

# SPIKERLIMTE TREKONSTRUKSJONER

**Praktisk utførelse — Knutepunkters styrke —  
Kryssfinérs skjærfasthet**

AV

*Hans Granum, Johannes Moe og Jan Sivertsen*

OSLO 1962

---

Særtrykk av BYGG nr. 9 og 10, 1961

# SPIKERLIMTE TREKONSTRUKSJONER

## I.

*Professor Hans Granum:*

«Spikerlimte trekonstruksjoner med knuteplater eller  
stegplater av kryssfinér»

## II.

*Dr. techn. Johannes Moe:*

«Spikerlimte fagverksknutepunkter»

## III.

*Professor Hans Granum og laboratorieingeniør Jan Sivertsen:*

«Skjærfasthet i norsk kryssfinér av furu»

# Spikerlimte trekonstruksjoner med knuteplater eller stegplater av kryssfinér

Av professor Hans Granum, NTH

624.011.1

Denne artikkel bør sees i sammenheng med de to artikler om kryssfiner og fagverksknutepunkter som er med i dette særtrykket. Mens disse vesentlig behandler de konstruktive elementer og deres styrkeegenskaper, gir nedenstående artikkel en systematisk oversikt over denne konstruksjonstypes muligheter i det hele.

Red.

størrelsesorden 8—12 m. I slike tilfelle kan de til gjengjeld ofte gi billigere og mere hensiktsmessige løsninger enn noen annen form for bærekonstruksjon.

I stålkonstruksjoner er som kjent knuteplater og steg av tynne stålplater mye brukt, og gir ofte svært greie løsninger både for de sveisete og naglete konstruksjoner. I bærende trekonstruksjoner foreligger tilsvarende muligheter for utforming av fagverk og I-bjelker med knuteplater eller stegplater av kryssfinér eller lignende platematerialer. Slike konstruksjoner har hittil vært lite brukt her i landet, — og i de tilfelle hvor de er blitt brukt, har det gjerne vært tale om spiker som forbindelsesmiddel.

Det er ved forsøk og praktisk erfaring brakt på det rene at knuteplater, stegplater, lasker etc. kan festes til staver eller gurter ved hjelp av kaldvannslim med en glissen spikring som eneste middel til å skaffe press i herdetiden [1] [2]. Dette gir forbindelser som blir vesentlig mere effektive enn rene spikerforbindelser, — og samtidig er de enkle og billige å utføre. I to etterfølgende artikler i dette særtrykket er det gjort rede for styrkeegenskapene ved slike limforbindelser og for skjærfastheten hos kryssfinér.

I denne artikkel skal kortfattet gjøres rede for karakteristiske trekk ved enkelte typer av slike konstruksjoner og vises noen eksempler på utførte eller planlagte konstruksjoner av forskjellig slags.

Konstruksjoner av denne typen er mest konkurransedyktige for relativt små spennvidder og belastninger, — slik som takkonstruksjoner for boliger, lagerhus, fabrikklokaler o. l. med fri spenn av

## Fagverk.

Sammenføyninger av stavene kan skje med enkle eller dobbeltsidige knuteplater av kryssfinér som spikerlimes til stavene. Det er en vesentlig fordel både ved fremstillingen og senere ved bruken i bygget at stavene kan legges i ett plan. Ved fagverk sammenføyet med spiker eller bolter og dybler på vanlig måte må stavene legges om hverandre. Dette krever større lengder av stavene, kraftoverføringen blir eksentrisk, og det kan ofte bli nødvendig å overdimensjonere stavene for å få plass for sammenføyingsmidlet eller for å få den nødvendige symmetri. Lasker og skjøter med slike metalliske forbindelsesmidler blir lange. Da svikten er relativt stor ved tillatt belastning for metalliske forbindelsesmidler — ofte opptil ca 1 mm — vil nedbøyninger og andre deformasjoner bli betydelige.

En stor del av disse ulemper faller bort ved å bruke limte knuteplater og lasker. Stavene kan legges i samme plan, og overdimensjonering p. g. a. forbindelsesmidlet er unødvendig. På den annen side vil stavenes dimensjoner bli mere begrenset, da store tykkelser og bredder er uheldige eller ubrukelige ved limte forbindelser. Det er særlig dette moment som gjør at slike konstruksjoner egner seg best for moderate spennvidder og belastninger.

Fig. 1 viser en frittstående takkonstruksjon med spikerlimte knuteplater for et vanlig bolighus.

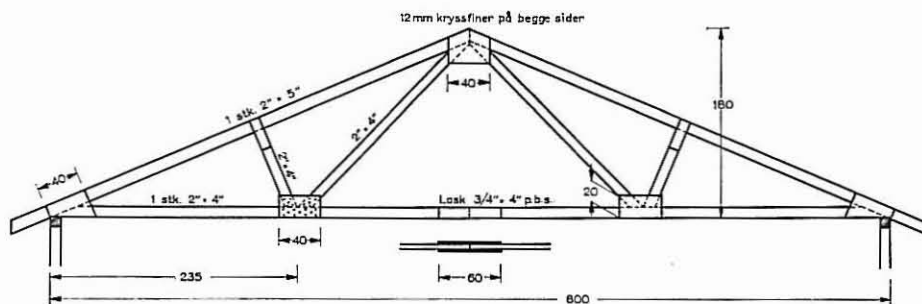


Fig. 1. Frittstående konstruksjon. c/c = 1,0 m.



Fig. 3 a. Tak over trelastlager.

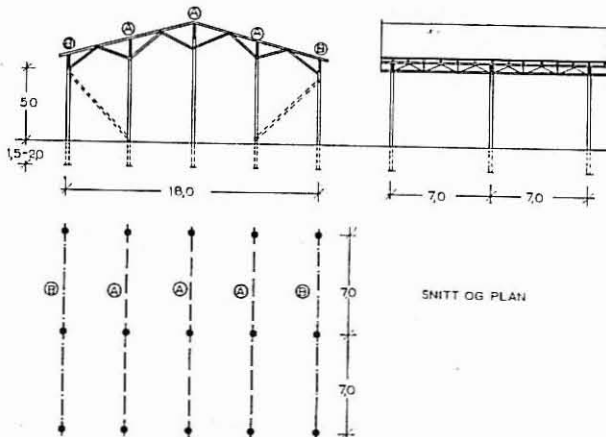


Fig. 3 b. Konstruksjonstegning av trelastlageret vist i fig. 3 a.

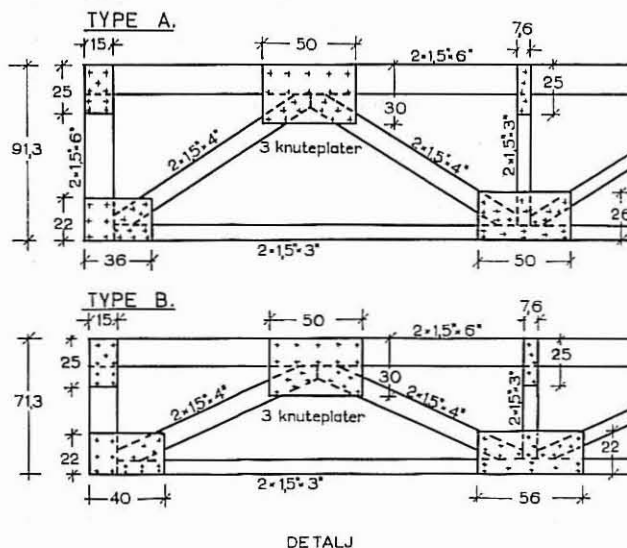


Fig. 3 c. Detalj av fagverksbærere for tak over trelastlager.

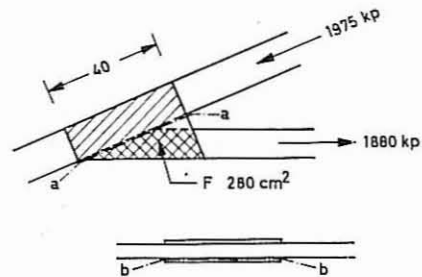


Fig. 2. Fotpunkt av fagverk i fig. 1.

Med dagens priser (Trondheim våren 1961) vil materialomkostningene for denne konstruksjon være:

Trelast (høvlet), inkl. spill . . . ca. kr. 61,—
Kryssfinér AX-100, inkl. spill » » 23,50 (26 %)
Lim + stift . . . . . » » 6,50

Sum ca. kr. 91,00

Det fremgår av dette at kryssfinéret utgjør en betydelig del av materialomkostningene. Et tilsvarende fagverk utført med vanlige spikrede forbindelser, eller med bolter og dybber, vil derfor ikke gi større samlede materialomkostninger selv om trelastforbruket blir ca. 20 % større. Fordelene ved å bruke spikerlimte forbindelser ligger i at konstruksjonene blir enklere å fremstille, blir penere, betydelig stivere og dessuten gir bruksmessige fordeler ved at alle staver kan ligge i samme plan.

Beregninger av et enkelt knutepunkt, f. eks. fotpunktet i fig. 1 kan se slik ut:

Spikerlimt knutepunkt.

Skjærspenning  $\tau_{\perp}$  i snitt a—a (fig. 2):

$$\tau_{\perp} = \frac{1975 \text{ kp}}{2 \times 1,2 \times 40 \text{ cm}^2} = 20,7 \text{ kp/cm}^2$$

( $\tau_{\perp \text{ till}} = 25 \text{ kp/cm}^2$ )

Skjærspenning  $\tau_r$ , flate F i undergurt (snitt b—b):

$$\tau_r = \frac{1880 \text{ kp}}{2 \times 280 \text{ cm}^2} = 3,4 \text{ kp/cm}^2$$

( $\tau_r \text{ till} = 4 \text{ kp/cm}^2$ )

Ved enkelte knutepunkter kan det også være aktuelt å kontrollere strekk- eller trykkspenningene i det ugunstigste snitt i kryssfinéret. For krefter i fiberretningen for ett av skiktene er det rimelig å regne med 60 å 80 kp/cm<sup>2</sup> for hele kryssfinéretverrsnittet, for andre kraftretninger noe mindre.

Fig. 3 viser tak over trelastlager utført med bærere av spikerlimte fagverkskonstruksjoner.

Fagverk av denne type blir som nevnt stive og gir langt mindre nedbøyninger enn fagverk med bolter og dybber eller spiker. Det vil selvsagt bli visse tilleggsspenninger på grunn av stivheten i knute-

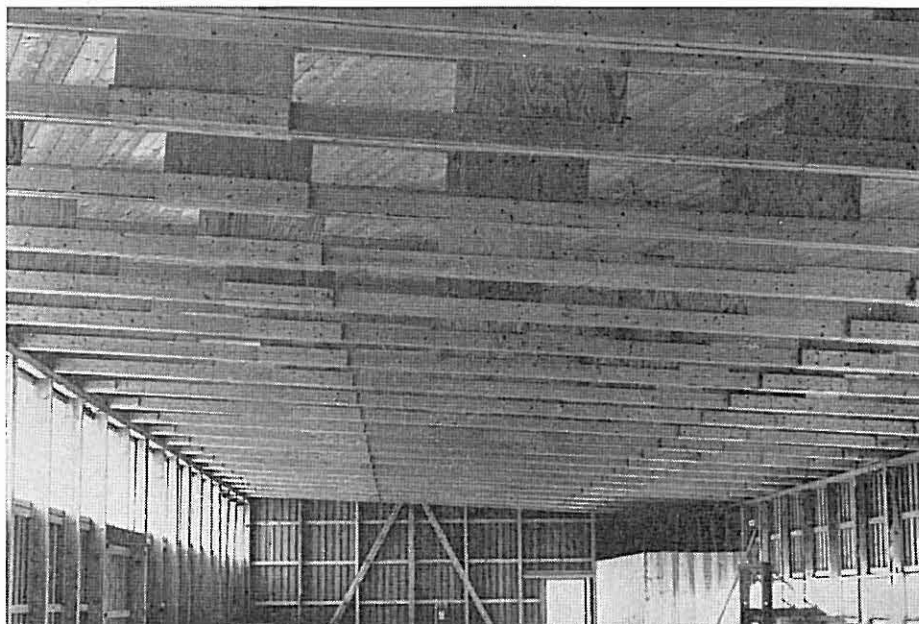
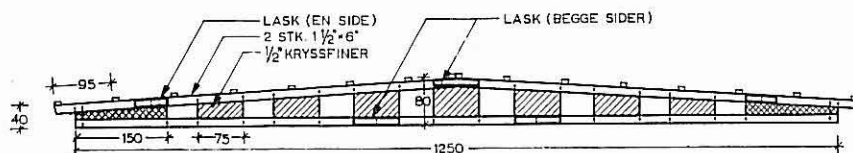


Fig. 6. Takkonstruksjon i sagbruksbygning.  $c/c = 1,0$  m. Vindavstivningen er utført med skråtliggende takbord.

