NOTEBY
NORSK TEKNISK
BYGGEKONTROLL A.S

RÅDGIVENDE INGENIØRER - MNIF, MRIF
GEOTEKNIKK, INGENIØRGEOLOGI, GEOFYSIKK
BETONGTEKNOLOGI, MATERIALKONTROLL

11974

KRISTIANSAND LUFTHAVN, KJEVIK

NY ADMINISTRASJONSBYGNING

ORIENTERENDE GRUNNUNDERSØKELSER

26 september 1973.

Innholdsfortegnelse:

Tegninger:

Fra Ing. Beck's Oppmåling:

1332-1	Situasjons- og borplan	(løs i lomme)
-2	Profil A-A og B-B	(" " ")

Fra NOTEBY:

11974-10 Geotekniske data Sk I og SK II.

Bilag 1 og 2.

Overingeniør: B. Finborud

Saksbehandler: S.E. Skauerud /R

A. INNLEDNING

Statens bygge- og eiendomsdirektorat har planer om å oppføre et nytt ekspedisjons- og administrasjonsbygg med grunnflate ca. 1650 m^2 like nordøst for det eksisterende kontrolltårn på Kristiansand Lufthavn, Kjevik. Nærmere detaljer vedrørende bygget foreligger ikke.

Arkitekt for prosjektet er Sannes og Steen's Arkitektkontor, og rådgivende ingeniører i byggeteknikk er Sivilingeniør Lindboe A/S, begge Kristiansand.

Etter bestilling fra Sivilingeniør Lindboe A/S har Ingeniør Beck's Oppmåling, Kristiansand, i samarbeid med vårt firma utført en orienterende grunnundersøkelse på tomten. Den foreliggende rapport inneholder resultatet av undersøkelsene.

B. UNDERSØKELSER

Markarbeidene ble utført i midten av august d.å. Det er utført 4 dreiesonderinger i hjørnene av det prosjekterte bygget for orientering om massenes art og relative lagringsfasthet samt dybdene til antatt fjell. Videre er det foretatt 2 skovlboringer for klassifikasjon av løsmassene i de øvre lag.

Vi viser til bilag 1 og 2 for nærmere beskrivelse av borutstyr og undersøkelsesmetode samt forklaring til opptegningen.

C. RESULTATER. GRUNNFORHOLD

Beliggenheten av prosjektet og boringene fremgår av situasjons- og borplanen, tegning nr.1332-1. Resultatet av dreiesonderingene er vist i profil på tegning nr. 1332-2, og data fra skovlboringene på tegning nr. 11974-10.

Tomten er en gressbevokst og ubebygd slette like nordøst for det eksisterende kontrolltårn på Kjevik. Terrenget er nesten horisontalt, med kotehøyder fra pluss 12.2 til 12.5 registrert ved undersøkelsen.

Skovlboringene Sk I og Sk II i henholdsvis det sydvestre og nordøstre hjørnet av det planlagte bygget viser at grunnen her øverst består av ca. 0.4 m matjord etterfulgt av en tildels siltholdig sand ned til bunnen av skovlingene 2.1 m under terreng, se tegning 11974-10. Sanden er noe uren like under matjordlaget, forøvrig nesten fri for organisk innhold.

Resultatet fra dreiesonderingene i hjørnene av bygget tyder på at massene videre ned også hovedsakelig består av sand, men med enkelte bløtere lag, muligens leire. Dette kommer til syne ved at dreieboret enkelte steder har sunket uten dreining, se tegning 1332-2.

De bløte lagene ligger relativt dypt i boringene 1 og 2 i profil A-A og i boring 4 i profil B-B. Boring 3 i profil B-B derimot viser et ca. 2.5 m tykt bløtt lag fra ca. 2 m dybde, som muligens kan være et løsere lagret sandlag under grunnvannstanden.

Antatt fjell ble ved dreieboringene 1 og 2 i syd registrert i henholdsvis 6.05 m og 7.65 m dybde under terreng. Boringene 3 og 4 i nord derimot ble ført til henholdsvis 25.5 m og 48.0 m dybde uten at fjell ble påtruffet. Her ble det imidlertid registrert et ca. 8 - 9 m tykt og meget fast sandlag fra ca. 11 m dybde under terreng. Videre ned blir sanden igjen noe løsere lagret.

