

## Bekendtgørelse.

DK 711.5

Det bekendtgøres herved, at boligministeriet den 13. februar 1957 med hjemmel i lov nr. 181 af 29. april 1938 om byplaner, jfr. bekendtgørelse nr. 242 af 30. april 1949 har stadfæstet den af Københavns kommunalbestyrelse den 9. juni 1955 vedtagne byplanvedtægt med tilhørende plan for et område i Vanløse nord for Hyltebjerg Allé.

De af byplanen omfattede ejendomme er matr. nr. 2b og 2y Vanløse (gadeareal) samt ejendommene matr. nr. 2k, 2l, 2o, 2s, 2u, 2v og 2x ibd.

Tinglysning af vedtægten på ejendommene vil herefter finde sted i henhold til byplanlovens § 10.

Københavns magistrats 4. afdeling, den 22. februar 1957.

L. Estrup.

/ Ch. Abrahamsen.

## Jordbundsundersøgelser for boligbyggeri.

Af J. Brinch Hansen, professor, dr. techn.

DK 624.13

### Indledning.

Ved ethvert byggeri er jordbundsundersøgelser nødvendige i større eller mindre omfang, blandt andet for at man kan udforme bygningens fundamenter således, at de har den fornødne bæreevne og ikke får skadevoldende sætninger. De geotekniske undersøgelser kan iøvrigt også have videregående formål, f. eks. bestemmelse af den mest hensigtsmæssige *funderingstype* (direkte fundering, pæle eller sænkebrønde) eller den bedst egnede *arbejds-metode* ved funderingens udførelse (tørholdelse, afstivning etc.).

Jordbundsundersøgelserne må principielt altid være af en sådan karakter og have et sådant omfang, at der hos ansvarlige teknikere på intet tidspunkt må kunne herske nogen tvivl om funderingens *forsvarlighed*. Samtidig bør funderingen naturligvis udføres så *økonomisk*, som det er foreneligt med hensynet til sikkerheden.

Det er klart, at jo bedre en given byggegrund er undersøgt, desto nøjere kender man grænsen for det forsvarlige, og desto mere kan man reducere sikkerhedsgraden. Derfor *betaler* det sig altid at lade

udføre de nødvendige geotekniske undersøgelser, fordi man herved kan komme frem til den mest økonomiske og dog forsvarlige konstruktion under de givne omstændigheder. Der kunne nævnes adskillige tilfælde, i hvilke de opnåede besparelser har været flere gange så store som omkostningerne ved de geotekniske undersøgelser.

Det er endvidere meget vigtigt, at de nødvendige jordbundsundersøgelser udføres så *tidligt* som overhovedet muligt. Kun i så fald kan der allerede ved bygningens projektering tages det fornødne hensyn til jordbundens egenskaber. Ved at udsætte de geotekniske undersøgelser for længe risikerer man, at allerede udført arbejde på tegnestuen, eller endog på byggepladsen, må gøres om med deraf følgende spild af tid og penge.

Geotekniske undersøgelser må naturligvis altid udføres af sagkyndige på dette specielle område, f. eks. *Geoteknisk Institut* (Øster Voldgade 10, København K. Tlf.: PAæ 9945).

De geotekniske undersøgelser deles *arts- og tidsmæssigt* i følgende afsnit:

1. Indledende undersøgelser.
2. Forundersøgelser (inden projekteringen).
3. Detailundersøgelser (inden bygningens opførelse).
4. Kontrolmålinger.

### Indledende geotekniske undersøgelser.

De *indledende undersøgelser*, som man aldrig bør undlade at udføre straks, da de er hurtige og billige, består i hovedsagen af følgende:

1a. Studium af byggegrundens topografiske forhold med inspektion af vegetationen, overflade-jordlagene, grundvandstanden etc.