Fig. 5. Takkonstruksjon av samme type som i fig. 4, men med større spennvidde og senteravstand.



punktene, — men i vanlige tilfelle skulle det ikke være nødvendig å ta hensyn til dette ved beregningen.

#### I-bjelker o. l.

I mange tilfelle kan det være fordelaktig å utføre mindre bærekonstruksjoner som I-bjelker med helt eller gjennombrutt steg. Særlig kan det være aktuelt å bruke slike konstruksjoner ved tak som skal ha liten helning, hvor konstruksjonshøyden er begrenset, eller hvor det legges særlig vekt på utseendet.

Fig. 4 viser en frittstående takkonstruksjon for et vanlig bolighus, — spennvidde ca. 7,7 m, centeravstand 60 cm.

Fig. 5 viser tilsvarende forslag til takkonstruksjon med spennvidde 12,5 m og centeravstand 1,25 m.

Fig. 6 er et fotografi av takkonstruksjon i en sagbruksbygning med pulttak, — spennvidde ca. 10 m og centeravstand 1,0 m.

I alle disse tilfelle er konstruksjonene beregnet som en vanlig I-bjelke med helt steg. Da steget er gjennombrutt, vil det naturligvis i virkeligheten bli visse tilleggsspenninger og litt større nedbøyninger enn for hele bjelker. Så lenge åpningene i steget ikke er særlig store, vil tilleggsspenningene ikke bli så farlige. For konstruksjonen vist i fig. 6. (Norges Trelastskole, Lillestrøm) ble det utført prøvebelastning med måling av nedbøyninger. For konstruksjoner som vist i fig. 4 er det også blitt utført

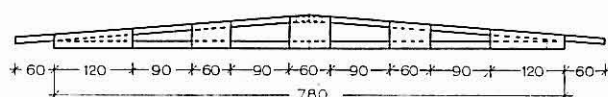


Fig. 4. Frittstående takkonstruksjon for vanlig bolighus.

en rekke prøvebelastninger, både kort-tids og lang-tidsprøvinger.

Alle prøvninger har vist at slike konstruksjoner beregnet på ovennevnte primitive og enkle måte, med vanlige tillatte spenninger for trevirket i gurtene, og de tillatte skjærspenninger i limfuger og kryssfinér som er omtalt i etterfølgende artikler, gir tilfredsstillende sikkerhet mot brudd.

Konstruksjoner av denne type kan også tenkes utført og beregnet som Vierendeel-bærere, cfr. fig. 7. Det er også utført prøvebelastninger av slike med tilfredsstillende resultat. [4].

#### Treleddbuer og rammer.

Selvsagt er det også mulig å bruke spikerlimte knute- eller stegplater for buer og rammer av forskjellig slag. Fig. 8 viser konstruksjonstegninger for en treleddbue av denne type — takkonstruksjoner for et trelastlager. Fig. 9 er et fotografi av de utførte konstruksjoner som nå har vært i bruk 3—4 år uten tegn på svikt av noen art, tiltross for at det her ikke ble brukt kryssfinér med vannfast lim.

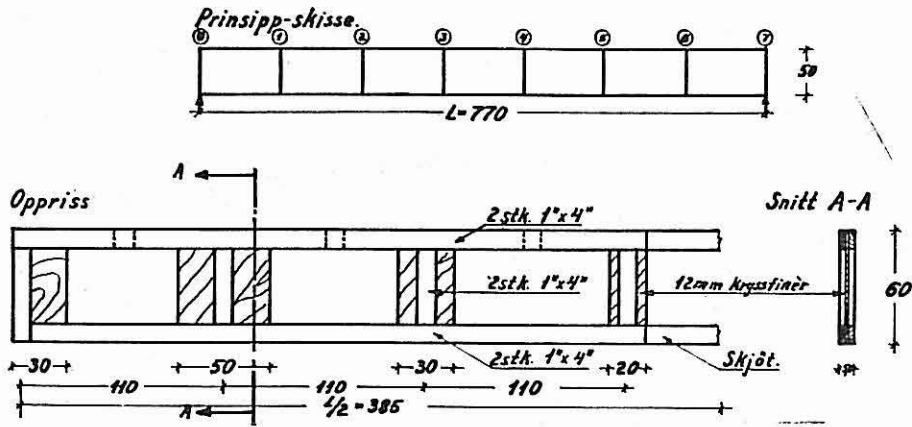


Fig. 7. Vierendeeldrager.

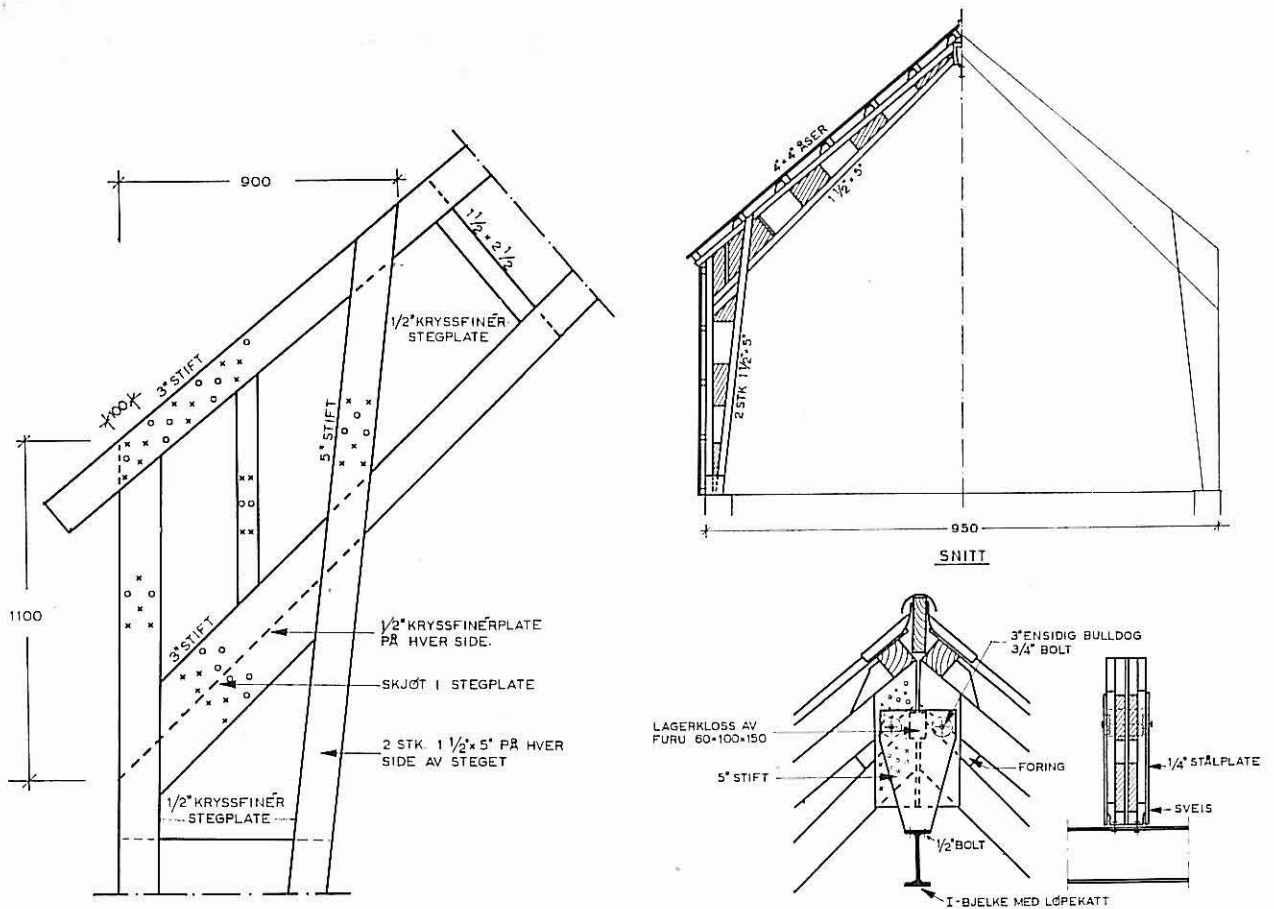


Fig. 8 (over og til venstre):  
Konstruksjonstegninger for treleddbue, brukt som takkonstruksjon for et trelastlager.

Fig 10 viser forslag til utførelse for et kirketak (innkledd treleddbue). Det skulle ikke være noe i veien for å bruke slike konstruksjoner også i rammer, f. eks. som vist i fig. 11.

Det en hittil har manglet for å kunne bruke slike konstruksjoner i større utstrekning, er konstruksjonsregler og oppgaver over tillatte påkjenninger i limfuger og kryssfinér.

Med det materiale som nå foreligger, og som er redegjort for i etterfølgende artikler, skulle det være et brukbart grunnlag til å utbygge forskrif-

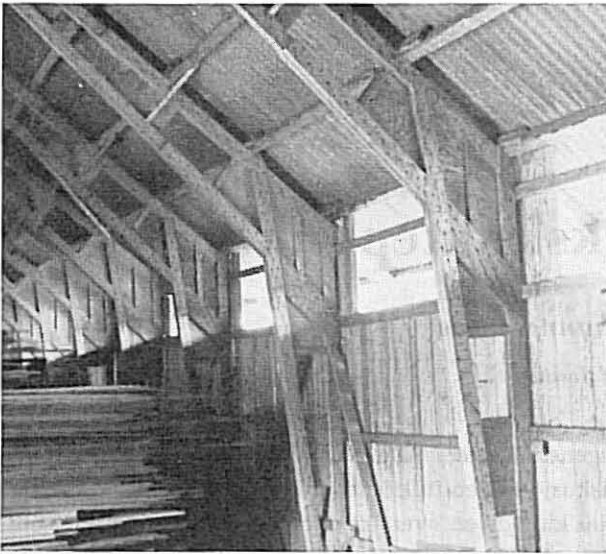


Fig. 9. Fotografi av samme takkonstruksjon som vist i fig. 8.

