

TRÆBJALKES
KRYBNING OG LEVETID

EN FORELÆSNINGSØVELSE

Laüge Fuglsang Nielsen
Laboratoriet for Bygningsmaterialer
Danmarks tekniske Højskole
Bygning 118
2800 Lyngby



THE TECHNICAL UNIVERSITY OF DENMARK
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BUILDING MATERIALS LABORATORY

TRÆBJALKES KRYBNING OG LEVETID

EN FORELÆSNINGSØVELSE

Lauge Fuglsang Nielsen

Abstract: Som en del af kurset 6110: MATERIALEMEKANIK i foråret 1988 udførte deltagere og lærer i fællesskab et langtids-forsøg med små bjælker af knastfrit træ. Formålet med forsøget var, løbende at tilføre kurset et praktisk underlag for de teoretiske udledninger vedrørende materialers krybning og levetid.

Forsøget blev med simple midler udført i forelæsningslokalet, hvilket naturligvis medførte, at forsøgsbetingelserne måtte akcepteres som ret udefinérbare: Svingende temperatur og fugtighed, træk fra snart åbne, snart lukkede vinduer og døre, uro omkring og stød til forsøgsopstillingen, o.s.v. Dette til trods opfyldte forsøget imidlertid sit formål på udmærket måde.

I den foreliggende rapport gives en kort beskrivelse af forsøget, hvorefter resultaterne behandles og vurderes i forhold til litteraturdata og teoretiske forudsigelser.

Det konkluderes, at forsøget i sit nuværende design er en rimelig god demonstrationsøvelse, men at det på et par punkter kan forbedres, uden at det i væsentlig grad går ud over enkeltheden.

Med hensyn til begreber, betegnelser og udviklinger refereres der ret indforstået til kursets noter. En forudgående orientering i disse vil lette forståelsen af rapportens teoretiske afsnit.

INDHOLD

FORORD.....	SIDE 1
FORSØGET.....	1
Styrke	3
Krybning og Levetid	3
RESULTATER.....	3
Styrke	4
Krybning (inklusive Stivhed)	4
Levetid	7
KOMMENTARER.....	9
Styrke og Stivhed	9
Krybningsparametre	9
Levetid	10
KONKLUSION.....	11
LITTERATUR.....	11

FORSØGSDATA.....	12

TRÆBJÆLKES KRYBNING OG LEVETID

EN FORELÆSNINGSØVELSE

FORORD

Den foreliggende rapport er en kort redegørelse over et godt 4 måneders forsøg, som lærer og deltagere i kursus 6110, "Materiallemekanik", udførte parallelt med forelæsningerne, februar - juni 1988.

Formålet med forsøget var, løbende at tilføre kurset et praktisk underlag for de teoretiske udledninger vedrørende materialers krybning og levetid.

Små midtpunktsbelastede bjælker af knastfrit træ blev anbragt på bukke i undervisningslokalet, hvor de med jævne mellemrum blev målt for nedbøjning (halve mm) og levetid (minutter). Ingen særlige foranstaltninger blev indført m.h.t. forsøgsbetingelser - udover, naturligvis, at størst mulig omhu blev udvist. Men et noget svingende klima og små knops til opstillingen kunne ikke undgås.

Til trods for de noget udefinérbare omgivelser opfyldte forsøget imidlertid sit formål så godt, at det er værd at rapportere med henblik på gentagelser i en lettere forbedret udgave.

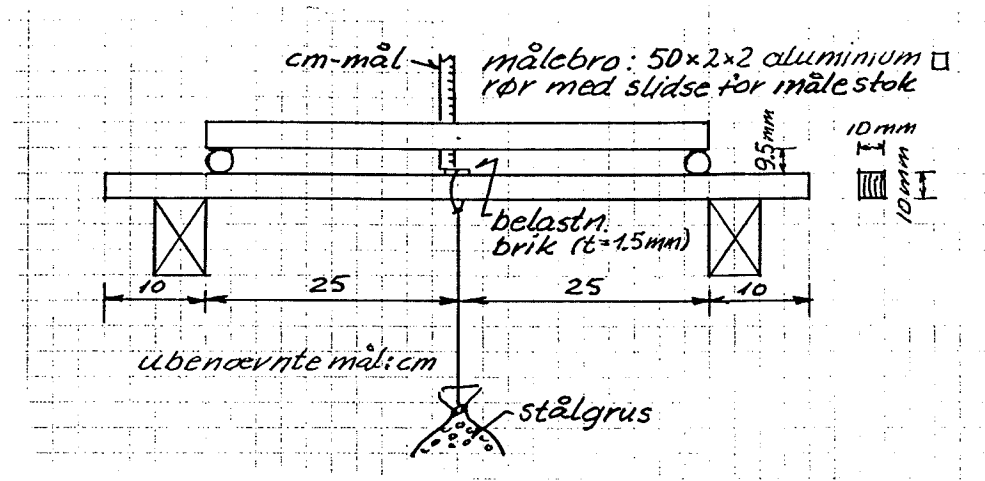
Med hensyn til begreber, betegnelser og udviklinger refereres der ret indforstået til kursets noter (1,2,3). En forudgående orientering i disse vil lette forståelsen af rapportens teoretiske afsnit.

