

19419*21.11.70

Dalen off. skole for blinde
Melhus.

Grunnundersøkelse, stabilitet
og fundamentering.

O.1063

17.november 1970.

Bilagsfortegnelse:

- Bilag 1: Situasjonsplan m/borpunkter.
---"--- 2-5: Profil I-VI m/boreresultater
 og stabilitetsberegninger (bilag 4).
---"--- 6: Borprofil, hull 10.
---"--- 7: Setningskurver for ødometerforsøk.

- Tillegg 1: Boringers utførelse.
---"--- 2: Laboratorieundersøkelser.

1. INNLEDNING.

Etter anmodning fra rådgiv. ing. Frants -G. Mørch i brev av 1.9. d.å. har undertegnede utført grunnundersøkelse for den prosjekterte Dalen off. skole for blinde på Melhus.

Området for den nye skolen er beliggende på et platå i dalsiden syd for Gauldal Folkehøgskole.

Prosjektet kan deles i 2 grupper, nemlig skolebyggene og internatbyggene. Skolebygg-gruppen ligger lengst nord på området og består ytterst mot dalsiden av et 1-etasjes bygg uten kjeller med grunnflate ca 36 x 60 meter, videre innover et H-formet bygningskompleks, dels i 2 etasjer med kjeller, dels i 1 etasje uten kjeller.

I den sydligste "gren" er det prosjektert gymnastikksal og svømmehall.

Internatgruppen er planlagt i syd-vest ved foten av skråningen ovenfor, og opplyses å bestå av 12 relativt lette bygg.

Hva angår størrelse og plassering av de prosjekterte bygg, henvises til situasjonsplanen i bilag 1.

Grunnundersøkelsen er utført etter de retningslinjer som ble trukket opp i vårt brev av 11.6. d.å.

I brev av 25.9. ble det etter anmodning gitt en foreløpig uttalelse om grunnforholdene på grunnlag av de da foreliggende dreie-sonderingsresultater.

2. UTFØRTE BORINGER.

Markarbeidet er utført i tiden 11.9 - 1.10. 1970 under ledelse av boreleder O. Spjøtvold, med hjelpemannskap holdt av undertegnede.

Det er i 14 borpunkter ved de prosjekterte bygg utført dreiesonderinger med normaldreiebor, videre er det i 2 punkter utført vinge boring, og fra 1. borhull tatt opp uforstyrrede prøver med 54 mm sylinderprøvetaker.

I tillegg til den tidligere oppsatte borplan har en etter anmodning utført myrddybdebestemmelse i 7 ekstra punkter i 1 profil på platået sydover fra de prosjekterte bygg. (Profil VI).

Samtlige borpunkter er stukket ut og nivellert ved undertegnedes personell, og som utgangshøyde er benyttet PP 8 ved topp av skråning utenfor de prosjekterte skolebygg, ved oppgitt høyde kote + 102,68.

Borpunktene plassering fremgår av situasjonsplanen i bilag 1, mens resultater av dreiesondering og vinge boring, samt jordartsbeskrivelse fra prøvetaking er fremstilt i profilene i bilag 2-5.

Boringenes utførelse er beskrevet i tillegg 2 bak i rapporten.

3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De opptatte uforstyrrede prøver er forseglet og brakt til vårt laboratorium til undersøkelse. Etter åpningen er prøvene først klassifisert og beskrevet, hvorefter det er utført forsøk for bestemmelse av rutinedata som vanninnhold og romvekt.

Udrenert skjærfasthet er i uforstyrret tilstand bestemt ved konusforsøk og enkle trykkforsøk, i omrørt tilstand ved konusforsøk. Konusverdiene gir grunnlag for beregning av sensitiviteten, som er forholdet mellom en leires uforstyrrede og omrørte skjærfasthet.

Fra 2 sylinderprøver er det dessuten skåret ut prøver for kompressibilitetsforsøk i ødometer, til grunnlag for senere setningsvurdering.

Forsøksresultater fra laboratoriet er, hva rutinedata angår, gitt i borprofil i bilag 6, mens setningskurvene fra ødometerforsøkene er vist i bilag 7.

Forsøksmetodene er nærmere beskrevet i tillegg 2, bakerst i rapporten.