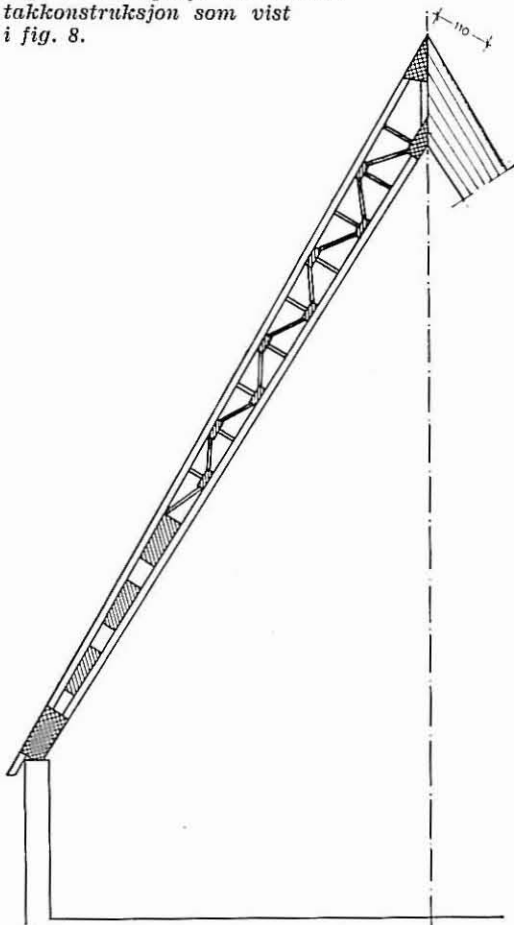


Fig. 10. Konstruksjon som er foreslått brukt for kirketak. (Innkledd treleddbue).

tene om trekonstruksjoner, NS 446, med de nødvendige bestemmelser for denslags konstruksjoner, slik at de kunne komme i alminnelig bruk. Det sikreste vil naturligvis være leveranse fra fabrikker som er vant med limte trekonstruksjoner. Det trenges imidlertid ikke nevneverdig spesialutstyr for fremstillingen av spikerlimte konstruksjoner. Mindre konstruksjoner kan faktisk lages av hvem-

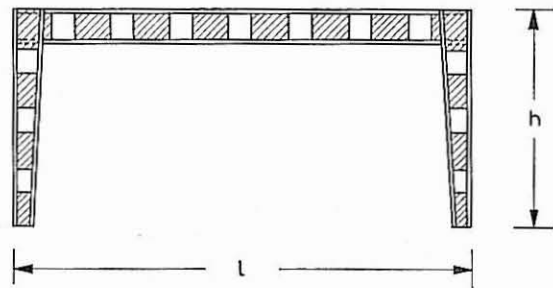


Fig. 11. Ramme med tilsvarende utførelse som treleddbuen i fig. 10.

somhelst som har et overtekket skur hvor produksjonen kan foregå. Som overalt hvor det brukes liming, krever arbeidet en viss kunnskap om trevirkets egenskaper og omhu ved fremstillingen. Det er viktig at trevirket er skikkelig tørt, — selv om det ikke kreves kunstig tørket virke overalt. Trevirket bør være høvlet kortest mulig tid før det brukes, slik at det ikke er deformert ved fuktighetsendringer etter høvlingen. Det bør ikke brukes dimensjoner større enn 2" × 6". Det er viktig at limflatene er skikkelig rene. Ellers er selve limingsarbeidet nokså enkelt når det brukes Kaseinlim, og limet herdner betryggende selv ved temperaturer ned mot frysepunktet.

Materialet i knuteplatene eller stegplatene spiller en avgjørende rolle for slike konstruksjoners effektivitet og økonomi. De typer kryssfinér som finnes på markedet, er i og for seg brukbare, men det ville av flere grunner være ønskelig å få tatt opp spørsmålet om fremstilling av en egen type konstruksjons-kryssfinér. Det er meget mulig at en slik kryssfinér kan bli relativt billigere enn de nåværende typer, bl. a. fordi utseendet spiller mindre rolle.

Det kunne også tenkes at andre platematerialer var brukbare som knuteplater, f. eks. fiberplater o. l. Harde og halvharde trefiberplater med de egenskaper slike plater har hos oss i dag, egner seg dessverre ikke så godt, bl. a. fordi de har en tendens til spalting i plån parallelle med overflaten, og dessuten er svake overfor langvarige påkjenninger. [5]

Etter en del foreløpige undersøkelser ser det ut til at visse typer sponplater kan fremstilles med gode skjærfasthetsegenskaper. Det er imidlertid nødvendig med mere omfattende undersøkelser bl. a. over virkningen av fuktighetsendringer, før en kan si mere om dette.

#### Litteratur:

- [1] H. Granum: Spikerlimte trekonstruksjoner. NBI særtrykk nr. 15, Oslo 1954.
- [2] J. T. Lendrum: Nail-glued Roof Truss Construction: Acceptance of Trusses. Univ. of Illinois 1956.
- [3] Johs. Moe: Spikerlimte fagverksknutepunkter. Bygg nr. 9, 1961.
- [4] Sivertsen og Granum: Skjærfasthet i norsk kryssfinér. Bygg nr. 9, 1961.
- [5] Granum og Vikoren: Spikerfasthet hos trefiberplater og trefiberplater som sideavstivning i bindingsverksvegger. NBI særtrykk nr. 44, Oslo 1960.

# Spikerlimte fagverksknutepunkter

Av dr. techn. Johannes Moe

Norsk Treteknisk Institutt

DK 224.011.1.

## 1. Innledning.

Ved hjelp av anerkjente limtyper og moderne lamineringsteknikk er det mulig å fremstille limfuger med høy styrke og lang varighet. I noen tilfelle kan det imidlertid være en vesentlig ulempe at produksjonen av laminerte konstruksjoner kun kan foregå i bedrifter av en betydelig størrelse som rår over det nødvendige spesialutstyr, såsom tørkeanlegg for trematerialer, høvleri, limspredere, presseutstyr etc. Spørsmålet er da blitt reist om det for relativt underordnede konstruksjoner er mulig å frembringe tilstrekkelig limingsstrykk ved hjelp av spiker.

Dette problem ble nylig gjenstand for en større eksperimentell undersøkelse som her vil bli kort omtalt. Undersøkelsen ble utført som en samarbeidsoppgave mellom Norges byggforskningsinstitutt og Norsk Treteknisk Institutt med finansiell støtte av Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd.

Spikerlimte forbindelser har vært undersøkt tidligere i noen grad og til dels med godt resultat [1]. Formålet med den undersøkelsen som vil bli omtalt her, var å finne ut om det er mulig å fremstille solide spikerlimte fagverksknutepunkter ved bruk av materialer som er lufttørket på vanlig måte og som derfor inneholder den for liming relativt høye fuktighet på ca. 20 %. I tilfelle resultatene ble positive ville det være mulig å fremstille spikerlimte fagverksforbindelser ved meget enkle midler. Det kunne til og med tenkes at arbeidet kunne utføres på byggeplassen.

## 2. Proveserier og prøvningsmetodikk.

Ved produksjon av spikerlimte forbindelser såvel som ved vurderingen av de forsøk som her skal refereres, må man ha for øye det store antall variasjonskomponenter som kommer inn i bildet. Faktorer av den aller største betydning for forbindelsenes styrke er f. eks. limtype, spikertype, treslag, limingstrykk, materialenes overflatebeskaffenhet og fuktighet, relative fiberretninger, klimatiske betingelser og lim-

1) Utdrag av foredrag i Dansk Ingeniørforenings Bygningsingeniørgruppe den 2. mai 1961 om «Laminering og spikerliming».

fugenes arealer. Alle disse faktorer er tatt opp til diskusjon i den fullstendige forsøksrapporten. [2]. Her skal kun gis en oversikt over de prøvebetingelser som ble valgt.

I alt ble det laget ca. 150 prøvestykker av spikerlimte fagverksknutepunkter. Fig. 1 viser hvilke detaljer av et typisk fagverk som er representert ved de valgte prøvestykkene. Det ble laget 6 forskjellige typer av forbindelser slik som vist i figurene 2—7. Typene 1—3 representerer forbindelser mellom 1" × 6" bord og 2" × 6" plank. Typene 4 til 6 representerer tilsvarende forbindelser mellom 2 stk. 2" × 6" plank ved hjelp av kryssfiner knuteplater.

Det ble benyttet vanlig norsk firkant-stift og kasein lim i en mengde som tilsvarer 400 g pr. m<sup>2</sup> limflate. Kryssfineren var av vanlig handelskvalitet men var limt med kunstharpikslim (type A—70). Til typene 4 og 5 ble benyttet 7-lags finer av 12 mm tykkelse, til type 6 ble benyttet 11-lags finer av 18 mm tykkelse. Bord og plank var av gran og ble kjøpt *hovlet* fra et sagbruk nær Oslo.

Hovedserien omfattet i alt 20 prøvestykker av hver av de 6 typene, hvorav 16 ble spikerlimt mens 4 ble presslimt under et trykk på ca. 10 kg pr. cm<sup>2</sup> limfuge. Disse 16 pluss 4 prøvestykker av hver type ble så inndelt i fire undergrupper à fire pluss en prøve som ble gitt forskjellige limings- og herdebetingelser.

Tabell 1 gir en oversikt over alle prøver tilhørende hovedserien med identifikasjonsnummer for hvert prøvestykke. De fire parallell-prøvene har alltid samme nummer med tilføyelse av bokstavene a—d.

Prøvebetingelse A innebærer at produksjon såvel som prøvning skjedde ved 20 % fuktighet i materi-

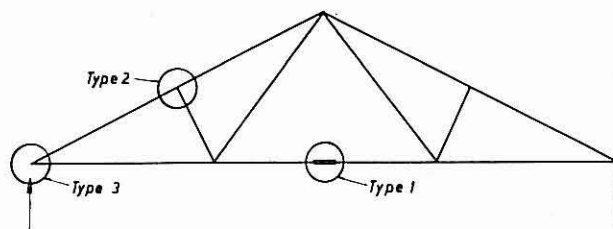


Fig. 1. Typen av knutepunkter som ble undersøkt.



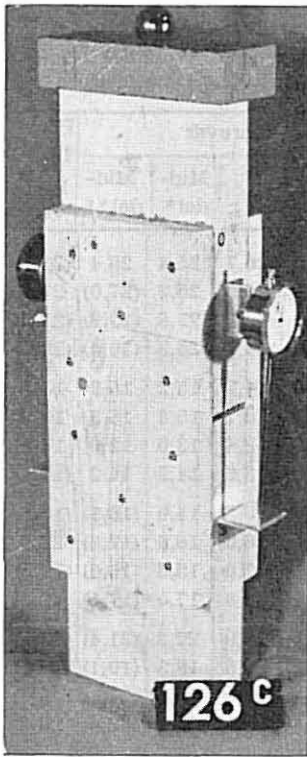


Fig. 2. (type 1)

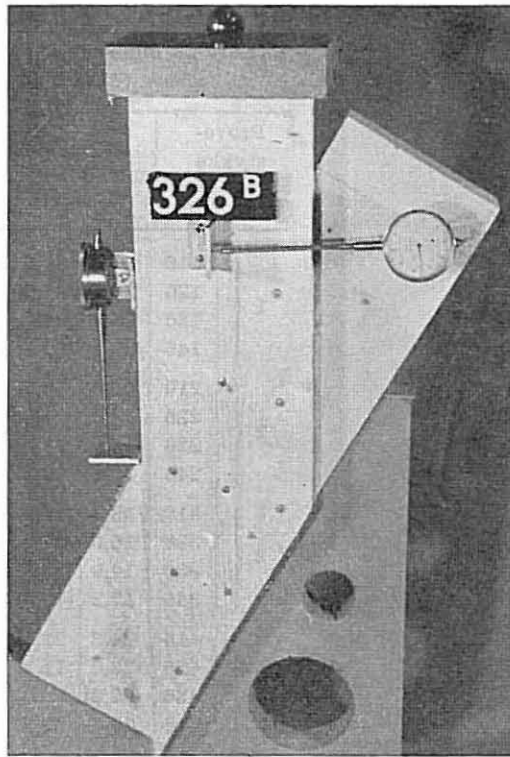


Fig. 4. (type 3)

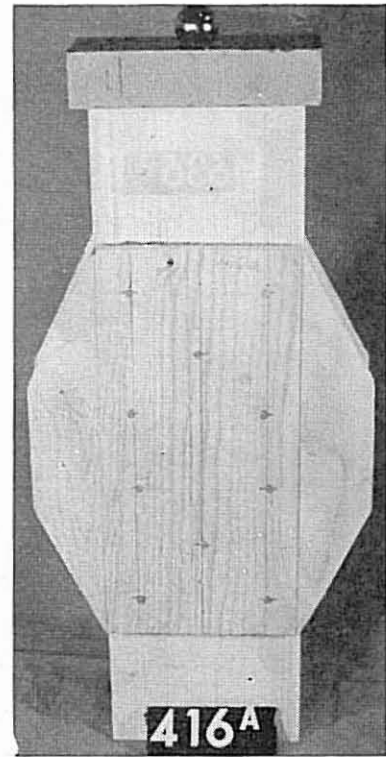


Fig. 5. (type 4)

Figurene på denne side viser typer av provestykker som ble brukt.

