 4. GRUNNFORHOLD.

Grunnforholdene i området er generelt ujevne idet de øvre lag består av sekundært avsatte, rekonsoliderte skredmasser.

Sonderingene viser generelt sterkt tiltagende sonderingsmotstand de øverste 3 - 6 meter, derunder noe vekslende, men generelt høy motstand (15 - 30 kN). Lag med utpreget lav motstand er registrert i pkt. 3 og 6 i 8 - 10 meters dybde.

Prøvetakingene bekrefter inntrykket av noe ujevne, men stort sett faste grunnforhold.

Ned til 3 meter under terreng er det påvist tørrskorpesilt og tørrskorpeleire, som under det øverste humusholdige laget gjennomgående er meget fast.

Under tørrskorpelaget er forholdene nokså variable.

Østligste prøvetaking, hull 5, viser således uregelmessig middels fast til fast leire med udrenert skjærstyrke  $s_u = 30 - 35 \text{ kN/m}^2$  ned til prøvetakingsdybden 6 meter.

I de øvrige prøveserier, hull 3 og 6, er det hovedsakelig påvist grovere jordarter, dvs. sand og silt. I hull 3 er det vekslende lag med sand og silt, mens det i hull 6 vesentlig er funnet sand. Avsetningene er lagdelte og uregelmessige.

Vår tidligere undersøkelse for SINTEF (o.2588) indikerer ellers sand fra ca. 2,5 meters dybde sydover fra pkt. 8.

Poretrykksmålingene viser en øvre grunnvannstand ca. 0,4 meter under terreng. Grunnvannet synes imidlertid å dreneres ned mot sandlaget i dybden, som består av

ikke-mettet materiale med lavt vanninnhold (3 - 8%).  
I piezometret i 6 meters dybde i hull 6 er det følgelig ikke registrert poretrykk.

Et lavere grunnvannspeil antas å ligge i 8 - 10 meters dybde.

Treaksialforsøkene viser effektive skjærparametre

attraksjon  $a = 25 \text{ kN/m}^2$  og  
friksjonskoeff.  $\text{tg } \phi = 0,45$  i leire i hull 5.

I sand/silt-avsetningen antas tilsvarende

$a = 0$  og  
 $\text{tg } \phi = 0,65$ .

Ødometerforsøkene viser heller lite kompressibel silt med modultall  $m = 120$ . I leire er målt kompressibilitet heller ikke spesielt høy med  $M = 3,5 - 7,0 \text{ MN/m}^2$  i det aktuelle spenningsområde.

De groveste og antatt minst kompressible prøver lar seg ellers ikke undersøke ved ødometerforsøk.

For nærmere detaljer om grunnforholdene henvises ellers til rapportens bilag.

## 5. FUNDAMENTERINGSFORHOLD.

Med noe ujevn, men stort sett relativt fast grunn uten større påviste forekomster av organisk materiale, ansees fundamenteringsforholdene middels gode til gode.

Bæreevnemessig er direkte fundamentering fullt ut mulig, og det skulle kunne anvendes netto såletrykk i brukstilstanden opp til  $120 \text{ kN/m}^2$ . I området for angitte

kryssing av jernbanen, hvor det kun synes å være silt og sand, kan det forøvrig forsvares å benytte enda høyere såletrykk for store fundamenter. F.eks. kan bæreevnen kontrolleres med  $tg \phi = 0,65$  anvendt for likning 3 - 13 i NGI publ. nr. 16.

Setningsmessig ansees forholdene heller ikke spesielt ugunstige, dersom det ikke lokalt skulle forefinnes sterkt organisk holdige masser.

Det er på nåværende tidspunkt ikke utarbeidet planer for kryssingen og følgelig foreligger heller ingen opplysninger om mulige fundamentlaster eller på hvilke måter lastene føres ned.

Til orientering om størrelsesorden kan vi likevel eksempelvis angi beregnede setninger for enkeltfundamenter med varierende bredde og last  $120 \text{ kN/m}^2$ .

GRUNNFORHOLD	SAND/SILT	LEIRE
Fund.bredde	(Hull 3 og 6)	(Hull 5)
B = 1 m	$\delta = 0,75 \text{ cm}$	$\delta = 1,7 \text{ cm}$
B = 3 m	$\delta = 2,0 \text{ cm}$	$\delta = 4,5 \text{ m}$

For en kassekonstruksjon med hel bunnplate får den avlastende utgravning større betydning, slik at de setningsmessige forhold for denne sogar er bedre enn angitt.

Selv om det ikke helt kan utelukkes økede setninger p.g.a. organisk innhold, synes det på bakgrunn av beregningene også å være setningsmessig forsvarlig å anvende direkte fundamentering.