4. GRUNNFORHOLD.

Terrenget på området danner som nevnt et platå i dalsiden med skråning både ovenfor og nedenfor.

Platået ligger tilnærmet horisontalt på ca kote + 102-103 med en litt høyere kant ut mot skråningen hvor kotehøyden er opptil ca kote + 104.

Ved de prosjekterte skolebygg er grunnen i de øvre lag påvist noe uensartet, idet de sentrale deler av tomta er dekket med et torvlag, ved prosjektert svømmehall-fløy i syd-vest er det registrert et opp-stikkende fjellparti, mens det ytterst på platået er påvist et øvre lag med grus og stein.

Det oppstikkende fjell-parti, samt den torv-dekte del av området ved byggene er forsøkt omtrentlig avgrenset med skravur på situasjonsplanen i bilag 1.

Torvdybden er ved de prosjekterte bygg målt opptil 1,5 meter, men for det meste 0,5-1 meter, sydover på platået opptil vel 2 meter.

Stein- og gruslaget ytterst er ved boring 5, 9 og 13 registrert å ha en tykkelse på 2-3 meter, dvs. underkant sandlag på ca kote + 101.

Grunnen i dybden består generelt av bløt til middels fast leire, under gruslaget ytterst regnes overgangen å være direkte, mens det under torvlaget på de sentrale deler av området synes å være et overgangslag av silt og sand, i borhull 10 målt i 2 meters tykkelse.

Under den bløte leira er det påvist fast grunn, mulig morene, med dybde ytterst målt 13-19 meter, sterkt avtakende innover på platået.

Ved de prosjekterte internatbygg består grunnen av et øvre, noe sumpig matjordlag til 0,6 meters dybde, videre et sandlag som går over i bløt til middels fast leire i ca 2 meters dybde, og med overgang til fast grunn i 7-8 meters dybde.

Ved boring 3 innerst mot skråningen er fjell påvist i vel 2 meters dybde, og fjell synes til dels å ligge i dagen i skråningen innenfor.

Hva angår grunnforholdene henvises tfor øvrig til profiler og borprofiler i bilag 2-6.

5. STABILITET.

a. Stabilitetsberegninger.

For å kunne vurdere den utenforliggende skrånings stabilitet slik den ligger i dag, og sett i relasjon til det forelagte prosjekt, har en profil 5 utført stabilitetsberegninger v.h.a. 3 inntegnede glideflater.

Beregningene er utført ^{ved} 2 prinsipielt forskjellige analyser, nemlig S_u-analyse, som gjelder store og hurtige spenningsforandringer i grunnen (byggetilstanden), og C ϕ -analyse, som dekker langtids-tilstanden, med utlignede tilleggsspenninger.

Ved S_u-analysen er det beregnet nødvendig udrenert skjærfasthet for likevekt langs glideflatene, mens tilsvarende for C ϕ -analysen er beregnet nødvendig friksjonsvinkel for F = 1,0, idet en antar kohesjon c = 0.

For de 3 inntegnede glideflater (bilag 4) er beregnet S_u nødv. = 3,4-3,6 t/m² mens ϕ nødv. = 20-25°.

Ved $c\phi$ -analysen er forutsatt lineært stigende poretrykk i dybden fra den inntegnede 0-linje i profilet.

b. Vurdering.

Da de målte verdier for udrenert skjærfasthet i leirlaget, målt ved vinge boring i marken, og i laboratoriet, ligger i området 3-4 t/m², altså i samme området som beregningsmessig nødvendig, synes beregningsmessig sikkerhet mot utglidning iflg. S_u -analysen bare svakt over 1,0.

For nåværende stabilitetssituasjon og med små spenningsendringer p.g.a. prosjektet, er imidlertid denne analyse ikke relevant. Beregningsresultatet tilsier imidlertid at større utfyllinger ved skråningstopp i forbindelse med prosjektet må unngås, da en derved ville komme mer over S_u -tilstanden med beregningsmessig lav sikkerhet.

Stabilitetsvurdering av den nåværende, naturlige skråning, samt når prosjektet ikke fører til dyptgripende spenningsendringer i denne, bør skje på grunnlag av $c\phi$ -analysen.

Resultatene av $c\phi$ -analysen, med beregningsmessig nødvendig friksjonsvinkel på 20-25°, skulle med en antatt rimelig friksjonsvinkel på 27-28° svare til en sikkerhetsfaktor av størrelse 1,2-1,3.

