

Door uit deze resterende partij de slechtste stukken te verwijderen (b.v. door hout met kwastindex  $> 0,75$  af te keuren) is het echter mogelijk weer een partij hout te verkrijgen (het „standaard-bouwhout”), waarvoor als toelaatbare spanning wederom  $70 \text{ kg/cm}^2$  toegelaten kan worden. In fig. 5 is het resultaat van dit bouwhout met de lijn III aangegeven. Hieruit ziet men duidelijk, dat de gemiddelde sterkte van bouwhout lager is dan die van niet gesorteerd hout, maar dat, dank zij de kleinere spreiding, de kans op onderschrijding van  $70 \text{ kg/cm}^2$  niet merkbaar verschilt van de overeenkomstige kans bij niet gesorteerd hout.

Op bovenstaande wijze is het dus mogelijk met behulp van de waarschijnlijkheidsrekening het tot nu toe gebruikte naaldhout te splitsen in twee klassen, t.w. in „standaard-bouwhout” en in „constructie-hout”, waarvoor als toelaatbare buigspanning mag worden ingevoerd resp.  $70$  en  $105$  à  $110 \text{ kg/cm}^2$ . De kans op bezwijken is bij een constructie, ontworpen op deze spanningen, gelijk aan of kleiner dan de tot nu toe blijkbaar geaccepteerde kans bij gebruik van ongesorteerd hout en een toelaatbare buigspanning van  $70 \text{ kg/cm}^2$ .

Nadat het onderzoek van de buigsterkte was afgesloten, werd een oriënterend onderzoek op een klein aantal balken verricht naar de druksterkte in de vezelrichting. Het hout werd daartoe weer gesorteerd op de wijze, die voor de buigsterkte deugdelijk was gebleken. In fig. 6 is het resultaat van dit laatste onderzoek gegeven. Het blijkt, dat het effect van deze sortering op de druksterkte veel minder duidelijk is dan op de buigsterkte. Dit is dan ook de reden, waarom het onderzoek naar een sorteringswijze voor de druksterkte nog wordt voortgezet. Uit de tot nu toe beschikbare gegevens blijkt niet duidelijk, dat de toelaatbare drukspanning na sortering op de wijze, zoals beschreven voor de buigspanningen, verhoogd mag worden.

#### **Method applied when drawing up grading regulations for coniferous wood**

When drawing up regulations for the grading of wood with a view of admitting higher stress in the graded wood, it is possible to bring into calculation effectively with the aid of mathematical statistics, the favourable influence of the grading on the average strength as well as that on the spreading in the strength. This method of interpretation, applied during an investigation of coniferous wood, is illustrated by reference to some examples.

## ENKELE BESCHOUWINGEN OVER HET VERVAARDIGEN VAN GELIJMDE, DRAGENDE, HOUTCONSTRUCTIES

*Bij gelijmde, dragende, houtconstructies kunnen de eigenschappen van het hout gunstig worden benut. De vervaardiging dient evenwel zeer zorgvuldig te geschieden teneinde verzekerd te zijn van de deugdelijkheid van de constructies. Enkele belangrijke voorwaarden, waaraan bij de fabricage dient te worden voldaan, worden besproken.*

### **Inleiding**

In de utiliteitsbouw nemen de gelijmde, dragende, houtconstructies een belangrijke plaats in. Dit is niet te verwonderen als men bedenkt, dat juist door het verlijmen bepaalde gunstige eigenschappen van het hout beter tot uiting komen, terwijl enkele bezwaren grotendeels kunnen worden ondervangen.

Zo kunnen door het verlijmen de natuurlijke gebreken als kwasten en onregelmatig draadverloop beter worden verdeeld, terwijl het hout van betere kwaliteit op die plaatsen kan worden aangebracht, waar hogere spanningen zullen optreden. Constructies of constructiedelen van grote afmetingen kunnen worden opgebouwd uit kleine delen. Grote gebogen delen kunnen eenvoudig worden vervaardigd door planken van  $18$ – $25$  mm dikte vooraf te buigen en daarna door middel van lijmen samen te voegen. Bij de vormgeving beschikt men dus over meer graden van vrijheid (zie de foto's op pag. 70). Voorts kan in het algemeen worden gesteld, dat men de maatvoering beter in de hand heeft.