Grunnvann ble ikke registrert i hullene for skovlboringene, og grunnvannstanden antas derfor å ligge dypere enn 2.1 m under terreng.

D. FUNDAMENTERING

Ekspedisjonsbygget antas å bli et lavbygg med hel eller delvis kjeller. Bygget kan fundamenteres på såler direkte på grunnen. Det antas foreløpig at sålene kan dimensjoneres for et tillatt grunntrykk på 15 - 20 Mp/m^2.

Byggets fundamentering må vurderes nærmere når det foreligger et prosjekt med oppgave over belastninger.

E. KONKLUSJON

Den utførte undersøkelsen viser at løsmassene under et øvre matjordlag består av en middels til fast lagret sand med enkelte bløte lag, muligens leire. Dybdene til fjell varierer fra ca. 6.0 m lengst syd i det prosjekterte bygget til mer enn 48.0 m i nord.

De bløte lagene som er registrert er stort sett beskjedne og/eller ligger i stor dybde. Dreieboring 3 viser imidlertid bløte lag i 2 - 6 m dybde under terreng.

Vi har fra tidligere erfaring for at grunnforholdene på Kjevik kan variere sterkt.

Da det prosjekterte bygget dekket et såvidt stort areal, må det senere utføres supplerende undersøkelser, i første rekke tettere sonderinger og en prøveserie i nordvestre hjørne.

Programmet for de supplerende undersøkelsene bør avtales nærmere når detaljer vedrørende byggets konstruksjon, vekt og fundamentnivå er fastlagt.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S.

B. Finborud.
B. Finborud

S.E. Skauerud

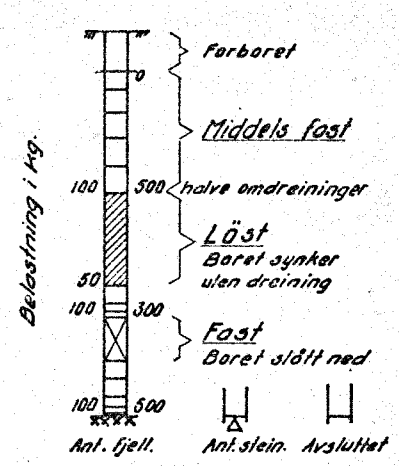
Boringsutstyr. Opptegning av resultatet av sonderboringer

HENSIKTEN MED MARKARBEIDET

Sonderboringer med forskjellige typer redskap brukes for å få den første orientering om dybdene til fjell eller fast grunn samt art og lagringsfasthet av massen. Ved sonderboringene finnes «antatt fjell» og orienterende verdier for massens geotekniske egenskaper.

Ved prøvetakning og laboratorieundersøkelsen av prøvene fåes nøyaktige data for prøvenes geotekniske egenskaper. Prøveseriene plaseres på grunnlag av resultatet av sonderboringene og det foreliggende tekniske problem, slik at de best mulig blir representative for byggegrunnen.

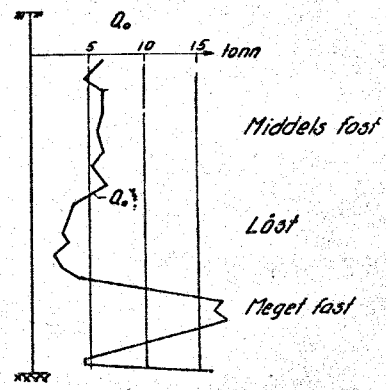
Undersøkelsene i marken kan foruten sonderboring og prøvetaking omfatte måling av grunnvannstanden eller porevannstrykket ved piezometere, vingeboring for skjærfasthetsbestemmelse, belastningsforsøk direkte på grunnen eller på peler, setningsobservasjoner osv.



DREIEBOR

er 20 mm spesialstål i 1 m lengder som skrues sammen med glatte skjøter og som nederst har en 30 mm skruespiss. Boret belastes med 100 kg og dreies ned for hånd eller motor.
Motstanden mot boret tegnes opp med en tverrstrek på borhullet dit borspissen er nådd for hver 100 halve omdreining. Antall halve omdreininger påføres høyre side av borhullet.

Skravert borhull angir at boret er sunket uten dreining for den belastning som er påført venstre side av borhullet. Er borhullet merket med kryss betyr det at boret er slått ned.
Dreieboret gir forholdsvis god orientering om art og lagringsfasthet av den masse som det bores gjennom.



