Särtryck och preliminära rapporter nr 11

Förslag till
ANVISNINGAR FÖR PROVPÅLNING OCH ENKEL PROVBELASTNING

4.9.1968

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för geoteknik med grundläggning

INGENIÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
PÅLKOMMISSIONEN

Särtryck och preliminära rapporter nr 11

Förslag till
ANVISNINGAR FÖR PROVPÅLNING OCH ENKEL PROVBELASTNING

4.9.1968

Pris 10 kronor

INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN

Pålkommissionen

Förslag till

ANVISNINGAR FÖR PROVPÅLNING OCH ENKEL PROVBELASTNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

		Sid
Kap 1	INLEDNING	3
1.1	Allmänt	3
1.2	Begreppsbestämningar	4
1.3	Val av provbelastningsmetod	5
Kap 2	GEOTEKNISK UNDERSÖKNING	6
2.1	Sondering	6
2.2	Provtagning och laboratorie-undersökning	6
2.3	Redovisning	7
Kap 3	PROVPÅLNING	7
3.1	Provpåles konstruktion	7
3.2	Uppmätning av provpåle	7
3.21	Mätning av längd och uppmärkning av provpåle	7
3.22	Mätning av omkrets	7
3.23	Mätning av initialkrökning	8
3.3	Slagning av provpåle	8
3.31	Anteckning av data	8
3.32	Slagningsprotokoll	8
3.33	Fjädringsmätning	9
3.4	Redovisning	10

		Sid
Kap 4	ENKEL PROVBELASTNING	10
4.1	Anordnande av mothåll för domkraft vid provbelastning	10
4.11	Dragpålar	10
4.12	Överlast	11
4.13	Färdigt byggnadsverk	11
4.14	Redovisning	11
4.2	Utrustning för provbelastning	11
4.21	Domkraft	11
4.22	Lageranordningar	11
4.23	Pump	11
4.24	Manometer	12
4.25	Tryckdosa mellan domkraft och påle	12
4.26	Mätbalk och mätklockor för mätning av pålhuvuds vertikalrörelse	12
4.3	Provbelastnings utförande	12
4.31	Tidpunkt	12
4.32	Metodik	12
4.33	Mätning av pålhuvuds vertikalrörelse	13
4.34	Protokoll	13
4.4	Redovisning	14
4.5	Slutord	15

Bilagor

Bil 1	Pålprotokoll, slagningsprotokoll
Bil 2	Slagningsdiagram
Bil 3	Kraft-deformationsdiagram vid enkel provbelastning

Provbelastningsapparat, svensk konstruktion beskriven i teknisk litteratur år 1900.

1. INLEDNING

1.1 Allmänt

Många gånger kan man med hjälp av resultaten av geotekniska undersökningar bedöma, vilken påltyp som skall användas och hur pålningen skall utföras. Om säkrare informationer om slagningsförhållanden och bärighet erfordras, utförs provpålning ofta kombinerad med provbelastning.

I samband med användning av högbelastade pålar ställs stora krav, när det gäller att påvisa bärförmågan hos påle och jord. Ofta föreskrivs, att bärigheten hos friktions- och kohesionspålar skall verifieras genom provbelastning.

Avsikten med en provbelastning är vanligen endast att påvisa, att en påle bär avsedd last med tillräcklig säkerhet eller att bestämma brottlasten. I sådana fall kan ofta ett enkelt provningsförfarande tillämpas. Föreliggande anvisningar innehåller rekommendationer för hur en sådan enkel provbelastning skall

utföras. Metoden avviker från tidigare vanligen tillämpade förfaringssätt med cykliska belastningar eller stegvis ökade belastningar, varvid i båda fallen lasten hålls konstant under laststeget och pålhuvudets rörelser mäts. Det rekommenderade förfarandet består i, att pålhuvudet pressas ned med konstant hastighet, varvid erforderlig nedpressningskraft och pålhuvudets sjunkning mäts. Detta provningssätt överensstämmer med i andra materialprovningssammanhang tillämpade förfaranden. För provningen erfordras speciell hydraulpump med konstant oljeflöde.

I mera komplicerade fall, när avsikten med provbelastningen är att bestämma pålens brottlast och även studera kraftöverföringen mellan påle och omgivande jord, spetsmotståndets storlek o dyl, måste en utförlig provbelastning genomföras. Uppläggning och genomförande av provning måste då anpassas till aktuella förhållanden och ledas av en på detta område erfaren geotekniker. Vissa anvisningar kommer att utarbetas.

Antalet provpålar och antalet provbelastningar som skall utföras bestäms från fall till fall.

Anvisningarna för provpålning i kap 3 gäller allmänt således även vid enbart provpålning utan efterföljande provbelastning.

Provpålning och provbelastning utförs antingen vid början av ett pålningsarbete eller, särskilt när det gäller större arbetsprojekt, på ett så tidigt stadium, att man redan vid projekteringen känner till förutsättningarna för arbetets utförande och storleken på tillåten eller avsedd pållast. Provbelastning görs även i vissa fall på påle under färdigbyggt byggnadsverk.

1.2 Begreppsbestämningar

Pålhuvud

Påles avslutning uppåt.

Pålspets

Påles avslutning nedåt.

Stödpåle

Påle, som överför huvudparten av lasten till berg eller fasta jordlager genom pålspetsen.