FORSØGET

To typer af forsøg blev udført: Traditionelle brudforsøg af få minutters varighed og langtidsforsøg.

Forsøgsopstillingen er skitseret i Figur 1: Bjælker af knastfrit fyrretræ blev anbragt på træbukke i forelæsningslokalet. Spændvidde, l , og tværsnit, $h \cdot b$, var 50

cm henholdsvis $1 \times 1 \text{ cm}^2$. Højde og bredde var tildannede i tangentiel- henholdsvis radiær retning. Den totale længde var 70 cm.



Figur 1. Forsøgsopstilling til bestemmelse af træbjælkers styrke, krybning og levetid.

Bjælkerne blev med lodret tangentiel side belastet med en enkeltkraft på midten. Denne bestod i styrkeforsøgene af en plastspand, hvori der hældtes stålgrus, der ved simpel afvejning efter brud gav den fornødne information. Ved langtidsforsøg bestod lasten af på forhånd afvejede plastposer med stålgrus.

I begge tilfælde blev lasten overført via en $10 \times 15 \text{ mm}$ stål-belastningsbrik af tykkelsen 1.5 mm.

Ved langtidsforsøgene mælted nedbøjningen med en målebro fremstillet af et 50 cm langt, $2 \times 2 \text{ cm}^2$ firkanttrør af aluminium, der på midten var forsynet med en slidse, igennem hvilken en stållineal med millimeterinddelinger kunne nedføres til overkant belastningsbrik. Broen var i enderne (der placeredes ved bjælkeunderstøtningerne) forsynet med "ben" af pålimede 9.5 mm rundaluminium. Aflæsninger blev foretaget fra underside af målebroen, hvorved den ideelle 0-punkts måling blev 8 mm.

Antalsmæssigt blev de to typer forsøg udført som følger:

STYRKE

Serie 1) Brudstyrken, P_{br} , bestemtes ved forsøg på 9 bjælker.

KRYBNING OG LEVETID

3 grupper à 3 bjælker opstilles til bestemmelse af krybning og levetid. Hver gruppe belastes svarende til følgende lastniveauer, $SL = P/P_{br}$:

Serie 2), bjælkerne 1, 2 og 3,

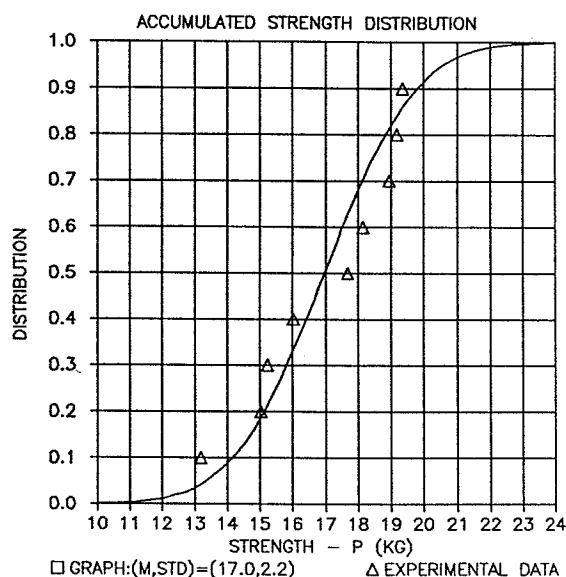
$SL = 55\%$

Serie 3), bjælkerne 4, 5 og 6,

$SL = 70\%$

Serie 4), bjælkerne 7, 8 og 9

$SL = 85\%$



Figur 2. Brudkraftfordeling.

RESULTATER

I dette afsnit gives en grafisk fremstilling af de experimentelle resultater (se bagest i rapporten). Det demonstreres tillige, hvordan disse data kan anvendes til bestemmelse af vigtige materialeparametre for træ, herunder de, der karakteriserer krybnings- og levetidsegenskaberne.

STYRKE

Jævnfør Figur 2 gav brudlastforsøgene et gennemsnit på

$$P_{br} = 17.0 \pm 2.2 \text{ kg}$$

svarende til et brudmoment på

$$M_{br} = 20.8 \text{ Nm} \pm 13\%$$

og en brudspænding på

$$\sigma_{br} = 125 \text{ MPa} \pm 13\%$$

(Moment på midten, $M = P(N) * l(m) / 4$)

Herefter blev langtidsforsøgene udført med

SL = 55 % (Serie 2) svarende til

$$P = 9.5 \text{ kg}$$

SL = 70 % (Serie 3) svarende til

$$P = 12.0 \text{ kg}$$

SL = 85 % (Serie 4) svarende til

$$P = 14.5 \text{ kg}$$

KRYBNING (INCL. STIVHED)

Krybningsresultaterne er vist i Figur 3. Resultaterne er normerede med hensyn til begyndelsesnedbøjningen. Bjælker med brud er mærket med krybningsværdien 3 i brudtidspunktet.