Denne sikkerhet er i underkant av hva som vanligvis tolereres, men da det eneste bygget som kommer ut mot skråningen er et relativt lett 1. etajses bygg, vil stabiliteten ikke i vesentlig grad forverres p.g.a. prosjektet og skulle ikke være betenkelig.

Det forutsettes da som nevnt at det ikke foretas oppfylling ved skråningstopp, og det vil stabilitetsmessig være gunstig med en viss nedplanering av den ytre terrengrygg mot skråningen.

Da denne inneholder grov grus og stein, skulle dette materiale kunne anvendes som bakfyll til grunnmurer, evt. masseutskiftning av torv, osv.

6. FUNDAMENTERING.

Da grunnforholdene i de øvre lag er relativt sterkt vekslende og en ikke er forelagt plan over lastnedføring og fundamenteringsnivå, vil fundamenteringen på nåværende stadium måtte behandles skjematisk, idet en forutsetter mer detaljert behandling når nærmere planer foreligger.

I den bløte leira, hvor det er målt udrenert skjærfasthet ned til ca 2 t/m^2 , skulle det uten nærmere undersøkelse kunne antydes sålefundamentering med netto såletrykk bæreevnemessig ikke større enn $6-7 \text{ t/m}^2$.

Hvis fundamentene kommer i en slik dybde at det oppnås en overdekning av sand eller grus, over den bløte leira, bør dette såletrykket kunne heves noe.

Det store paviljongbygg ytterst samt gymnastikksalen, vil i sin helhet kunne settes på såler, med såletrykk noe avhengig av dybden, men i området $6-10 \text{ t/m}^2$.

De øvrige skolebygg vil i sin grunnflate dels komme på fjell i dagen, dels komme på torv-dekket areal, til dels også med bløt leire under.

Her kan fundamenteringen komme til å bli noe mer komplisert, da det må anses som setningsmessig tryggest å tilstrebe ens fundamentering, til fjell eller på såler, for de enkelte fløyer. Ulikt fundamenterte fløyer bør dessuten tilsiktes adskilt med fuger.

Da imidlertid kopressibilitetsforsøkene i ødometer tyder på at den bløte til middels faste leira er betydelig overkonsolidert, og således ikke skulle være spesielt kompressibel, kan en ikke se bort fra at en for lette og ikke setningsømfintlige bygg også kan tillate fundamentering delvis på fjell, delvis på leire.

Samtlige fundamenter må føres under torvlaget, og for de kjellerløse bygg kan heller ikke gulvet påregnes lagt på torvlaget, men enten

utføres som bærende dekke eller lagt på masseutskiftet grunn.

Setninger som følge av undergrunnens komprimering vil avhenge av høydeplassering av byggene og planering rundt disse, og dessuten om torvlaget masseutskiftes med tyngre materialer.

Imidlertid synes som nevnt leira å være relativt lite kompressibel, og ventes ikke å gi store setningsproblemer for bygg av den størrelsesorden det her er snakk om, forutsatt moderat oppfylling på nåværende terreng.

Internatbyggene, som er opplyst å være lette trebygg, kan settes på såler i vanlig, frostfri dybde, og netto såletrykk kan her antydes $6-8 \text{ t/m}^2$, noe avhengig av fundamenteringsdybden.

Den planlagte idrettsplass sydover på platået, skulle uten alt for strenge krav til jevnhet kunne anlegges ved oppfylling på torvlaget. Det kan derved ventes visse setninger p.g.a. torvlagets komprimering, men da dette har relativt jevn tykkelse, skulle setningene bli stort sett jevne.

9. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.

Grunnen består på den sentrale del av platået øverst av et torvlag med tykkelse opptil 1,5 meter ved de prosjekterte bygg, opptil ca 2 meter videre sydover på platået.

Under torvlaget er det påvist et overgangslag av sand eller silt, videre bløt til middels fast leire som går over i fast grunn i dybden.

I terrengforhøyningen ytterst mot dalsiden er det øverst påvist grov grus og stein, med bløt til middels fast leire videre i dybden til fast grunn.

Inne på platået, ved prosjektert svømmehall er det påvist et oppstikkende parti med fjell i dagen.

