

集成木材について

(特に木造船材を対称として)

高 見 勇

I 緒言及目的

先づ「集成材」についての言葉の解釈について、一般に平井教授⁽¹⁾の言われる定義に了されているようであり、私の解釈ではもっと大きな意味をもった即ち三次元的集成を接着によってなし得る木材の合成材、と言うようにした方がよいのではないかと思います。と言いますのは構造が積層は勿論のこと、接着技術の進歩と木材のより合理的利用によって、集成方法が立体的観念によって来るからであります。最近の接着剤の著しい進歩に伴い、殊に高度の耐水・耐久性を有すると共に使用方法が比較的簡便でコストも割安となつて来たので、接着によるこの集成材の木材製品の利用がとみに活発になって来ている現状であります。当所に於ても耐水・耐久性のある、そして苛酷な使用条件の下での有効な接着剤を作ると言うことは勿論ではあります、良い集成材を作ると言うことに於ては接着剤だけが因子ではなく、木材の正しい取扱いとその適当な設備、知識、技術を必要とするものなのであることは言うまでもないことで、こうしたことについては米国マチソン林産試験所の文献⁽²⁾にも詳しく述べられてあります。

1907年欧州にて、1934年米国ではじめて集成材なるものに手を付けたのでありますが、最も利用されるようになったのは第二次世界大戦以後の近年であります。即ち軍需製品の莫大な木材材料の供給不足からこの集成材利用の発達を早めたのであります。殊に木造船材として竜骨材、肋骨材及び梁曲材又橋梁材ボデー材をはじめ各種建築材への利用は目覚ましいものがある様です。

最近林業試験場の小倉技官⁽³⁾が欧米留学され集成材についても、現況をみてこられました、可成り各種にわたって成功しており、而もだんだんと発展しつつあると言ふことす。

現在最も困難視されていることの一つに、接着が完全であるか如何か、そしてその接着剤が木材に対してどの程度の接着力をもっているかという判定であります。これらの研究については林業試験場堀岡技官⁽⁴⁾等

によって可成り深く研究されつゝありますが、何れにしても定性的な結論は大かた見通しがついている様ですが定量的なことは、遺憾ながらまだ出ていないようです。先程の小倉技官によりますと、米国に於ては集成材による試作品を作ると、先づその一部を試験材として採りマチソン林産研究所に送って、規定の接着性試験法⁽⁵⁾によってテストし、その結果をみて合否を判定している、現在はその殆んど99%迄が合格している位優秀な接着剤と接着技術を有している様であります⁽⁶⁾。

我が国としましても接着についての総合的な基礎データによる裏付けが未だ定量的なものに出されておりませんが、欧米の接着技術を取入れ実際に実用的製品を作つて利用しつゝあることは、御承知の通りであります。造船材としては岩木合板造船株式会社にて作つた合板木造船⁽⁷⁾、或いは横浜ヨット株式会社及横須賀市の東造船株式会社の集成材製品は著名であり、建築材として最近の倉庫用アーチ材として三井木材工業株式会社⁽⁸⁾の製品が市販にされる段階に至っている様であります。これらのその後の経過過程に於ける物理的、化学的状态については可成り良い結果を示していると聞いております。

そこで当所に於てはこうした結果を参考としまして新たに木造船用梁曲材を作製して実用試験を試みたのであります。昨年度(昭和28年度)農林省の農林漁業技術試験研究費によって行つた「集成材に関する研究」にて、現在使用している天然曲材による梁曲材⁽⁹⁾が集成材よりも強度に於て劣るとの結果が出ましたので、水産庁及静岡県焼津造船所の協力を得まして145トン木造漁船に取付けてみたのであります。このことについては後程詳しく述べることにします。

それから集成材を作る上に於てもう一つの大切なこととして、先程も述べました様に三次元的形をもたせる集成接着—木材のより高度の利用の意味から—をなすのに、木材のみのもつ最も特有なる機械的性質を生かすことにより、より完全なる製品価値を出さしめる因子が木材を曲げて使うこと、もっと学問的な言葉で言うならば、木材に曲げ及捩れのモーメントを与え



て利用する場合に、それが少くともリミットデザインに基いて即ち塑性域設計によるものでなされるものでなくてはならないことで、木材位簡便で殆んど誰にでも使え、誰もがそれだけの知識をもっており、そして何処にでも手に入れられる貴重な我々の生活になくてはならない必需品として存在している、而も他の物質と同等な位の強度を持っているこの材料を現在、非合理的に使われている点が可成り多い様であります。

集成材を作るに当っては充分に先づこのことに著目して無駄のない、そして極限迄利用された材料としてありたいものと私は思うのであります。例えば木を曲げるにしても水分と熱とによって充分塑性状態に出来ることによって、このことは集成木材のもってよい唯一の利点でなからうかと私は思います。

木材を或る程度の含水率——それが例え接着の際接着剤に差支えない含水率に乾燥されても、充分表面的な変形の起らないもの——にして、それを高周波加熱等によって非常な短時間に高い熱源を内部に供給して、出来るだけ有効な塑性状態のものにする。無論従来の蒸し曲げの様ではないが、このことは曲げに於ける板の厚さと曲げ曲率とに、或る程度の制限はあるもの、少く共曲り集成材への利用には好都合なものであることは確かであると思うのであります。

こうした弾性域及塑性域での使い方によって設計される木材材料の100%の有効利用、即ち現在台頭して来たリミットデザインなる解釈による木材材料としての新しい見解は、今後の我国木材資源の不足にもかんがみ、必ずや一日も早く究明しなければならないのではないかと痛感しているのであります。

幸いにも林業試験場沢田技官(11)がこの問題について種々と研究されておりますので、今後の期待も大きいものと思われまゝ。

先程簡単に述べたのでありますが、集成材の利用の現在最も考えられるのは木造船への使用で、我国に於ける木造船(主として木造漁船)界に於ては船の構造部材として主要をなす天然曲材の不足より、これが対策に非常な苦勞している状態なのであります。而るに欧米各国に於ては数年前よりこのことについて、いち早く曲り集成材を充分活用して、現在は海軍、水産漁船、ライフボート、ヨット等広分野にわたって成功のうちに使われているのです。当然我が国としても、このことについては早くから種々と対策を樹て、その途の試験研究者よりデータを出していますが、近年はとかく実用面への試験研究はていたいし勝ちで仲々に発展しない現状です。実用的に仲々採上げられない理由として、矢張り研究室の規模の小さい処のデータ

が実際の大きな実用的フィールドに出された場合の懸念から、実用に使う段階としての結びつきである実用試験による確立性の不十分から来るのであって、果してこれは誠に重要なことではありますが、そして誰しも深くこのことに考慮していることなのですが、種々と研究費或いは設備の不十分からできなかったものと思われまゝ。そこで今年度、当所の集成材の製造に関する試験研究の一環として昨年度(昭和二十八年)の農林漁業技術応用研究費によって行った、強度に関する試験の結果に基いて、実用木造漁船に取付けてみようとの計画実施したのであります。水産庁漁船課小島技官及び焼津造船会社の御好意によって、同所起工になる第一笹山丸(145トン)木造漁船(カツオ、マグロ獲船)の船内に取付け、今後の使用状態について詳しい観察をしてみることにしたのであります。とにかくこうした集成曲材の耐水・耐久性について今回は重点を置き、試験を試みたのであって又内外国の文献によりますと、この耐水・耐久性の試験方法が幾様にも考察されてはいますが、果してこの様な方法で実際の即ち遠洋漁業等の海水に対する苛酷状態に置かれるこの木造船用曲材がそれに耐えてゆけるか如何か、少く共10年以上の毎日寒暖の差は勿論のこと、繰返す曲げ、捩れのモーメント及び剪断応力等の外部応力、又水分の出入による材間の膨脹収縮による内部応力のこのような疲労応力に可成りな強い影響をもつ、こうした総合的な苛酷状態に果して如何なるものであるか、そしてその過程に於ける状態の解析に於ける今後の向うべき試験研究の方針等、あらゆる総合的実用研究のデータをとりたく念願したのであります。

II 試験材について

(1) 今回用いた試験材については二種類の型のものを選定したわけで、何れも木造船構造部材として大量に必要とされるもので次のものであります

1. 縦横梁曲材
2. 波よけ材

(1)の縦横梁曲材は少く共一木造船では200本以上(曲率及び角度には多少の開きはありますが)必要としますが(2)の波よけ材は特定の船のみが必要であって、カツオ釣り等の船に用いられるものでそう多くは必要とはなりません、可成りな量に上っています。

そのどちらも本道産「ナラ」材の挽板を人工乾燥(10~15%含水率)し集成膠着したもので、表面は自動鉋掛けによって仕上げ、接着剤としては石炭酸合成樹脂及レゾールシノール合成樹脂の二種類のものを用い

たのであります。何れも常温硬化（20 °C前後）により一部は高周波加熱（60 °C～110 °C）によって硬化したのであります。

写真第1図に示すのは縦横梁曲材であって厚さ7cm巾15cmの板の24枚集成の曲集成材でその実際に漁船に取付けた一部を写真第2、3図に示しましたが、これを取付けた船の内部の位置については第4図に示します。写真第5図はその取付け漁船の外部、前側部よりみたままだ建造中のものです。又写真第6図に示しますのは波よけ材であって、厚さが2cmのものと1cmのものを種々と混交して梁曲材作成とすべて同一条件にて圧縮膠着したものであります。その漁船に取付けたものが写真第7、8図であります。

(2) 耐水性については大凡の短期苛酷試験として写真第9図に示した様な試験材を用いて行って見たわけですが、その適切性は充分あるか如何かは、これでは見極め難いのであることは当然ですが、写真中Xの記号の試験材をAはそれを16時間、100°Cの蒸沸水中に入れ、その後100°Cの乾燥器中に24時間間放置したもの、同じB試験片は24時間蒸沸水にそして24時間100°Cの乾燥器中、Cは72時間蒸沸水中、24時間100°Cの乾燥器中にそれぞれ試験を行ったものでありますこの位の試験では何れもまだまだ、接着力>膠着木部の収縮力で、あってこの程度ではまだ充分耐水性があることがわかります。が而し実際の場合には緒言にて述べた様に可成り使用条件が異なって来ますので、従って実用試験の結果と平行してこれらの試験を参考として試みねばならないと思うのであります。写真第10図の如く写真第11図に示す箇所に半永久的に、耐水的、耐久的試験の考察をするべく行っているのであります。