Tabell 1. Forsøksplan for spikerliming\*)

Prøve- betingelse	A	B	C	D
Fuktighet ved liming	Plank 20% Bord og finer 20%	Plank 20% Bord og finer 20%	Plank 20% Bord og finer 20%	Plank 20% Bord og finer 12%
Fuktighet ved herdning <sup>1)</sup>	20%	20%	20%	20%
Fuktighet ved prøvning	20%	12%	12%	12%
1	116a—d 156a	126a—d 156b	136a—d 156c	146a—d 156d
2	216a—d 256a	226a—d 256b	236a—d 256c	246a—d 256d
3	316a—d 356a	326a—d 356b	336a—d 356c	346a—d 356d
4	416a—d 456a	426a—d 456b	436a—d 456c	446a—d 456d
5	516a—d 556a	526a—d 556b	536a—d 556c	546a—d 556d
6	616a—d 656a	626a—d 656b	636a—d 656c	646a—d 656d

\*) —16 til —46: spikerlimt  
—56: presslimt

<sup>1)</sup> Prøvebetingelser B og D: Tørring fra 20% til 12%  
Prøvebetingelse C: Vekslede mellom 20% og 12%

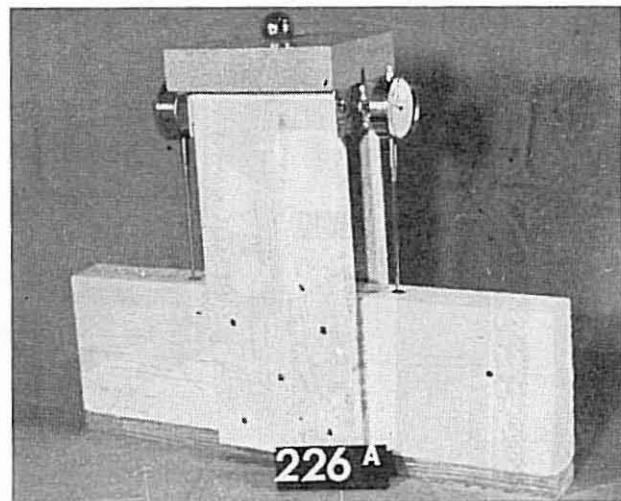


Fig. 3. (type 2)

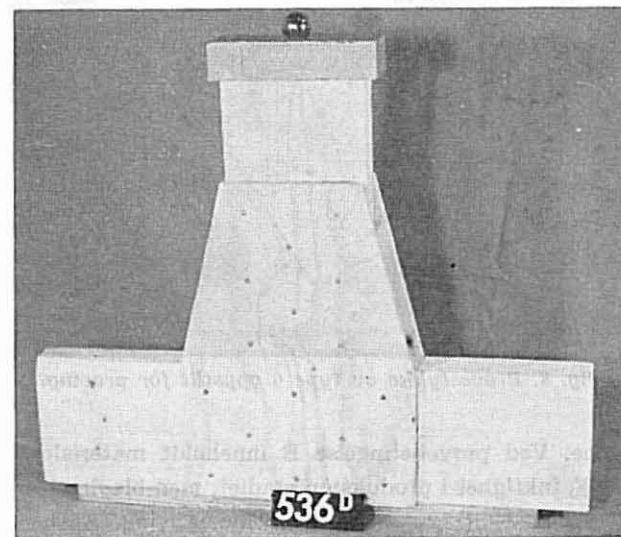


Fig. 6. (type 5)

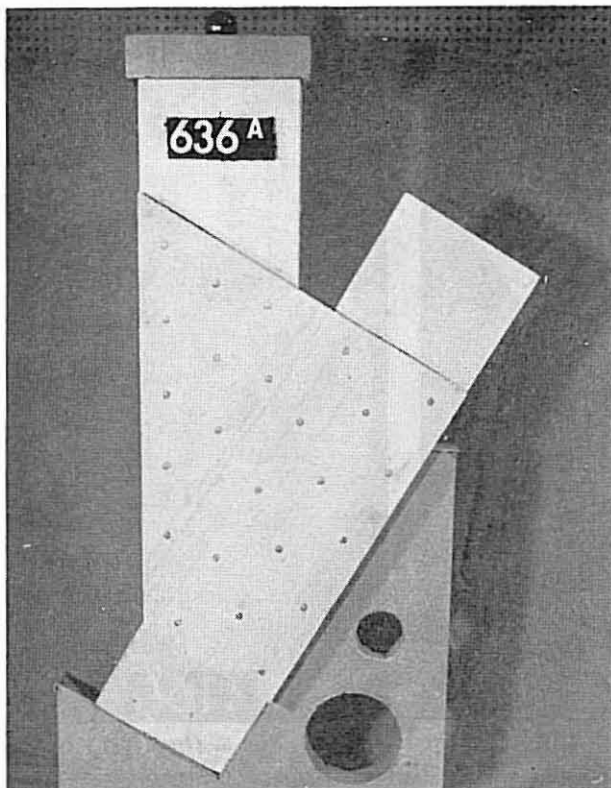


Fig. 7. Provestykke av type 6.

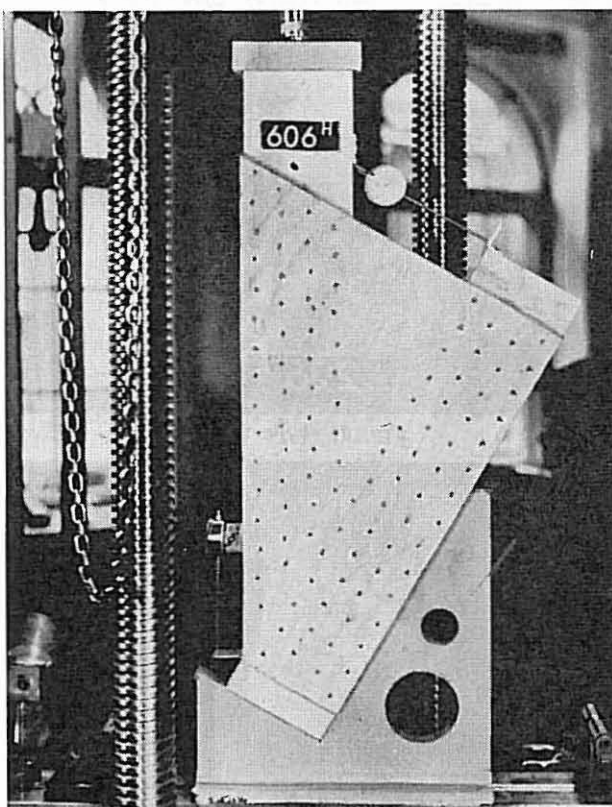


Fig. 8. Provestykke av type 6 oppstilt for prøving.

alene. Ved prøvebetiingelse B inneholdt materialene 20 % fuktighet i produksjonsstadiet, men ble deretter tørket ned til 12 % fuktighet før prøving. Ekstraspenninger på grunn av krympning skulle da være

Tabell 2. Sammendrag av resultater av spikerlimingsforsøk. (Skjærspenninger i limfugen i kg/cm<sup>2</sup>)

Provestykke		Spikerlimte prøver						Presslimte prøver
Type	nr.	a	b	c	d	Mid-del*	Mid-del**	
1	116	20,8	27,6	26,4	26,7	25,4	25,4	(31,8)
	126	26,5	26,6	(32,4)	22,5	25,2	(27,0)	27,0
	136	30,9	(35,1)	27,0	25,5	27,8	(29,6)	(24,8)
	146	(32,7)	(40,5)	23,7	24,9	24,3	(30,5)	(29,0)
2	216	14,0	15,6	17,0	14,3	15,2	15,2	13,7
	226	17,4	14,5	15,7	13,7	15,3	15,3	11,9
	236	13,6	12,1	9,9	12,4	12,0	12,0	11,8
	246	16,1	13,7	13,2	13,6	14,2	14,2	(15,0)
3	316	13,4	(17,5)	(17,1)	16,3	14,9	(16,1)	(15,5)
	326	16,5	(21,5)	(16,5)	16,6	16,6	(17,8)	22,3
	336	14,0	(16,2)	(16,3)	17,6	15,8	(16,0)	(19,5)
	346	17,2	(19,5)	(15,0)	16,8	17,0	(17,1)	(18,2)
4	416	24,2	21,4	(18,9)	20,9	22,2	(21,4)	(25,5)
	426	23,0	11,3	(21,5)	20,5	18,3	(19,1)	(25,3)
	436	(22,2)	18,5	(22,4)	21,2	19,9	(21,1)	(22,0)
	446	19,5	23,2	20,4	24,9	22,0	22,0	26,2
5	516	10,4	11,1	10,0	12,0	10,9	10,9	(10,7)
	526	10,4	12,5	9,6	14,0	11,6	11,6	10,5
	536	11,3	9,9	9,7	10,4	10,3	10,3	7,8
	546	12,7	11,4	9,5	13,9	11,9	11,9	11,2
6	616	14,2	13,6	13,6	15,7	14,3	14,3	17,1
	626	14,4	10,2	16,7	13,2	13,6	13,6	15,9
	636	16,8	11,9	13,5	13,3	13,9	13,9	16,8
	646	16,1	14,3	13,2	14,9	14,6	14,6	(17,8)

\* Inkluderer bare fugebrudd.

\*\* Inkluderer alle prøvestykker.

til stede. Også ved prøvebetiingelse C ble prøvene produsert av materialer med 20 % fuktighet. Her ble prøvene lagret under vekslende klimabetiingelser i ett år før de ble belastet til brudd. Fuktigheten i materialene vekslet i løpet av dette året fire ganger mellom ca. 18 % og ca. 12 %. Prøvningen ble til slutt foretatt ved 12 % fuktighet. Ved prøvebetiingelsen D hadde 2" x 6" plank 20 % fuktighet i produksjonsstadiet, mens 1" x 6" bord og kryssfinerplatene hadde 12 % fuktighet. Hele prøvestykkene ble deretter kondisjonert til 12 % fuktighet før prøvebelastningen.

Alle prøver ble belastet til brudd i en 50 tonns trykkpresse. Fig. 8 viser ett av prøvestykkene tilhørende en forundersøkelse plasert i prøvemaskinen.

### 3. Resultater.

De gjennomsnittlige skjærspenninger i fugene ved brudd er sammenstilt i tabell 2, samt inntegnet på frekvensdiagrammene i figurene 9 og 10. Alle tall i parenteser i tabell 2 representerer prøvestykker hvor brudd skjedde utenfor fugen. Spredningen i resultatene innenfor en og samme type prøvestykker er ikke urimelig stor. En unntagelse danner det ene av prøvestykkene av type 4 hvor bruddet kom ved en last som

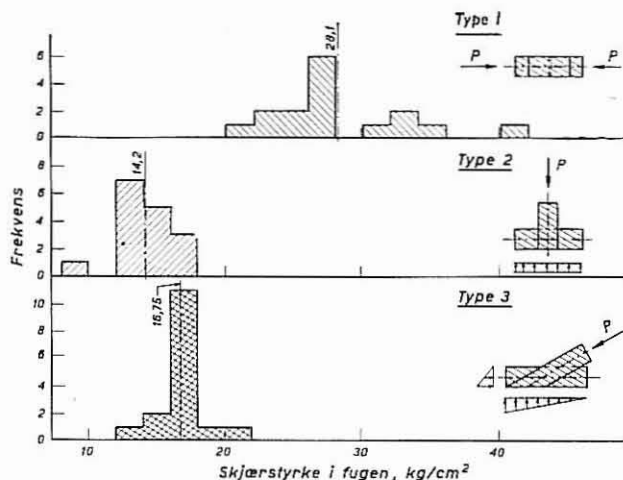


Fig. 9. Frekvensdiagram for skjærstyrken i fugene, type 1-3.

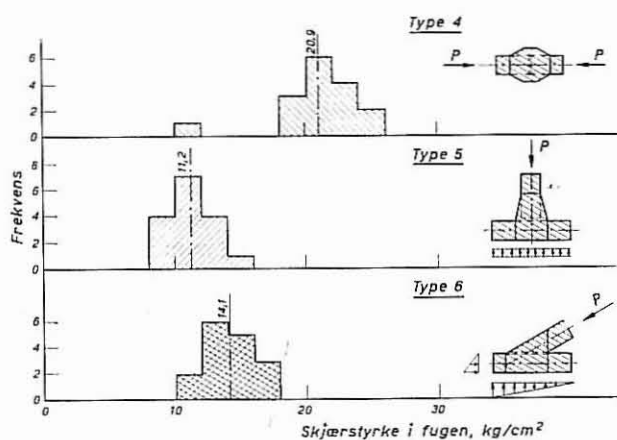


Fig. 10. Frekvensdiagram for skjærstyrken i fugene, type 4-6.

var bare ca. 50 % av gjennomsnittet for vedkommende type. Stor krumning av planken og en lokal svakhet i fineren har trolig forårsaket denne lave styrken. Man konstaterer tildels dårlig limdekning i fugen, men bruddet skjedde i stor utstrekning i fineren der hvor limdekningen var tilfredsstillende.

