

製材工場から副生される背板の有効利用に関する研究

誌名	静岡大学農学部演習林報告 = Bulletin of the Shizuoka University Forests
ISSN	03899489
著者	有馬, 孝礼 丸山, 則義 早村, 俊二 岡崎, 光
巻/号	9号
掲載ページ	p. 39-48
発行年月	1985年3月

製材工場から副生される背板の有効利用に関する研究

有馬孝礼*・丸山則義*

早村俊二*・岡崎光*

Studies on Effective Usage of Slab Produced from Timber Mill

Takanori ARIMA*, Noriyoshi MARUYAMA*

Shunji HAYAMURA and Hikaru OKAZAKI*

Compound materials using slabs by-produced when producing timber such as column and beam have been developed. These materials were classified into compound board of slabs and plywood bonded by adhesives, glue-laminated timber of butt-jointed slabs and frame of cross-lap-jointed slabs.

Racking tests for wood frame wall panel nailed the compound board and various sheathing materials were carried out. The slab in the compound board has high resistance of nailed joints and the thin plywood which does not have so high resistance of nail joints has reasonable shear resistance. It is of practical importance that this effect of compound due to adhesive bonding increases the racking resistance of nailed panel and bending rigidity of the board.

Bending strength of glue-laminated timber using butt-jointed slabs depends on the arrangement of joints, particularly in case of horizontal arranged lamination.

Shear strength of cross-lap-jointed frame in which both lamination and corner joints was simultaneously constructed was proportional to the bonded area of corner.

はじめに

国産造林木の形状は南洋材、北米材の輸入材に比較すると一般に小径であり、しかも需要が柱や梁の角材のような矩形断面が多いことを考慮すると、製材に際して生じる背板、丸味部分は量的にかなり多い。したがって、今後も主たる製品が柱のような矩形断面の製材品であることを前提にすると背板や端材の処理は国産材の場合、主材、間伐を問わず重要な課題である。今まで背板などの処理はラス下地、床下地、屋根下地のような板として、その安価さから優位を占めてきたが、他材料との競合、あるいは下地に対する性能の要求の多様化から、その使用される範囲が急激に減少しつつある。これは単に背板の用途がないという問題だけでなく背板にかなり付加的利益を見込んでいた柱主体の現在の林業の根底をも脅かすものとも言えなくない。しかしながらわが国の製材工場の現状は概して小規模であり、技術

開発研究でも大規模な装置を要求するようなものでは現実的な対応で困難である。したがって製材の延長上の製品の利用では、簡便で、比較的小ロットに対処できることをある程度前提しておく必要がある。本研究は背板を利用した複合材の製造法とその性能を検討するもので、とくに地場の比較的限られた用途に対応でき、比較的規模の小さい製材工場でも可能な製品開発を意図したものである。取り挙げた複合材を製品として大別すると、1) 背板を接合、あるいは合板と複合して平面板にしたもの(以下背板複合板という)、2) 背板を重ねて集成化し、柱、梁のようなもの(以下背板集成材という)、3) 背板を重ねて接合部を兼ねた集成枠組のようなもの(以下背板集成枠組という)の3種類になる。

1. 背板複合板の品質と構造性能試験

背板は平面を形成する幅の狭い板として広く用いられてきたが、施工の手間や板としての剛性の低さ

* 林産学科木材物理学研究室 Laboratory of Wood Technology, Faculty of Agriculture, Shizuoka University.

などから合板やパーティクルボードがそれに替わって用いられることが増してきた。したがって背板をより幅の広い板にしようという試みはすでにいくつか見られる。すなわち背板を接着やダボによって横はぎした板である。接着横はぎは林業試験場で検討され、工場生産をしているところもある。背板ダボ接合は富士鋼業特許出願“定尺の野地板、ラス板など製造方法”、“小幅板を連結した帯状板”、“幅はぎ板およびその製造法”があり、一部製材工場で実施されている。しかしながらこれらはいずれも背板の幅がやや広くなり、施工の点での優位はかなり期待できるものの、合板やパーティクルボードの製品としての性能と比較するとかなり隔たりがあるというのは事実である。とくにある大きさの板としての面内せん断、面外曲げに差異がかなりあるといえよう。木造建築物の床や壁ではある厚さと大きさをもった面材が面内せん断、面外曲げに抵抗する主要構成部材であり、その接合には釘が用いられることがきわめて多い。たとえば薄物合板は面内せん断耐力はかなりあるが、釘の接合耐力がないため壁や床構面でダイヤフラム効果を発揮しない。一方背板は厚さがあるので、釘接合耐力はあるが、平行に並べただけでは面内せん断はほとんどなく、壁や床構面でダイヤフラム効果を期待できない。そこでこの両者の劣る部分を補完し、部材としての用途に応じた面内せん断、曲げ性能を得るために、背板を適切に配列し、その表面に薄物合板を片面あるいは両面に配した複合板を作製した。

なお背板を隙間をあけて合板上に配置した理由は用途の要求する構造性能からみた材料の節約もあるが、モルタル壁の下地材として中空層をもたせ通気、乾燥をはかるとともに、合板で外部からの水分の浸入を抑えようとしたからである。