Stivheden, E , (for bøjning) bestemmes fra begyndelsesudbøjningen

$$u = \frac{1}{48} \frac{Pl^3}{EI} \quad ; (P \text{ er kraft})$$

hvor bjælketværsnittets inertimoment er $I = 0.01^4 / 12 = 8.33 \cdot 10^{-10} \text{ m}^4$.

Med $l = 0.5 \text{ m}$ og $P = 9.5 \cdot 9.8 = 93.1 \text{ N}$ (gruppe 55%) bliver

$$E = \frac{2.91 \cdot 10^9}{u(m)} \text{ Pa}$$

hvilket medfører

Bjælke 1: $E = 17121 \text{ MPa}$ |

Bjælke 2: $E = 16167 \text{ MPa}$ | =>

$$E_{55\%} = 16800 \text{ MPa}$$

Bjælke 3: $E = 17118 \text{ MPa}$ |

Tilsvarende bliver ved $P = 12.0 \cdot 9.8 = 117.6 \text{ N}$ (gruppe 70%),

Bjælke 4: $E = 14720 \text{ MPa}$ |

Bjælke 5: $E = 16000 \text{ MPa}$ | =>

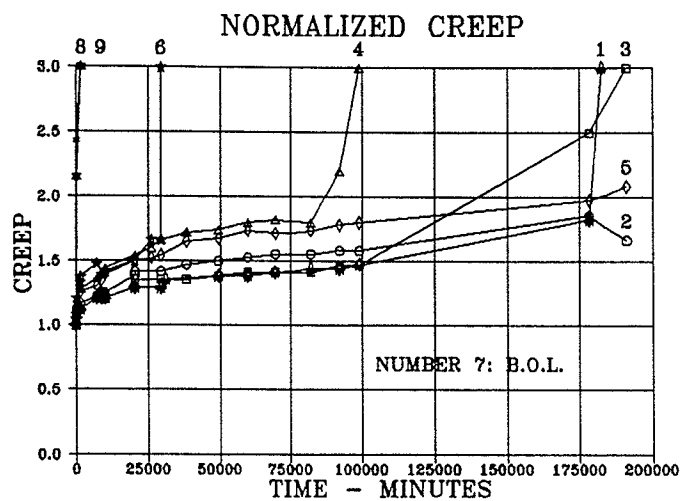
$$E_{70\%} = 15400 \text{ MPa}$$

Bjælke 6: $E = 15333 \text{ MPa}$ |

Træs bøjningskrybning kan tilnærmet beskrives ved følgende udtryk,

$$c(t) = \frac{k}{EI} \left[1 + \left(\frac{t}{\tau} \right)^b \right]$$

hvor tiden er betegnet ved t . k er en konstant, afhængig af bjækelængde og belastningsform. I er bjæke-tværsnittets inertimoment, mens E er træets stivhed (Young's modul). Krybningsparametrene, τ og b , er den såkaldte relaxationstid henholdsvis krybningsexponent.



Figur 3. Normaliserede krybningsfunktioner.

Divideres krybningsfunktionen med sin begyndelsesværdi fås den såkaldte normerede krybningsfunktion,

$$C(t) = 1 + \left(\frac{t}{\tau} \right)^b$$

Krybningsparametrene kan bestemmes udfra experimentelle resultater ved at udnytte, at den normerede krybningsfunktion i et retvinklet koordinatsystem, X - Y , kan lineariseres ved

$$Y = b \cdot X - Y_0$$

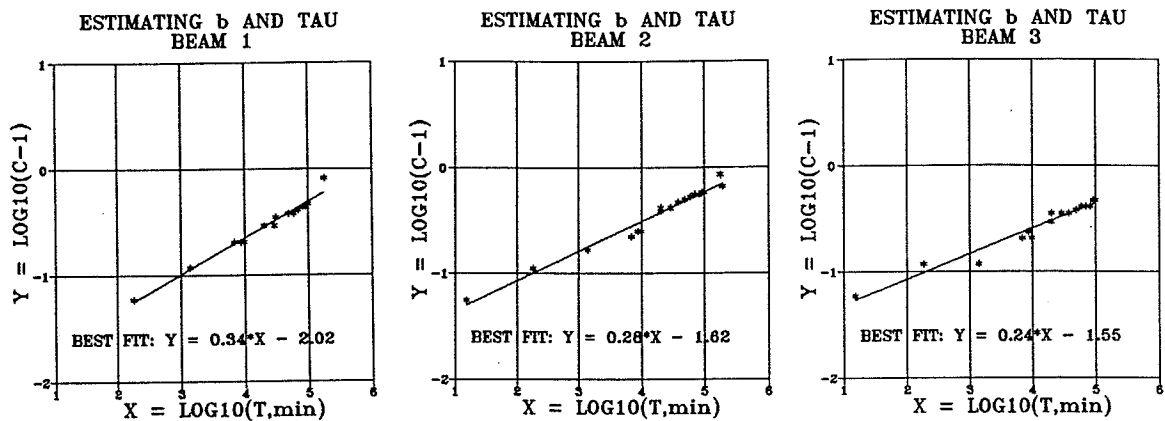
hvor

$$Y = \log_{10}(C - 1) ; X = \log_{10}(t) ; Y_0 = b \cdot \log_{10}(\tau)$$

Krybningsexponenten, b , optræder som den rette lines hældningskoefficient mens relaxationstiden, τ , bestem-

mes som følger udfra Y-afskæringen, $-Y_0$, eller X-afskæringen, $X_0 = Y_0/b$.

$$\tau = 10^{Y_0/b} = 10^{X_0}$$



Figur 4. Hjelpefigur til bestemmelse af krybningsparametrene b og τ for bjælkerne i serie 2 (SL = 55%).

