

県産針葉樹材を用いた構造用集成材の材質性能(2)

誌名	石川県林業試験場研究報告
ISSN	03888150
巻/号	29
掲載ページ	p. 14-20
発行年月	1998年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



県産針葉樹材を用いた構造用集成材の材質性能 (第2報)

～ 構造用集成材のラミナ縦継ぎ部の補強法 ～

小倉 光 貴

要旨: 県産針葉樹 (スギ・ヒバ) の中径材の用途拡大のため、構造用集成材の試作と性能評価をおこなったところ、引っ張り側外層ラミナに縦継ぎ (フィンガージョイント、以下「FJ」) がある場合に曲げ強度が著しく低下する傾向が認められた。

対策として縦継ぎ部にネイルプレート (120×105mm、ネイル密度0.71本/cm²、ネイル長15mm) を打ち込む方法と熱硬化性フェノール・メラミン樹脂板 (t=6mm、アイカ工業製) をL=910mmにわたりエポキシ接着剤で接着する方法の2とおりについて検討した。

その結果、後者の方法によって、対照材との比較で曲げ強度が20%以上改善される見通しを得た。

I はじめに

スギやヒバなど戦後造林された人工林材の主伐期にかかっており、新たな用途の開発が望まれている。一方、需要サイドから住宅等の建築において大スパンの横架材の確保やメンテナンスフリーの観点から集成材をはじめとするエンジニアリングウッドの需要が増大しつつある。

こうした状況から本試験では1993年度から県産のスギ・ヒバを原材料とした合わせ貼り軸材料の試作と曲げヤング係数 (以下「MOE」) や曲げ強度 (以下「MOR」) などの性能評価を行ってきた。⁽¹⁾ その結果、外層にヒバラミナを用いることにより、スギのみを用いた場合に比べMOEの改善が認められた。また、外層ラミナにFJによる縦継ぎがある場合、MOEの低下はほとんどないがMORがFJの引き抜けや基部の折損により約40%低下した。

以上の結果を踏まえ、引っ張り側外層ラミナ縦継ぎ部の補強について若干の試験と考察をおこなった。本試験は、大型プロジェクト研究「地域産針葉樹中径材を利用した住宅用高機能性部材の開発」の一部として実施した。

II 試験概要

前報⁽¹⁾においてネイルプレート打ち込みによる補強試験について報告したとおり、ネイルの列に沿って破壊が生じ、MORの改善効果は認められ

なかった。すなわち、ネイル列により集中的に繊維が切断された結果、この部分がFJに替わる欠点となったとも考えられる。このことから、ネイル密度がMORに及ぼす影響について検証するための補足試験をおこなった。さらにその結果を受けて、繊維を切断することなく補強する方法として樹脂板接着による補強試験 (予備試験および本試験) を実施した。

III 補足試験

1 試験体

L=600mm、b=120mm、h=38mmのヒバラミナ9本の中央部にFJ (フィンガー長12mm、ピッチ4mm) を施し、水性高分子イソシアネート系接着剤 (大鹿PIボンド122) を用いて圧締圧60kg/cm²、圧締時間8sec. で縦継ぎしたものを縦方向に3等分して38mm角の材料を得た。1体をコントロール材とし、他の2体は板目面と柾目面にネイルプレート (120mm×36mm) を油圧プレスにより打ち込んだ。なお、ネイルプレートはネイル密度による破壊性状への影響について検討するため、1/1、1/2、1/3の3種類を準備した。また、ネイルによる補強効果と材面の関係を調べるため、一部の試験体は荷重方向を90度変えて試験をおこなった。従って、27試験体はネイル打ち込み面と荷重方向により表1に示すとおり14種類に分類される。