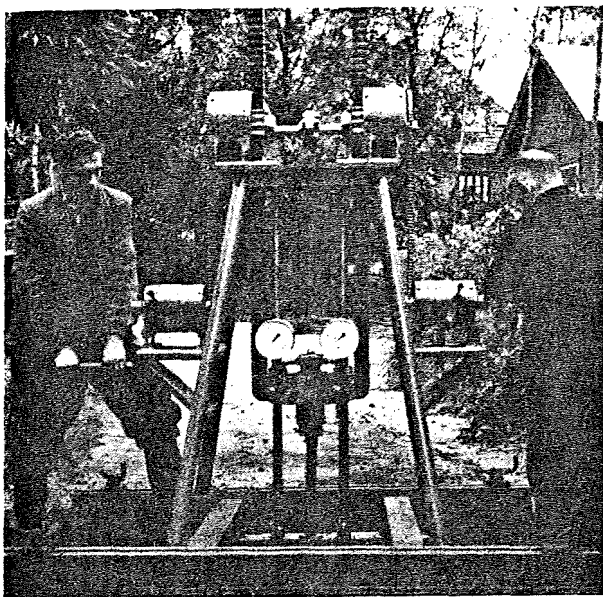
1b. Studium af eventuelle udgravninger og nærliggende bygningers funderingsforhold og nuværende tilstand, samt erfaringer fra eventuelle tidligere brøndgravninger.

1c. Indhentning af oplysninger om de geologiske forhold på stedet, f. eks. fra Danmarks Geologiske Undersøgelse (Rådhusvej, Charlottenlund. Tlf.: ORdrup 5787).

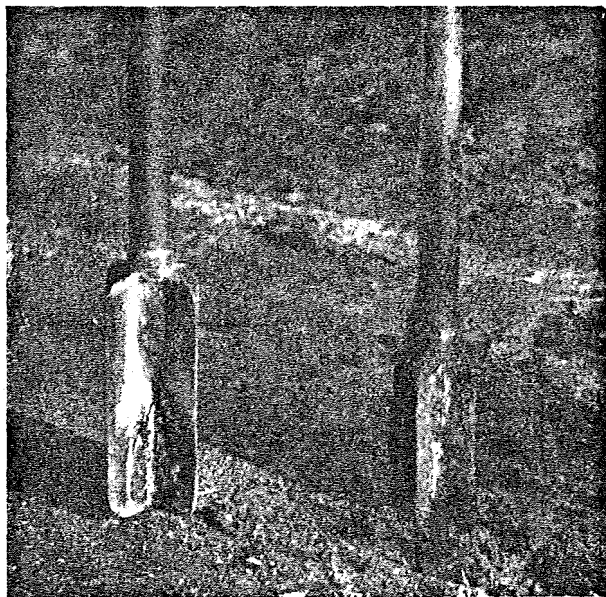
1d. Indhentning af oplysninger om eventuelle tidligere jordbundsundersøgelser, f. eks. fra Geoteknisk Institut.

### Geotekniske forundersøgelser.

De egentlige *geotekniske forundersøgelser* har til



Hollandsk keglesonde.



Nederste del af vingebor.

formål at fremskaffe tilstrækkelige oplysninger om jordprofilet og jordlagenes egenskaber til gennemførelse af en forsvarlig projektering af funderingen, herunder valg af den mest økonomiske funderings-type og fastsættelse af den mest hensigtsmæssige arbejdsmetode ved udførelsen. De nævnte undersøgelser kan omfatte en eller (i reglen) flere af følgende foranstaltninger:

2a. Udførelse af sonderinger; her i landet normalt med et *belastet spidsbor*. I princippet består dette af en stålstang med snoet spids, der drives ned i jorden først ved belastning ( $2 \times 50$  kg) og dernæst tillige ved drejning. Det antal halve omdrejninger, der er nødvendigt for at drive spidsboret 20 cm længere ned, er et kvalitativt udtryk for jordens fasthed i spidsens dybde. Da man hverken kan beregne bæreevne eller sætninger på dette grundlag, bliver spidsboret nutildags hovedsagelig anvendt for på en billig og hurtig måde at bestemme beliggenheden af grænseflader mellem jordlag af ret forskellig fasthed. Spidsboringer alene er således ikke noget tilstrækkeligt grundlag; de må altid suppleres med enten prøvegravninger (se 2c) eller prøveboringer (se 2d).

