

# Referenceblad for trækprøvning af jordankre

Dansk Geoteknisk Forenings Feltkomité  
Revision 13, marts 2006, FORELØBIG UDGAVE

## 1. INDLEDNING

### 1.1 Formål

Formålet med referencebladet er at beskrive proceduren for trækprøvning af jordankre.

Det skal sikres:

- at ankeret kan optage den aktuelle last
- at den forudsatte fri længde er opnået
- at flytningerne er acceptable

Ankrene kan være lineankre eller stangankre. De kan være permanente eller midlertidige. Et anker skal behandles som permanent, hvis det skal benyttes i mere end to år.

Referencebladet tager udgangspunkt i DS/EN 1537. Da en række forhold ikke er entydigt beskrevet i standarden, er det gjort i det følgende.

### 1.2 Definitioner

Definitioner og symboler svarer til Notat om jordankre i Dansk Geoteknisk Forenings Bulletin 18, Funderingshåndbogen.

$k_s$ : Krybetallet  $k_s$  er et mål for den tidsafhængige flytning af ankerhovedet. Krybetallet angives i mm pr. logaritmisk tidsdekade (ofte blot mm).

$$k_s = \frac{s_2 - s_1}{\log_{10}(t_2 / t_1)}$$

$s_2 - s_1$  angiver flytningen fra tiden  $t_1$  til  $t_2$  ved konstant last.

$L_{app}$ : Den tilsyneladende fri længde  $L_{app}$  er et mål for den injektionsfri længde af ankeret  $L_{fri}$  (fra ankerhovedet til injektionszonen). Den bestemmes ud fra aflastningskurver, som registreres ved trækprøvningen af ankeret.

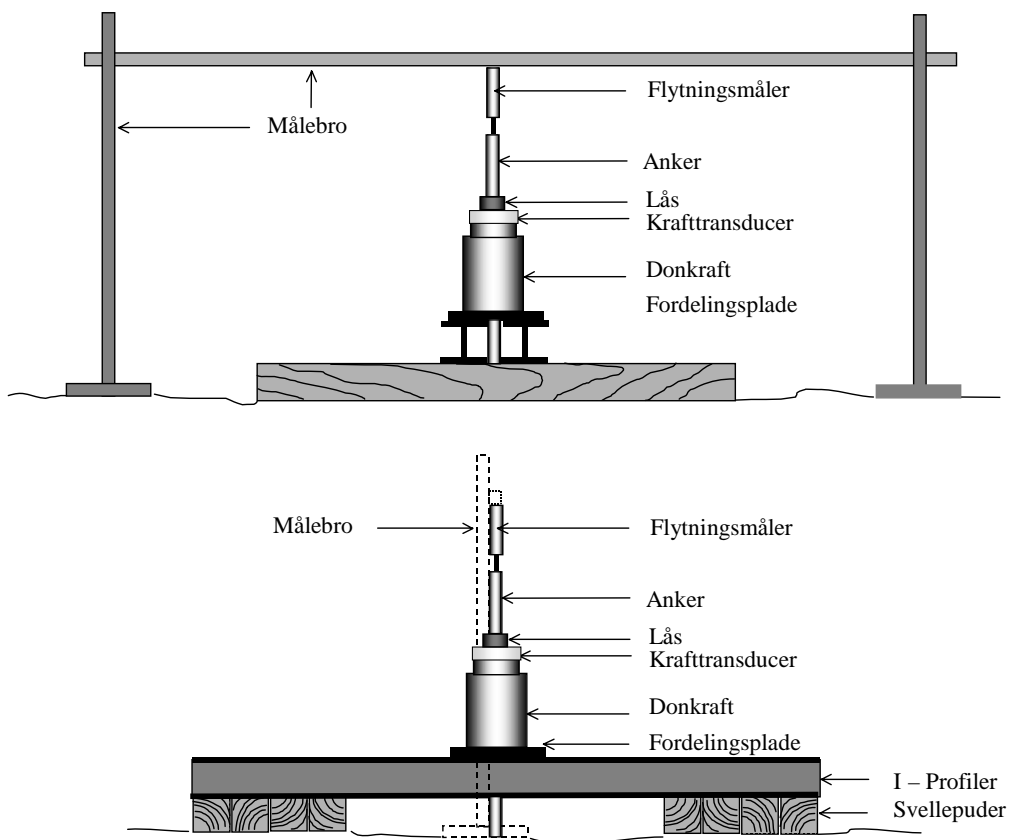
$$L_{app} = \frac{\Delta s}{\Delta F} EA$$

$\Delta s$  er den målte elastiske forkortelse af ankeret ved aflastningen  $\Delta F$ ,  $E$  og  $A$  er ankerstålets elasticitetsmodul og tværsnitsareal.  $\Delta F$  defineres normalt som aflastningen fra prøvelasten  $F_p$  til initiallasten  $F_i$ .

