

Uttrekkskraft for treskruer

Withdrawal resistance of wood screws

Av sivilingeniør Åge Hallquist og sivilingeniør Ole Prestrud

Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1969

Uttrekkskraft for treskruer

Av sivilingeniørene ÅGE HALLQUIST og OLE PRESTRUD

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT

1. Innledning

For å få god tatt sin monteringsmåte for fasadeplater i Tyskland, ble firmaet ANFI A/S, Oslo, bedt om å dokumentere uttrekkskraften for treskruer utsatt for vekslende belastninger. Det ble hevdet at vekslende aksielle belastninger på skruer kan bevirke at de løsner eller skrur seg ut.

Norges byggforskningsinstitutt fikk i oppdrag fra ANFI A/S å utføre prøvninger for å undersøke om en bestemt type treskrue løsner ved nærmere angitte prøvningsbetingelser. I prøvningsserie 1 trakk man ut 10 skruer, festet parvis i trestykker, i en statisk prøve. I prøvningsserie 2 festet man 2 skruer i 10 prøvestykker. En av skruene i hvert prøvestykke ble utsatt for 1000 lastvekslinger 0–50 kp; begge skruer ble så trukket ut statisk. Tilsvarende prøvning ble utført i serie 3, men skruene utsatt for dynamisk belastning ble nå prøvet etter 7200 lastvekslinger.

Etter at oppdraget var avsluttet har NBI ved fotoelastiske forsøk undersøkt spenningsfordelingen langs en skrue utsatt for strekk.

2. Bakgrunn for valg av prøvningsbetingelser

2.1 Statisk uttrekkskraft for treskruer

En lang rekke faktorer er medbestemmende for en skrues uttrekkskraft — som trematerialets densitet og fuktighet liksom skruens størrelse, gjengetype, innskruingslengde og forboringsdiameter.

Reuter [1] har på grunnlag av prøvning funnet:

1. Betynlig lavere uttrekkskraft for innslåtte skruer enn for innskruddes opptil 50 %)
2. Forboringsdybden har liten innflytelse på uttrekkskraften i de prøvede tresorter
3. Den optimale uttrekkskraften i den enkelte tresorten oppnås ved

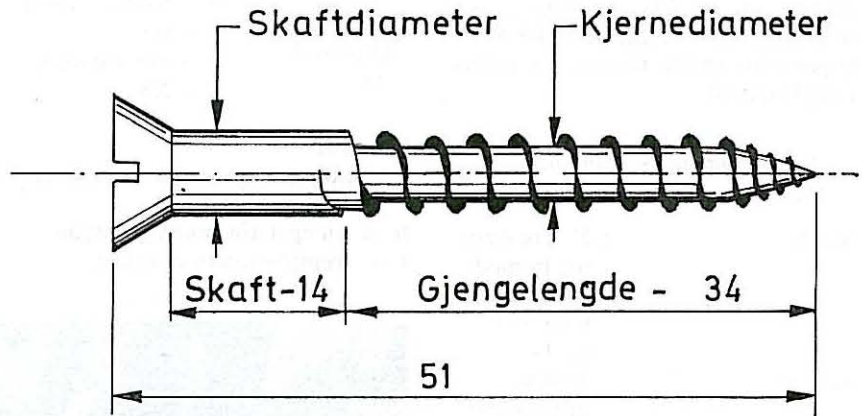


Fig. 1. Dimensjoner i mm for treskrue nr. 10 med forsenket hode

tilpassing av forholdet mellom forboringsdiameter (d_F) og kjernediameter (d_K) til densitet og de elastiske egenskaper til hver enkelt tresort.

For de undersøkte tresorter — poppel, lerketre, eik og rødøk ble den optimale uttrekkskraften funnet ved forholdet:

$$0,85 \leq \frac{d_F}{d_K} \leq 1,25$$

Svensk byggnorm [2] anviser at forboring skal skje med en god tilpassing til skaftdiameteren for den ugjengete delen og til kjernediameteren for den gjengete delen.

Oppdragsgiveren ønsket å prøve 2" treskrue nr. 10, se Fig. 1, med forankringslengde 28 mm i trykkimpregnert furu.