I Figurerne 4 og 5 er denne metode anvendt til at fastlægge krybningsparametrene udfra krybningsresultaterne fra den lavest og den mellemst belastede gruppe (55% henholdsvis 70%). Resultaterne er trunkerede ved start og slutning således at tilslørende virkninger fra op-lastningstid og indre strukturødelæggelse (løbende revner, tertiær krybning) reduceres.

For serie 2 (SL = 55%) bliver

Krybningsexponenten, b :

$$b = \frac{0.34 + 0.28 + 0.24}{3} \Rightarrow$$

$$b_{\text{gns}} = 0.29$$

Relaxationstiden, τ :

$$\text{Bjælke 1: } \text{Log}_{10}(\tau) = 2.02/0.34 = 5.94$$

$$\text{Bjælke 2: } \text{Log}_{10}(\tau) = 1.62/0.28 = 5.79$$

$$\text{Bjælke 3: } \text{Log}_{10}(\tau) = 1.55/0.24 = 6.46$$

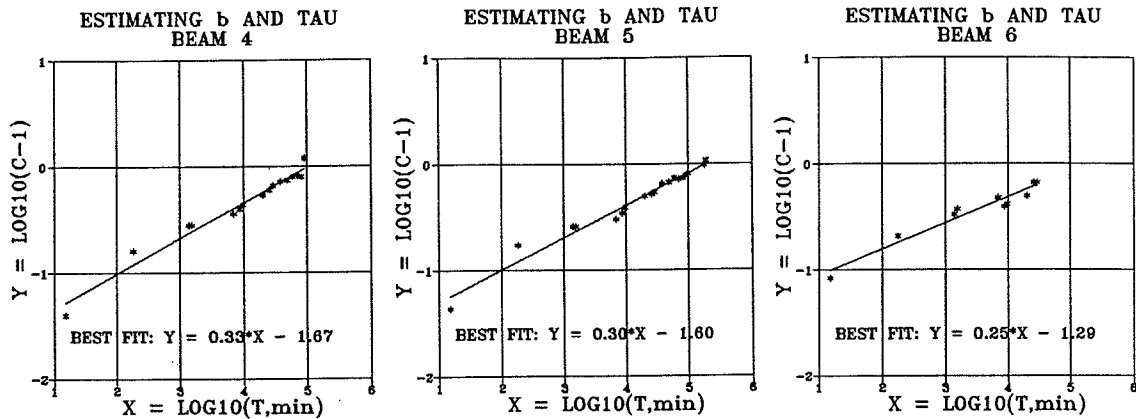
Som gennemsnit fås

$$\text{Log}_{10}(\tau) = \frac{5.94 + 5.79 + 6.46}{3} = 6.06$$

$$\Rightarrow \tau = 1.16 \cdot 10^6 \text{ min} \Rightarrow$$

$$\tau_{55} \approx 800 \text{ døgn}$$

På tilsvarende måde fås følgende gennemsnit for serie 3
(SL = 70%): $(b_{70}, \tau_{70}) = (0.29, 100 \text{ døgn})$



Figur 5. Hjelpefigur til bestemmelse af krybningsparametrene b og τ for bjælkerne i serie 3 (SL = 70%).