## 2. Udstyr

### 2.1 Modholdsarrangement

For lodrette ankre etableres modholdet relativt enkelt på jordoverfladen eller mod et konstruktionselement. I førstnævnte tilfælde anvendes ofte to vandrette stålprofiler, der anbringes parallelt nær ankret. Profilerne forbindes med hinanden med en række lasker og forsynes med diverse kropafstivninger for at fordele lasten og forhindre kipning. Lasten overføres til jorden i hver ende af profilerne med stålplader eller to svellepuder, se figur 1. Alternativt kan anvendes en vandret stålplade forsynet med en række lodrette ribber eller en armeret betonplade til at fordele kraften. Det kan i begge tilfælde være nødvendigt at afrette og eventuelt udskifte det øverste jordlag for at etablere en tilstrækkelig fast overflade.



*Fig. 1. Eksempel på forsøgsopstilling med svellepuder*

Modholdsarrangementet for prøvning af ankrene skal sikre, at trækraften overføres til jorden.

Det skal sikres, at jorden under modholdsarrangementet kan optage den påførte belastning uden at der kommer uacceptable sætninger. Ved udførelse af forsøg direkte på bløde jordarter, kan det være nødvendigt at udføre betonfundamenter eller indbygge gruspuder.

For skråankre i støttevægge anvendes normalt selve støttevæggen eller strækket som modhold. Her skal det sikres, at der er tilstrækkeligt bagfyldning bag støttevæggen til at prøvelasten kan optages af væggen uden for store flytninger. Der anvendes normalt ringformede donkrafte.

Donkraften skal placeres således, at den er helt parallel med ankerstangen. Modholdsarrangementet skal placeres således, at kraften fordeles ligeligt ud til siderne. Det skal sikres, at der ikke kan forekomme skævvridning i systemet.

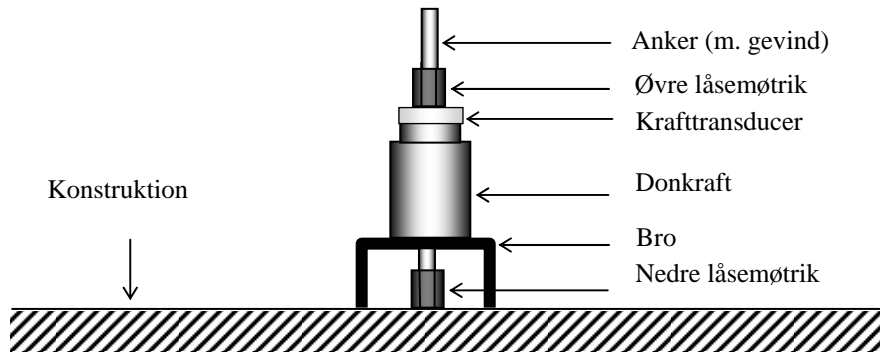


Fig. 2. Forsøgsopstilling til et forspændt stanganker (målebro ikke vist)

Ved forsøg med ankre, som indgår i den færdige konstruktion og som efterfølgende skal forspændes, kan der anvendes en opstilling som vist i figur 2. Der benyttes her en ankerstang med gevind og to låsemøtrikker eller et lineanker med to låsekiler samt en bro til fordeling af kraften. Under forsøget er den øvre låsemøtrik aktiv. Efter forsøget etableres den foreskrevne forspænding idet der tages hensyn til, at der vil være et låsetab. Herefter strammes nedre møtrik til. Efterfølgende skrues den øvre møtrik af og opstillingen fjernes. Proceduren tilrettelægges således, at låsetabet minimeres.

## 2.2 Belastning og kraftmåling

Til belastningen af et trækanker anvendes en donkraft med et centralt hul. Kraftmålingen foretages med en krafttransducer ligeledes med et centralt hul. Begge huller skal være så store, at ankret kan passere igennem uden risiko for berøring med indersiden af hullerne. Normalt måles olietrykket til donkraften samtidig med et manometer som en kontrol under forsøget.

