

第4章 新集成材の接合強度評価

ア 研究目的

新しい規格で作られる各種の新集成材を住宅等の構造部材として使用するためには、部材としての材料性能の評価だけではなく、構造体を構成する際の接合強度特性の評価が不可欠である。本プロジェクト研究では数種類の新しい集成材を提案しているが、そのラミナ製造や積層構成方法の種類とグレードによって部材性能は変化し、それに連動するようにして、それぞれ接合強度特性が異なってくると考えられる。

そこで、新しい集成材の各製品について接合強度試験を行い、構造部材として用いられた場合、接合部に製造方法等に由来する問題が生じないか確認するとともに、得られたデータから汎用性のある接合強度特性を導出するモデルを構築することを目的とした。

イ 研究方法

新しい集成材を住宅等の構造部材として用いられた場合、自重や積載荷重を支える長期荷重支持能力は勿論、地震や大風の時などの非常時にも安全な構造体を維持するための能力が求められることは言うまでもない。新しい集成材は、ラミナの調製や積層構成方法をはじめとする製造方法を変化させるものであるが、その性能は部材としての能力を担保しようとする観点で評価され、ラミナ間あるいは構成要素間の接着等、局所的な状況を検証・評価しようとするものではない。部材端等の接合部においては、接合部近傍のごく限られた領域の性能が接合強度に影響してくることから、部材性能の担保と接合性能の担保とは必ずしも一体となるものではない。そこで、構造体の接合部を構成する際に問題となる要因の有無を確認するため、新しい集成材を使った接合部モデルを作成し、破壊加力実験を実施した。

具体的には、新集成材の主な需要先として在来軸組構法による木造住宅を想定し、小断面集成材を柱材、中断面集成材を梁材として用いる場合の接合部性能について検討した。柱材については、ラミナの幅はぎの有無に着目して、同一等級構成の集成材を使った柱脚接合部をモデルに、接合具を変化させて検討した。梁材については、本プロジェクト研究で試作した集成材を用いて、特徴ある二つの梁受け金物を例にとって破壊強度試験により検討した。

(1) 柱脚金物接合部モデル実験

軸組住宅に用いられる柱材は、屋根や上階の鉛直力を支持する圧縮材であることは勿論、地震時等、建物が水平力を受ける際に抵抗する耐力壁の構成部材でもある。水平力を受けて耐力壁がせん断抵抗する場合には、壁端部の柱には転倒モーメントに抵抗するための引抜き力が発生し、これに耐える引張抵抗機構が耐震上の要として認識されている。この引張抵抗機構には、軸組に追加設置される形の柱脚固定金物（ホールダウン金物）が多用されており、その形式・種類は多種多様である。

本研究では、新しい集成材を住宅等の柱として利用する場合を想定し、ボルト、釘、ラグスクリュー、木ネジの4種類の接合具を使った代表的な金物について引張破壊実験を行うこととした。

柱相当部材として用いた集成材には、本プロジェクト研究の第1章「現行 JAS 規格外のラミナを用いた新集成材の製造と実大実験による強度性能評価」の中で調製した幅はぎラミナから作製

したものを利用し、接合強度特性におよぼす幅はぎ接着の有無の影響について検討した。また、ラミナの積層方向に対して接合具を平行方向に打ち込んだ場合と直交方向に打ち込んだ場合についても、接合強度特性におよぼす使用方向の影響を検討した。

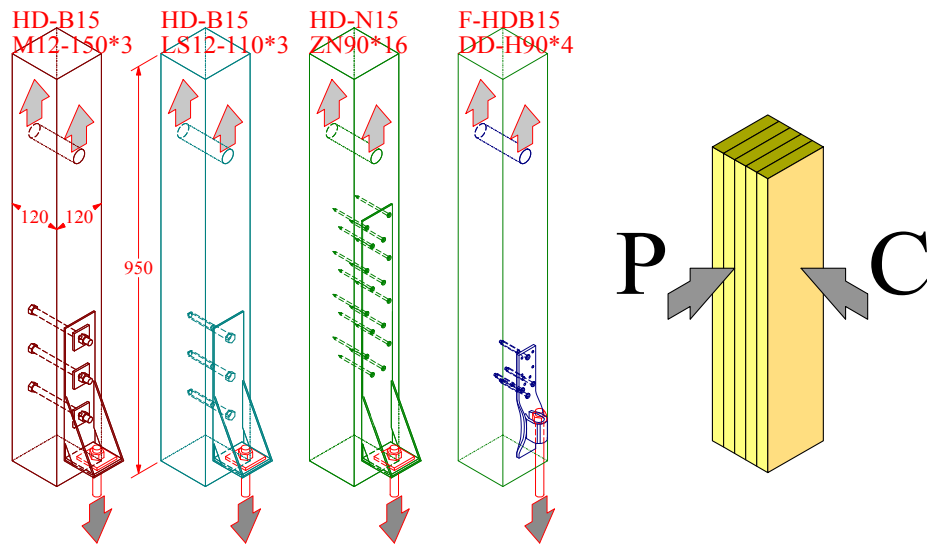


図 4-1 柱脚接合部モデル試験体の形状と金物取り付け面の模式図

(2) 柱梁接合部モデル実験

新しい集成材の主たる用途となる軸組木造住宅では、耐震性に代表される構造強度確保の一環として接合部に金物補強が指定されてきた。一方、高い強度と建築現場での作業性の向上を目指した構法の合理化が進んできたことで、軸組住宅接合部の主体的接合として接合用金物の採用が増えてきた。

これらの接合用金物と集成材との接合部に注目してみると、金物と木材を結び付ける接合具はせん断力を受ける形式が殆どであり、柱部材を例にとれば「柱梁接合部（常時荷重を保持）」「柱脚金物（非常時に離間しないことを担保）」とも、この点に大きな差異はない。しかしながら、「柱脚金物」ではボルト、釘、ラグスクリュー、木ネジなど、接合具に幅があるが、「柱梁接合部」に用いられる金物の接合具は、殆どがボルトである。梁部材を考えると、常時の鉛直荷重によって梁部材に発生する曲げ・せん断力を接合部において伝達することになるが、軸組木造住宅では梁端部をピン接合と扱い、せん断力と引張り力だけを伝え、曲げモーメントは伝達させない。このため、軸組住宅の柱梁接合部に用いられる梁受け金物の多くは、「離れない」と「ずれない」ことのみを求められることから、梁端部とはドリフトピン接合、柱側面とはボルト接合の形式が多くなっている。この接合形式の組合せでは、金属製ドリフトピンの曲げや延性に優れる特性を生かして粘り強い接合となるよう工夫が施される一方で、ボルトを使うことで柱断面の欠損を減らし柱折れし難くすることができ、後からの金物補強が不可欠であった従来のプレカット仕口に比べて施工面と強度面の両方で合理化が図られている。

軸組木造住宅に使われる梁受け金物には、早くから開発され施工実績が非常に多い梁受け金物(K)があり、この金物に類似したものも数多く存在している。またこれに新たな特徴を加えた金物

(H)が、日本住宅木材技術センターのZマーク金物規格の中に標準品として規格化されたこともあり、これら2種類の梁受け金物を使った柱梁接合部のせん断破壊実験を行うこととした。使用する梁相当部材には、本プロジェクト研究の第1章「現行JAS規格外のラミナを用いた新集成材の製造と実大実験による強度性能評価」および第2章「現行JAS規格外のラミナ構成による新集成材の製造と実大実験による強度性能評価」において試作される新集成材の端部を切り分けて使用し、各新集成材の構成方法の違いによる特性と、接合部接合形式による強度特性の違いについて検討することとした。

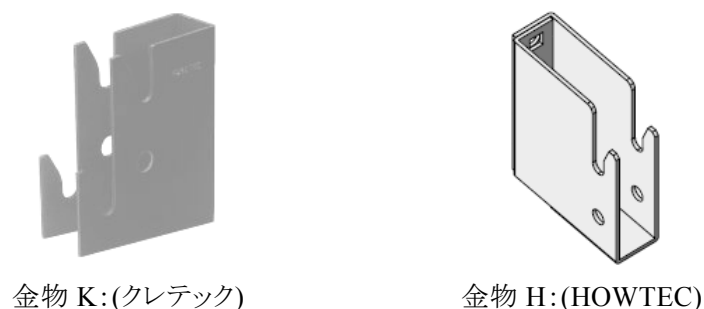


図 4-2 実験に使用した梁受け金物の例

なお、梁受け金物が受けるせん断力には、常時の積載荷重を受ける順せん断力と、地震時等非常時水平力に起因する逆せん断力がある。接合強度の確認実験としては、順せん断・逆せん断共に、左右に接合部を持つH型形状の試験体で実験するのが一般的であるが、どちらか弱い接合部の強度に支配されるこの方式では、接合部の評価として過小評価されてしまう可能性を持っている。また、二つの試験体を一つにしか評価できないこの方法は、他研究課題の部材から切り出す、限られた長さの中で試験体を構成するためには効果的とは言えない。また試作される集成材の断面は一般的な木造住宅の梁部材としては小さい部類に当たる。以上の点を考慮し、新集成材の実験には、同様の評価が可能なト型形状の試験体形状を採用することにし、市販集成材を用いて一般的なH型とト型の試験体形状および加力方法の違いおよび梁相当部材断面サイズの違いについて比較実験を併せて実施した。

比較実験は、通常のH型(N)とト型(S)のほか、ト型と同じ試験機を使った天地逆H型(I)の3形式とした。なお、梁受け金物には、準備の都合上、市場で入手しやすい1種類(K)とした。

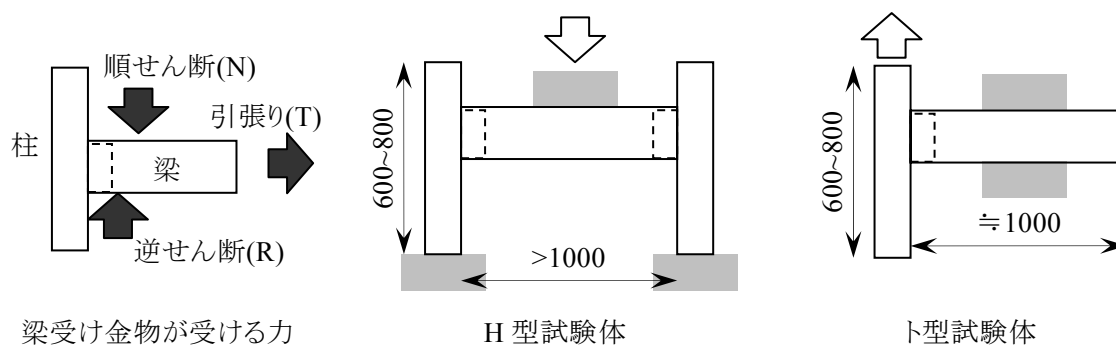


図 4-3 柱梁接合部にかかる力と試験体の形状

ウ 結果

(1) 柱脚金物接合部モデル実験

集成材に積層した幅はぎラミナには信州産カラマツを用い、乱尺幅ラミナ（4m 長 164 枚）をランダム投入によって幅はぎしたもの（R）と、乱尺幅ラミナ（4m 長 329 枚）を曲げヤング率でソートして幅はぎしたもの（E）の 2 種類を用意した。どちらも定尺幅に切断後、改めて曲げヤング率でグレーディングした。集成材は、ラミナ等級 L110 の 4 プライ同一等級構成となるように、定尺幅となった幅はぎラミナ（R 141 枚、E 285 枚）から母集団の平均値に差が無いように各 48 枚抽出し、構成ラミナ 4 枚の曲げヤング率が近くなるように組合せて積層接着した。なお、幅はぎ接着にはメラミン系接着剤、積層接着にはレゾルシノール系接着剤を使用した。