LEVETID

Ved forsøgsafslutning (191144 minutter = 133 døgn) var status,

Serie 2: Lastniveau 55%

bjælke 1 brudt efter 127 døgn

bjælke 2 ikke brudt

Bjælke 3 brudt under nedtagning efter 133 døgn

Serie 3: Lastniveau 70%

bjælke 4 brudt efter 69 døgn

bjælke 5 ikke brudt

Bjælke 6 brudt efter 20 døgn

Serie 4: Lastniveau 85%

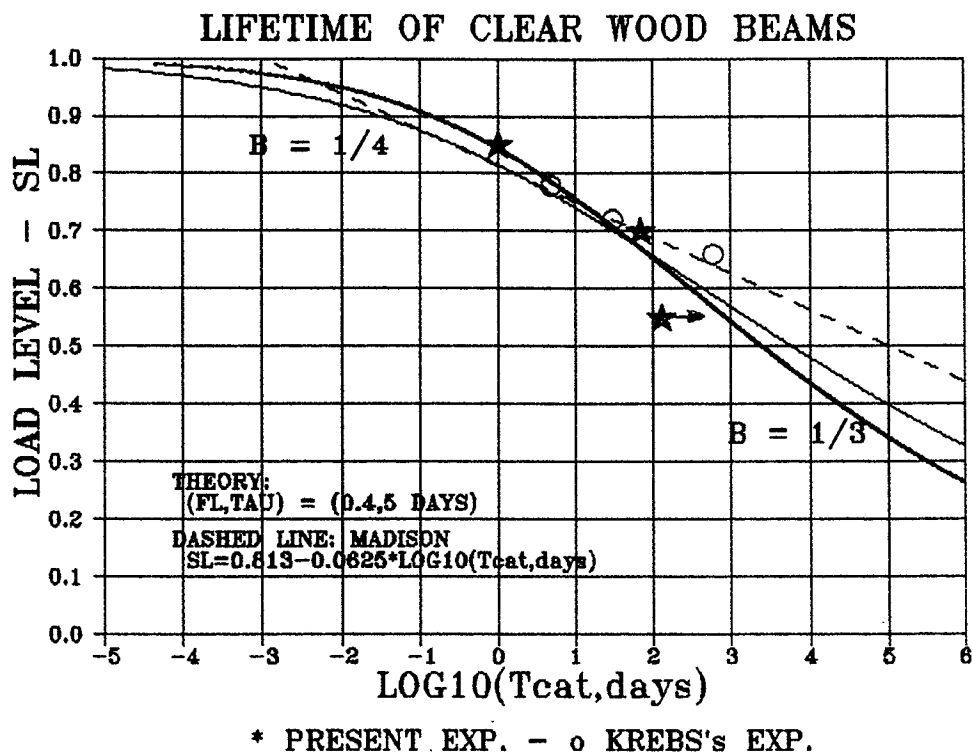
bjælke 7 brudt under oplastning (B.O.L.)

bjælke 8 brudt efter 1.2 døgn

Bjælke 9 brudt efter 1.2 døgn

Normalt antages bruddtidspunkter at fordele sig log-normalt. Der findes metoder (f.ex. 4), der med denne forudsætning, kan bestemme et gennemsnit udfra trunkerede fordelinger.

Det foreliggende forsøgsmateriale er imidlertid for "tyndt" (for få emner) til en egentlig statistisk analyse. Vi vil nøjes med at anvende antagelsen om en (log)symmetrisk fordeling. Herefter er det gennemsnitlige bruddtidspunkt givet ved,



Figur 6. Experimentelt- og teoretisk bestemte levetider for bjælker af knastfrit træ. Pil til højre betyder større end eller lig med den angivne levetid.

Belastningsniveau, $SL = 55\% \Rightarrow$ $t_{cat} \geq 130 \text{ døgn}$

Belastningsniveau, $SL = 70\% \Rightarrow$ $t_{cat} \approx 70 \text{ døgn}$

Belastningsniveau, $SL = 85\% \Rightarrow$ $t_{cat} \approx 1 \text{ døgn}$

Resultaterne er indtegnet i Figur 6. Til sammenligning er den såkaldte Madison-kurve vist. Denne giver det bedste lineære fit af en række amerikanske levetidsforsøg rapporteret i 1951 (5) på små bjælker af knastfrit

Douglas-Fir. Yderligere er vist resultater fra forsøg af Krebs (6) på små bjælker af knastfri rødgran. Forsøgene i (5,6) er udført i et klima, der sammenlignet med det foreliggende må betegnes som særdeles konstant.

KOMMENTARER

STYRKE OG STIVHED

Den opnåede styrke på $\sigma_{br} = 135 \text{ MPa}$ og stivhed på $E = 16800 - 15400 \text{ MPa}$ (i bøjning) i området $SL = 55 - 70\%$ er i god overensstemmelse med håndbogsværdier for godt, knastfrit fyrretræ.

Det bemærkes, at vi er i det ikke lineære område. Det vil sige, at E aftager med stigende lastniveau, SL .

KRYBNINGSPARAMETRE

Den udledte krybningsexponent, $b \approx 0.3$, er af samme størrelsesorden ($b \approx 1/3$) som fundet af Clouser (7) på Douglas-Fir - og gennemsnit for forskelligt træ ($b \approx 1/5 - 1/4$) som angivet i (8). Det bemærkes, at b åbenbart ikke er særligt afhængig af lastniveauet.

Den udledte relaxationstid på $\tau \approx 800 \text{ døgn}$ for et lastniveau, $SL = 55\%$, synes rimelig. I (8) er ved konstant klima angivet en ca. 20 gange større værdi, men det er samtidigt angivet, at klimaændringer (som jo er forekommet i det her betragtede forsøg) kan reducere relaxationstiden væsentligt. Samtidigt skal det bemærkes, at vi, som tidligere konstateret på stivheden, E , befinder os i det ikke lineære område, hvilket reducerer τ . Dette fremgår også af det foreliggende forsøgs resultater, hvor τ ved $SL = 70\%$ er faldet til 100 døgn.

Det er i litteraturen almindeligt akcepteret, at det maximale lastniveau for træs lineære opførsel er på ca. 50%. Med denne oplysning må vi nok konstatere, at vi med det fundne $\tau \approx 800 \text{ døgn}$ sikkert underestimerer det "lineære" τ .