表1 ネイルプレート圧入補足試験体分類

試験体 No.	試験体数	ネイル密度	ネイル圧入面	荷重面
J 11,21,31,41,51,61	6	—	—	板目面
J 71,81,91	3	—	—	まさ目面
J 12,42	2	1/1	板目面	板目面
J 22,52	2	1/2	〃	〃
J 32,62	2	1/3	〃	〃
J 72	1	1/1	〃	まさ目面
J 82	1	1/2	〃	〃
J 92	1	1/3	〃	〃
J 13,43	2	1/1	まさ目面	板目面
J 23,53	2	1/2	〃	〃
J 33,63	2	1/3	〃	〃
J 73	1	1/1	〃	まさ目面
J 83	1	1/2	〃	〃
J 93	1	1/3	〃	〃
S 201,202,211,212	4	—	—	〃

2 試験方法

1の試験体に対し、JIS-Z-2101に準じて曲げ強度試験を実施した。実験は、万能試験機（島津製作所 UH20A）を1 ton レンジで以下の条件によりおこなった。

- ・スパン=540mm
- ・荷重方法および荷重速度：中央集中等速荷重制御、0.1ton/min. (148kg/cm²/min.)
- ・測定項目：MOE、MOR、破壊性状

3 結果と考察

実験に供した14タイプの試験体およびコントロール材の曲げ強度試験結果を表2に示す。ネイルプレートを圧入した18体の試験体についての特徴として、

- ① ネイル密度を小さくしたものが明らかに曲げ強さが大きい
- ② MOEについてはコントロール材における成績に近似しており、ネイル圧入の影響より材固有の性質に由来していると考えられる
- ③ ネイルプレートを引っ張り面に圧入した試験体では、FJ部最寄りのネイル列に沿って破壊を起こす場合が多い
- ④ ネイルプレートを側面に圧入した試験体では、ネイルを圧入した側ではネイル列に沿って破断し、反対側ではFJの引き抜け等による破壊が目立った
- ⑤ ネイルプレートを圧入しなかった試験体ではすべてFJ部の引き抜けまたは基部折損により

表2 ネイルプレート圧入補足試験体曲げ強度試験結果

試験体 No.	試験体数	MOE Avg. (tf/cm ²)	MOR Avg. (kgf/cm ²)	備考
J 11,21,31,41,51,61	6	68.0	384	
J 71,81,91	3	71.1	380	
J 12,42	2	70.4	389	
J 22,52	2	68.9	393	
J 32,62	2	74.2	402	
J 72	1	73.4	372	
J 82	1	77.2	384	
J 92	1	72.4	380	
J 13,43	2	68.0	342	
J 23,53	2	68.1	390	
J 33,63	2	77.0	408	
J 73	1	63.8	367	
J 83	1	70.7	392	
J 93	1	72.0	429	
S 201,202,211,212	4	78.6	535	

破壊した

IV 樹脂板接着による補強予備試験

より効果的な縦継ぎ部の補強法について検討することとした。この試験では引っ張り応力を受ける側の縦継ぎ部に、木材より密度の高い樹脂材料を接着することにより⁽²⁾FJの引き抜け破壊を防止する効果を検討した。実大材を用いた本試験に先立ちJIS-Z-2101に基づく予備試験を実施した。

1 試験体

本試験は樹脂材料による補強の効果について検討することを目的としているため、材料は手近に入手しやすく、材質的に均質で欠点の少ないベイヒバ（=アラスカジューダー、*Chamaecyparis nootkatensis*）の端材（L=600mm×b=105mm×h=40mm）から荷重面がまさ目に近いものを用いた。

樹脂材料はフェノール樹脂・メラミン樹脂含浸紙による熱硬化性樹脂板（アイカメラミン化粧板 H-5414、t=1.2mm）を幅37mmに裁断して使用した。

ベイヒバ材はFJ加工（フィンガー長12mm、ピッチ4mm）を施した後、水性高分子イソシアネート系接着剤により圧縮圧60kg/cm²、圧縮時間8sec.の条件で縦継ぎをおこない、2日間の養生（室温）の後FJ部が中央になるようにL=60cmに裁断し、