1.1. 試験体および試験方法

背板と薄物合板による複合板の製造は次のようにした。スギの背板をプレーナーで、厚さ9mmにそろえ、3cm間隔で並べ、レゾルシノール系接着剤で片面または両面に2.5mm厚さの合板を接着接合した。背板は気乾材で、圧縮は常温で24時間クランプしておく。接着剤の標準仕様によっている。

試験は壁や床の部材としての検討をするため、釘打ちパネルによる面内せん断と板の曲げ試験を行った。釘打ちパネルによる面内せん断の試験体はこの複合板のほか、背板を用いたダボ接合横はぎ板、接着の横はぎ板や合板、パーティクルボードおよび背板などを下張り材としたもので、それらの仕様はTable 1およびFig. 1に示す。背板を用いたダボ、接着の横はぎ板は工場で作されたもので現在市販されているものである。枠組材は枠組壁工法用構造用製材の呼称204で、45×45cmの枠を釘CN90で2本打ちしたものである。各下張り材はこの枠にCN50で止め付けた。

せん断試験はFig. 2に示すように試験体の対角線に加力をし、パネルのせん断変形を求めた。

曲げ試験は複合板のほか、背板を用いたダボ接合横はぎ板、接着の横はぎ板の性状を検討した。

Table 1 Wall panels for racking test (see Fig.1)

Symbol	Sheathing	Nailing
FRAME		2CN90 at each corner
PLYWOOD ①	Plywood thickness 3mm	5CN50 at stud and sole
PARTICLEBOARD ②	Particleboard thickness 12mm	as above
PLYWOOD ③	Plywood thickness 3mm	8CN50 at stud only
PARTICLEBOARD ④	Particleboard thickness 12mm	as above
SEITA ⑤	Slabs thickness 9mm	as above
PLYWOOD + SEITA ⑥	Plywood 3mm and slabs 9mm	as above
FUKUGOU ⑦	Plywood and slabs bonded	as above
YOKOHAGI ⑧	Slabs bonded edge side	as above
PLYWOOD ⑨	Plywood thickness 3mm	10CN50 at stud only
SEITA ⑩	Slabs thickness 9mm	as above
DABO 8 ⑪	Slabs dowel-jointed at eight	as above
DABO 4 ⑫	Slabs dowel-jointed at four	as above
YOKOHAGI ⑬	Slabs bonded edge side	as above