Friktionspåle

Påle, som är helt eller delvis nedförd i friktionsjord och som överför huvudparten av lasten till jorden genom friktion längs pålens mantelyta.

Kohesionspåle

Påle, som är helt eller delvis nedförd i lera eller annan kohesionsjordart och som överför huvudparten av lasten till jorden genom kohesion längs pålens mantelyta.

Brottlast

Brottlasten P anses uppnådd, när pålhuvudets sjunkning har värdet δ för lasten 0,9 P och 2 δ för lasten P. Brottlasten söks således genom passning i kraft-deformationskurvan. Definitionen har valts på grund av svårigheten att ur ett diagram fastställa den verkliga brottlasten. Se figur, sid 14.

Växellagring

Varierande jordlagerföljd, ofta med omväxlande fast och lös lagring.

1.3 Val av provbelastningsmetod

Nedanstående tabell anger översiktligt, när "enkel provbelastning" kan utföras och när "utförlig provbelastning" erfordras. Samråd med geotekniker bör ske innan provbelastning utförs och i erforderlig utsträckning även under provbelastningens gång. Provningens omfattning måste alltid ställas i relation till den avsedda pållastens storlek, de geotekniska förhållandena och det blivande byggnadsverkets konstruktion och utförande i övrigt.

	Enkel provbelastning	Utförlig provbelastning
Träpålar	x	
Kombinationspålar (underpåle av trä, överpåle/pålar av betong eller stål)	x	(x)
Betongpålar		
Oskarvad stödpåle	x	
Skarvad stödpåle, (L < 30 m)	x	(x)
" " , (L > 30 m)	(x)	x
" " , (L > 30 m) vid växellagring		x
Friktionspåle, enbart sand	x	
" , lera på sand	x	(x)
" , växellagring		x
Kohesionspålar, alla längder	x	(x)
Stålpålar		
Stödpåle	x	(x)

Anvisningar för "utförlig provbelastning" föreligger ej, men kommer att utarbetas.

2. GEOTEKNISK UNDERSÖKNING

2.1 Sondering

Sondering skall ge en uppfattning om jordens lagerföljd och lagertjocklek samt ge vägledning vid bestämning av pållängd. Observera att det i regel är nödvändigt att känna jordlagrens beskaffenhet under pålspetsen. Lämpligaste sonderingsmetod bestäms från fall till fall. För beskrivning av sonderingsmetoder hänvisas till Statens Geotekniska Instituts meddelande nr 4, del 1 (under omarbetning och beräknas utkomma som meddelande nr 8).

2.2 Provtagning och laboratorieundersökning

Fullständig provtagning erfordras i regel endast vid kohesions- och friktionspålning.

Provtagning i kohesionsjord bör omfatta upptagning av ostörda jordprover med standardkolvborr. Till 15 m djup tas lämpligen

prover på varje meter. Vid större djup glesas provtagningen ut successivt. Se Statens Geotekniska Instituts meddelande nr 4, del 2.

Skjuvhållfasthetsbestämning i kohesionsjord kan även i vissa fall kompletteras med vingborrning. Vingborrning är nödvändig, då endast störda jordprover föreligger.

Provtagning i friktionsjord bör omfatta upptagning av störda jordprover på lämpliga nivåer.

Proven bör undersökas på laboratorium med avseende på jordart, hållfasthetsvärden, vattenhalt, finlekstal och volymvikt.

2.3 Redovisning

Redovisning av de geotekniska undersökningarna skall ske enligt Svenska Geotekniska Föreningens "Beteckningar för geotekniska undersökningar", blad 1 - 4.

3. PROVPÅLNING

3.1 Provpåles konstruktion

Provpåles, och i förekommande fall även dragpåles, konstruktion inklusive eventuella skarvar och pålsko skall framgå av ritning. Pålen bör som regel ha inspektionshål.

Har böj- och dragprov utförts gällande för aktuell pålskarv, bör resultaten finnas tillgängliga.

Ritning skall även ange material och härdningsföreskrift för eventuell bergdubb.

3.2 Uppmätning av provpåle

3.21 Mätning av längd och uppmärkning av provpåle

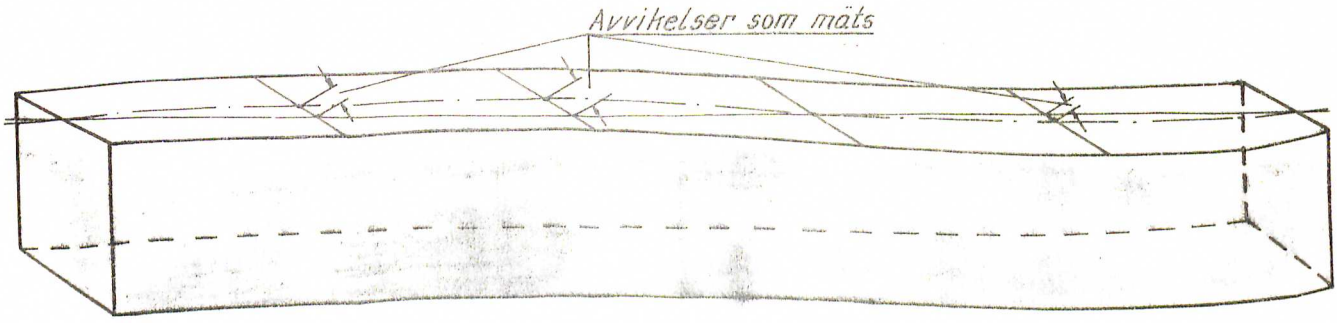
Längd av provpåle och pålelement skall mätas (mätnoggrannhet ± 1 cm). I samband härmed bör provpåle märkas på varje meter, räknat från yttersta pålspetsen, så att pålspetsens djup under markytan eller annat referensplan kan anges när som helst under slagningens gång.