## 2.3 Flytningsmåling

Flytningen af ankertoppen måles med ét måleür eller en elektrisk flytningstransducer, dog ved lineankre normalt to deformationsmålere. I begge tilfælde skal måleren fastgøres på en målebjælke eller et treben, der igen er fastgjort til en fast del af konstruktionen eller understøttet af jorden. Det er væsentligt, at elementerne til flytningsmålingen ikke påvirkes af belastningsarrangementet.

### 3. UDFØRELSE

#### 3.1 Generelt

Prøvebelastningen af ankrene bør tidligst finde sted, når cementpastaen (injektionsmørtel) om det udstøbte jordanker er hærdnet og den omgivende jords styrke er regenereret i nødvendigt omfang.

Ved længerevarende forsøg, skal det sikres, at sol og vind ikke påvirker resultaterne. Dette vil ofte kræve, at der opsættes et telt omkring forsøgsopstillingen. Samtidig skal det for disse forsøg sikres, at der ikke foregår tung trafik i nærheden af forsøget, idet tung trafik eller rystelser i øvrigt vil kunne påvirke resultaterne.

Når den kalibrerede donkraft er monteret, påføres ankeret en startkraft  $F_i = 10\%$  af  $F_p$ , og det kontrolleres, at donkraften er centralt placeret.

Forsøget udføres ved med jævn hastighed at påføre lasten op (eller ned) til det næste angivne lasttrin. Når lasttrinnet er nået, fastholdes kraften og holdes i det specificerede tidsrum.

Sammenhørende værdier af kraft, flytning og tid skal registreres løbende.

#### 3.2 Forsøgstyper

Belastningsforsøgene opdeles i principforsøg, egnethedsforsøg (begge kaldet vurderingsforsøg i DS 415) og godkendelsesprøvning.

Ved principforsøg tilstræbes ankeret trukket i brud. Ved egnethedsforsøg og godkendelsesprøvning belastes ankrene afhængigt af sikkerhedsklassen. Prøvelasten  $F_p$  beregnes på basis af den regningsmæssige ankerkraft  $F_{ad}$ :

$$F_p = \xi \cdot \gamma_b^\alpha \cdot F_{ad}$$

$\xi$ ,  $\gamma_b$  og  $\alpha$  fastsættes i henhold til DS 415:1998.

I projekter, hvor alle ankere prøvetrækkes, fås værdier som angivet i tabel 1. Såfremt det ikke er praktisk muligt at udføre godkendelsesprøvning på samtlige ankere, benyttes  $\xi = 1,25$  ved egnethedsforsøg på et passende antal repræsentative ankere.

**Tabel 1. Værdier af prøvelasten  $F_p$**

Antal ankre	Principforsøg	Egnhedsforsøg	Godkendelsesprøvning
		Minimum 2% af ankre	Resterende ankre
<u>Midlertidige ankre</u>			
Prøvelast normal sikkerhedsklasse	$2,5^* \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,3^\alpha \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,3^\alpha \cdot F_{ad}$
Prøvelast høj sikkerhedsklasse	$3,0^* \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,45 \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,45 \cdot F_{ad}$
<u>Permanente ankre</u>			
Prøvelast normal sikkerhedsklasse	$2,5^* \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,3 \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,3 \cdot F_{ad}$
Prøvelast høj sikkerhedsklasse	$3,0^* \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,45 \cdot F_{ad}$	$1,1 \cdot 1,45 \cdot F_{ad}$

Note: Værdien af  $\alpha$  fastsættes i henhold til DS 415.

\* Faktoren er vejledende, men bør være større end 2. Det væsentligste er, at ankeret tilstræbes trukket i brud.

I det følgende er procedurerne for principforsøg, egnhedsforsøg og godkendelsesprøvninger beskrevet hovedsagligt med udgangspunkt i ”Test Method 3” i DS/EN1537. For egnhedsforsøg er der således tilføjet en enkelt aflastnings- og genbelastningsgren. For godkendelsesprøvning er kravet til krybetallet skærpet, så det svarer til kravet for egnhedsforsøg fra testmetode 1, idet der i godkendelsesprøvningen anvendes samme prøvelast som ved egnhedsforsøg.

