

Lars Hellman

OM KROKIGA PÅLARS BÄRFÖRMÅGA

OM KROKIGA PÅLARS BÄRFÖRMÅGA

Lars Hellman

Linköping 1989-12-20

Projektnummer 730263-9

## OM KROKIGA BETONGPÅLARS BÄRFÖRMÅGA

### Inledning

I början av 1970-talet uppdagades att ett antal byggnader i Stockholmstrakten, grundlagda i lösa leravlagringar på betongpålar, var utsatta för jordkrypning som orsakade en ökande krökning på pålarna.

Statens geotekniska institut följde jordrörelserna i ett antal projekt genom att regelbundet inklinometermäta installerade rör. Bland sådana projekt kan nämnas Huddinge Tingshus och Sjödalscentrum i Huddinge.

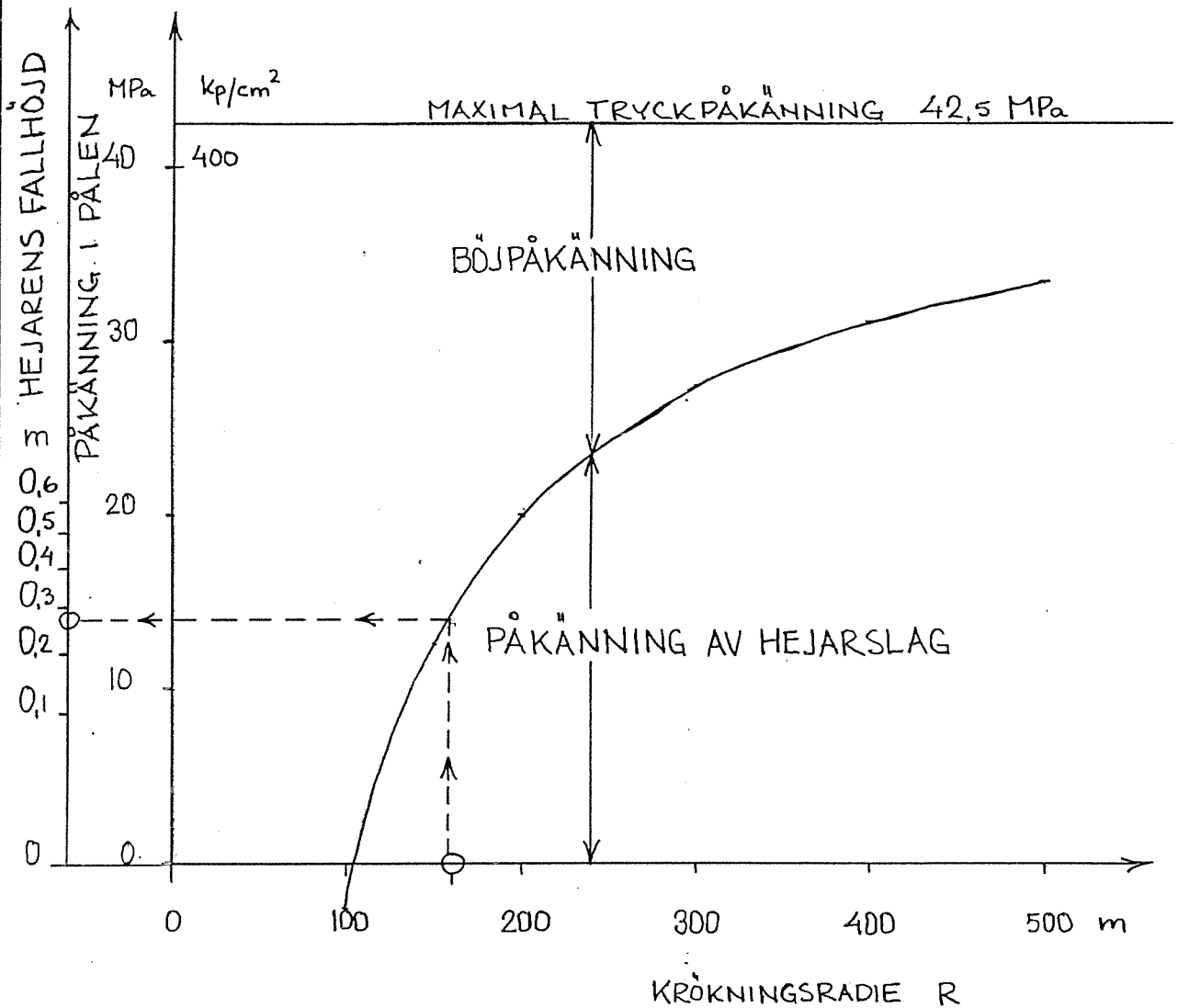
Medel erhöles från Byggeforskningsrådet för att utreda hur bärförmågan påverkades hos pålar, utsatta för tvångskrökning av jordrörelse. Även Statens geotekniska institut har bidragit till finanseringen.