120mm 正角（4m 長、E 12 本、R 12 本）に仕上げた集成材は、構成ラミナの曲げヤング率が低いものから順に、接合具が積層面と並行（P）・直交（C）と交互に振り分けた。柱脚試験体（950mm 長）にあわせて 4 分割した集成材は、ボルト（B）・釘（N）・ラグスクリュー（L）・木ネジ（V）の異なる 4 種類の接合具を使う柱脚金物（15kN 用ホールダウン金物）にそれぞれ組合せた。以上により、柱脚試験体として $2(E/R) \times 12(01 \sim 12)$ 、 $P/C \times 4(B/N/L/V)$ の全 96 体を用意した。

実験結果を見てみると、許容荷重として設定されている 15kN の 2 倍から 5 倍程度の最大荷重を記録しており、十分な強度が発揮されている。集成材のラミナ積層方向と金物を取り付ける面の組合せによる差は見られなかった。また、ラミナ幅はぎにおける投入方法による差も見られなかった。接合具種類と金物の組合せを見てみると最大強度はボルトを使ったものがやや高く、ラグスクリューと釘が同程度でそれに続く結果となった。初期剛性はラグスクリューがやや高いものの大きな差はない。木ネジを使った金物は強度認定方法が異なっているために、結果的に安全率に差が出たものである。最終破壊状況を見てみても、幅はぎラミナを使ったことによる問題は認められなかった。

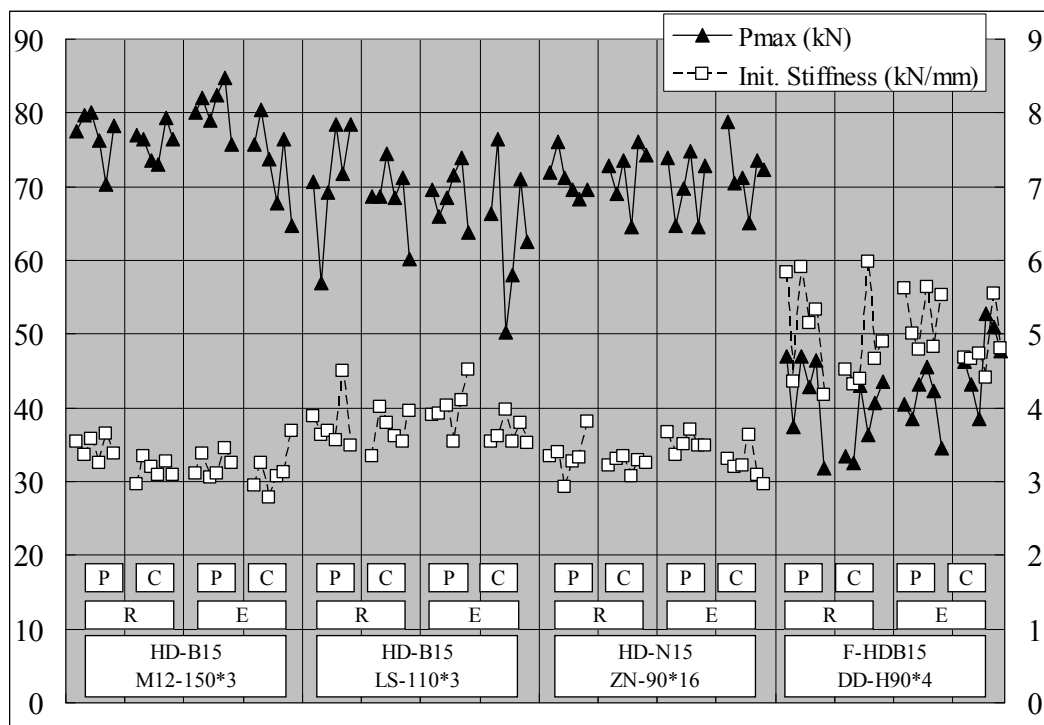


図 4-4 柱脚接合部モデル実験の結果（最大荷重と初期剛性）

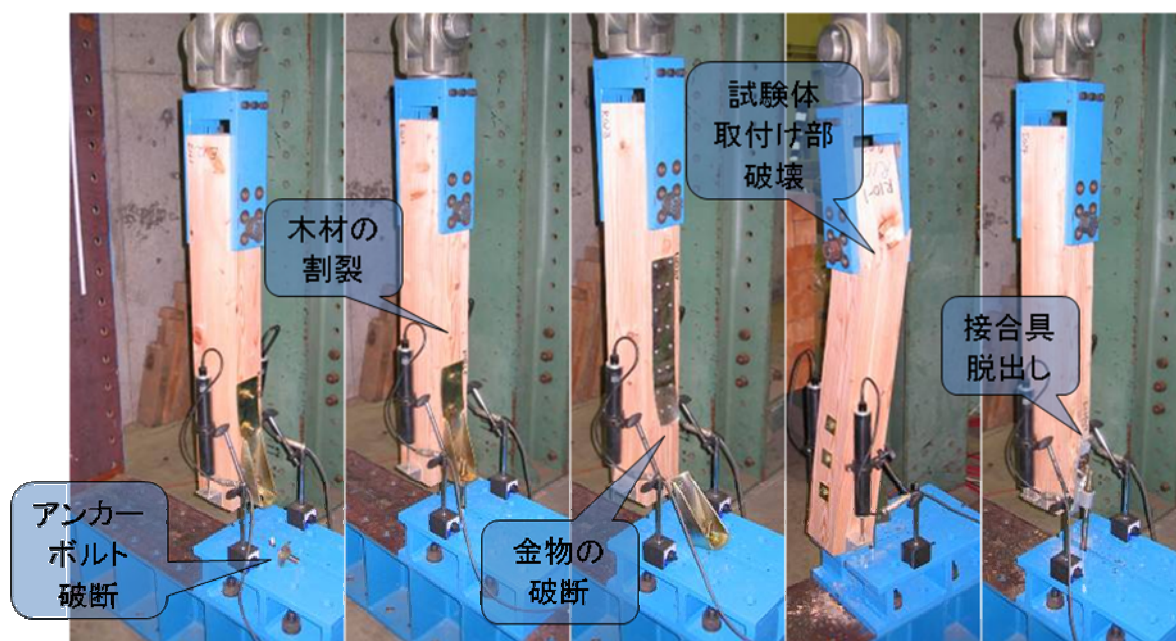


図 4-5 柱脚接合部モデル実験の破壊状況

表 4-1 柱脚接合部モデル実験の最終破壊状況

破壊形式	ボルト B		ラグスクリュー L		釘 N		木ネジ V		計
	P	C	P	C	P	C	P	C	
アンカーボルト破断	7	6	3	2	1	1			20
ボルト破断	1								1
柱割裂	3	6	9	10					28
取り付け部破壊	1								1
釘脱け出し					9	6			15
金物破断					2	5			7
木ネジ脱け出し							12	12	24
総計	12	12	12	12	12	12	12	12	96

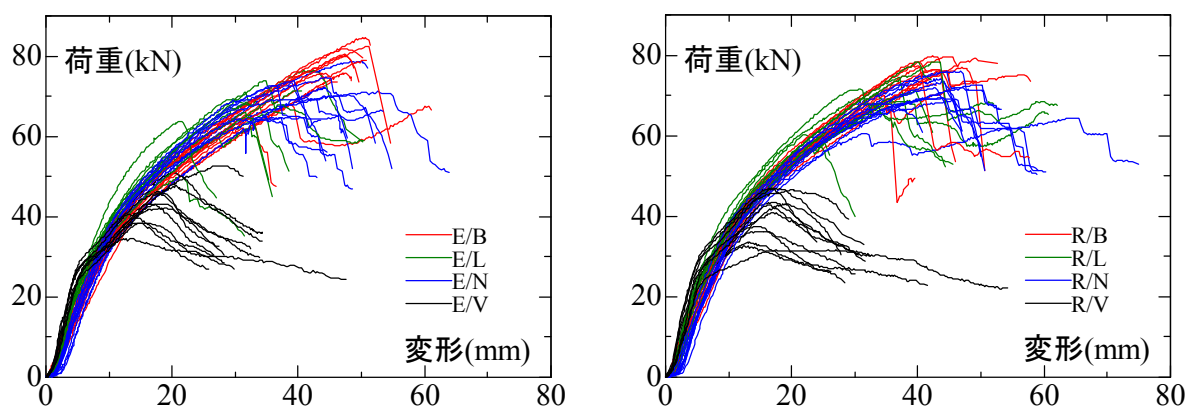


図 4-6 柱脚接合部モデル実験の荷重変形曲線(ラミナ幅はぎの方法による比較)

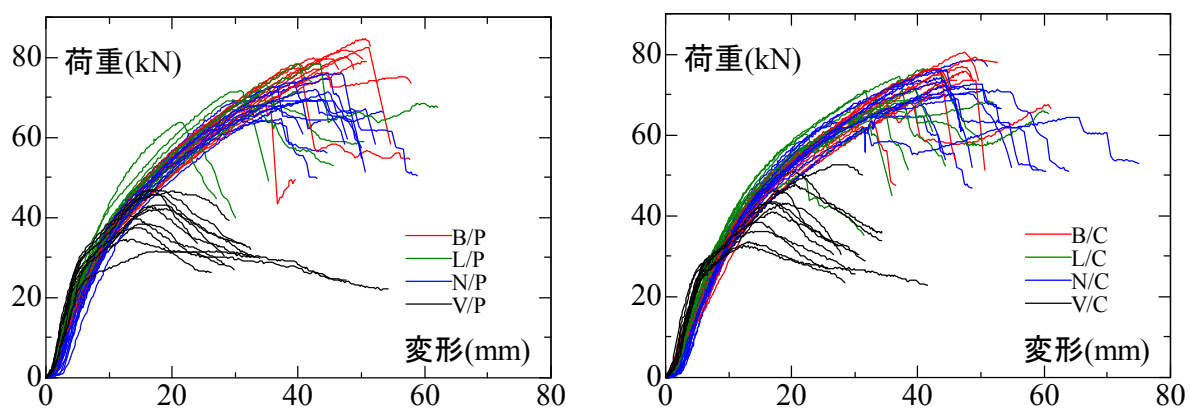


図 4-7 柱脚接合部モデル実験の荷重変形曲線(積層方向と接合具方向による比較)