Nøyere setningsvurderinger vil imidlertid måtte utføres for det konkrete prosjekt.

Dersom disse skulle vise uakseptable setninger, foreligger mulighet for setningsreduksjon ved å anvende svevende peler.

#### 6. UTGRAVNING.

Det antas aktuelt i dette tilfelle å foreta utgravning til ca. 5 meters dybde under skinnegangen på jernbanen, dvs. til ca. kote +32,5 - 33,0.

Hovedsakelig vil det bli gravet i tørrskorpelaget, men på det dypeste parti (ant. ved pkt. 3 og 6) nås ned i silt og sand.

Graveforholdene synes ikke spesielt vanskelige, men det må påregnes grunnvann i toppen av sand-/siltavsetningen under tørrskorpeleira. Evt. fri graveskråninger her vil således måtte slakes mye ut.

For å redusere plassbehovet rundt utgravningene synes det riktig å basere seg på spuntete utgravninger inn til jernbanen og bestående veg på nordsiden.

Fri graveskråninger antas bare å kunne komme på tale ved evt. grunnere utgravninger mellom veg og jernbane og evt. sydover langs SINTEF's administrasjonsbygg.

Grunnere, uavstivede utgravninger kan utføres med skråninger 1:1,5.

Spunting og avstivning må beregnes nøyere når prosjektet er mere konkretisert.

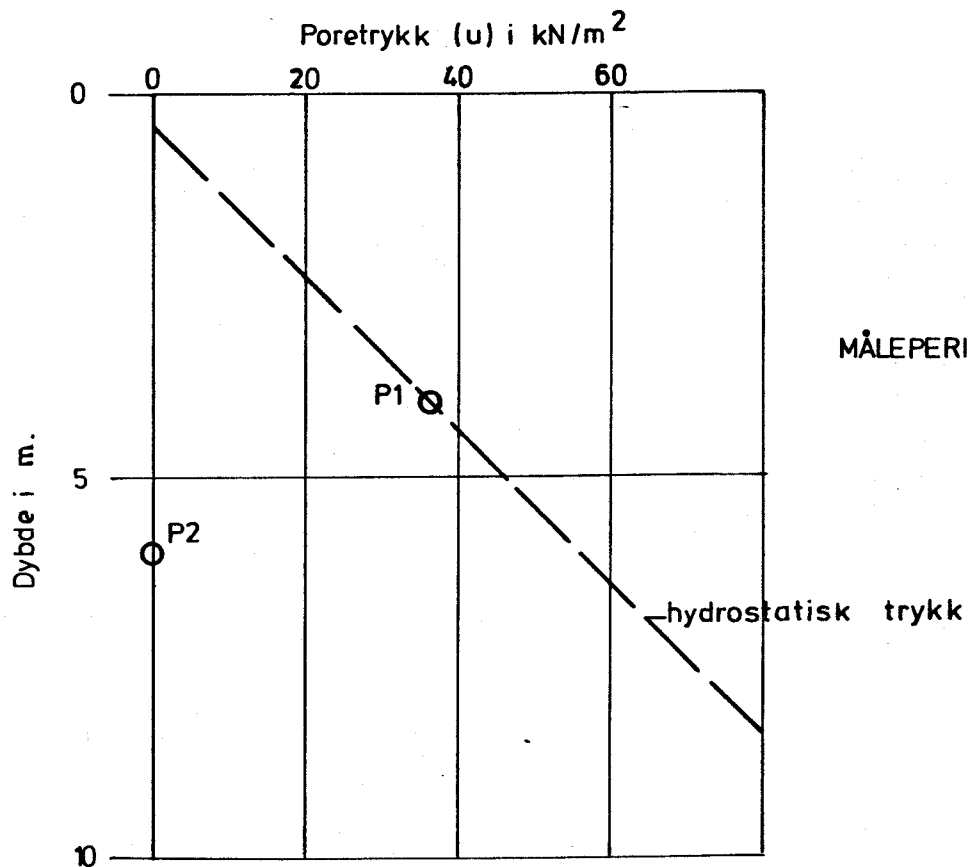


## 7. MIDLERTIDIG OMLEGGING AV JERNBANE.



Den utførte forundersøkelse av grunnforholdene har ikke avdekket spesielle vanskeligheter med å føre trafikken forbi stedet i anleggstiden.

Det foreligger imidlertid trolig såvidt mange alternativer for en midlertidig løsning, at en ikke har funnet å gå nærmere inn på dette på nåværende tidspunkt.