Ⅲ む す び

今回は実用試験として木造船材に、就中割合に多量に必要とし而も天然曲材に於てより扱い難いものとなっている梁曲材に用いたのであります。大凡木造船の使命としては集成材たる材料からみますと、矢張りすべてに於て膠着によって全船体が木材だけというのが最も優れているものではないかと思われまふ。即ちボルトその他金属製締具を使用すればその木材全体の強度が、その締具の金属に対しあけられた穴等（応力集中によって強度は著しく低下する）のために木材の有効利用率が減るわけで、理想としてはできるだけ所謂集成することによって完成されたものでありたいのであります。

最近木造対鋼船のどちらが良いかの種々の是非々

論が取沙汰されていますが、果してあらゆる面から考察してどちらが優れているかの判断は、その道の専門外なので詳しくはわかりませんが、而してこの数十年間というものは木造船は決してなくなることはないであろうし、寧ろ増している処に矢張り木造船たるものゝ優利があり、私達も大いにこれがために努力を傾けてゆきたいと念願しているわけでありまふ。幸いにも来年度よりは水産庁漁船課札幌分室の田中技官及道水産部漁船係又道内主要造船会社の御協力により大々的に、この木造船の集成材利用が推進することになり一日も早からんことに一意励心する積りです。

実際に実物大の製造に當って最も困難に感じられた点は材を如何にして直角或いはそれ以下の鋭角に曲げるか、そして圧縮の際その曲率に対して一様な圧縮圧を分布するか、ということなのでした。板を曲げるには矢張り乾燥しては、それだけ材がもろいですし従って或る程度の水分がなければならぬのです。そこで一応考えられるのが高周波電気による加熱であって、これによる荷電により早急に極く短時間に熱が材中一様に分布されそして高温湿じんが材中の水蒸気によって行われる。このことは材がますます塑性的撓率が増し、別な言葉で言へば同じ曲率でも乾燥された板の二倍の厚みをもった板でもこの方法では材を何等破壊することなく（微視的及定量的実験は現在行ってみておりますが）曲げが出来得るのであります。而もそうすることによって幾分乾燥もされ接着に対する含水率も調節でき、更によいことには、少時そのままに放置することによって、曲率をもったまま乾燥板を直接曲げる場合の曲げの初期応力を消失できることに又非常な便宜があるのであります。現在の接着剤の極めて高価で原材料の大部を占めることに対しては、このことは材の製品価値として充分安価なものとなり、コスト引下げの有力なものと言へるようです。

その他技術面について、と共に実際の製造に対して今のコスト問題等について今回は紙面の都合上後述にゆづりたいと思ひます。只現在最も望まれるものは接着剤の他の原材料に比し著しい高価なものについているので、このことについては極力値下げを強調し、関係製造会社にもその点要望しているのであります。

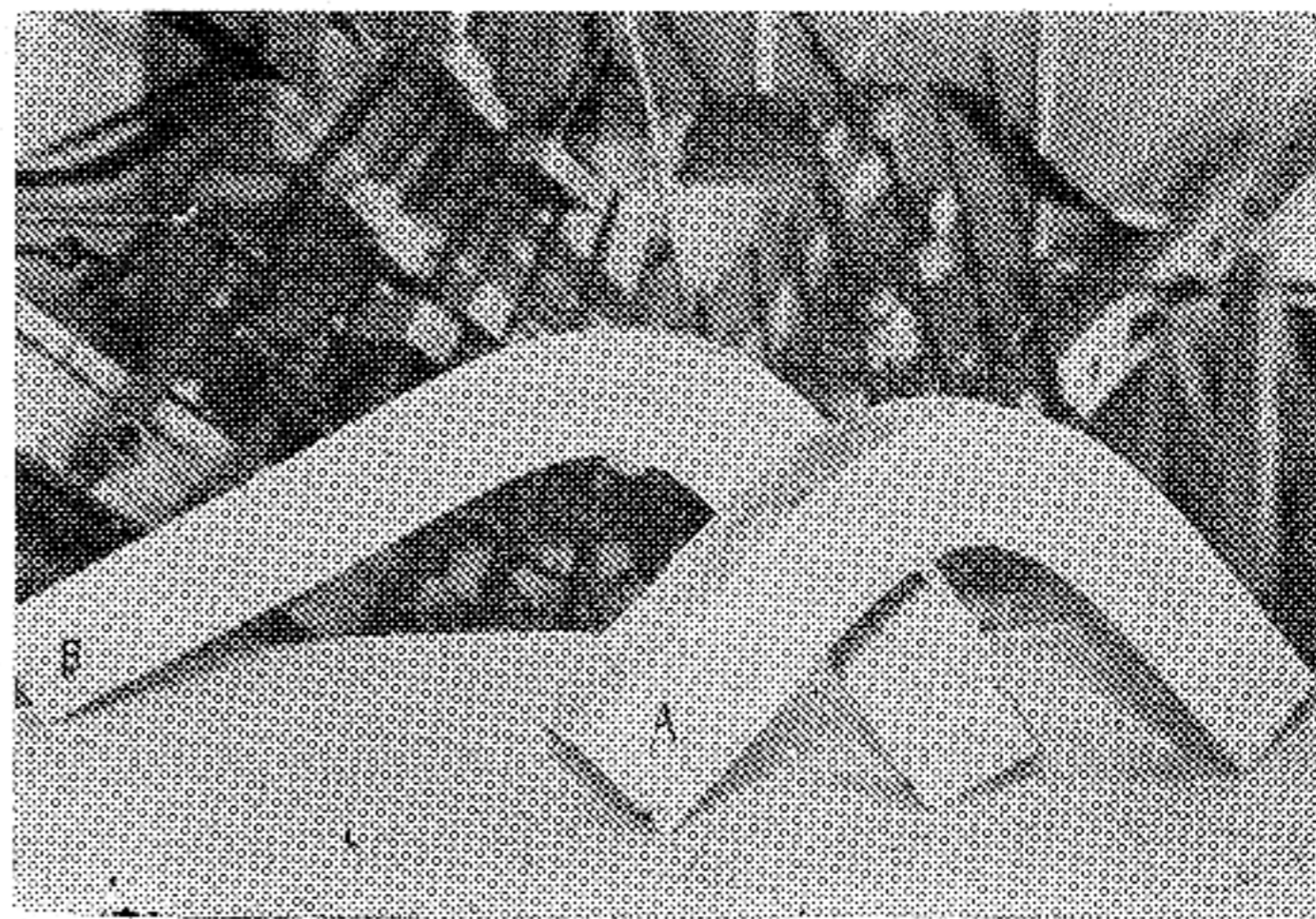
Ⅳ 感謝の辞

今度の実用試験に対して種々と御指導を賜った当所小林次長はじめ保坂研究部長、越智試験部長、丹羽技師、森技師、小林（教）技師、中川技師の諸氏に厚く感謝します。又直接御援助を願った水産庁漁船課小島技官、焼津造船会社の各位に対し併せて助手として各