2b. I specielle tilfælde kan man anvende *keglesonden*, der består af en kegle anbragt fornedet på en stang, der går gennem et rør. Ved at måle nedtrykningsmodstanden, dels for keglen alene, dels for kegle plus rør, kan man bestemme spidsmodstanden (på keglen) og overflademodstanden (langs røret)

separat. Dette giver mulighed for at beregne bæreevnen af pæle samt fastheden af de enkelte jordlag.

2c. Udførelse af *prøvegravninger* med et tværnsnit på mindst  $1 \times 1$  m, og til en dybde af mindst 1 m under påtænkt funderingsniveau. De antrufne jordlag bedømmes geologisk, og dybden af laggrænserne opmåles. Der tages uforstyrrede jordprøver (se 2f) fra de forskellige lag, og udføres såkaldte vingeforsøg (se 2e). Grundvandstanden måles, efter at den er kommet i ro. Prøvegravninger er normalt kun økonomiske indtil 2—3 m dybde; på større dybder er prøveboringer billigere (se 2d).

2d. Udførelse af *prøveboringer* ved hjælp af et foringsrør (3"—6"), der drives ned i jorden og ved hjælp af forskellige redskaber tømmes for jord. Dette må ikke ske ved skylning, idet man herved ville forstyrre jorden for meget; derimod må der gerne stå vand i foringsrøret. Ved hjælp af den jord, der kommer op med boreredskaberne, bedømmer borelederen de forefundne jordlag geologisk og angiver beliggenheden af laggrænserne. For hver 1—2 m dybde (og i hvert fald hver gang jorden skifter karakter) optages en uforstyrret jordprøve (se 2f), og lidt længere nede udføres et vingeforsøg (se 2e). Grundvandspejlets beliggenhed i boringen måles, når det er kommet i ro. Prøveboringer bør kun udføres af specialuddannede folk.

2e. Udførelse af *vingeforsøg*, fortrinsvis i fin-kornede jordarter såsom ler og silt; sidstnævnte er en mellemting mellem sand og ler. Vingeboeret be-

står af to korsstillede, lodrette, rektangulære stålplader, fastgjort til den nederste ende af en stålstang. Vingerne presses ned i jorden i bunden af et borehul, fra en udgravning eller fra jordoverfladen. Ved langsom drejning af stangen løsskæres et cylinderformet jordlegeme, og det hertil nødvendige maksimale moment muliggør en beregning af jordens fasthed (forskydningsstyrke) i uforstyrret tilstand. Ved derefter at dreje vingen hurtigt 10 omdrejninger finder man på tilsvarende måde forskydningsstyrken i den omrørte tilstand.

2f. Optagelse af *jordprøver*, såvidt muligt uforstyrrede. Dette kan ske både i prøvegravninger og prøveboringer. Uforstyrrede prøver tages med en særlig prøveoptager, der i princippet består af en forneden åben, tyndvægget metalcylinder (1½"—4" diameter, 15—70 cm længde), der presses ned i uberørt jord, f. eks. under bunden af et borehul. Proven vrides løs fra moderjorden ved at dreje prøveoptageren en omdrejning, og når den derefter løftes, forhindrer et stempel eller en kugleventil foroven i prøveoptageren, at jordprøven falder ud. Den optagne prøve skal blive i den cylinder, den er taget i. Umiddelbart efter optagningen lukkes cylinderen med metallåg for begge ender og forsegles lufttæt, f. eks. ved hjælp af en smeltet blanding af voks og paraffin. Cylinderen mærkes med boringens nummer og angivelse af den dybde, i hvilken prøven er taget. Optagning af uforstyrrede prøver er vanskelig i hårdt, stenet ler (moræneler) og i sand under grundvandspejlet; i sådanne tilfælde kan man derfor blive nødt til at nøjes med forstyrrede prøver fra den jord, der kommer op med boreredskaberne.