Før valg av aksial belastning på skruen ble det foretatt en sammenligning av tillatte belastninger angitt i [2] og [3], se Tabell 1.

2.2 Vindbelastninger

De felles nordiske retningslinjer for lette ikke-bærende yttervegger [4] foreslår at de enkelte elementer i veggen skal dimensjoneres for å overføre til befestigelsene vindbelastninger som er 25 % større enn

foreskrevet i de enkelte lands bygningsbestemmelser for veggen som helhet. Befestigelsene skal dimensjoneres for en vindbelastning ytterligere øket med 25 %.

Forslaget til nye byggeforskrifter [5] angir at vindtrykket antas å virke vinkelrett på flaten som trykk eller sug og beregnes av formelen $p = c \cdot q$.

Vindtrykkoeffisienten, c , er avhengig av byggverkets form. Vindtrykkets grunnverdi, q , er avhengig av høyden over bakken og byggverkets geografiske plassering; q kan beregnes av formelen $q = \frac{1}{16} v^2$, hvor v er vindhastighet i m/sek. Vindhastigheten, v , vil variere med høyden over bakken etter formelen:

$$v_H = \frac{v_{10}}{1,5} (1 + \frac{1}{2} \log Z),$$

hvor v_{10} = vindhastighet i 10 meters høyde og Z = høyden over bakken i meter. Vindtrykkets grunnverdi i 10 meters høyde er oppgitt å være:

Under alminnelige forhold,

$$q = 100 \text{ kp/m}^2$$

I værharde strøk,

$$q = 150 \text{ kp/m}^2$$

Befestigelsene for fasadeplater i 10 meters høyde skal kunne oppta:

Under alminnelige forhold,
 $p_1 = 100 \cdot 1,25 \cdot 1,25 = 156 \text{ kp/m}^2$

I værharde strøk,

$p_2 = 150 \cdot 1,25 \cdot 1,25 = 234 \text{ kp/m}^2$

Med fire skruer pr. m^2 blir belastningen på en skrue:

$$1) \frac{156}{4} = 39 \text{ kp}$$

$$2) \frac{234}{4} \sim 59 \text{ kp}$$

Det ble valgt å vekse belastningen mellom 0—50 kp ved den dynamiske prøven og å trekke ut skruene statisk etter maksimalt 7200 lastvekslinger som skulle tilsvare en meget lang brukstid.

2.3 Sammenheng av prøvningsbetingelser

Skrue	: 2" Treskrue nr. 10 med forsenket hode (se fig. 1)
Trevirke	: Trykk-impregnert furu
Forboringsdiameter	: $0,70 \cdot d = 3,3 \text{ mm}$
Forankringslengde	: 20 mm
Vekslende belastning	: 50 kp
Lastvekslinger	: 1000 og 7200

3. Prøvning

3.1 Statisk aksial belastning

Prøvningen ble utført tilnærmet som beskrevet i ASTM D1761-64. Tilriggingen er vist i Fig. 2.

Man trakk ut de to skruene i prøvningsserie 1, og etter at de dynamiske prøvene i serie 2 og 3 var avsluttet, trakk man også disse skruene ut statisk. Prøvningresultatene er gitt i Tabell 2.

3.2 Vekslende aksial belastning

Det ble benyttet samme prøvestykker som beskrevet ovenfor. Mellom treklossen og rammen for uttrekk av skruene ble det lagt en elastisk profilert kunstgummilist (R-tett).

Prøvningen ble utført i et klimarom med temperatur 20°C og relativ luftfuktighet 65 %. En av skruene i hvert prøvestykke ble belastet med 0—50 kp, 3,28 lastvekslinger pr. minutt. Belastning og uttrekk ble registrert på en skriver.

Tilriggingen er vist på Fig. 3.