RAMSONDERING

utføres med 32 mm borestål i 3 m lengder som skrues sammen med glatte skjøter og som nederst har en 40 mm sylindrisk spiss. Boret rammes ned ved hjelp av et fallodd på 75 kg, som føres på borstangen og drives av en motornokk.

Rammearbeidet registreres som det antall slag med fallhøyde 50 cm som skal til for å drive boret ned 50 cm. Resultatet tegnes opp ved å avsette rammemotstanden

$$Q_0 = \frac{\text{Vekt av lodd} \times \text{fallhøyde}}{\text{Synkning pr. slag}} \quad (\text{tm/m})$$

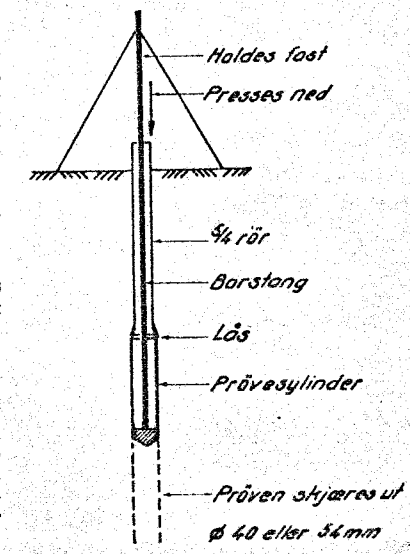
som funksjon av dybden.

Q_0 = 1—3 tm/m tilsvarer en løs grunn.
Q_0 = 10—20 tm/m tilsvarer en fast grunn.

Ramboret har normalt større nedtrengningsevne enn dreieboret, men gir mindre pålitelige opplysninger om arten av jordmassene. Ramboret gir gode opplysninger om den dybde peler må rammes til for å oppnå den forutsatte bæreevne.

SPYLEBOR

består av ¾" rør som spyles ned i grunnen ved hjelp av trykkvann fra ledningsnettet eller fra en motorpumpe. Spyleboret er nederst forsynt med en spylespiss med tilbakeslagsventil og øverst en vannsvivel. Spyleboret er egnet for oppsøkning av fjell i finkornet masse, men boret stopper lett i grove masser. Spyleboret gir i alminnelighet ikke pålitelige opplysninger om grunnens art.



PRØVETAKING

De vanlig brukte prøvetakere er 40 og 54 mm stempelbor. Begge prøvetakere består av en tynnvegget sylinder, som forbindes opp til terrengoverflaten ved hjelp av 5/4" rør. Nederst i sylinderen er et stempel som er forbundet til overflaten med borstenger. Stempelet er fastlåst i sylinderens nedre ende når prøvetakeren presses ned til ønsket dybde. Når en prøve skal tas, frigjøres låsen, stempelet holdes fast og sylinderen presses ned ved hjelp av forlengelsesrørene og skjærer ut prøven.

Prøvetakeren trekkes opp og etter forsegling med voks blir prøvene sendt til laboratoriet for undersøkelse.

RAM-PRØVETAKERE

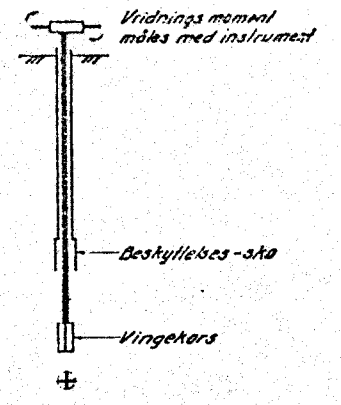
brukes i meget fast masse. De er i prinsippet som 40 og 54 mm prøvetaker, men vesentlig solidere, slik at de kan rammes ned i grunnen. Prøvene blir ikke uforstyrrede, men blir representative for grunnen hva de øvrige geotekniske egenskaper angår.

RØRKJERNEBOR

(rubkjernebor) brukes til prøvetaking i faste masser. Et 3" foringsrør med spesiell sko og slagstykke rammes ned med et 150 kg fallodd. Prøver av massen trenger opp gjennom skoen og inn i et indre rør som av og til tas opp og tømmes for prøvemasse.