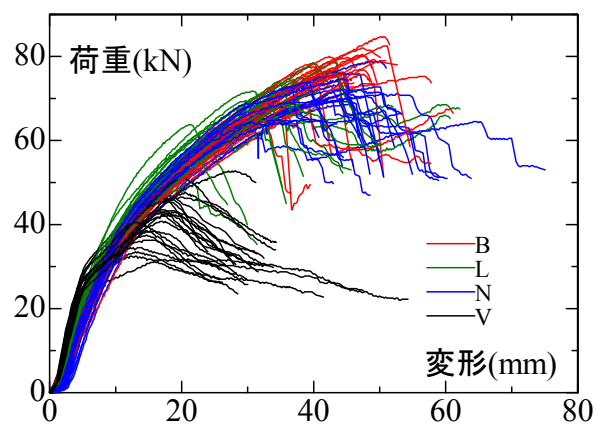


図 4-8 柱脚接合部モデル実験の荷重変形曲線(接合具種類による比較)

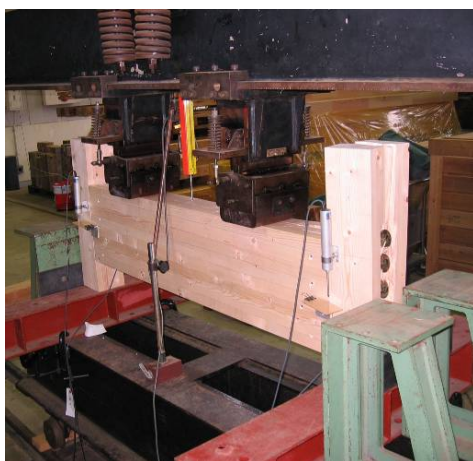
(2) 柱梁接合部モデル実験

梁受け金物の接合部実験に先立って行った加力形式を比較した実験では、通常の H 型(N)とト型(S)のほか、ト型と同じ試験機を使った天地逆 H 型(I)の 3 形式に対して、梁せい 150/240/300mm の 3 種類を各 3 体、全 27 体の試験体を用意した。なお、梁受け金物は 1 種類(K)、梁幅は 120mm 一定である。

比較試験の結果を接合部 1 ヶ所辺りの荷重に整理した荷重変形曲線を見てみると、梁せい 150mm では、N-I-S の順で初期剛性が落ち、曲線形状では N と S が同じような形となっているのに比べて、I では一気に荷重低下した。梁せい 240mm では、曲線形状に大きな差は無いが、初期剛性は同様に順位付けされ、また最大荷重以降の変形領域において荷重保持状況に差が出た。梁せい 300mm では、初期剛性こそは同じ順位付けだが、変形能は S-N-I の順となった。

初期剛性では、N が柱相当部材の外側への変形を拘束しているのに対し、I では広がりがあり、その上 S では非対称に荷重が掛かるために固定部分で若干の回転も発生していた。最大荷重については、I を除いて N と S で大きな差は無かった。破壊形式を見てみると、梁端ドリフトピン周りの割裂破壊が卓越する 150mm と、梁の曲げ破壊が混在してくる 240mm、柱の割裂が増えてくる 300mm と梁せいの違いによる差は大きかったが、試験体形状および加力方法による差はあまり無かった。試験体自重の作用方向が逆となる I では、一度破壊し始めると一気に破壊が進む傾向があり、特に自重が大きい 300mm で顕著であった。

比較実験の結果をまとめると、強度特性は梁せいによって若干の違いが見られ、また変形状況は加力方法によって若干の差が見られた。しかしながら、これらは結果の評価に対して大きな影響を与えてはおらず、最終破壊状況においても試験体形状および加力方法による差はあまり無かった。結論として、梁受け金物の接合部特性を検討する強度試験として、一般的な N に代わり、S の試験結果でおおむね同じよう評価が可能であることがわかった。



通常 H 型試験体(N)



天地逆 H 型試験体(I)



ト型試験体(S)

図 4-9 試験法比較実験の状況

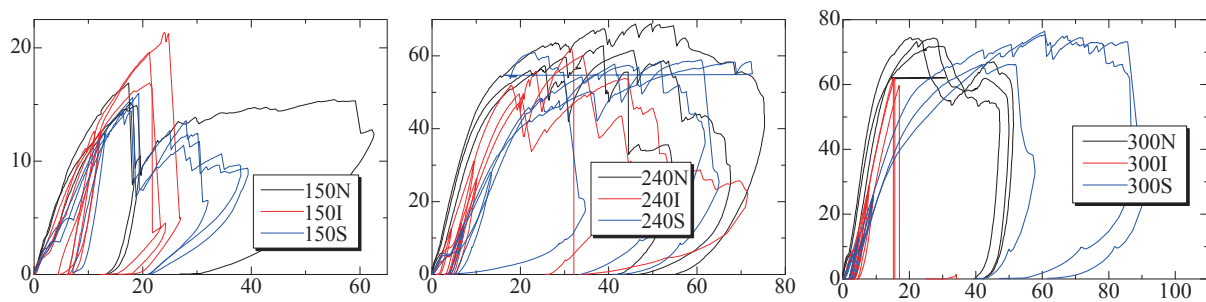


図 4-10 試験法比較実験の荷重変形曲線
(接合部 1 か所あたり、左から梁せい 150/240/300mm)

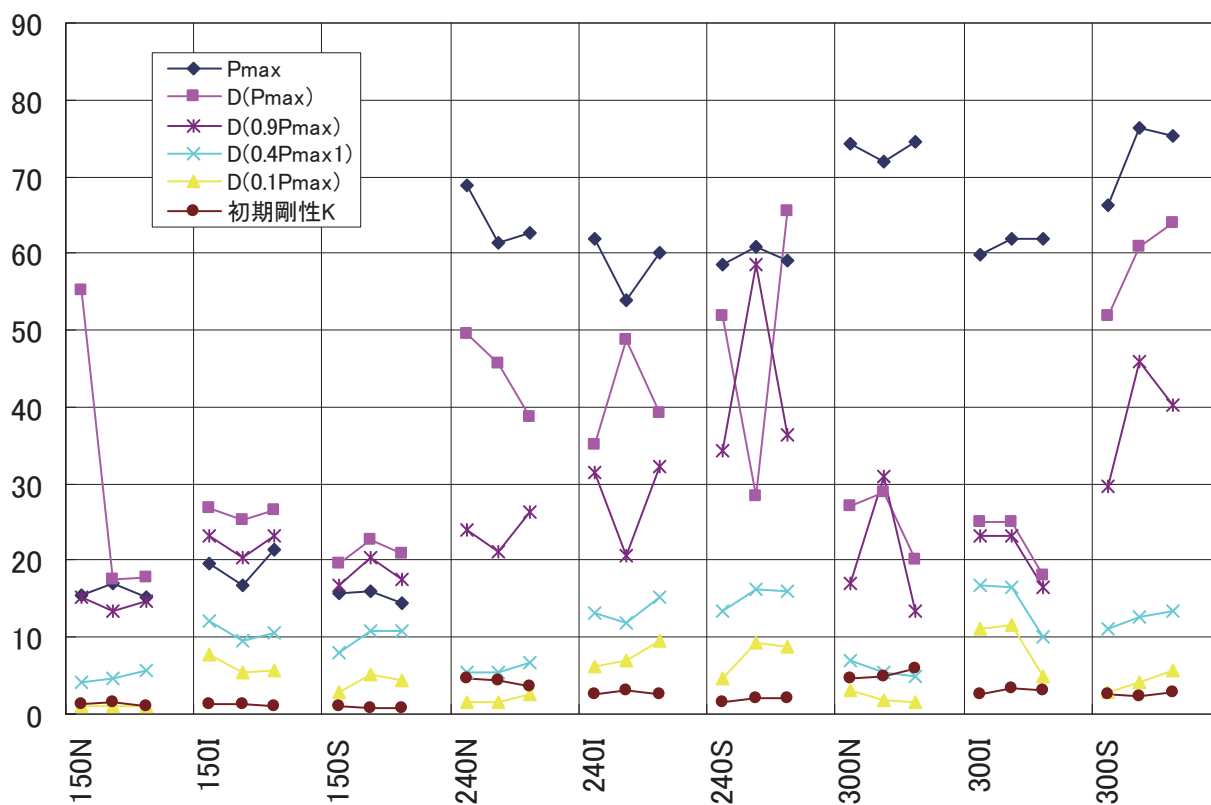


図 4-11 試験法比較実験の強度特性値の比較(接合部 1 か所あたり)



図 4-12 試験法比較実験ト型試験体の破壊状況(左から梁せい 150/240/300mm)

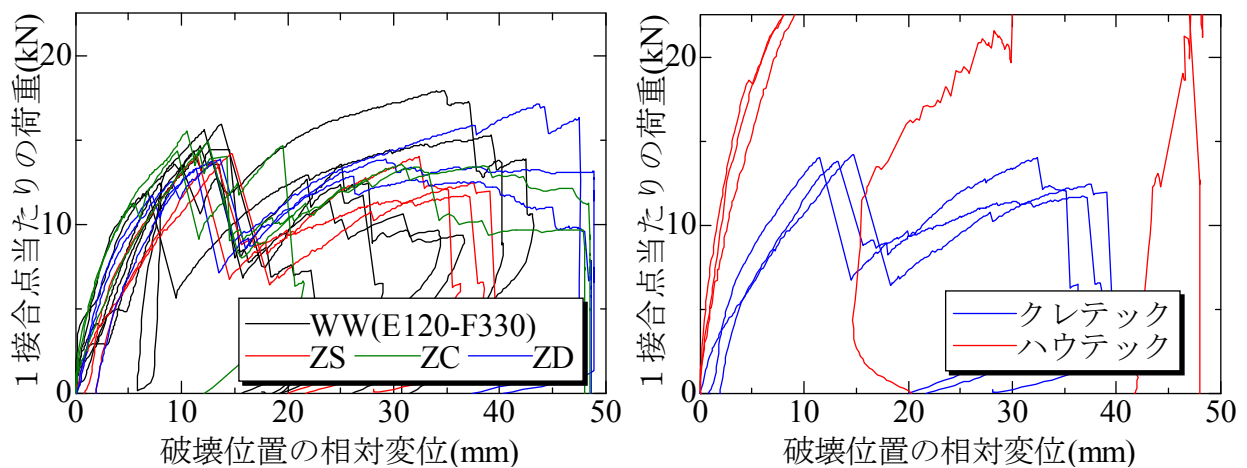


図 4-13 柱梁接合部モデル実験の荷重変形曲線の例

表 4-2 梁受け金物接合部実験の結果(平均・最大・最小・変動係数)