Etter henholdsvis 1000 og 7200 lastvekslinger ble begge skruene i hvert prøvestykke trukket ut statisk ved

Tabell 1

Teoretisk beregnede verdier for bruddstyrke og tillatt belastning ved uttrekk

Angitt i	Bruddstyrke, kp	Sikkerhetsfaktor	Tillatt belastning, kp
Svensk Byggnorm [2]	$P = 4 \cdot c (10 + 40d) \cdot h$ $c = 1,0$ for tørt furuvirke $c = 0,6$ for vått furuvirke $d = 0,46 \text{ cm}$ og $h = 2,8 \text{ cm}$ $P = 350$ (tørr) $P = 210$ (våt)	4	87 (tørr) 52 (våt)
Wood handbook [3]	$P = 1000 r^2 \cdot d \cdot h$ $r = 0,4$ $d = 0,46 \text{ cm}$ og $h = 2,8 \text{ cm}$ $P = 206$	6	34

Notater:

c = faktor som angir forholdet mellom uttrekkskraften ved forskjellige fukt nivåer

h = gjenget forankringslengde

r = trematerialets densitet

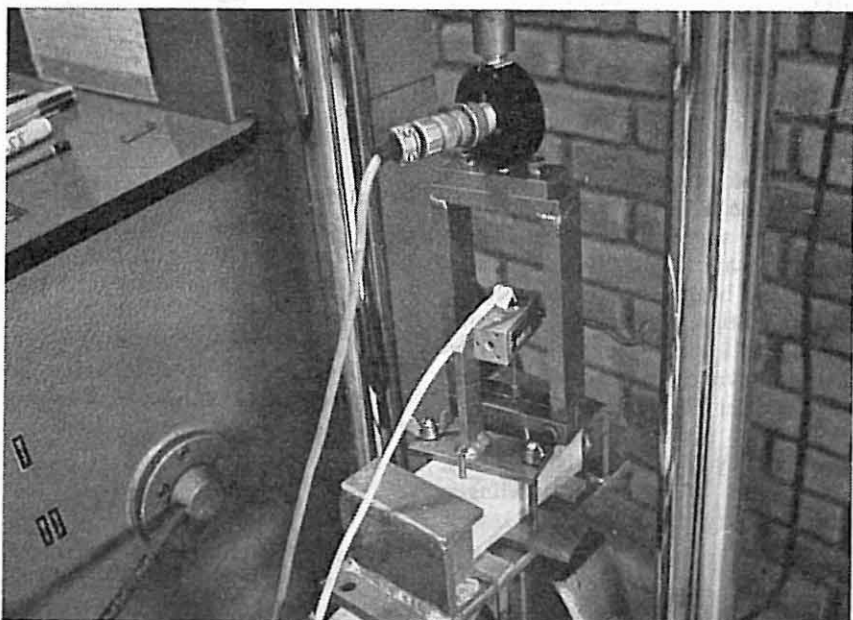


Fig. 2. Tilrigging ved aksial statisk belastning.

registrering av kraft og deformasjon. Prøvningresultatene er gitt i Tabell 2.

4. Analyse av prøvningresultater

4.1 Statisk aksial belastning

De målte bruddlaster ved omgående uttrekning lå noe høyere enn beregnet ved formel angitt i [3] og betydelig lavere enn angitt i [2]. Utover de faktorer som er nevnt i punkt 2.1 kan også belastningssystemet ved uttrekksprøvene influere på bruddlastene. Disse faktorer vil bli nærmere behandlet i avsnitt 6.

4.2 Vekslende aksial belastning

Prøvningen viste at man fikk ubetydelig økning i uttrekk av skruene ved 7200 lastvekslinger à 50 kp. Normalt vil skruene utsettes for en belastning som er lavere enn beregnet ut i fra dimensjonerende vindlast. Og 7200 lastvekslinger à 200 kp/m^2 , forårsaket av vindens sugvirkning på en fasade i 10 meters høyde under vanlige forhold, overstiger hyppigheten av slike belastninger. En belastning på 50 kp anses derfor som betryggende på den prøvede skruen under tilsvarende betingelser som beskrevet. Ut i fra de fore-