種助力をして貰った高橋政治君に厚く御礼申上げる次第であります。

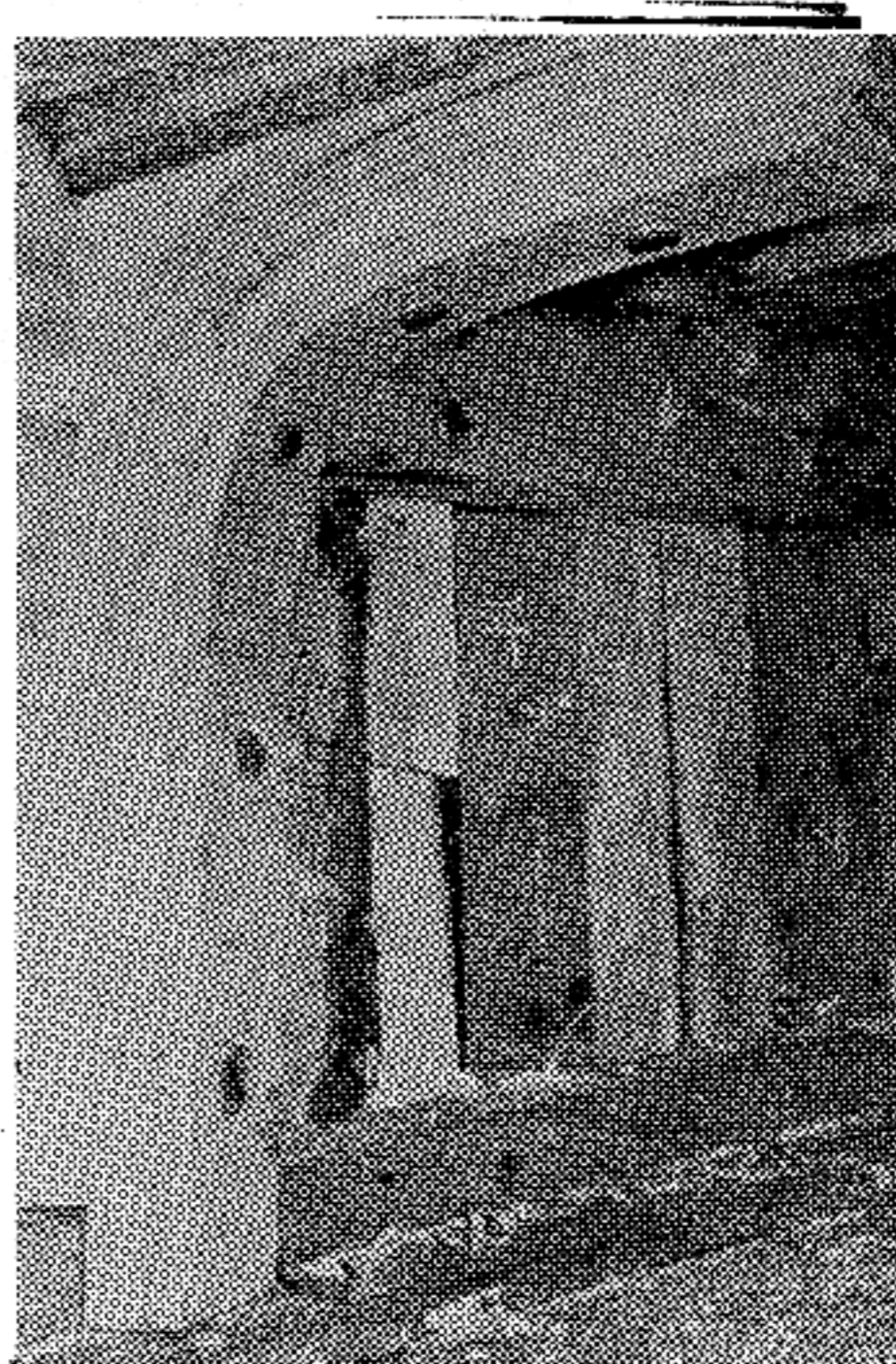
V 引用文献

1. 平井信二 新しい木材々料 (4) 積層材と集成材
林業技術 No.142 Dec. 1953
2. A.C.Knauss and M.L.selbo. Laminating of structural wood products by gluing
F.P.J. of U.S.A No.1635 Oct. 1948
3. 小倉武夫 アメリカ及びヨーロッパの木材工業技術 (1) 集成材
木材工業 Vol 9. No.6 1954
4. 堀岡邦典、堀池清 接着機構に関する研究 (第 I、II、III、VI、V 報)
日本林学界大会講演集 第60、61、62、63回
April. 1951~1954
5. M.L.selbo and A.C.knauss. Wood laminating comes of age. J. of F.P.R.S of US
Vol VI. No.2. April 1954
6. (3)と同じ
7. 岩木秀雄、集成材による木造船
木材工業 Vol9. No.9 1954
8. 三井木材工業KK、新しい集成材建築
木材工業 Vol9. No.9 1954
9. 越智正六、丹羽恒夫、高見勇 集成材に関する研究 (第一報)
集成材による曲梁の製造並びにその曲げ剛性強度について (特に船材への利用に関して)
北海道林業指導所研究報告第5号
昭和29年 (1954) 8月
10. R.F Lux ford and R.H. Krone; Laminated Oakframes for 50-Foot navy motor Launch compared to Steam-bentframes. F.P.L of U.S.A. No. R1611 Oct 1946
11. 沢田稔 木材梁に関する研究 (第二報) 短形断面集成梁の曲げ破壊係数について
林業試験所研究報告 第71号 昭和29 (1954)



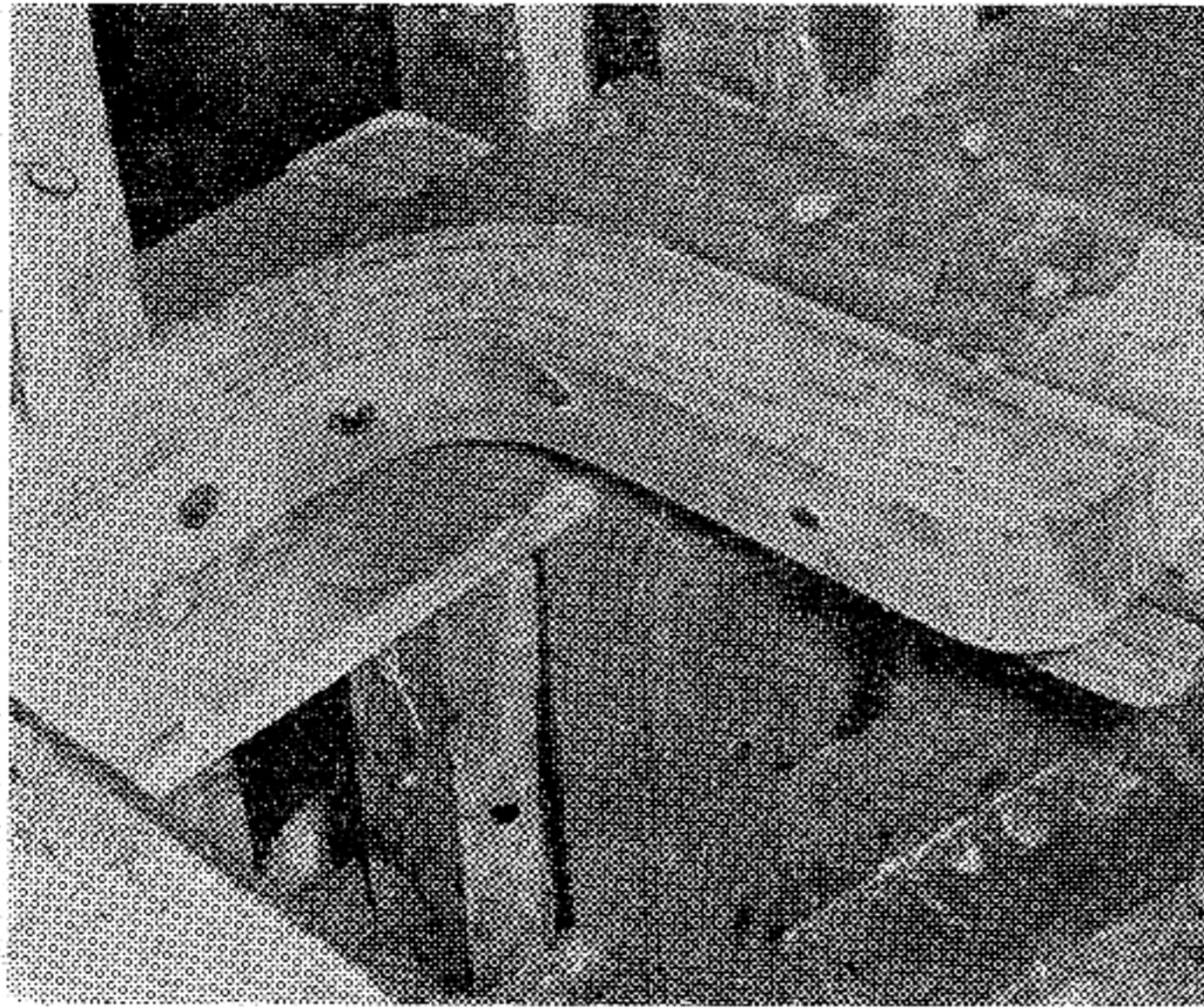
写真第1図 集成梁曲材

向うに見える曲げ圧縮機によって作った集成梁曲材で、Aが長さ4尺、Bは5尺、どちらも4寸角で重量も天然曲材よりずっと軽く、強度は二割位大であります。ボルト締め圧縮によりますが二人で大体20~30分間で出来、接着に要する時間は高周波加熱ですと僅かの5分足らず、従って曲げ圧縮機の良いのでサイクルの早いものだと一日に数十本は製作可能と思われ



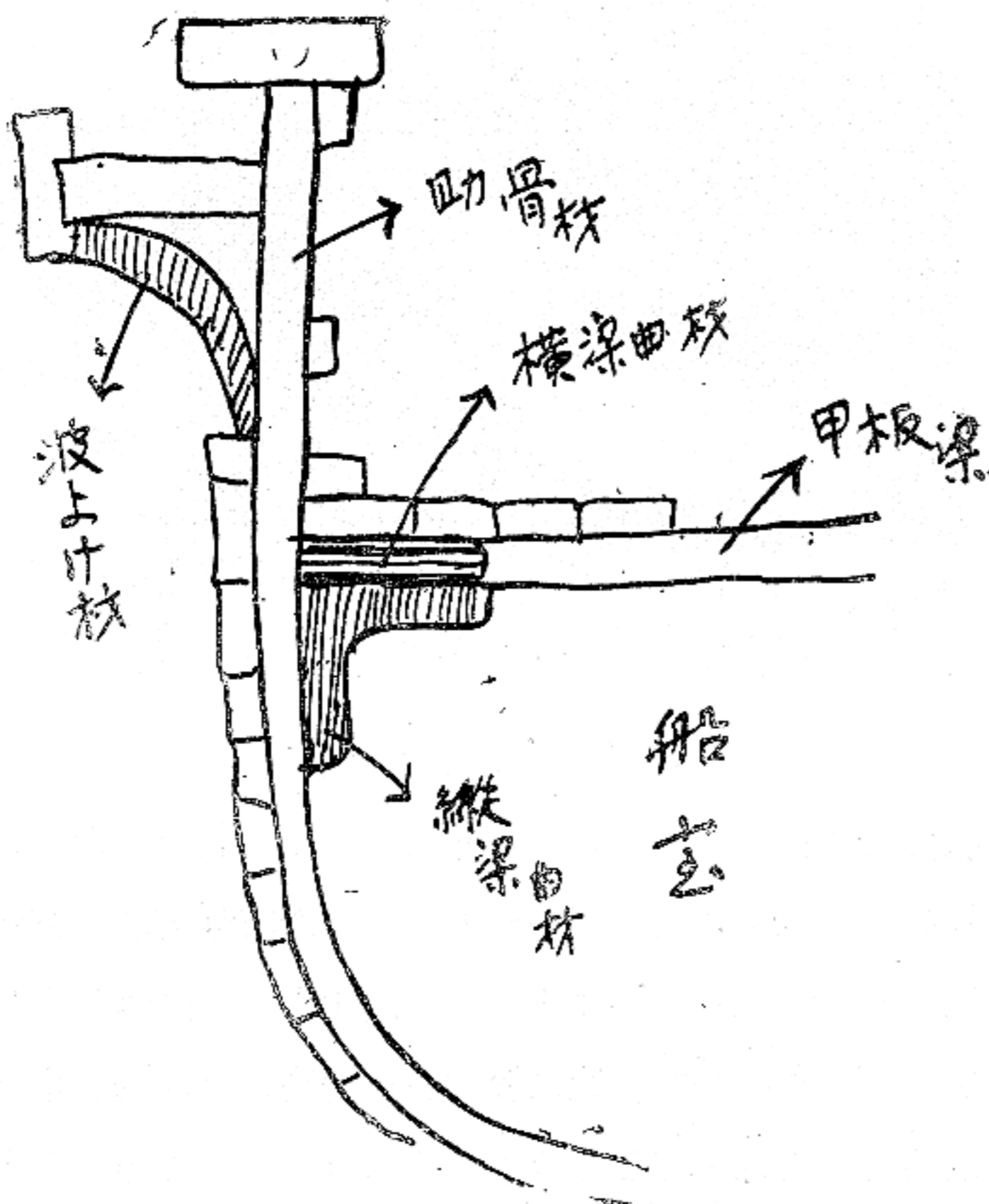
写真第2図 集成縦梁曲材

写真第1図のBの方で、これを木造漁船内に取付けた処のもので、この内部は船員室及取獲した魚類の畜積する室となるのです。写真にみるようにすべてボルトによって取付けていますが、木材の利用合理化の解釈からすると、この強度はボルトの頭とそれに被せたザガネの面積の硬さの強度、これだけのものとなりこの部位の破壊は梁曲材全体の破壊を意味しているのです。船全体が大海の大波によるローリング及びピッチングに悩まされる有様を想像されますと、この材の如何に重要なものであるかおわかりのことゝ思います。