3.22 Mätning av omkrets

Påles omkrets (tvärmått) mäts på varannan meter, dock tätare, när oregelbundna variationer i tvärsnittsarean förekommer (mätnoggrannhet ± 5 mm).

3.23 Mätning av initialkrökning

Initialkrökning skall mätas. Påle av betong läggs med gjutsidan uppåt (för rund påle den del av mantelytan som ej inneslutits i formen) på två stöd placerade på avståndet 0,2 ggr pållängden från ändarna. Pålens centrum markeras vid påländarna på den uppåt riktade pålytan. Mellan dessa punkter spänns en ståltråd så att den blir rak. I mätpunkterna, lämpligen på varannan meter, utmärks pålens centrumlinje (halva tvärmåttet eller diametern), varefter centrumlinjens horisontella avvikelse från ståltråden mäts och anges med riktning, vänster eller höger, i förhållande till pålens längdmätningsriktning. Förfarandet upprepas, sedan pålen vridits ett kvarts varv. Rund träpåle uppläggs så, att största avvikelsen från rak påle uppmäts och markering görs, så att uppmätning sker i två mot varandra vinkelräta plan.



Uppmätta avvikelser från räta linjen redovisas lämpligen på ritning.

3.3 Slagning av provpåle

3.31 Anteckning av data

För varje provpåle skall protokoll föras. Blankett av bifogad typ bör användas. Uppgifterna i blanketthuvudet ifylls noggrant.

3.32 Slagningsprotokoll

Pålens sjunkning protokollförs under hela neddrivningsförloppet

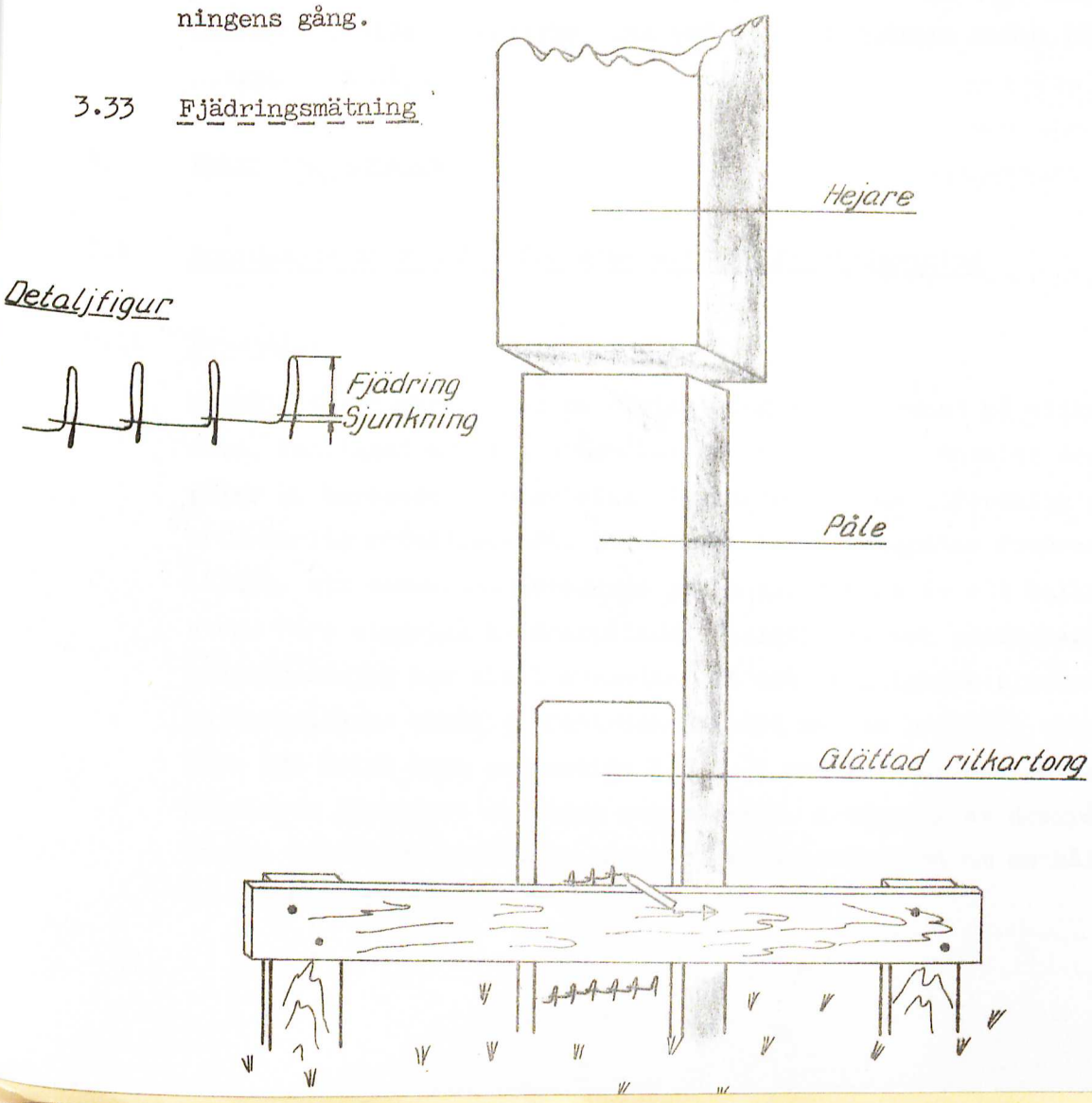
Om förpålning med s k pryl utförs genom fyllning, torrskorpa eller tjäle, skall anges till vilket djup detta sker. Vidare skall