Tabell 2

Prøvningsresultater ved bestemmelse av uttrekkskraft for 2" treskrue nr. 10

		Densitet, g/dm ³	Fukt- innhold, % av tørr vekt	Dynamisk prøve					Statisk prøve				Brudd- last, kp	
				Uttrekk i 1/100 mm etter antall svingninger à 50 kp					Uttrekk i 1/100 mm ved belastning i kp					
				1	500	1000	3600	7200	50	100	150	200		
Serie 1	\bar{x}	403	14,3							2,3	5,6	10,5	27,2	239
	s	35	0,6											13
	v	8,5 %	4,2 %											5,5 %
	n	5	5							10	10	10	10	
Serie 2	\bar{x}	399	14,9	4,2	4,8	5,1				2,6	5,2	9,0	21,9	269
	a s	24	0,2											48
	v	6,0 %	1,3 %											17,9 %
	n = 10													
Serie 2	\bar{x}	»	»							2,1	4,2	6,7	17,5	269
	b s	»	»											50
	v	»	»											18,5 %
	n = 10													
Serie 3	\bar{x}	389	14,4	4,1			4,9	5,1		3,0	5,8	10,2	26,0	244
	a s	56	0,3											38
	v	14,5 %	2,3 %											15,6 %
	n = 10													
Serie 3	\bar{x}	»	»							2,9	6,0	10,5	35,9	238
	b s	»	»											47
	v	»	»											19,8 %
	n = 10													

Notater: a = skruer utsatt for dynamisk belastning før de ble trukket ut statisk

b = skruer kun utsatt for statisk belastning

\bar{x} = middeltall

$$s = \text{spredning, } s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$$v = \text{variasjonskoeffisient, } v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

n = antall målinger

tatte forsøk kan man imidlertid ikke slutte seg til hvilken sikkerhet man har mot uttrekk ved vekslende last. Dette kan undersøkes ved å utføre tilsvarende forsøk ved øket belastning. Det vil også være ønskelig å kombinere dynamisk aksial belastning og statisk sidelast.

5. Teoretisk beregning av uttrekkskraft

5.1 Spenningsfordelingen rundt en treskrue

For å få bedre kjennskap til hvordan spenningsfordelingen rundt en treskrue er, ble det utført prøver med skruene innskrudd i et spenningsoptisk materiale. Til dette ble

brukt en 1/4" plate av plastmaterialet CR 39 med dimensjoner 15 x 20 cm.

Modellen ble plassert i polariskop og belastet med 50 kp. De sorte linjene i Fig. 4 angir punkter på modellen som har like store skjærspenninger. Det er regnet med de største skjærspenninger som opptrer i punktene uten hensyn til deres retning. I denne prøven ble det brukt monokromatisk, sirkulært polarisert lys. Ved i stedet å bruke hvitt, planpolarisert lys kan også hovedspenningsretningene og derved retningene for største opptredende skjærspenninger finnes.

Hovedspenningsretninger rundt en strekkbelastet skrue i et homogent materiale er på grunnlag av disse

forsøkene tegnet opp i Fig. 5. Spenningsstrasjektoriene som er tegnet inn her har i hvert punkt samme retning som hovedspenningene.

Skjærspenningene parallelt med skrues lengdeakse og vertikale strekkspenninger i et snitt like nedenfor skruespissen er vist i Fig. 6 a. Like under skruespissen vil det oppstå en kraftig spenningspiss. Hvis skruen hadde vært plassert i et tremateriale på tvers av fiberretningen ville det sannsynligvis ha oppstått en sprekk. For å etterlikne dette forløpet er det laget et hull i modellen like under skruespissen. Den fordeling av skjærspenninger som er vist i Fig 6 a går da over til å bli nær parabelformet, Fig. 6 b.