LEVETID

Levetiderne er i rimelig god overensstemmelse med Madison- og Krebs-resultaterne (5,6). For lavere lastniveauer kan det dog (måske) konstateres, at levetiden er kortere end extrapoleret fra disse litteraturdata.

Udfra teoretiske betragtninger vil en sådan opførsel være forventelig, idet klimavariationer som før nævnt reducerer træets relaxationstid, τ (jo længere levetid jo flere klimavariationer).

Jævnfør (3) kan levetiden, t_{cat} , teoretisk bestemmes ved

$$\frac{t_{\text{cat}}}{\tau} = \left(\frac{1}{SL^2} - 1 \right)^{1/b} + \frac{q}{(FL*SL)^2} \int_1^{(SL)^{-2}} \frac{(U-1)^{1/b}}{U} dU$$

Som sædvanlig er b krybningsexponenten, mens τ nu er forskydningsrelaxationstiden tæt ved træets defekter. SL er det tidligere indførte lastniveau, mens FL er det såkaldte styrkeniveau, dvs. aktuel styrke i forhold til styrken af det fuldstændigt fejlfrie materiale. Konstanten q er givet ved

$$q = \frac{8}{\pi^2} [(1+b)(2+b)/2]^{1/b}$$

For det fundne $b = 0.3$ kan levetiden efter ovenstående ikke bestemmes analytisk. Et godt skøn kan imidlertid opnås som middelværdien mellem de følgende, analytisk bestemte løsninger for $b = 1/3$ henholdsvis $b = 1/4$,

$b = 1/3$:

$$\frac{t_{\text{cat}}}{\tau} = X^3 + \frac{3.1}{(FL*SL)^2} \left[\frac{X^3}{3} - \frac{X^2}{2} + X - \log_e(X+1) \right]$$

hvor

$$X = SL^{-2} - 1$$

$b = 1/4$:

$$\frac{t_{\text{cat}}}{\tau} = X^4 + \frac{3.2}{(FL*SL)^2} \left[\frac{X^4}{4} - \frac{X^3}{3} + \frac{X^2}{2} - X + \log_e(X+1) \right]$$

Jævnfør (3) kan styrkeniveauet for knastfrit træ sættes til $FL = 0.4$. Herefter er ovenstående levetidsudtryk afbildet i Figur 6 med $\tau = 5$ døgn. I forhold til den

tidligere bestemte (bøjnings)relaxationstid på 800 døgn er denne værdi ca. 6 0/00 - en størrelsesorden, der under de givne vilkår ikke er usandsynlig. Til sammenligning opnås en udmærket levetidsprediktion med $\tau \approx 10$ døgn af resultaterne i (6), hvor et bøjnings- $\tau \approx 10^4$ døgn blev udledt fra forsøg på grantræ i konstant klima ved SL = 66%.

KONKLUSION

På baggrund af Figur 6 og kommentarerne i det forrige afsnit kan det konstateres, at forsøget i det eksisterende design er rimeligt godt til at demonstrere den praktiske betydning af kursets teoretiske stof vedrørende krybning og levetid.

På et par punkter kan forsøget dog forbedres uden at det i væsentlig grad går ud over dets enkelthed og overskuelighed:

- 1) Antallet af bjælker i langtidsforsøgene (serierne 2, 3 og 4) forøges til 5 i hver gruppe. Lastniveauerne, SL = 55%, 70% og 85%, ændres samtidigt til SL = 65%, 75% og 85%. Disse to foranstaltninger vil skabe et bedre grundlag for levetidsansættelsen - bl.a. derved at antallet af "overlevende" i den ca. 4 måneders forelæsningsperiode nedsættes.
- 2) Forsøgsændringen under 1) medfører en øget overskridelse af linearitetsgrænsen. Det må derfor anbefales, at der indføres en ekstra serie med SL = 50%, der udelukkende har til formål, at give data til bestemmelse af krybningsparametrene, b og τ .

Litteratur

- 1) Nielsen, L. Fuglsang: "MATERIALEMEKANIK: Forelæsningsnoter". Tekn. rapport 169-A(1986). Laboratoriet for Bygningsmaterialer, Dth.
- 2) Nielsen, L. Fuglsang: "MATERIALEMEKANIK: Forelæsningsøvelser". Tekn. rapport 169-B(1986). Laboratoriet for Bygningsmaterialer, Dth.
- 3) Nielsen, L. Fuglsang: "MATERIALEMEKANIK: Supplerende noter i Kompositmaterialer, Rheologi, Brud og Le-

vetid". Forelæsningsnotat, foråret 1988, Laboratoriet for Bygningsmaterialer, DtH.

4) Jensen, W., Larsen, K. og Villadsen, J: "Levetid af træsamling", Afløsningsopgave i Kursus 6110, Lab. f. Bygningsmaterialer, DtH, 1988.

5) Wood, L.W.: "Relation of Strength of Wood to Duration of Load": US Forest Prod. Lab., Madison, Wis., Report R-1916(1951).