2g. Udførelse af *laboratorieforsøg* med de optagne jordprøver. Hvadenten prøven er forstyrret eller uforstyrret, kan man udføre en del simple forsøg, såsom bestemmelse af kornstørrelse-fordeling, kornvægtfylde og plasticitetsgrænser (flydegrænse og udrulningsgrænse). De nedenfor omtalte forsøg kan derimod kun udføres med uforstyrrede prøver. Herunder hører f. eks. bestemmelse af rumvægt, porevolumen og naturligt vandindhold, samt permeabilitet og kapillaritet. Et vigtigt forsøg er ødometer- eller konsolideringsforsøget, også kaldet trykforsøg med hindret sideudvidelse; herved måles jordens sammentrykkelighed. Et andet vigtigt forsøg er trykforsøget med uhindret sideudvidelse, hvorved lers fasthed (forskydningsstyrke) kan måles. En variant af dette er triaksialforsøget, ved hvilket prøven foruden aksialtrykket er udsat for et alsidigt side-

tryk; ved dette forsøg kan man også måle sands fasthed (friktionsvinkel).

2h. På basis af alle ovennævnte undersøgelser foretages de fornødne *geotekniske beregninger*. Disse kan f. eks. have til formål at bestemme bæreevnen af fundamenter eller pæle, fastsætte disses nødvendige dimensioner og beregne deres forventelige sætninger. Bæreevnen afhænger af jordens forskydningsstyrke og sætningerne af dens sammentrykkelighed, men desuden afhænger begge dele også af fundamentets størrelse, form og dybde. Der er altså ingen mening i at tale om en bestemt jordbunds »til-ladelige belastning«, medmindre man samtidig specificerer ovennævnte forhold.

#### *Geotekniske detailundersøgelser.*

De påfølgende geotekniske *detailundersøgelser* har til formål at kontrollere rigtigheden af de på basis af forundersøgelserne gjorte antagelser og udførte beregninger, samt i det hele taget at sikre, at alle forhold, der kan have indflydelse på bygværkets stabilitet, styrke eller deformationer (sætninger), er tilstrækkeligt belyst. Foruden en eventuel videreførelse af de under 2a—h omtalte undersøgelser kan der være tale om følgende:

3a. Der bør altid, efter at de fornødne fundamentsudgravninger er færdige, af en sagkyndig foretages en nøje *inspektion og besigtigelse* af udgravningens sider og bund, specielt fundamentsgruber og -render. Hvis resultatet ikke svarer til de foretagne forundersøgelser, må disse omgående revideres eller suppleres. Danske jordbundsforhold kan være meget kaotiske, og man må derfor altid være forberedt på overraskelser. Ved direkte fundering på ler eller silt bør der under bunden af hver fundamentsgrube udføres vingeforsøg ved hjælp af den såkaldte *håndvinge*, der er hurtig og billig at arbejde med. Den kan anvendes indtil 1,4 m dybde.

3b. Ved direkte fundering på sand vil man undertiden udføre *markbelastningsforsøg* på den naturlige aflejrings. Der anvendes i reglen 2—3 forskellige belastningsplader med 10—30 cm diameter. Belastningen påføres trinvis, og pladens nedsynkninger måles. Også på ler eller silt kan der udføres lignende forsøg, enten hurtige (til måling af forskydningsstyrken) eller langsomme (til måling af sammentrykkeligheden); i sidste tilfælde taler man om *markkonsolideringsforsøg*. Alle de nævnte belastningsforsøg kan kun udføres af sagkyndige og er ret kostbare.

3c. I tilfælde af pælefundering vil man praktisk taget altid foretage *prøveramning* af en eller flere pæle. Disse bør såvidt muligt have samme dimen-

sioner og rammes til samme dybde som de påtænkte endelige pæle, og kan i så fald i reglen senere udnyttes som sådanne. Der føres for hver prøvepæl en fuldstændig rammeliste med angivelse af nedsynkningen pr. 10 slag, ramslagetets faldhøjde og vægt samt pælens dimensioner. Pælens bæreevne kan da beregnes ved hjælp af en egnet *rammeformel*, såfremt pælespidsen står i grus, sand eller fast moræner. For pæle med spidsen i blødere ler eller silt giver rammeformler derimod ikke brugelige resultater.