Prøvetyperne 4-6 som hadde kryssfiner knuteplater, var gjennomsnittlig ca. 20 % svakere enn de øvrige. Dette resultat skyldes finerenes tendens til å spaltes i første fuge innenfor den spikerlimte. En bedre finerkvalitet ville trolig ha rettet på dette forhold.

En større undersøkelse av skjærfastheten i norsk furu kryssfiner er nylig blitt fullført av Sivertsen og Granum [3] ved Norges tekniske høyskole. Disse forsøkene, som er omtalt i siste artikkel i dette særtrykket, viste at fineren ved prøvning av små standardlegemer tålte betydelig høyere skjærspenninger enn tabell 2 antyder. Ved prøvning av spikerlimte forbindelser i full målestokk må en vente en reduksjon i den gjennomsnittlige styrken, delvis på grunn av den ujevne spenningsfordelingen som antas å forekomme i en spikerlimt fuge, og delvis på grunn av prøvestyk-

kets størrelse. Dette forhold har da også Sivertsen og Granum tatt hensyn til ved beregning av tillatelige påkjenninger i fineren.

En fant ingen signifikant forskjell mellom prøvebetingelsene A, B og D. De klimatiske variasjoner under prøvebetingelse C resulterte i en reduksjon av styrken for prøvene av type 2 på ca. 20 % mens de øvrige prøvetyper tilsynelatende var ubeskadiget.

Spikrenes bidrag til bæreevnen av disse forbindelsene er minimalt. Dette illustreres tydelig i fig. 11 som viser deformasjonskurvene for 2 prøvestykker av samme type, men hvor lim ikke er påstrøket fugene ved det ene.

#### 4. Vurdering av resultatene.

Ved utledning av forslag til tillatte skjærspenninger i fugene synes det rimelig å behandle hver type forbindelse for seg. Vi velger å benytte følgende formel

$$\tau_{till} = \frac{1}{1.5} \cdot \frac{9}{16} (\tau_m - 2S)$$

hvor  $\tau_{till}$  er lik tillatt gjennomsnittlig skjærspenning i fugen

$\tau_m$  er middelverdien av de målte bruddspenninger  
 $S$  er observert standard avvikelse fra middelverdien

9/16 er en faktor som tar hensyn til langtidsvirkning  
 1.5 er sikkerhetsfaktoren

Denne beregningsmetode gir følgende tillatte skjærspenninger i fugene:

Forbindelser

- type 1 — 7 kg pr. cm<sup>2</sup>
- type 2 — 4 kg pr. cm<sup>2</sup>
- type 3 — 5 kg pr. cm<sup>2</sup>
- type 4 — 5 kg pr. cm<sup>2</sup>
- type 5 — 3 kg pr. cm<sup>2</sup>
- type 6 — 4 kg pr. cm<sup>2</sup>

Disse verdier er ikke så overveldende høye men dog svært ofte tilstrekkelige til overføring av de opptredende krefter i fagverksknutepunkter.

Nå må det med en gang tas visse reservasjoner overfor de tall som her er oppgitt. For det første må man være oppmerksom på at spikerlimte forbindelser er meget stive. Man vil derfor ved vanlige fagverk få inn en god del sekundære momenter i forbindelsene, og disse forårsaker spenningskonsentrasjoner som det må tas hensyn til. De tillatte spenninger som er angitt ovenfor, må dessuten ikke direkte overføres på forbindelser som er større enn de prøvede. Da spenningene i fugene under ingen omstendighet er jevnt fordelt over hele arealet, men tvertimot sterkt konsentrerte på enkelte partier, finner en alltid at den gjennomsnittlige skjærspenning ved brudd avtar med økende

Norges bygningsvesen

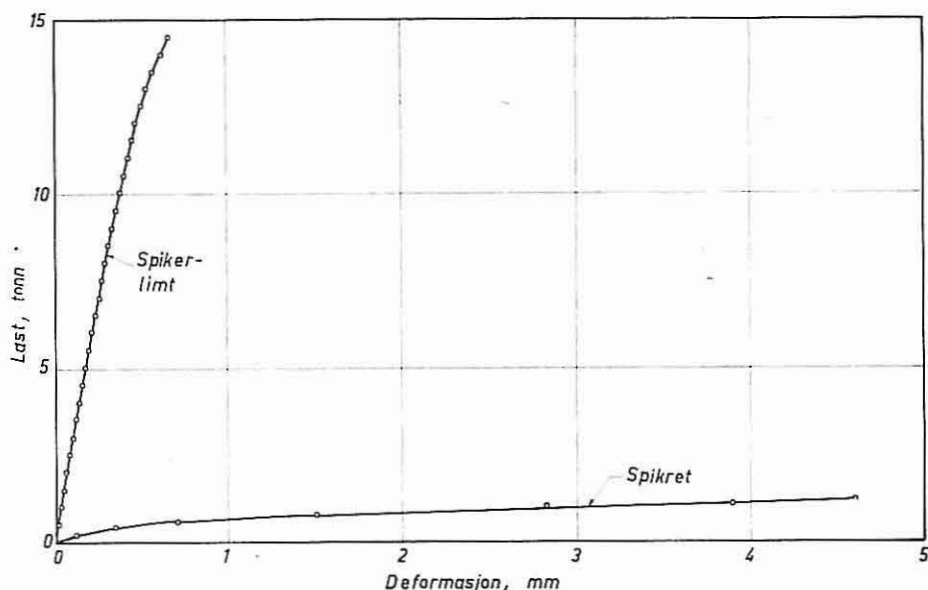


Fig. 11. Deformasjonskurver for spikerlimt og spikret forbindelse av type 1 med samme antall spiker.

størrelse av prøvestykket. Hertil kommer så det forhold at krympningsspenninger på grunn av variasjoner i fuktighet øker med økende fugeareal.

En liten tilleggsundersøkelse ble foretatt hvorved tykkelsesforskjellen mellom de 2 stk. 2'' × 6'' plankebiter som forbindes ved skjøter av typene 1 og 4 ble systematisk variert. Forsøkene var altfor få i antall til å gi noe entydig svar, men ved ett prøvestykke hvor man hadde 2.1 mm i tykkelsesdifferens og 2.25 mm kuving fikk man betydelig reduksjon i styrken.

Det vil trolig være en god praksis å forsyne forbindelsene med et tilstrekkelig antall spiker til å kunne overta kraften i knutepunktet om limfugen skulle svikte. Sikkerhetsmarginen på spikerforbindelsen måtte da selvsagt kunne holdes meget lav dvs. temmelig nær 1.0. En slik ekstra reserve ville gjennomsnittlig kreve en økning i spikermengden på ca. 120 % i forhold til den mengde som ble brukt i prøvestykkene, men ville samtidig tilsvare kun tredjeparten av det antall spiker som måtte brukes i en ren spikret forbindelse med samme kapasitet.

##### 5. Konklusjoner.

Forsøkene synes å bekrefte at det er mulig å fremstille pålitelige spikerlimte knutepunktsforbindelser ved hjelp av firkantstift, kasein lim og høvlede granmaterialer med 20 % fuktighetsinnhold.

Arbeidet må utføres meget samvittighetsfullt. Materialer med meget høyt fuktighetsinnhold (over ca. 22 %) må ikke benyttes. Materialer som er betydelig vridde og kuvede eller med store tykkelsesvariasjoner, må også unngås. De flater som skal limes må være rene, limet bør spredes på begge flatene og man bør anvende noe mer lim enn ved de her refererte forsøk, f. eks. 0,5 kg lim pr. m<sup>2</sup> fuge. Spikrene må drives godt inn med kraftige slag uten unødig banking på trevirket rundt spikerens hode.

I betraktning av alle disse krav til god utførelse synes det som om spikerlimte konstruksjoner egner seg spesielt godt til enheter som blir prefabrikkert i bedrifter hvor man har god kontroll og dyktige fagfolk. Man kan da enkelt innrette seg slik at trematerialene høvles umiddelbart før limingen, hvilket er en stor fordel.

De forsøk som her er utført, bør kompletteres med noen få prøvebelastninger av hele fagverkskonstruksjoner.

##### Litteratur:

- [1] Granum, H., Spikerlimte trekonstruksjoner, Teknisk Ukeblad nr. 33, 1954.
- [2] Moe, J., A Study of Nail-Glued Timber Truss Joints. NBI Særtrykk nr. 64, NTI Meddelelse nr. 17.
- [3] Sivertsen, J. og Granum, H. Skjærfasthet i norsk kryssfinér av furu. Bygg nr. 9, 1961.

# Skjærfasthet i norsk kryssfinér av furu

Av laboratorieingeniør Jan Sivertsen og professor Hans Granum, N. T. H.

DK 691.116

Den undersøkelse som her skal omtales er utført ved Institutt for husbyggingsteknikk, NTH. Den er et ledd i en mere omfattende undersøkelse av spikerlimte trekonstruksjoner, som skjer i samarbeid med Norsk Treteknisk Institutt. Kfr. artikkelen om «Spikerlimte fagverkknutepunkter» av dr. techn. Johannes Moe foran i dette særtrykket. Som nevnt der er undersøkelsen skjedd med økonomisk støtte av NTNF.

En mer utførlig rapport fra undersøkelsene er utarbeidet i stensilert form for den som måtte være interessert i nærmere detaljer.

Forf.

Kryssfinér er i og for seg et velkjent materiale hos oss. Det har hittil særlig vært brukt som kledningsmateriale, hvor hovedvekten legges på overflateegenskapene, og hvor fasthetsegenskapene ofte spiller en noe underordnet rolle. Det har derfor ikke vært så stort behov for direkte tallmessige oppgaver over de forskjellige fasthetsegenskaper, — og det finnes heller ingen forskrifter om tillatte spenninger e. l. for materialet hos oss.

Kryssfinér kan imidlertid også med stor fordel brukes som konstruksjonsmateriale på mange forskjellige måter, både i bærende trekonstruksjoner og i lettere byggelementer uten primær bærefunksjon, men hvor allikevel fasthetsegenskapene kan være av vesentlig betydning. De mest nærliggende anvendelser av denne art er som steg i I-bjelker, knuteplater i fagverk, rammer o. l. og som avstivende skiver i gulv eller veggelementer. Bruk av kryssfinér på denne måten blir mer og mer alminnelig, — og åpner ofte mulighet for å lage elegante og økonomiske konstruksjoner. Ved slike anvendelser er det nødvendig å ha utstrakt kjennskap til kryssfinérets fasthets- og elastisitetsegenskaper. Den egenskap det ofte i særlig grad blir spørsmål om, er skjærfastheten. Da kryssfinér er et skiktet, anisotrop materiale med forskjellige egenskaper i de forskjellige akseretninger, blir det tale om skjærfasthet i forskjellige plan. Det må derfor skilles mellom skjærfastheten i plan loddrett på overflaten  $\tau_1$  (i forskjellige vinkler med lengderetningen) og skjærfastheten i plan parallelt med overflaten  $\tau_2$ , den s.k. „rullende skjærkraft”.

Norsk kryssfinér av furu føres i handelen i plater av tykkelse 4—15 mm, i forskjellige kvalitetsklasser. Platene er bygget opp av et ulike antall (3—5—7—9) skikt enkeltfinér som er limt på hverandre med fiber-

retningen loddrett på naboskiktets fiberretning, slik at de ytterste skiktene alltid har samme fiberretning.

De enkelte finérlag er for vanlig kryssfinér fremstillet ved skrelling av våt stokk. For å få vakker overflate brukes ofte knivskåren finér i de ytterste skikt. Av prismessige grunner er det ikke aktuelt å bruke knivskåren vare i kryssfinér til konstruksjonsbruk. Enkeltfinéret tørkes, og limes deretter sammen til kryssfinér i presse.

Skikttykkelsene er valgt slik at tverrsnittarealene blir omtrent like store i hver skiktretning. Tykkelsen på finérskiktene varierer fra ca. 1 mm til ca 1,5 mm. Ved å lime skiktene loddrett på hverandre, kan en nyttiggjøre seg treets beste egenskaper i flere retninger. Den vekselvise oppbygging motvirker krymping og svelling ved fuktighetsvariasjoner, samt sprekkning og svakhetskonsentrasjoner p. g. a. kvist.