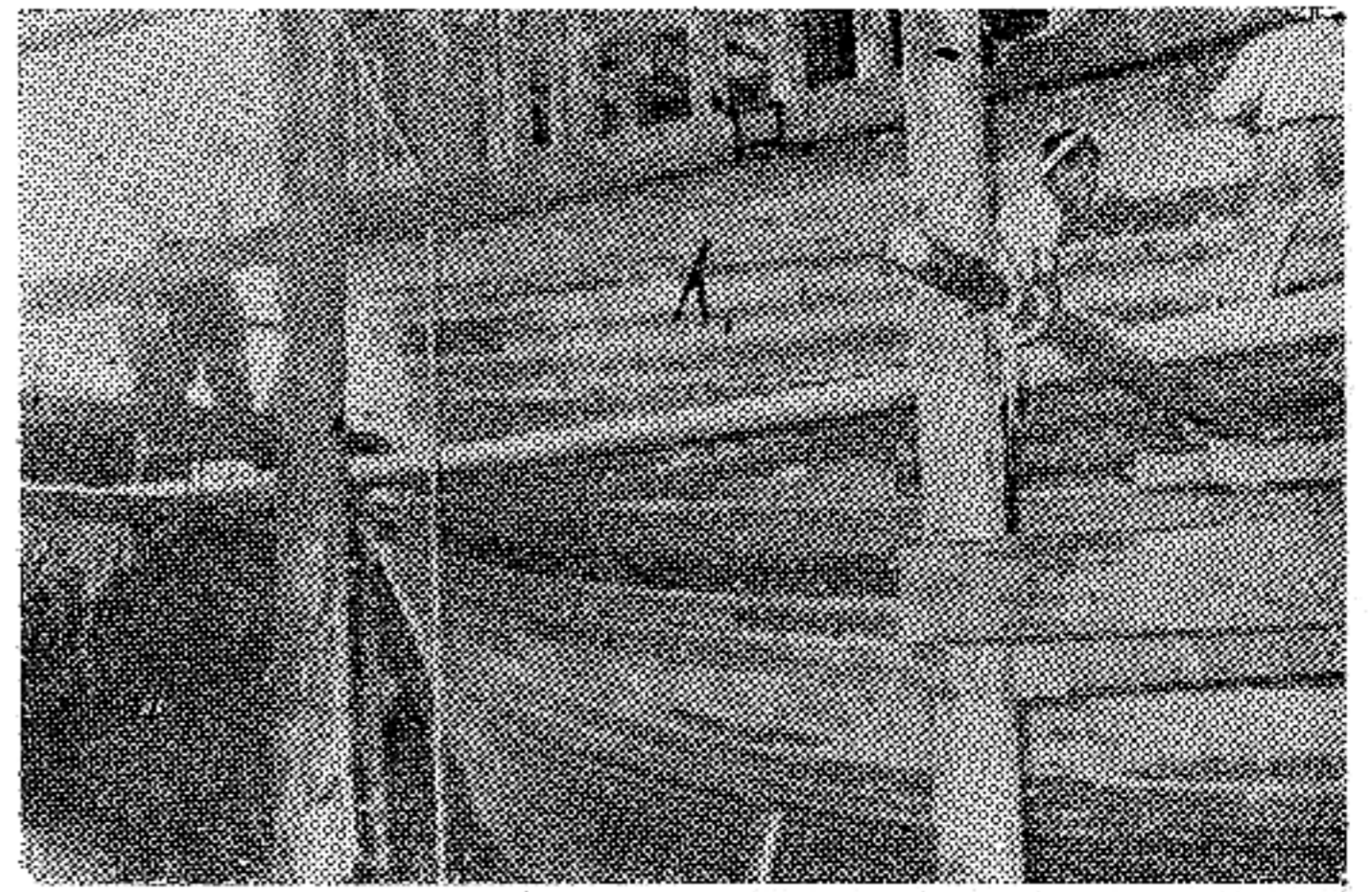


写真第3図 集成横梁曲材

写真第2図と同様漁船内に取付けた集成横梁曲材で写真第2図の縦梁曲材が下の方に見えます。この二つをもって一セクションの構造をなしているのであって一セクションにこの梁曲材が少く共三ヶを要するのです。ですから木造船ではこの材料の莫大な量が要るわけです。この一本の価格は根曲材、枝曲材の豊富な北海道でも500円から1,000円位ですし、内地では千円位が相場の様です。それがこうした天然曲材の不足から高騰しつゝあります現状ですので、これに代って質量共に優る人工集成材が用いられる時期は近い中のことと思われます。

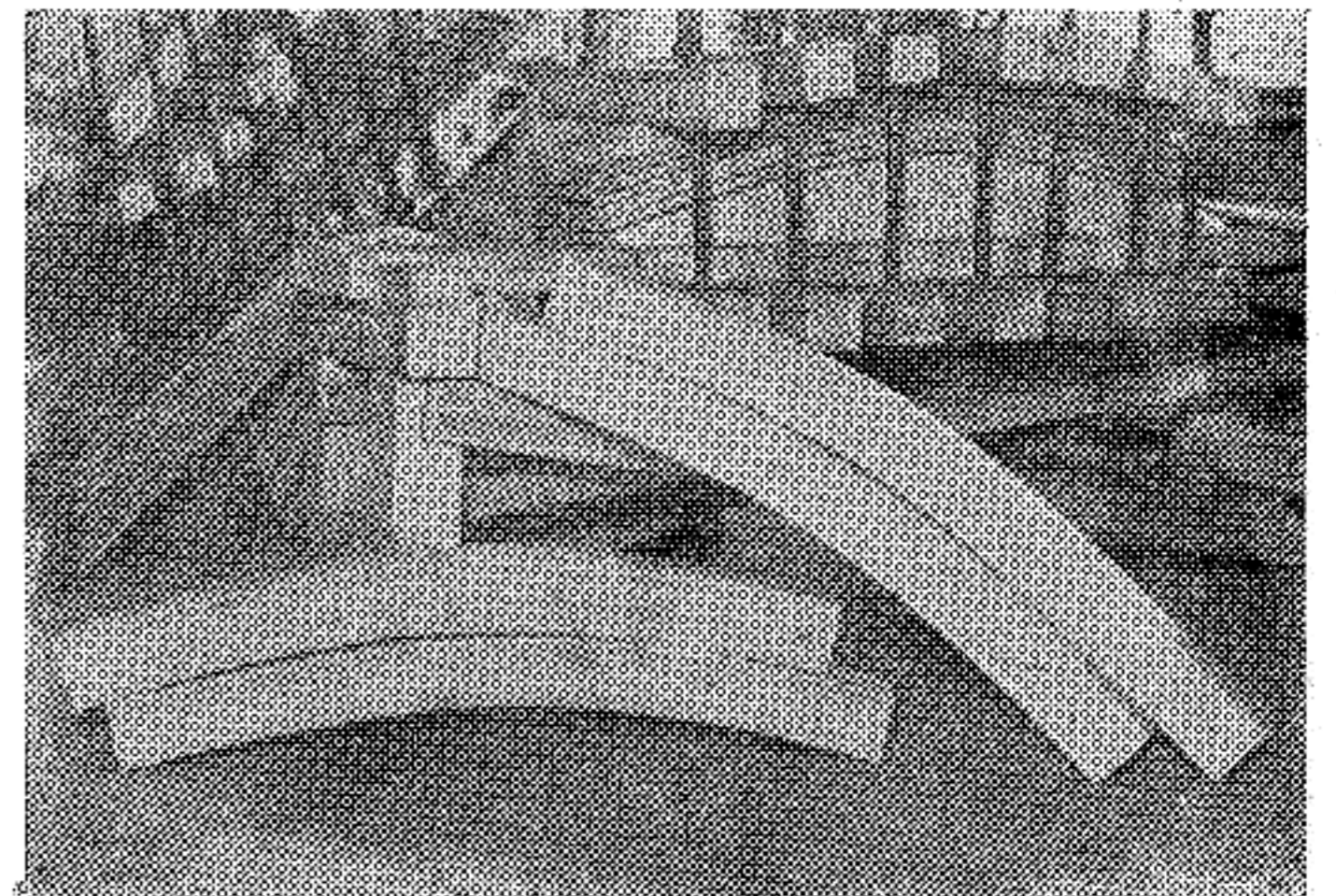


写真第4図



写真第5図 実用試験に用いた木造漁船の前側部

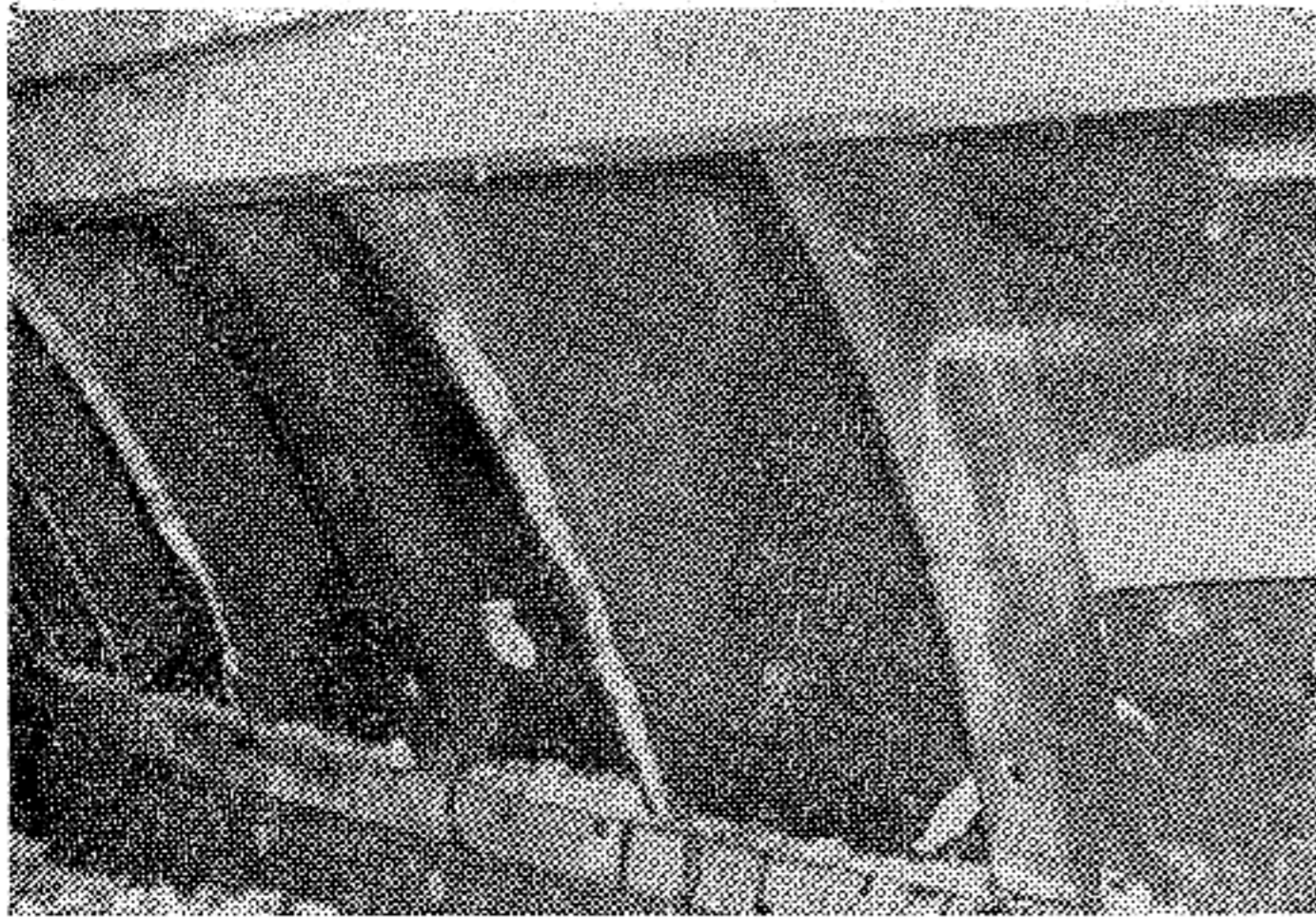
今回の梁曲材及波よけ材を取付けた漁船の一部で145トンの木造船であります。静岡県焼津造船所にて起工中のもので、年間多くて半年、少くて1カ月位南太平洋上にあつて、マグロ、カツオ等を獲る目的のもので、関係者の話ですと、沿岸漁業に用いられるものより強度及耐久に於て優れていなければならないと強調していました。写真中イの部位(内側)に縦横両梁曲材口の外側板に波よけ材を取付けたものです。