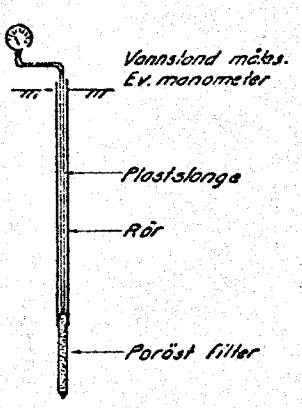
VINGEBOR

brukes for direkte bestemmelse av leirens skjærfasthet i marken uten å ta opp prøver. Et vingekors som ligger inne i en beskyttelsessko føres ned til 60 cm over den dybde det skal måles og vingekorset skyves ut av beskyttelsesskoen og ned i leiren. Vingekorset er forbundet opp med borstenger, som gjør det mulig å dreie vingekorset rundt ved hjelp av et instrument som samtidig registrerer det maksimale torsjonsmoment ved brudd i leirmassen rundt vingekorset. Skjærfastheten finnes av en kalibreringskurve.



PORETRYKKSMÅLING. BESTEMMELSE AV GRUNNVANNSTANDEN

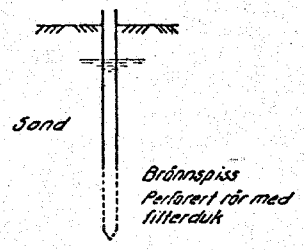
Et piezometer for måling av porevannstrykket eller grunnvannstanden er et sylindrisk porøst filter med 32 mm diameter. Filteret presses ned i bakken ved hjelp av forlengelsesrør. Fra filteret går et stigerør av plast opp gjennom røret. Poretrykket bestemmes ved måling av vannstanden i røret ved et elektrisk instrument eller ved et tilkoblet manometer.
En brønnspiss brukes til å finne grunnvannstanden i grov sand og grus. Vannstanden måles direkte i røret.



FJELLKONTROLLBORING

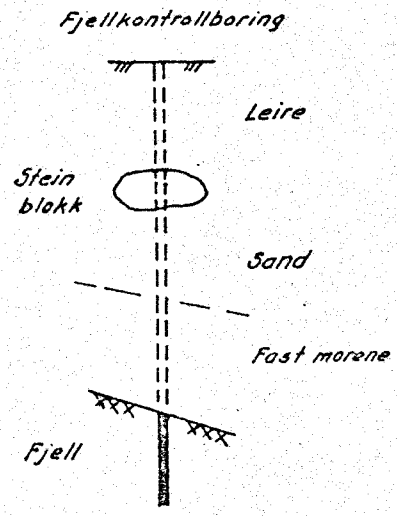
foregår med vognbormaskiner av type Atlas Copco BVB-21. Bormaskinen er montert på en foring på en vogn. Mating og opptrekk skjer via kjedetrekk fra en luftmotor. Til boringen brukes 32 mm borstenger i 3 m lengder, som skjøtes ved hjelp av muffer med repgjenger. Det brukes vanligvis 48 mm hardmetallkrysskjær og vannspyling. Maskinen krever en ca. 9 m^3/min. kompressor og 6 ato lufttrykk.

Med dette utstyr kan bores gjennom all slags grunn fra leire til steinfylling. Overgangen mellom løs masse og fjell konstateres ved øket bormotstand og ved at boringen gir jevn fremdrift i fjell. Det bores vanligvis 3—5 m ned i fjellet for å påvise fjellets beliggenhet med full sikkerhet.



ROTASJONSBORING

foregår ved hjelp av en diamantbormaskin, som roterer og mater et rør ned gjennom massen. Røret er nederst påskrudd hardmetall- eller diamantkroner. Inne i røret føres borstenger som nederst har et kjernerør med påskrudde hardmetall- eller diamantkroner for boring gjennom større stein og for boring ned i fjellet for påvisning av fjellets beliggenhet med full sikkerhet. Man får kjerner av større stein og av fjellet, men kun lite representative prøver av den masse som ligger over fjellet. Til kjøling av kroner og stabilisering av borhullet brukes enten vannspyling eller spyling med tung borvæske.