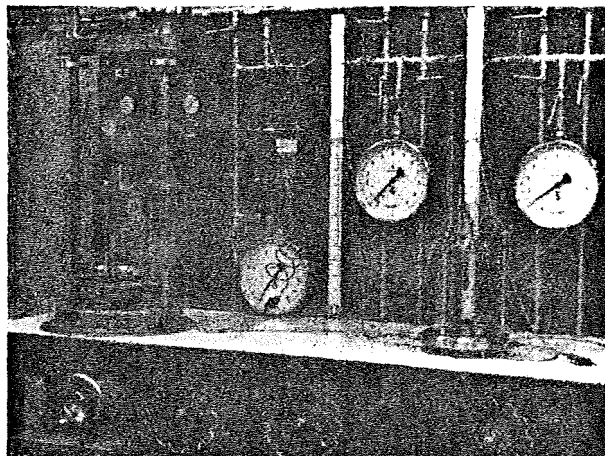
3d. Med nogle af de rammede prøvepæle eller endelige pæle vil man ofte udføre *prøvebelastninger* (pælebelastningsforsøg). Belastningen påføres trinvis, og pælehovedets nedsynkninger måles; der bør aflastes mellem de enkelte belastningstrin. Forsøget udføres i reglen som et nedtrykingsforsøg, men man kan også udføre oprækningsforsøg, og ofte gør man begge dele for herved at bestemme pælens spidsmodstand og overflademodstand separat. Prøvebelastninger af pæle er forholdsvis kostbare, men da man efter udførelse af sådanne forsøg kan reducere sikkerhedsgraden, betaler de sig alligevel, når der ikke skal rammes for få pæle.

3e. Der kan efter forholdene være tale om forskellige *specialundersøgelser*, f. eks. vedrørende tørholdelsen af byggegruben. Til dette formål vil man undertiden iværksætte en såkaldt grundvandssænkning, der i reglen kræver udførelse af en *prøvepumpning* og pejlinger af det sænkede grundvandspejl.

#### *Geotekniske kontrolmålinger.*

Under og efter bygværkets opførelse vil det ofte være klogt at iværksætte forskellige *kontrolmålinger* for at undersøge, om jorden og fundamentene virkelig opfører sig som forudsat i de geotekniske beregninger. Skulle der vise sig væsentlige afvigelser, vil kontrolmålingerne i reglen afsløre dette tidligt nok til, at de fornødne modforanstaltninger kan træffes til afværgelse af en katastrofe. Under alle omstændigheder vil de indvundne erfaringer være af stor betydning for fremtidige arbejder. De mest almindelige kontrolmålinger er følgende:

4a. *Sætningsobservationer* udføres ved hjælp af nivellementer mellem et eller flere fikspunkter og et passende antal målepunkter. Fikspunkterne må naturligvis ligge i en sådan afstand fra bygningen, at de ikke påvirkes af dennes bevægelser, og de må heller ikke være udsat for egenbevægelser. Målepunkterne udgøres i reglen af bolte indstøbt i bygningens fundamenter, mure eller søjler. Sætningsobservationerne skal påbegyndes så tidligt som over-



Norsk triaksialapparat.

hovedet muligt og fortsættes, i begyndelsen hyppigt, senere med tiltagende mellemrum og helst over en lang årrække, da sætningerne i ler forløber meget langsomt.

4b. Bygværker på ler vil fremkalde trykændringer i lerets porevand, og det vil normalt tage meget lang tid, før en ny stationær tilstand har indstillet sig. Poretrykkene kan have betydning for bygværkets stabilitet, og man foretager derfor undertiden (dog sjældent for boligbyggeri) *poretryksmålninger* i jorden på stedet. Dette sker ved hjælp af en porøs, vædskefyldt celle, der ved et tyndt rør er forbundet med et vandstandsør eller manometer, på hvilket poretrykket kan aflæses med passende mellemrum.