5.2 Formel for uttrekkskraft

På grunnlag av de antakelser om spenningsfordelingen rundt en treskrue som er gjort ovenfor kan følgende formel settes opp:

$$P_{Br} = \frac{2}{3} h \cdot \pi \cdot d \cdot \tau_{Br}$$

$$= 2,1 \cdot h \cdot d \cdot \tau_{Br}$$

hvor h = innskruingslengde
d = skruediameter

τ_{Br} = skjærbruddspenning

Verdien for τ_{Br} kan variere nokså meget. Granum og Lundby [6] oppgir følgende verdier:

	Middeltall	Yttergrenser
Gran	76 kp/cm ²	40—120 kp/cm ²
Furu	100 kp/cm ²	40—120 kp/cm ²

Formelen er basert på en forboringsdiameter lik skruens kjernediameter. Hvis forboringsdiameteren gjøres mindre vil det oppstå en trykk-kraft radielt inn mot skruen. Denne trykk-kraften vil øke materialets skjærkapasitet. Undersøkelser utført av Nevander [7] viser at for gran og furu er den optimale forboringsdiameter 0,5 x kjernediameteren, og at P_{Br} da kan økes med en faktor $k_1 = 1,1 - 1,2$.

Formelen for P_{Br} blir da:

$$P_{Br} = 2,5 \cdot h \cdot d \cdot \tau_{Br}$$

Dersom trematerialet er fuktig vil bruddlasten reduseres. Svensk Byggnorm 67 [2] regner med en reduksjonsfaktor på 0,6.

6. Sammenlikning med tidligere utførte prøver

Foslie [8] har gjort forsøk med uttrekkskraft for treskruer i gran og furu. Resultatene er satt opp i Tabell 3 og sammenliknet med de verdier som kan finnes ved hjelp av formelen ovenfor.

Det viser seg at overensstemmelsen med de korte skruene er relativt god. For de lengre skruene kan prøvingsmetoden ha spilt inn. Dersom prøvestykket under forsøket er holdt fast med en kraft påsatt i nærheten av skruen vil man ikke lenger ha det parabelformede spenningsforløp som er skissert i Fig. 6 b. I ekstreme tilfeller kan spenningsfordelingen være parabelformet ved skruespissen og konstant lik skjærspenningens maksimale verdi ved øvre halvdel av skruen.

Formelen for bruddlast blir da, forutsatt optimal forboringsdiameter:

$$P_{Br} = 3,1 \cdot d \cdot h \cdot \tau_{Br}$$

For den største skruen i Tabell 3 vil dette gi en bruddlast på 342 kp, målt bruddlast var 357 kp.