加力 形式	金 物	試験 体数	平均				最大				最小				変動係数			
			最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位	最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位	最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位	最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位
N	H	66	37.5	3.8	32.9	9.4	48.5	8.7	39.3	15.2	27.3	2.1	22.8	2.9	13%	33%	12%	29%
	K	66	15.1	2.1	12.5	6.9	22.5	5.0	16.0	13.2	10.5	1.0	8.0	1.8	15%	43%	14%	43%
R	H	39	14.9	6.7	13.5	3.5	18.8	41.7	18.5	8.0	7.8	1.6	7.0	0.3	20%	120%	22%	54%
	K	39	24.2	0.8	19.6	25.2	30.5	1.2	23.7	40.6	18.5	0.4	16.1	15.5	12%	26%	11%	27%

表 4-3 梁受け金物接合部実験の結果(集成材別)

加力形式	N								R							
金物	H				K				H				K			
集成材 種別	最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位	最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位	最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位	最大 荷重	初期 剛性	終局 荷重	破壊 変位
EH	42.9	2.7	34.1	12.7	18.5	1.3	14.4	11.0	14.8	4.7	12.8	2.8	23.9	0.9	20.3	23.9
EH3	39.3	3.9	35.0	10.0	19.3	1.4	14.2	10.8	14.6	4.0	13.6	3.4	25.4	0.6	19.5	28.4
FA	42.5	3.4	37.5	11.2	15.0	2.2	12.6	7.3								
FB	39.0	4.9	35.3	7.4	15.1	3.2	12.6	4.5								
FC	38.6	4.2	34.2	8.3	13.0	1.8	10.6	6.4								
FD	40.4	4.4	36.6	9.5	16.4	2.0	13.0	7.1								
HA	39.4	3.7	36.4	10.1	13.6	3.2	12.3	4.5								
HB	39.8	3.4	35.7	10.6	14.6	2.4	12.8	5.9								
HC	36.3	3.2	33.1	10.5	13.5	2.9	11.6	5.2								
IA	40.6	3.5	36.6	10.6	17.8	1.3	14.4	11.3								
KK	29.5	7.2	25.5	3.7	13.1	1.2	10.8	8.9	8.7	10.2	7.9	2.8	22.7	0.8	19.4	25.9
MA	33.2	3.7	30.1	8.1	13.7	2.5	11.8	5.0	16.9	3.6	16.0	4.5	25.3	0.9	20.5	25.1
MB	34.8	2.5	27.9	11.4	14.3	2.3	12.2	6.2	16.3	2.9	14.6	5.2	23.1	0.9	18.2	17.1
MC	36.3	4.2	33.1	8.0	15.3	2.8	13.1	4.8	18.5	3.7	17.5	4.9	21.7	0.7	16.8	21.0
MD	38.8	2.8	30.5	11.0	15.5	1.8	12.9	7.4	17.8	2.5	16.8	6.8	23.7	0.8	19.5	27.0
NA	37.7	4.3	33.3	8.3	13.3	1.7	10.4	6.9	15.6	10.6	14.0	3.0	24.8	0.7	19.7	29.6
NB	35.1	3.7	30.6	9.0	15.3	1.7	12.6	7.5	14.5	4.3	12.8	3.2	20.5	1.0	18.4	18.5
TD	34.9	5.0	32.6	6.7	15.6	2.1	13.4	7.4	15.4	4.4	14.6	3.3	25.3	0.7	19.8	27.7
YG	29.6	2.8	26.9	9.6	15.4	2.8	12.0	4.8								
ZC	38.8	4.6	34.6	7.8	15.3	2.6	12.8	5.2	13.8	20.0	11.5	1.0	23.3	0.8	18.6	22.8
ZD	42.2	2.8	33.9	12.2	15.2	2.1	13.1	7.0	12.8	10.0	11.6	2.2	28.8	0.6	22.9	32.4
ZS	34.8	3.4	30.3	9.6	14.5	1.6	11.3	7.3	13.6	6.3	12.1	2.5	25.5	0.6	23.3	37.4

値は 3 体の平均。最大荷重(KN)、初期剛性(KN/mm)、終局荷重(KN)、破壊変位(mm)。

試験法比較実験の結果を受けて、梁受け金物接合部実験を実施した。梁相当部材には本プロジェクト研究の第 1 章「現行 JAS 規格外のラミナを用いた新集成材の製造と実大実験による強度性能評価」および第 2 章「現行 JAS 規格外のラミナ構成による新集成材の製造と実大実験による強度性能評価」で試作された新集成材(W 120×H 150×L 950mm、全 23 種、各 30 本)から無作為に 10 本を取り出し、施工実績が非常に多い梁受け金物(K)と新たな特徴を加えた金物(H)の 2 種の梁受け金物を組合せ、各金物に割り当てたそれぞれ 5 本に対して、金物に合わせて両側を切削加工した。各 5 本の片側一方は順せん断加力(N)に供試し、残る他方は 3 本を逆せん断加力(R)、2 本を引張加力(T)に割り当てた。柱相当部材には同一等級構成のスギ集成材(市中購入品)を用いた。結

果として、柱梁ト型接合部試験体数は、集成材 23 種×金物 2 種×各 5 本×両端 2 箇所全 460 体、うち順せん断が 230 体、逆せん断が 138 体、引張が 92 体を用意した。

実験の結果、接合部の強度は供試した新集成材の強度に関係してはいるが、金物および加力形式と密接な関係にあることが分かった。金物 K ではドリフトピンが配置されるラミナ性能の影響を強く受け、また金物 H では順せん断加力時に最外層ラミナを支持する受け部分が存在することで、金物 K に比べて高い強度性能を示した。逆せん断加力になると、金物 H のこの優位性がなくなるばかりでなく、金物内でのドリフトピン配置とせん断加力による金物の回転が関係しながら、最大荷重において金物 H と K の関係は逆転した。また金物接合に必要なドリフトピン孔の加工において、集成材を構成するラミナの境界にドリフトピン孔がかかり、また隣り合うラミナに極端な差があると、穿孔の深さが進むにつれて柔らかいラミナ側に曲がりが生じていた。これは新集成材の断面構成の結果として、断面内側へのドリフトピン孔の加工誤差となり、打ち込まれるドリフトピンと最外層ラミナ外面で集成材を挟み込む金物 H で顕著に発生し、場合によってはドリフトピン打ち込みにより、ラミナ積層面に平行な割れを生じた。これが逆せん断加力における金物 H の強度低下に関与しているようでもあった。また一部新集成材において、製造工程の熟練度不足による接着不良が観察された。

エ 考察

新しい集成材を木造住宅に用いる際に、それを使った接合部が従来のものと差がなく利用できることが確認できた。今後実際に市場流通される新しい集成材製品の規格について、この結果を基に適用条件等について確認することにより、市場に混乱を招くことなく、普及促進することができる。実際には、普及に合わせて行われる各種実験データを集めて追加し、設計者が構造設計を行なう際に必要な設計情報を提供して行くこととなろう。本研究では、詳細なラミナ性能と、それを使った集成材の性能、そしてその接合部性能と、各時点の評価を関連付ける基礎的なデータを積み上げることができた。このデータを基に、更に検討を進めることで、集成材構成ラミナの性能と接合部形式による強度発現機構の違いやディテールなどから木質構造体の強度をより精度良く推定できるようになる。

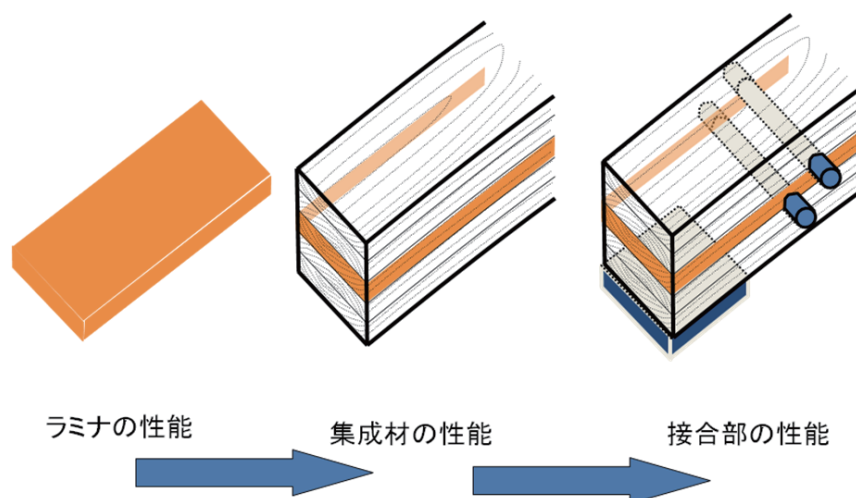


図 4-14 接合部強度推定の模式図

オ 今後の問題点

本プロジェクト研究での接合強度に係る検討は、試作した新しい集成材を基に実施しているものである。そのため、本プロジェクト研究での検討を踏まえて規格化、製造され、実際に市場流通される新しい集成材に対して、同様の結論に至るかどうか確認する必要は残るものである。

新しい集成材の接合強度については、本プロジェクト研究で検討された範囲であれば、規定した仕様に基づいて適正な製造が実施される場合において、従来と何ら変わらない取り扱いができるものとする。しかしながら、梁せいの大きな異等級構成集成材等においては、内層と外層のラミナの性能差は拡大し、接合具配置の組合せ次第では、接合強度に大きな変化をもたらす可能性がある。特に、既製の接合金物を応用して使う場合においては、設計者が接合具配置を自由に設定できないことから、思わぬ強度低下が生じる可能性があることを認識する必要がある。

一般に接合強度は、部材相互の性能のみならず、接合形式や接合具配置等、様々な要因が関与するため、全ての接合部に適用できる接合強度算定法の導出は困難である。しかしながら、本プロジェクト研究において行われた接合強度に係る実験の結果は、本プロジェクト研究において試作された新しい集成材を用いており、市中で入手できる市販集成材では提供されない、ラミナ単位および集成材部材としての詳細なデータが付随しているものである。このデータを基礎として、新しい集成材の強度、および接合部の強度について継続的にデータを収集追加し、定型化された接合部の強度算定に対して最新の情報を提供して行くことが重要である。

カ 要約

接合部の強度は、新しい集成材を住宅等の構造部材に使用する際、安全な構造物を作り出すための重要な基礎的性能である。限られた範囲ではあるが、この接合部の強度について実験的検討を行った結果、本プロジェクト内で検討されている製造規格では、従来の接合方法の適用利用において問題が無いことが確認された。

キ 引用文献

- 1) (財) 日本住宅・木材技術センター (2003) 木造住宅用接合金物の使い方/増補改訂版、
<http://www.howtec.or.jp/>
- 2) (財) 日本住宅・木材技術センター (2004) Z マーク表示金物 梁受け金物の使い方、
<http://www.howtec.or.jp/.6>
- 3) (株)タツミ (2005) KURE TEC 技術資料、<http://www.sunkure.jp/>

(軽部正彦)

第5章 新集成材の耐久性評価

1. 新集成材の耐朽性・耐蟻性評価

ア 研究目的

スギの有効利用のために、低等級のラミナを用いた異樹種を複合した異等級構成集成材が開発されつつある。異等級構成の場合、集成材の外層にヤング係数が高いラミナを、内層にはヤング係数が低いラミナを用いるのが合理的であるため、内層ラミナにスギ材を用い、ヤング係数が高いベイマツやホワイトウッド等を外層ラミナに用いた構成となる。このようにして製造した異樹種集成材を長期にわたって使用する場合、耐朽性や耐蟻性が問題となる。