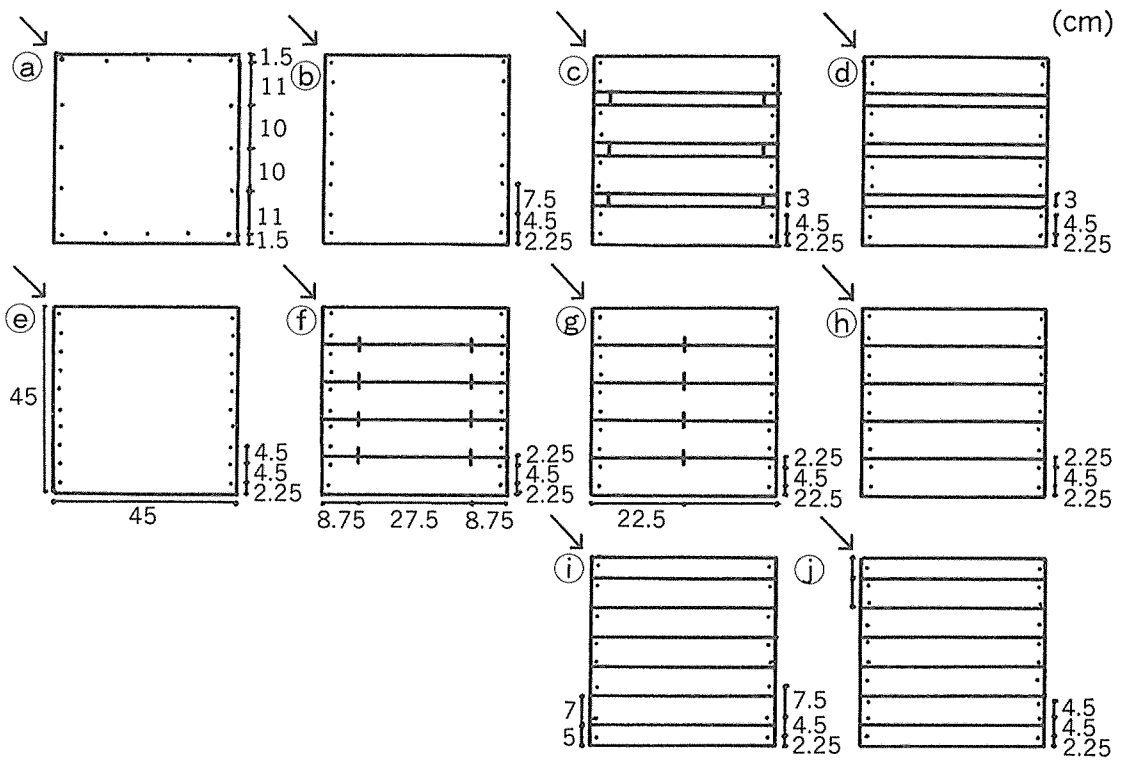


Fig. 1 Wall panel for racking test

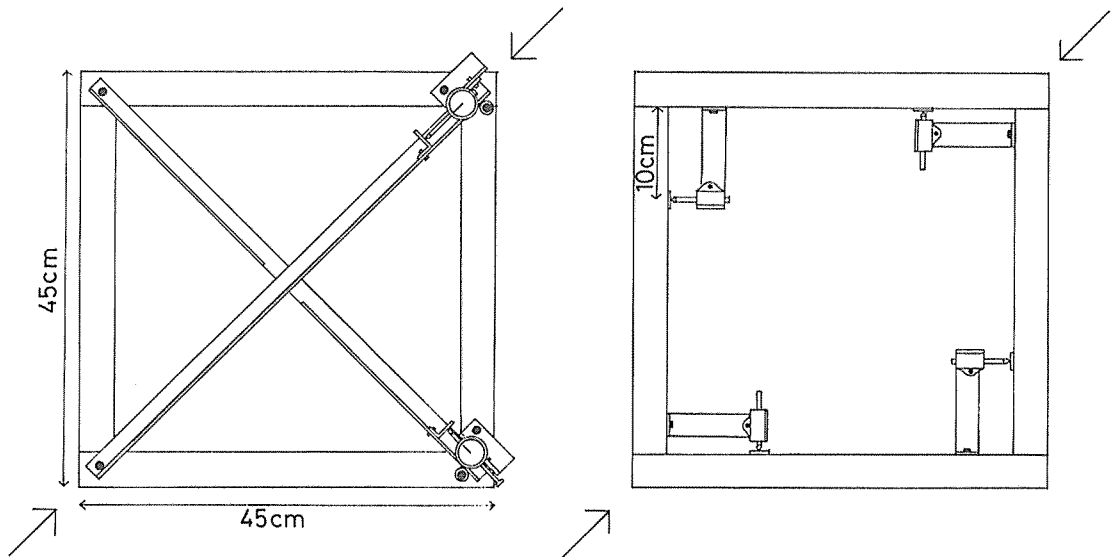


Fig. 2 Testing apparatus for racking

1.2. 試験結果および考察

Fig. 3 に 1/120 ラジアンにおける耐力を背板の横張り（ラス下地板を想定）を基準値の 1 として比率で比較した。また 1/120 ラジアンにおける壁長さ当たりのせん断耐力を 130 kg/m で除して、壁倍率で表示すると右の欄ようになる（安全率、その

他の低減係数は含んでいない）。これらの結果を見ると薄物合板（PLYWOOD）は釘の接合力がないため面内せん断耐力を発揮しない。一方背板（SEITA）は厚さがあるため釘接合耐力はあるが、平行に並べただけでは面内せん断は多くは期待できない。背板をダボで接合し相互のズレを拘束した板

(DABO)は背板の単独に比べると耐力の向上がみられる。パーティクルボード(PARTICLE)は大きな耐力が得られているが、これに匹敵する値が背板と合板の接着接合した複合板(FUKUGOU)で得られ、合板と背板をただ重ねただけのもの(RLYWOOD+SEITA)に比べかなり複合の効果がみられている。また背板を横はぎ接着した板(YOKOHAGI)でもこれに近い値が得られている。

Fig. 4は各下張り材の枠材とのCN 50釘の2面せん断試験を行い、釘1本当たりの耐力と壁の面内せん断耐力との関係性を求めたものである。ダボおよび背板単独を除けば両者の相関はかなり高い。このように複合板は薄物合板の面内剛性はかなりあるが、釘の接合耐力がない、背板は厚さがあるため釘接合耐力はあるが、平行に並べただけでは面内せん断はほとんど期待できないという、この両者の劣る部分を補完して、部材としての用途に応じた面内せん断耐力を発揮しうることが認められる。なお、各壁パネルの破壊形態の図はFig. 5の通りである。薄物合板は釘の側面破壊あるいは釘頭の貫通破壊および合板のしゅう曲を示し、背板単独は接合部で回転し、平行にずれる形態をとる。パーティクルボードは釘の曲げと引き抜け、背板と合板の接着接合した複合板は相互が一体化しており、重ねただけのものが独立して動くのとかかなり異なり、むしろ接合部はパーティクルボードの挙動に近く、面内せん断剛性は合板が受け持っている形態を示している。接着横はぎ板は接合部はパーティクルボードの挙動に近く、横はぎ部の接着破壊を生じるのに対し、ダボ接合は背板のずれをやや拘束しているといえよう。

Table 2は背板(厚さ9mm,幅90mm)を4枚30mm間隔で並べ、合板(厚さ3mm,幅450mm)

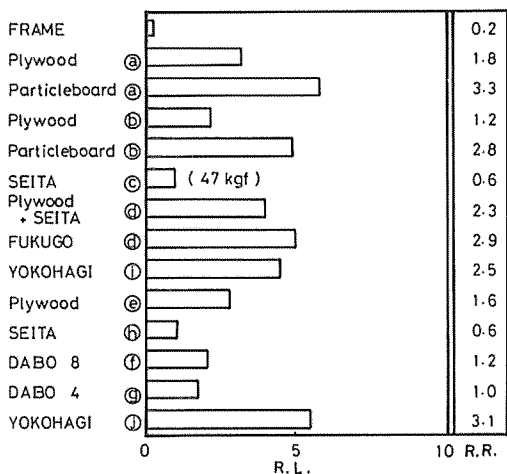


Fig. 3 Ratio of racking load at 1/120 radian (R.L.) and ratio of racking resistance for wall (R.R.) using various sheathing materials

