

## Nogle danske morænelerers styrke- og deformationsegenskaber

Jacobsen, Moust

*Published in:*  
NGM 75

*Publication date:*  
1975

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Jacobsen, M. (1975). Nogle danske morænelerers styrke- og deformationsegenskaber. I *NGM 75: København 1975* (s. 397-409). Polyteknisk Forlag.

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

[20]

NOGLE DANSKE MORÆNELERERS STYRKE- OG DEFORMATIONSEGENSKABER

H. Moust Jacobsen, civilingeniør, lic.techn.,  
Aalborg Universitetscenter

RESUME:

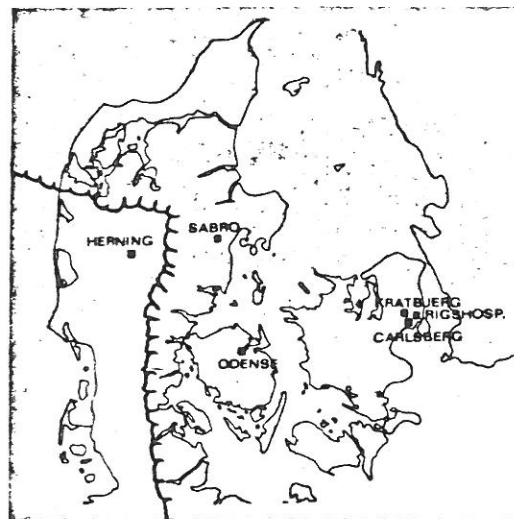
På grundlag af en lang række forsøg med danske morænelerarter redegøres for grundlaget for planlægning og tolkning af laboratorieforsøg og vingeforsøg, samt beregning af fundamenteres sætning og bæreevne på moræneler.

## INDLEDNING

I begyndelsen af 60<sup>erne</sup> blev ved DGI konstrueret konsoliderings- og triaxialapparater, der muliggjorde nøjagtige observationer på selv meget hårdt moræneler og sammen med markforsøg og sætningsobservationer gav et samlet indtryk af en bestemt slags morænelers geotekniske egenskaber. Det er hensigten med denne artikel at give en samlet fremstilling af de resultater, der foreligger i dag og som er umiddelbart anvendelige i praksis, hvorimod en detaljeret beskrivelse må søges andre steder.

De undersøgte morænejordarter stammer fra forskellige lokaliteter, der er angivet på figur 1, hvor også sidste istids hovedopholdslinie er vist.

De fire kornkurver, der er kraftigt optrukket på figur 2, stammer fra moræneler, der trods forskelle i kalkindhold (0-25%) og kornsammensætning har egenskaber, der skyldes



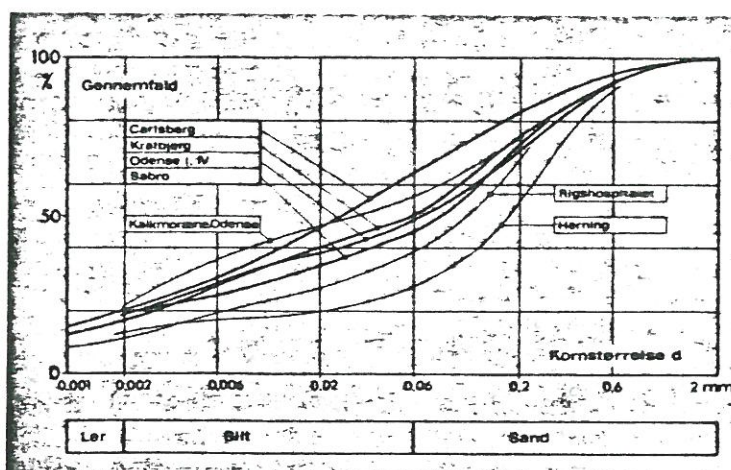
Figur 1.

den geologiske spændingshistorie, og som derfor kan beskrives ved een parameter, f.eks. poretallet. I laboratoriet har det da også været muligt at ændre den svagt belastede Sabro moræneler til en moræne med samme poretal og egenskaber som Kratbjerg moræneler!

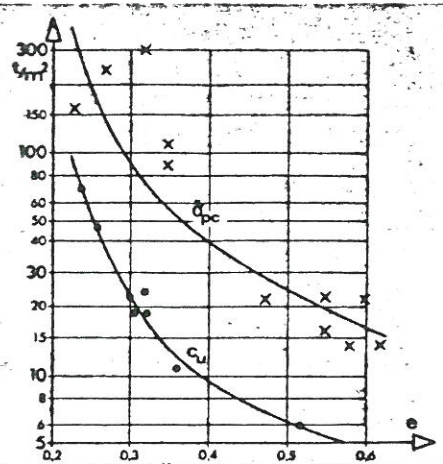
I tre tilfælde er indledt undersøgelser på morænesand eller -silt og en kalkmoræne med 58% kalk. Resultaterne herfra er afvigende og vil kun blive omtalt i mindre udstrækning.

