

6 7 2 2

Norges Veterinærhøgskole.

FBF-bygget.

Grunnundersøkelser og fundamentering.

10/7.1969.



NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL AS

JAN FRIIS

RÅDGIVENDE INGENIØRER

GEOTEKNIKK - INGENIØRGEOLOGI - BETONGTEKNOLOGI

NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL AS

JAN FRIIS



JAN FRIIS, MNIF, MRIF
ODD S. HOLM, MNIF, MRIF
GUNNAR DAGESTAD, MNIF, MRIF
ALF G. ØVERLAND, MNIF, MRIF

RÅDGIVENDE INGENIØRER

ADRESSE: THV. MEYERSGT. 9
TELEFON: SENTRALBORD 68 92 90

Deres ref.:

Sak nr. og ref.: BjF/R

Oslo 5, 10. juli 1969

Norges Veterinærhøgskole.

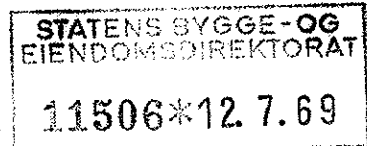
FBF-bygget.

Grunnundersøkelser og fundamentering.

Tegning nr. 6722-0,-1,-2,-3.

4000-98.

Bilag 1 og 2.



A. INNLEDNING

Statens bygge- og eiendomsdirektorat planlegger et nytt FBF-bygg for Norges Veterinærhøgskole ved Adamstuen i Oslo. Bygget skal bestå av en 4 etasjes blokk med kjeller mot Theresesgate, en tilbaketrukket 2 etasjes blokk med kjeller og en lavere fløy i en etasje uten kjeller.

Utførende arkitekt er Ark. MNAL Rolf Ramm Østgård. Rådgivende ingeniører i byggeteknikk er Siv.ing. Apeland & Mjøset A/S.

Vi er engasjert som rådgivende ingeniører i geoteknikk, og har i denne forbindelse utført grunnundersøkelser for prosjektet. Vi har tidligere utført en del orienterende boringer i området.

Den foreliggende rapport inneholder resultatet av grunnundersøkelsene med en vurdering av fundamenteringen og andre geotekniske spørsmål. Resultatet av tidligere utførte grunnundersøkelser er tatt med i den utstrekning de har interesse for prosjektet.

B. UTFØRTE UNDERSØKELSER

Det er utført en rekke sonderboringer med slagbormaskin (type Pionjär) for bestemmelse av dybder til fjell. Videre er det utført enkelte sonderboringer med rambor og dreiebor, som også gir en registrering av løsmassenes relative fasthet. Borpunktene er satt ut etter byggets aksesystem.

For laboratorieundersøkelse av grunnens geotekniske data er det i tillegg til de to tidligere prøveseriene i området tatt en ny serie.

For nærmere beskrivelse av undersøkelsesmetoder og forklaring av opptegningsmåten refereres til bilag 1 og 2.

C. GRUNNFORHOLD

Resultatet av undersøkelsene er vist i profiler på tegninger nr. 6722-2 og -3. Boringenes beliggenhet fremgår av borplanen, tegning nr. 6722-1.

Terrenget på tomten ligger med svakt fall sydøstover, terrengkotene varierer mellom 67.0 og 64.5. De utførte dreieboringene viser at grunnen er middels fast ned til ca. 3 m dybde, derunder er det løs grunn med fri synkning på dreieboret.

Antatt fjell er påtruffet i dybder som varierer fra ca. 2.5 m ved nordre del av høyblokken til ca. 11 m ved bygningens østre del. Fjellet faller stort sett jevnt av i de enkelte profiler fra nord og mot en dyprenne som går i øst-vestlig retning over bygningens midtre del, og stiger noe videre sydover. Boringene tyder ikke på større sprang i fjelloverflaten under bygget.

Prøveseriene viser at de øverste ca. 2 m består av fyllmasser og fast tørrskorpeleire. Under tørrskorpen ligger det et ca. 1 m tykt lag med siltig leire med målt skjærfasthet på ca. 5 t/m². Videre ned til fjell ligger det bløt, siltig leire med fasthet på ca. 2 t/m². Man må regne med at det på enkelte partier kan ligge et sand- og gruslag over fjellet.