を片面または両面に接着して得られた複合板の曲げ試験の結果を示したものである。接着接合によるストレススキニング効果がみられ、曲げ剛性の向上が認められる。全厚さから計算した見掛けのヤング係数からみても、片面でパーティクルボード並以上、両面で合板程度の値が得られている。ただ、これは背板の繊維方向および合板の表板の繊維方向を一致させた場合で、それにスパン方向をあわせたときの値であるので用途はそれを考慮しておく必要がある。

2. 背板集成材の曲げ性能

換板すなわちラミナを集成接着した集成材は特別真新しいものではないが、あえて背板を用いた集成材を取り上げた理由は次の通りである。1) 背板の樹幹内の分布は辺材部が大半で未成熟部のような強度的に弱い部分や心材に比較して節が出現する確率がむしろ低い。とくにスギでは辺材部が心材部より強度的に安定しており、この傾向は明確である。横架材の場合には撓みが問題になることが多いので、造林木のヤング係数の低さがしばしば指摘されている。したがってヤング係数や強度の大きい背板を組合すことが素材よりも有利になることも十分考えられる。2) 集成材に関する製造と品質についてはかなりのデータがあるが、とくにスギやヒノキの背板を積極的に使用したものはあまりない。スギ、ヒノキは素材としての柱が主であり、横架材はベイマツなどの外材に頼っている。それは大量生産を意図した現段階で経済的に成り立たないのはそれなりの理由がある。しかし地場のきわめて限られた用途を考えると比較的簡単な量的にも限られた集成化が有利なこともありうるし、地元の木材ですべてを賄うように一応考えることも必要であろうと考えられ

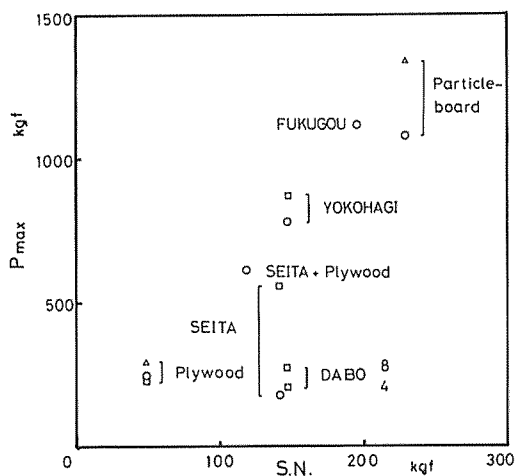


Fig. 4 Relationship between shear strength of nail joint (S.N.) and maximum racking load of wall (Pmax)