Stabiliteten er funnet akseptabel under forutsetning av at det

ved prosjektestunngås oppfylling ved skråningstopp og at det helst tas sikte på en viss nedplanering av den ytre forhøyning mot dalsiden.

Fundamenteringsforholdene er sterkt varierende, idet en del av de prosjekterte bygg kommer i myr-terreng, en del på fjell i dagen og en del i sand.

Ved skolebyggene kan det ved fundamentering i leira påregnes netto såletrykk $6-7 \text{ t/m}^2$, noe høyere med overdekning av sand.

Ved fjellfundamentering vil det være å foretrekke at de enkelte bygg fundamenteres ens, dvs. i sin helhet enten til fjell eller i løsavleiring, og adskilles med fuge.

Imidlertid vil en for lette bygg ikke utelukke for fundamentering delvis på fjell, delvis på løsavleiringer da leira ikke synes spesielt kompressibel.

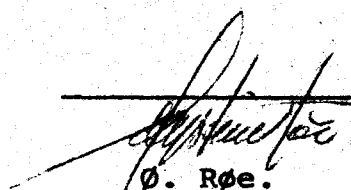
Internatbyggene skulle kunne fundamenteres på såler med netto såletrykk $6-8 \text{ t/m}^2$ noe avhengig av dybden.

En forutsetter å komme nærmere tilbake til fundamenteringen når byggenes høydeplassering er fastlagt og belastningsplan foreligger.

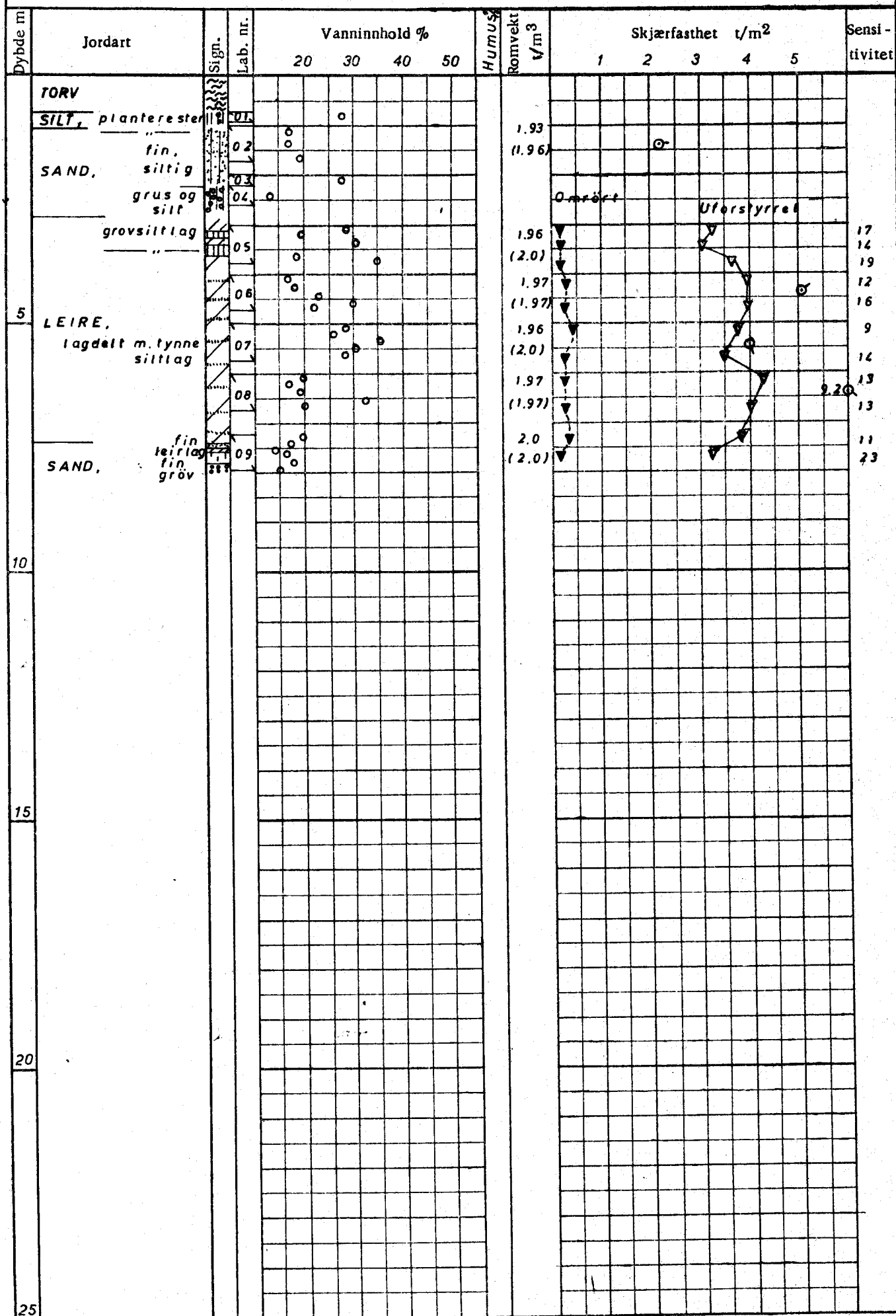
Efter vår mening bør fjellet kartlegges bedre med supplerende sonderboringer, og noe mer prøvetaking utføres for sikrere angivelse av såletrykk under de varierende grunnforhold.