Den siltige leiren har et vanninnhold som stort sett ligger mellom 30 og 40 %, hvilket betyr at den er middels kompressibel. Leiren er sensitiv idet den mister mesteparten av sin fasthet ved omrøring.

Grunnen er telefarlig og klassifiseres til telegruppe T⁴.

Tidligere piezometermåling ved prøveserie III viser en grunnvannstand ca. 1.5 m under terreng. Grunnvannstanden vil imidlertid variere med årstid og nedbørsforhold.

Fjellet i området består av leirskifer.

F. FUNDAMENTERING

Høyblokken mot Thoresesgate må fundamenteres til fjell. I den nordre delen blir det sprengning for kjelleren (sprengningsdybde maks. ca. 2.5 m), mens det i midtre og søndre delen er 2 - 5 m dybde til fjell fra ferdig utgravet byggegrube på ca. kote 62.0.

Den østre delen av nybygget på 2 etg. med kjeller og delvis 1 etg. uten kjeller kan antagelig fundamenteres direkte på grunnen hvis den skilles fra høyblokken med hel fuge. Dette vil imidlertid avhenge av hvor store søylelastene blir og i hvilken grad konstruksjonene er setningsømfintlige. Fundamenteringen må vurderes nærmere når det foreligger tegninger over konstruksjonene med belastningsberegning. Det kan således bli nødvendig å fundamenter de lavere fløyene til fjell. For delen med kjeller viser boringene fjelldybder på 5' - 8 m fra ferdig utgravet grube, mens det for delen uten kjeller er dybder på 5 - 10.5 m regnet fra nåværende terreng.

For høyblokken vil det delvis bli fundamentering direkte på fjell, og forøvrig på sjaktede pilarer. Vedrørende pilargravingen refereres til avsnitt E Utgraving.

For lavbyggene kan det ved direkte fundamentering benyttes et grunntrykk på ca. 8 t/m². Ved fundamentering til fjell bør det benyttes rammede betongpeler, og eventuelt enkelte sjaktede pilarer hvor pelelengdene (regnet fra u.k. pelehode) blir mindre enn ca. 4 m. For pelerammingen må det senere utarbeides en spesiell rammeinstruks som vedlegges anbudet.

E. UTGRAVING

Byggegruben skal graves ut til ca. kote 62.0 som tilsvarer en gravedybde på ca. 4 m mot Theresesgate og forøvrig 2.5 - 3.5 m under nåværende terreng. Gravingen kan utføres åpent, men graveskråningene må ikke utføres brattere enn 1:1.5 mot Theresesgate, mens øvrige skråninger kan utføres med helning ca. 1:1. Av stabilitetsmessige hensyn må det ikke deponeres gravemasser eller lagres bygningsmaterialer i et 10 m bredt belte utenfor topp av graveskråninger.

Bunnen av byggegruben kommer ned i bløt sensitiv leire, og all graving under ca. kote 64 må utføres med bakgraver. Pilargraving bør utføres fra et planum på ca. kote 63, eller eventuelt fra ferdig utgravet byggegrube ved bruk av lett utstyr og kjørelemmer. Hvis det skal graves fra ferdig planum må det av hensyn til kjellergulvet foretas opprensning av oppbløtte masser før filter- og bærelag under gulv legges ut.

Pilarhullene må sikres med avstivet spunt, eller ringer som presses ned etter hvert som det graves. Kritisk gravedybde med hensyn til risiko for grunnbrudd i leiren ligger på 6 - 7 m, og ved større gravedybder må man regne med å benytte spunt til fjell. Det kan bli problemer med vanntilsig i sand-gruslaget over fjell, og eventuelt nødvendig med spesiell tetting for å kunne støpe pilarene tørt. Vedrørende pilarhull og grøfter henvises forøvrig til Rundskriv nr. 151 "Rettleiing for graving og avstivning av grøfter m.v".

Pilarhullene må renskes godt til fast fjell. Der hvor fjellet faller av brattere enn ca. 30° sprenges ut for fjellfot. Tillatt belastning på fast, rensket fjell kan settes til 500 t/m².