Gelijmde houtconstructies bezitten evenwel het bezwaar, dat fouten, gemaakt bij de fabricage, zich in een later stadium kunnen openbaren als ernstige gebreken. Een controle aan het gereedgekomen produkt is veelal niet voldoende om eventueel gemaakte fouten te herkennen. Het is dus noodzakelijk, dat de vervaardiging geschiedt met toepassing van goed gekozen grondstoffen – hout en lijm – en volgens een juiste methode, zodat de kans op fouten zo gering mogelijk is. Het ligt om deze reden in de bedoeling van de „Vereniging van Nederlandse Gemeenten” certificaten te gaan verstrekken aan die fabrieken, die aan te stellen eisen voldoen, vrijwel op de wijze als in Duitsland reeds enige tijd gebruikelijk is.

### **Richtlijnen**

Door het Houtinstituut T.N.O. zijn richtlijnen voor de vervaardiging van gelijmde, dragende, houtconstructies opgesteld. Deze richtlijnen zijn voor een deel gebaseerd op eigen onderzoekingen en ervaringen met betrekking tot in de praktijk veel gemaakte fouten en voor een deel spruiten zij voort uit de resul-

taten van een literatuurstudie. In het kort zullen enkele belangrijke voorwaarden worden behandeld, waaraan voldaan moet worden teneinde een goede constructie te verkrijgen.

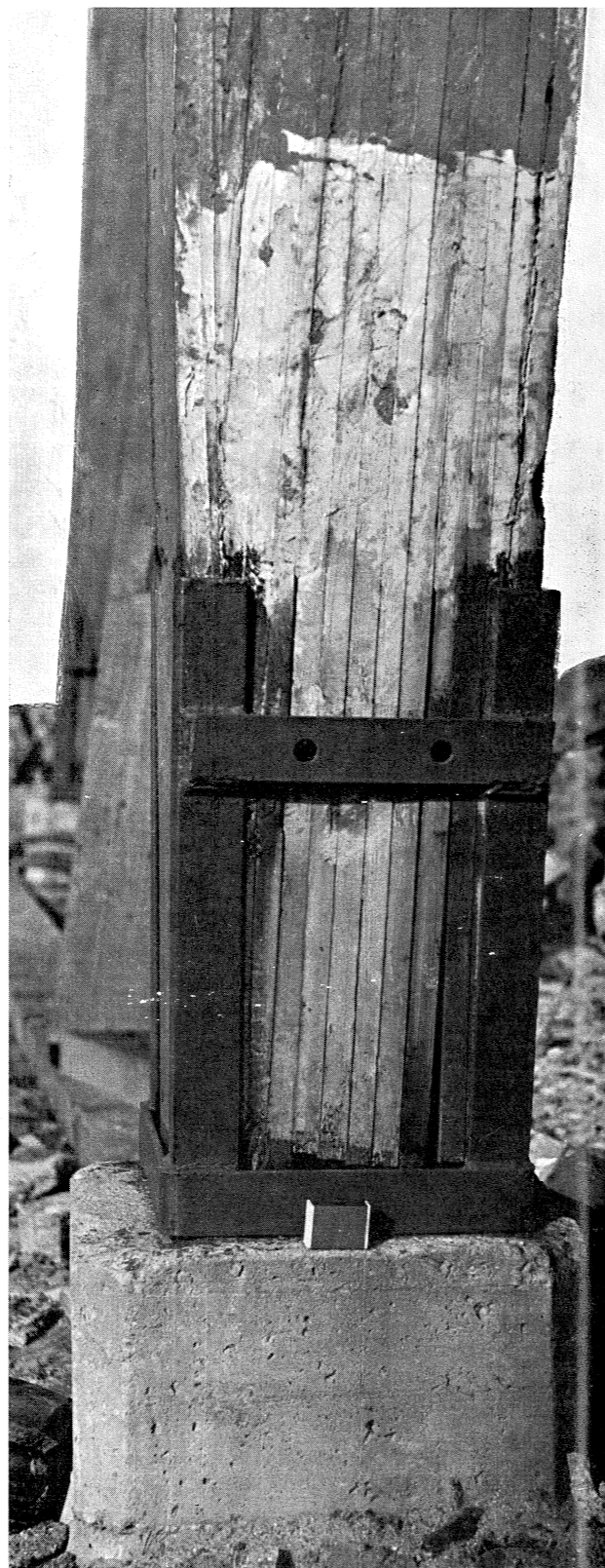
a. *Het hout dient gesorteerd te worden*