樹種の耐朽性・耐蟻性にデータについてはこれまで多くの蓄積があるが、異樹種ラミナを貼り合わせて製造した集成材の耐朽性・耐蟻性データはこれまでなかった。そこで、今回異樹種集成材の耐朽性・耐蟻性評価を目的に実験をおこなった。また、スギ材についてはこれまで育種によって多くの品種が作出されていることから、それら品種間の耐朽性・耐蟻性の評価も合わせておこなった。

イ 研究方法

【試料と方法】

(1) 室内試験

林木育種センター九州育種場で植栽されたスギ品種からオビアカ、アラカワ、アヤスギ、ヤブクグリ、トサグロを選び、それぞれの心材から 2x2x1(L)cm の試験体を調製した。また、異樹種集成材のラミナとして使用されていたベイマツ、ホワイトウッド、スギからも同サイズの試験体を調製した。これらの試験体の耐朽性および耐蟻性を JIS K1571 に記載された室内試験法に準じて評価した。

(2) 暴露試験による集成材の耐朽性・耐蟻性評価

中国木材株式会社が製造した異樹種集成材の野外暴露試験をおこなった。異樹種集成材は、最外層にベイマツ材またはホワイトウッド材、内層にスギ材を用いた 5 層構成とした。これらの集成材をつくば市および鹿児島県吹上町に設けた試験地、又はファンガスセラーに設置し被害経過を観察した。

これらの試験体は、試験終了後屋内で養生し含水率を整えた後、縦圧縮試験をおこなった。

ウ 結果

(1) 室内試験による素材の耐朽性・耐蟻性評価

スギ 5 品種および異樹種集成材ラミナに用いられていたベイマツ心材、ホワイトウッド、スギ心材の耐朽性をオオウズラタケを用いた室内試験で評価した結果を図 5-1-1 に示す。異樹種集成材に用いられるラミナの内、ホワイトウッド材およびベイマツ心材の耐朽性とスギ辺材の耐朽性との間に優位な差は認められなかった。一方、異樹種集成材のラミナに用いられていたスギ心材の耐朽性はスギ辺材と比べ優位に高かったが、林木育種センターで栽培していた 4 品種のスギ心材の耐朽性よりは低かった。イエシロアリを用いた耐蟻性試験の結果（図 5-1-2）、スギ 5 品種の

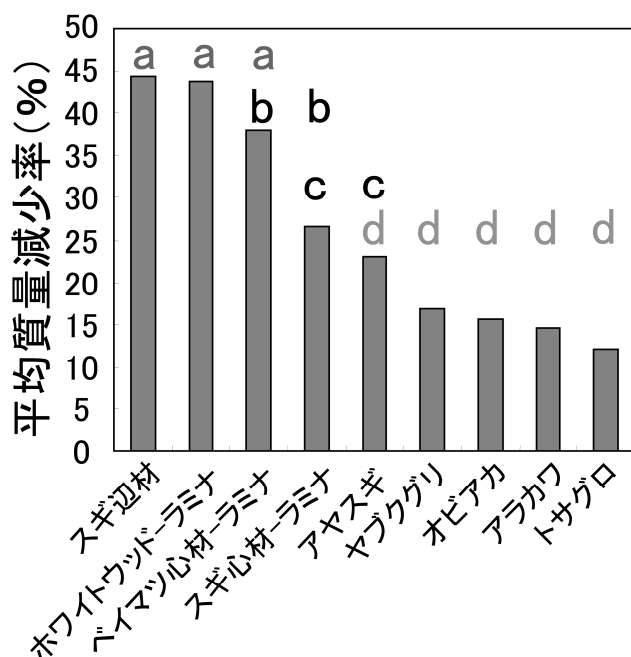


図 5-1-1 異樹種集成材ラミナに使用した材およびスギ在来品種のオオウズラタケに対する耐朽性

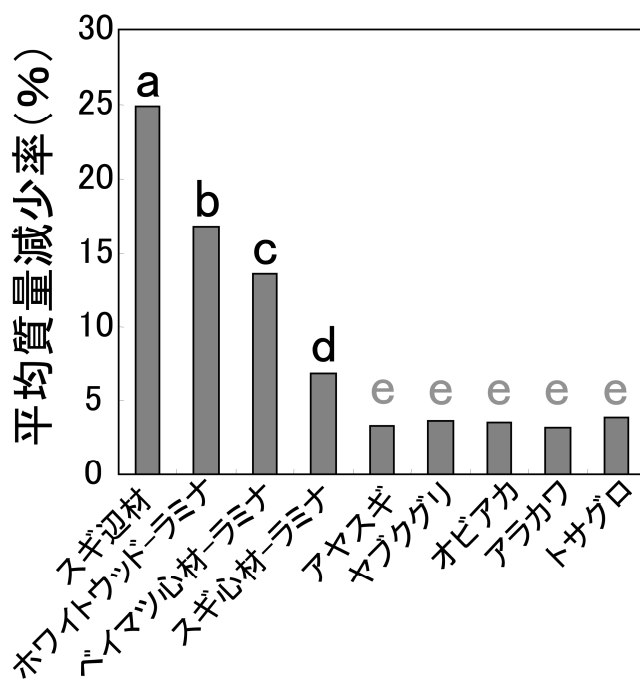


図 5-1-2 異樹種集成材ラミナに使用した材およびスギ在来品種のイエシロアリに対する耐蟻性

心材は質量減少率が 3～5%と比較的高い耐蟻性を示した。これに対し、ホワイトウッド材やベイマツ心材の耐蟻性はスギ心材とスギ心材との中間に位置した。また、異樹種集成材を構成しているスギ 3 品種のラミナの耐蟻性を比較したところ、質量減少率に優位な差が認められたことから、同じスギ心材であっても耐蟻性が異なる場合があることが示された。

(2) 暴露試験による集成材の耐朽性・耐蟻性評価

ベイマツ心材またはホワイトウッド材を最外層に、スギ心材を内層に使用した 5 層構成の異樹種集成材をファンガスセラーおよびつくば市に設けた野外試験地で接地暴露した結果の一例を示す。暴露は図 5-1-3 に図示した向きに最外層ラミナ表面が地表と同一面上になるよう埋めた場合と、集成材ラミナの軸方向が地面と垂直に埋めた場合との 2 通りの方法でおこなったが、被害を受けるラミナの傾向に大きな差が認められなかったことから、ここでは最外層ラミナ表面が地表と同一面上になるように埋めた図 5-1-3 の結果のみを示した。外層ラミナ（ベイマツ心材またはホワイトウッド）の被害度は内層ラミナ（スギ心材）のそれよりも高い値を示したことから、ベイマツ心材やホワイトウッドを使用した外層ラミナから先に腐朽等によって劣化していくことが分かった。

一方、異樹種集成材をイエシロアリ生息地に暴露し、その耐蟻性を評価した結果の一例を示す。実験では、図 5-1-3 の向きに異樹種集成材を置き、接地暴露の場合には最上層ラミナが地表と同一面上

になるように埋め、非接地暴露の場合には異樹種集成材の下にコンクリートブロックを敷いて集成材と地面とが直接触れないようにした。非接地暴露試験の場合は、上記に加えさらに異樹種集成材にスレート製の覆いを被せて雨が直接かからないようにした。これらの暴露試験の結果の内、

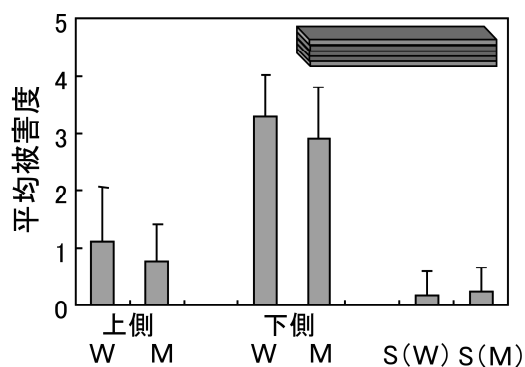


図 5-1-3 暴露試験の結果
(つくば試験地+ファンガスセラー)
W:ホワイトウッド、M:ベイマツ心材、
S():スギ心材 (カッコ内は外層ラミナの種類)

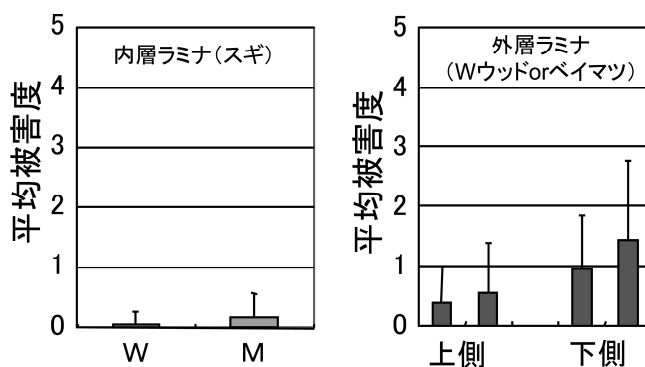


図 5-1-4 非接地暴露試験の結果 (吹上町)
左:内層スギラミナの平均被害度
右:外層ラミナ最上層または最下層の平均被害度
(試験体は左図と同じ向きに設置した)

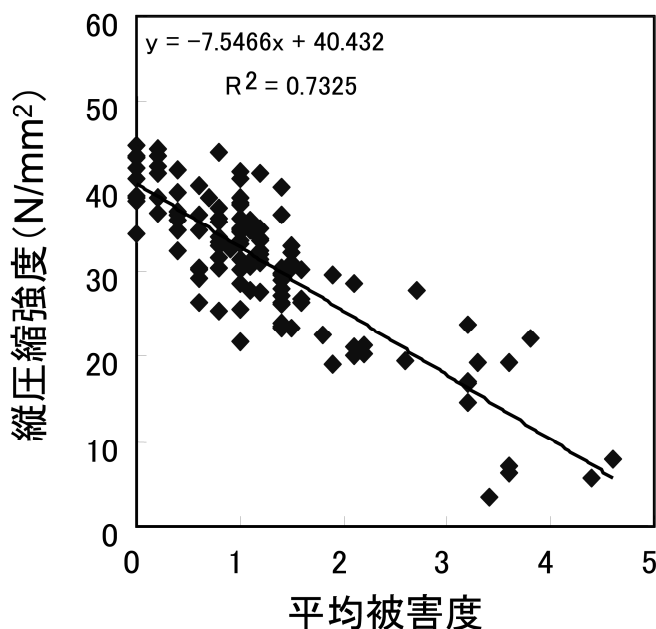


図 5-1-5 平均被害度と縦圧縮強度との関係
外層ラミナ:ベイマツ心材、内層:スギ心材

非接地暴露で異樹種集成材の耐蟻性を評価した結果を図 5-1-4 に示す。被害度の値はベイマツ心材やホワイトウッドを使用した最下層ラミナが最も高く、次にこれらの樹種を用いた最上層ラミナがそれに続いた。これら外層ラミナに挟まれたスギ材の被害度は最も小さかった。なお、接地暴露の場合も同様の結果であった。これらの結果は、シロアリが最下層のラミナから集成材の加害を開始し徐々に加害範囲を広げるものの、スギ心材を使用した内層ラミナは避け、最上層ラミナを加害することを示唆した。