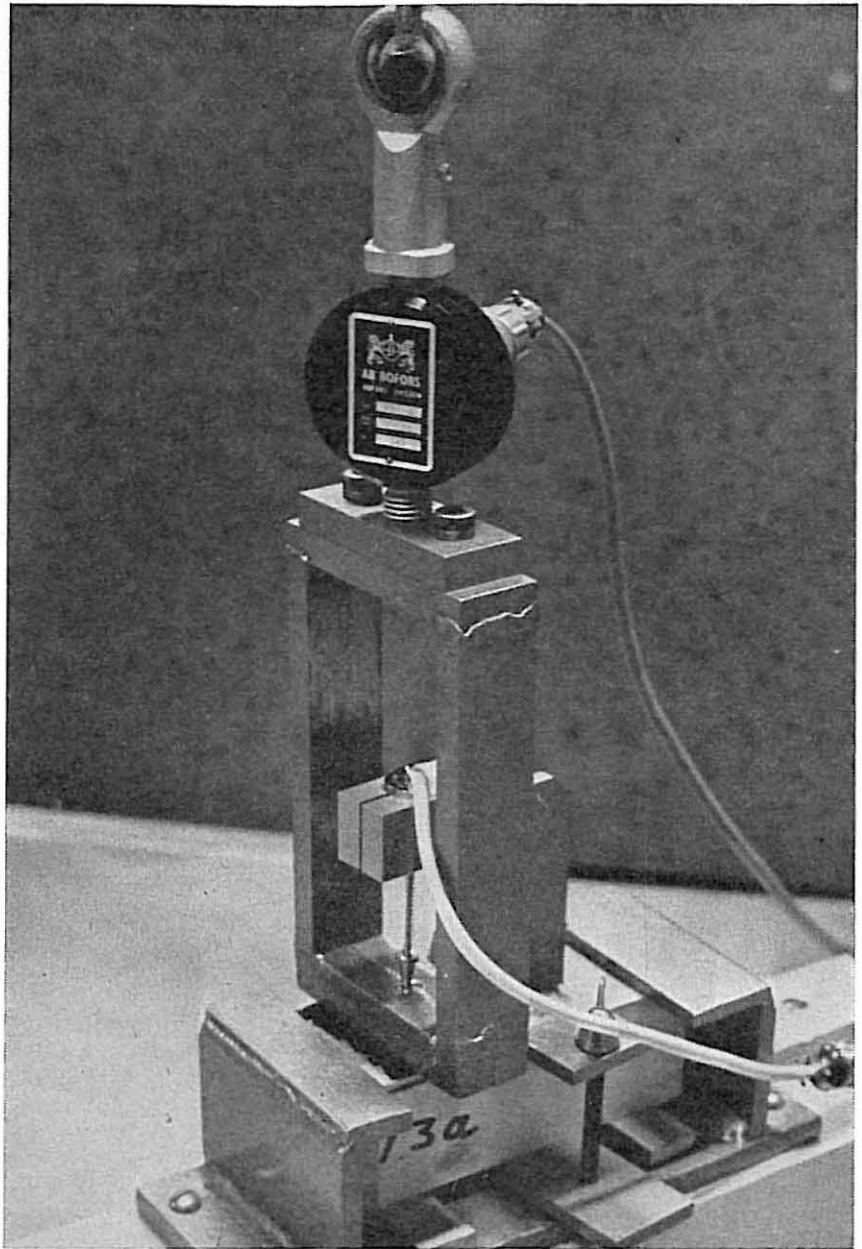


Fig. 3. Undersøkelse av uttrekk ved vekslende aksial belastning.

Tabell 3

Sammenlikning av uttrekkskraft målt ved prøvning og beregnet etter formelen $P_{Br} = k_1 \cdot h \cdot d \cdot \tau_{Br}$

l	Skruer		Uttrekkskraft, kp	
	d, cm	h, cm	Prøvet	Beregnet
3/4"	0,39	1,2	85*	89
1 1/2"	0,27	2,4	158*	127
1 1/2"	0,39	2,3	197*	170
1 1/2"	0,62	2,6	287*	302
2 1/2"	0,39	3,7	357*	274
2"	0,46	2,8	252**	270

* Foslie [8]
(gran)
k = 2.5

** NBI
(furu)
k = 2.1

7. Konklusjon

Prøver med vekslende aksiallastning i området 0—50 kp ga meget lite uttrekk etter 7200 lastvekslinger ($< 0,1$ mm).

Ved måling av den statiske uttrekkskraft ble det målt en midlere bruddverdi på 252 kp. Bruddlasten viste ingen tendens til å avta etter 1000, respektive 7200 lastvekslinger.

På grunnlag av teoretisk undersøkelse av spenningsfordelingen rundt en treskrue er følgende formel for bruddlast ved statisk uttrekking satt opp:

$$P_{Br} = k \cdot h \cdot d \cdot \tau_{Br}$$

hvor k = faktor lik 2,1 for forboringsdiameter lik skruens kjernediameter 2,5 for optimal forboringsdiameter (for gran og furu 0,5 x kjernediameteren)

h = innskruingslengde (cm)

d = skruens diameter (cm)

τ_{Br} = skjærbruddspenning parallelt med fibrene.

(for gran $\tau_{Br} = 76$ kp/cm²,

furu $\tau_{Br} = 100$ kp/cm²)

Formelen ser ut til å kunne gi relativt brukbare verdier for beregning av uttrekkskraften, men prøvematerialet er for lite til å trekke sikre konklusjoner om dette.

