

Fylke	Kommune	Sted	UTM-referanse
Sør-Trøndelag	Trondheim	NTH-Gløshaugen	NR 700 331
Byggherre Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat			
Oppdragsgiver Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat			
Oppdrag formidlet av			
Oppdragsreferanse Brev av 13.september 1984, ref. 15614/84/ss/vl/Bj			
Antall sider	Antall bilag	Tegn. nr.	Antall tillegg
5	6	01 - 06	3

Prosjekt-tittel Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat.
NTH - Elektroteknisk avdeling.
Nybygg/tilbygg.

Rapport-tittel Supplerende grunnundersøkelser
med stabilitetsvurdering.

Oppdrag nr. o.5027 30.oktober 1984

Sammendrag

Det er utført supplerende poretrykksmålinger i skråningen vest for prosjektert nybygg for Elektroteknisk avdeling, NTH. I tillegg er det tatt opp prøver for å klarlegge fyllingsmektighet og massetype i skråningen.

Beregninger på grunnlag av de supplerende undersøkelser viser tilstrekkelig stabilitet til at prosjektet kan gjennomføres.

Det er også satt ned poretrykksmålere foran EFI-- kontorblokk for kontroll av poretrykk bak spunt under utgraving.

Målingene vil fortsette i anleggsperioden.

Overingeniør

Eystein Enlid

Saksbehandler

Trond Gilde

INNHold.

1. INNLEDNING	side 3
2. UTFØRTE UNDERSØKELSER	" 3
3. GRUNNFORHOLD	" 4
4. STABILITET	" 5

BILAG.

1. Oversiktskart
2. Profil IV og støttemur ved EFI
3. Borprofil, hull H
- 4 - 5. Treaksialforsøk
6. Stabilitetsberegninger.

TILLEGG.

- I Markundersøkelser
- II Laboratorieundersøkelser
- III Spesielle undersøkelser.

1. INNLEDNING.

Det prosjekterte bygg mellom eksisterende Elektroblokk A og EFI er trukket helt fram i skråningen, ut over den tidligere angitte byggegrense. Poretrykksantagelser for stabilitetsvurderinger har hittil vært gjort på relativt dårlig grunnlag, og før bygging har en derfor funnet det nødvendig med supplerende poretrykksmålinger i skråningen.

I området mellom EFI og Elektroteknisk avdeling, og i en forsenkning i den øvre del av skråningen vestenfor, ble det i 1956 foretatt noe utfylling. For å klarlegge fyllmassens sammensetning og mektighet, samt skjærstyrkeparametere for original grunn, er det utført en supplerende prøvetaking nede i skråningen.

I forbindelse med de dype utgravninger inn mot eksisterende bygg, med inntil 5 m undergraving av fundamenter, vil det bli etablert avstivede spuntvegger. For kontroll av beregningsforutsetninger for dimensjonering av spuntvegg, er det utført poretrykksmålinger ved EFI kontorblokk.

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER.

2.1 Markarbeid.

Markarbeidet ble utført 30.08. - 06.09. under ledelse av boreformann O. Bakken. Det ble satt ned poretrykksmålere i to punkter nede i skråningen og i ett punkt oppe på platået mellom EFI og Elektroblokk A. Målerne er avlest i tre dybder. Videre ble det installert to målere ved EFI kontorblokk.

Nede i skråningen ble det tatt opp i alt 10 uforstyrrede prøver fra ett hull.

Borpunktene plassering er vist i situasjonsplanen, bilag 1. Resultatene av poretrykksmålingene er vist i bilag 2.

Markarbeidets utførelse er ellers nærmere beskrevet i tillegg I bak i rapporten.

2.2 Laboratoriearbeid.

Prøvene er undersøkt ved vårt laboratorium i Trondheim. Det er utført klassifisering og rutineundersøkelser av romvekt og vanninnhold, og for de mest finkornige jordarter også udrenert skjærstryke, s_u .

På to prøver fra ca. 2,5 og 10,5 m dybde er det utført treaksiale belastningsforsøk for å bestemme effektive skjærstyrkeparametere.

Resultater av rutineundersøkelsene er vist i borprofilen, bilag 3. Treaksialforsøkene er vist i bilag 4 og 5.

Laboratorieundersøkelsene er nærmere beskrevet i tillegg II og III bak i rapporten.

3. GRUNNFORHOLD.

Grunnforholdene i området er generelt beskrevet i vår rapport o.3493 av 1.april 1981.