Foruten den vanlige limtypen, proteinlim, som går under betegnelsen A-15, kan en få 4 forskjellige spesiallimte typer, A-70, A-100, AX-100 og Fenollim W.B.P. Salgsreklamene opplyser følgende:

A-70 er en kunstharpikslimt plate, som skal kunne tåle å ligge i 70° vann i 3 timer og deretter nedkjøling til værelsestemperatur i løpet av 21 timer.

A-100 er også en kunstharpikslimt plate, hvor limet er forsterket med Melamin. Platene skal tåle 3 timers koking og deretter nedkjøling til værelsestemperatur i løpet av 21 timer.

AX-100 er en kunstharpikslimt plate forsterket med Melamin. Platene skal tåle 6 timers koking og deretter nedkjøling i løpet av 18 timer.

Fenollim W.B.P. Platene tåler koking i 72 timer og deretter nedkjøling til værelsestemperatur i løpet av 18 timer.

Ingen av de nevnte typer kryssfinér tar spesielt sikte på konstruksjonsbruk, men flere av typene lar seg med fordel bruke til dette formål. Det synes allikevel rimelig at man med tiden bør forsøke å utvikle en type kryssfinér som tar direkte sikte på konstruksjonsbruk. Til en slik konstruksjonsfinér må kunne stilles klart spesifiserte krav angående trekvalitet, skikttykkelse og oppbygging, limkvalitet

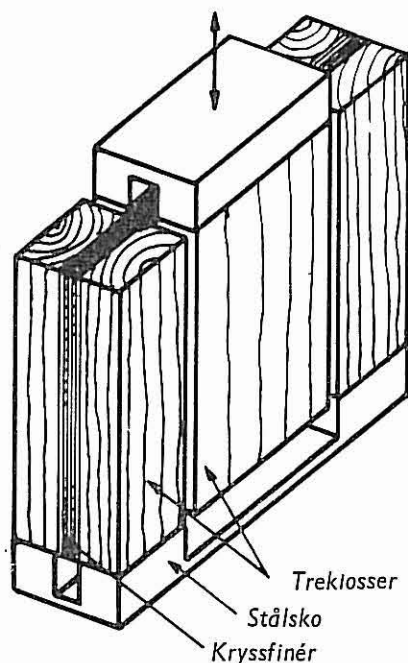


Fig. 1. Prøvestykke brukt for undersøkelse av skjærfasthet i plan loddrett på kryssfinerets overflate.

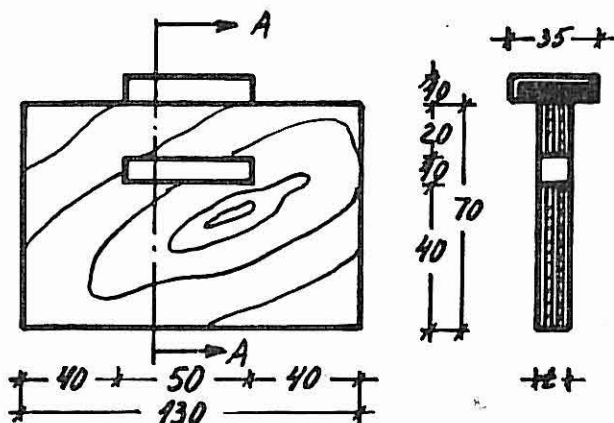


Fig. 2. Oppriss (t. v.) og snitt (t. h.) av prøvestykke brukt for undersøkelse av skjærfasthet i plan loddrett på kryssfinerets overflate.

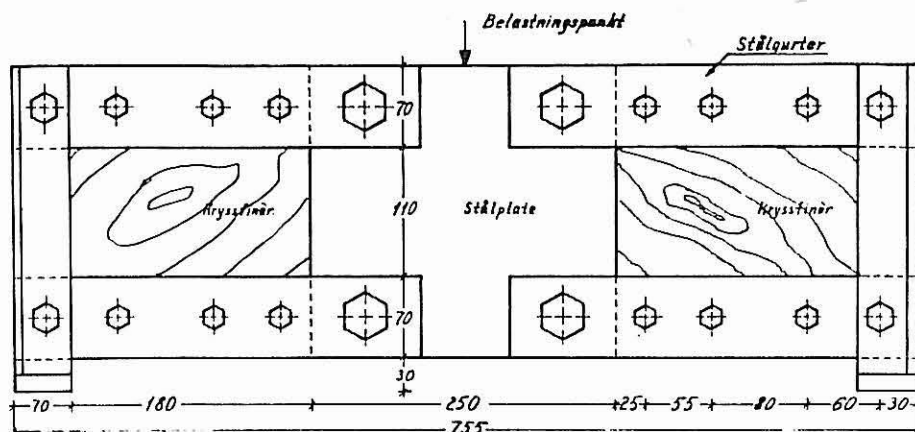


Fig. 3. Prøvestykke brukt for undersøkelse av skjærfasthet i plan loddrett på kryssfinerets overflate.

o.l., og på grunnlag av dette må det kunne fastlegges tillatte spenninger særskilt for denne type. I mellomtiden må det være fullt forsvarlig å bruke enkelte av de eksisterende typer kryssfinér som konstruksjonsmateriale.

Den foreliggende undersøkelsen tok bare sikte på å klarlegge skjærfasthetsegenskapene hos en del av de typer norsk kryssfinér som er i handelen i dag. De øvrige fasthetsegenskaper — strekk, trykk- og bøyingsfasthet blir ikke behandlet.

#### Prøvningsmetoder for skjærfasthetsundersøkelser.

I motsetning til rene strekk, trykk eller bøyeforsøk er det svært vanskelig å finne en prøvemethode som gir tilnærmet helt rene skjærbrudd.

En rekke forskjellige prøvemethoder er blitt undersøkt og sammenlignet. Alle kjente metoder for skjærfasthetsprøving har større eller mindre ulemper. Ved de fleste praktisk brukte metoder, vil skjærflaten bli utsatt for tilleggsspenninger, særlig bøyings- og strekkspenninger som virker med som bruddårsak og vesentlig forstyrrer den rene skjærspenningstilstand. Bruddflatens forløp fører også ofte til vanskeligheter med å bestemme selve skjærflaten.

En kan dele prøvemethodene inn i to grupper:

1. Metoder som nøyaktigst mulig tilsvarende de praktiske forhold.
2. Forenklete metoder som tar sikte på å vise den teoretisk riktige skjærfasthet.

Selvsagt ville en få de sikreste resultater ved å utføre prøvingen etter metode 1. En slik prøving i større omfang faller meget kostbar, fordi prøvestykkene blir store og fordi en måtte bruke mange forskjellige prøveformer dersom en skulle få et riktig helhetsbilde. Som korrektiv har vi imidlertid ansett det nødvendig å utføre endel slike prøvninger.

Hovedmassen av våre prøvninger faller under gruppe 2, hvor vi dels har brukt tidligere anerkjente standardmetoder, og dels utviklet prøvemethoder som vi har funnet mer hensiktsmessige. Fig. 1—3 viser slike prøvestykker brukt for undersøkelse av skjær-

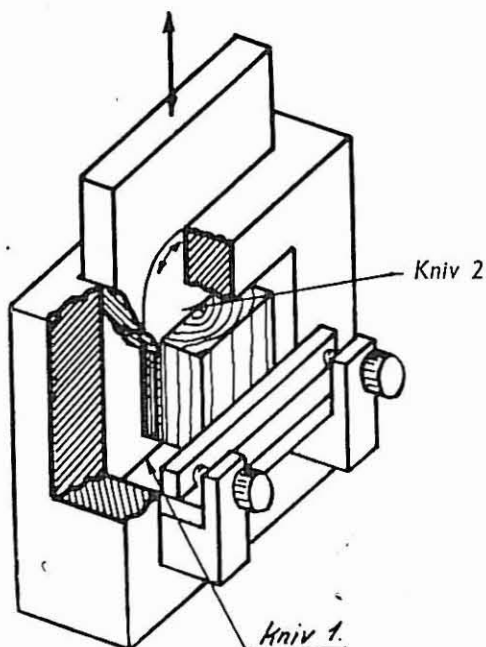


Fig. 4. Prøveapparat etter A.S.T.M. med innlagt prøvestykke for bestemmelse av skjærfastheten parallelt med overflaten.

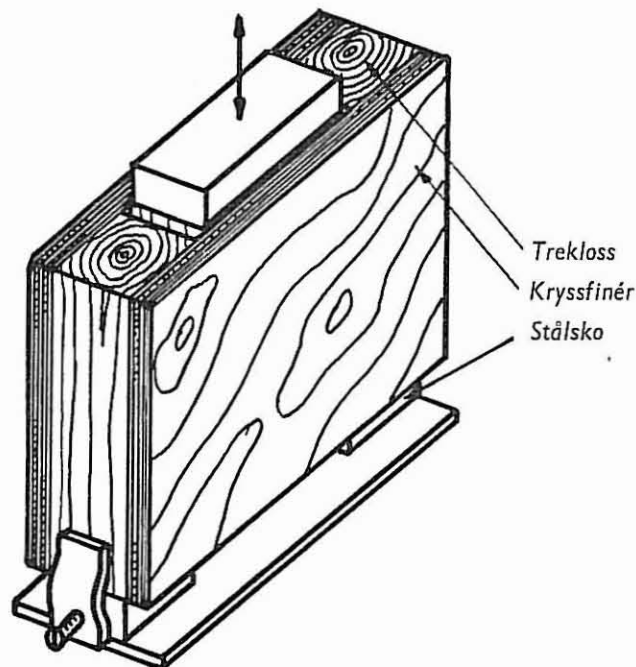


Fig. 6. Prøveanordning brukt for bestemmelse av skjærfastheten parallelt med overflaten.

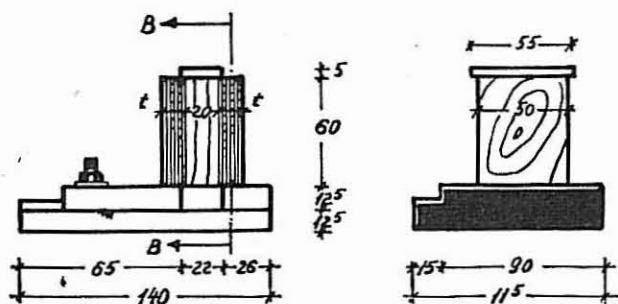


Fig. 5 a. Oppriss (t.v.) og snitt av prøveoppstilling for bestemmelse av skjærfastheten parallelt med overflaten.

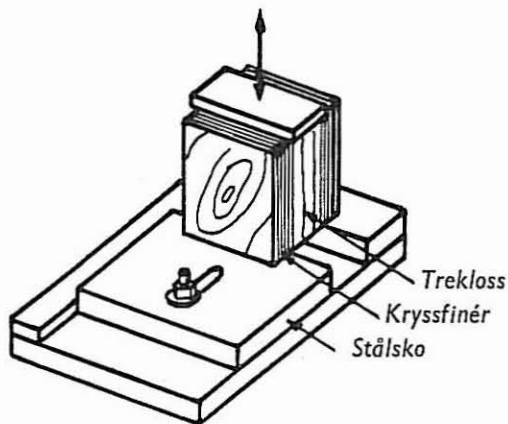


Fig. 5 b. Isometrisk bilde av oppstillingen i fig. 5 a.

fasthet i plan loddrett kryssfinérets overflate  $\tau_{\perp}$ . Fig. 4–7 viser prøvestykker brukt for undersøkelse av skjærfasthet i plan parallelt med overflaten  $\tau_{\parallel}$ . Alle disse prøvestykker er relativt enkle å fremstille og krever lite materialer, slik at de gir mulighet for fremstilling av store prøveserier.

Grunnen til at vi brukte så mange prøvestykker var ønsket om å finne frem til en enkel metode som ga minst mulig spredning i resultatene som følge av prøvemethoden selv, og samtidig best mulig korrelasjon med prøvene fra gruppe 1.