av protokollet framgå, hur långt pålen sjunker av egen vikt och av egen vikt + hejarens vikt. Slås pålen genom lösa jordlager med stora sjunkningar per slag, kan i protokollet lämpligen anges erforderligt antal slag för varje meter som pålen sjunker, tills spålspetsen börjar tränga ned i fastare jordlager. När sjunkningen för 10 slag understiger 10 cm, mäts och protokollförs sjunkningen för varje serie om 10 slag. I protokollet införs även pålspetsens djup under markytan, lämpligen för varje meter, med hjälp av den tidigare omnämnda metermarkeringen på pålen. Observera att pålspetsens läge inte får beräknas genom summering av de uppmätta sjunkningarna.

När slagningen avslutats, avvägs pålhuvudet och pålspetsens nivå i höjdsystemet på platsen anges.

I protokollet antecknas, när nytt trämellanlägg läggs in i slagdynan och i förekommande fall, när knekt används. Tiden för slagningens början och slut samt uppehåll i slagningen antecknas. I anteckningskolumnen införs även övriga iakttagelser under slagningens gång.

3.33 Fjädringsmätning



Vid stoppslagning bör provpåles fjädring för slagen uppmätas. På provpålen fästs då ett ark styvt, glättat papper eller kartong med maskeringstejp eller kraftiga gummiband. Framför provpålen anbringas på högkant en styv horisontell planka, upplagd fristående från pålkranen och så nära intill provpålen, att man genom att under slagningen föra en blyertspenna utmed plankan mot papperet på pålen avbildar dess vertikala rörelser på papperet. Tolkningen av diagrammet underlättas, om pennan efter varje slag hastigt förs tillbaka över sist gjorda markering. (Se detaljfigur). Erhållna diagram, som visar pålens sjunkning och fjädring, skall biläggas handlingarna i original eller fotokopia.

3.4 Redovisning

Slagningsförloppet redovisas i diagram enligt bil 2.

Diagrammet visar summa slag, pålens sjunkning i cm per slag (mot slutet av slagningen i förstorad skala) samt hejarens vikt och fallhöjd. I diagrammet införs även allt som antecknats i slagningsprotokollet i enlighet med vad som ovan nämnts under "Slagningsprotokoll".

4. ENKEL PROVBELASTNING

4.1 Anordnande av mothåll för domkraft vid provbelastning

4.11 Dragpålar

Mothåll för domkraft vid provbelastning kan anordnas på olika sätt. Vanligast är, att dragpålar av trä används. Antalet dragpålar är beroende av provbelastningsanordningens utformning och erforderlig mothållskraft. Förekommer flera dragpålar fordras ibland, att samverkan åstadkoms genom anordnande av ett balksystem. Före slagning av dragpålarna klargörs vilken provbelastningsanordning som skall användas, så att lämpligaste placering av dragpålarna erhålls. Centrumavståndet mellan provpåle och dragpåle bör helst inte understiga 1,5 m. I stället för dragpålar kan nedslagen järnspont användas som mothåll. Avvägning av dragpålarna kan lämpligen utföras t ex, när man är osäker på om mothållet är tillfyllest.

4.12 Överlast

I vissa fall kan det vara lämpligt att anordna överlast genom att på glesa slipers- eller bjälkpallningar placerade på betryggande avstånd (helst ≥ 1,5 m) från provpålen, lägga stålbalkar och betongpålar som motvikt. Dessa uppläggs så, att överlastens tyngdpunkt kommer över provpålen. Kombination av dragpålar och överlast kan även användas.

4.13 Färdigt byggnadsverk

Ibland görs provbelastning först sedan hela eller del av en byggnadskonstruktion redan utförts, varvid denna kan utnyttjas som mothåll.

4.14 Redovisning

Vid redovisning av provbelastning bör framgå, hur mothåll för domkraft anordnats. Har dragpålar använts, bör det visas, hur dessa varit konstruerade och om de varit skarvade, hur skarven varit anordnad. Slagningsprotokoll för slagning av dragpålar är även av intresse.

4.2 Utrustning för provbelastning

4.21 Domkraft

Domkraft bör vara hydraulisk med låg inre friktion, ha tillräcklig kapacitet och slaglängd. Den bör kalibreras tillsammans med den pump och manometer, som skall användas vid provbelastningen.