# Hull 6



MÅLEPERIODE : 29.03.- 03.04.79

<div>Siv. ing.</div> <div><b>OTTAR KUMMENEJE</b></div> <div>  <div>TRONDHEIM</div> <div>BODØ — TROMSØ</div> </div> <div>  </div>	SBED - LERKENDAL	MÅLESTOKK	OPPDRAG
		TEGNET AV E.E. / V.S.	3068 BILAG 3
	PORETRYKKSÅLING HULL 6	DATO 14.05.79	TEGN. NR.

Ø: Skovl +  
54 mm

10

04



<b>BORPROFIL</b>			HULL: <u>5</u> TERR.NIVÅ: _____		PRÖVE Ø: <u>54 mm + skovl</u>	
Dybden	Jordart	Sign. Labnr	Vanninnhold (w) i %	Saltinnh. % Porevækt kN/m <sup>3</sup>	Udrenert skjærstyrke (s <sub>u</sub> ) i kN/m <sup>2</sup>	Sensitivitet
			20   30   40   50		10   20   30   40   50	
5	TÖRRSK. SILT (oppfylt) glassbiter	11				
		12				
		13			18,8 (18,7)	250
	TÖRRSK. LEIRE	14			18,6 (18,1)	89,5 2
		15		2,2	18,7 (18,7)	93,0 4
		16			19,4 (18,7)	2
		17			18,6 (18,0)	2
LEIRE siltig uregelmessig						
trebit						
10						

Siv. ing. <b>OTTAR KUMMENEJE</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <b>TRONDHEIM</b>  <b>BODØ — TROMSØ</b> </div> </div>	Sted: <u>Lerkendal</u> Mnd/år: <u>05/79</u> SYMBOLER: Enkelt trykkforsøk:  (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt: ▼      Uforstyrret: ▽ Penetrometerforsøk: □ Konsistensgrenser: w <sub>p</sub> ————— w <sub>L</sub>	OPPDRAG: <b>3068</b> BILAG: <b>5</b> TEGN.NR.: <b>05</b>
--	--	--

<b>BORPROFIL</b>			HULL: <u>6</u> TERR.NIVÅ: _____		PRÖVE Ø: <u>54 mm + skovl</u>		
Dybden	Jordart	Sign.	Lab.nr	Vanninnhold (w) i %	Formvekt kN/m <sup>3</sup>	Udrenert skjærstyrke (s <sub>u</sub> ) i kN/m <sup>2</sup>	Sensitivitet
				20    30    40    50		10    20    30    40    50	
	TÖRRSK. LEIRE		18	30			
			19	35			
			20	30	(19,8)	> 250	
			21	35	18,7 (18,5)	~ 250	
			22	30	21,3	~ 200	
5	grov siltlag		22	30			
	SAND		23	4,8 3,1 3,8	17,1		
			24	7,6			
			25	9,7			
			26	30			
10	middels						

Siv. ing. <b>OTTAR KUMMENEJE</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <b>TRONDHEIM</b>  <b>BODØ — TROMSØ</b> </div> </div>	Sted: <u>Lerkendal</u> Mnd/år: <u>05/79</u> Enkelt trykkforsøk:  (strek angir def.% w/brudd) Konusforsøk - Omrørt:  Uforstyrret: Penetrometerforsøk: Konsistensgrenser:      w <sub>p</sub> ———— w <sub>L</sub>	OPPDRAG: <div style="text-align: center;">3068</div> BILAG: <div style="text-align: center;">6</div> TEGN.NR.: <div style="text-align: center;">06</div>
--	---	---

LERKENDAL LABNR. 15/1

TAN R<sub>0</sub>

ATTRACTION: 25.0 KN/M2

STRAIN

(SIGMA R - SIGMA R)/2 (KN/M2)

-20. SIGMA R' (KN/M2)