写真第6図 集成波よけ材

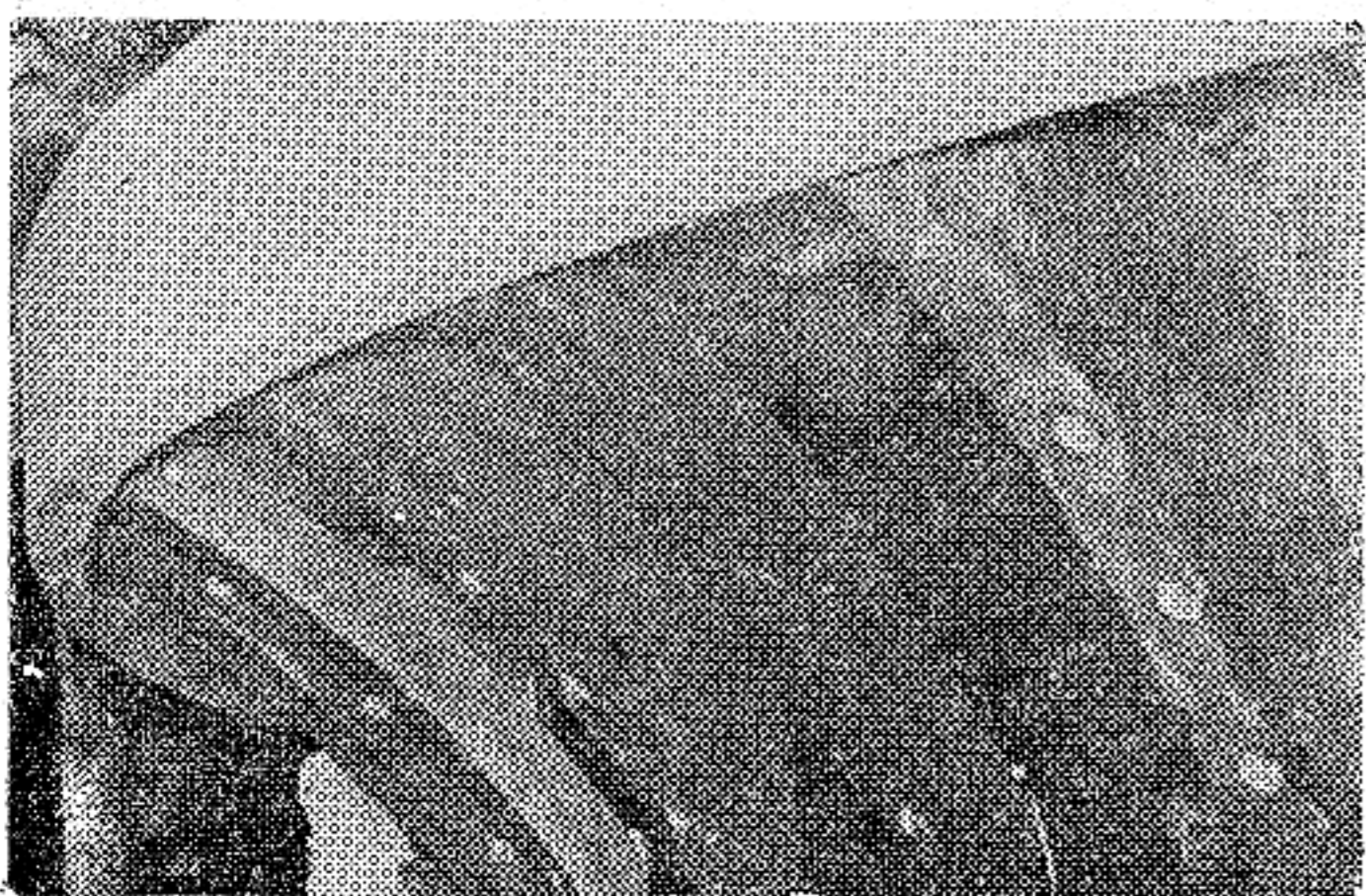
木造漁船用語では通称波よけ材と言っていますが、4寸角の長さ3尺5寸位のもので、これは特殊の船にのみ使用されるものです。

この程度のものですと集成材の方がずうとコスト安くできる様です。曲率もずっと小さいですし、耐水性接着剤であれば充分大量生産が出来、材質も可成り悪いものでも混交によって補えるので好都合なものと思われます。製作条件は集成梁曲材と殆んど同じです。



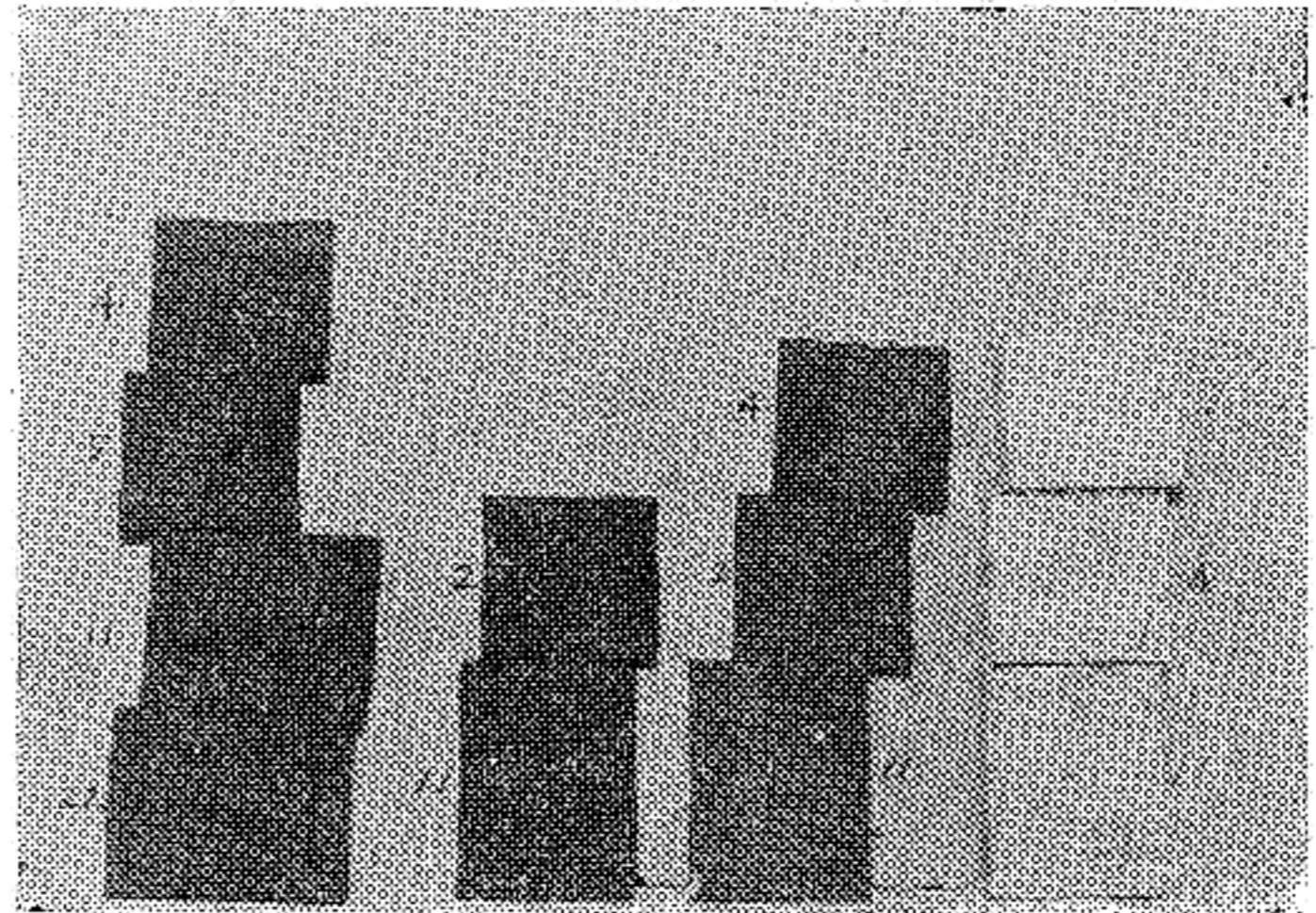
写真第7図 集成波よけ材の取付けたもの
(横側部位)

写真第6図のものを実際に取付けたもので、◎印がそれでありませう。現在使われているものと比較して充分これで事足りるのです。外部にあるだけに(写真第5図の口の部位に取付けたもの)耐水・耐久には可成り強いことが望まれるものです。写真の様に集成波よけ材の船の外板との空隙になっているのは、船速度及び波のぶつかり等に有利な様に思われます。