さらに幅方向に2分割した上で削正し、L=600mm、b=h=37mmの試験体12組24本を作成した。

熱硬化性樹脂板は非化粧面にエポキシ樹脂接着剤（コニシボンド30分硬化型）を塗布し、ベイヒバ試験体12組のうち各1体の引っ張り側全面に貼り付け、20℃の雰囲気、圧縮圧6kg/cm²で圧縮した。なお、他の1体はコントロールとし、さらに非FJ試験体を6体準備した。

2 試験方法

1の試験体に対し、JIS-Z-2101に準じて曲げ強度試験を実施した。実験は、万能試験機（島津製作所UH20A）を1tonレンジで以下の条件により行った。

- ・スパン=520mm
- ・荷重方法および荷重速度：中央集中等速荷重制御、0.1ton/min. (154kg/cm²/min.)
- ・測定項目：MOE、MOR、破壊性状

3 試験結果

実験に供した試験体およびコントロール材の曲げ強度試験結果を表3に示す。表中、試験体番号の「F」はFJ試験体を「FL」はFJ材に樹脂板を接着したものを、「S」はコントロール材（非FJ）を表す。なお、「FL」の密度については樹脂板を含めた見かけの密度として扱った。

- ① 平均値における「S」の値を100とした比較では、MOEについては「F」が78、「FL」が80であり、MORについては「F」が69、「FL」が78であった。
- ② MORについては12組の試験体のうち、11組で「FL」試験体が「F」試験体を上回った。

4 考察

MORについて「FJ」試験体と「F」試験体の値の比は192.5~86.0%（Ave113.1%）で、有意水準5%での有意差検定の結果、信頼確率95%で15.7~137.1kg/cm²「FL」の方が大きかった。³⁾したがって、熱硬化性樹脂板接着によるFJ部補強の効果はあると認められる。

t=1.2mmの熱硬化樹脂板の強度は、引っ張り980kg/cm²、曲げ（裏面荷重）1,240kg/cm²である。（メーカー資料⁴⁾）

試験体に曲げ荷重P_bを負荷することにより下面に生ずる引っ張り応力は

表3 樹脂板接着による補強予備試験体曲げ強度試験結果

試験体No.	密度 (g/cm ³)	MOE (tf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	改善率 (FL/F)
F 1	0.48	61.3	523	
F 3	0.47	72.0	329	
F 4	0.47	89.3	536	
F 5	0.52	105.2	701	
F 6	0.46	70.5	529	
F 7	0.49	80.4	559	
F 8	0.59	83.7	605	
F 9	0.66	71.3	585	
F10	0.61	75.3	777	
F12	0.48	89.7	557	
F13	0.54	77.6	640	
F14	0.54	80.8	667	
F Avg.	0.53	79.8	584	
FL 1	0.55	61.1	568	108.6
FL 3	0.48	85.9	633	192.5
FL 4	0.53	92.5	683	127.6
FL 5	0.52	98.1	731	104.4
FL 6	0.51	67.9	628	118.8
FL 7	0.53	83.5	606	108.5
FL 8	0.61	78.4	653	108.0
FL 9	0.67	81.9	711	121.5
FL10	0.62	77.6	670	86.2
FL12	0.51	91.0	635	114.0
FL13	0.56	82.4	703	109.9
FL14	0.57	87.0	699	104.9
FL Avg.	0.56	82.3	660	113.1
S 1	0.49	104.9	846	
S 2	0.48	100.6	818	
S 3	0.48	89.2	734	
S 4	0.50	91.2	776	
S 5	0.48	110.6	922	
S 6	0.49	120.6	996	
S Avg.	0.49	102.9	849	

$$T = H/2 \times B \times \sigma_b \times 1/2$$

で表される。したがって、「F」試験体の曲げ強度の平均値583.8kg/cm²=σ_{bF}としてT_F≒1,944kgf、「FL」試験体の曲げ強度の平均値660.2kg/cm²=σ_{bFL}としてT_{FL}≒2,271kgfとなる。t=1.2mmの熱硬化性樹脂板の引っ張り強度980kg/cm²より、この試験に用いたW=37mm、t=1.2mmの場合435kgfの引っ張り応力に相当し、T_{FL}-T_F=327kgfの性能向上分は樹脂板接着による効果と考えられる。