HJELPEUTSTYR

består av rør av forskjellig art som kan senkes, spyles eller rammes ned i grunnen for utforing av borhullet, og som ofte er forsynt med en rammespiss som kan tas ut av røret når dette er rammet ned til ønsket dybde.
Tung borveske brukes i stor utstrekning ved prøvetakning i sand og grus. Borvesken består bl. a. av oppslemmet bentonit eller leire og hindrer borhull i sand fra å rase sammen.
I spesielle tilfeller blir borvesken pumpet ned gjennom en meisel som løsner massene ved bunnen av borhullet.

Det brukes motornokker, motorpumper og bortårn som muliggjør at redskapen kan heises opp til 20 m i luften over bakken uten å skru av rør.
Nedtrykningsåk og forankringsrammer, sandpumper, verktøy, arbeidsbrakker osv. er vanlig hjelpeutstyr.

Geotekniske definisjoner. Laboratorieundersøkelse av prøver

LEIRE

er et meget finkornig materiale med kornstørrelser ned til noen tusendels millimeter, og hvor omtrent halvparten av volumet opptas av vann. Ved en økning av belastningen oppstår porevannstrykk, som etterhvert ebber ut. Denne konsolidering krever tid og medfører setninger og bare en langsom økning i fasthet.

SAND

er et grovkornet materiale, hvor porene kan utgjøre 20—60 % av volumet. Ved en belastningsøkning vil porevannstrykket straks dreneres ut og setningene og fasthetsøkningen kommer raskt.

SILT (MOSAND og MJELE eller KVABB) er mellomjordarter med kornstørrelse 0,06—0,002 mm.

MORENE

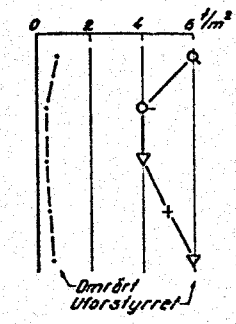
er en usortert istidsavleiring inneholdende alle kornstørrelser fra leire til store stein. Det skilles mellom grusig, sandig og siltig morene samt moreneleire ut i fra den kornstørrelsen som dominerer jordarten.

SKJÆRFASTHETEN (k, Su eller τ_f)

av en leire bestemmes ved konusforsøk eller ved trykkforsøk med uhindret sideutvidelse på uforstyrrede prøver. Ved trykkforsøket settes skjærfastheten lik halve trykkfastheten. Ved konusforsøket måles nedsynkingen av en konus med bestemt form og vekt og den tilsvarende skjærfasthetsverdi tas ut av en tabell.

Ved konusforsøk, enaksiale trykkforsøk eller vingebor bestemmes den udrenerte skjærfasthet hvis anvendelse i geotekniske beregninger er betinget av at belastningene påføres såvidt hurtig at jordarten ikke får anledning til å avgi eller oppta vann og endre sin skjærfasthet tilsvarende.

Skjærfastheten uttrykkes i t/m² og oftest i diagram på tegningene med angivelse av bruddformasjonen.



o Trykkforsøk

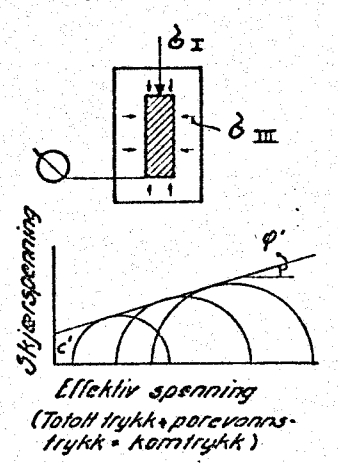
15 10 % deformasjon ved brudd

▽ Konusforsøk

\+ Vingebor

SKJÆRFASTHETSPARAMETRENE (c' og φ')

(«tilsynelatende kohesjon og friksjonsvinkel») bestemmes ved triaksialforsøk og angir hvorledes skjærfastheten varierer med spenningen. En sylindrisk prøve omsluttes med en gummihud og får konsolidere med fri drenering under allsidig vanntrykk i en trykkselle. Proven blir dernest belastet aksialt til brudd, mens porevannstrykket måles. Resultatet av flere forsøk med forskjellige konsoliderings-trykk fremstilles i et Mohr's diagram hvor skjærfastheten angis som funksjon av de effektive hovedspenninger.



Skjærfasthetsparametrene må kjennes for å kunne utføre beregninger hvor det må tas hensyn til endringene i grunnens skjærfasthet som følge av endringer i belastningene og porevannstrykket.