Tabel 2 angiver vejledende værdier af lasttrinenes størrelse og deres varighed for de tre forsøgstyper. Ankeret belastes fra startkraften  $F_i$  i lasttrin som angivet i tabellen, og lasten fastholdes på hvert lasttrin i mindst det viste antal minutter.

De angivne tider i tabel 2 er vejledende for normale forhold. For forankring i sandede eller grusede forekomster kan tiderne eventuelt nedsættes. For forankring i fede lerarter bør lasttrinene forlænges væsentligt for bedre vurdering af langtidskrybninger, eksempelvis helt op til 24 timer for sidste lasttrin som angivet i DIN 4125.

Tabel 2. Vejledende lasttrin og varighed

Principforsøg		Egnethedsforsøg		Godkendelsesprøvning	
$F/F_p$ (%)	Tid (min)	$F/F_p$ (%)	Tid (min)	$F/F_p$ (%)	Tid (min)
10	-	10	-	10	-
20	30	25	30	25	1
30	30	40	30	40	1
40	30	55	30	55	1
50	60*	70	60*	70	1
60	60*	50	1	85	1
70	60*	25	1	100	15
80	60*	10	1	75	1
90	60*	25	30	50	1
100	60	40	30	25	1
75	1	55	30	10	1
50	1	70	30		
25	1	85	60*		
10	1	100	60		
		75	1		
		50	1		
		25	1		
		10	1		
	454		397		24

Når kraften er stabil i det enkelte lasttrin aflæses flytningen efter:  
 0; 1; 2; 3; 4; 5; 7; 10; 15; 20; 30; 45; 60 min  
 - svarende til den aktuelle trinlængde.

Note: 10% af  $F_p$  svarer til startkraften  $F_i$ .

\* Forsøgstiden kan evt. nedsættes til 30 min, hvis krybetallet  $k_s$  er mindre end 0,8 mm.

### 3.3 Principforsøg

Principforsøg er specielle forsøg, hvor ankeret tilstræbes trukket til brud i jorden eller forankringszonen. Forsøgene bør udføres i god tid inden etableringen af produktionsankrene.

Principforsøg udføres typisk for ankre i uprøvede jordarter, for ankre med højere laster end tidligere anvendt i lignende jordbundsforhold og for nye forankringstyper. Principforsøg udføres således ikke ved alle ankerprojekter.

For ankre til principforsøg skal der anvendes samme boremetode, samme borehulsdiameter, samme mørtel og samme injektionsmetode som for produktionsankrene. Trækstangen kan være kraftigere ved principforsøg til optagelse af den større kraft, idet det dog tilstræbes at elasticiteten for ankre til principforsøgene ikke afviger væsentligt fra værdien for produktionsankrene.

Ankeret belastes som angivet i tabel 2.

Krybetallet  $k_s$  bestemmes ved slutningen af hvert lasttrin. Brud defineres ved lodret asymptote i et kraft-krybetalsdiagram, som i figur 4. Hvor den lodrette asymptote ikke kan bestemmes entydigt, defineres brud ved den kraft, der i figur 4 svarer til et krybetal på 5 mm.

### 3.4 Egnethedsforsøg

Ved egnethedsforsøg undersøges, om man kan laste ankeret op til den påtænkte prøvelast, uden at ankeret går i brud, samtidig med at deformationsforholdene undersøges mere omhyggeligt end ved godkendelsesprøvning. Egnethedsforsøg skal også udføres ved ændring af udførelsesprocedurerne. Forsøgene udføres generelt i god tid inden etableringen af de resterende produktionsankre.

Egnethedsforsøg bør udføres på mindst 2 % af ankrene, dog anbefales mindst 3 forsøg. Ankeret belastes som angivet i tabel 2.

Krybetallet  $k_s$  bestemmes ved slutningen af hvert lasttrin. Det maksimale krybetal ved lasten  $F_p$  skal være mindre end 0,8 mm.

Såfremt ankeret indgår i den færdige konstruktion, opspændes det til den aktuelle forspændingskraft  $F_o$ . Kraften holdes konstant i mindst 5 minutter, og flytningerne måles efter hvert minut. Derefter låses ankeret. Forspændingen skal udføres under hensyntagen til låseglidningen. Flytningen skal tillige registreres umiddelbart efter låsning.

### 3.5 Godkendelsesprøvning

Godkendelsesprøvning udføres på alle ankre, hvor der ikke er udført egnethedsforsøg. Ankeret belastes som angivet i tabel 2.