写真第8図 集成波よけ材の取付けたもの
(後側部位)

写真第7図と同じく◎印のものがそれです。これが一木造船に約百本から二百本必要とするのです。天然曲材ですと矢張りこの曲率の様に目の通ったものゝ根曲材が必要なのでこの面にも曲集成材の利用する処があるわけです。



写真第9図 短期耐水試験片

本文に一寸述べましたが大凡の耐水性をみたものでこの程度では充分耐水性があると言へませう。

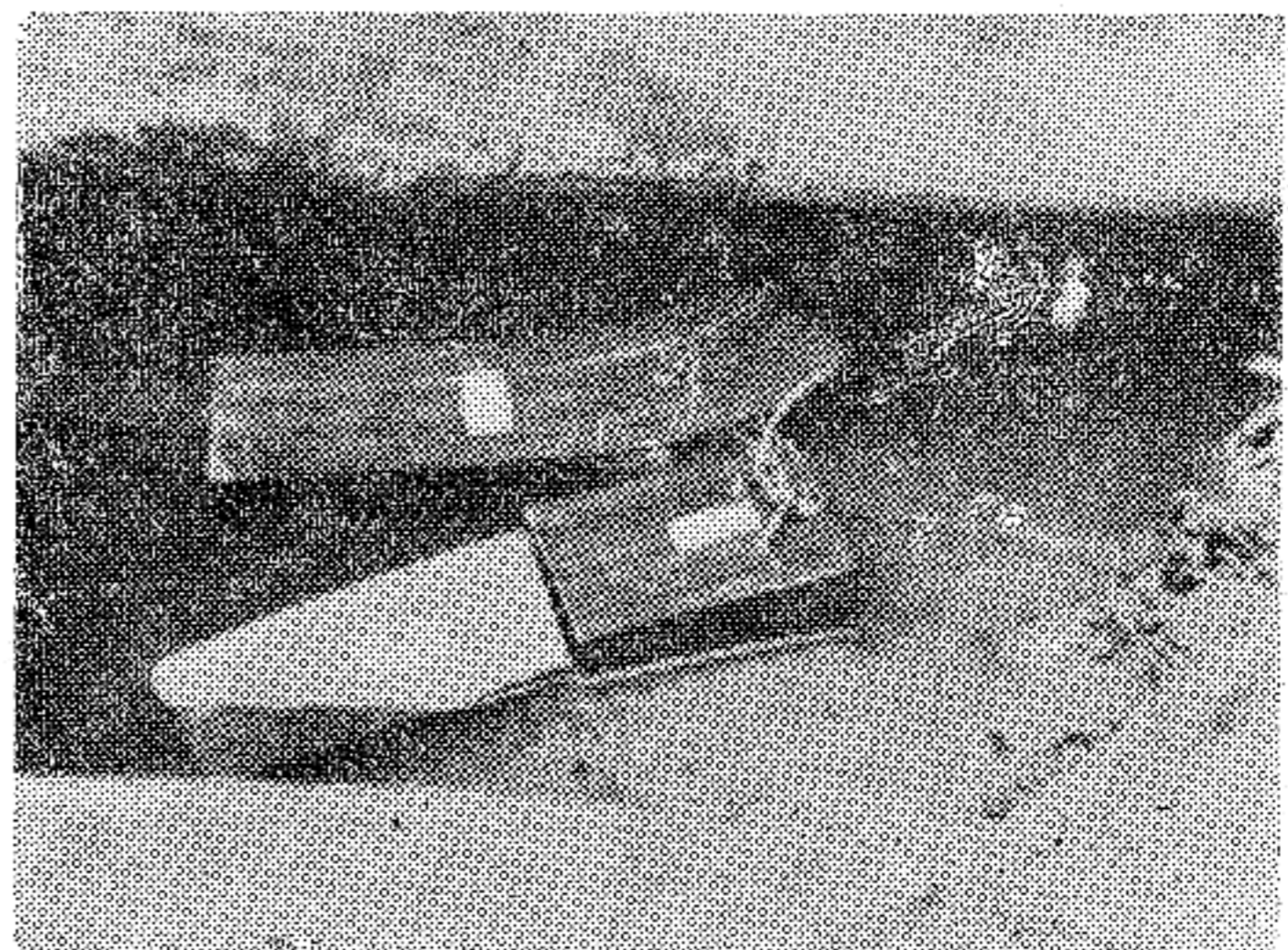
X ; 被耐水試験片

A ; 16時間蒸沸(100°C)し続いて24時間100°Cで乾燥したもの

B ; 24 " " " 24 "

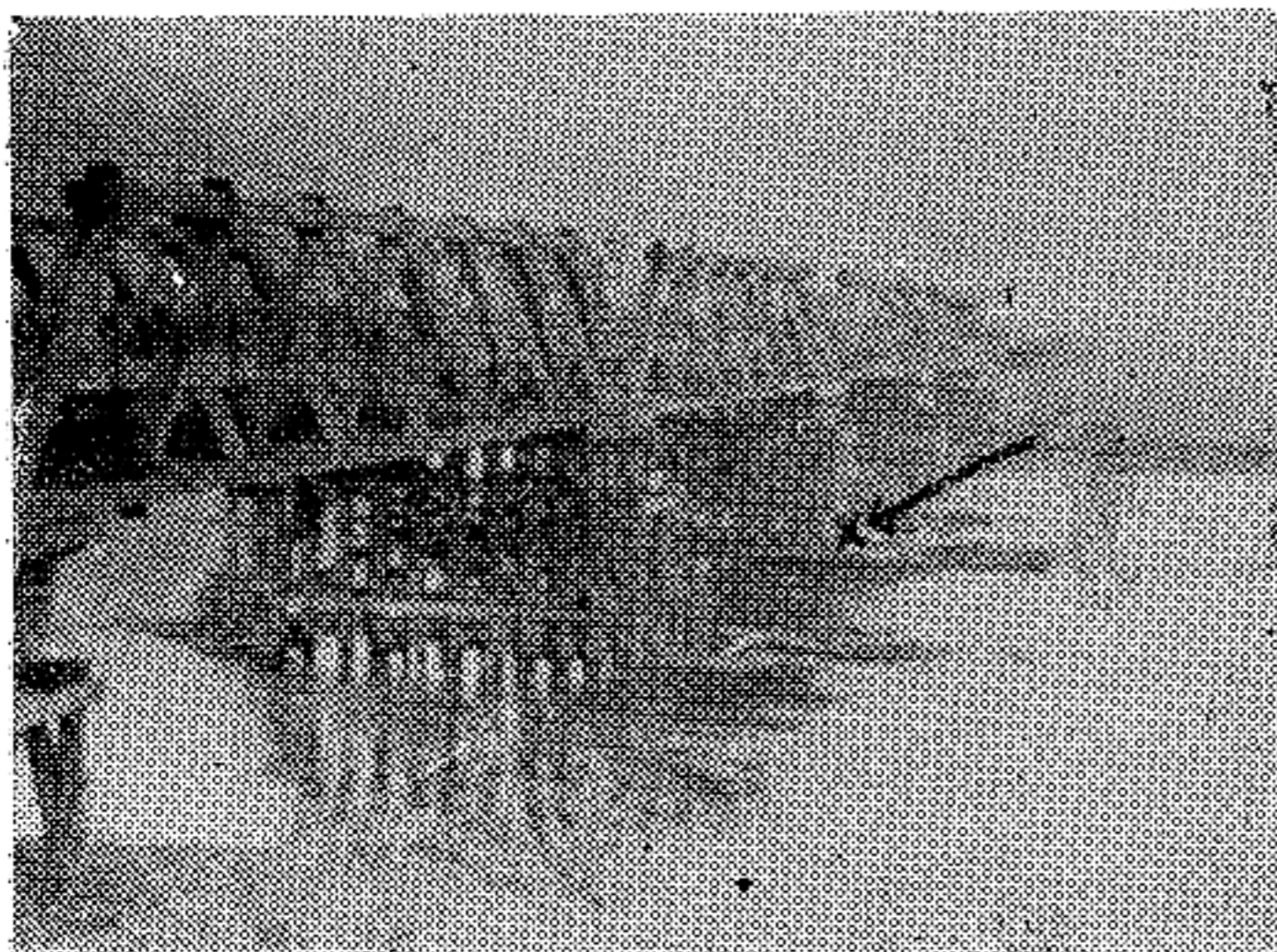
C ; 72 " " " 24 "

写真の如く接合層の剥離は殆んどなく、材質間の割れる位の荷酷状態でも充分接着は完全である様に見られます。



写真第10図 長期耐水試験片

状況と平行して、この耐水・耐久試験を試みたので、比較した結果によって今後のこうした試験方法の資料にもしたく思っています。殊に淡水中では防蝕が烈しいので、この様な状態に於ける接着層の物理的、化学的变化の有様を詳しくみるために行ったのであります。半年後の現在に於てはまだ何等の変化も来しておらず、只木材の部分が変化したに過ぎない様です。



写真第 11 図 長期耐水試験片の置いてある
河中の場所

昭和 29 年 8 月末日実施したもので現在の処ははじめと何等変化のない状態を示しており、半永久的に続いて今後も観察してゆく予定です。

場所 当所附近にある石狩川中で橋名は旭西橋

— 研究部第二課 —

目立養成所通信

(4)

当所研究部製材研究室長北澤技師は12月1日より静岡縣鋸目立養成所に入所幹部教育を受けているが、その通信が届きましたので茲に逐次登載致します

お手紙並びに 25 G 帯鋸戴きました。

北海道も選挙戦たけなわで大童の御様子、今日は朝から可成りの降雨で西日本は 200 耗以上の豪雨とか北海道で今時こんな雨が降れば、去年の風倒木の関係も手伝ってたちまち大洪水になるのではないかと心配になります。

鋸の方は只今 23 G と 24 G と二枚を交互に使用して実習を行っております。樹種は主として杉ですが、○或は梅時に樺、ナラ等も挽くことがあります。

近くの会社からアツサブの 26 G ばかり十本も加工委託して来たのがあり、生徒が夫々一本宛受持ち試験挽きをしましたが、スギの尺丸程度で六尺もの八一十秒程度までは通りますが、モミ、ツガ等になりますと可成り苦しくなり少し早目に送ると「オヨギ」ます。当地で薄鋸（22 G 以下）の実用化されたのも北海道と殆んど同時期の 23 年前からだそうですが、現在のところスギ材で普通の能率を上げるにはせいぜい 22 G 程度、但しテーブルで 24 G 位と言う話です。中には 27 G を作って実験している者もありますが、今のところでは単なる興味程度で実用としては自動 21 ~ 22 G、テーブル 23 ~ 25 G 止りではないでしょうか。小生の作りました 24 G で本日もやって見ましたが、スギ材ですが 6 尺で 3・5 秒 ~ 4 秒、アサリ 3 ~