V 樹脂板接着による縦継ぎ部補強実大材強度試験

前項の試験結果を踏まえ、実大材（集成材）に対する適応可能性を検討するための実大材試験を実施した。

1 試験体

(1) 試験体の構成

本試験ではFJ部の補強効果の検証を重点目標とし、試験体作成の時間および手数の軽減のため、

4 プライ構成とした。また、積層方向による差異について検討するため、積層方向が荷重方向と平行な「H型」と垂直な「V型」とを試作し、比較した。

構成はいずれも外層をヒバ、内層をスギとしたヒバ：スギ＝1：1構成で、外層ラミナについては通しラミナ（「ST」）とFJを施した縦継ぎラミナ（「JT」）の2とおりを比較し、さらに「JT」型の半数に対して熱硬化性樹脂板による補強を施した。

試験体数はSTH＝4体、JTH＝8体（うち4体に補強施工）、STV＝3体、JTV＝6体（うち3体に補強施工）の21体で、試験体寸法はH型：b＝115mm×h＝150mm、V型：b＝125mm×h＝145mmとした。

補強に用いた熱硬化性樹脂板はIV項で用いたフェノール樹脂・メラミン樹脂含浸紙による熱硬化性樹脂板（アイカ工業製）で、IV項の結果および以下のシュミレーションからt＝6mmとした。⁽⁵⁾

前報の試験結果より、引っ張り側にFJがある場合のMORを300kg/cm²と仮定する

今回の試験体寸法から、スパンL＝2,700mm、ロードスパン＝600mmとすると

MOR＝300kg/cm²に相当するP_{max}＝2,571kgf

このときの曲げモーメント

$$M = (L - \ell/2) \cdot P/4 = 154,260 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

これより引っ張り応力度

$$\sigma_{\max} = M \cdot y / I \doteq 342.8 \text{ kg/cm}^2$$

(y：材心から材縁までの距離、I：断面2次モーメント)

したがって、全体にかかる引っ張り応力

$$T = h/2 \times b \times \sigma_{\max} \times 1/2 \text{ より}$$

$$T_1 = 15,426 \text{ kgf}$$

また、内層部にかかる引っ張り応力は

$$T_2 = 3,856.5 \text{ kgf となる}$$

よって、外層部が負担する引っ張り応力は

$$T_{\max} = T_1 - T_2 = 11,569.5 \text{ kgf}$$

目標とするMORを450kg/cm²とすると、この場合の外層部が負担すべき引っ張り応力は

$$T_{\max}' = 11,569.5 \times 450/300 \doteq 17,354 \text{ kgf となる}$$

る

したがって、樹脂板が負担すべき引っ張り応力は5,785kgfとなり、当該製品の引っ張り強度が980kg/cm²であることから、所要断面積は約5.9cm²となる。よって幅12cmであれば約5mm以上の厚さ

が必要である。

(2) 使用ラミナ

外層用のヒバラミナのうちJTラミナについてはフィンガー切削（水平フィンガー、フィンガー長12mm、ピッチ4mm）を施し、水性高分子イソシアネート系接着剤（大鹿PIボンド122）を用いて圧縮圧60kg/cm²、圧縮時間8sec.で縦継ぎした。ジョイント位置はH型に用いるものはすべて中央部1カ所とし、V型に用いるものは中央部1カ所継ぎと中央から各500mm位置の2カ所継ぎのものを各々半数とした。また内層用のスギラミナはすべて通しラミナである。