4.22 Lageranordningar

För att begränsa friktionen i domkraften på grund av excentrisk belastning, skall sfäriska lageranordningar anbringas över och under domkraften. Även gummiplattor kan användas, varvid dock bör uppmärksammas risken för snedbelastning i domkraften.

4.23 Pump

Pump skall drivas av elektrisk motor, för att oljeflödet skall kunna regleras så jämnt som möjligt.

4.24 Manometer

Precisionsmanometer med stor visartavla bör användas. Mätnoggrannheten skall inom mätområdet vara ca 2%.

4.25 Tryckdosa mellan domkraft och påle

För kontroll av påförd last bör tryckdosa användas, vilken placeras mellan pålhuvud och närmast ovan liggande lageranordning. Mätnoggrannhetskrav, se ovan 4.24 Manometer.

4.26 Mätbalk och mätklockor för mätning av pålhuvuds vertikalrörelse

Pålhuvuds vertikalrörelse uppmäts med minst två mätklockor monterade på mätbalk, upplagd helt skild från dragpålarna och belastningsanordningarna i övrigt (ev på särskilda upplagspålar). Mätklockorna placeras på var sin sida om provpålen med mätpunkterna diametralt motsatta och på samma avstånd från pålens centrum. Mätklockorna bör vara graderade i minst 0,1 mm och ha sådan mätlängd, att så få omställningar som möjligt behöver göras under provbelastningens gång. Mätbalkens längd bör avpassas så, att upplagen kan placeras minst 2 m från provpålen och minst 1 m från närmaste dragpåle. I pålar med inspektionsrör mäts lämpligen även pålspetsens rörelse.

4.3 Provbelastnings utförande

4.31 Tidpunkt

Provbelastning bör inte utföras tidigare än nedan angivna tid efter slagning

för kohesionspålar av trä	3 veckor
" övriga kohesionspålar	12 "
" friktionspålar och stödpålar	1 vecka

Det bör emellertid påpekas, att bärigheten hos kohesionspålar i vissa fall ökar ganska mycket efter anvigna tidrymder, 3 resp 12 veckor. Det är därför i regel fördelaktigt, att utföra provbelastningen senare.

4.32 Metodik

Enkel provbelastning utförs så, att pålhuvudet nedpressas med konstant hastighet, varvid erforderlig kraft och nedpressningens storlek antecknas.

Stödpåle nedpressas tills maximal tillgänglig nedpressningskraft uppnåtts eller tills nedpressningskraften överstiger 3 ggr den största last, som pålen avses få uppbära i konstruktionen.

Kohesionspåle nedpressas ca 20 mm efter det att maximal erforderlig nedpressningskraft uppnåtts.

Friktionspåle nedpressas totalt minst 60 mm.

Råder ovisshet, om påle skall betraktas som kohesions- eller friktionspåle, nedpressas den som friktionspåle.

Nedpressningshastigheten bör normalt vara ca 0,5 mm/min. Vid korta stödpålar måste dock, för att erforderliga mätningar skall medhinnas, nedpressningshastigheten minskas, lämpligen till ca 0,1 mm/min. När nedpressningen avbrutits och pålen avlastats skall uppfjädring mätas så snart som möjligt samt 5, 15 och 30 minuter efter avlastning, om möjligt även under längre tid.

Under provbelastningens gång görs ingen avlastning, såvida inte något inträffar som gör, att resultatet kan ifrågasättas.

4.33 Mätning av pålhuvuds vertikalrörelse

Under provbelastning mäts pålhuvuds vertikalrörelse med tidigare omnämnda mätklockor. Pålhuvudets rörelser anges som mätklockornas medelvärde. Skulle under provbelastningens gång väsentlig differens (1 à 2 mm) erhållas mellan mätvärdena på klockorna, förorsakad av snedbelastning, måste provbelastningen avbrytas och åtgärder för centrering av lasten vidtas.

Vid nedpressningen antecknas erforderlig kraft minst var 3:e minut.