6) Krebs, H.J.: "Vandindholdets betydning for træs mekaniske langtidsegenskaber - krybning og brud". Licentiatafhandling, Tekn. rapport 105(1984), Laboratoriet for Bygningsmaterialer, DtH.

7) Clouser, W.S.: "Creep of Small Wood Beams under Constant Bending Load". US Forest Prod. Lab., Report no. 2150(1959). Madison, Wis. USA.

8) Nielsen, L. Fuglsang: "Power Law Creep as Related to Relaxation, Elasticity, Damping, Rheological Spectra and Creep Recovery - With Special Reference to Wood". Meeting of IUFRO Group (Int. Union of Forestry Research Org.), Wood Engineering Group, Xalapa, Mexico 1984. Proc. Building Mat. Lab., Techn. Univ. Denmark, 1985, 181 - 204.

Forsøgsdata**SERIE 1: STYRKE**

BRUDLST (kg)	ACCUM. FORD.
13.185	0.1
15.038	0.2
15.238	0.3
16.006	0.4
17.683	0.5
18.137	0.6
18.937	0.7
19.189	0.8
19.345	0.9

SERIE 2: KRYBNING OG LEVETID**BJÆLKE 1 SL - 55% (P - 7.5 KG)**

OBS	TID - T (min)	AFLÆSN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	*****	*****
2	.000	2.500	1.700	1.000	*****	*****
3	15.000	2.500	1.700	1.000	1.176	*****
4	180.000	2.600	1.800	1.059	2.255	-1.230
5	1395.000	2.700	1.900	1.118	3.145	-.929
6	6975.000	2.850	2.050	1.206	3.844	-.686
7	8685.000	2.850	2.050	1.206	3.939	-.686
8	9855.000	2.850	2.050	1.206	3.994	-.686
9	20115.000	3.000	2.200	1.294	4.304	-.531
10	20175.000	3.000	2.200	1.294	4.305	-.531
11	29180.000	3.000	2.200	1.294	4.465	-.531
12	30815.000	3.100	2.300	1.353	4.489	-.452
13	49325.000	3.150	2.350	1.382	4.693	-.418
14	59705.000	3.150	2.350	1.382	4.776	-.418
15	69450.000	3.200	2.400	1.412	4.842	-.385
16	81895.000	3.250	2.450	1.441	4.913	-.355
17	91990.000	3.250	2.450	1.441	4.964	-.355
18	98905.000	3.300	2.500	1.471	4.995	-.327
19	178219.000	3.900	3.100	1.824	5.251	-.084
20	182564.000	*****	BRUD	*****	*****	*****

BJÆLKE 2 SL - 55% (P - 9.5 KG)

OBS	TID - T (min)	AFLÆSN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	*****	*****
2	.000	2.600	1.800	1.000	*****	*****
3	15.000	2.700	1.900	1.056	1.176	-1.255
4	180.000	2.800	2.000	1.111	2.255	-.954
5	1395.000	2.900	2.100	1.167	3.145	-.778

6	6975.000	3.000	2.200	1.222	3.844	-.653
7	8685.000	3.050	2.250	1.250	3.939	-.602
8	9855.000	3.050	2.250	1.250	3.994	-.602
9	20115.000	3.300	2.500	1.389	4.304	-.410
10	20175.000	3.350	2.550	1.417	4.305	-.380
11	29180.000	3.350	2.550	1.417	4.465	-.380
12	38015.000	3.450	2.650	1.472	4.580	-.326
13	49325.000	3.500	2.700	1.500	4.693	-.301
14	59705.000	3.550	2.750	1.528	4.776	-.278
15	69500.000	3.600	2.800	1.556	4.842	-.255
16	81895.000	3.600	2.800	1.556	4.913	-.255
17	91990.000	3.650	2.850	1.583	4.964	-.234
18	98905.000	3.650	2.850	1.583	4.995	-.234
19	178219.000	4.150	3.350	1.861	5.251	-.065
20	191144.000	3.800	3.000	1.667	5.281	-.176

BJÆLKE 3 BL - 55% (P - 7.5 KG)

OBS	TID - T (min)	AFLÆSN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	####	####
2	.000	2.500	1.700	1.000	####	####
3	15.000	2.600	1.800	1.059	1.176	-1.230
4	180.000	2.700	1.900	1.118	2.255	-.929
5	1395.000	2.700	1.900	1.118	3.145	-.929
6	6975.000	2.850	2.050	1.206	3.844	-.686
7	8685.000	2.900	2.100	1.235	3.939	-.628
8	9855.000	2.850	2.050	1.206	3.994	-.686
9	20115.000	3.000	2.200	1.294	4.304	-.531
10	20175.000	3.100	2.300	1.353	4.305	-.452
11	29180.000	3.100	2.300	1.353	4.465	-.452
12	38015.000	3.100	2.300	1.353	4.580	-.452
13	49325.000	3.150	2.350	1.382	4.693	-.418
14	59705.000	3.200	2.400	1.412	4.776	-.385
15	69500.000	3.200	2.400	1.412	4.842	-.385
16	81895.000	3.200	2.400	1.412	4.913	-.385
17	91990.000	3.300	2.500	1.471	4.964	-.327
18	98905.000	3.300	2.500	1.471	4.995	-.327
19	178219.000	5.050	4.250	2.500	5.251	-.176
20	191134.000	#####	BRUDT UNDER NEDTAGNING	#####	#####	#####