Pålar kan vara krokiga före neddrivningen, dvs ha en initialkrokighet, krökas vid slagningen eller krökas efter installationen. I regel blir pålar krokiga till följd av en kombination av dessa orsaker. Hinder i jorden, t ex block kan kröka pålen. I sådana fall skadas pålen om påkänningen blir för stor. Figur 1 visar i princip hur en med krökningsradien ökande andel av pålens hållfasthet tas i anspråk i böj- och påkänning och minskar pålens möjlighet att tåla slagpåkänning. Om pålen inte slås försiktigt nog uppstår betongbrott i tryckzonen - pålen slås bort. När pålen är installerad i jorden kan yttre påverkan kröka pålen t ex jordförskjutning vid påslagning i närheten eller jordkrypning till följd av otillräcklig stabilitet för angränsande mark.

### Indikationer på krokighet vid slagningen

I slagningsskedet kan pålens beteende antyda att pålen kröks. Om pålen exempelvis ändrar riktning under pågående slagning är detta en indikation på hinder i jorden som kan kröka pålen (- men inte säkert gör det). Det är i sådant fall viktigt att justera pålmaskinens gejder in i den nya riktningen. Är pålen krokig över markytan eller slås an med excentriska slag "kastar" den i sidled samtidigt som den sannolikt kröker sig under marken. Dessa synliga beteenden ger endast grova upplysningar som gäller pålens övre del.

Gammal god kontrollantpraxis är att vid stoppslagningen göra sjunknings- och återfjädringsregistreringar på exempelvis glättad kartongskiva tejpade fast på pålen, fig 2. För pålar, som står med betydande längd i lös till halvfast lera, kan återfjädringens relativa storlek ge antydning om krokighet. Om en påle i en grupp får större återfjädring än övriga pålar är den sannolikt krokigare än de övriga. I figur 3 visas samband mellan återfjädring och minsta krökningsradie mätt med inklinometer. Resultaten är hämtade från kraftvärmeverket i Norrköping.



PÅTVINGAD KRÖKNING.  
HOMOGENT TVÄRSNITT (ARMERING BORTSES FRÅN).  
MATERIALET KAN INTE TA UPP DRAGSPÄNNINGAR.  
RÄKNA MED HELA TVÄRSNITTET TRYCKT.  
KVADRATISKT TVÄRSNITT.

$$\left\{ \begin{aligned} \sigma &= \frac{P}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{P}{A} \pm \frac{Mh}{I^2} \\ \frac{1}{R} &= \frac{M}{EI} \Rightarrow \frac{M}{I} = \frac{E}{R} \end{aligned} \right. \Rightarrow \begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{P}{A} + \frac{Eh}{2R} \\ \sigma_{\min} &= \frac{P}{A} - \frac{Eh}{2R} \end{aligned}$$