Verschillende gebreken kunnen de sterkte van het hout ongunstig beïnvloeden. De delen van een constructie worden evenwel niet alle op dezelfde wijze belast. Om tot de meest economische constructie te komen, dient de sterkte van het hout te worden aangepast aan de spanningen, die zullen optreden. Dit kan door een juiste methode van sorteren worden bereikt. Op deze wijze wordt tevens meer zekerheid verkregen, dat bij het vervaardigen van een serie gelijkvormige constructiedelen, deze een zelfde sterkte zullen bezitten.

b. *Het hout dient tijdens het lijmen voldoende droog te zijn*

Afhankelijk van het gebruiksdoel moet het hout onder de volgende omstandigheden worden geklimatiseerd:

1. voor constructies, blootgesteld aan elke weersinvloed, en voor open constructies onder dak: bij een relatieve luchtvochtigheid van  $75 \pm 2\%$  en een temperatuur van  $16-25^\circ\text{C}$  (het vochtgehalte van vurehout is dan ca. 15 %);
2. voor constructies in afgesloten, al of niet verwarmde, ruimten: bij een relatieve luchtvochtigheid van  $60 \pm 2\%$  en een temp. van  $16-25^\circ\text{C}$  (vochtgehalte van vurehout is dan ca. 11%).



Deze voorwaarden zijn van groot belang om scheuren langs de lijmnaden, als gevolg van het krimpen van het hout in de gebruikstoestand, te vermijden. Het behoeft wel geen betoog, dat deze scheuren de draagkracht van een constructie in sterke mate ondermijnen. In fig. 1 is te zien tot welke gevolgen het verlijmen van te vochtig hout kan leiden: het resultaat is een serie losse plankjes.

In dit verband kan nog het volgende worden opgemerkt:

Zou bij de in fig. 2a geschetste doorsnede over een gelijmde balk de relatieve luchtvochtigheid lager worden dan de vochtigheid, waarbij de balk geklimatiseerd en verlijmd werd, dan zou het hout, gelegen aan de buitenzijde, gaan uitdrogen en krimpen. Deze uitdroging is in het begin slechts merkbaar tot enkele cm diepte van het buitenoppervlak af. De kern zou voorlopig nog niet reageren op deze daling van de luchtvochtigheid. In het vlak A-A zouden spanningen ontstaan, als is geschetst in fig. 2b, nl. hoge trekspanningen aan de buitenzijde en relatief lage drukspanningen in de kern van de balk. Door de trekspanningspieken zou de scheurvorming worden ingeleid. De treksterkte van de in ons land gebruikelijke lijm bedraagt slechts ca.  $10 \text{ kg/cm}^2$ . Zou de relatieve luchtvochtigheid daarentegen stijgen, dan zouden hoge drukspanningen ontstaan aan de buitenzijde en relatief lage trekspanningen in het hart van de balk. Het is duidelijk, dat deze toestand minder gevaarlijk is.