ラミナはH型用は厚さ37mmに、V型用は31mmに削正した後、重錘法によりEdwを測定し、組み合わせ後のヤング係数が極力均等となるように配慮した。試験体毎の構成ラミナのEdwおよび積層後の寸法、密度を表4に示す。

表4 樹脂板接着による縦継ぎ部補強試験体断面および構成ラミナ性能

試験体No.	試験体長さmm	試験体幅mm	試験体高mm	密度** g/cm ³	ラミナヤング係数 (Edw=tf/cm ²)			
					第1層*	第2層	第3層	第4層
STH1	3,180	114.7	149.6	0.43	107.1	80.3	112.8	123.5
STH2	3,180	113.2	148.4	0.40	109.9	80.4	107.4	119.0
STH3	3,180	114.7	149.4	0.38	109.8	91.8	92.0	116.5
STH4	3,180	113.6	149.8	0.39	113.7	93.5	90.8	114.1
JTH1	3,100	113.8	146.9	0.44	108.4	81.5	119.2	111.6
JTH2	3,100	113.1	149.7	0.43	114.9	81.5	117.0	121.6
JTH3	3,100	114.9	148.5	0.44	95.6	84.7	106.8	163.5
JTH4	3,100	112.9	147.7	0.42	111.5	83.5	102.0	107.5
JTH5	3,100	114.6	146.9	0.41	91.1	85.7	96.8	113.8
JTH6	3,100	112.8	148.2	0.41	106.1	86.6	91.1	115.9
JTH7	3,100	111.3	148.2	0.40	109.6	88.2	96.0	115.9
JTH8	3,100	114.6	147.8	0.41	104.8	89.4	95.0	119.1
STV1	3,180	122.6	143.5	0.41	111.0	87.8	85.9	120.3
STV1	3,180	122.4	143.5	0.40	116.5	83.6	89.1	113.2
STV3	3,180	123.7	141.1	0.40	114.1	93.3	85.2	114.7
JTV1	3,100	124.7	139.7	0.43	125.5	84.9	84.4	119.2
JTV2	3,100	124.6	142.1	0.41	122.0	85.8	82.0	120.4
JTV3	3,100	124.4	142.7	0.42	115.7	86.6	81.1	117.6
JTV4	3,100	124.6	142.8	0.43	114.2	88.6	81.6	114.5
JTV5	3,100	124.4	142.3	0.41	113.1	88.8	81.7	113.1
JTV6	3,100	124.5	141.6	0.45	109.9	81.0	89.4	119.2

*：第1層、第4層はヒバ、第2層、第3層はスギ
STH、JTHは第1層が圧縮側第4層が引っ張り側

**：樹脂板接着前の密度

(3) 試験体の作成

前項の組み合わせに基づいて、ラミナの積層接着をおこなった。接着は水性高分子イソシアネート系接着剤（大鹿振興PIボンド127・構造用）を硬化剤配合比15重量%、塗布量300g/m²で使用

し、18～20℃の雰囲気中で圧縮圧7 kg/cm²で3時間圧縮し、解圧後同様の雰囲気中で3日以上養生した後、プレーナー仕上げをおこなった。

補強用の熱硬化性樹脂板はt=6mmのものを発注して入手し、試験体幅と等寸に裁断した後、接着面のメラミン層をベルトサンダー(#240)で削り落としてt=5.8mmに仕上げた。長さは製品の寸法から910mmとし、試験体の引っ張り側中央部にエポキシ接着剤(コニシポンド30分硬化型)を塗布し、圧縮圧4 kg/cm²で2時間圧縮した。(雰囲気18～20℃)

作成した試験体は外層ラミナの区分と積層方向によって、STH、JTH、STV、JTVの4タイプに分類される。補強用の樹脂板を接着したものは、JTH-L、JTV-Lとして分類した。型別のラミナ積層図を図1に示す。