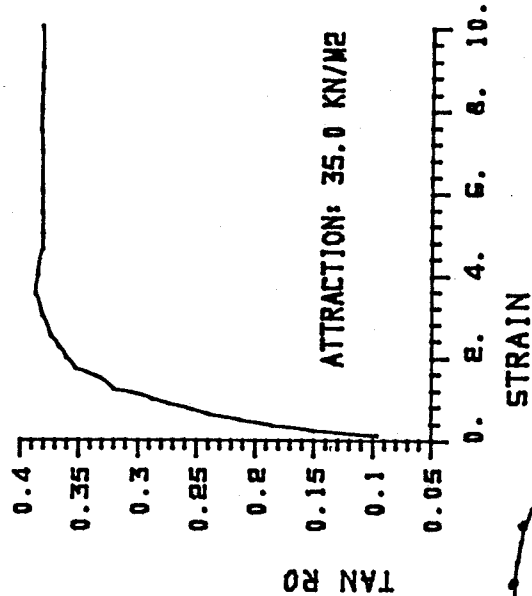
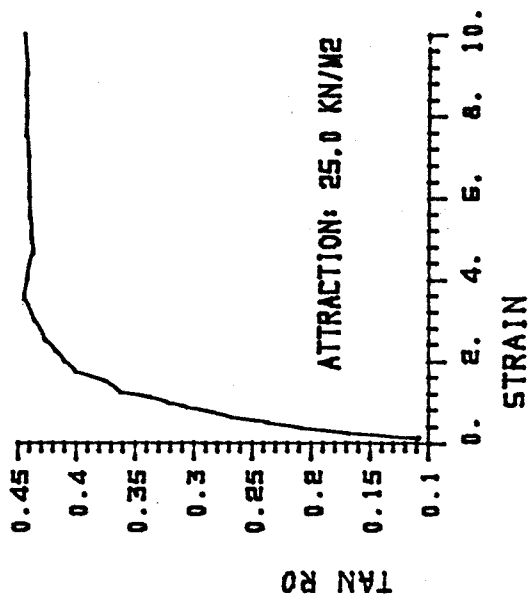
TAN R<sub>0</sub>

ATTRACTION: 35.0 KN/M2

STRAIN

<div data-bbox="193 2076 277 2161" data-label="Image"></div> <div data-bbox="359 1986 469 2016" data-label="Text">Siv. ing.</div> <div data-bbox="193 2013 644 2054" data-label="Text">OTTAR KUMMENEJE</div> <div data-bbox="335 2080 493 2110" data-label="Text">TRONDHEIM</div> <div data-bbox="292 2132 542 2163" data-label="Text">BODØ — TROMSØ</div> <div data-bbox="557 2076 641 2161" data-label="Image"></div>	SBED - LERKENDAL		MÅLESTOKK	OPPDAG
	Treaksialforsøk Lab. nr. 15/1		TEGNET AV	3068
			V.S.	BILAG
			DATO	7
			14.05.79	TEGN. NR.

LERKENDAL LABNR. 15/2



(SIGMA R - 4 YNGIS - 2 YNGIS) (KN/M2)

-40. SIGMA R\* [KN/M2] -20.

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



SBED - LERKENDAL

Treaksialforsøk  
Lab. nr. 15/2

MÅLESTOKK

OPPDRAG

TEGNET AV

BILAG

V.S.