Vi står fortsatt gjerne til tjeneste.

OTTAR KUMMENEJE.



Ø. Røe.



Rådgiv. ing. Ottar Kummeneje

Sted MELHUS

Bilag 7

ØDOMETERFORSØK

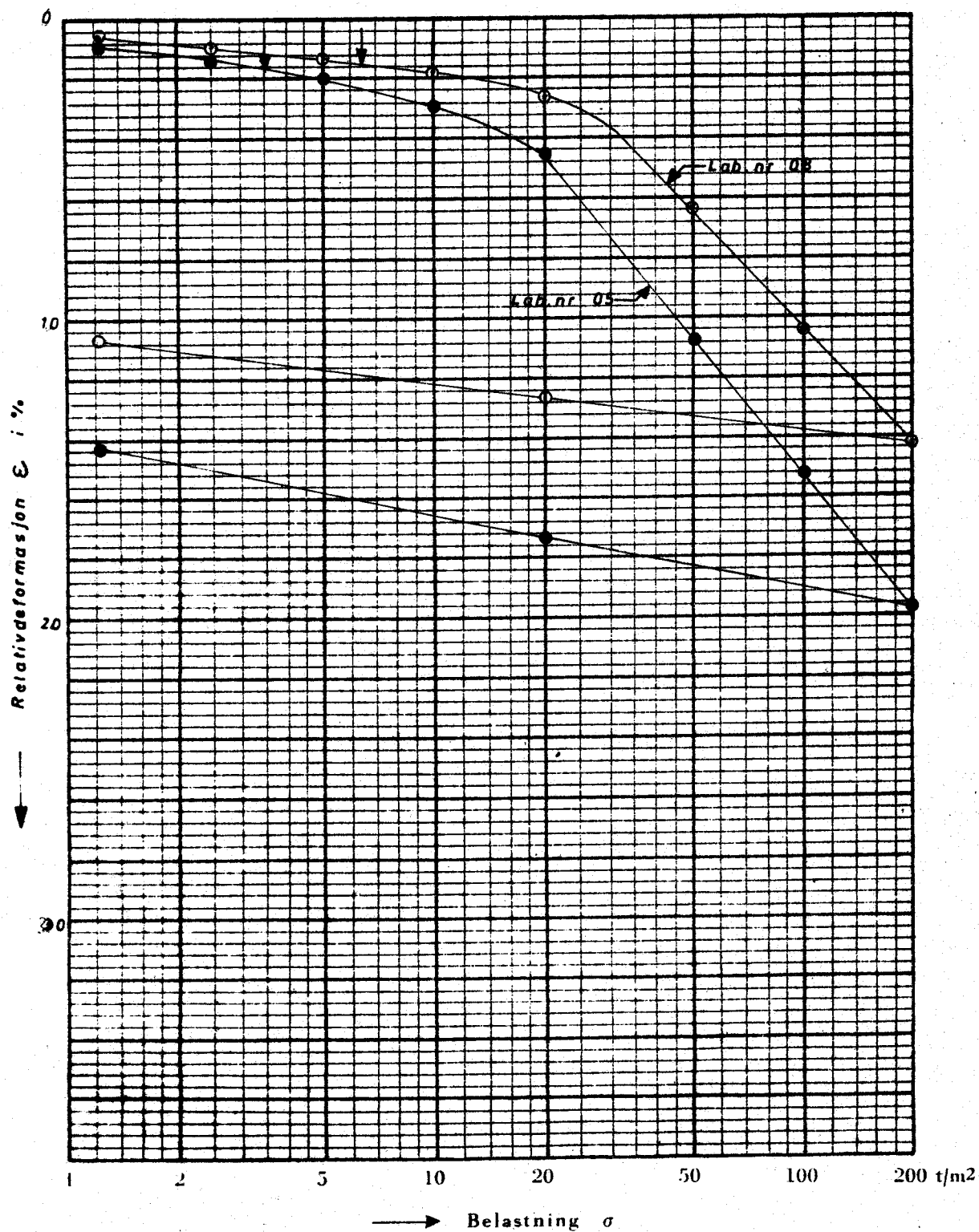
Boring 10

Oppdrag O 1063

Grunnvanstand

Sign. KS ÖR

Lab. nr.	Prøve nr.	Dybde m	Effektivt overlag- ringstrykk t/m ²	Før- belast- ning t/m ²	C _c Sammen- tryknings- tall	% Primær- setning	c _v Konsolide- ringskoeff m ² /sek. × 10 ⁷	E Elastisitets- modul t/m ²
05	1	ca 3.50	ca 3.50					
08	2	" 6.50	" 6.50					



Anmerkninger

T i l l e g g 1. BORINGERS UTFØRELSE.

A. SONDERINGSBORING FOR GRUNNENS RELATIVE FASTHET, EVT. FJELLDYBDE.

Dreiesondering utføres med normaldreiebor som nederst består av en 20 cm. lang pyramideformet spiss med sidekant 3 cm., som er vridd en omdreining. Spissen forlenges oppover med 20 mm. skjøtestenger i en meters lengder. Boret belastes trinnvis opp til 100 kg.'s last. Synker ikke boret med denne vekt, dreies det, manuelt eller med motor, og antall halve omdreininger pr. 20 cm. synkning blir notert.

Ved opptegningen er antall halve omdreininger pr. meter synkning vist grafisk i dybden i borhullet, og belastningen angitt til venstre i diagrammet.

Ramsondering utføres med 32 mm. massive stålstenget som skrues sammen med glatte skjøter og rammes ned i grunnen ved hjelp av et fallodd med vekt 70 kg. og konstant fallhøyde. Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 20 cm. synkning og uttrykkes ved anvendt rammeenergi $Q_0 = WH/s$, der W = vekt av fallodd, H = fallhøyde og s = synkning pr. slag.

Maskinsondering utføres med lette bensindrevne fjellboremaskiner, hvor 20 mm. borstenger, skjøtbare i 1 meters lengder og forsynt med en spesiell spiss, rammes ned i grunnen. Den observerte nedsynkningshastighet som funksjon av dybden gir et relativt bilde av grunnens fasthet, men metoden benyttes oftest bare til bestemmelse av fjelldybde.

B. OPPTAKING AV PRØVER FOR LABORATORIEUNDERSØKELSE.

Uforstyrrede prøver tas opp med NGU's 54 mm prøvetaker. Prøvene blir her skåret ut med tynnveggede stålsylindrer med innvendig diameter 54 mm. og lengde 80, eller 40 cm. Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking før de sendes til laboratoriet.

Representative prøver tas ved skovlboring i de øvre lag, av oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, og v.h.j.a. forskjellige typer ram-prøvetakere. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for sylindrerprøvetaker og hvor slike prøver er tilfredsstillende.

C. MÅLINGER.

Vingeboring bestemmer udrenert skjærfasthet in situ ved at en vingekors, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras udrenerte skjærfasthet. Skjærfastheten bestemmes først i uforstyrret og etter brudd i omrørt tilstand for hver halve og hele meter i dybden.