De supplerende grunnundersøkelser synes i det vesentlige å bekrefte de tidligere undersøkelser. Fyllmassen er funnet å bestå hovedsakelig av humusholdig silt med enkelte leire- og sandpartier. Overgangen til originalt terreng stemmer med tidligere kart, fyllingas mektighet er ca. 3,5 m i prøvetakingspunkt H.

Original grunn synes vesentlig å bestå av middels til grov silt, med enkelte sand- og leirlag. Treaksialforsøkene på fyllmasse og original grunn indikerer effektive skjærstyrkeparametere attraksjon $a = 0$ og friksjon $\tan \phi = 0,6$. Tidligere har en regnet med attraksjon $a = 10$ kPa.

Poretrykksmålingene viser som tidligere et øvre hengende grunnvannsnivå, ant. på ca. kt. 44 - 46, med noe lavere enn hydrostatisk økning i dybden, og avtagende igjen til en minimumsverdi på ca. kote 34 - 36. Herfra antas poretrykksøkning tilnærmet hydrostatisk.

For nærmere beskrivelse av grunnforhold og poretrykk henvises til rapportens bilag. I bilag 6 er vist hvordan poretrykksfordelingen forventes å bli etter utgraving av byggegrop og installasjon av drens-system.

4. STABILITET.

På grunnlag av de utførte poretrykksmålinger og antagelse om trykfordeling etter utgraving, og med supplerende treksialforsøk, har vi utført nye stabilitetsberegninger av vestskråningen. Resultatet er vist i bilag 6 sammen med den antatte poretrykksfordeling.

Beregningene viser at sikkerheten mot glidninger i skråningen er tilstrekkelig til å gjennomføre det prosjekterte bygg med framskutt kjeller.

Poretrykksmålerne blir stående under utgraving og i byggetida, slik at den antatte poretrykksreduksjon som følge av utgraving kan kontrolleres, og supplerende beregninger utføres dersom dette skulle vise seg nødvendig.

BORPROFIL			HULL: <u>H</u>		TERR.NIVÅ: <u>~ +45,0</u>		PRÖVE Ø: <u>54mm</u>				
Dybde	Jordart	Sign.	Labnr	Vanninnhold (w) i %	Porvekt ρ_{v} kg/m^3	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m^2					Sensitivitet
				20 40 60 80		10 20 30 40 50					
5	Ant. oppfylt SILT, m. humusflekker sterkt humusholdig leirparti sandparti		01		16,3 (16,6)						
			02		17,3 (18,3)						
			03		18,2 (17,1)						
			04		19,2 (19,8)						
10	SILT, middels-grov,		05		19,6 (19,4)						7
			06		20,0 (20,1)						
			07		19,7 (20,2)						9 8
			08		19,7 (20,0)						8
15	grov, grovsandlag		09		19,6 (20,2)						
			10		21,0 (20,6)						

Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

Sted: N.T.H. ELEKTRO Mnd/år: 09/84

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: σ_1 (strek angir def.% w/brudd)

Konussforsøk - Omrørt: ∇ Uforstyrret: ∇

Penetrometerforsøk: \square

Konsistensgrenser: w_p \longrightarrow w_L

OPPDRAG:

5027

BILAG:

3

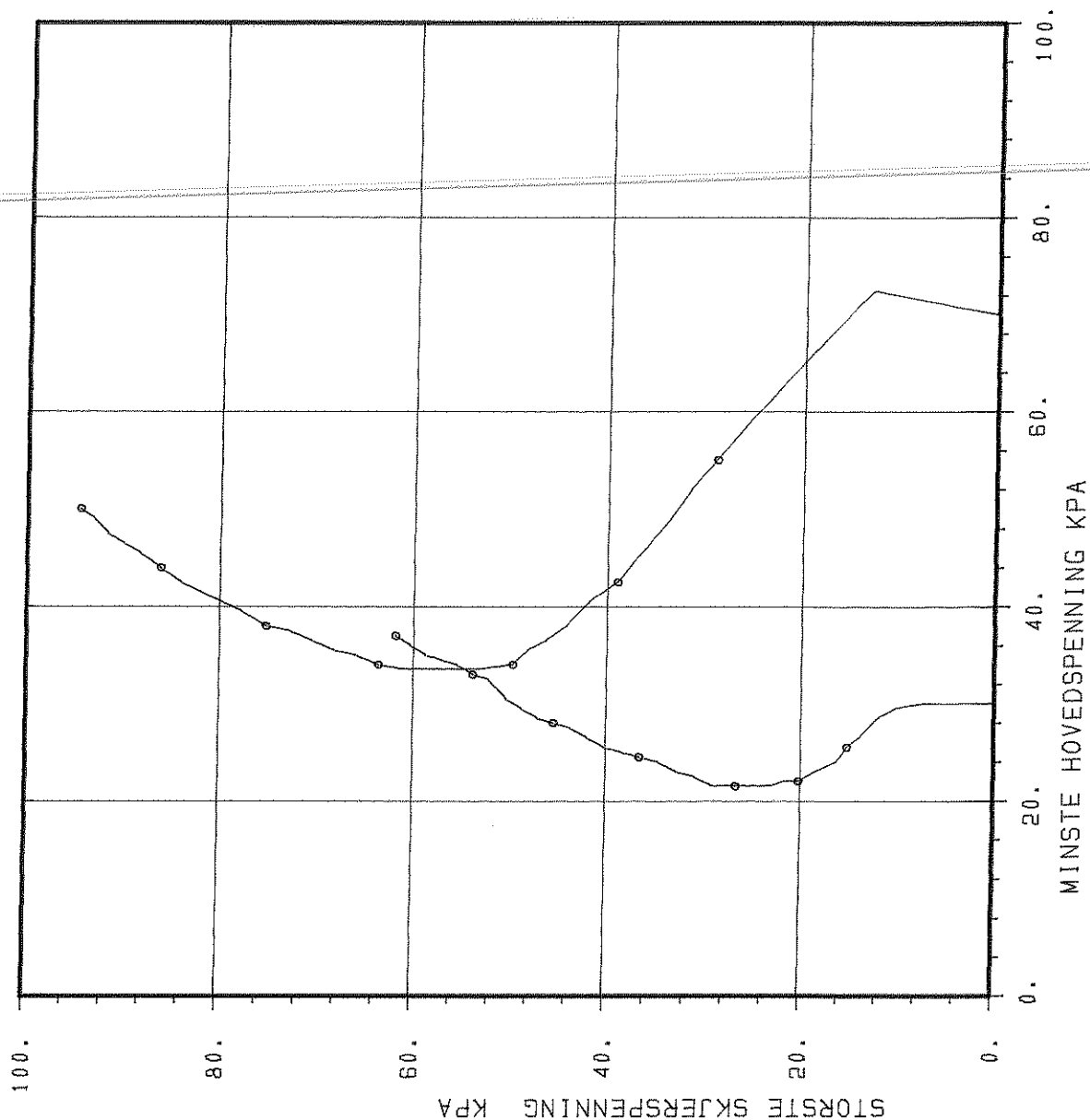
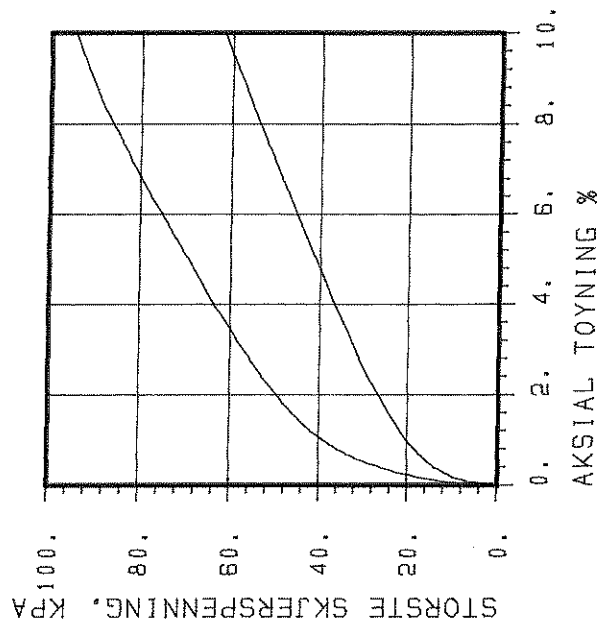
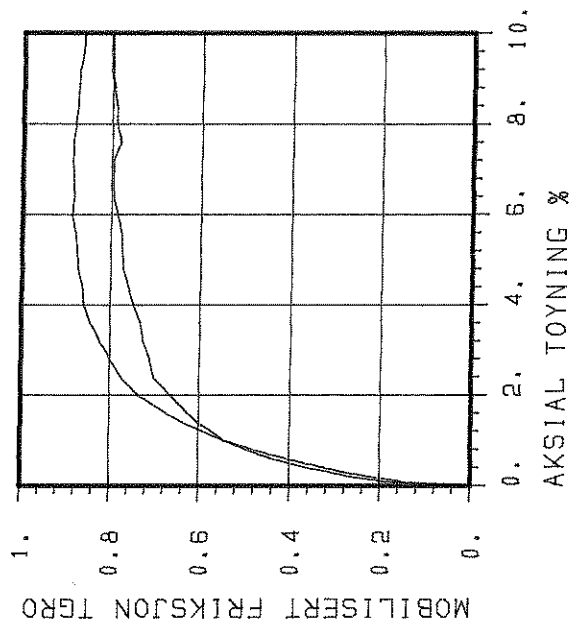
TEGN.NR.:

03

HULL H LAB 03-01 D=2.25M SILT, STERKT HUMUSHOLDIG.

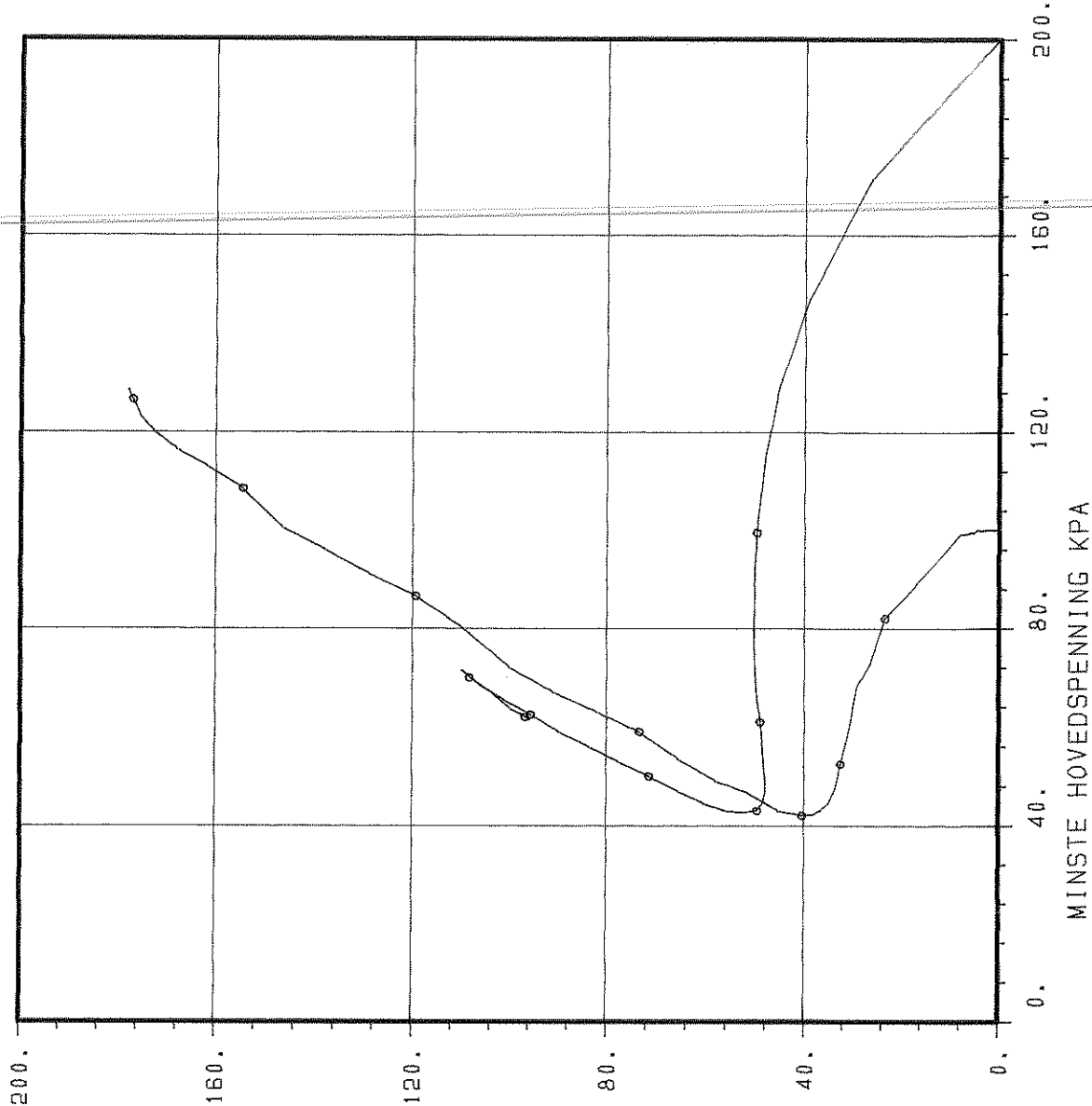
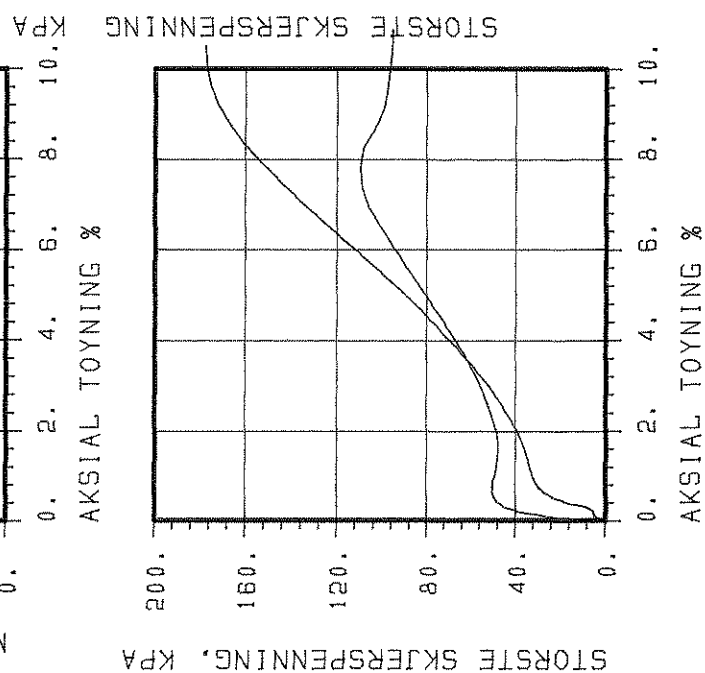
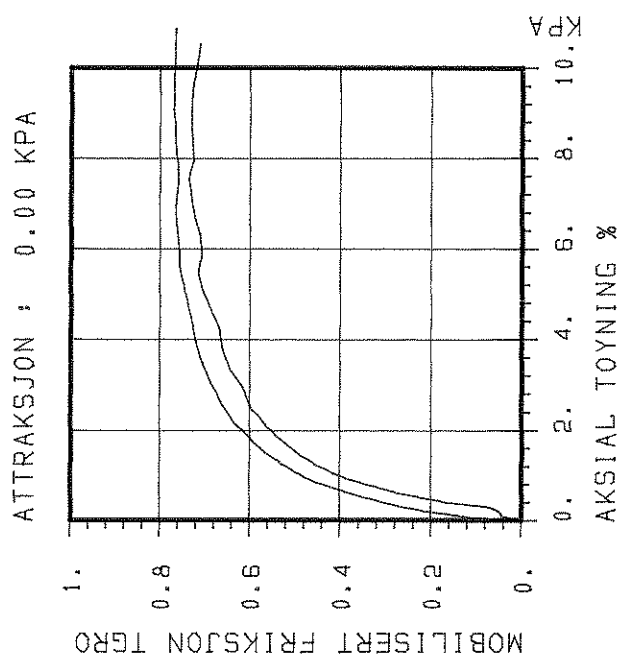
HULL H LAB 03-02 D=2.35M

ATTRAKSJON : 0.00 KPA



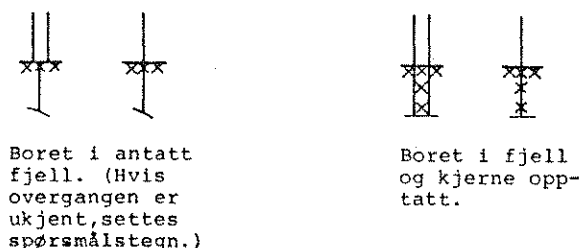
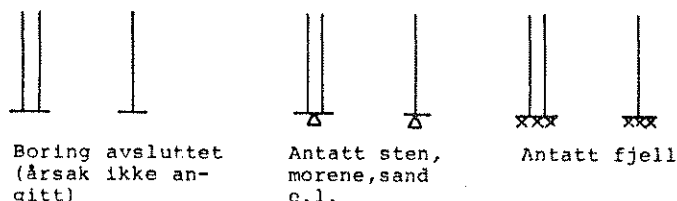
HULL H LAB 08-01 D=10.30M SILT.