Krybetallet  $k_s$  bestemmes ved lasten  $F_p$  ud fra flytningerne målt mellem 3. og 15. minut. Krybetallet skal være mindre end 0,8 mm. Er krybetallet for stort efter 15 minutter, kan man evt. ved at forlænge forsøget opnå det krævede krybetal.

Ankeret kan derefter opspændes til den aktuelle forspændingskraft  $F_o$ . Kraften holdes konstant i mindst 5 minutter, og flytningerne måles efter hvert minut. Derefter låses ankeret. Forspændingen skal udføres under hensyntagen til låseglidningen. Flytningen skal tillige registreres umiddelbart efter låsning.

## 4. JOURNAL

Alle relevante data for det enkelte forsøg skal rapporteres i en prøvningsjournal. Foruden sædvanlig identifikation (dato, lokalitet, måletekniker etc.) skal journalen som minimum indeholde:

- ankeridentifikation (type og nummer)
- forsøgstype
- identifikationsdata på forsøgsudstyr
- registrering af samhørende værdier af trækraft (hydrauliktryk og/eller kraft på lastcelle) og flytninger
- $L_{app}$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  og  $L_3$  jf. afsnit 5.2
- eventuelle bemærkninger om forhold, der kan have indflydelse på resultaterne.

Resultaterne fra belastningsforsøget præsenteres som regel i skemaform eller som en arbejdskurve, der viser sammenhængen mellem belastning og flytning. Hvis registreringen foretages digitalt, skal der sideløbende laves en repræsentativ manuel registrering af aflæsningerne.

Såfremt der under forsøgets udførelse opstår uforudsete hændelser, der kan påvirke tolkningen af forsøget, skal dette rapporteres, og supplerende aflæsning af kraft og flytning kan være påkrævet.

## 5. BEREGNING

### 5.1 Krybetal og brudværdi

Figur 3 viser flytningen i et bestemt lasttrin i en logaritmisk t-afbildning. Figuren viser hvordan  $k_s$  beregnes ved slutningen af lasttrinnet:

$$k_s = \frac{s_2 - s_1}{\log_{10}(t_2/t_1)} = \frac{1,85 - 0,30}{\log_{10}(50/5)} = 1,55 \text{ mm}$$

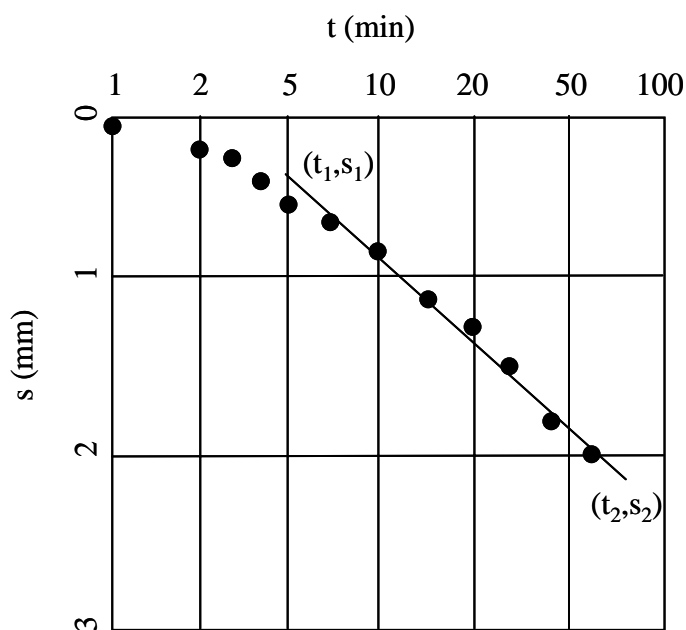
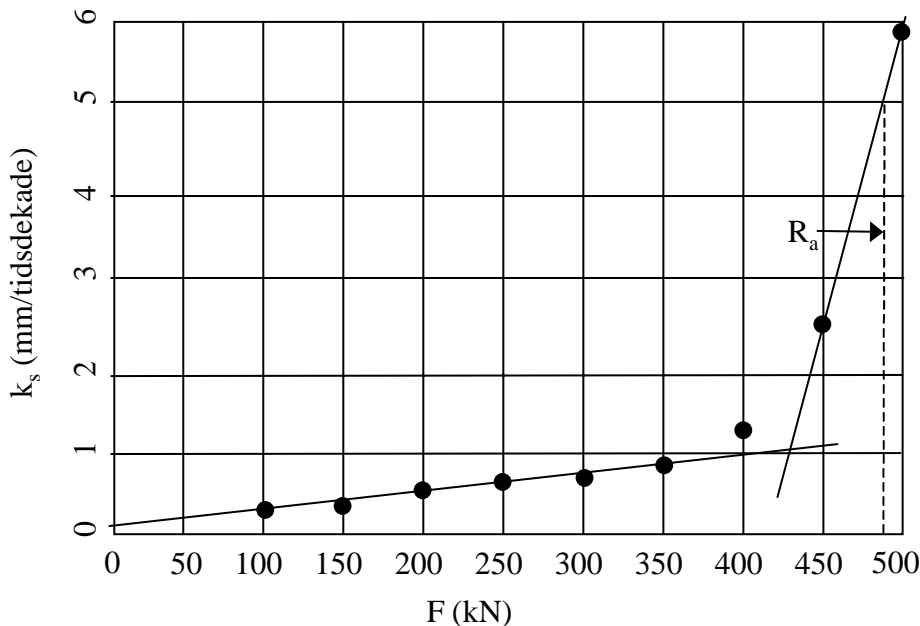