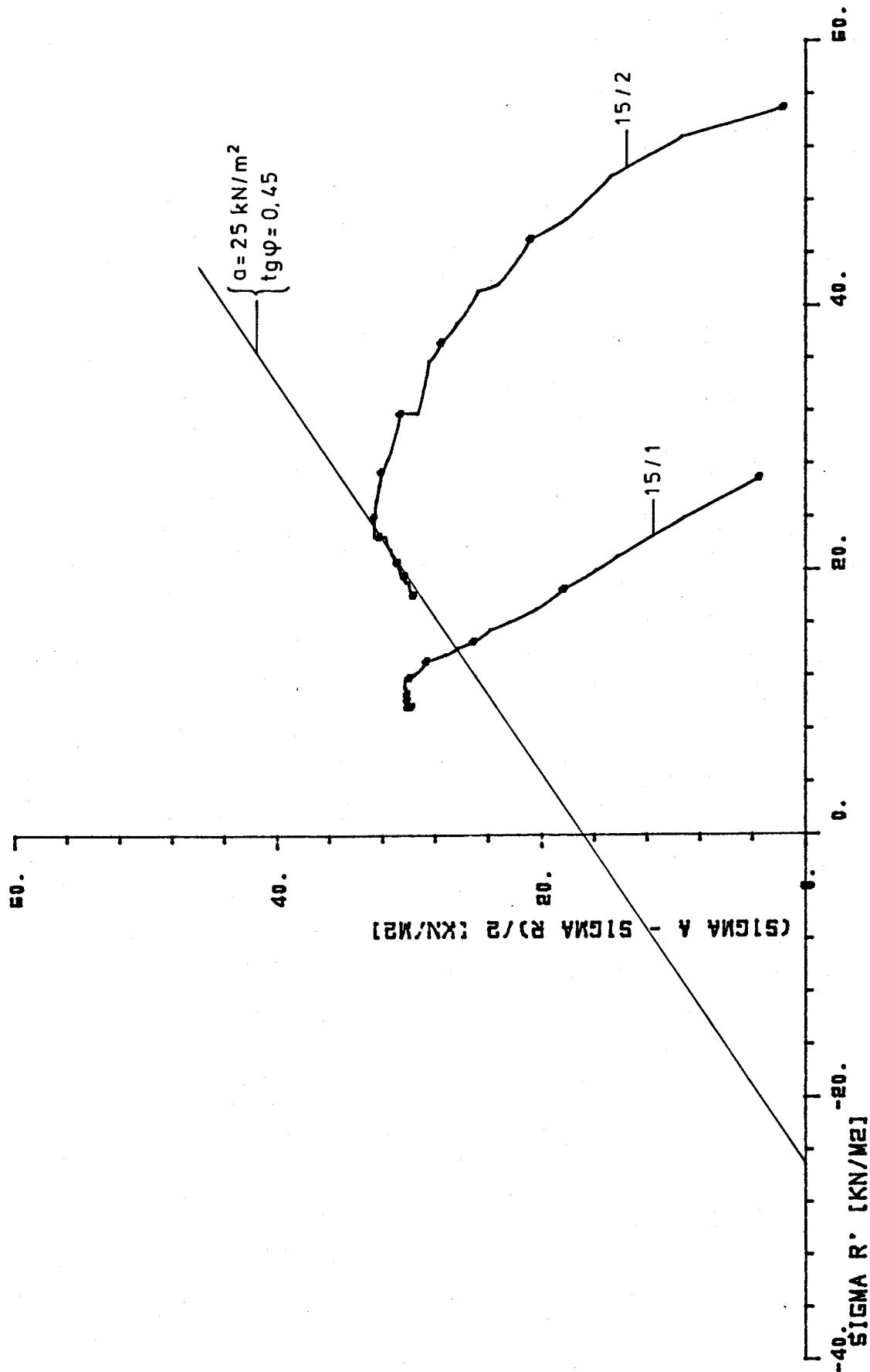
8

DATO

TEGN. NR.