## MORÆNELERS FORBELASTNING

Moræneler er aflejret i istiden og består af usorteret jord, der af isen er ført ned over Danmark fra den skandinaviske halvø. Under afsmeltningen er noget af morænematerialet aflejret i bunden af gletsjeren ved afsmeltning nedefra og har da fået en forbelastning, der svarer til vægten af gletsjeren under afsmeltning. Det, der lå øverst i gletsjeren, blev lig-



Figur 2: Kornkurver for undersøgte morænejordarter.



Figur 3: Forskydningsstyrke og forbelastning.

gende på gletsjerens overflade og blev derfor næsten ikke forbelastet (ablationsmoræne); imellem disse yderpunkter findes alle mulige nuancer.

Den lodrette forbelastning  $\bar{\sigma}_{pc}$  kan findes i et konsolideringsapparat, såfremt laboratoriebelastningen kan overstige forbelastningstrykket mere end 10 gange, hvad der kræver et tryk på  $3-4000 \text{ t/m}^2$  ( $30-40.000 \text{ kPa}$ ), og såfremt prøvetildannelsen er så nøjagtig, at arbejdskurvens form kan give udtryk for prøvens spændingshistorie. På figur 3 ses de således fundne forbelastninger samt den udrænedes forskydningsstyrke  $c_u$  som funktion af poretallet. Det ses, at det såkaldte "c/p-forhold" (egentlig  $c_u/\bar{\sigma}_{pc}$ ) er ca. 0,25.

Forbelastningen kan også findes ved udrænedes triaxialforsøg, hvor prøven først har været konsolideret ved et skønnet forbelastningstryk og aflastet drænet til in situ spændingen. Er forbelastningstrykket skønnet for lille, måles  $c_u$  for lille og vise versa. Ved nogle få forsøg kan den korrekte værdi findes. Forbelastningstrykket måles dog ikke ens i de to tilfælde, fordi det er middeltrykket  $\bar{\sigma}_m$ , der er afgørende for de målte egenskaber.

De vandrette forbelastningsspændinger kan måles ved arealkonstante triaxialforsøg.

Såfremt hviletrykskoefficienten  $K_{pc}^0$  udtrykkes som

$$K_{pc}^0 = 1 - a \cdot \sin \phi$$

findes  $a$  at ligge i intervallet 1,2 - 1,4. Den isotropt målte forbelastning  $\bar{\sigma}_{pc}^m$  kan herefter sammenlignes med det  $\bar{\sigma}_{pc}$ , der svarer til den virkelige forbelastningstilstand.

$$\bar{\sigma}_{pc}^m = \frac{1}{3}(1 + 2K_{pc}^0)\bar{\sigma}_{pc} = 0,5 \text{ \AA } 0,6 \cdot \bar{\sigma}_{pc}$$

Dette "c/p-forhold" er altså ca. 0,5, hvad der iøvrigt svarer nøje til målte værdier (se figur 4).

#### SPENDINGSFORHOLD IN SITU

Arealkonstante triaxialforsøg har vist, at den lodrette spænding aflastedes langt hurtigere end den vandrette. Ved et lodret in situ tryk på ca. 10% af istrykket viser forsøgene, at de lodrette og vandrette spændinger er lige store, ved mindre in situ tryk er de vandrette spændinger i jorden større end de lodrette. Dette resultat er også fundet af andre [1].

#### FORSØG IN SITU

Modelforsøg i marken er udført med cirkulære og kvadratiske plader af vekslende størrelse ( $D = 5-50$  cm), der er støbt fast til leroverfladen for at undgå beddingeffekter. Ved drænede forsøg er det absolut nødvendigt at kende de effektive spændinger, da sætning og bæreevne er meget afhængig af spændingsniveauet, og det kan kun gøres ved at måle det kapillære undertryk. Udrænede forsøg kan tolkes uden at kende det kapillære undertryk, fordi  $c_u$  kun varierer lidt med de effektive spændinger.

Sætningsobservationer kan anvendes som kontrol på beregningsmetoderne, dog kun såfremt grundvandsforhold og jordbundsforhold er nøje fastlagt.

#### FRA PRØVEOPTAGNING TIL FORSØGSRESULTATER

Ved prøveoptagningen forhindres en total aflastning af prøven af et undertryk, der svarer til in situ trykket, såfremt lerartens kapillaritet  $h_c$  er stor nok. Ved en udtørring af prøven stiger undertrykket og dermed  $\bar{\sigma}$  til  $h_c$  t/m<sup>2</sup>, der normalt er langt mindre end  $\bar{\sigma}_{pc}$  ( $h_c$  varierer fra 0,4 (Hørning) til



over 10 m (Carlsberg)). En delvis udtørring af prøven påvirker derfor ikke de senere målte spændinger og tøjninger, såfremt prøven igen kan vandmættes.