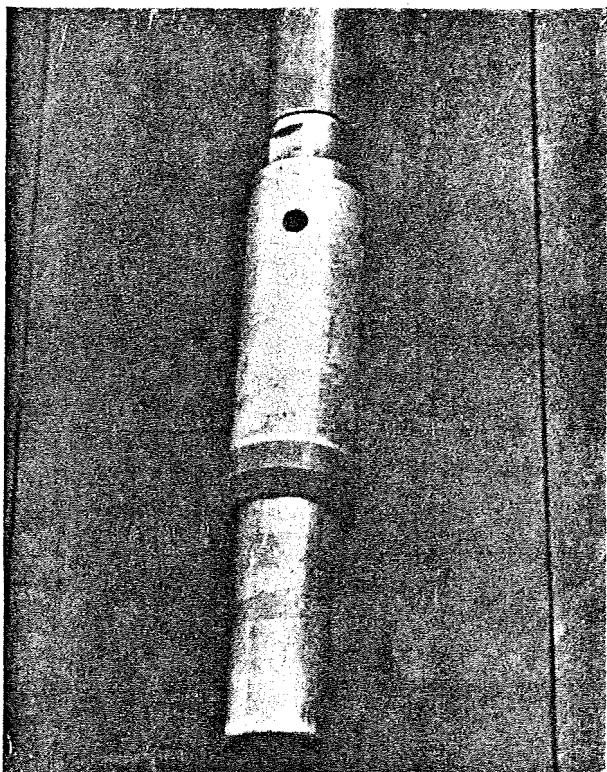
4c. Der kan i sjældne tilfælde være tale om at udføre forskellige *specielle målinger*, f. eks. af trykkene under et fundament, jordtrykkene på en støttemur eller spændingerne i en pæl. Sådanne undersøgelser udføres dog så godt som aldrig for boligbyggeri, og nævnes ligesom poretryksmålingerne kun for en fuldstændigheds skyld.

#### *Undersøgelsesernes omfang og art.*

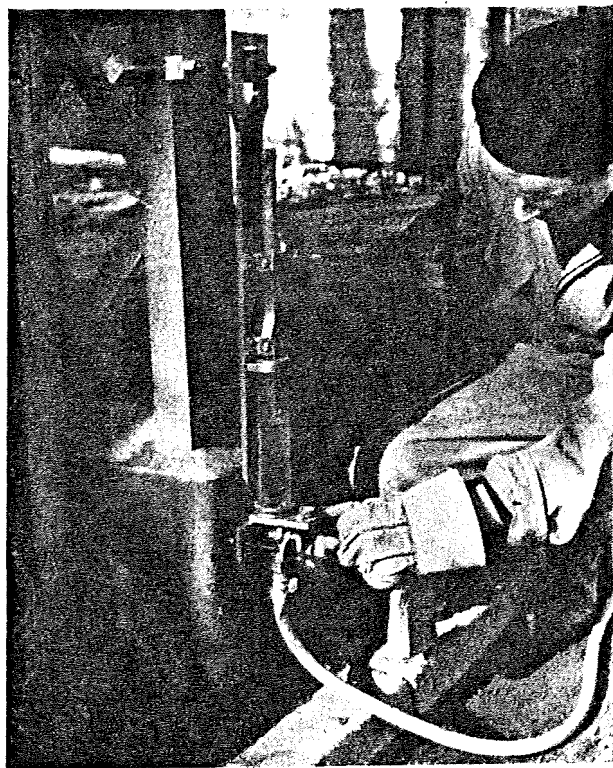
*Omfanget og arten* af de geotekniske undersøgelser, der bør udføres i et givet tilfælde, afhænger af jordbundens karakter og ensartethed, samt af bygværkets art, størrelse og betydning. Der kan derfor vanskeligt gives generelle regler, og angivelserne i det følgende refererer sig således kun til gennemsnitlige tilfælde.