Fig. 3. Eksempel på beregning af krybetal

Krybetallet benyttes som nævnt i kapitel 3 til definition af brud ved principforsøg og som acceptkriterium ved egnethedsforsøg og godkendelsesprøvning. Normalt plottes det beregnede krybetal ved slutningen af hvert lasttrin som funktion af lasten som vist på figur 4. På figuren angiver  $R_a$  den målte brudværdi (her den last, som giver  $k_s = 5$  mm).



**Fig. 4. Definition af brudværdi**

## 5.2 Fri længde

Den tilsyneladende fri længde af ankeret  $L_{app}$  skal kontrolleres ved alle typer forsøg. Den værdi af  $L_{app}$  som beregnes på grundlag af den målte flytning  $\Delta s$  skal opfylde kravet:

$$L_1 \leq L_{app} \leq \max\{L_2, L_3\}$$

hvor

$$L_1 = 0,8 L_{tf} + L_e$$

$$L_2 = L_{tf} + 0,5 L_{tb} + L_e$$

$$L_3 = 1,1 L_{tf} + L_e$$

$L_{tf}$  er den projekterede fri længde,  $L_{tb}$  er den forankrede længde og  $L_e$  er den eksterne længde af ankeret, som er nødvendig for prøvetrækningen.

Det anbefales at udføre kontrollen, idet man på forhånd i prøvningsjournalen angiver de til  $L_1$ ,  $L_2$  og  $L_3$  svarende grænseværdier for den elastiske flytning  $\Delta s$  ved aflastning fra prøvelasten  $F_p$  til initiallasten  $F_i$  og straks sammenholder den målte elastiske flytning  $\Delta s_m$  med disse værdier. Dvs:

$$\Delta s_1 \leq \Delta s_m \leq \max\{\Delta s_2, \Delta s_3\}$$

hvor  $\Delta s_1$ ,  $\Delta s_2$  og  $\Delta s_3$  fås af:  $\Delta s = \frac{F_p - F_i}{EA} L$  idet den relevante værdi af  $L$  indsættes.

I tilfælde hvor den målte flytning er for lille, hvilket tyder på friktion langs den fri længde, anbefaler DS EN 1537 i afsnit 9.9, at der udføres gentagne lastsløjfer. Herefter kan en ny værdi af  $L_{app}$  bestemmes.

## **6. KVALITETSSIKRING**

### **6.1 Udstyret**

Forud for det enkelte belastningsforsøg kontrolleres:

- at modholdsarrangementets statiske virkemåde er korrekt
- at målebrosen er korrekt etableret og afskærmet mod sol og vind
- at kalibrering af krafttransducer til den forventede forsøgslast er foretaget og at nøjagtigheden er bedre end 2% af den forventede maksimale forsøgslast. Måleur eller flytningstransducer skal have en nøjagtighed bedre end 0,01 mm. Benyttes en computerstyret datalogger skal denne også have været benyttet under kalibreringen
- at kalibreringscertifikaterne ikke er ældre end 12 måneder.

### **6.2 Udførelsen**

Under udførelsen kontrolleres at prøvningsjournalen er udført korrekt.