4.34 Protokoll

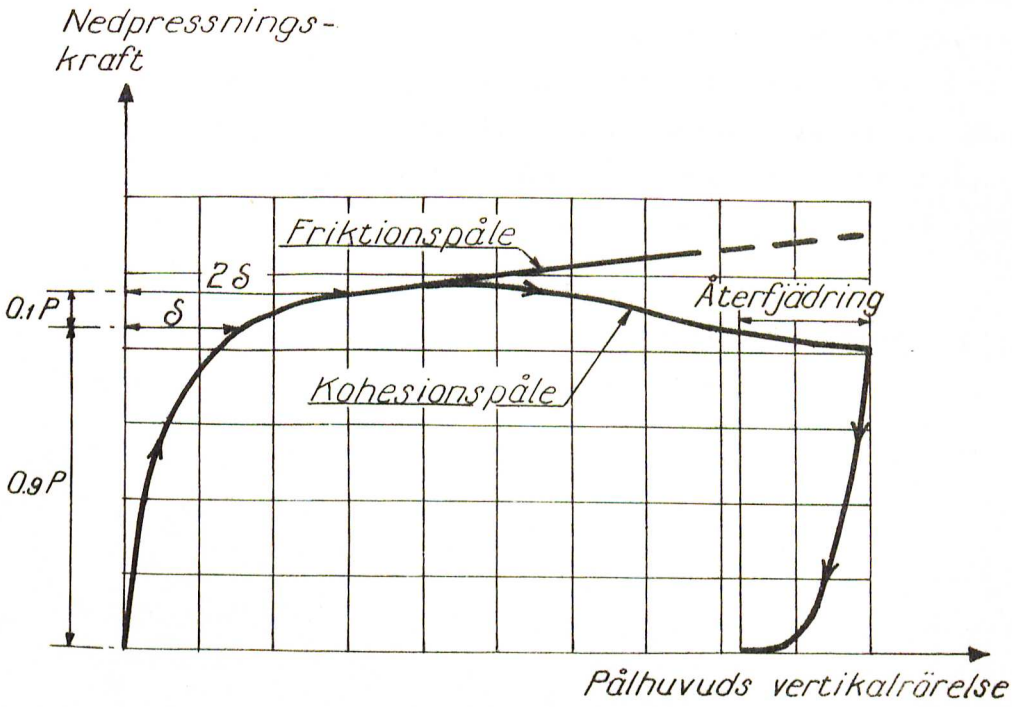
Under provbelastningen förs protkoll, vari antecknas erforderlig nedpressningskraft enligt avläsning på manometern, pålhuvudets rörelser enligt avläsning på mätklockorna samt tiden för avläsningarna. Kraft-deformationskurvan bör helst uppritas allt eftersom provbelastningen framskrider. Härigenom underlättas bedömningen av resultatet t ex när brottlast uppnåtts och därmed hur långt provet behöver fortgå.

4.4 Redovisning

Redovisning av resultaten görs i from av ett kraft-deformations-diagram enligt nedanstående figur.

Nedpressningskraften avsätts utefter vertikal (y-) axeln och pålhuvudets sjunkning utefter horisontal (x-) axeln. Kraftskalan 1 ton = 1 mm och längdskalan 1 mm i verkligheten = 5 mm i diagrammet syns vara lämpliga. Skalorna kan variera, men förhållandet mellan kraft- och deformationsskalorna bör bibehållas. Härigenom underlättas jämförelsen mellan resultaten från olika provbelastningar.

I bil 3 behandlas i princip kraft-deformationsdiagram vid enkel provbelastning för olika slag av pålar.



4.5 Slutord

Föreliggande rekommendationer för utförande av enkel provbelastning syftar till att få fram ett provningsförfarande, som kan genomföras snabbt och därmed till rimlig kostnad, men ändå ge önskade informationer. Allmänt använt kan förfarandet dessutom underlätta jämförelser mellan resultaten från olika provbelastningar, vilket på sikt kommer att vidga kännedomen om pålars bärighet. Önskvärt är därför, att metoden används i största möjliga utsträckning och att erfarenheter och synpunkter delges pålkommissionen, som avser att utföra sådana jämförelser.

Rekommendationerna gäller enbart förfaringssätt och redovisning. Tolkning av resultaten samt val av tillåten last och säkerhetsfaktor bör ske i samråd med myndighet och geotekniker.

Bil. 1

PÅLPROTOKOLL

Provpåle nr

Arbetsplats: _____

Detalj: _____ Slagen den / 19 ____

☐ Betongpåle. Dimension _____

☐ Stålpåle. Profil _____

☐ Träpåle. Toppdiameter _____

Tillv. den / 19 ____

Ålder vid slagningen _____ dygn

σ K28 _____ kp/cm^2 (enl. intyg)

Pålsko _____

Pålskarv _____
(enl. stand. ritn. el. dyl.)

☐ Fallhejare. Hejarvikt _____ ton

☐ Tryckluftthammare Fabrikat och typ _____

Pållängd vid slagning: _____ + _____ + _____ + _____ = _____ m

Pållängd efter kapning _____ m Pållängd i jord: _____ m

Pålspetsens nivå _____ m (ö.h.)

Referensplan (markyta el. dyl.) _____ nivå _____ m (ö.h.)

Uppmätning av provpålen

Avstånd från pålspets m	Omkrets cm	Avvikelse från räta linjen cm	Avstånd från pålspets m	Omkrets cm	Avvikelse från räta linjen cm	Övriga anteckningar (Måttuppgifter för pålspets och skarvbeslag, om ritningar saknas. Ev. felaktigheter, vinkelavvikelser vid fastgjutning av pålspets och skarvbeslag).

SLAGNINGSPROTOKOLL

Antal slag	Hejarens fallhöjd i cm	Sjunkning i cm för slagen	Pålspetsens djup under referensplan	Anmärkning	Antal slag	Hejarens fallhöjd i cm	Sjunkning i cm för slagen	Pålspetsens djup under referensplan	Anmärkning

I anmärkningskolumnen bör följande iakttagelser antecknas:

Förpålning med pryl genom fyllningslager eller torrskorpa.
Upptagning av lerpropp.
Påles sjunkning för egen vikt.
Påles sjunkning för egen vikt+hejare.
Inläggning av nytt trämellanlägg i slagdynan.
Eventuella hinder i jorden.
Om påle i sådana fall dras upp och sätts på nytt.
Skarvning.
Uppkommen pållutning eller kontrollmätning av fastställd pållutning.
Uppkomna skador på påle.
Påsättning av knekt.
Tid.
Slagningens början och slut samt ev. avbrott.
Fjädringsmätning.
Kontroll genom lodning i påle med inspektionsrör.
Hejarstuds.