Specielle forsøg har vist, at prøven kan deformeres udrænet inden for vide rammer, uden at det påvirker senere målinger. Det er begrundelsen for, at der kan udføres CU-forsøg med flere brudforløb pr. forsøg (multiple stages). Hvis volumenet formindskes, ved at  $\bar{\sigma}_{pc}$  overskrides, indtræder en æltnings-effekt på alle senere målinger (faldende styrker og voksende tøjninger). Såfremt prøven henstår i meget lang tid (f.eks. et halvt år) vil fornyede målinger give egenskaber, der svarer til det ændrede poretal. Det er altså afgørende vigtigt at rekonstruere spændingshistorien korrekt. Såfremt den udræ-nede forskydningsstyrke  $c_u$  kendes, skal prøven ifølge forrige afsnit førstegangsbelastes drænet til  $\bar{\sigma}_{pc} = 4c_u$  i et konsolideringsapparat. I triaxialforsøg kan man selv bestemme prøvens spændingstilstand før det egentlige forsøg. Som en god tilnær-melse kan antages isotrope in situ spændinger, og spændingshi-storien gentages derfor mest hensigtsmæssigt isotropt ( $\bar{\sigma}_{pc}^m$  kan sættes til  $2c_u$ ).

Laboratorieforsøgene er udført med prøver, der er  $7\phi \cdot 7$  cm (triaxialforsøg) og  $7\phi \cdot 3,5$  cm (konsolideringsforsøg). Prøver-ne er hermed store nok til at undgå, at sten i prøven kan på-virke resultaterne, og små nok til at konsolideringsprocessen forløber så hurtigt, at et rimeligt forsøgsantal kan gennemfø-res. Udræ-nede forsøg med større prøver synes iøvrigt at vise at den valgte prøvestørrelse er tilpas stor. Ved at vælge  $H/D = 1$  prøver fremkaldes homogene tilstande i triaxialforsø-get, hvorved de ydre målinger svarer til ethvert indre punkt i prøven.

#### DEN UDRÆNEDE FORSKYDNINGSSTYRKE

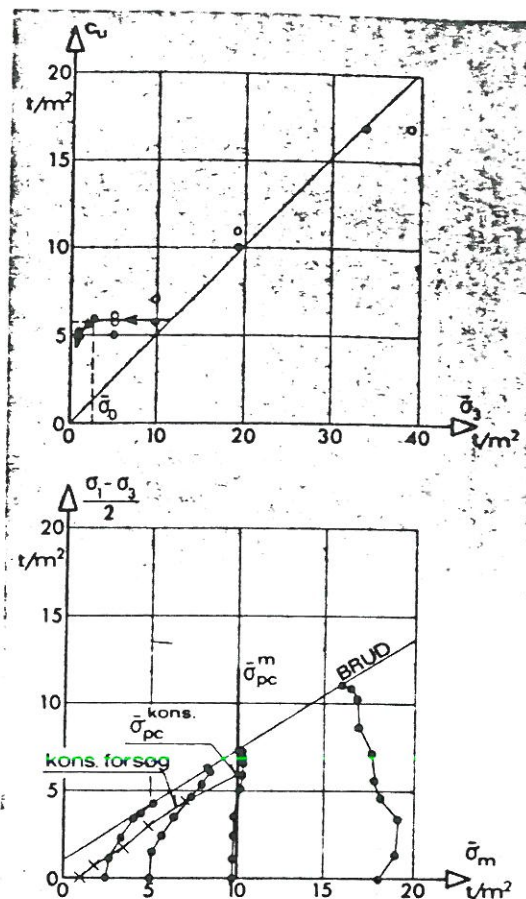
Den udræ-nede forskydningsstyrke kan måles ved vingeforsøg og pladebelastningsforsøg, samt ved simple trykforsøg og udræ-ne-de triaxialforsøg på prøver med  $H/D = 1$ , såfremt de ikke rev-ner i brud [3]. Vingeforsøg har dog vist sig at give 10% for høje værdier, endda i forsøg, hvor friktion langs stangen ik-

ke har spillet nogen rolle. Forsøgsresultater, der allerede er korrigeret for denne friktion, bør derfor yderligere korrigeres med 10%.

Spændingshistoriens indflydelse på forskydningsstyrken  $c_u$  kan findes i udrænede triaxialforsøg. På figur 4 ses et sådant forsøg med en prøve, hvis forskydningsstyrke er målt i mar-  
ken til  $c_u = 6 \text{ t/m}^2$ , og som derfor i laboratoriet er forbelastet drænet til  $\bar{\sigma}_{pc}^m = 12 \text{ t/m}^2$ .