Eventuell peleramming utføres fra terreng eller fra et avgravet planum på ca. kote 64.

Ved direkte fundamentering av lavbygget må det foretas forsiktig graving for å unngå forstyrrelse av grunnen, og håndrenskes under alle fundamenter.

Sprengningen i nordre del av høyblokken må utføres med forsiktighet for å unngå skader på nabobygg. Det bør utarbeides detaljert sprengningsplan på forhånd, og foretas kontroll av rystelsene under utførelsen.

F. GULV PÅ GRUNNEN. DRENASJE.

Under kjellergulv legges et filterlag av min. 15 cm sand- grus og et bærelag på min. 15 cm puk. Filterlaget legges ut på rensket undergrunn. Massene komprimeres i toppen med vibroplate.

Langs utvendige kjellervegger og grunnmurer legges en effektiv drenasje av min. 4" mufferrør som vist i prinsipp på vedlagte tegning nr. 4000-98. Det må være god forbindelse fra bærelag under gulv og ut til drenasjen. Langs yttervegger tilbakefylles med ikke telefarlige sand- eller grusmasser.

G. SLUTTBEMERKNING

Den foreliggende rapport gir en foreløpig vurdering av de geotekniske spørsmål, og disse må behandles mer i detalj ved det videre prosjekteringsarbeide i samarbeid mellom oss og rådgivende ingeniør i byggeteknikk. Det må regnes med en revidering av rapporten i forbindelse med utsendelse av anbud.

NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S
Jan Friis

Bj. Finborud
Bj. Finborud

(ansvarlig medarbeider)

Boringsutstyr. Opplegning 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 sonderboringer finnes «antatt fjell» og orienterende verdier for massens geotekniske egenskaper.

Ved prøvetaking og laboratorieundersøkelsen av prøvene fås nøyaktige data for prøvenes geotekniske egenskaper. Prøveseriene plasseres på grunnlag av resultatet av sonderboringer 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, vinge-boring 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 tverrstrekk 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.

Dreiboret 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 3/4" rør som spyles ned i grunnen ved hjelp av trykkvann fra ledningsnett 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.

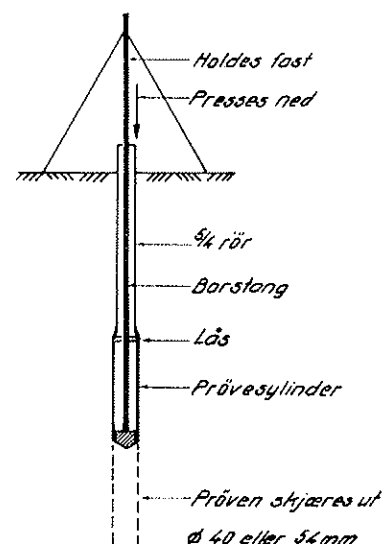
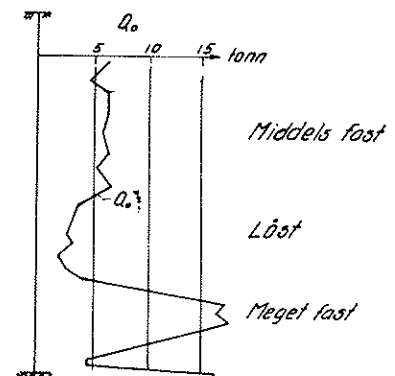
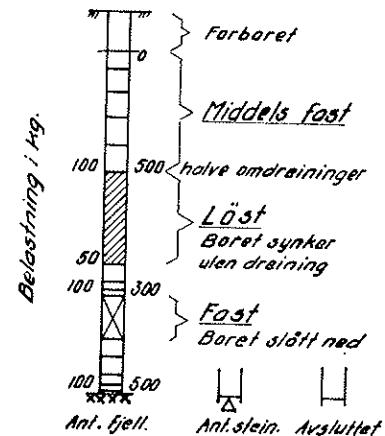
PRØVETAKING

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 3/4" rør. Nederst i sylindren er et stempel som er forbundet til overflaten med borstenger. Stempelet er fastlåst i sylindrens nedre ende når prøvetakeren presses ned til ønsket dybde. Når en prøve skal tas, frigjøres låsen, stempelet holdes fast og sylindren 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.