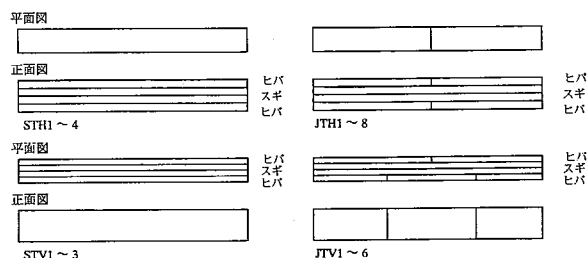


図1 スギ・ヒバ混成集成材ラミナ構成図

2 試験方法

(1) 曲げA試験

集成材の日本農林規格(以下「JAS」)⁶⁾に規定される曲げA試験に基づいて、実大材強度試験機(島津製作所UH100-A)を使用して、試験体長=3,100mm、スパン=2,700mm、ロードスパン=600mm、荷重速度1.0ton/min.(117kg/cm²/min.)の等速荷重制御によりおこなった。歪み量は変位計(共和電業DLT-100AS, DLT-50AS)により全スパンおよびモーメント一定区間(ヨーク長300mm)で計測し、MOE、MORおよび比例限度強度(以下「PL」)等を求めた。

(2) 浸せきおよび煮沸はく離試験

JASに規定される浸せきはく離試験および煮沸はく離試験に準じておこなった。

試験片は1-(3)項で積層した試験体の両端30cm内側から浸せき、煮沸の順で厚さ70mm材を計2個ずつ取り、予め重量と接着層長さを計測した後、浸せき試験用は室温水(15℃)中に24時間、煮沸試験用は熱水(90℃)中に4時間、さらに室温水

中に1時間浸せきして飽水させ、水を切った上でドラインオープンに入れ70℃で初期の重量以下になるまで乾燥した。

乾燥後、両木口面の接着層のはく離長さ(3mm以上のもの)を計測してはく離率を求めた。

(3) ブロックせん断試験

前項の試験片を採取したさらに内側から厚さ各3cmの試験片計2個を取り、幅方向中央部から各接着層を含む試験片(幅25mm)を切り出した。なお、節等があり適当でない場合はその近傍から取った。

試験はJASに規定されるブロックせん断試験に準じて、せん断強さおよび木部破断率を求めた。せん断強さは万能試験機(島津製作所UH20A)とせん断試験用治具を用い、荷重速度800kg/min.でおこなった。木部破断率は2mmメッシュのテンプレートを作成し、接着層はく離部分にかかるメッシュ個数によった。

3 試験結果および考察

(1) 曲げA試験

実験に供した21試験体の曲げA試験結果を表5に示す。

強度性能は「H」型が非対称異等級構成集成材E100-F285に、STV、JTVが対称異等級構成集成材E85-F255に、JTV-Lが同E95-F270に該当する。

破壊形態はタイプ毎に特徴があり、STラミナ構成の試験体はモーメント最大区間の節等の欠点から、JTラミナ構成の試験体は例外なくFJ部分の引き抜けまたは基部折損により破壊した。これに対して樹脂板による補強を施した試験体では、7体中1体がFJ部分で樹脂板も含めて破断したが、他の6体は樹脂板を接着した外の部分から破壊が生じている。(写真1～3)

平均値におけるMOEの比較ではJTH-Lはコントロールに対し+6%、JTV-Lは+18%、STVに対しても+13%であった。また、MORの比較ではJTH-Lはコントロールに対し+23%であったが、ST試験体に対してはともに-12%であった。

有意水準5%での有意差検定の結果³⁾、JTHとJTH-LについてはMOE、MORともに有意差が認められ、信頼確率95%の区間推定でMOE:2.6~9.8tf/cm²、MOR:19.3~142.7kg/cm²。JTH-Lが大きかった。また、JTVとJTV-Lについ