Ved aflastningen ændres forskydningsstyrken først ved meget små spændinger. Dette er ikke i overensstemmelse med tidligere målinger, men tilskrives den bedre forsøgsteknik. Den aflastningskurve, der er indlagt på figur 4 er beregnet ud fra ændringen i poretallet og viser, at  $c_u$  for forbelastet jord kan betragtes som en funktion af poretallet. En tilsvarende beregning kan dog ikke foretages for normalkonsolideret jord. På fi-

guren ses endvidere variationen i effektive spændinger. Såfremt prøven er i en forbelastet tilstand fremkaldes et poreundertryk i brud, fordi prøven søger at udvide sig, og herved stiger de effektive middelspændinger. Såfremt prøven netop befinder sig i en tilstand, der svarer til forbelastningstrykket, ændres de effektive middelspændinger næsten ikke. Da der ikke kan foregå nogen konsolidering i et udrænede forsøg med vandmættede prøver, må denne kurve markere grænsen mellem forbelastet og normalkonsolideret tilstand. I en normalkonsolideret tilstand fremkaldes poreovertryk og dermed faldende effektive middelspændinger under brudforløbet. Det er dog for-



Figur 4: Udrænede triaxialforsøg.  
Sabro.

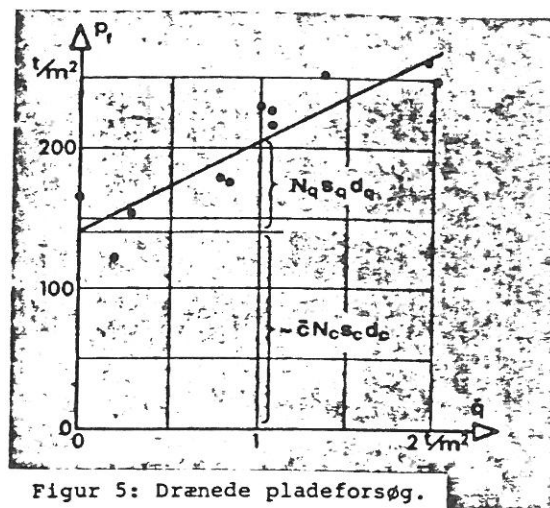
mentlig en følge af den tidligere omtalte æltningseffekt. På figuren er også vist et arealkonstant triaxialforsøg (konsolideringsforsøg) og dets forbelastningspunkt.

#### FORHOLDET MELLEM LANGTIDS- OG KORTTIDSBÆREEVNEN

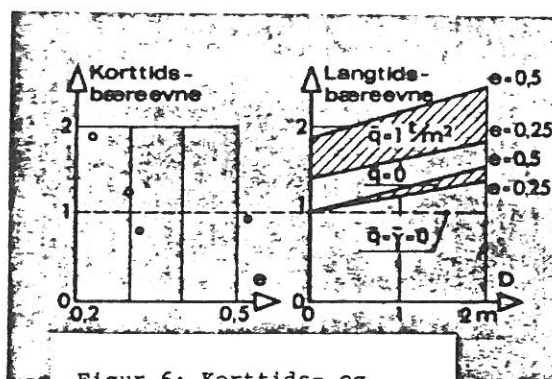
For at undersøge langtidsbæreevnen er der udført ialt 29 dræ-nede pladebelastningsforsøg på fire forskellige morænelersty-per. Overfladelasten  $q$  har vari-eret fra ca. 0 op til  $3 \text{ t/m}^2$ , heri medregnet det kapillære un-dertryk i porevandet.

Et typisk resultat er vist på figur 5. Hældningen af kurven bestemmer i følge bæreevneform-len  $N_q$  og dermed  $\bar{\phi}$ . Det stykke, der afskæres på p-aksen er et udtryk for  $\bar{c}N_c$ , idet  $\gamma$ -leddet viser sig at være betydnings-løst. Da der også er udført må-linger af korttidsbæreevnen, eg-ner forsøgene sig til en rela-tiv sammenligning mellem kort-tids- og langtidsbæreevnen. På figuren ses, at korttidsbæreev-nen normalt er af samme størrel-se som langtidsbæreevnens kohæ-sionsled og altså at korttidsbæreevnen normalt altid er dimen-sionsgivende. Kun for meget faste morænelerstyper ( $e < 0,3$ ) synes langtidsbæreevnen at kunne blive dimensionsgivende ved små fundamenter og relativt små overfladebelastninger ( $q < 2 \text{ t/m}^2$ ). I sådanne tilfælde, hvor den tilladelige bæreevne o-verskrider  $100 \text{ t/m}^2$ , foreskriver de danske funderingsnormer iøvrigt udført pladebelastningsforsøg.

Medens det er meget enkelt at beregne korttidsbæreevnen ved at reducere vingestyrken med 10% og anvende bæreevneformlen,



Figur 5: Drænede pladeforsøg.  
Kratbjerg.



Figur 6: Korttids- og  
langtidsbæreevne.



er det betydeligt mere kompliceret at beregne langtidsbæreevnen. Problemerne er behandlet kortfattet i næste afsnit.