#### *Geologiske forhold.*

De *afløjninger*, der normalt træffes her i landet, lader sig i grove træk inddele geologisk på følgende



42 mm prøveoptager.



Hydrostatisk sætningsmåling.

måde, idet man stort set begynder med de dybere og ender med de højere liggende jordlag:

*I. Aflejringer, der har været isbelastede.*

- Ia. De gamle dybgrundsaflejringer: kridt, tertiært ler etc.
- Ib. De moræneaflejringer, som i usorteret blanding fandtes indefrosset i indlandsisens nedre del (moræneler, -sand og -grus).
- Ic. De vandsorterede aflejringer, der blev afsat af smeltevandet foran og under den fremrykkende indlandsis (smeltevandsler og -sand).

*II. Aflejringer, der ikke har været isbelastede.*

- IIa. Den tynde morænelerskappe, der stammer fra bræens allerøverste zone.
- IIb. De vandsorterede aflejringer, der blev afsat af smeltevandet foran den vigende isrand eller blev skyllet ned fra højdedragene, efter at isen var væk.
- IIc. De dyndholdige, postglaciale aflejringer, der er afsat langs kyster og fjorde som

marint dynd og sand, og i moser og søer som tørv og ferskvandsdynd.

*IId. Muldjord og fyld.*

De under *gruppe I* nævnte, ældre jordarter er, på grund af den store isbelastning, de tidligere har været udsat for, i reglen karakteriseret ved stor forskydningsstyrke (fasthed) og ringe sammentrykkelighed. De yngre aflejringer under *gruppe II*, specielt de postglaciale (IIc) og de nutidige (IId), har derimod i reglen kun små forskydningsstyrker og er som oftest stærkt sammentrykkelige. Det er derfor normalt dem, der frembyder de største geotekniske problemer.

Når man ved en gravning eller boring er nået ned til et *fast lag* af *gruppe I*, kan man være praktisk talt sikker på, at der herunder ikke findes blødere lag af *gruppe II*. Under *fyld* af moræneler kan der dog naturligvis godt findes blødere lag.

Boringer skal såvidt gørligt føres i hvert fald nogle meter ned i faste aflejringer af *gruppe I*. Er dette ikke muligt, fordi de øvre lag af *gruppe II* er for tykke, må man i det mindste bore til en *dybde* under fundamentsniveau (henholdsvis pælespidsni-

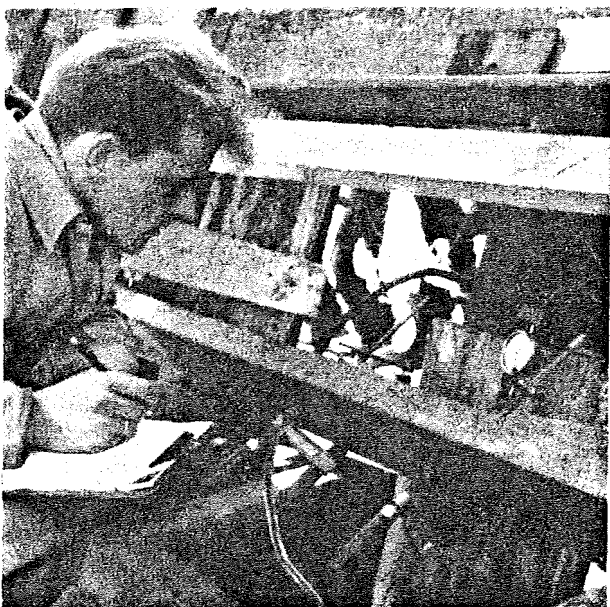
veau), der svarer til 4 gange fundamentets (henholdsvis pæleværkets) mindste bredde.

#### *Kategorier af byggeri.*

De nødvendige geotekniske forundersøgelser afhænger som nævnt også af bygværkets karakter, hvorved man i hovedsagen kan skelne mellem let, mellemstort og svært byggeri.