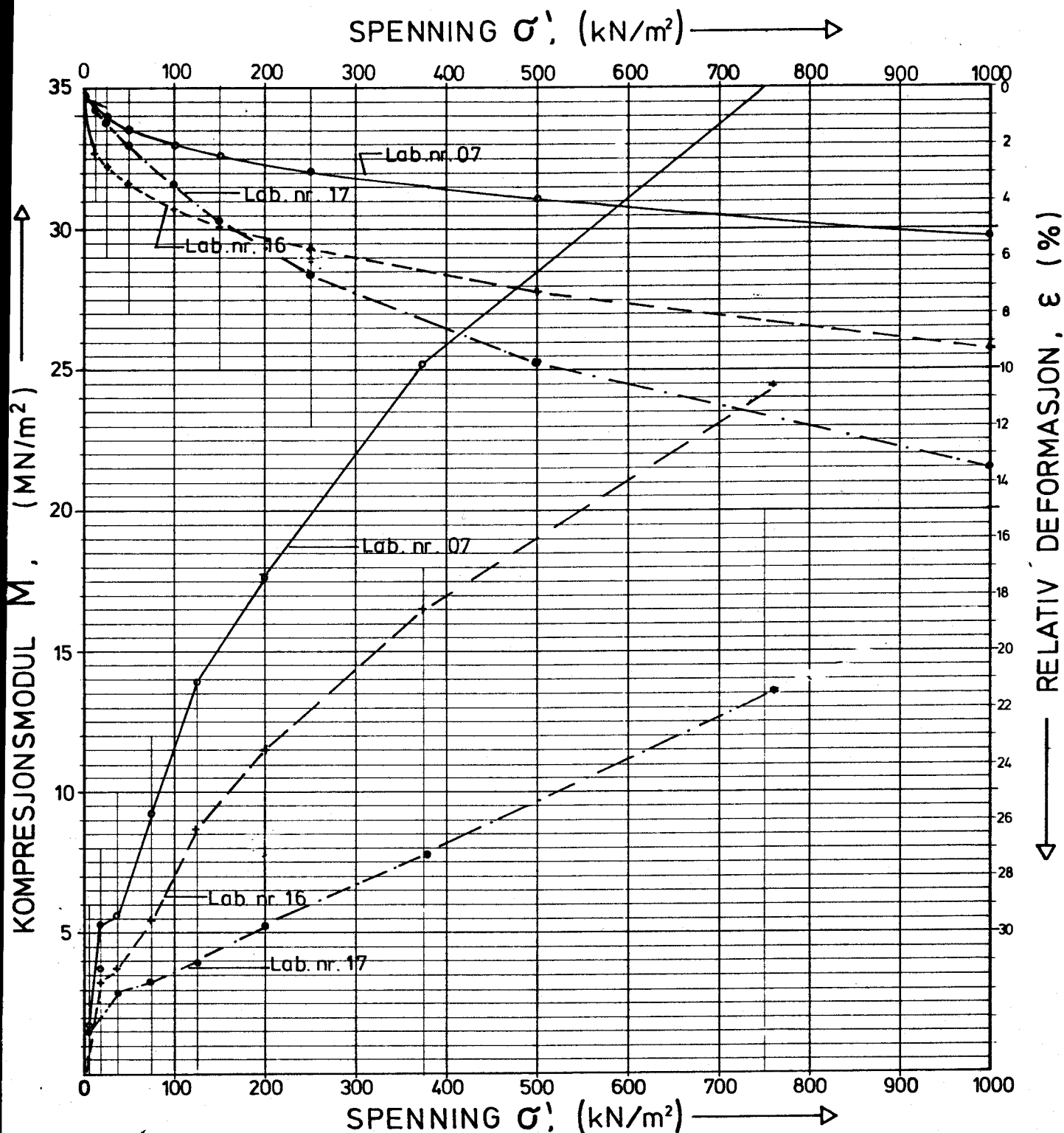
14.05.79

LERKENDAL LABNR. 15/1 OG 1



<div>Siv. ing.</div> <div>OTTAR KUMMENEJE</div> <div>TRONDHEIM</div> <div>BODØ — TROMSØ</div>	<div>SBED - LERKENDAL</div> <div>Treaksialforsök</div> <div>Lab.nr. 15</div>	MÅLESTOKK	OPPDRAG
		TEGNET AV	3068
		V.S.	BILAG
		DATO	9
		14.05.79	TEGN. NR.





PRØVEDATA, Sted: LERKENDAL

Mnd/år: 05 / 79

LAB. NR:	HULL NR:	DYBDE:	$P'_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	OCR	JORDART	ANM.
07	3	5,60	60			Silt, middels	$m = 120$
16	5	4,75	48			Leire, siltig - Silt, fin	$m = 70$
17	5	5,55	56			Leire	$M = 3,7 \text{ MN/m}^2$

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



## BELASTNINGSFORSØK I ØDOMETER

Relativ deformasjon  
og kompresjonsmodul

OPPDRAK:

3068

BILAG:

10

TEGN. NR:

Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

AVSLUTNING AV BORING (GJELDER ALLE SONDERINGSTYPER).

Boring avsluttet (årsak ikke angitt)

Antatt sten, morene, sand e.l.

Antatt fjell

Boret i antatt fjell. (Hvis overgangen er ukjent, settes spørsmålsteget.)

Boret i fjell og kjerne opp-tatt.

#### ✱ Fjellkontrollboring

utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkrone nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker påvisning.

#### ◎ Prøvetaking

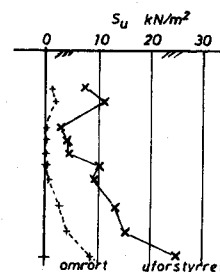
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stempeprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylindprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

#### + Vingeboring

bestemmer udrenert skjærstyrke ( $s_u$ ) av leire direkte i marken (in situ).

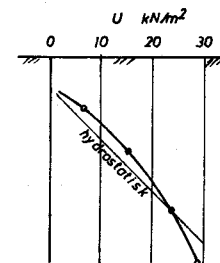
Måling utføres ved at et vingekor, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras udrenerte skjærstyrke, som også måles i omrørt tilstand etter brudd.



#### ⊖ Porevanntrykket

i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter

av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vanntrykket ved filteret registreres enten hydraulisk som stige høyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektromagnetisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filtret.

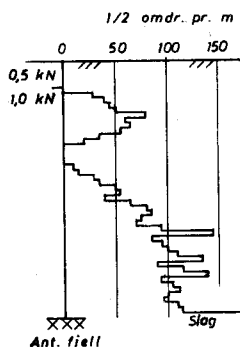


● Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

#### ● Dreiesondering

utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining.

Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreining pr. 20 cm synkning noteres. Ved opp-tegninger vises antall halve omdreining pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.

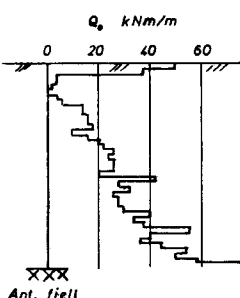


#### ○ Enkel sondering

består av slagboring med lett fjellboremaskin eller spyleboring til fast grunn eller fjell. Ved slagboring med en spesiell spiss kan nedsynkingshastigheten registreres som funksjon av dybden som uttrykk for boremotstanden. Myrddybden bestemmes ved hjelp av en lett myrddybdeprøvetaker som presses ned til antatt myrbunn hvor prøve tas for kontroll.