#### LANGTIDSBÆREEVNEN

Langtidsbæreevnen beregnes på grundlag af de effektive styrkeparametre  $\bar{c}$  og  $\bar{\phi}$ , der er bestemt ved triaxialforsøg, uden nogen forøgelse på grund af plan spændingstilstand.

Af laboratorieforsøg fås den på figur 7 viste sammenhæng mellem  $\tau_f$  og  $\bar{\sigma}_3$ . Kurven går asymptotisk mod en ret linie, der kan fremstilles ved Coulombs brudbetingelse

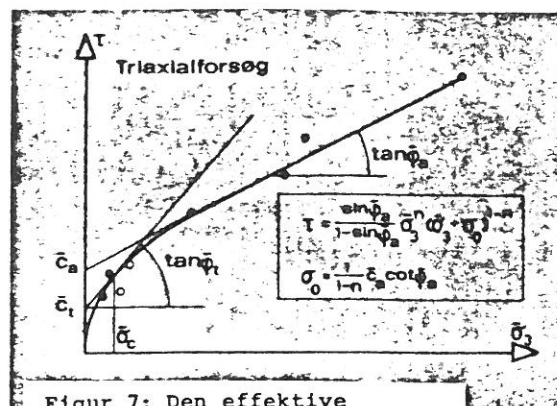
$$\tau_f = \frac{\sin \bar{\phi}_a}{1 - \sin \bar{\phi}_a} (\bar{\sigma}_3 + \bar{c}_a \cot \bar{\phi}_a)$$

På figuren er vist en brudbetingelse, der passer bedre med forsøgene. Her er indført yderligere en styrkeparameter  $n$ , der for moræner er fundet til 0,2.

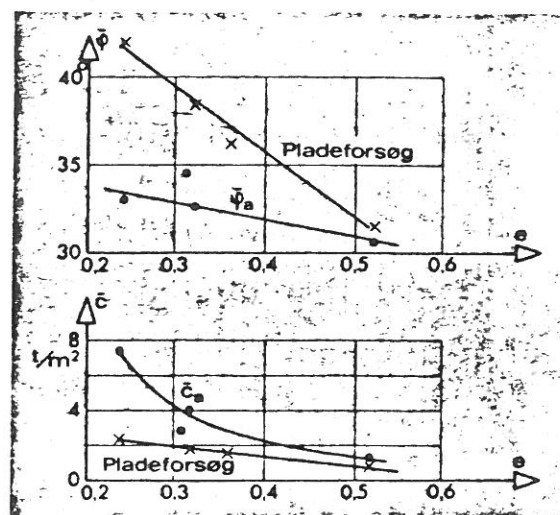
Ved den normale fremgangsmåde udføres forsøgene af tekniske grunde ved så høje spændinger, at krumningen ikke ses, og a-

symptoteværdierne  $\bar{c}_a$  og  $\bar{\phi}_a$  bestemmes. I praksis er spændingerne derimod så lave, at tangentværdierne  $\bar{c}_t$  og  $\bar{\phi}_t$  bør anvendes. De kan findes ved differentiation af formelen på figur 7. Ved den normale fremgangsmåde ses det, at  $\tau_f$  overvurderes.

På figur 8 er  $\bar{c}_a$  og  $\bar{\phi}_a$  sammenlignet med  $\bar{c}$  og  $\bar{\phi}$  fra pladeforsøgene. I ældre forsøg med ru trykhoveder og dobbelt så stor prøvehøjde måles  $\phi_a$  knap  $1^\circ$  for lille, medens  $\bar{c}_a$  undervurderes 1,5 - 3 gange. For en vis værdi af  $e$  ( $\sim 0,6$ ), kan bæreevnen åbenbart beregnes direkte af triaxialforsøgene uden korrektion for plan spændingstilstand, svarende til normal prak-



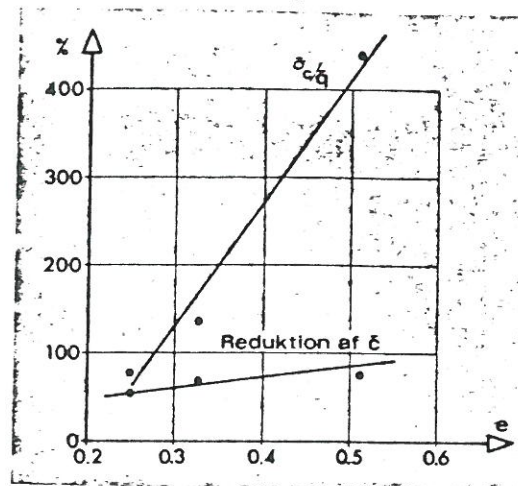
Figur 7: Den effektive brudbetingelse.