Foruten kryssfinérets kvalitet og prøvestykkets form er det også andre faktorer som kan ha vesentlig innflytelse på resultatene. De viktigste av disse faktorer er prøvenes fuktighetstilstand før og under prøvingen, — og belastnings-hastigheten.

Vanlig høvellast har et fuktighetsinnhold på 15–20 % ved levering. Konstruksjoner i oppvarmede lokaler vil ofte få en likevektsfuktighet på 8–10 %.

Til våre forsøk ble alle materialer kondisjonert i klimarom ved ca. 67 % relativ fuktighet og 22 ° C. Det gir en likevektsfuktighet på ca. 12 % (av tørrvekt) i trevirket.

Den valgte belastningshastighet tilsvarer omtrent en spenningsøkning på 20 kg/cm<sup>2</sup> pr. min.

Til hovedforsøkene ble det i det vesentligste brukt 12 mm kryssfinér 7 lag, vanlig snekkerkvalitet XXXX/s med forskjellige limtyper.

I denne forbindelse skal vi ikke gå næyere inn på selve prøvingen.

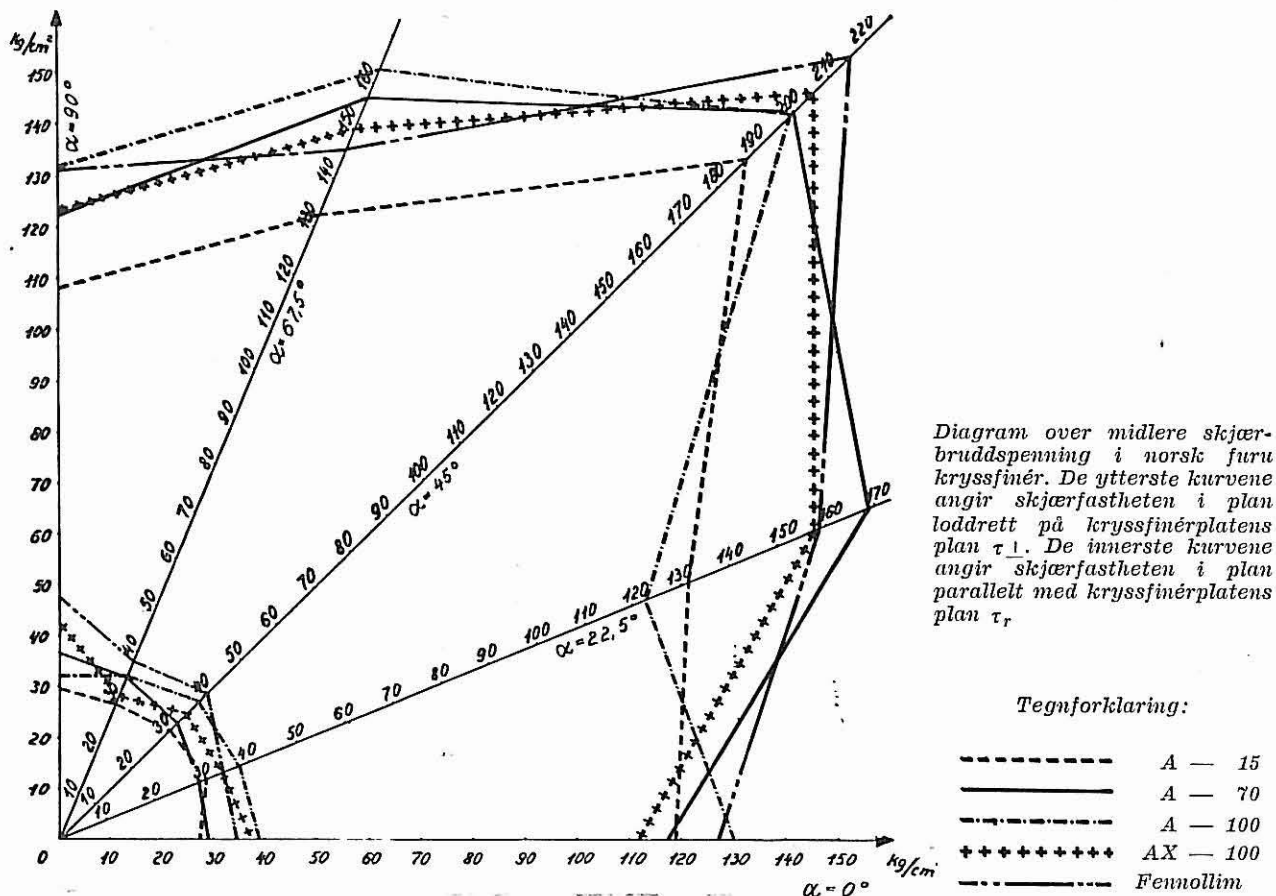


Diagram 1 viser midlere bruddspenninger for skjærfastheten i plan loddrett på ( $\tau_{\perp}$ ) og i plan parallell med kryssfinérets overflate ( $\tau_{\parallel}$ ) etter de to prøvemetodene vi fant var de beste.

#### Proving av skjærfastheten i plan loddrett på overflaten.

For å finne frem til egnet prøvemetode ble kjørt 3 forskjellige prøveserier som vist i figurene 1 til 3. På grunnlag av disse seriene fant vi prøveformen etter figur 2 mest hensiktsmessig for større prøveserier.

Av diagrammet for skjærfastheten i plan loddrett på overflaten  $\tau_{\perp}$  ser en at den ikke er avhengig av limtypen, men avhenger i stor grad av vinkelen mellom kraft og fiberretning. Etter forsøkene kan en ta hensyn til dette ved å sette

$$\tau_{\perp a} = k \cdot \tau_{\perp 0}$$

hvor  $\tau_{\perp a}$  = bruddspenning når vinkel mellom kraft og fiberretning i ytre skikt er  $a$ .

$\tau_{\perp 0}$  = bruddspenning for  $a = 0$  (eller  $a = 90^\circ$ )

$k$  = er faktor som avhenger av  $a$  etter følgende tabell

$a$	0	15°	30°	45°	60°	75°	90°
$k$	1,0	1,05	1,15	1,40	1,15	1,05	1,0

For mellomliggende vinkler kan interpoleres lineært.

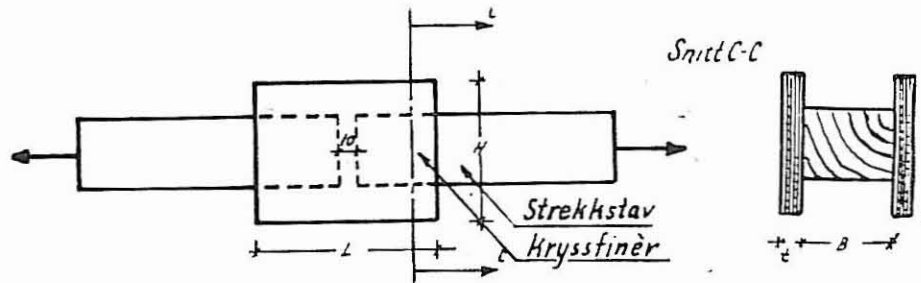
Skjærfastheten i plan parallell med kryssfinérets overflate  $\tau_{\parallel}$  er ikke (eller i liten grad) avhengig av vinkelen mellom kraft- og fiberretning. Derimot er den avhengig av limtypen (Se diagrammet). Det er mulig at den også er avhengig av skikt-tykkelsen, men dette spørsmål ble ikke nærmere undersøkt. Vi brukte i alt 4 forskjellige prøvetyper, figurene 4 til 7, og resultatene tyder på at prøvetypen etter figur 5 er mest hensiktsmessig.

På grunnlag av de oppnådde resultater bør kryssfinértypen A-15 sjaltes ut som konstruksjonsmateriale. Ved denne type oppstår bruddet i de fleste tilfelle i selve limfugen, hvilket viser at limfugen er det avgjørt svakeste ledd. Forsøk med denne limtype viser stor ujevnheter i resultatene. Dertil kommer at limet har liten motstandsdyktighet mot fuktighet. De øvrige limtyper gir svært like resultater for konstruksjoner som ikke har vært utsatt for spesielle påkjenninger i form av fuktighetsvariasjoner før prøvingen. Resultatene tyder imidlertid på at kryssfinértypen A/70 er tvilsom som konstruksjonsmateriale. Dette inntrykk ble i høy grad forsterket ved de etterfølgende forsøk hvor platen før prøvingen var utsatt for fuktighetsvariasjoner.

For å få en viss oversikt over hvordan fastheten varierer fra plate til plate og fra sted til sted på den



Fig. 7. Proveenordning for bestemmelse av skjærfastheten parallelt med overflaten. Målene A-B-H og L varierer fra serie til serie.



enkelte plate ble det også gjort endel forsøk med plater som var tilfeldig innkjøpt i forretning i Trondheim. Platene var av forskjellig tykkelse fra 8 til 15 mm. Forsøkene viste at platene var ganske jevne i kvalitet både fra sted til sted på den enkelte plate, og fra plate til plate. Når det gjelder skjærfasthet i plan loddrett på overflaten øker bruddlasten proporsjonalt med plate-tykkelsen. For skjærfastheten i plan parallell med overflaten  $\tau_r$  ble det ikke funnet noen avhengighet av platetykkelsen. Tillatt skjærspenning både når det gjelder plan loddrett på og parallell med overflaten kan derfor gis som faste verdier uavhengig av platetykkelsen.

#### Fuktighetsvariasjoner.

Som nevnt er alle forsøk omtalt foran utført med prøvestykker som var kondisjonert slik at trevirkets fuktighetsinnhold var ca. 12%, — hvilket svarer ganske godt til det fuktighetsinnhold en kan vente seg i vanlige innendørskonstruksjoner. Det ideelle vil være å sørge for at trevirkets og kryssfinérets fuktighetsinnhold ved fremstillingen er så nær som mulig det fuktighetsinnhold en venter seg i likevektstilstand ved konstruksjonenes fremtidige bruk. I praksis kan det naturligvis tenkes at konstruksjonene vil bli utsatt for fuktighetsvariasjoner både under bruken og i særlig grad under byggetiden.

For å få en viss oversikt over hvordan slike fuktighetsvariasjoner vil virke inn på skjærfastheten, ble det laget en serie prøvestykker med forskjellige kryssfinérkvaliteter. Prøvene besto av et 25 cm langt, høvlet stykke 2" x 4". På den ene eller begge sider ble limt med Casco A 12 mm kryssfinér. Kryssfinértypen A-15 ble på forhånd ansett for å være u hensiktsmessig som konstruksjonsmateriale, og ble derfor ikke medtatt i denne prøveserie.

Prøvestykkene ble etter at limet var herdet lagt i tørkeskap, og tørket ved 50°C til et fuktighetsinnhold på ca. 5%. Etter en undersøkelse ved dette fuktighetsinnhold ble prøvene på ny lagt i fuktig atmosfære slik at fuktighetsinnholdet steg til 12%.

Det viste seg ved denne prøve at limtypen A-70 skilte seg ut ved å sprekke opp i limflatene mellom finérsjiktene. Etter et par uttørkinger var det mulig å skille finérlagene med tappjern i limflatene, fig. 8.

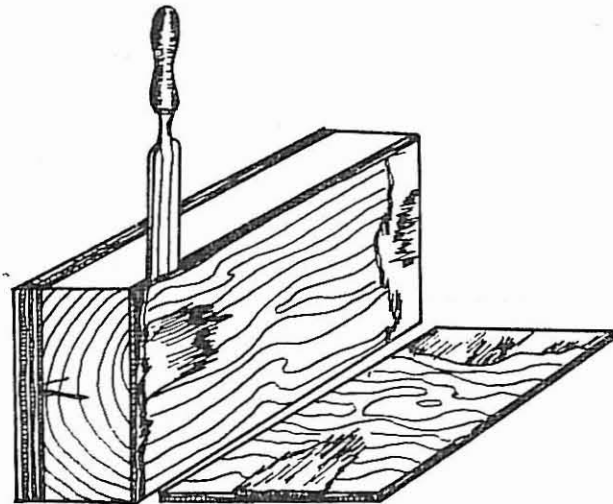


Fig. 8. Fraskilling av finérlagene på uttørket prøvestykke ved hjelp av tappjern.