#### ▼ Ramsondering

utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fallhøyde 0,6 m. Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



Rammemotstanden

$Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}}$  (kNm/m) angis i

diagram som funksjon av dybden.

# LABORATORIEUNDERSKØKELSER.

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes:

**Romvekt**  
( $\gamma$  i  $\text{KN/m}^3$ ) for hel sylinder og utskåret del.

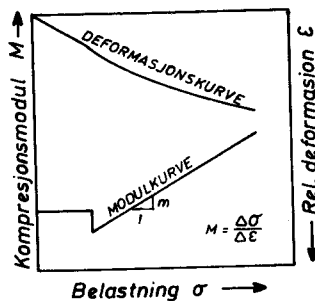
**Vanninnhold**  
( $w$  i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved  $110^\circ\text{C}$ .

**Flytegrense**  
( $w_L$  i %) og **utrullingsgrense** ( $w_p$  i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen  $w_L - w_p$  benevnes plastisitetsindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

**Udrenert skjærstyrke**  
( $s_u$  i  $\text{KN/m}^2$ ) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt  $3,6 \times 3,6 \text{ cm}^2$  (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

**Sensitiviteten (S)**  
er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med **kvikkleire** forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke  $< 0,5 \text{ KN/m}^2$ .

**Kompressibilitet**  
av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt  $20 \text{ cm}^2$  og høyde 2 cm belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modulkurve og gir grunnlag for setningsberegning.



**Humusinnhold**  
(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutopløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vektetapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

**Saltinnhold**  
( $g/l$  eller  $o/oo$ ) i porevannet ved titrering med sølvnitrat-oppløsning og kaliumkromat som indikator.

**Kornfordeling**  
ved sikting av fraksjonene større enn  $0,06 \text{ mm}$ . For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materiale slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjons-hastighet.

Fraksjonsbetegnelse	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse mm	$< 0,002$	$0,002 - 0,06$	$0,06 - 2$	$2 - 60$	$60 - 600$	$> 600$

**Jordarten**  
benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

**Organiske jordarter**  
klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv, gytje, dy, matjord).

## Materialsignatur:

	Fjell		Silt		Torv
	Blokk		Leire		Trerester
	Stein		Fyllmasse		Skjell
	Grus		Matjord		Moreneleire
	Sand		Gytje, dy		Grusig morene

## Anmerkning

- T = tørrskorpe
- Leire: R = resedimenterte masser
- K = kvikkleire
- Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
- Morene vises med skyggelegging.
- For konkresjoner kan bokstavssymboler settes inn i materialsignaturen:
  - Ca = kalkkonkresjoner
  - Fe = jernkonkresjoner
  - AH = aurhelle

## SPESIELLE UNDERSØKELSER.

## SPESIELLE MARKUNDERSØKELSER.

## Feltkompressometer

Benyttes for undersøkelse av grunnens kompressibilitet direkte i marken. I prinsippet består utstyret av en skrueplate med diameter 16 cm som kan skrues ned til ønsket dybde.

For hver valgt dybde utføres et belastningsforsøk ved hjelp av en jekk og sammenhengen mellom belastning og setning registreres.

Resultatene fremstilles som deformasjonskurver og derav kan beregnes modultall ( $m$ ) som uttrykk for grunnens kompressibilitet og benyttes ved setningsberegning.

## Permeabilitetsmåling

In situ utføres ved infiltrasjonsforsøk eller prøvepumping. Infiltrasjonsforsøk kan for eksempel utføres ved hjelp av et piezometer som fylles opp med vann og synkehastigheten måles. Ved prøvepumping må vannstanden observeres i flere punkter i forskjellig avstand.

## Korrosjonssondering

Utføres med en sonde av stål med isolert magnesiumspiss (NGI's type). Strømstyrke og motstand måles i forskjellige dybder i grunnen og derav kan beregnes en relativ depolarisasjonsgrad samt grunnens spesifikke motstand. Ut fra dette kan korrosjonshastigheten for stål vurderes.

## Feltkontroll av komprimeringsgrad.

Komprimeringsgraden for oppfylt materiale er forholdet mellom oppnådde tørr-romvekt  $\gamma_d$  ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt  $\gamma_d \text{ max.}$  bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

## - Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes  $\gamma_d$  ved å måle volumet av en utgravd prøve og å veie det utgravde materiale i fuktig og tørr tilstand. Volumet av prøven bestemmes ved å fylle det utgravde hull med en tørr sand med kjent romvekt, eller ved å forsegle hullet og fylle det opp med vann. Ut fra kjente data kan således vanninnhold og tørr-romvekt av det utgravde materialet bestemmes. Denne metode kan benyttes i relativt finkornig og ensgradert materiale.