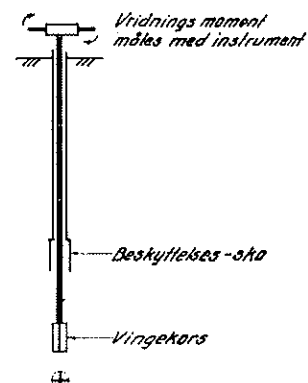


RØRKJERNEBOR

(tubkjernebor) 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 skoene og inn i et indre rør som av og til tas opp og tømmes for prøve-masse.

VINGEBOR

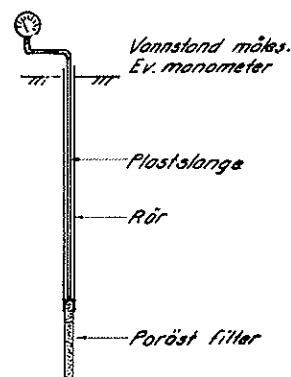
brukes for direkte bestemmelse av leirens skjærfasthet i marken uten å ta opp prøver. Et vingekorset som ligger inne i en beskyttelsessko føres ned til 60 cm over den dybde det skal måles og vingekorset skyves ut av beskyttelsesskoen og ned i leiren. Vingekorset er forbundet opp med borstenger, som gjør 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.

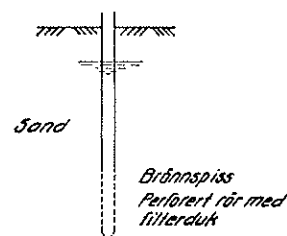
En brønnspiss brukes til å finne grunnvannstanden i grov sand og grus. Vannstanden måles direkte i røret.



FJELLKONTROLLBORING

foregår med vognbormaskiner av type Atlas Copco BVB-21. Bormaskinen er montert på en føring 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 hardmetallkrysskjar og vannspyling. Maskinen krever en ca. 9 m³/min. kompressor og 6 atø 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 fjelllets beliggenhet med full sikkerhet.



ROTASJONSBORING

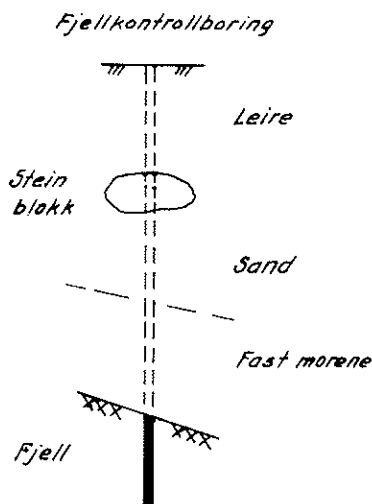
foregår ved hjelp av en diamantbormaskin, som roterer og mater et rør ned gjennom massen. Røret er nederst påskrudd hardmetall- eller diamantkroner. Inne i røret føres borstenger som nederst har et kjernerør med påskrudd hardmetall- eller diamantkroner for boring gjennom større stein og for boring ned i fjellet for påvisning av fjelllets 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 kronen og stabilisering av borchullet 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 utføring av borchullet, 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 prøvetaking i sand og grus. Borvesken består bl. a. av oppslemmet bentonit eller leire og hindrer borchull i sand fra å rase sammen.

I spesielle tilfeller blir borvesken pumpet ned gjennom en meisel som løser massene ved bunnen av borchullet.



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 morenleire ut i fra den kornstørrelsen som dominerer jordarten.

SKJÆRFASTHETEN (k , S_u 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 nedsynken 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/m^2 og oppteignes oftest i diagram på tegningene med angivelse av bruddformasjonen.

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. Prøven blir dernest belastet aksialt til brudd, mens porevannstrykket måles. Resultatet av flere forsøk med forskjellige konsolideringstrykk 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.

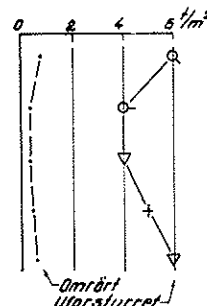
Vi definerer en kvikkleire som en leire med H_1 mindre enn 3,0, hvilket tilsvarer en flytende konsistens.