Uit het bovenstaande moge blijken, dat het gebruik van goed droog hout voor gelijmde constructies noodzakelijk is, hetgeen inhoudt, dat een fabriek voor de vervaardiging van gelijmde constructies de beschikking dient te hebben over een kunstmatige drooginstallatie. Het meten van het vochtgehalte van het hout kan op tweeërlei wijze geschieden:

1. met behulp van een droogstoof en balans, waarmee het vochtgehalte wordt bepaald door drogen volgens het normaalblad N 1012;
2. met behulp van een elektrische vochtmeter, die voor de te meten houtsoort is geijkt en berust op het bepalen van de elektrische weerstand van het hout.

c. *Het schaven van de planken dient behoorlijk te worden uitgevoerd. De gladheid van het oppervlak moet zodanig zijn, dat een goede verlijming van de planken is verzekerd.*

Het verband tussen de dikte van een lijmnad en de afschuifsterkte van de lijmverbinding is bepaald aan de hand van een, in ons land veel toegepaste,

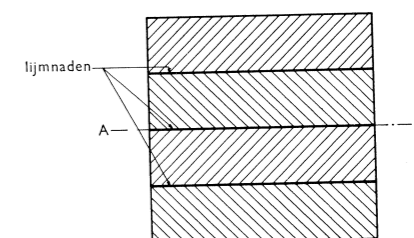


Fig. 2a. Dwarsdoorsnede van een gelijmde balk.

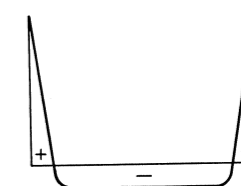


Fig. 2b. Spanningsverdeling in het vlak A-A t.g.v. uitdroging.

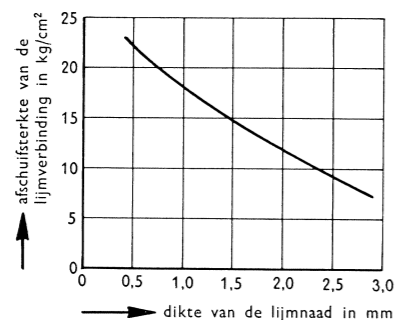


Fig. 3. Afschuifsterkte van een lijmvverbinding als functie van de dikte van de lijmmaad voor een soort ureum-formaldehyde-lijm bij een temperatuur van ca. 20° C.

soort ureum-formaldehyde-lijm. Het verloop is weergegeven in fig. 3. Het blijkt, dat bij toenemende dikte de sterkte van de verbinding afneemt. De verklaring

van dit feit kan worden gevonden in de omstandigheid, dat de adhesie tussen de lijm en het hout groter is dan tussen de lijmdeeltjes onderling. Bij deze lijmsort is het dus gewenst, dat het lijmen zodanig wordt uitgevoerd, dat een dunne lijmmaad ontstaat. Het zal duidelijk zijn, dat dit slechts mogelijk is als de planken behoorlijk glad en van constante dikte worden geschaafd.

d. *De verschillende eigenschappen van de lijm, die de sterkte en de duurzaamheid van de constructie beïnvloeden, dienen in het oog te worden gehouden.*

Men kent verschillende lijmsorten, die voor hout worden toegepast, waarvan o.a. kunnen worden genoemd de caseïne-, de phenol-formaldehyde-, de melamine-formaldehyde-, de resorcinol-formaldehyde- en de ureum-formaldehyde-lijmen. Zoals reeds gezegd, wordt het laatste type in ons land voor gelijmde houtconstructies het meest gebruikt.

De volgende eigenschappen van de lijm spelen een rol:

1. de verandering van de sterkte van de hechting van de lijm tengevolge van vochtigheid en andere weersinvloeden;
2. de invloed van de lijm op het vochtgehalte van het hout tijdens het verlijmen;
3. het gedrag van de lijm bij veroudering en bij langdurige belasting;
4. de weerstand van de lijm tegen schimmels en andere organismen.

e. *Voor het verkrijgen van een goede lijmvverbinding is het nodig, dat de lijmlaag in de verhardingsperiode onder druk staat*