これらの試験体の内、つくば市試験地およびファンガスセラーで暴露した異樹種集成材の残存強度を縦圧縮試験によって求め、それらの被害度との関係を検討

したところ、概ね被害度が大きい試験体ほど残存強度が落ちるという相関が得られた(図 5-1-5)。

エ 考察

室内耐朽性試験、室内耐蟻性試験の結果、異樹種集成材の外層に使用されるベイマツ心材およびホワイトウッドのラミナの耐朽性・耐蟻性は、スギ心材とスギ辺材の中間程度であることが明らかとなった。また、今回テストしたオビアカ、アラカワ、アヤスギ、ヤブクグリ、トサグロの 5 スギ品種の耐朽性・耐蟻性が、異樹種集成材のラミナに使用しているスギ材の耐朽性・耐蟻性よりも高かったことから、異樹種集成材に使用するスギラミナをより耐朽性・耐蟻性の高いスギ品種とすることで、異樹種集成材の耐朽性・耐蟻性を向上させる可能性があることが示された。

異樹種集成材を用いた暴露試験の結果、垂直設置・水平設置あるいは接地暴露・非接地暴露の別に関わらず、ベイマツ心材やホワイトウッドを使用した外層ラミナの方が、スギ心材を使用した内層ラミナよりも早く腐朽や蟻害を受けることが明らかとなった。

これらのことから、内層ラミナにスギ心材を使用し、外層ラミナにベイマツやホワイトウッドを使用した異樹種集成材は、全てのラミナにベイマツやホワイトウッドを使用して構成した集成材と比較し、より高い耐朽性・耐蟻性を持つことが示唆された。

オ 今後の問題点

今回、室内試験と暴露試験との傾向が等しかったことから、異樹種集成材の耐朽性・耐蟻性を室内耐朽性・耐蟻性の結果から、予測できる可能性があることを示唆した。今後、よりデータを蓄積することで、更に多く樹種に対応できることになる。

カ 要約

異樹種集成材のラミナに使用する材として、スギ、ベイマツ、ホワイトウッドを取り上げ、それらの耐朽性・耐蟻性を室内試験で評価すると共に、これらの樹種を使用した異樹種集成材を暴露試験に供し、その耐久性を評価した。

室内試験の結果、ベイマツ心材、ホワイトウッド材の耐朽性・耐蟻性はスギ辺材とスギ心材の耐朽性・耐蟻性の間にあることが明らかとなった。また、在来品種5種（オビアカ、アラカワ、アヤスギ、ヤブクグリ、トサグロ）の耐朽性・耐蟻性はラミナに使用していたスギ心材よりも高かった。

異樹種集成材の暴露試験の結果、暴露方法、接地方法に関わらず異樹種集成材では外層ラミナから先に劣化していくことが明らかとなった。

残存強度と劣化の程度とを比較したところ、劣化が激しいほど残存強度も低下する傾向にあることが認められた。

キ 引用文献

- 1) 宮武敦、軽部正彦、松永浩史、原田寿郎（2008）新集成材の開発に関する研究の報告、住宅と木材、08-7

（桃原郁夫）

2. ヤング率が異なるスギラミナの寸法変動

ア 研究目的

スギの有効利用のために、低等級のラミナを用いた異等級構成集成材が開発されつつある。異等級構成集成材の場合には、集成材の最外層にヤング係数が高いラミナを用い、内層にはヤング係数が低いラミナを用いることになる。ラミナの品質区分は通常ヤング係数で行われるが、ヤング係数はミクロフィブリル傾角や密度などの影響を受けることが知られているが¹⁾、同時に収縮率にも影響を及ぼす²⁾。したがって、異樹種を複合した集成材の材質に関して、ヤング係数以外の性質にも大きな変動が生じている可能性がある。そこで本研究では、集成材の性質に影響を与える可能性がある因子の一つとしてラミナの寸法安定性を取り上げ、ヤング係数の異なるスギ品

種を用いて板目ラミナを製材し、ラミナ断面の寸法変化率について検討した。

イ 研究方法

【試料と方法】アヤスギ、アラカワ、オビアカ、ヤブクグリのスギ4品種から製材した板目ラミナ（L：1300、R：25、T：110 mm）から、断面が105×21mmで厚さ5mmのラミナ断面試験体を作製した。また、それに隣接した5mm厚の木口薄片から、ラミナ断面中央付近から1枚（二方桎）と端部から2枚の正方形試験体（R:20×T:20 mm）を作製した。それぞれの試験体について飽水から全乾までの断面の寸法変化を測定し、気乾時の寸法を基準に飽水時と全乾時の寸法の差から寸法変化率を求めた。また、製材後及び天然乾燥後に縦振動法によりラミナの動的ヤング係数を測定した。

ウ 結果

（1）丸太ヤング係数

丸太ヤング係数の品種別平均値は、オビアカ 5.6 GPa、アラカワ 5.7 GPa、ヤブクグリ 4.5 GPa、アヤスギ 7.2 GPaであった。

（2）ラミナ断面の寸法変化率

ラミナ断面の寸法変化率と髄からの距離との関係は、ラミナの厚さ方向と幅方向で異なり、厚さ方向の寸法変化率が髄付近で高いのに対して、幅方向では髄付近で低い傾向がみられた（図 5-2-1）。このような変化は、主として髄から約 50mm 程度の範囲で生じ、それより外側の部分ではほぼ一定で、幅方向では約 6%、厚さ方向では約 2%前後であった。髄からの距離が約 50mm より外側のラミナでは、厚さ方向の寸法変化率に品種間で差が認められたが、幅方向の寸法変化率には有意な差は認められなかった。

（3）正方形試験体の寸法変化率

二方桎の試験体の寸法変化率は、接線方向が約 8%、半径方向が約 4%で、接線方向の寸法変化率には髄からの距離による変化傾向は認められなかった（図 5-2-2）。また、半径方向の寸法変化率には、品種によって平均値に差が認められた。正方形試験体の寸法変化率は、ラミナ断面内の試験体採取位置によって異なった。ラミナ端部の寸法変化率は、ラミナ断面の変化傾向（図 5-2-1）とほぼ同様の傾向を示した。

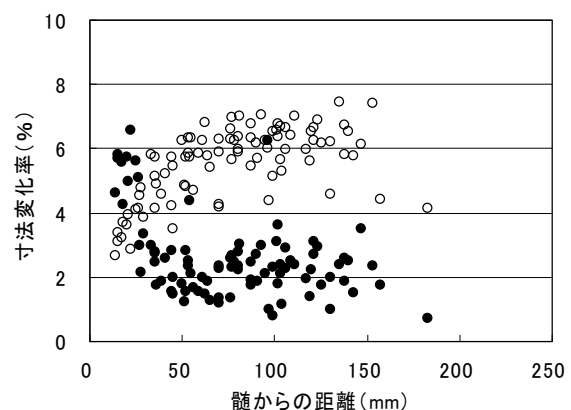


図 5-2-1 ラミナ横断面における寸法変化

●：厚さ方向、○：幅方向

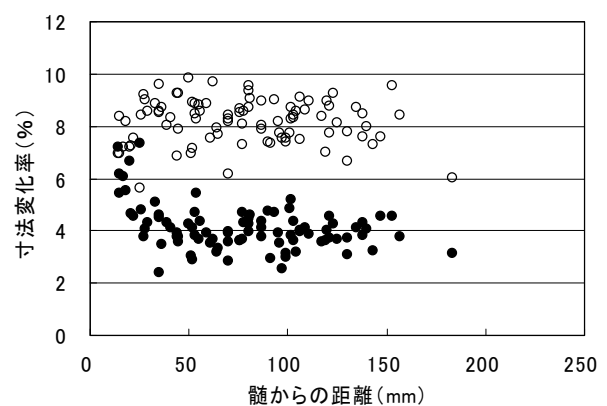


図 5-2-2 正方形試験体における寸法変化

(4) 寸法変化率の推定

ラミナの髄からの距離 (d)、ラミナの幅 (w) 及び正方形試験体 (B) の寸法変化率 (DC_r, DC_l) から、ラミナ端部の幅方向の寸法変化率 (DC_{ac}) を計算し、さらに DC_l と DC_{ac} からラミナ幅方向の寸法変化率を推定した。

$$DC_{ac} = \frac{0.87 \times DC_t \times \left(\sqrt{d^2 + \frac{W^2}{4}} - \frac{W}{2} \right) + DC_r \times \frac{W}{2}}{\sqrt{d^2 + \frac{W^2}{4}}} \quad \text{式 1}$$

$$DC_w = \frac{0.87 \times DC_t \times \left(\sqrt{d^2 + \frac{W^2}{4}} - \frac{W}{2} \right) + DC_{ac} \times \frac{W}{2}}{\sqrt{d^2 + \frac{W^2}{4}}} \quad \text{式 2}$$

式1及び式2により求めたラミナ幅方向の寸法変化率の推定値は、実測値とよい相関関係を示し、当てはまりがよかった (図 5-2-3)。

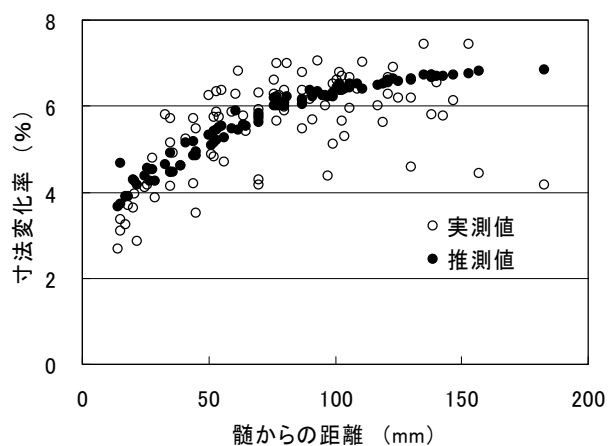


図 5-2-3 ラミナ幅方向の寸法変化率の実測値及び推定値

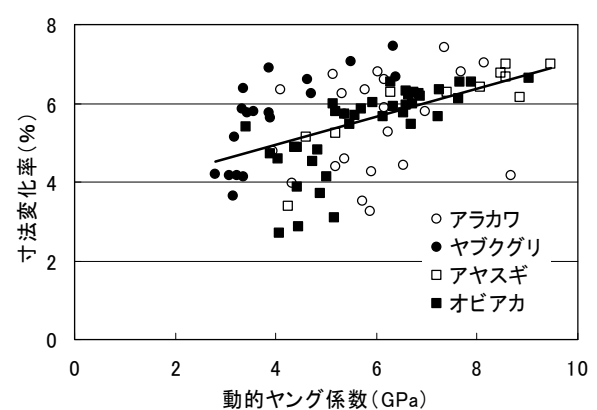


図 5-2-4 ラミナのヤング係数と幅方向の寸法変化率の関係

(5) 寸法変化率とヤング係数の関係

気乾ラミナのヤング係数と幅方向の寸法変化率との間には正の関係がみとめられ (図 5-2-4)、ヤング係数が高いラミナは寸法変化率大きい傾向があり、品種別に見た場合にこの傾向はさらに顕著になった。一方で、ヤング係数と厚さ方向の寸法変化率との間には有意な関係は認められなかった。