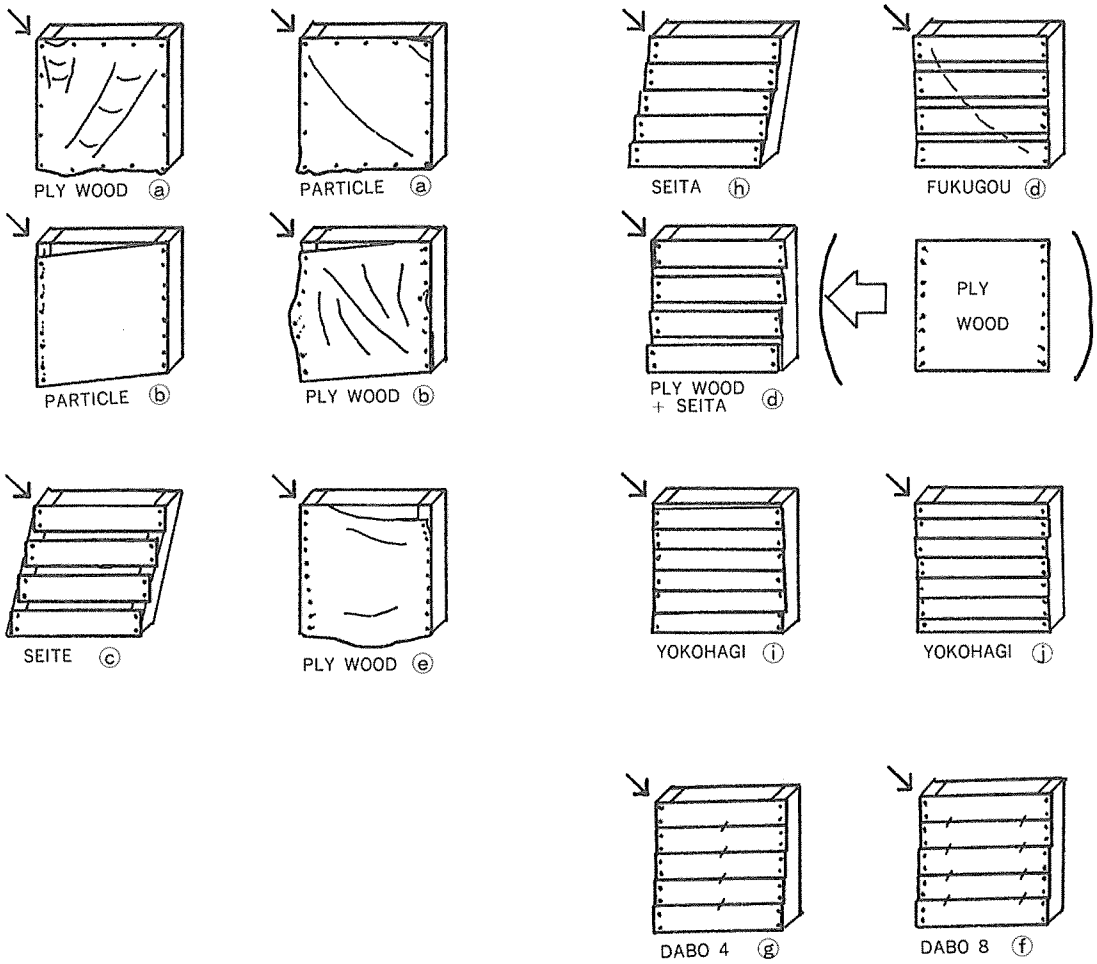


Fig. 5 Fracture type of racking test

Table 2 Modulus of elasticity in bending for compound board

Type	Bending Rigidity EI ($\text{kg}\cdot\text{cm}^2$)	Summation of members $\sum E_i I_i$ ($\text{kg}\cdot\text{cm}^2$)	Apparent MOE E (kg/cm^2)
One-side	5.4×10^5	2.3×10^5	4.3×10^4
Both-side	10.3×10^5	2.7×10^5	8.1×10^4

る。3) 背板の乾燥は棧積天然乾燥でもさほど時間を要しない。また縦の接合にはもつとも簡単なバットジョイントによる集成材を考える。それは用途に応じた製品ならば簡単なバットジョイント程度でも間に合うことがありうるであろうし、最低値として評価をして置くことも必要であると考えたからである。

2.1. 試験体と試験方法

スギの背板を用いプレーナーで9mmにし、レゾルシノール系接着剤で常温24時間クランプ圧縮した。試験体の寸法、ラミナの構成および加力の方向はFig. 6である。このようにした理由はマッチングをはかるために各試験体をひとつの試験体から順次切りだしたためである。すなわち水平積層でジョ

イント集中のAタイプを製造し、曲げ破壊後、垂直積層でジョイント集中のBタイプ、水平積層でジョイントなしのCタイプ、垂直積層でジョイントなしのDタイプを切りだした。

曲げ試験は3等分点4点曲げによった。とくにバットジョイント周辺の歪み挙動をみるため、歪みゲージをバットジョイントの中央から2, 4, 8, 12, 24t (tはラミナの厚さ)の位置にはった。

2.2. 試験結果と考察

Table 3は結果をまとめたものである。ヤング係数は建築学会木構造設計規準のスギの集成材、上級製材の値である $8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ をいずれも上回っている。とくにスギ造林木の場合ヤング係数がかかなり低いものが見られるが、背板の部分は辺材の成熟

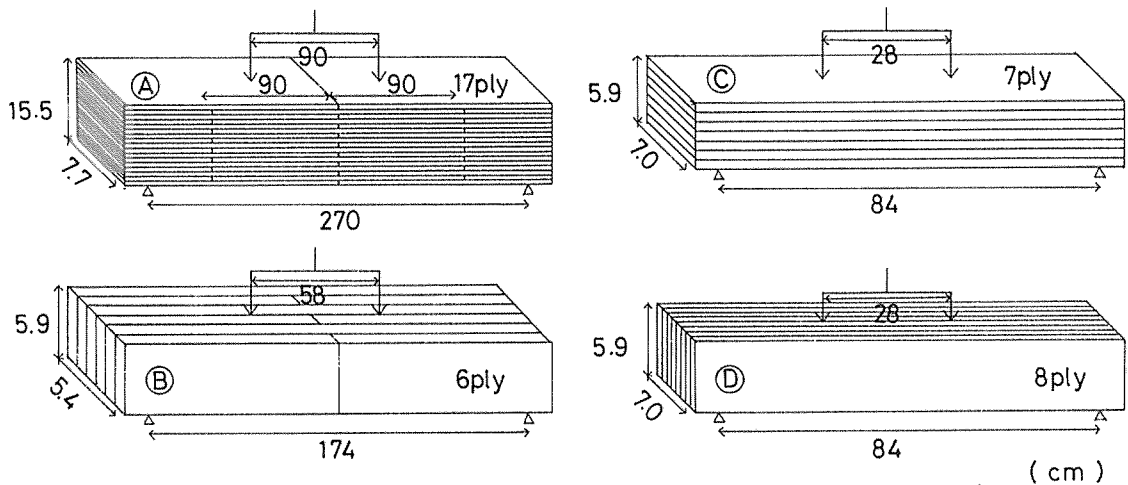


Fig. 6 Bending test of glue-laminated timber using butt-jointed slabs.