SENSITIVITETEN (S)

er forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og i omrørt tilstand, som bestemt ved konusforsøk. Sensitiviteten varierer vanligvis ved norske leirer mellom verdier på ca. 3 til verdier større enn 100 (kvikkleirer).

RELATIV FASTHET (H_1)

er et sammenligningstall som gir uttrykk for hvor løs en leire er i omrørt tilstand. H_1 bestemmes ved konusforsøk og varierer vanligvis mellom verdier på ca. 80 til verdier under 1.
Vi definerer en kvikkleire som en leire med H_1 mindre enn 3.0, hvilket tilsvarer en flytende konsistens.

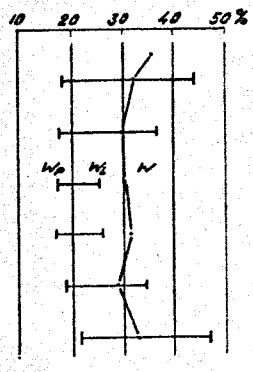
VANNINNHOLDET (W)

angir vekten av vann i % av vekten av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørring under 110° C.

Ved sandprøver kan det bero på tilfeldigheter hvor meget vann det er i porene. Vanligvis oppgis det vanninnhold som tilsvarer vannfylte porer ved den målte porøsitet.
Normalt vanninnhold i norske leirer ligger på omkring 35 %. Høyt vanninnhold tyder på høy kompressibilitet.

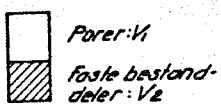
FLYTEGRENSE (W_L) og UTRULLINGSGRENSE (W_P)
(Atterbergs grenser) er det vanninnhold hvor en omrørt leire går over fra plastisk til flytende konsistens henholdsvis fra plastisk til smuldrende konsistens.

Vanninnhold, flytegrense og utrullingsgrense settes gjerne opp i et felles diagram, som gir oversikt over karakteristiske egenskaper ved leirlagene.



PORØSITETEN (n)
er volumet av prøvene i % av totalvolumet av prøven. En leire har normalt porøsiteter på omkring 50 %. En sand kan ha porøsiteter fra ca. 20 % til ca. 60 %. En høy porøsitet tyder på høy kompressibilitet.

PORETALLET (e)
er definert som forholdet mellom porevolumet og volumet av fast stoff i en prøve.



$$n = \frac{V_1 \cdot 100}{V_1 + V_2}$$

$$e = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n}{1-n}$$

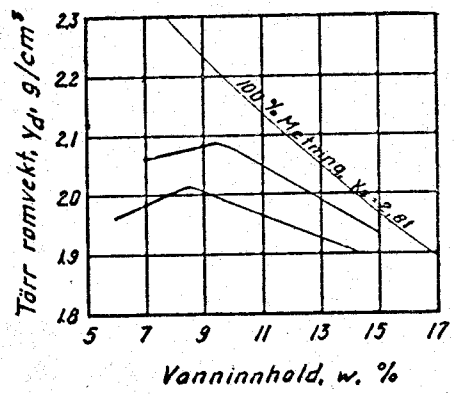
$$w = \frac{n}{1-n} \cdot \frac{1}{\gamma_s} \ \%$$

ROMVEKTEN (γ)
er vekten pr. volumenhet av prøven. Romvekt, vanninnhold og porøsitet er sammenhengende verdier ved vannfylte prøver og er alle uttrykk for lagringsfastheten

TØRR ROMVEKT (γ_D)
er vekten av tørrstoffet pr. volumenhet av en prøve.

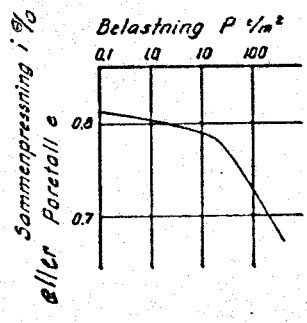
PAKNINGSFORSØK (Proctor-forsøk)
utføres for å bestemme hvorledes en jordart best kan komprimeres (sammenpakkes). Prøver av den masse som skal undersøkes innstampes i en sylinder ved forskjellige vanninnhold. Komprimeringsarbeidet holdes konstant (6 kgm/cm³ eller 25 kgm/cm³) og for hvert forsøk bestemmes tørr romvekt og vanninnholdet. Resultatene fremstilles i et diagram der tørr romvekt vises som funksjon av vanninnholdet.