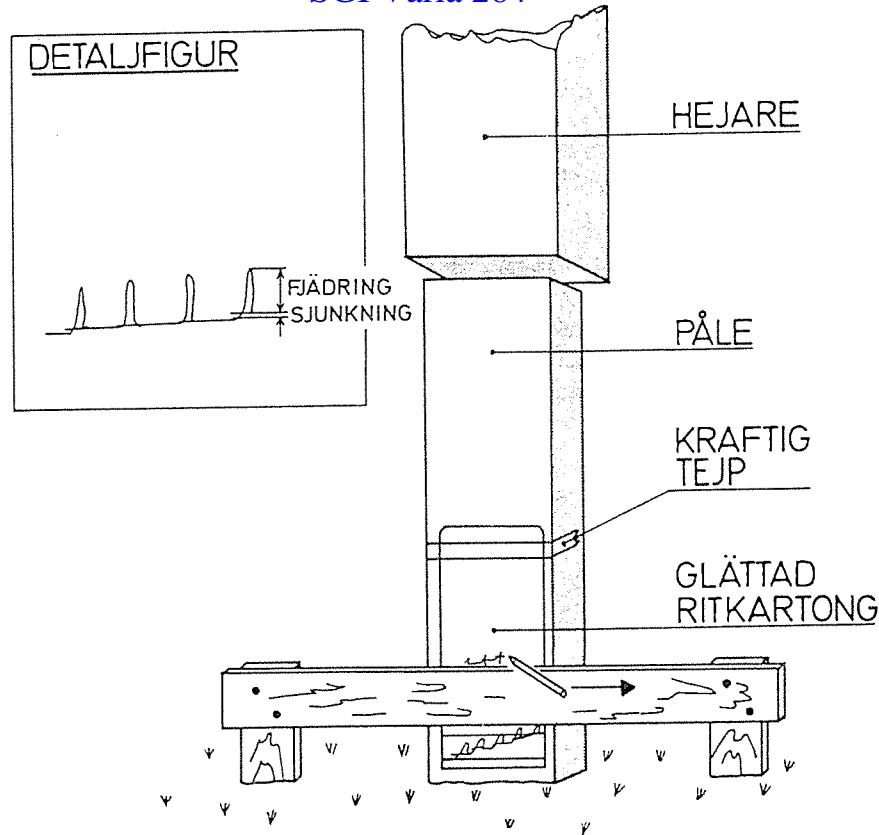
PÅLE:  $\varnothing$  300 mm K500,  $E = 30 \text{ GPa}$      $\sigma_b^{\max} = 0,85 \cdot 50 = 42,5 \text{ MPa}$

PÅKÄNNING AV HEJARSLAG     $\sigma_{\text{SLAG}}^{\max} (\text{MPa}) \approx 30\sqrt{kh(\text{m})}$

Ex:  $R=160 \text{ m}$  Max fallhöjd ca 0,3 m om brott skall undvikas.

FIG 2

TILLÅTEN FALLHÖJD VID SLAGNING AV KRÖKT PÅLE.



Figur 3. Principfigur för fjädringsmätning.

#### Mätning i inspektionshål av krokighet

Om inspektionshål i betongpåle och observation i sådant kan man läsa i SBN 1975:8, avsnitt 3.1 och 4.6.4:

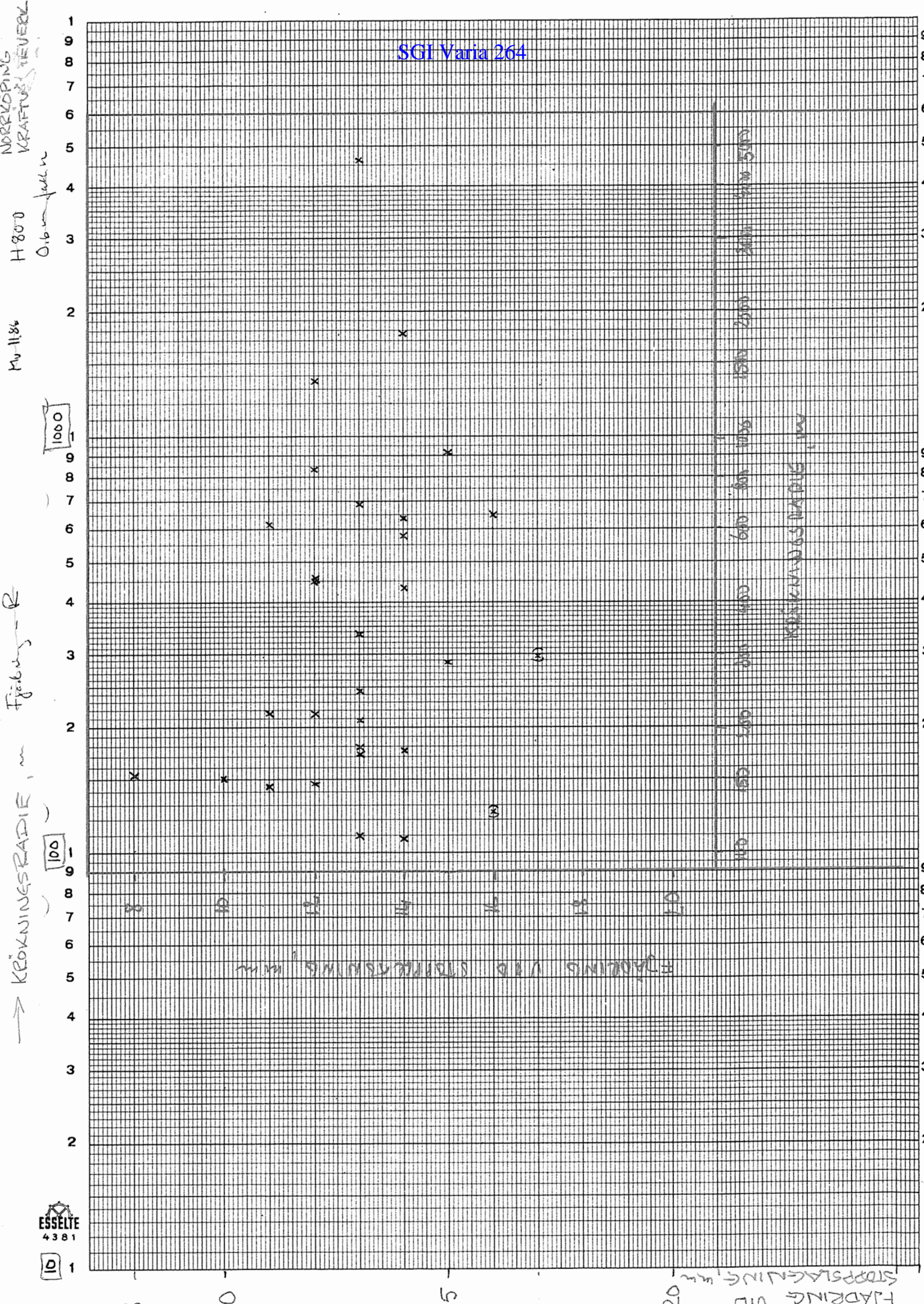
"Rör avsett som inspektionshål i betongpåle utförs lämpligen med  $\varnothing 42$  mm invändigt mått. För inklinometermätning måste röret vara utan inre ojämnheter. Det gjuts in i pålen med högst 5 mm avvikelse från centrumlinjen, dock högst 1 mm vid skarv."

"En påle kan antas vara intakt och ej starkt krökt om exempelvis ett 1,8 m långt rör av stål med yttre diameter 36 mm och godstjocklek 8 mm av egen tyngd kan nedföras till pålspetsen såsom lodtolk i inspektionshål med 42 mm invändig diameter."