エ 考察

ラミナの寸法変化率は、ラミナの採材位置と深い関係にあり、髄からの距離が 50 mm 程度までの変化をみると、厚さ方向の寸法変化率は減少し、幅方向の寸法変化率は増加した (図 5-2-1)。

一方、ラミナ中央部の正方形試験体では、ラミナ幅方向の寸法変化率は髄からの距離によってほとんど変化せず、ラミナ端部の正方形試験体ではラミナ断面試験体と同様の变化傾向がみられた。このことから、ラミナ幅方向の寸法変化は、ラミナ端部の影響を強く受けると考えられる。

ラミナ幅方向の寸法変化率の品種別平均値に有意な差は認められなかったことから調査した4品種間では品種による違いはないと考えられる。一方で、ラミナの動的ヤング係数とラミナ幅方向の寸法変化率との間には有意な相関が認められた。これは髄周辺ではヤング係数と寸法変化率がともに小さく、外周部では両者がともに大きいことによると考えられるが、両者はマイクロフィブリル傾角を介して間接的な関係にあることから、ラミナのヤング係数を寸法変化率の目安として用いることができると考えられる。

オ 今後の問題点

本研究では、ヤング係数が低いとされている品種を中心にラミナ断面の寸法変化率を測定し、それとヤング係数などとの関係を解析した。本研究の結果により、ヤング係数とラミナ幅方向の寸法変化率との間に正の相関関係があることが明らかになり、ラミナのヤング係数を寸法変化の目安として用いることができるとした。また、調査した4品種間ではラミナ幅方向の寸法変化率に差はないという結果が得られている。しかし、スギの材質は品種によって大きく異なることから、さらに異なる材質をもつ品種を対象にした精査が必要である。

カ 要約

スギの有効利用のために、異等級構成集成材が開発されつつあるが、このような異等級構成集成材の場合、ラミナのヤング係数以外の性質にも大きな変動が生じている可能性がある。そこで本研究では、集成材の性質に影響を与える可能性がある因子の一つとしてラミナの寸法安定性を取り上げ、ヤング係数の異なるスギの板目ラミナを用いてラミナ断面の寸法変化率について検討した。

アヤスギ、アラカワ、オビアカ、ヤブクグリのスギ4品種から製材した板目ラミナ(L:1300、R:25、T:110 mm)から、断面が105×21mmで厚さ5mmのラミナ断面試験体を作製した。また、それに隣接した5mm厚の木口薄片から、ラミナ断面中央付近から1枚(二方桁)と端部から2枚の正方形試験体(R:20×T:20 mm)を作製した。それぞれの試験体について飽水から全乾までの断面の寸法変化を測定し、気乾時の寸法を基準に飽水時と全乾時の寸法の差から寸法変化率を求めた。また、製材後及び天然乾燥後に縦振動法によりラミナの動的ヤング係数を測定した。

ラミナ断面の寸法変化率と髄からの距離との関係は、ラミナの厚さ方向と幅方向で異なり、厚さ方向の寸法変化率が髄付近で高いのに対して、幅方向では髄付近で低い傾向がみられた。このような変化は、主として髄から約50mm程度の範囲で生じ、それより外側の部分ではほぼ一定で、幅方向では約6%、厚さ方向では約2%前後であった。髄からの距離が約50mmより外側のラミナでは、厚さ方向の寸法変化率に品種間で差が認められたが、幅方向の寸法変化率には有意な差は認められなかった。二方桁の試験体の寸法変化率は、接線方向が約8%、半径方向が約4%で、接線方向の寸法変化率には髄からの距離による変化傾向は認められなかった。また、半径方向の寸法変化率には、品種によって平均値に差が認められた。気乾ラミナのヤング係数と幅方向の寸法変化率との間には正の関係がみとめられ、ヤング係数が高いラミナは寸法変化率が大きい傾向

があり、品種別に見た場合にこの傾向はさらに顕著になった。一方で、ヤング係数と厚さ方向の寸法変化率との間には有意な関係は認められなかった。

キ 引用文献

- 1) 平川泰彦、山下香菜、中田了五、藤澤義武：スギ丸太のヤング率の変動に関わる晩材仮道管 S2 層のマイクロフィブリル傾角と密度の影響，木材学会誌，43(9)，717-724（1997）
- 2) 山下香菜、平川泰彦、池田元吉：アヤスギ等スギ品種の収縮率，マイクロフィブリル傾角および年輪構造の樹幹内変動，第 54 回日本木材学会大会研究発表要旨集，71（2004）

（藤原 健）

3. 異樹種複合集成材断面における寸法変化

ア 研究目的

スギを主力とする国産材の用途として異樹種複合集成材は有望であると考えられる。異樹種複合集成材は、強い圧縮または引っ張り応力がかかる外層ラミナに、ヤング係数が高いベイマツなどの樹種を用い、内層や中間層にはヤング係数によって区分したスギラミナを用いたもので、強度性能を維持しながらもこれまで利用できなかった低ヤング係数のスギラミナを使用することができるようになった^{1), 2)}。一方で、異樹種複合集成材では、外層のラミナと内層のラミナとで樹種が異なることから、ラミナ間で材質が大きく異なる可能性があり、この材質差が性能に影響する可能性がある。本研究では、性能に影響する材質の一つとして、膨潤・収縮挙動の違いについて注目した。集成材や LVL 等複合材料の膨潤及び収縮については、主として接着性能との関係で多くの研究^{3), 4)}がある。しかしながら、異樹種複合した場合の膨潤時の変位量に関する研究は、棕代^{5,6)}などの報告以外にほとんど見あたらない。棕代は、ミズナラを外層、エゾマツを内層として積層した集成材を膨潤させたときに生じるエゾマツ材の内部応力の変化を検討している。また、村田ら（2004）⁷⁾は、異樹種複合 LVL について膨潤時の歪みの変化を検討している。柱材などの通常の使用状態では、木材の内部の含水率変化は周縁部よりも小さくなることが知られており⁸⁾、集成材でも同様であることを想定すると集成材内部と周縁部が同時に膨潤・収縮することはないと考えられるが、本研究ではラミナの外層と内層がほぼ同時に膨潤・収縮する場合に、最も大きな断面の変化が生じると考えて、その場合における集成材断面及びラミナ断面の寸法変化について検討した。積層方向（ラミナの厚さ方向）の膨潤については、作野と後藤が積層数、接着剤の種類の影響を受けることを明らかにしている⁹⁾。このため研究では、ラミナの積層による寸法変化の抑制をラミナ幅方向の寸法変化について検討した。

イ 研究方法

（1）試験体

外層にベイマツ [*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco] またはホワイトウッド (*Picea* sp.)、中間層及び内層にスギ (*Cryptomeria japonica* D.Don) を用いた 5 層積層集成材を用いた（断面 105 × 105 mm）。これらの集成材は、等厚ラミナをレゾルシノール樹脂系接着剤を使用して積層した

もので、外層のベイマツ及びホワイトウッドはそれぞれ L160、L125、中間層のスギは L70、内層のスギは L50 のものが用いられている。ラミナの気乾密度（含水率約 13%）の平均値は、それぞれベイマツ 0.623 g/cm³、ホワイトウッド 0.492 g/cm³、中間層のスギ 0.412 g/cm³、内層のスギ 0.390 g/cm³ であった。集成材から、5mm 厚さの木口薄片を連続して 2 枚作製し、一方をそのまま集成材断面試験体とし、他方は接着層にそってラミナを切削分離し、ラミナ断面試験体とした。集成材断面試験体、ラミナ断面試験体の周縁を回転鉋盤で平滑に仕上げた。

(2) 測定方法

集成材断面試験体の木口面に集成材を構成する各ラミナの中心及び、ラミナ境界部の接着層に沿った測線をそれぞれ設定した。ラミナ断面試験体には、集成材断面試験体と同様に中央部に幅方向の測線を設定した。試験体作製時の質量及び幅方向の寸法、厚さ方向の寸法を測定し、それを初期値とした（含水率 12.98±0.18%）。また、膨潤時及び全乾時について、試験体の質量及び幅方向の測線の長さを測定した。寸法測定は、デジタルノギス（ミットヨ、Absolute Digimatic CD-15C）を用いて 1/100 mm 単位で読みとり、質量は電子天秤（メトラートレド、PR503D）を用いて 1/1000 g 単位で測定した。寸法変化率（DC）は、初期値からの変化率で示し（式 3）、飽水時の寸法と全乾時の寸法の差から求めた。

$$DC = \frac{d_w - d_0}{d_i} \times 100 \quad \text{式 3}$$

ここで、 d_w は飽水時、 d_0 は全乾時、 d_i は初期状態での測線の長さである。

ウ 結果、エ 考察

(1) ラミナ断面試験体の寸法変化率

分離したラミナ断面の寸法変化率を樹種別の平均値と比較すると、ベイマツが 8.0%、ホワイトウッドが 7.9%、スギが 4.5% で、ベイマツとホワイトウッドがほぼ等しく、スギはそれらより小さな値となった。スギの中でも、中間層のラミナと内層のラミナでは寸法変化率が異なり、中間層では 4.7% であったのに対して、内層は 4.1% で、ラミナ断面の寸法変化率は、外層のベイマツ及びホワイトウッドで大きく、次いで中間層のスギ、内層のスギの順に小さくなった（図 5-3-1）。また、中間層及び内層のスギラミナ断面の寸法変化率は、外層がベイマツのものとホワイトウッドのものとではほとんど差がみられず、外層の樹種によらず中間層及び内層のスギラミナは寸法変化に関してはそれぞれほぼ同等のものであると考えられた。

(2) 集成材断面試験体及び接着層の寸法変化率

集成材断面試験体においてラミナごとに測定した寸法変化率は、外層がベイマツの集成材においては、外層が 7.0%、中間層が 5.3%、内層が 4.8% で、外層がホワイトウッドの集成材では、外層が 6.6%、中間層が 4.8%、内層が 4.5% であった（図 5-3-2）。それぞれの集成材断面における層別の寸法変化率の順位は、図 5-3-1 に示したラミナの寸法変化率と同様の順位であった。ただし、ラミナ断面において最も寸法変化率が大きかった外層と最も寸法変化率が小さかった内層との差は、ラミナ断面において 3.7%（ホワイトウッドスギ）と 3.9%（ベイマツスギ）であったが、集成材断面においてはそれぞれ 1.6% と 2.6% と小さくなった。このように集成材断面における寸法変化率の層間の差は小さくなったが、これは集成材断面の外層はラミナ断面よりも小さ