Proctor-maksimum er den maksimalt oppnådde tørre romvekt. Det tilsvarende vanninnhold betegnes som det optimale vanninnhold.



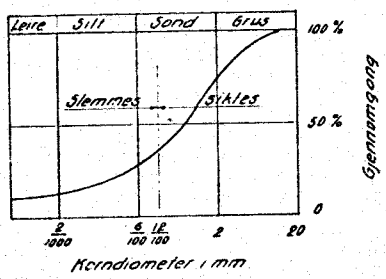
HUMUSINNHOLDET (o)
blir bestemt ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler tilnærmet i % av tørrstoff. Det tallmessige uttrykk har sin verdi bare for sammenligning. Høye humusinnhold på 2—3 % gir høy kompressibilitet og lang konsolideringstid.

KOMPRESSIBILITETEN
måles ved ødometerforsøk, hvor en leirprøve påføres belastning trinnvis og sammentrykningen avleses på hvert belastningstrinn for bestemte tidsintervaller. Ved forsøket bestemmes jordartens sammentrykningstall og konsolideringskoeffisient som gir grunnlag for beregning av setningenes størrelse og tidsforløp.



KORNFORDELINGSANALYSE
utføres ved sikting fra fraksjonene større enn 0,012 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes i vann og suspensjonens romvekt måles med bestemte tidsintervaller ved et hydrometer. Kornfordelingskurven beregnes ut fra Stokes lov om partiklers sedimentasjonshastighet.

TELEFARLIGHET
bestemmes ut fra kornfordelingsanalysen og den kapillære stigehøyde i massen som måles i et kapillarimeter. Telefarligheten graderes i gruppene T 1 (ikke telefarlig, T 2 (lite telefarlig), T 3 (middels telefarlig) og T 4 (meget telefarlig).



PERMEABILITETSKOEFFISIENTEN (k)
er definert ved Darcys lov, $V = k \cdot I$, hvor V er strømningshastigheten av porevannet og I er gradienten. k uttrykkes vanligvis i cm/sek. og ligger for leirer i området 10^{-6} til 10^{-9} cm/sek. og for sand i området 10^{-1} til 10^{-3} cm/sek. Under en gradient på I = 1 kan strømningshastigheten i fet leire følgelig være så liten som 1 cm i året.

Permeabilitetskoeffisienten kan beregnes ut fra tidsforløpet ved ødometerforsøk eller kan bestemmes ved direkte forsøk, hvor det måles den vannmengde som går gjennom en prøve med et bestemt tverrsnitt under kjent trykkfall.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

KRISTIANSAND LUFTHAVN - KJEVIK
NY ADMINISTRASJONSBYGNING

SK.I OG II

BORING NR. SK.I
BORET DATO

GEOTEKNISKE DATA

BORPLAN NR.

TERRENGKOTE 12.4
BUNNKOTE

DYBDE m	PRØVE	VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER % (20 30 40 50)	n %	O_{na} %	γ Mp/m³	SKJÆRFASTHET S_u (Mp/m²) (1 2 3 4 5)	S_t
		MATJORD					
		uren					
1m		SAND					
		SAND, siltig					
2m							
		12.5 SK.II					
		MATJORD					
		uren					
		SAND					
		uren					
1m							
		SAND, siltig					
		enk, steiner					
2m		SAND					

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

o NATURLIG VANNINNHOLD
⊣ (W_F) FINHETSTALL ELLER
(W_L) FLYTEGRENSE
⊢ (W_P) UTRULLINGSGRENSE
ELLER (W) KONUSGRENSE

n = PORØSITET
O_{na} = HUMUSINNHOLD (NATRONLUTMET.)
γ = TOTAL ROMVEKT
γ_d = TØRR ROMVEKT

▽ KONUSFORSØK
○ TRYKKFORSØK
15-○-5 / 10 DEFORMASJON VED BRUDD %
+ VINGEBORING
· OMRØRT SKJÆRFASTHET
S_t SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TRIAKSIALFORSØK

4000-515	KONTR.	TEGNET EN	DATO 21/8-73	MÅL 1:25	SAK NR. 11974	TEGN. NR. 10	REV.