Den lodtolk som beskrivs i 4.6.4 är utformad så att den utan marginal kan passera en pålskarv med maximalt ogynnsam vinkeländring i skarv enligt SBN 75, 23:622452, (1:75) och med maxtoleransen för rörets placering i skarven, 1 mm i ogynnsammaste läge. Var och en kan lätt med kordasatsen få fram att denna lodtolk fastnar när krökningsradien understiger ca 67 m om den försiktigt sänks ned i röret. Med en smula våld kan den tvingas att kröka sig och passera snävare krökar i pålen. Man bör betrakta lodtolkning snarare som en metod att kontrollera att man kan nå pålspetsen än som en metod att mäta en "tillåten krökning" i pålen.

Mätning av påles krökning med inklinometer är den för närvarande minst dåliga metoden.

SGI Varia 264



Eftersom mätresultaten vid inklinometermätning inkluderar fel orsakade av toleranser i placeringen av mätröret i pålen bör man vara försiktig med att översätta uppmätta krökningsradier i böjpkänningar i en påle.

#### Tolkning av krokighet ur statisk provbelastning

Kan man ur resultatet av en statisk provbelastning indikera om en påle är krökt? Provbelastringarna av tre pålar i Norrköpings kraftvärmeverk, fig 4, visar en skönjbar tendens. De tre pålarna som står i halvfast lera och har spetsen inmejslad i berg, är relativt lika i längd, 23,1 23,2 resp 22,2 m. En påle har stor vinkeländring i skarven, 1:82 och är ganska krökt, minimiradie ca 140 m, en annan har kombinationen liten vinkeländring i skarven, 1:314 och har ringa krökning, minimiradie ca 920 m och den tredje ligger emellan dessa båda ytterligheter.

Genom mätning i inspektionshålet av pålmaterialets längdförändring kan påvisas att pålmaterialets sammantryckning är i stort sett lika för de tre pålarna. I detta fall finns ett samband mellan pålens krökning (och vinkeländring i skarven) och pålhuvudets rörelse. Likaledes kan man i detta fall påvisa en liknande tendens i pålens återfjädring.

Ett antal tvångskrökta pålar i aktuella projekt, Huddinge Centrum och Huddinge Tingshus, provbelastades genom att stegvis öka lasten över den verksamma. Varje laststeg varade 7-30 dygn under vilket pålens axiella rörelse mättes. För att kunna genomföra sådana statistiska provbelastningar utan ständig övervakning utvecklades en speciell regleringsutrustning.

Pålarna provbelastades upp till 30 à 40% över de laster som de skulle bära enligt konstruktionsritningarna. Det var mothållet från överliggande konstruktörer som begränsade möjlig pålastning till dessa värden.