Ved *let byggeri* (enfamiliehuse, 1-2 etagers ejendomme o. lign.) må det anbefales, efter at de under 1a-d omtalte oplysninger er indhentet, at lade udføre nogle prøvegravninger, f. eks. 1 à 2 pr. hus eller 1 pr. 15—20 m længde af ejendommen. I udgravningerne udføres vingeforsøg og tages uforstyrrede prøver, med hvilke der eventuelt foretages laboratorieforsøg afpasset efter jordens art. Hvis man ikke er nået ned i faste aflejringer af gruppe I, må man føre en prøveboring ned fra udgravningens bund, og eventuelt supplere denne med nogle få spidsboringer.

Ved *mellemstort byggeri* (3-7 etagers ejendomme, normale industribebyggelser o. lign.) plejer man at begynde forundersøgelserne med et antal spidsboringer, f. eks. 1 pr. 15—30 m af begge facade-linier, eller i et tilsvarende kvadratnet. Efter at man på denne måde har skaffet sig et overblik over jordbundens variationer, foretager man en nærmere undersøgelse, specielt i de mere tvivlsomme områder, ved hjælp af nogle prøveboringer, f. eks. 1 for hver 4—8 af spidsboringerne. I prøveboringerne udføres naturligvis vingeforsøg og optages uforstyrrede



Prøvebelastning af skråpæl.

prøver, med hvilke der foretages de nødvendige laboratorieforsøg. Er bundforholdene dårlige og/eller uensartede, må antallet af boringer forøges. Skal der anvendes pæle, må nogle af disse prøverammes og eventuelt prøvebelastes.

Ved *svært byggeri* (højhuse, større industribebyggelser o. lign.) begynder man ligeledes med spidsboringer, men i større antal og til større dybde, hvilket iøvrigt også gælder de senere prøveboringer. For et højhus vil man således normalt bore til en dybde af mellem en halv og en hel husbredde under funderingsniveau. I prøveboringerne udføres vingeforsøg og optages uforstyrrede prøver, med hvilke der foretages indgående laboratorieforsøg. Der udføres ofte markbelastningsforsøg, og skal der anvendes pæle, må nogle af disse prøverammes og prøvebelastes.

#### *Funderings- og arbejdsmetoder.*

Valget af *funderingsmetode* vil afhænge af resultatet af de foretagne geotekniske undersøgelser og beregninger. *Direkte fundering* i frosthøje dybde vil i reglen være det billigste og er derfor her i landet, hvor jordbundsforholdene normalt er særdeles gode, det hyppigst anvendte. Hvor der findes bløde lag til større dybde, kan direkte fundering ikke anvendes, og det vil i så fald normalt være billigst at fundere på *pæle*, enten til fast bund eller svævende i de bløde lag. En tredje metode består i at føre *sænkebrønde* ned til de faste jordlag, men det plejer at være dyrere end pæle og anvendes praktisk talt ikke her i landet.

Endelig vil de geotekniske undersøgelser og beregninger også kunne fortælle, ved hvilken *arbejdsmetode* funderingen bedst og billigst kan udføres, f. eks. hvorvidt udgravningen kan stå med skråninger eller må afstives, samt hvorvidt den kan holdes tor ved almindelig pumpning eller der skal foretages en grundvandssænkning, eller fundamentene eventuelt skal støbes af beton under vand.

#### *Konklusion.*

Af den foranstående kortfattede redegørelse for de geotekniske undersøgelser, som de normalt udføres her i landet for tiden, vil man forhåbentlig se, at vi nu — i modsætning til tidligere, hvor man stort set måtte nøjes med erfaringsregler og gætterier — er i stand til at projektere funderingskonstruktioner, der forener en rimelig sikkerhed med god økonomi. Men en nødvendig forudsætning for dette er naturligvis, at den, der har ansvaret for byggeriet, i god tid lader en sagkyndig foretage de nødvendige undersøgelser. Det vil altid betale sig.