Figur 8: Effektive styrkeparametre.

sis. Ved mindre værdier af  $e$  giver triaxialforsøgene for små værdier af  $\bar{\phi}$  og for store værdier af  $\bar{c}$ , altså en typisk virkning af forskelligt spændingsniveau. Derudover skyldes forskellene også udvikling af progressivt brud. Ved drænet brud vil forbelastet ler nemlig udvide sig, hvorved styrken falder.

I et område, der næsten har været i brud, vil styrken falde så meget, at naboområder må bære større forskydningskræfter, hvorved bruddet forplanter sig progressivt. Den endelige brudtilstand finder sted ved reducerede styrkeparametre svarende til brudområdets øgede poretryk. For at kunne skelne virkningen af progressivt brud fra virkningen af spændingsniveau, kan man



Figur 9: Karakteristisk spændingsniveau og progressivt brud.

antage, at  $\bar{\phi}_a$  ikke ændres ved progressivt brud. Herefter kan findes det karakteristiske spændingsniveau  $\bar{\sigma}_c$ , hvor  $\bar{\phi}_t = \bar{\phi}$  (i pladeforsøg). På figur 9 er vist  $\bar{\sigma}_c$  over  $\bar{q}$ , der er gennemsnitsoverfladebelastningen.  $\bar{\sigma}_c$  er altså noget større end  $\bar{q}$ , men dog langt mindre end Meyerhofs værdier for sand. Ved dette spændingsniveau er  $\bar{c}_t$  imidlertid større end  $\bar{c}$  (i pladeforsøg) svarende til virkningen af progressivt brud (se figuren). For  $e > 0,6$  svarende til en næsten normalkonsolideret tilstand er virkningen af progressivt brud ringe.

Det kan endvidere nævnes, at visse dele af den underliggende jord kommer i en normalkonsolideret tilstand, hvorved styrkeparametrene ændres, formentlig uden nogen mærkbar indflydelse på bæreevnen.

I praksis kan  $\bar{\sigma}_c$  på den sikre side beregnes som den effektive lodrette spænding i en dybde af 0,5 gange fundamentsbredden, og efter omregning reducere  $\bar{c}_t$  ud fra figur 9.

#### SÆTNINGSBEREGNINGER

Sætningsberegninger bygger på Boussinesqs trykfordelinger, der forudsætter samme elasticitetsmodul til stor dybde, hvad

der med god tilnærmelse gælder for fundamenter af ringe udstrækning. For store fundamenter er indflydelsen af den med dybden voksende stivhed og lagets tykkelse dog mærkbar og må medregnes ved en nøjagtig sætningsberegning. For det første kan beregnes Fröhlichs spændingsfordeling for en punktlast, hvorved den voksende stivhed med dybden kan tages i regning på en ikke helt teoretisk holdbar måde. For det andet kan ud fra Fröhlich eller Boussinesq beregnes den ekstra spændingskoncentration der finder sted under stive fundamenter, og fremkalder ekstra sætninger. Endelig kan anvendes Burmeisters teori for lag af begrænset tykkelse.

I det følgende ses bort fra Fröhlichs teori, der iøvrigt synes af mindre betydning, hvorimod korrektioner for spændingskoncentrationen ([4] figur 2.30) og lagets tykkelse tages i regning. Tilsammen forøger de sætningerne med 15-20%. Derimod er der ingen teoretisk dækning for at reducere sætninger ved hjælp af dybdefaktorer.

#### INITIALSÆTNINGER

Initialsætninger finder sted i takt med belastningsforøgelsen, såfremt jorden kan fortrænges uden at der foregår en konsolideringsproces. Samtidig hermed overføres en del af belastningen til effektive spændinger og resten til et poreovertryk, der senere bortdrænes.

Ved beregningen anvendes udrænedede triaxialforsøg, der først er konsolideret isotropt ved de tilsvarende in situ spændinger. Det er et helt afgørende punkt ved en sætningsberegning, fordi tøjningerne afhænger af begyndelsesspændingerne. Beregningen fører specielt for cirkulære fundamenter til et udmærket resultat. Der kan iøvrigt foretages følgende korrektion for fundamentsformen, der er korrekt for  $B/L = 0$  og  $1$ :

$$\delta_{\text{korr.}} = \frac{1}{4} \left( 3 + \frac{B}{L} \right) \delta_{\text{ber.}}$$

Da initialsætningen for bygninger på moræneler udgør ca. 80% af de samlede sætninger, er der god grund til også at udføre korrektionen for de samlede sætninger.