表5 樹脂板接着による縦継ぎ部補強
試験体実大曲げ強度試験結果

試験 体No.	MOE (全スパン) (tf/cm ²)	MOE (モーメント 一定区間) (tf/cm ²)	MOR (kgf/cm ²)	PL (kgf/cm ²)	備考
STH1	106.4	125.5	481	391	
STH2	100.0	98.2	596	399	
STH3	85.7	96.4	316	315	
STH4	102.0	114.3	558	373	
Avg.	98.5	108.6	488	370	
C.V.(%)	7.88	11.04	22.03	8.86	
JTH2	98.3	76.6	337	337	
JTH3	97.2	105.5	362	362	
JTH6	97.6	100.4	372	369	
JTH7	101.3	97.8	322	315	
Avg.	98.6	95.1	348	346	
C.V.(%)	1.63	11.59	5.63	6.16	
JTH-L1	101.5	99.7	390	380	補強試験体
JTH-L4	106.7	119.3	405	370	〃
JTH-L5	105.8	119.5	492	402	〃
JTH-L8	105.1	117.8	429	427	〃
Avg.	104.8	114.1	429	395	
C.V.(%)	1.88	7.30	9.09	5.52	
STV1	84.6	79.1	414	363	
STV2	94.3	99.9	492	482	
STV3	93.4	104.0	441	361	
Avg.	90.8	94.3	449	402	
C.V.(%)	4.82	11.56	7.22	14.11	
JTV1	84.1	86.3	430	334	
JTV3	90.1	86.3	415	376	
JTV5	85.4	91.2	349	308	
Avg.	86.5	87.9	398	339	
C.V.(%)	2.98	2.63	8.90	8.27	
JTV-L2	102.7	97.5	396	358	補強試験体
JTV-L4	100.6	101.1	414	361	〃
JTV-L6	103.2	102.8	377	377	〃
Avg.	102.2	100.5	396	365	
C.V.(%)	1.10	2.20	3.82	2.34	