Porevanntrykket i grunnen måles med et piezometer som nederst består av et sylindrisk filter av sintret bronse i lengde 30 cm. og med ytre diameter 32 mm. Filteret påsettes \varnothing 32 mm. emnesrør etter hvert som det presses ned i grunnen til ønsket måledybde. Fra filterets gjennomhullede kjerne fører en 8 mm. plastslange innvendig i rørene opp til overflaten. Vannstanden i slangen observeres med tiden til den innstiller seg på en bestemt høyde, og vannstandshøyden over filteret gir porevanntrykket i filterdybden. Ved vannstand betydelig over terreng, påsettes plastslangen manometer for trykkmåling. Porevanntrykket måles i flere dybder og opptegnes som funksjon av dybden.

Grunnvannstanden observeres direkte ved vannstand i borhullet.

Korrosjonssondering utføres med en sonde av stål med isolert magnesiumspiss (NGI's type). En måler i forskjellig dybde strømstyrke og motstand i elementet, og kan da beregne en relativ depolarisasjonsgrad samt grunnens spesifikke motstand, hvorav korrosjonsfare for jern og stål kan vurderes.

T i l l e g g 2. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Når prøven skyves ut av cylinderen, beskrives og klassifiseres jordarten. For hver prøve utføres videre følgende bestemmelser:

Romvekt (t/m^3) for hel cylinder og utskåret del.

Vanninnhold (%) i vektspersent av materiale tørket ved $110^{\circ} C$, med 3 - 5 bestemmelser fordelt over prøven.

Plastisk område (for leirig materiale) i omrørt tilstand angis i % vanninnhold. Den øvre grense, flytegrensen, W_L , bestemmes ved Casagrandes flytegrenseapparat. Den nedre grense for det plastiske område er utrullingsgrensen, W_p , og området $W_L - W_p$ benevnes plastisitetsindeks.

Disse konsistensgrenser er til hjelp ved vurdering av materialet og dets egenskaper. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring. Det plastiske område og flytegrensen øker også i alminnelighet med innhold av finere korn, leirpartikler.

Udrenert skjærfasthet, s_u , (t/m^2) bestemmes ved hurtige enaksiale trykkforsøk på prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6$ cm. og høyde 10 cm. Skjærfastheten regnes lik halve trykkfastheten. Skjærfastheten bestemmes også i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk. Dette er en empirisk metode, idet nedsynkningen av en konus med bestemt vekt og form måles, og skjærfastheten på dette grunnlag tas ut av en tabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på inn-synkning, brukes særlig på fast leire.

Sensitiviteten, $S = s_u/s'_u$, er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og omrørt tilstand, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet.

Konsolideringsforsøk utføres for å bestemme jordartens kompressibilitet. En prøve med tverrsnitt 20 cm^2 og høyde 2 cm. belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen som funksjon av tiden. Prøvenes relative deformasjon opptegnes som funksjon av belastning i logaritmisk målestokk, konsolideringskurven.

Kornfordeling bestemmes for grovkornete materialer ved å sikte tørket materiale på sikt med maskeåpninger ned til 0,06 mm. Gjenliggende materiale på siktene veies, og gjennomgangen i vektspersent tegnes opp i et kornfordelingsdiagram mot siktens maskeåpning. For finkornet materiale bestemmes kornfordeling ved hydrometeranalyse, idet en benytter seg av Stoke's lov om kulers synkehastighet i vann. Av en suspensjon av vann og kjent vekt av materiale måles volumvekt i bestemt dybde som funksjon av tid. Av dette kan en regne seg til kornfordelingen.

Jordarten benevnes i henhold til kornenes størrelse, med substantiv for den dominerende og adjektiv for medvirkende fraksjoner.

Fraksjoner	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein
Kornstørrelse mm.	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-20	> 20

Humusinnhold bestemmes ved våtveis oksydasjon med kromsvovelsyre, idet frigjort CO_2 beregnes av gasstrykket. Kullstoffinnholdet settes til 50 % av humusinnholdet, som angis i vektspersent. Humusinnholdet kan også bestemmes relativt ut fra fargeomslag i en natronlut-oppløsning.

Saltinnholdet i porevannet finnes ved titrering og angis i g/l eller 0/00. Vannets klorinnhold bestemmes med kromsurt kali som indikator og med tilsetting av sølvnitratopløsning.

Spesielle undersøkelser, f.eks. triaksial- og permeabilitetsforsøk, samt undersøkelse av grunnvannets aggressivitet overfor betong, utføres ved behov.