Det er meget sjældent at en bygning på moræneler kommer i en

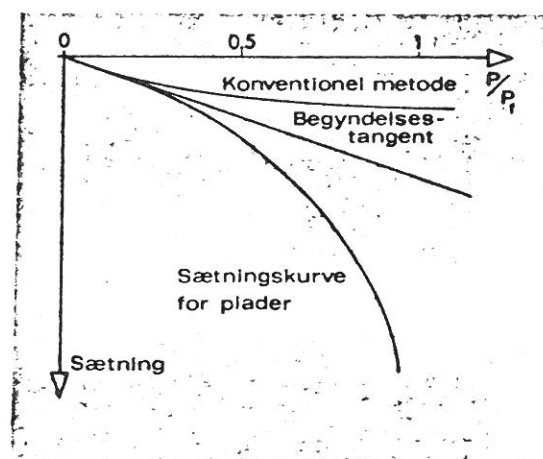


korttidstilstand, fordi konsolideringsprocessen forløber hurtigt. I et tilfælde påførtes dog 84% af den totale belastning på et cirkulært fundament ( $D = 12$  m) på mindre end to døgn. På figur 14 til højre ses såvel beregning som observation. På dette grundlag må Skempton-Bjerrums beregningsmetode, der netop indledes med ovennævnte beregning af initialsætningerne, anses for særdeles velegnet for moræner, men den kræver til gengæld også udført udrænedede triaxialforsøg.

#### TOTALE SÆTNINGER

Ved den konventionelle sætningsberegning anvendes konsolideringsforsøg på forbelastede jordarter efter en rekonstruktion af spændingshistorien. Metoden er meget anvendelig, fordi konsolideringsforsøg er relativt billige.

Den konventionelle sætningsberegning skelner ikke mellem initial- og konsolideringssætninger, men benytter den samlede effektive spændingsændring, som bygværket vil fremkalde i det lange løb. Ved beregning af mellempunkter på sætningskurven fås det principielt forkerte resultat, at sætningsmodulen vokser med voksende fundamentsbelastninger. Imidlertid kan metoden kontrolleres ved at beregne sætningerne i pladeforsøg med forskellige diametre, spændingsniveauer og jordbundsforhold. På figur 10 ses en sammenligning på basis af 50 drænedede pladeforsøg. For små belastninger giver den konventionelle sætningsberegning næsten korrekte sætninger, hvori er inkluderet initialsætningerne. For større belastninger bliver metoden fejlagtig fordi den giver en opad konkav kurveform, medens sætningskurven først er retlinet for senere at krumme den anden vej. Så længe totalsikkerheden er stor nok ( $F > 4$ ) giver den beregnede begyndelsestangent derfor et bedre mål for sætningen end den konventionelle metode. Da fundamenterne altid di-



Figur 10: Beregning og observation.

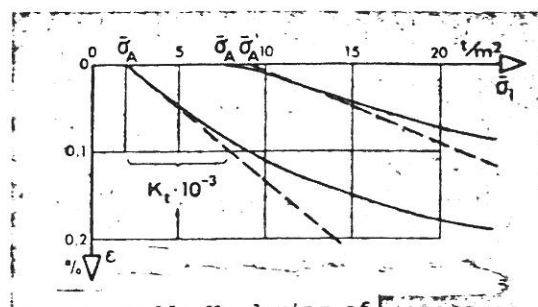
Pladeforsøg.



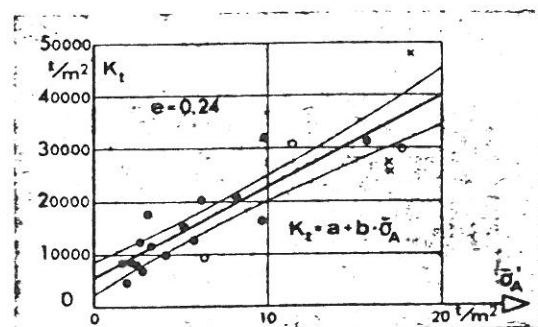
mentioneres ud fra korttidstilstanden, som sjældent indtræffer, er  $F$  normalt større end 4. Begyndelsestangentmetoden består herefter i:

1. Vurdering af genbelastningsgrene ved optegning i aritmetisk afbildning (figur 11). Apparatfriktion udviklet under aflastning giver et tillæg til de lodrette spændinger, men udløses selv for små genbelastninger. Uden apparatfriktion fås en kurveform, der er opad konkav, med apparatfriktion fås en S-formet kurve. Den sidste må korrigeres på passende måde, f.eks. kan vendetangenten indlægges. Korrektionen giver sætningsberegningen en usikkerhed på op imod 20%.
2. De målte tangentmoduler  $K_t$  kan nu danne grundlag for en statistisk vurdering af  $K_t$ 's afhængighed af aflastnings-spændingen  $\bar{\sigma}_A$ , der i sætningsberegningen svarer til in situ spændingen  $\bar{\sigma}_0$  (figur 12).  $K_t = a + b \bar{\sigma}_A$  er analog til Coulombs brudbetingelse og analogien strækker så vidt at  $a = \bar{c} = 0$  for normalkonso-lideret ler! På figur 13 ses forfatterens samlede erfa-ringsmateriale.