De benodigde persdruk, die zo gelijkmatig mogelijk aangebracht dient te worden, zal voor zacht hout ca. 7 à 8 kg/cm<sup>2</sup> bedragen en voor hard hout, afhankelijk van de houtsoort, groter zijn. Opgemerkt wordt, dat het spijkeren slechts tot doel heeft verschuiving van de planken ten opzichte van elkaar bij de opbouw van een ligger of van een spant te voorkomen in de periode vóór het persen en gedurende het aanbrengen van de persdruk. De spijkers hebben dus slechts de betekenis van hechtspijkers.

f. *De fabricage van gelijmde, dragende, houtconstructies dient plaats te vinden in gesloten fabrieksruimten*

De sterkte van een lijmvverbinding kan in belangrijke mate verminderen,

wanneer niet de juiste omstandigheden tijdens de vervaardiging in acht worden genomen. De hechting van de lijm aan het hout wordt ongunstig beïnvloed door verontreinigingen op het hout en in de lijm. Het zich afzetten van stof op hout en lijm dient dan ook te worden voorkomen.

De verhardingsduur van de lijm is afhankelijk van de temperatuur van lijm en hout en dus van de temperatuur van de ruimte, waarin het lijmen geschiedt. In fig. 4 is het verband tussen de tijd, vereist voor het verharden, en de temperatuur uitgezet. Dit verband is weer bepaald voor een soort ureum-formaldehyde-lijm. Het blijkt, dat bij een temperatuur beneden ca. +16° C de verhardingsduur aanzienlijk toeneemt. Teneinde de maximale sterkte reeds tijdens de persduur te bereiken, wordt aanbevolen de temperatuur steeds boven +16° C te houden. Wanneer nog geen behoorlijke sterkte bij de beëindiging van de persduur is bereikt, bestaat de mogelijkheid, dat de constructie voortijdig wordt belast, waardoor het verhardingsproces kan worden verstoord, zodat de maximaal mogelijke sterkte niet wordt bereikt.

Aan genoemde voorwaarden kan slechts worden voldaan door middel van gesloten fabrieksruimten.

g. *Bij het lassen van planken in de lengterichting mogen de lasverbindingen geen aanleiding geven tot grote verzwakking*

Er zijn verschillende typen lasverbindingen, zoals o.a. de schuine las en de vingerlas (zie fig. 5). Uit fig. 6 blijkt, dat de treksterkte van de schuine lasverbinding afhankelijk is van de toegepaste helling. Bij een helling steiler dan ca. 1 : 10 kan de sterkte behoorlijk afnemen. In de figuur is tevens te zien, dat een op trek belaste, van een schuine las voorziene, staaf zwakker is dan een ongelaste staaf. Dit geldt eveneens voor de vingerlasverbinding. Om deze reden dient een concentratie van lassen in een ligger of in een spant te worden

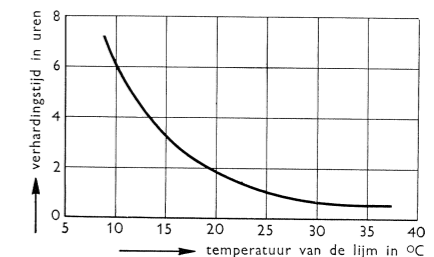


Fig. 4. Verhardingstijd als functie van de temperatuur voor een soort ureum-formaldehyde-lijm.

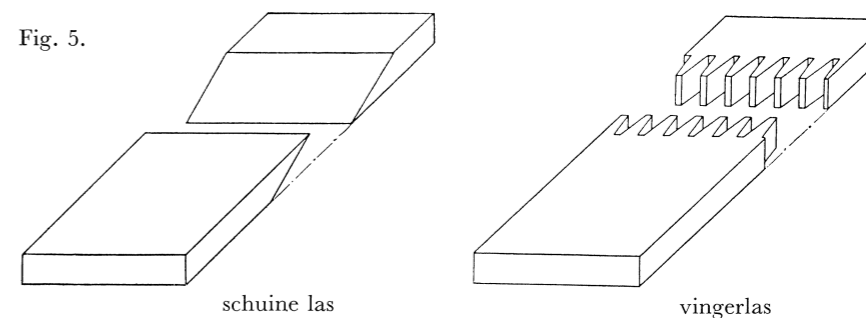


Fig. 5.

vermeden. In fig. 7 ziet men een concentratie van vingerlassen met als gevolg een scheur over de lussen, zoals in fig. 8 is afgebeeld. In fig. 9 is een vingerlas te zien, maar het zal duidelijk zijn, dat in dit geval de sterkte van de las, daar geen verbinding tussen de vingers aanwezig is, tot nul is gereduceerd.