SERIE 3: KRYBNING OG LEVETID

BJÆLKE 4 BL - 70% (P - 12.0 KG)

OBS	TID - T (min)	AFLÆSN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	####	####
2	.000	3.300	2.500	1.000	####	####
3	15.000	3.400	2.600	1.040	1.176	-1.398
4	180.000	3.700	2.900	1.160	2.255	-.796
5	1395.000	4.000	3.200	1.280	3.145	-.553

6	1563.000	4.000	3.200	1.280	3.194	-.553
7	6975.000	4.200	3.400	1.360	3.844	-.444
8	8685.000	4.300	3.500	1.400	3.939	-.398
9	9855.000	4.400	3.600	1.440	3.994	-.357
10	20115.000	4.650	3.850	1.540	4.304	-.268
11	25935.000	4.800	4.000	1.600	4.414	-.222
12	29180.000	4.950	4.150	1.660	4.465	-.180
13	38015.000	5.100	4.300	1.720	4.580	-.143
14	49295.000	5.150	4.350	1.740	4.693	-.131
15	59705.000	5.300	4.500	1.800	4.776	-.097
16	69500.000	5.350	4.550	1.820	4.842	-.086
17	81895.000	5.300	4.500	1.800	4.913	-.097
18	91990.000	6.300	5.500	2.200	4.964	.079
19	98905.000	*****	BRUD	*****	*****	*****

BJÆLKE 5 SL - 70% (P - 12.0 KG)

OBS	TID - T (min)	AFLÆSN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	*****	*****
2	.000	3.100	2.300	1.000	*****	*****
3	15.000	3.200	2.400	1.043	1.176	-1.362
4	180.000	3.500	2.700	1.174	2.255	-.760
5	1395.000	3.700	2.900	1.261	3.145	-.584
6	1563.000	3.700	2.900	1.261	3.194	-.584
7	6975.000	3.800	3.000	1.304	3.844	-.517
8	8685.000	3.900	3.100	1.348	3.939	-.459
9	9855.000	4.000	3.200	1.391	3.994	-.407
10	20115.000	4.250	3.450	1.500	4.304	-.301
11	25935.000	4.300	3.500	1.522	4.414	-.283
12	29180.000	4.350	3.550	1.543	4.465	-.265
13	38015.000	4.600	3.800	1.652	4.580	-.186
14	49325.000	4.650	3.850	1.674	4.693	-.171
15	59705.000	4.800	4.000	1.739	4.776	-.131
16	69500.000	4.750	3.950	1.717	4.842	-.144
17	81895.000	4.800	4.000	1.739	4.913	-.131
18	91990.000	4.900	4.100	1.783	4.964	-.106
19	98905.000	4.950	4.150	1.804	4.995	-.095
20	178219.000	5.350	4.550	1.978	5.251	-.010
21	191134.000	5.600	4.800	2.087	5.281	.036

BJÆLKE 6 SL - 70% (P - 12.0 KG)

OBS	TID - T (min)	AFLÆSN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	*****	*****
2	.000	3.200	2.400	1.000	*****	*****
3	15.000	3.400	2.600	1.083	1.176	-1.079
4	175.000	3.700	2.900	1.208	2.243	-.681
5	1395.000	4.000	3.200	1.333	3.145	-.477
6	1563.000	4.100	3.300	1.375	3.194	-.426
7	6975.000	4.350	3.550	1.479	3.844	-.320

8	8685.000	4.150	3.350	1.396	3.939	-.402
9	9855.000	4.200	3.400	1.417	3.994	-.380
10	20115.000	4.400	3.600	1.500	4.304	-.301
11	25935.000	4.800	4.000	1.667	4.414	-.176
12	29180.000	4.800	4.000	1.667	4.465	-.176
13	29270.000	*****	BRUD	*****	*****	*****

SERIE 4: KRYBNING OG LEVETID

BJÆLKE 7 SL = 65% (P = 14.5 KG)

**** B.O.L. (BROKE ON LOADING) ****

BJÆLKE 8 SL = 65% (P = 14.5 KG)

OBS	TID - T (min)	AFLESN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	****	****
2	.000	3.800	3.000	1.000	****	****
3	15.000	4.100	3.300	1.100	1.176	-1.000
4	175.000	8.100	7.300	2.433	2.243	.156
5	1750.000	*****	BRUD	*****	*****	*****

BJÆLKE 9 SL = 65% (P = 14.5 KG)

OBS	TID - T (min)	AFLESN (cm)	UDBØJN (cm)	KRY-C	LOG ₁₀ (T)	LOG ₁₀ (C-1)
1	.000	.800	.000	.000	****	****
2	.000	4.200	3.400	1.000	****	****
3	15.000	4.300	3.500	1.029	1.176	-1.531
4	175.000	8.100	7.300	2.147	2.243	.060
5	1750.000	*****	BRUD	*****	*****	*****