HULL H LAB 08-02 D=10.50M

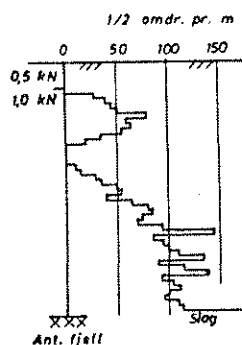


Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

AVSLUTNING AV BORING (GJELDER ALLE SONDERINGSTYPER).

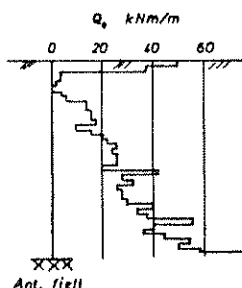


● Dreiesondering
utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreining pr. 20 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 ned-synkningshastigheten registreres som funksjon av dybden som uttrykk for boremotstanden. Myrdybden bestemmes ved hjelp av en lett myr-dybdeprøvetaker 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 fall-høyde 0,6 m. Mot-standen mot ned-ramming regis-treres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



Rammemotstanden

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

diagram som funksjon av dybden.

★ 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 på-visning.

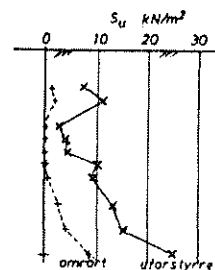
◎ Prøvetaking

utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stem-pelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveg-gede 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 opp-spylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylind-prøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

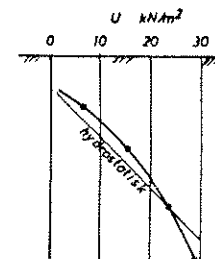
+ Vingeboring

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 hastig-het til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras u-drenerte skjærstyrke, som også måles i om-rørt tilstand etter brudd.



⊖ Porevanntrykket

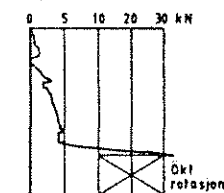
i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintreert bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vann-trykket ved filteret registreres enten hy-draulisk som stighøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektro-nisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filtret.



● Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

⊖ Dreietrykksondering

utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min. Sonderingsmotstanden registreres som den til en hver tid nødvendige nedpres-ningskraft for å holde nor-mert nedtrengningshastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengningshastig-het ikke kan opprettholdes, økes rotasjons-hastigheten. Dette anføres i diagrammet.



LABORATORIEUNDERSKØKELSER.

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

Romvekt
(γ i kN/m³) for hel sylinder og utskåret del.

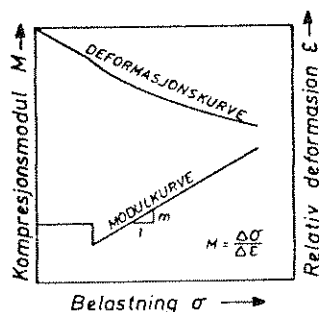
Vanninnhold
(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110 °C.

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

Udrenert skjærstyrke
(s_u i kN/m²) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm² (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 kN/m².

Kompressibilitet
av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm² 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 natronlut-oppløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vekttapet (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 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materialer 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 sedimentasjonshastighet.

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).

	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 bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:

Ca = kalkkonkresjoner

Fe = jernkonkresjoner

AH = aurlulle

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 magnesium-spiss (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 γ_d ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt $\gamma_{d \max}$ bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

- Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes γ_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.

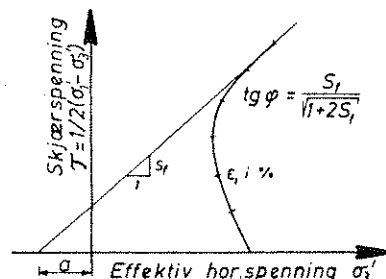
I grov og samfengt masse (grov grus, fin-sprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

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 (φ) og attraksjon (a i KN/m^2 , evt. kohesjon $c = a \cdot \tan \varphi$) 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 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 mineral-kornene, 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 $\gamma_{d \max}$ og det tilhørende vanninnhold W_{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 inch^2 med konstant bevegelseshastighet $= 0,05$ inch pr. min. presses ned i denne. Rundt stempellet 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 stempellet 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.