Uit het bovenstaande moge blijken, dat gelijkde, dragende, houtconstructies in vele gevallen een aantrekkelijke oplossing bieden, mits de vervaardiging deskundig en met de nodige zorg in daarvoor geschikte fabrieksruimten geschiedt.

#### Literatuur

1. WILSON, T. R. C., The glued laminated wooden arch. United States Department of Agriculture, Washington D.C., Technical Bulletin no. 691, okt. 1939.
2. ROS, M., Le progrès dans le domaine des constructions en bois collé. E.M.P.A., sept. 1946.
3. Recent progress in laminated wood. Northeastern Wood Council Inc., New Haven (Conn.), Bulletin no. 22, apr. 1948.
4. FREAS, A. D. and M. L. SELBO, Fabrication and design of glued laminated wood structural members. United States Department of Agriculture, Washington D.C., Technical Bulletin no. 1069, febr. 1954.
5. Inspection manual for structural glued laminated lumber. American Institute of Timber Construction, Washington D.C., First Edition, 1955.
6. BOYD, J. D. and R. G. PEARSON, Notes on design stresses and procedures for glued laminated timber construction. The Australian Timber Journal, Vol. 21, no. 5, 1955.
7. Laminated timber. The European productivity agency of the O.E.E.C., Paris, Project no. 113, maart 1956.
8. FREAS, A. D., Factors affecting strength and design principles of glued laminated construction. United States Department of Agriculture, Washington D.C., Report no. 2061, aug. 1956.
9. KETCHUM, V., Glued laminated timber construction. The American Society of Mechanical Engineers, New York, Paper no. 56-S-15.
10. Making glued laminated beams. Timber technology, London, vol. 65, no. 2219, sept. 1957, pag. 468.

#### Some considerations on the fabrication of glued supporting wooden structures

When we have to do with glued laminated wood structural members, then the qualities of wood can be taken advantage of. The fabrication should however take place very carefully, in order to be assured of the reliability of the structures. Some important conditions are discussed which must be performed during the fabrication.

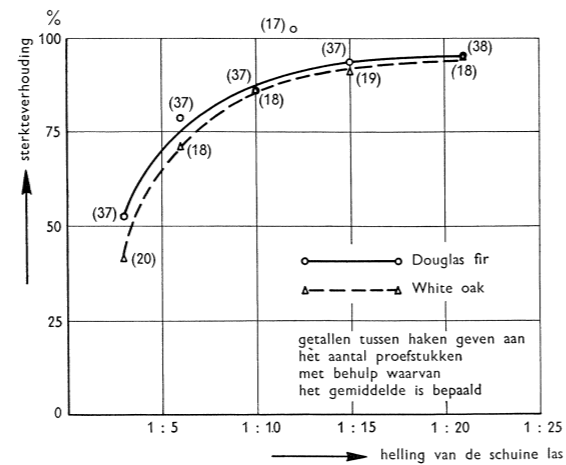


Fig. 6. Sterkte van staven, voorzien van een schuine lasverbinding, t.o.v. die van ongelaste staven als functie van de helling van de las. [4].