Table 3 Bending Properties of glue-laminated timber using butt-jointed slabs

Symbol	Type of joint	E (kg/cm ²)	σ_{\max} (kg/cm ²)	Span (cm)	b (cm)	h (cm)	P _{max} (kg)
Ⓐ	Horizontal-joint	9.53×10^4	241	270	7.7	15.5	1650
Ⓑ	Vertical-joint	9.54	444	174	5.4	5.9	480
Ⓒ	Horizontal-No joint	13.47	414	84	7.0	5.9	1200
Ⓓ	Vertical-No joint	10.22	562	84	7.0	5.9	1630

部が多いために比較的安定した高いヤング係数が得られる可能性があることがこの結果からも伺える。曲げ強度はジョイントの影響が強くており、引張り側最外層にジョイントがあるAタイプでスギの集成材の材料強度の 345 kg/cm^2 よりもかなり低い値を示している。垂直積層のときは1層おきのバットジョイントでも基準値を上回る数値となっている。したがって、バットジョイントを用いた比較的簡易な曲げ材では垂直積層のほうが安心感あり、単板積層材 (LVL) のような扱いに似ているといえよう。水平積層の場合には最外層のバットジョイントの配置には十分な配慮が必要で、むしろジョイントのないほうが無難であろう。

バットジョイントの周辺の歪みの状態をみると Fig. 7 のようになる。最外層のバットジョイントの付近では歪みの負担が切断と共に小さくなり、隣接する層のその付近の負担が増加する。Fig. 8 は避距による歪みの分担に書き直したもので、 $8 \text{ t} \sim 12 \text{ t}$ (t はラミナ厚さ) でジョイント部分の影響の少ない安定した値になっている。したがって、ラミナ間のバットジョイントの避距は 24 t (12 t の2倍)

程度を一応の目安にしておけば良いであろう。

3. 集成枠組の接合耐力

窓枠やパネルなどの枠組は各々の構成材材をほぞ、接着剤や金物で接合するが、背板を材材とするときには重ね合わせて集成化し、集成された材を接合するという方法が考えられる。しかしこれは工程が2つ以上になり、加工の面からもさほど有利なことではない。したがって集成化と接合部を同時にできれば無駄が少なく、しかも耐力の面からも有利になることも十分考えられる。集成する板を厚さ方向に重ね、接合部では各層を交互に重ね合わせ接着する方法は、交差重ね合わせ接着 (クロスラップジョイント) と呼ばれている。背板の場合には見付け面に接着面が平行するときにはこの方法が好ましい。そこで交差部分の接着面積 (構成する板材の幅、または板材の枚数) を変え、その接合部分のせん断耐力との関係を求めた。

3.1. 試験体および試験方法

スギの背板をプレーナー加工し、厚さを 9 mm に揃えた後、幅を $3, 5, 7, 9 \text{ cm}$ 、プライ数を $2,$

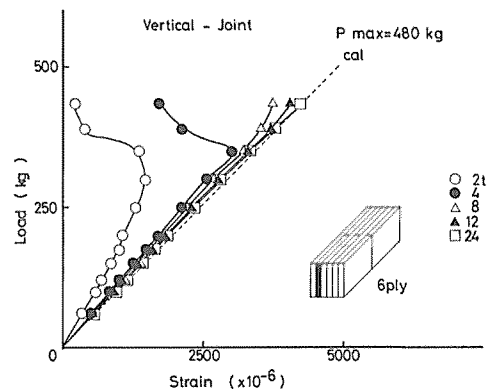
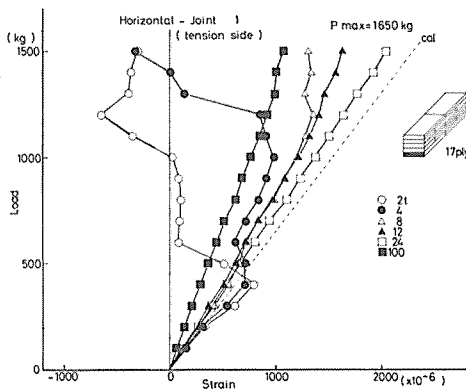
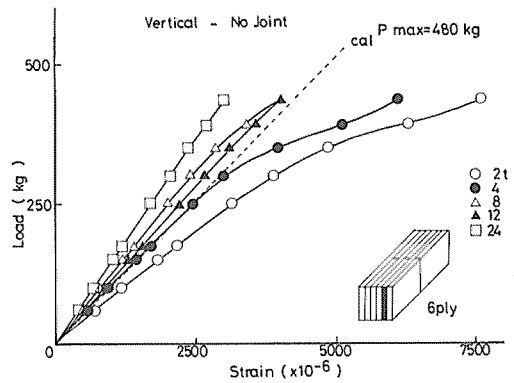
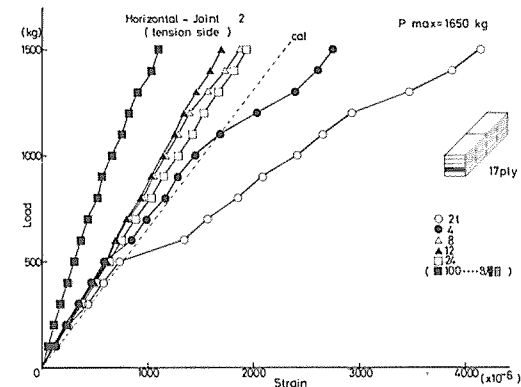