3・5 厘、ピッチ 1 吋で約 1 時間半使用し一応曲りもせず通るようでした。

アツサブと国産品とでは別に詳しい比較も致しませんが、歯持ち、腰の狂い、バック等の点でアツサブの方が可成り優れているように感ぜられます。

先日も申し上げましたように初めの仕上げには大分苦勞を要しますが、一度仕上げてしまうと後は非常に楽で、スギばかり挽いている工場では半年位も腰を直さずに使用しているという話も聞きました。

新鋸で実習を始めるようになってから小生だけで切断 2 本、外し 1 本と既に三回送材車にひっかかりました。お互初心者ばかりの集りのため、歩出し、ハンドル等の呼吸がうまく合わず大部分がハッカにぶつけるわけですが、小生の一度の場合など本機の覆いの天井と側板をつき破り思わず持ったハンドルを離して飛び下るところでした。熟練すれば左程でもないのかもしれませんがハンドルも成るべく軽く握りスムーズに送ろうとすればする程何時の間にか力が入り、全神経を集中して少しも油断せずに行っているため二時間もやっていると気分的におかしくなる事さえあります。こんな調子では到底ハンドelman 等には不合格だろうと自負しています。

当所の予定期限も正味あと一ヶ月少々となりました

集成木材について
(特に木造船材を対称として)
高見 勇

緒言及び目的

先ず“集成材”についての言葉の解釈について、一般に平井教授⁽¹⁾の言われる定義にされているようですが、私の解釈ではもっと大きな意味をもった即ち三次元的集成を接着によってなし得る木材の合成材、と言うようにした方がよいのではないかと思います。と言いますのは構造が積層は勿論のこと、接着技術の進歩と木材のより合理的利用によって、集成方法が立体的観念によって来るからであります。最近の接着剤の著しい進歩に伴い、殊に高度の耐水・耐久性を有すると共に使用方法が比較的簡便でコストも割安となって来たので、接着によるこの集成材の木材製品の利用がとみに活発になって来ている現状であります。当所に於いても耐水・耐久性のある、そして苛酷な使用条件の下での有効な接着剤を作ると言うことは勿論ではありますが、よい集成材を作ると言うことに於いては接着剤だけが因子ではなく、木材の正しい取扱いとその適当な設備、知識、技術を必要とするものなのであることは言うまでもないことで、こうしたことについては米国マジソン林産試験所の文献⁽²⁾にも詳しく述べられてあります。

1907年欧州にて、1934年米国ではじめて集成材なるものに手を付けたのでありますが、最も利用されるようになったのは第二次世界大戦以後の近年であります。即ち軍需用品の莫大な木材材料の供給不足からこの集成材利用の発達を早めたのであります。殊に木造船材として竜骨材、肋骨材及び梁曲材又橋梁材、ボデー材をはじめ各種建築材への利用は目覚ましいものがある様です。

最近林業試験場の小倉技官⁽³⁾が欧米留学され集成材についても、現況をみてこられました。可也各種にわたって成功しており、而もだんだんと発展しつつあると言うことです。

現在最も困難視されていることの一つに、接着が完全であるか如何にか、そしてその接着剤が木材に対してどの程度の接着力をもっているかという判定であります。これらの研究については林業試験場堀岡技官⁽⁴⁾等によって可也深く研究されつつありますが、何れにしても定性的な結論は大かた見通しがついている様ですが定量的なことは、遺憾ながらまだ出ていないようです。先程の小倉技師によりますと、米国に於いては集成による試作品を作ると、先ずその一部を試験材として採りマジソン林産研究所に送って、規定の接着性試験法⁽⁵⁾によってテストし、その結果をみて合否を判定しているの、現在は殆ど99%迄が合格している位優秀な接着剤と接着技術を有している様であります⁽⁶⁾。

我が国としましても接着についての総合的な基礎データによる裏付けが未だ定量的なものに出されておられません。欧米の接着技術を取入れ実際に実用的製品を作って利用しつつあることは、御承知の通りであります。造船材としては岩木合板造船株式会社にて作った合板木造船⁽⁷⁾、或は横浜ヨット株式会社及び横須賀市の東造船株式会社の集成材製品は著名であり、建築材として最近の倉庫用アーチ材として三井木材工業株式会社⁽⁸⁾の製品が市販にされる段階に至っている様であります。これらのその後の経過過程に於ける物理的、科学的状態については可也良い結果を示していると聞いております。

そこで当所に於いてはこうした結果を参考としまして新に木造船用梁曲材を作成して実用試験を試みたのであります。昨年度(昭和28年度)農林省の農林漁業技術試験研究費によって行った“集成材に関する研究”にて、現在使用している天然曲材による梁曲材⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾が集成材よりも強度に於いて劣るとの結果が出ましたので、水産庁及び静岡県焼津造船所の協力を得まして145トン木造漁船に取付けてみたのであります。このことについては後程詳しく述べることにします。

それから集成材を作る上に於いてもう一つの大切なこととして、先程も述べました様に三次元的形をもたせる集成接着 木材のより高度の利用の意味から をなすのに、木材のみのもつ最も特有なる機械的性質を生かすことにより、より完全なる製品価値を出さしめる因子が木材を曲げて使うこと、もっと学問的な言葉で言うならば、木材に曲げ及び捩じれのモーメントを与え

て利用する場合に、それが少なくともリミットデザインに基いて即ち塑性域設計によるものでなされるものでなくてはならないことで、木材位簡便で殆ど誰にでも使え、誰もがそれだけの知識をもっており、そして何処にでも手に入れられる貴重な我々の生活になくはない必需品として存在している、而も他の物質と同等な位の強度を持っているこの材料を現在、非合理的に使われている点が可也多様であります。

集成材を作るに当っては充分に先ずこのことに著目して無駄のない、そして極限迄利用された材料としてありたいものと私は思うのであります。例えば木を曲げるにしても水分と熱とによって充分塑性状態に出来ることによって、このことは集成材のもってよい唯一の利点でなかろうかと私は思います。

木材を或る程度の含水率　それが例え接着の際接着剤に差支えない含水率に乾燥されても、充分表面的な変形の起らないもの　にして、それを高周波加熱等によって非常な短時間に高い熱源を内部に供給して、出来るだけ有効な塑性状態のものにする。無論従来の蒸し曲げの様ではないが、このことは曲げに於ける板の厚さと曲げ曲率とに、或る程度の制限はあるものの少なく共曲り集成材への利用には好都合なものであることは確かであると思うのであります。

こうした弾性域及び塑性域での使い方によって設計される木材材料の100%の有効利用、即ち現在台頭して来たりリミットデザインなる解釈による木材材料としての新しい見解は、今後の我国木材資源の不足にもかんがみ、必ずや一日も早く究明しなければならないのではないかと痛感しているのであります。

幸いにも林業試験場沢田技師⁽¹¹⁾がこの問題について種々と研究されておりますので、今後期待も大きいものと思われれます。

先程簡単に述べたのでありますが、集成材の利用の現在最も考えられるのは木造船への使用で、我国に於ける木造船(主として木造漁船)界に於いては船の構造部材として主要をなす天然曲材の不足により、これが対策に非常な苦勞している状態なのであります。而るに欧米各国に於いては数年前よりこのことについて、いち早く曲り集成材を充分活用して、現在は海軍、水産漁船、ライフボート、ヨット等広分野にわたって成功のうちに使われているのです。当然我国としても、このことについては早くから種々として対策を樹て、その途の試験研究者よりデータを出していますが、近年はとかく実用面への試験研究はていたいし勝ちで中々に発展しない現状です。実用的に中々採り上げられない理由として、矢張り研究室の規模の小さい処のデータが実際の大きな実用的フィールドに出された場合の懸念から、実用に使う段階としての結びつきである実用試験による確立性の不充分から来るのであって、果たしてこれは誠に重要なことではあります、そして誰しも深くこのことに考慮していることなのですが、種々と研究費或は設備の不充分から出来なかつたものと思われれます。そこで今年度、当所の集成材の製造に関する試験研究の一環として昨年度(昭和二十八年)の農林漁業技術応用研究費によって行った、強度に関する試験の結果に基いて、実用木造漁船に取付けてみようとの計画実施したのであります。水産庁漁船課小島技官及び焼津造船会社の御好意によって、同所起工になる第一笹山丸(145トン)木造漁船(カツオ、マグロ獲船)の船内に取付け、今後の使用状態について詳しい観察を試みることになったのであります。とにかくこうした集成曲材の耐水・耐久性について今回は重点を置き、試験を試みたのであって又内外国の文献によりますと、この耐水・耐久性の試験方法が幾様にも考察されていますが、果たしてこの様な方法で実際の即ち遠洋漁業等の海水に対する苛酷状態に置かれるこの木造船用曲材がそれに耐えてゆけるか如何か、少なく共10年以上の毎日寒暖の差は勿論のこと、繰り返す曲げ、擦じれのモーメント及び剪断応力等の外部応力、又水分の出入りによる材間の膨脹収縮による内部応力のこのような疲労応力に可也な強い影響をもつ、こうした総合的な苛酷状態に果たして如何なるものであるか、そしてその過程に於ける状態の解析に於ける今後の向うべき試験研究の方針等、あらゆる総合的実用研究のデータをとりたいと念願したのであります。

試験材について

(1)今回用いた試験材については二種類の型のものを選定したわけで、何れも木造船構造部材として大量に必要とされるもので次のものであります。

1. 縦横梁曲材
2. 波よけ材

(1) の縦横梁曲材は少なく共一本造船では 200 本以上(曲率及び角材には多少の開きがありますが)必要としますが(2)の波よけ材は特定の船のみが必要であって、カツオ釣り等の船に用いられるものでそう多くは必要とはなりません、可也な量に上っています。

そのどちらも本道産“ナラ”材の挽板を人工乾燥(10~15%含水率)し集成膠着したもので、表面は自動鉋掛けによって仕上げ、接着剤としては石炭酸合成樹脂及びレゾールシノール合成樹脂の二種類のものを用い