VANNINNHALDET (W)

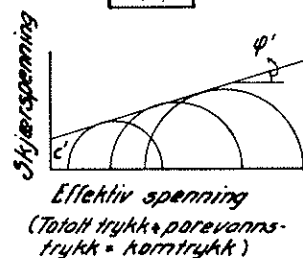
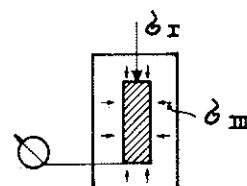
angir vekten av vann i % av vekten av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørring under 110°C .

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.



- Trykksøk
- 15-5 % deformasjon ved brudd
- ▽ Konusøk
- + Vingebor



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 porøsitet 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.

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 innstappes 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.

HUMUSINNHALDET (o)

blir bestemt ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humusferte 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.

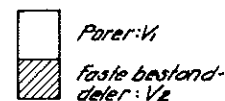
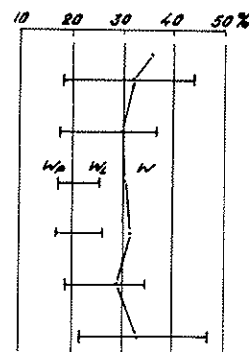
TELEFARLIGHET

bestemmes ut fra kornfordelingsanalysen og den kapillære stighøyde i massen som måles i et kapillarmeter. Telefaryligheten graderes i gruppene T 1 (ikke telefaryl, T 2 (lite telefaryl), T 3 (middels telefaryl) og T 4 (meget telefaryl).

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.

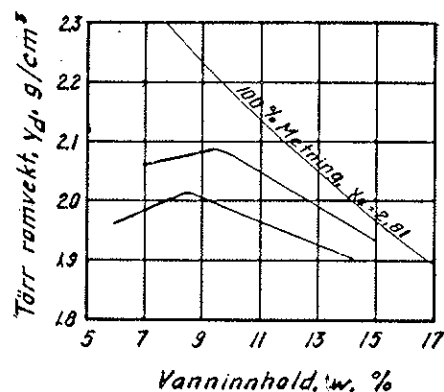
Permeabilitetskoeffisienten kan beregnes ut fra tidsforløpet ved ødometerforsøk eller kan bestemmes ved direkte forsøk, hvor det måles den vannmengde som går gjennom en prøve med et bestemt tverrsnitt under kjent trykfall.



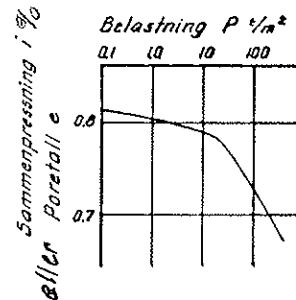
$$n = \frac{V_1 \cdot 100}{V_1 + V_2}$$

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

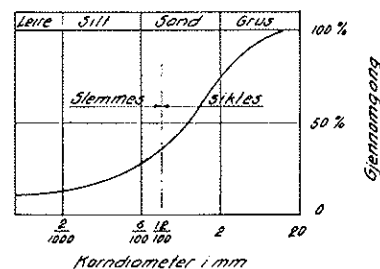
$$w = \frac{n}{1-n} \cdot \frac{1}{s_s} \%$$