Fig. 7 (1) Relationship between load and strain (A) in Table 3

Fig. 7 (2) Relationship between load and strain (B) in Table 3

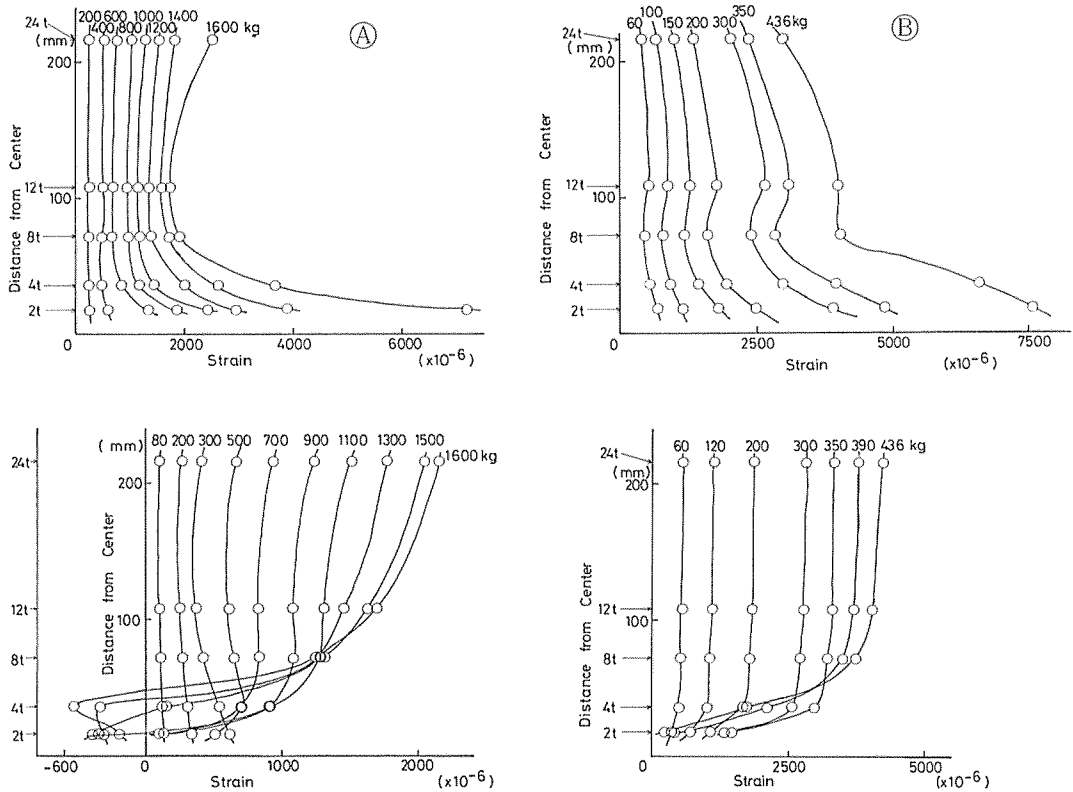


Fig. 8 Distribution of strain

3, 4, 5, 6 枚とした Fig. 9 の直交集成枠組を 20 タイプ試験体とした。接着はレゾルシノール系接着剤で、常温24時間クランプ圧縮した。接着面積は（交差部分の正方形面積）×（プライ数-1）である。

試験は試験体を“く”の字に配し、対角線に加力するせん断試験を採用した。接合部の角度変化をラジアンで表し、荷重は負荷した値とした。

3.2. 試験結果および考察

Fig. 10 はせん断変形 1/120 ラジアン時の耐力と接着面積の関係および最大耐力と接着面積の関係を示したものである。何れもほぼ比例関係が認められ、一本の線で表示が可能である。したがって各接合部に作用する外力によって使用する組み合わせを考えればよい。ただしこの接合耐力は接着の如何によるので、背板の厚さと水分の管理、圧縮圧、接着剤の選択に十分な配慮が必要である。

摘 要

製材工場から副生される背板の有効利用をはかるため、簡便で、比較的小ロットに対処できる複合材の製造法とその性能を検討した。その複合材は 1) 背板を接合、あるいは合板と複合して平面板にした