Bil. 2

Slagningsdiagram

Provpåle nr 1

Slagen den 1.2.1968

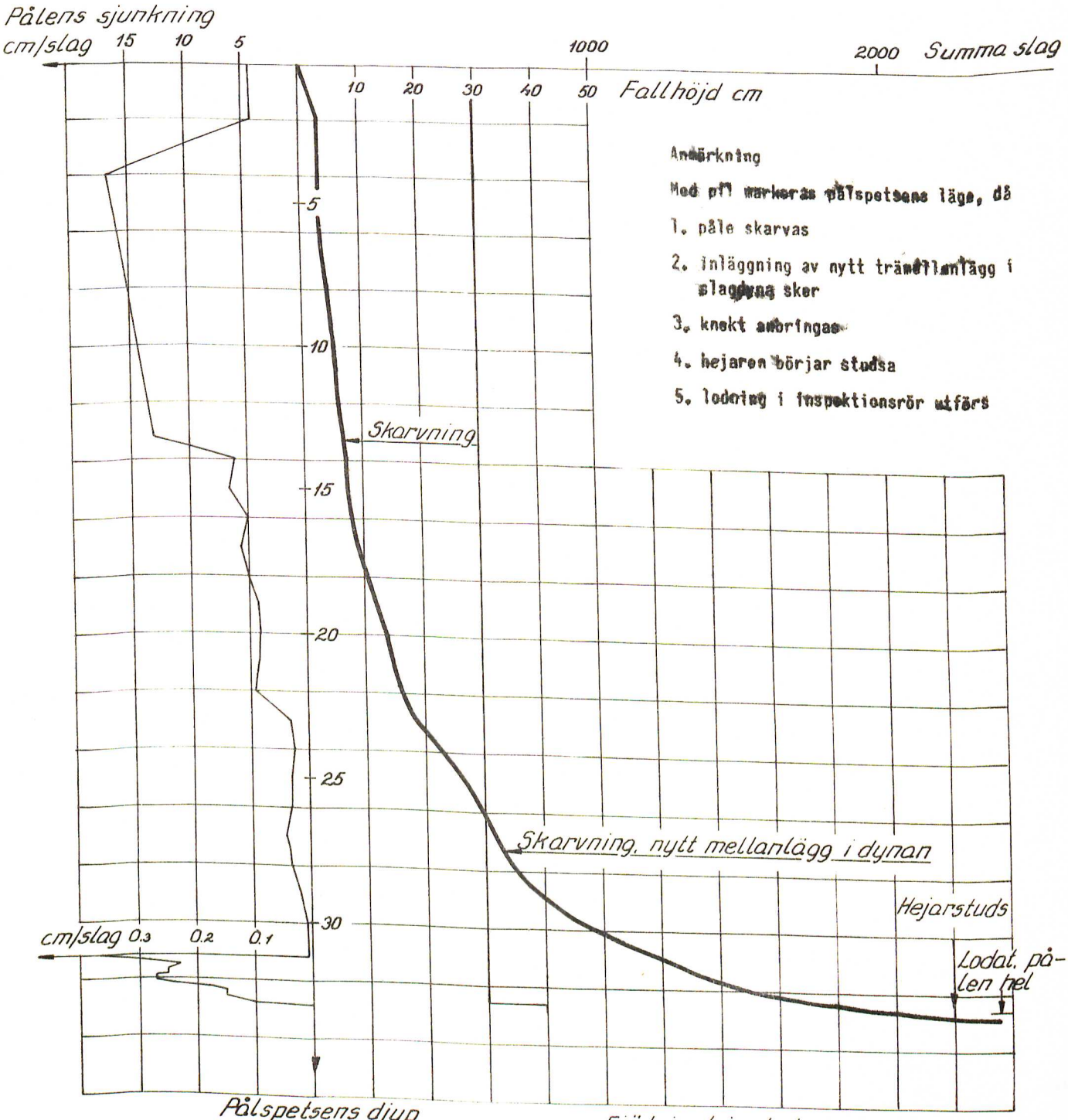
Arbetsplats: Bro över Dagån vid Åköping

Detalj: Västra landfästet

Pältyp: Betong 30×30 cm med bergsko

Pållängd vid slagning 12.04 + 12.07 + 10.10 = 34.21 m

Hejare: Fallhejare 3 ton, enkel part



Anmärkning

Med pil markeras pålspetsens läge, då

1. påle skarvas
2. inläggning av nytt trämellanlägg i slagdynan sker
3. knekt anbringas
4. hejaren börjar studsa
5. lodning i inspektionsrör utförs

Noteringar beträffande eventuell efterslagning

.....

.....

Kraft-deformationsdiagram vid enkel provbelastning.

Se bilagd ritning. (Deformation = pålhuvuds vertikalrörelse).

Pelare

Antas pålen stå fritt i luft med pålspetsen mot absolut fast underlag, blir kraft-deformationsdiagrammet den räta linjen *a*, vars lutning uteslutande beror av pelarens tvärsnittsarea och längd samt materialets elasticitetsmodul, enligt $\Delta L = \frac{P\,L}{E\,A}$.