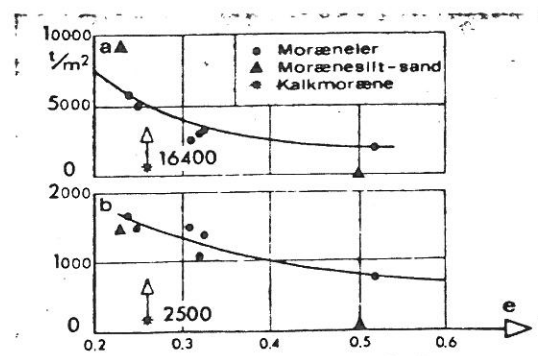
Ved kontrolberegning af bygninger, der er funderet på moræneler kan metodens anvendelighed illustreres. På figur 14 er vist to bygninger på Carlsberg moræneler. Trappetårnets sætning er korrigeret for langstrakt fundament. Den på figur 14 viste silo i Odense har været i en udrænet tilstand med  $F \sim 2$  og her svigter metoden. Som tidligere vist vil Skempton-Bjerrums sætningsberegning derimod kunne fungere.



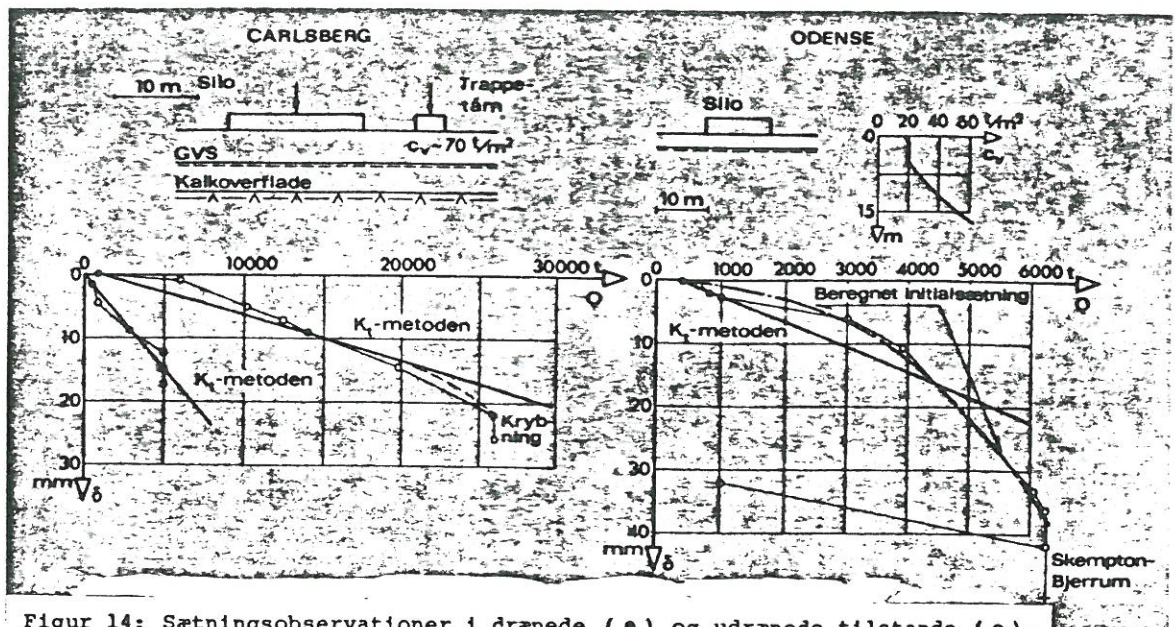
Figur 11: Vurdering af genbelastningsgrene.



Figur 12: Tangentmodulen  $K_t$  · Carlsberg.



Figur 13:  $K_t$ 's afhængighed af pore-tallet.



Figur 14: Sætningsobservationer i dræned (•) og udræned tilstande (○).  
Beregninger (—) og (---).

#### KONKLUSION

De omtalte egenskaber ved moræneler er målt i meget stive laboratorieapparater. Herved er f.eks. opnået, at sætninger, der tidligere blev beregnet 2-4 gange for store, nu stemmer rimeligt med observationer, også selvom der udelukkende anvendes korrektioner, der gør de beregnede sætninger større. Med kendskab til poretallet kan artiklen danne grundlag for fundamentsberegninger på moræneler.

#### REFERENCER

- [1] Brooker, E.W.: Earth pressures at rest related to stress history. Can. Geotech. J., Vol. III no 1, 1965.
- [2] Hartlén, Jan: Skånska moränlerors hållfasthets- och bärrighetsegenskaber. Chalmers tekniska högskola 1974.
- [3] Jacobsen, M.: The undrained shear strength of preconsolidated boulder clay. Proc. Eur. Congr. Soil Mech. Vol. 1, p. 119. Oslo 1967.
- [4] Jacobsen, M.: Morænelers deformationsegenskaber. DTH 1968.
- [5] Jacobsen, M.: New oedometer and new triaxial apparatus for firm soils. Strength and deformation properties of preconsolidated moraine clay. DGI bulletin no 27, København 1970.