## - Platebelastningsforsøk.

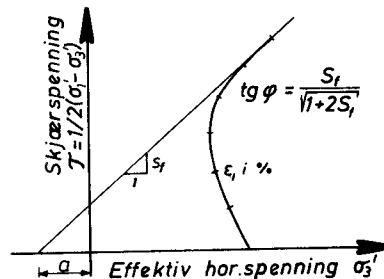
I grov og samfengt masse (grov grus, finsprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

En sirkulær plate med  $\varnothing = 30$  cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnsvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning avsettes i diagram og elastisitetsmodulen  $E$  beregnes. Den målte elastisitetsmodul sammenholdes med oppsatte krav til elastisitetsmodul ut fra aktuelle belastningsforhold, og forholdet mellom disse verdier betegnes komprimeringsgrad.

## SPESIELLE LABORATORIEUNDERSØKELSER.

## Skjærstyrkeparametrene,

friksjonsvinkel ( $\phi$ ) og attraksjon ( $a$  i  $\text{KN/m}^2$ , evt. kohesjon  $c = a \cdot \tan \phi$ ) bestemmes ved triaksialforsøk på små prøver i laboratoriet. En sylindrisk prøve konsolideres for et allsidig trykk og vertikalbelastningen økes deretter til brudd. Under forsøket måles poretrykk, slik at effektive spenninger kan beregnes (totaltrykk minus poretrykk).



Forsøket fremstilles oftest som en vektor i et hovedspenningsdiagram.

## Permeabilitetskoeffisienten

( $k$  i  $\text{cm/s}$ ) er strømningshastigheten for vann gjennom materialet ved en hydraulisk gradient lik 1,0. I laboratoriet måles permeabiliteten ved direkte vanngjennomgangsforsøk på små prøver for konstant eller fallende potensial. Dette kan gjøres i triaksialapparat for finkornige prøver eller i større apparatur for mer grovkornige prøver.

## Maksimal tørr-romvekt og optimalt vanninnhold etter Proctor-metoden.

Ved komprimering av jordartsmateriale oppnåes tetteste lagring av mineralkornene, dvs. høyest tørr-romvekt, når vanninnholdet i materialet har en bestemt verdi under komprimeringsarbeidet. Materialets egenskaper som stabilitet øker, og kompressibiliteten avtar med økende lagringstetthet.

I laboratoriet bestemmes det optimale vanninnholdet ved å komprimere prøver av materialet med varierende vanninnhold etter en standardisert forskrift, Proctormetoden. De samhørende verdier for prøvenes vanninnhold og tørr-romvekt beregnes og plottes i et diagram med tørr-romvekt som funksjon av vanninnholdet. Den høyest oppnådde tørr-romvekt betegnes som  $\gamma_d \text{ max.}$  og det tilhørende vanninnhold  $W_{\text{opt}}$ .

## CBR-forsøk.

For materialer som inngår i veg- og eller flyplassoverbygning, eller trafikkbelastet grunn forøvrig, kan dimensjonerende bæreevne semiempirisk bestemmes ut fra belastningsforsøk etter CBR-metoden (California Bearing Ratio).

Materialet som skal undersøkes komprimeres lagvis ved optimalt vanninnhold i en sylinder med volum ca. 2,3 l. Komprimeringsarbeidet tilsvarende Modifisert Proctor. Deretter settes sylindren med prøve i vannbad i 96 timer for fullstendig vannmetning. Etter vannmetning påføres prøven belastning ved at et stempel med areal 3  $\text{inch}^2$  med konstant bevegelseshastighet  $= 0,05$   $\text{inch pr. min.}$  presses ned i denne. Rundt stempelen på prøvens overflate er prøven belastet med blyringer med vekt som tilsvarende vekten av evt. overbygning. Stempelkraften ved 0,1" og 0,2" inntrykking av stempelen registreres og sammenlignes med verdier for tilsvarende inntrykking på et referansemateriale. Forholdet mellom den avleste kraft og referansekraften beregnes i prosent og betegnes CBR-verdi. Dersom CBR-verdien ved 0,2" er høyere enn ved 0,1" stempelinntrykking kan denne verdien rapporteres som materialets CBR-verdi hvis dette forhold bekreftes ut fra forsøk på 2 prøver.