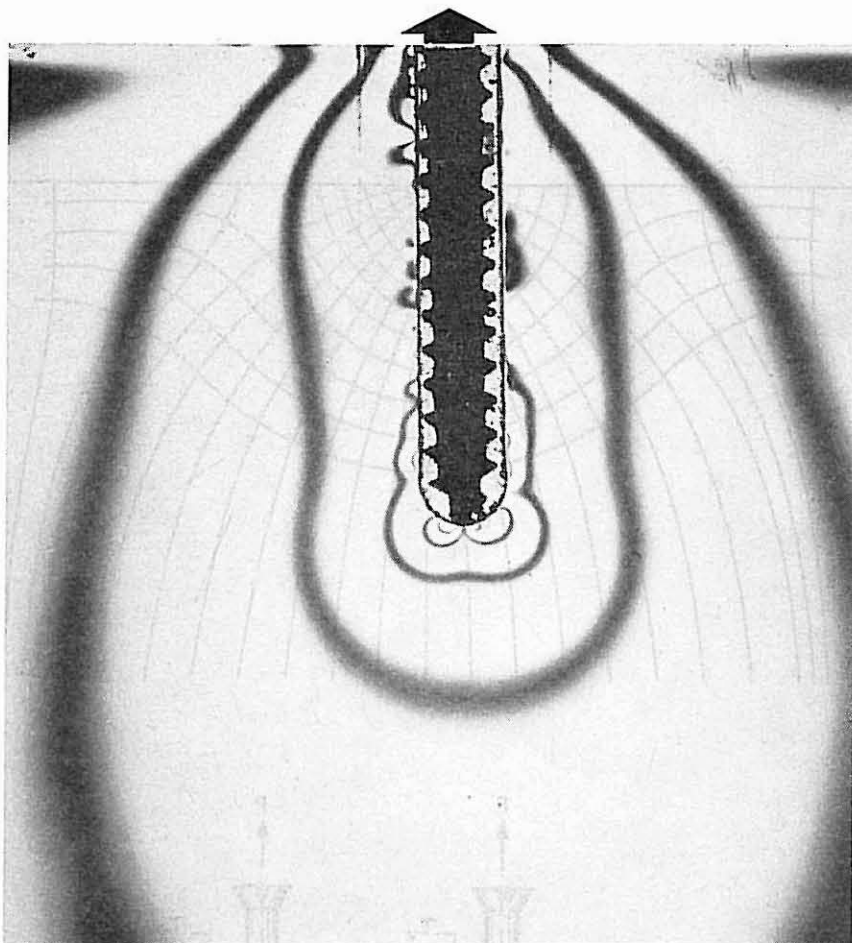


Fig. 4. Skruer utsatt for aksiallastning sett gjennom polariskop.

Litteraturreferanser

[1] Reuter, H. Über den Ausziehwi-
derstand von Senkholzschrauben
bei der Palettenfertigung. Mo-
derne Holzverarbeitung, nr. 12,
1966, s. 770—775.

[2] Statens planverk. Svensk bygg-
norm 67. Stockholm 1967.

[3] Forest Products Laboratory, Ma-
dison, Wisc. Wood handbook.
Washington D.C. 1955.

[4] Nordiske komité for bygnings-
bestemmelser. Felles nordiske
retningslinjer for lette ikke-bæ-
rende yttervegger; godkjent de-
sember 1965. Oslo 1966 (Skrift, 5)

[5] Kommunal- og arbeidsdeparte-
mentet. Byggeforskrifter av
(Forslag) Oslo 1966.

[6] Granum, Hans og Lundby, Sven
Erik. Trehus 1965. Oslo 1964.
(Norges byggforskningsinstitutt,
Håndbok 17)

[7] Nevander, Lars Erik. Hållkraft
hos träskruv. Byggmästaren, b.
28, 1949, nr. 19, s. 409—412.

[8] Foslie, Michael. Uttrekkskraft
for trådstift og uttrekkskraft for
treskruer. Oslo 1967. (Norsk tre-
teknisk institutt. Utredning, 37).