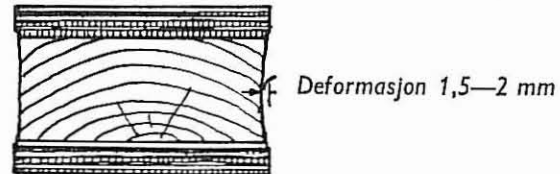


Fig. 9. Snitt gjennom prøvestykket etter uttørking. Merkbar deformasjon av treklossen.

De resterende 3 kryssfinértypene A-100, AX-100 og Fenollim viste ingen ytre tegn til sprekker. Klossene deformertes meget tydelig, fig. 9, men det var allikevel ingen tegn til brudd i limfugene. I mikroskop så en imidlertid en rekke hårriss i de finérsjiktene som ligger nærmest klossen. Ved prøvning av skjærfastheten etter gjennomgåtte fuktighetsvariasjoner ble ikke konstatert noen reduksjon av skjærfastheten for disse limsorter.

Undersøkelsen av fuktighetsvariasjonenes innflytelse på skjærfastheten vil bli fortsatt ved en serie over noe lengre tidsrom.

På grunnlag av de foreløbige undersøkelser som er omtalt ovenfor, er det imidlertid grunn til å advare mot bruken av kryssfinértypen A-70 for konstruksjoner hvor en kan vente seg større fuktighetsvariasjoner.

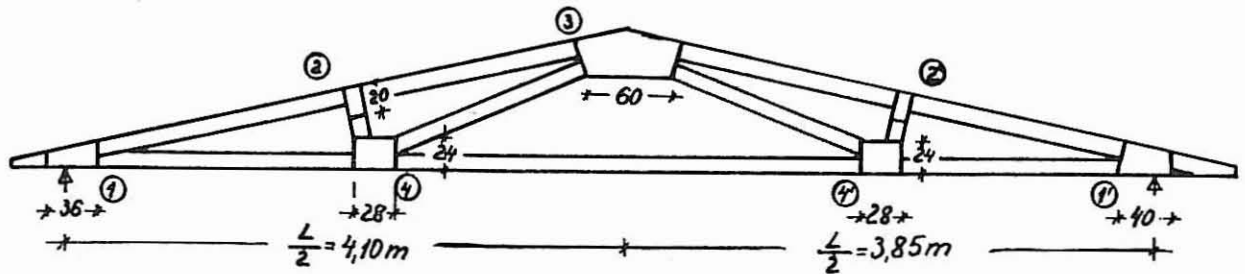


Fig. 10. Fagverk som ble prøvet i en serie på 3 prøver i full målestokk.

Tilfelle	Spennvidde m	Kryssfinér type	Herd- ningstid lim Casco A	Nedbøying for 800 kg i punktene			Bruddlast (3 enkeltl.) kg	$\tau$ r brudd kg/cm <sup>2</sup>	$\tau_{\perp} (a-a)$ kg/cm <sup>2</sup>	Bilde av brudd	Maks målt nedbøying pkt.			Bemerkninger
				4	3	4					4	3	4	
1	8,20	A-15	14 dager	3,25	3,27	3,27	3 · 840	17,8	82,7		3,25	3,27	3,27	Rullende skjærbrudd
2	7,70	A-15	14 —	2,97	2,92	2,95	3 · 1380	16,2			4,39	4,45	4,55	—, —
3	7,70	A-70	1 år	2,40	2,40	2,40	3 · 1400	16,5			4,03	4,02	4,15	* —, —

Utregnet teoretisk nedbøying for punktet 4  
Antar midlere  $E = 100\,000 \text{ kg/cm}^2$   
Last: 800 kg  $f = 5,67 \text{ cm}$   
— 1380 kg  $f = 9,29 \text{ cm}$

\* Belastet liggende

#### Forsøk med konstruksjoner i målestokk 1:1.

De forannevnte undersøkelsene ble supplert med en rekke prøvebelastninger av konstruksjoner i målestokk 1:1. Da disse prøvene delvis ble utført før en hadde oversikt over limtypenes betydning, ble det i flere tilfelle brukt kryssfinér av limtype A-15. Det må derfor ikke legges for stor vekt på disse resultater. Nye forsøk vil bli utført med kryssfinér av bedre kvalitet.

#### Fagverk.

Den første serie besto av fagverk etter figur 10. I alt ble prøvet 3 stykker. De to første fagverk hadde knuteplater av kryssfinértypen A-15, mens den tredje var en spesiell limt plate A-70. Spennvidden varierte fra  $l = 8,10$  til  $l = 7,7$  m. Fagverkstavene lå i samme plan og ble laget av førsteklasses  $2'' \times 4''$  høvlet snekkerfuru. Knutepunktene ble utført av 12 mm kryssfinér som ble spikerlimt til stavene. Knuteplatene ved opplageret var dimensjonert slik at en ventet skjærbrudd i denne.

Under prøvebelastningen angriper 3 like store laster samtidig i punktene 2, 3 og 2''. Resultatene er sammenstillet i tabell 1.

Bruddet inntraff i alle som skjærbrudd i plan parallell med kryssfinérplatens overflate i knuteplaten ved opplageret. Fig. 10 a. Bruddspenningene ligger langt under de verdiene som ble oppnådd med prøver etter figur 5. Årsaken til dette er delvis at spenningsfordelingen ikke er jevn langs bruddflaten,

men har høyere verdier ved bruddflatens kant. En annen årsak kan være ujevnhet i limfugens kvalitet.

I tilfelle 3 må også hensyn tas til at fagverket er blitt lagret ca. 1 år under vekslende relativ luftfuktighet før prøvingen.

#### Vierendeeldrager.

Figur 11 viser selve oppbyggingen. Moment, skjærkrefter og aksialkrefter ble regnet ut under forutsetning av like staver og gurter.

For å utnytte kryssfinéret best mulig, laget vi stavene og gurtene av 2 stk.  $1'' \times 4''$  bord som ble spikret og limt til kryssfinérplatene. Konstruksjonen ble belastet jevnt med enkeltlaste over vertikalstavene til brudd inntrådte.

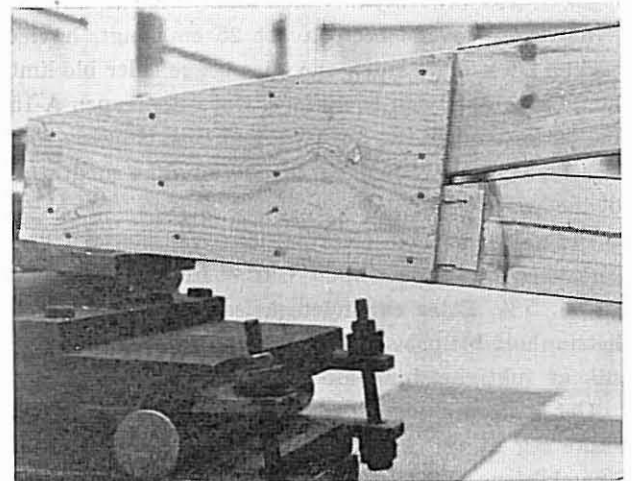


Fig. 10 a. Bruddbildet av knutepunktet ved opplageret.

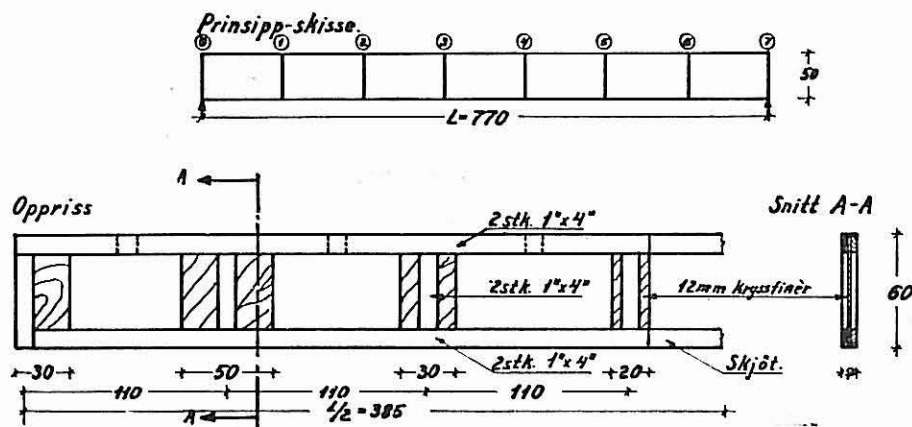


Fig. 11.  
Vierendeeldrager.

Bruddet inntraff under en belastning på 500 kg i hvert av belastningspunktene.

Den primære bruddårsaken var bøyingsbrudd i undergurtstaven i felt 1. Som sekundærvirkning røk også overgurtstaven i samme felt, — og deretter fikk en skjærspenningsbrudd p. g. a. rullende skjærspenning i knutepunktene 0 og 1, jfr. fig. 11 a.

Den beregnede bruddspenning i undergurten var  $\sigma_{b+s} = \text{ca } 315 \text{ kg/cm}^2$ . I bruddøyeblikket var den beregnede skjærspenning i knutepunkt 0

$$\tau_r = 30,2 \text{ kg/cm}^2.$$

#### Tillatte skjærspenninger.

På grunnlag av de forsøk som er utført finner vi det rimelig å fremsette forslag til en norm for tillatte skjærspenninger i norsk kryssfinér av typene A-100, AX-100 og Fenollimt kryssfinér til bruk i innendørs bærende konstruksjoner.

Tillatt basis skjærspenning er vurdert på grunnlag av følgende formel:

$$\tau_{till} = n \cdot 9/16 \cdot 2/3 (\tau_m \div 2S)$$

hvor

$\tau_m$  = observert midlere bruddverdi ved standard prøvestykker (fig. 2 resp. 5).

$S$  = standardavvik ved en større prøveserie

$2/3$  = sikkerhetsfaktor som bl. a. omfatter usikkerhet i beregningsforutsetninger og variasjoner i arbeidsutførelsen

$9/16$  = reduksjonsfaktor for langtidsbelastning

$n$  = en reduksjonsfaktor på grunn av målestokkforskjellen mellom prøvestykket og en knuteplate, stegplate o. l. i en virkelig konstruksjon.

På grunnlag av en slik beregning vil vi foreslå følgende verdier for konstruksjoner utsatt for langtidsbelastning:

Tillatt skjærspenning i plan loddrett på kryssfinérets overflate, basisverdi:

$$\tau_{\perp} = 25 \text{ kg/cm}^2$$

For andre vinkler mellom kraft- og fiberretning enn  $0^\circ$  og  $90^\circ$  foreslås følgende verdier:

$$\tau_{\perp a} = k_a \cdot 25 \text{ kg/cm}^2$$

Faktoren  $k$  har følgende verdier:

$a =$	0	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$
$k =$	1,0	1,05	1,15	1,40	1,15	1,05	1,0

Tillatt skjærspenning i limskiktets plan (plan parallelle med kryssfinérets overflate).

$$\tau_r = 5 \text{ kg/cm}^2$$

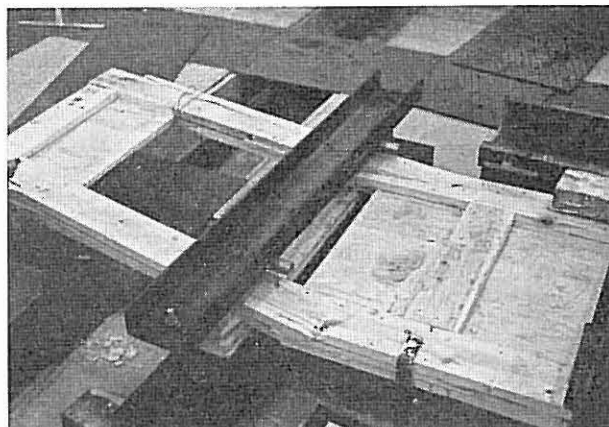


Fig. 11 a. Brudd ved opplageret.

Den tillatte spenning gjelder for alle vinkler mellom kraft- og fiberretning.

For korttidsbelastning av gruppe a, b og c etter NS 446 foreslås samme prosenttillegg som gitt i standarden for de fleste forbindelsesmidler, nemlig

- for gruppe a = 5 %
- for gruppe b = 15 %
- for gruppe c = 25 %

Sertrykk nr. 1875

---

AAS & WAHLS BOKTRYKKERI, OSLO