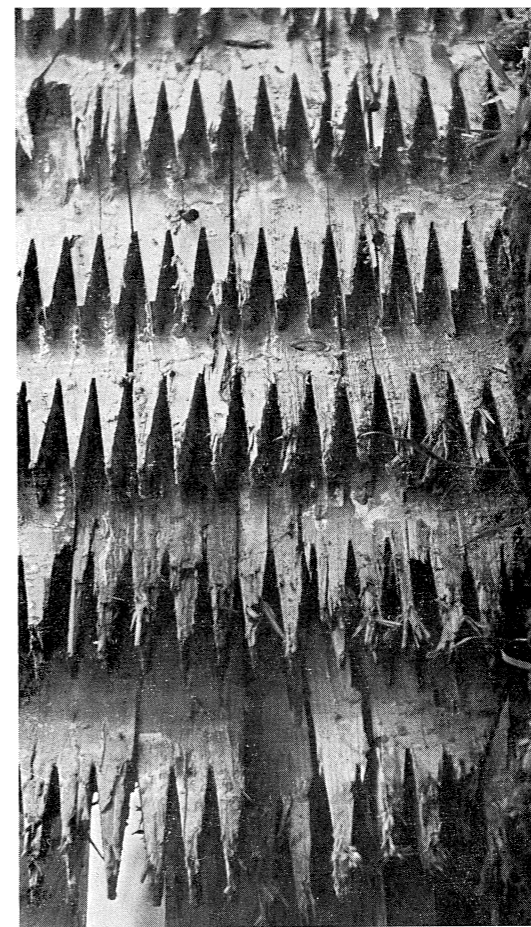


Fig. 7.

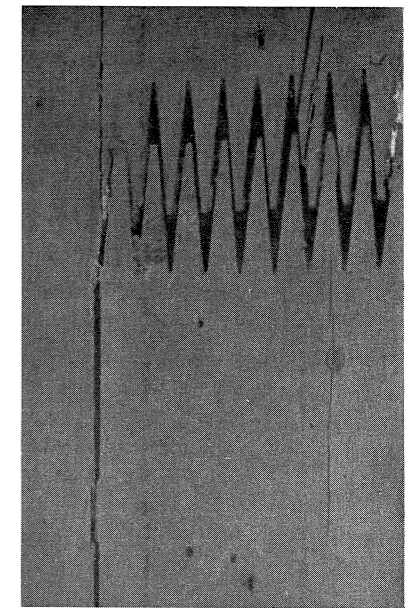


Fig. 9.

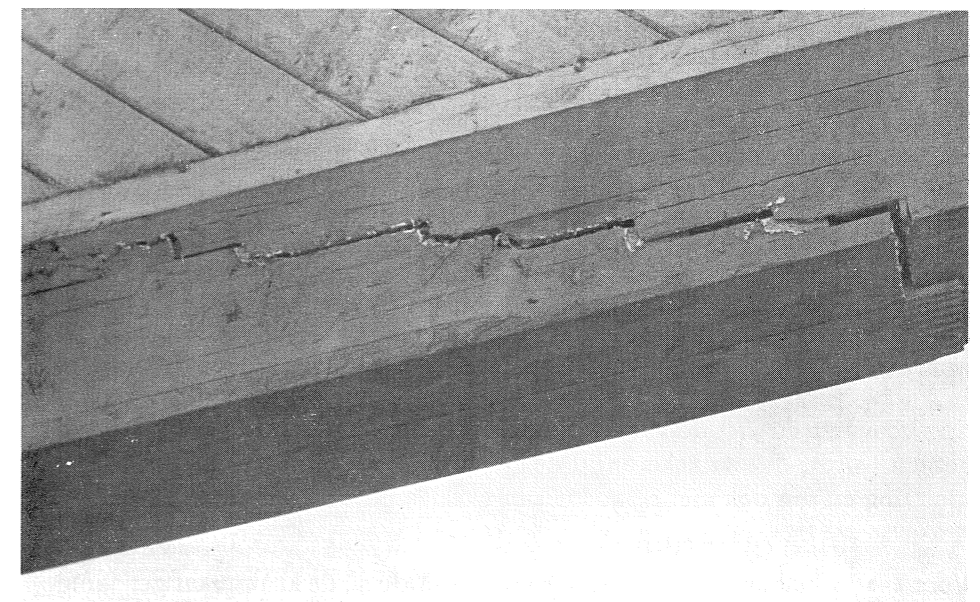


Fig. 8.