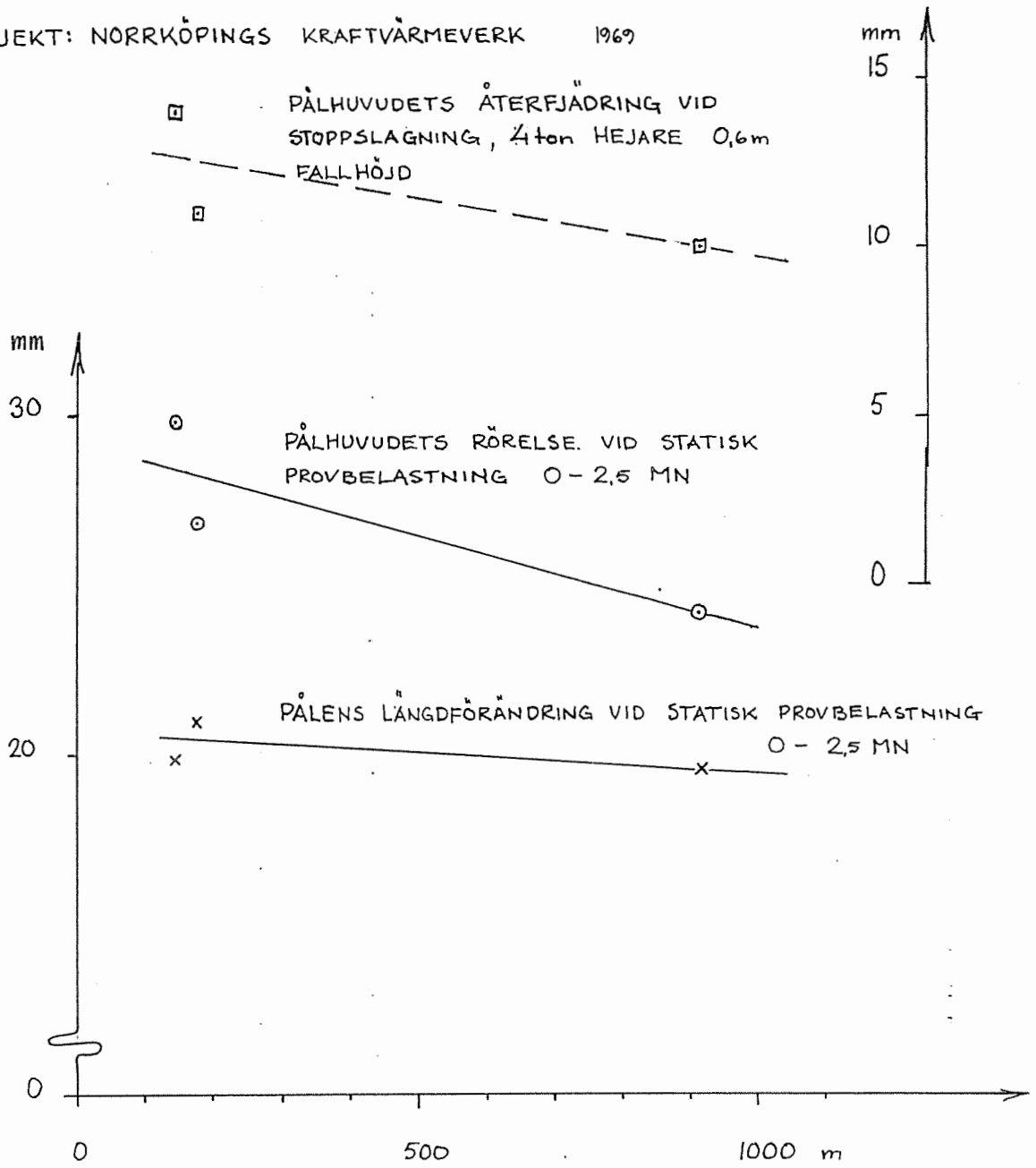
I samtliga fall kröp pålen när en högre last lades på. Krypningen varade ca en vecka. Tiden motsvarar den konsolideringstid som leran intill pålen behöver för att anpassa sig till det nya belastningstillståndet.

Provningarna genomfördes på pålar som var utsatta för betydande tvångskrökning till följd av jordrörelser. Pålarna saknade inspektionshål och krökningen kunde därför inte bestämmas utan fick uppskattas med ledning av inträffade jordrörelser. Detta är en brist som gör att värdet av provningarna utanför de aktuella projekten är begränsat.

En ansats gjordes att beräkna pålarnas bärförmåga som funktion av tvångskrökningens radie. Beräkningen visar att pålmaterialets bärförmåga är avsevärd även om pålen är krökt. Vidare framgår därav att det



PROJEKT: NORRKÖPINGS KRAFTVÄRMEVERK 1969



MINSTA KRÖKNINGSRADIE

PÅLE	483/123	484/122	485/121
LÄNGD, m	23,1	23,2	22,2
MINSTA KRÖKNINGSRADIE	143	176	917
VINKELÄNDRING I SKARV	1:82	1:190	1:314
ÅTERFJÄDRING VID "STOPPSLAGN", mm, FÖR 0,6m FALLHÖJD	14	11	10



är vid avlastning som risken för brott är störst. Beräkningarna är gjorda enligt konventionellt förfarande, dels i stadium 2, dels med n-fri metod.