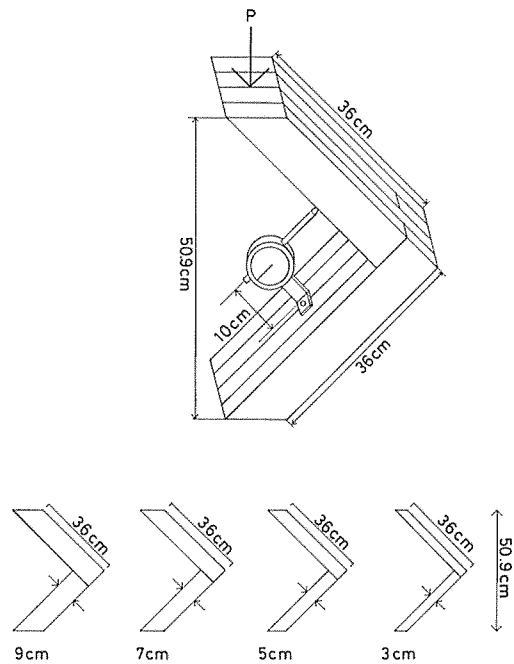


Fig. 9 Frame cross-lap-jointed for shear testing

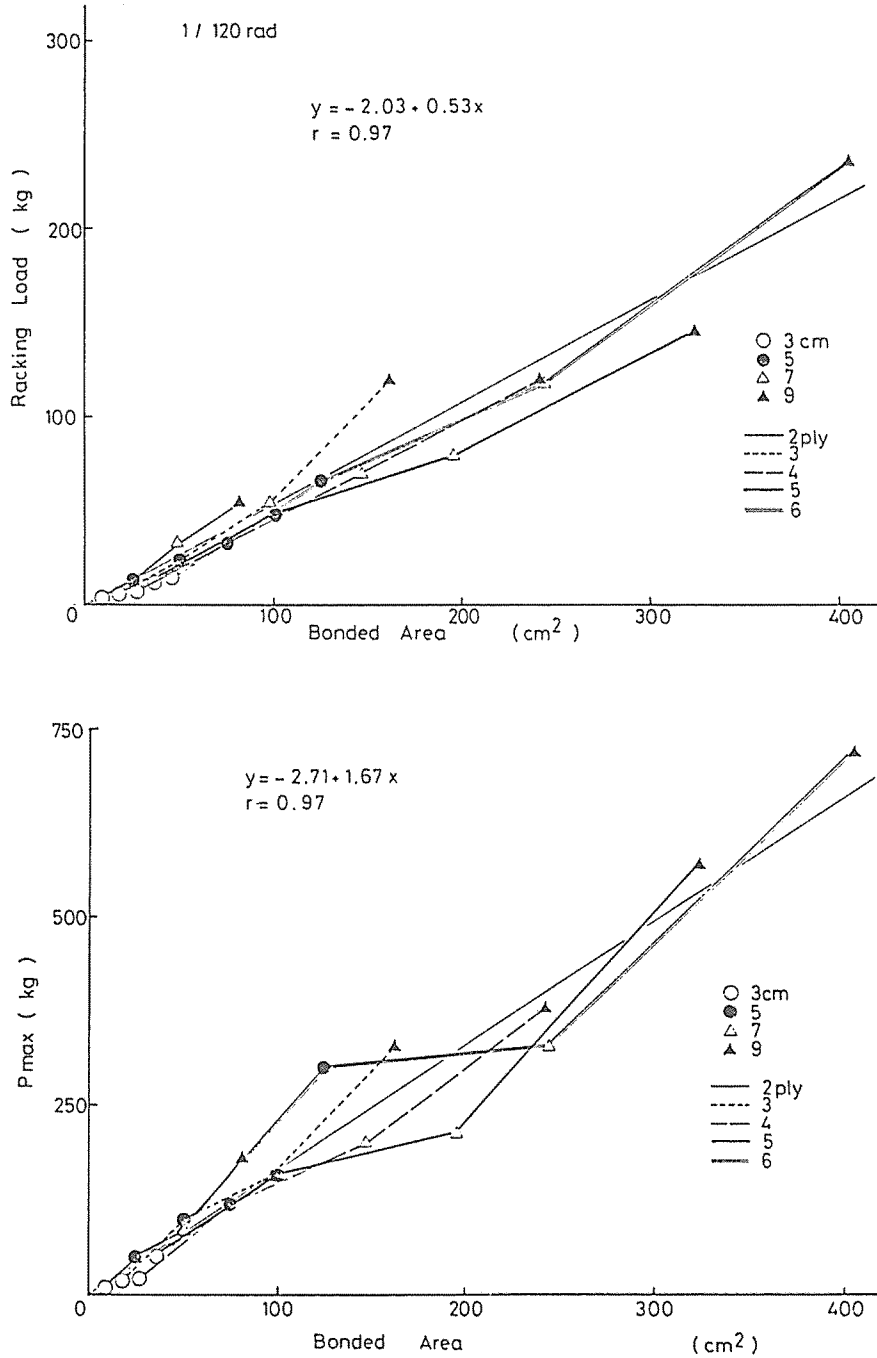


Fig. 10 Relationship between racking resistance and bonded area of cross-lap-jointed frame (○~▲: width of slab, —~=: numbers of laminated slab)

もの、2) 背板を重ねて集成化し、柱、梁のようなもの、3) 背板を重ねて接合部を兼ねた集成枠組のようなものの3種類である。

背板と薄物合板を接着接合した複合板、背板を用いたダボ、接着の横はぎ板を、壁や床の部材として

の検討をするため、釘打ちパネルによる面内せん断と板の曲げ試験を行い、合板、パーティクルボードおよび背板などとの比較をした。薄物合板は釘の接合力がないため面内せん断耐力を発揮しない、背板は平行に並べただけでは面内せん断は多くは期待で

きない。背板と合板の接着接合した複合板では劣る部分を補完した複合の効果がみられている。複合板の曲げ試験ではストレススキンの効果がみられ、曲げ剛性の向上が認められる。

背板の集成では、背板の部分は辺材の成熟部が多いために比較的安定した高いヤング係数が得られる可能性があることが認められた。バットジョイントを用いた比較的簡易な曲げ材では垂直積層のほうが安心感があり、水平積層の場合には最外層のバットジョイントの配置には十分な配慮が必要で、むしろジョイントのないほうが無難であろう。

窓枠やパネルなどの枠組として背板を集成化と接合部を同時に製作する交差重ね合わせ接着（クロスラップジョイント）を行い、その接合部分のせん断耐力を求めた。せん断耐力と接着面積はほぼ比例関係が認められた。

謝辞 本研究の一部は昭和57年度特定研究“東海地区における林産工業資源の高度利用に関する研究”で行われたものである。実験の実施に当って本学木材物理学研究室卒論生稲井淳文、太田和弘両君の協力を得たことを感謝する。