Figurene 5, 6 a og b er plassert på
neste side

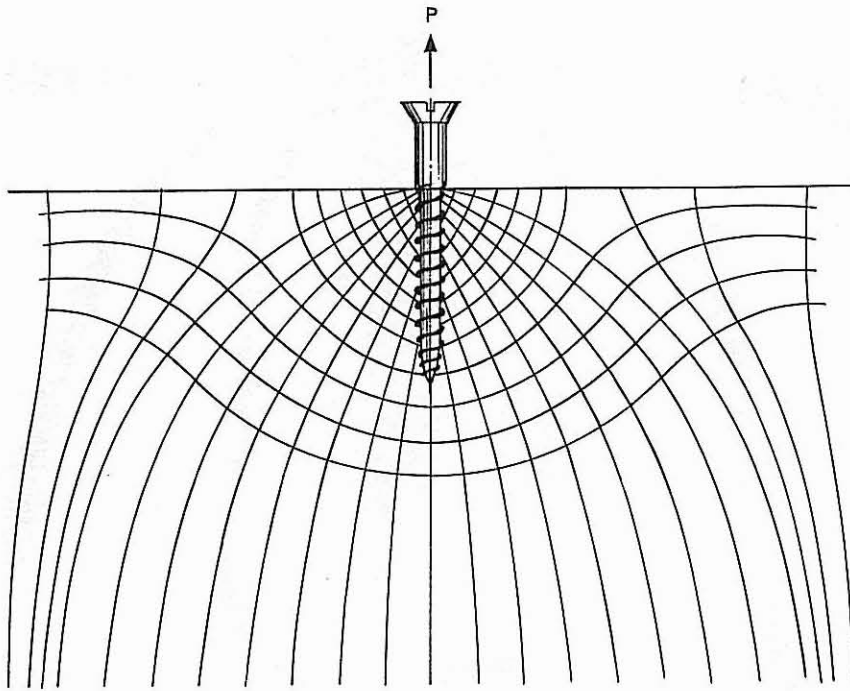


Fig. 5. Spenningstrajektoriene for aksialbelastet treskrue i et homogent materiale.

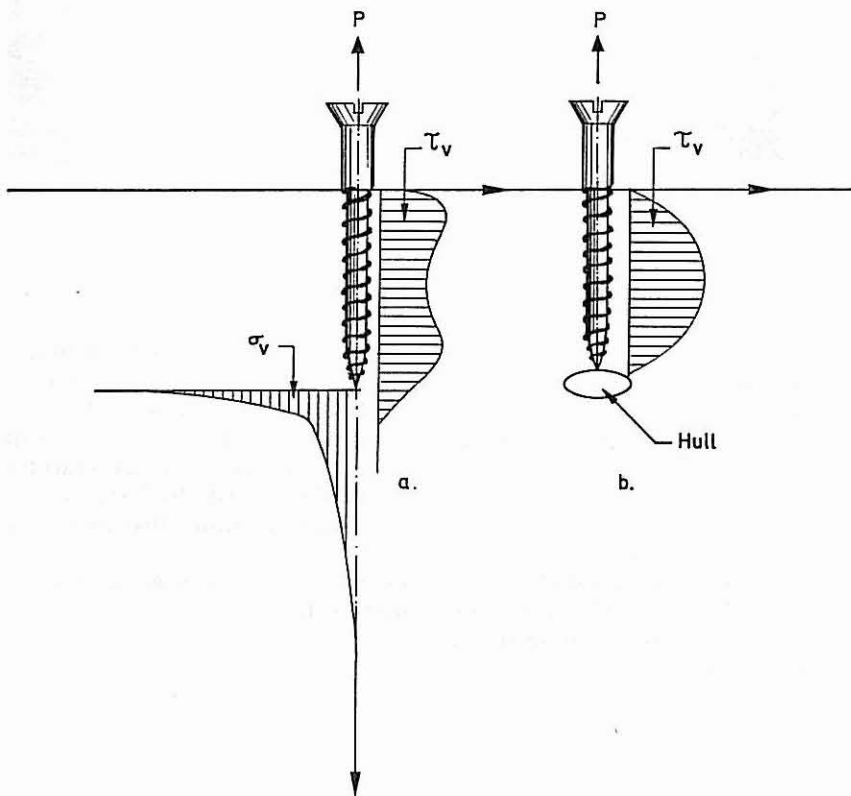


Fig. 5. Spenningstrajektoriene for og skjærspenninger rundt en treskrue i homogent materiale.

Fig. 6 b. Skjærspenninger etter oppsprekking ved skruespiss.

Særtrykk fra «Byggmesteren» nr. 12/1969

Omslaget trykt i J. Petlitz Boktrykkeri (Rolf Rannem), Oslo