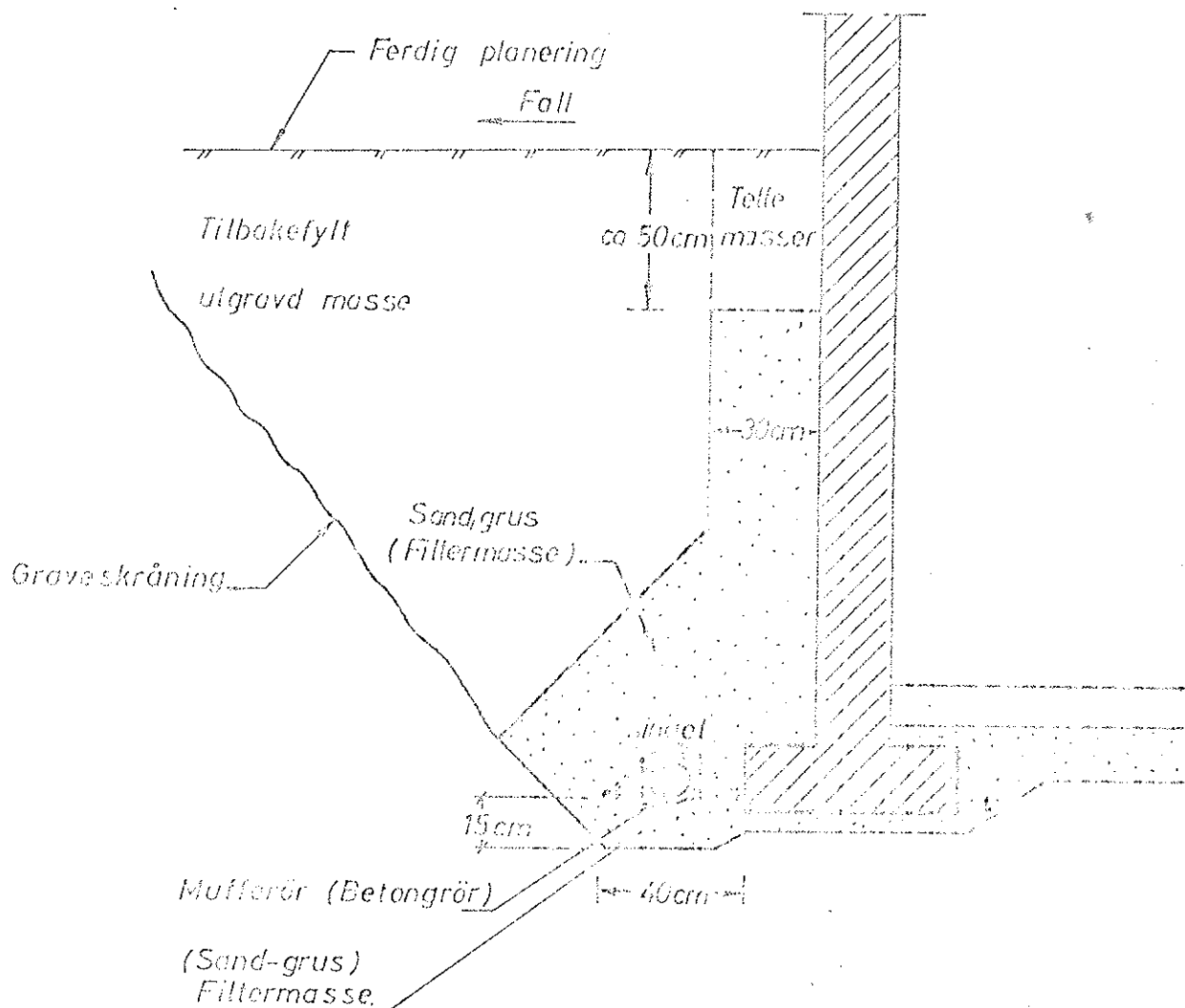
Vanninnhold, w , %



eller



Ans: Drenasje langs grunnmur - Prinsippskisse M-1:20



Varianter:

1. Det blir normalt anvendes 4" - 6" betongmufferør. Dermed grunnvannet er grunnvann, (syr, sulfatholdig grunnvann el.l.) benyttes spesielle rør av motstandsdyktig materiale.
2. Røret settes halvt inn i mufferen og sentreres, f. eks. ved hjelp av små stein i mufferen.
3. Rørsluttene skal dekket med ren sineal, glassvatt, trevill eller andre organiske materialer skal ikke anvendes over rørsluttene.
4. Fillermassen av sand og grus i rørrundten og over rørene skal hindres av filtermede masser (finsand, silt og leire) vaskes inn i rørene. Det skal benyttes filtermasse med kornerøreling som er avpasset etter de masser som skal dreneres (kfr. filterteori).
5. Det skal være forholdsvis stor grunnvannshulling over rørene og til drenasjensystemet.