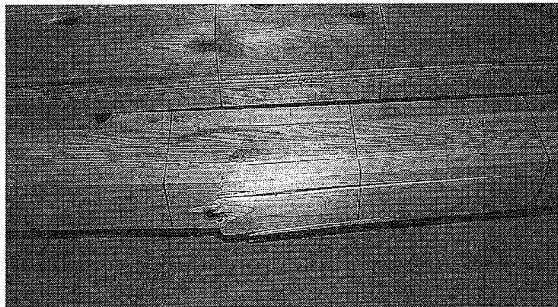


写真1 STラミナ構成試験体の破壊状況

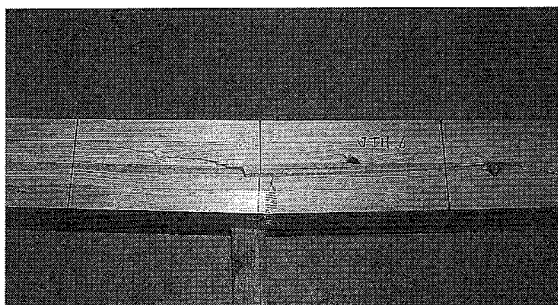


写真2 JTラミナ構成試験体の破壊状況

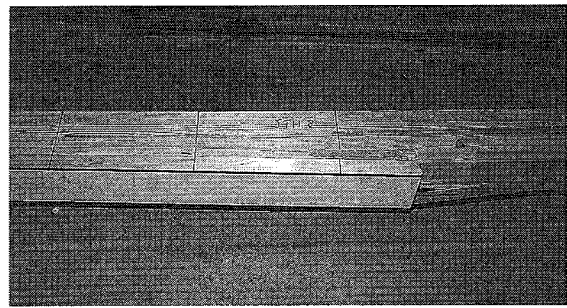


写真3 樹脂板による補強を施した試験体の破壊状況

てはMOEについて有意差が認められ、信頼確率95%の区間推定で10.2~21.2tf/cm² JTV-Lが大きかった。

以上の結果から、熱硬化性樹脂板によるFJ部の補強は、縦継ぎ部分の破壊防止と同時にMORの改善とMOEの向上の点で有効であると考えられる。

(2) 浸せきおよび煮沸はく離試験

浸せきはく離試験の結果を表6に、煮沸はく離試験の結果を表7に示す。

最大はく離率は浸せきはく離試験で4.9%、煮沸はく離試験4.4%で単一の接着層ではく離長さが1/4を超えたものはなかった。したがって、すべての試験体がJASの基準を満たした。

表6 浸せきはく離試験結果

	試験体個数	はく離固体数	はく離率最大値
STH	8	1	4.9%
JTH	16	3	4.4%
STV	6	2	2.2%
JTV	12	1	2.6%
合計	42	7	

表7 煮沸はく離試験結果

	試験体個数	はく離固体数	はく離率最大値
STH	8	0	—
JTH	16	5	4.4%
STV	6	2	3.7%
JTV	12	2	2.6%
合計	42	9	

(3) ブロックせん断試験

ブロックせん断試験の結果を表8に示す。

せん断強度の平均値は84.1kg/cm²、最小値は58.3kg/cm²であり、木部破断率の最小値は83%であった。したがって、樹種区分6(スギ等)適用すれば基準値を満たしたと考えられる。なお、1試験体についてせん断強度が基準未満であったが、規定に基づく再試験の結果適合となった。

表8 ブロックせん断試験結果

	試験 体数	せん断強度		木部破断率		再試 験率	最 終 適合率
		平均値	最小値	平均値	最小値		
		kg/cm ²	kg/cm ²	%	%	%	%
ヒバ・スギ	84	81.7	35.8	99.1	83.0	1.2	100.0
スギ・スギ	42	88.8	62.6	99.7	96.8	0.0	100.0
合 計	126	84.1	35.8	99.3	83.0	0.8	100.0

接着強度について、樹種の違いによる差について検討した。スギ単一樹種の接着面となる第2層と、スギ・ヒバの接着面となる第1、第3層との間の有意差について検定をおこなったところ、有意水準5%でせん断強さについては有意差が認められ、信頼確率95%の区間推定でスギ単一樹種の接着面が2.2~11.0kg/cm²大きい。広葉樹とスギとの接着では、スギ単一樹種の接着より10~20%接着力が大きい報告もあるが⁷⁾、ヒバとの接着でせん断強度が低下した原因は明らかではない。また、木部破断率について同様の検定をおこなったところ、有意差は認められなかった。

VI 総 括

集成材のジョイント部分の引っ張り応力に対する補強法として、ネイルプレート圧入と熱硬化性樹脂板接着について試験・検討をおこなってきた。

その結果、樹脂板接着による補強の有効性が検証できたと考える。接着の範囲を拡大することにより強度や破壊性状がどのように変化するかについてさらに検討を要する。また、既設の集成材構造物に対しても適用が可能と思われるが、有効な接着能力を得るための条件（補強材料・接着剤の種類、圧縮治具等）については今後の研究課題としたい。

VII 文 献

- (1) 小倉光貴：石川県林業試験場研究報告 No.27 P.54~57 (1996)
- (2) 柳川靖夫：木材学会誌 Vol.40 No.12 P.1341~1347 (1994)
- (3) 奥野忠一ほか：「応用統計ハンドブック」養賢堂 P.36~54 (1978)
- (4) アイカ工業：アイカ建築資材ガイドブック P.8 (1995)
- (5) 例えば榎谷栄次ほか：「図解建築構造力学の学び方」オーム社 P.67~73, 133~139 (1985)
- (6) 日本農林規格協会：構造用集成材の日本農林規格 P.40~50 (1996)
- (7) 長谷川智ほか：「木材と技術」No.49 富山県木材試験場 P.13~16 (1982)