たのであります。何れも常温硬化（20 前後）により一部は高周波加熱（60 ~ 110 ）によって硬化したのであります。

写真第 1 図に示すのは縦横梁曲材であって厚さ 7cm 巾 15cm の板の 24 枚集成の曲集成材でその実際に漁船に取付けた一部を写真第 2、3 図に示しましたが、これを取付けた船の内部の位置については第 4 図に示します。写真第 5 図はその取付け漁船の外部、前側部よりみたまだ建造中のものです。又写真第 6 図に示しますのは波よけ材であって、厚さが 2cm のものと 1cm のものを種々と混交して梁曲材作成とすべて同一条件にて圧縮膠着したものであります。その漁船に取付けたものが写真第 7、8 図であります。

（2）耐水性については大凡の短期苛酷試験として写真第 9 図に示した様な試験材を用いて行って見たわけですが、その適切性は充分あるか如何かは、これでは見極め難いのであることは当然ですが、写真中×の記号の試験材を A はそれを 16 時間、100 の蒸沸水中に入れ、その後 100 の乾燥器中に 24 時間放置したもの、同じ B 試験片は 24 時間蒸沸水中にして 24 時間 100 の乾燥器中、C は 72 時間蒸沸水中、24 時間 100 の乾燥器中にそれぞれ試験を行ったものであります。この位の試験では何れもまだまだ、接着力 > 膠着木部の収縮力で、あってこの程度ではまだ充分耐水性があることがわかります。が而し実際の場合は緒言にて述べた様に可也使用条件が異なって来ますので、従って実用試験の結果と平行してこれらの試験を参考として試みねばならないと思うのであります。写真第 10 図の如く写真第 11 図に示す箇所に半永久的に、耐水的、耐久的試験の考察をするべく行っているのであります。

むすび

今回は実用試験として木造船材に、就中割合に多量に必要とし而も天然曲材に於いてより扱い難いものとなっている梁曲材に用いたのでありますが、大凡木造船の使命としては集成材たる材料からみますと、矢張りすべてに於いて膠着によって全船体が木材だけというのが最も優れているものではないかと思われまふ。即ちボルトその他金属製締具を使用すればその木材全体の強度が、その締具の金属に対しあけられた穴等（応力集中によって強度は著しく低下する）のために木材の有効利用率が減るわけで、理想としてはできるだけ所謂集成することによって完成されたものでありたいのであります。

最近木造対鋼船のどちらが良いかの種々の是々非々論が取沙汰されてされていますが、果たしてあらゆる面から考察してどちらが優れているかの判断は、その道の専門外なので詳しくはわからないのでありますが、しかしこの数十年間というものは木造船は決してなくなることはないであろうし、寧ろ増している処に矢張り木造船たるものの優利があり、私達も大いにこれがために努力を傾けてゆきたいと願っているわけでありまふ。幸いにも来年度よりは水産庁漁船課札幌分室の田中技官及び道水産部漁船係又道内主要造船会社の御協力により大々的に、この木造船の集成材利用が推進することになり一日も早からんことに一意励心する積もりです。

実際に実物大の製造に当って最も困難に感じられた点は材を如何にして直角或はそれ以下の鋭角に曲げるか、そして圧縮の際その曲率に対して一様な圧縮圧を分布するか、ということなのでした。板を曲げるには矢張り乾燥しては、それだけ材がもろいですが従って或る程度の水分がなければならぬのです。そこで一応考えられるのが高周波電気による加熱であって、これによる荷電により早急に極短時間に熱が材中一様に分布されそして高温湿じんが材中の水蒸気によって行われる。このことは材がますます塑性的率が増し、別な言葉で言えば同じ曲率でも乾燥された板の二倍の厚みを持った板でもこの方法では材を何等破壊することなく（徴視的及び定量的実験は現在行ってみておりますが）曲げが出来得るのであります。而もそうすることによって幾分乾燥もされ接着に対する含水率も調節でき、更によりよいことには、少時そのままに放置することによって、曲率をもったまま乾燥板を直接曲げる場合の曲げの初期応力を消失できることに又非常な便宜があるのであります。現在の接着剤の極めて高価で原材料の大部分を占めることに対しては、このことは材の製品価値として充分安価なものとなり、コスト引下げの有力なものと言えるようです。

その他技術面について、と共に実際の製造に対して今のコスト問題等について今回は紙面の都合上後述にゆずりたいと思ひます。只現在最も望まれるものは接着剤の他の原材料

に比し著しい高価なものについているので、このことについては極力値下げを強調し、関係製造会社にもその点要望しているのであります。

感謝の辞

今度の実用試験に対して種々と御指導を賜った当所小林次長はじめ保坂研究部長、越智試験部長、丹羽技師、森技師、小林（教）技師、中川技師の諸氏に厚く感謝します。又直接御援助を願った水産庁漁船課小島技官、焼津造船会社の各位に対し併せて助手として各

種助力をして貰った高橋政治くんに厚く御礼申し上げる次第であります。

引用文献

1. 平井信二 新しい木材材料(4) 積層材と集成材
林業技術 No.142 Dec.1953
3. 小倉武夫 アメリカ及びヨーロッパの木材工業技術(1) 集成材
木材工業 Vol 9 No.6 1954
4. 堀岡邦典、堀池清 接着機構に関する研究(第 、 、 、 報)
日本林学会大会講演集 第 60、61、62、63 回
April . 1951 ~ 1954
- 6.(3)と同じ
7. 岩木秀雄、集成材による木造船
木材工業 Vol 9 No.9 1954
8. 三井木材工業 KK、新しい集成材建築
木材工業 Vol 9 No.9 1954
9. 越智正六、丹羽恒夫、高見勇 集成材に関する研究(第一報)
集成材による曲梁の製造並びにその曲げ剛性強度について(特に船材への利用に
関して)
北海道林業指導所研究報告第 5 号
昭和 29 年(1954)8 月
11. 沢田稔 木材梁に関する研究(第二報) 短形断面集成梁の曲げ破壊係数について
林業試験所研究報告 第 71 号 昭和 29 (1954)

写真第 1 図 集成梁曲材

向うに見える曲げ圧縮機によって作った集成梁曲材で、A が長さ 4 尺、B は 5 尺、どちらも 4 寸角で重量も天然曲材よりずっと軽く、強度は二割位大であります。ボルト締め圧縮によりますが二人で大体 20 ~ 30 分間で出来、接着に要する時間は高周波加熱ですと僅か 5 分足らず、従って曲げ圧縮機の良いのでサイクルの早いものだと一日に数十本は製作可能と思われれます。

写真第 2 図 集成縦梁曲材

写真第 1 図の B の方で、これを木造漁船内に取付けた処のもので、この内部は船員室及び取獲した魚類の蓄積する室となるのです。写真にみるようにすべてボルトによって取付けていますが、木材の利用合理化の解釈からすると、この強度はボルトの頭とそれに被せたザガネの面積の硬さの強度、これだけのものとなりこの部位の破壊は梁曲材全体の破壊を意味しているのです。船全体が大海の大波によるローリング及びピッチングに悩まされる有様を想像されますと、この材の如何に重要なものであるかおわかりのことと思います。

写真第 3 図 集成横梁曲材

写真第 2 図と同様漁船内に取付けた集成横梁曲材で写真第 2 図の縦梁曲材が下の方に見えます。この二つをもって一セクションの構造をなしているのであって一セクションにこの梁曲材が少なく共三ヶを要するのです。ですから木造船ではこの材料の莫大な量が要るわけです。この一本の価格は根曲材、枝曲材の豊富な北海道でも 500 円から 1,000 円位ですし、内地では千円位が相場の様です。それがこうした天然曲材の不足から高騰しつつあります現状ですので、これに代って質量共に優る人工集成材が用いられる時期は近い中のことと思われます。

写真第 4 図

写真第 5 図 実用試験に用いた木造漁船の前側部

今回の梁曲材及び波よけ材を取付けた漁船の一部で 145 トンの木造船であります。静岡県焼津造船所にて起工中のもので、年間多くて半年、少なくても 1 ヶ月位南太平洋上にあつて、マグロ、カツオ等を獲る目的のもので、関係者の話ですと、沿岸漁業に用いられるものより強度及び耐久に於いて優れていなければならないと強調していました。写真中イの部位（内側）に縦横両梁曲材口の外側板に波よけ材を取付けたものです。

写真第 6 図 集成波よけ材

木造漁船用語では通称波よけ材と言っていますが、4 寸角の長さ 3 尺 5 寸位のもので、これは特殊の船にのみ使用されるものです。

この程度のものでと集成材の方がずっとコスト安くできる様です。曲率もずっと小さいですし、耐水性接着剤であれば充分大量生産が出来、材質も可也悪いものでも混交によって捕えるので好都合なものと思われます。製作条件は集成梁曲材と殆ど同じです。

写真第 7 図 集成波よけ材の取付けたもの（横側部位）

写真第 6 図のものを実際に取付けたもので、印がそれであります。現在使われているものと比較して充分これで事足りるのです。外部にあるだけに（写真第 5 図の口の部位に取付けたもの）耐水・耐久には可也強いことが望まれるものです。写真の様に集成波よけ材の船の外板との空隙になっているのは、船速度及び波のぶつかり等に有利な様に思われます。

写真第 8 図 集成波よけ材の取付けたもの（後側部位）

写真第 7 図と同じく 印のものがそれです。これが一木造船に約百本から二百本必要とするのです。天然曲材ですと矢張りこの曲率の様に目の通ったものの根曲り材が必要なのでこの面にも曲集成材の利用する処があるわけです。

写真第 9 図 短期耐水試験片

本文に一寸述べましたが大凡の耐水性をみたものでこの程度では充分耐水性があると言えます。

X ; 被耐水試験片

A ; 16 時間蒸沸（100 ）し続いて 24 時間 100 で乾燥したもの

B ; 24 " " 24 "

C ; 72 " " 24 "

写真の如く接真層の剥離は殆どなく、材質間の割れる位の苛酷状態でも充分接着は完全である様に見られます。

写真第 10 図 長期耐水試験片

状況と平行して、この耐水・耐久試験を試みたので、比較した結果によって今後こうした試験方法の資料にもしたく思っています。殊に淡水中では防腐が烈しいので、この様な状態に於ける接着層の物理的、化学的变化の有様を詳しくみるために行ったのであります。半年後の現在に於いてはまだ何等の変化も来しておらず、只木材の部分が変化したに過ぎない様です。

写真第 11 図 長期耐水試験片の置いてある河中の場所

昭和 29 年 8 月末日実施したもので現在の処ははじめと何等変化のない状態を示しており、半永久的に続いて今後も観察していく予定です。

場所 当所付近にある石狩川中で橋名は旭西橋

研究部第二課