Stödpåle (Spetsen mot absolut fast underlag)

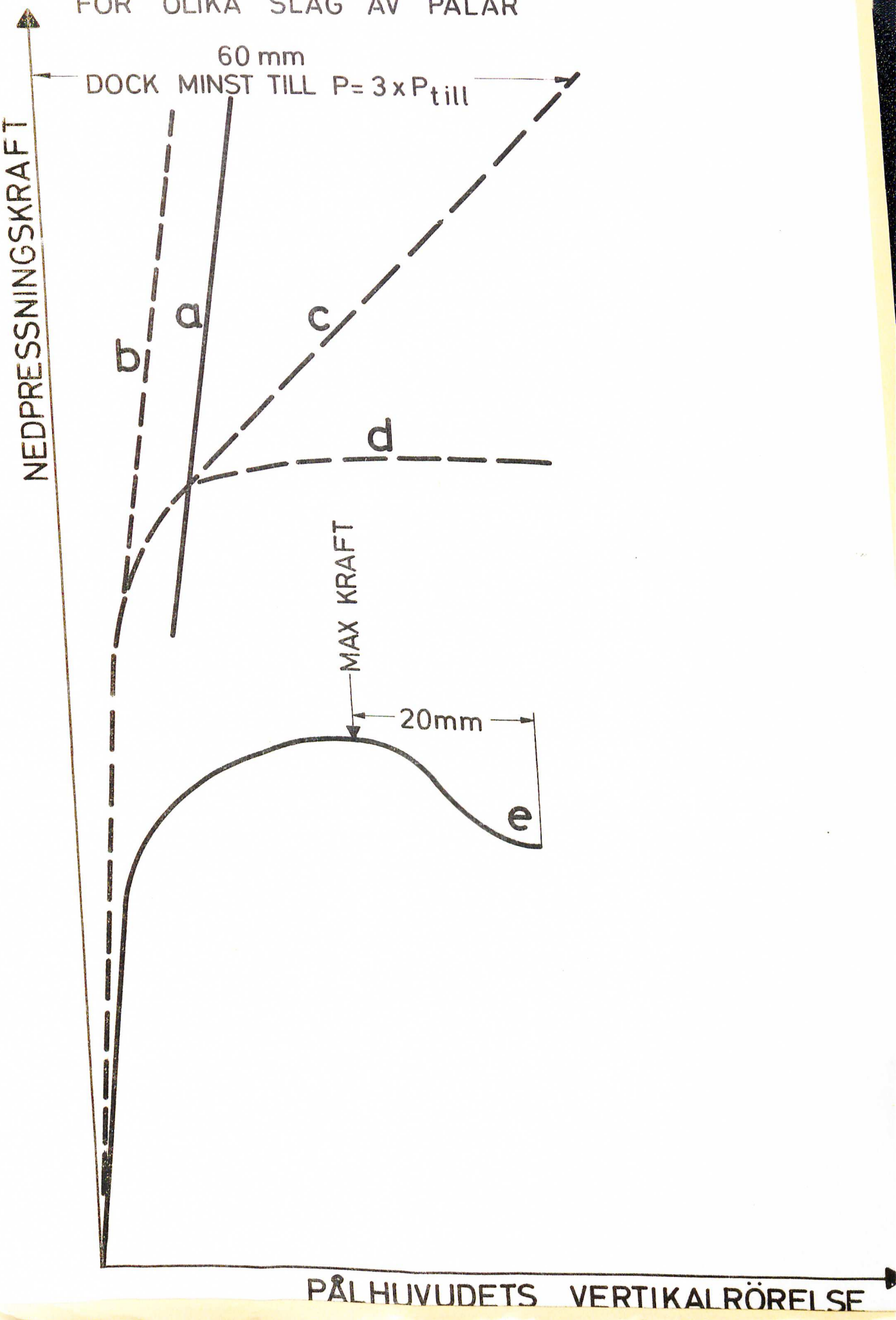
Eftersom pålen är omgiven av jord, överförs en del av lasten över mantelytan till jorden. Pålhuvudets vertikalrörelser blir därigenom mindre än för motsvarande pelare, kurva *b*.

Friktionspåle

Eftersom pålen är omgiven av friktionsjord och spetsen ej står mot fast underlag, sjunker pålspetsen vid stor belastning. Kraft-deformationsdiagrammet får då ett utseende ungefär enligt kurva *c*, varvid nedpressningskraften ökar allteftersom pålspetsen pressas ned i jorden, huvudsakligen beroende på ökat spetsmotstånd. Om spetsmotståndet icke ökar vid nedpressningen, t ex då jordlagren närmast under spetsen ej tilltar i fasthet, blir kraft-deformations-diagrammet ungefär enligt kurva *d*.

Kohesionspåle

Eftersom pålen är omgiven av kohesionsjord (konstant och litet spetsmotstånd), får kraft-deformationsdiagrammet ett utseende ungefär enligt kurva *e*. Nedpressningskraften når ett maximivärde och avtar sedan vid ytterligare nedpressning i mer eller mindre grad beroende bl a på den omgivande jordens sensitivitet. (Jorden närmast pålen blir omrörd och därmed minskas kohesionen).

ENKEL PROVBELASTNING

PRINCIPSKISS ÖVER KRAFT-DEFORMATIONSDIAGRAM FÖR OLIKA SLAG AV PÅLAR