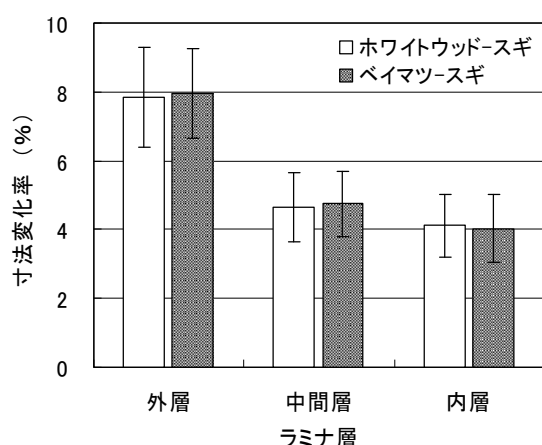


図 5-3-2 分離ラミナにおける寸法変化率

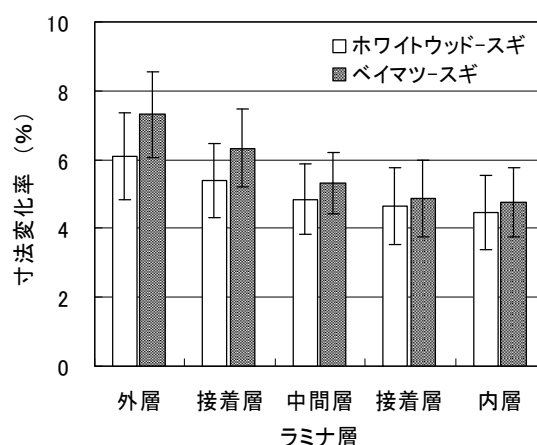


図 5-3-3 集成材断面における寸法変化率

く、集成材断面の中間層と内層では逆にそれぞれのラミナ断面よりも大きくなったことによる(図 5-3-3)。ここで、接着層の変化を外層と中間層及び中間層と内層との間の接着層に分けて比較してみると、外層と中間層との接着層ではベイマツスギ集成材で 6.3%、ホワイトウツドスギ集成材で 5.4%であったのに対し、中間層と内層との接着層ではそれぞれ 4.9%及び 4.6%となり、外層と中間層との接着層の方が大きい値を示した(図 5-3-2)。さらに、接着層の寸法変化率は、その接着層により接着されたラミナ 2 層の寸法変化率のほぼ中間の値もしくは 2 層のうちの寸法変化率が小さいラミナよりもやや大きな値となった。このことは、接着層の収縮・膨潤は、接着層をはさむラミナ 2 層の寸法変化の影響を受けることを示すと考えられる。

(3) 集成による寸法変化抑制効果

前述したように、集成材断面における各ラミナの寸法変化は、最も寸法変化が大きい外層ではラミナ断面に比べて小さくなり、最も寸法変化が小さい内層ではラミナ断面に比べて大きくなった(図 5-3-4)。結果として、集成材断面におけるラミナ間の寸法変化率の差は縮小し、ラミナ断面の場合に比べて均一化されたといえる。しかし、集成材断面と分離ラミナとの寸法変化の抑制効果は、外層がベイマツのものとホワイトウツドのものとでは異なった。すなわち、外層がベイマツの集成材断面では、ベイマツラミナの寸法変化の減少量が小さく、中間層及び内層スギラミナの寸法変化の増加量が大きいのに対して、外層がホワイトウツドの集成材断面ではホワイトウツドラミナの寸法変化の減少量が大きく、スギラミナの増加量が小さくなっていた。結果として、外層がベイマツの集成材では、接着層を含むすべての層で外層がホワイトウツドの

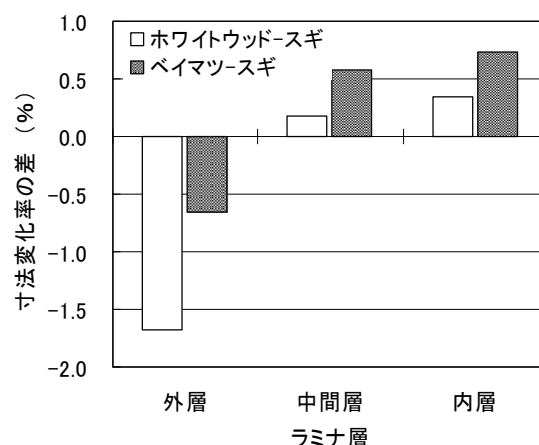


図 5-3-4 集成材断面における寸法変化率と分離ラミナにおける寸法変化率の差

集成材の相当する層に比べて寸法変化が大きくなった。つまり、外層のホワイトウッドの寸法変化は、中間層及び内層のスギによって拘束されてラミナ単体の場合よりも小さくなるが、ベイマツの場合には外層の寸法変化の抑制は小さく、逆に中間層と内層が外層に追従するように大きく寸法変化することになる。集成材断面における膨潤・収縮は外層材の樹種によって異なると考えられ、外層ラミナのホワイトウッドとベイマツの寸法変化率は、ラミナ単体ではそれぞれ 7.9% と 8.0% でほとんど差がないため (図 5-3-1)、外層ラミナの寸法変化の大小そのものが影響した可能性は低いと考えられる。ここで、中間層について外層側接着層と内層側接着層における寸法変化率の分離したラミナとの差をみると、外層がベイマツのものでは内層側接着層においても変位が大きくなっており、外層の変位が内層にまで及んでいるのに対し、外層がホワイトウッドのものでは内層側接着層では変位の変化がなかった。このことは、寸法の変化が最も大きい外層の寸法変化が隣接する層に及ぼす影響がベイマツとホワイトウッドで異なることによると考えられる。

オ 今後の問題点

外層がベイマツの集成材断面では、外層の寸法変化の抑制がホワイトウッドに比べて小さく、中間層と内層の寸法変化が増加するという結果を示した。この結果は、ベイマツラミナとホワイトウッドラミナの収縮率によらないと考えられることから、寸法変化にともなう内部応力が関与していると考えられ、集成材断面の膨潤時及び乾燥時の応力分布を詳細に解析する必要があると考えられる。本研究で実施した実験は、集成材が実際に使用される環境やその環境下での集成材内の含水率分布の変化などを反映したものではなく、同調的に変化させた場合における集成材の寸法変化について扱った。このため、周縁部と内部で含水率が異なる実大材での寸法変化と異なっている可能性がある。異樹種複合集成材の相対湿度の変化にともなう膨潤収縮挙動を考慮する場合には、繊維飽和点以下の含水率域での各ラミナ層の変位をとらえる新技術を開発する必要がある。

カ 要約

気乾状態から飽水状態、全乾状態にまで極端に含水率を変化させることによって、異樹種複合集成材断面の寸法変化を求めた。ベイマツまたはホワイトウッドを表層に用いた 5 層積層集成材では、ベイマツ及びホワイトウッドラミナの幅方向の寸法変化が大きいことを反映して、表層の寸法変化が大きかったが、積層することによってラミナの寸法変化よりも小さくなったことから、集成材では寸法変化が抑制されたと言える。一方、中間層および内層ではラミナよりも寸法変化が大きくなっており、結果として層間の寸法変化の差が小さくなっていた。したがって、積層集成することによって寸法変化が抑制されることになるが、このとき接着層はラミナに追従して変化するため、異樹種複合集成材ではラミナ相互の拘束により寸法変化が抑制されることが考えられる。また、集成材断面の寸法変化は、外層がベイマツのものとホワイトウッドのものとでは違いがあった。外層がベイマツの集成材断面では、外層の寸法変化の抑制がホワイトウッドに比べて小さく、中間層と内層の寸法変化が増加するという結果を示した。

キ 引用文献

- 1) 宮武 敦：Journal of Timber Engineering、19(6)、162-167 (2006)
- 2) 農林水産省：平成 19 年 9 月 25 日農林水産省告示第 1152 号 (2007)
- 3) 本谷由紀、中野隆人、長谷川 祐、平林 靖：木材学会誌、42、140-148 (1996)
- 4) 本谷由紀、中野隆人：北海道林産試験場報、11(5)、1-11 (1997)
- 5) 棕代純輔：林試研報、No.176、107-134 (1965)
- 6) 棕代純輔：京都府大学術報告 農学、No.35、100-107 (1983)
- 7) 村田功二、増田 稔、横尾國次：木材学会誌、50、294-300 (2004)
- 8) 森林総合研究所監修：木材工業ハンドブック 改訂第 4 版、p.115 (2004)
- 9) 作野友康、後藤輝男：鳥大農研報、35、34-41 (1983)

謝辞

スギ在来品種試験体の入手については、森林総合研究所林木育種センター 藤澤義武氏に、また野外耐蟻性試験では山口大学農学部竹松葉子准教授ならびに研究室の皆様にお世話になりました。ここに記して謝意を表します。

(藤原 健)

第6章 新集成材の接着技術の高度化とその評価

1 集成材用ひき板の乾燥技術と接着性能

ア はじめに

国内において蓄積量が増加しているスギ材の需要拡大を図る方策のひとつとして、ベイマツ等の異樹種との集成加工により、スギ材だけでは得られない特性を持った新しい一般住宅向け構造用集成材の生産が試みられている。スギおよびベイマツ板材の乾燥方法は一般製材品を想定した報告はあるが¹⁻⁴⁾、集成材生産に必要なラミナ接着工程を考慮した報告はなかった。ここでは、スギとベイマツを集成材原料として用いる場合に想定される適切な含水率管理を乾燥工場で一般的に行えるようにするため、乾燥試験により乾燥工程の検討を行った。

イ 研究方法

(1) 試験材による乾燥性能試験

試験に用いた材料はスギおよびベイマツである。これらは、現在民間企業で実際に集成材用ラミナとして扱われている。乾燥性能試験では、それぞれ50本を1ロットとし4m材および3m材を用いた。両樹種ともに製材幅は135mm、製材厚は35mmであった。これらは最終加工工程により4層の105mm正角集成材製品を想定した生材原板である。

試験材は、長さ4m材のスギ1ロット（以下s1とする）、同じくベイマツ1ロット（以下d1とする）および長さ3m材のスギ1ロット（以下s2とする）、同じくベイマツ1ロット（以下d2とする）であった。それぞれのロットから、エンドマッチするように材長900mmの試験材を採取した。また、各試験材の間から含水率試験片、材長の間部分からは密度試験片を採取した。乾燥試験時には両木口をシリコンコーキング剤でシーリングした。

乾燥温度範囲や天然乾燥との組み合わせは、国内の乾燥工場で応用可能な範囲とし、以下のような6項目にした。

試験①：天然乾燥と人工乾燥（温度域50-70℃）の組み合わせ、最終調湿処理、ロットs1、d1

試験②：人工乾燥（温度域50-70℃）、最終調湿処理ロットs1、d1

試験③：人工乾燥（温度域50-70℃）、最終調湿処理なし、ロットs1、d1

試験④：人工乾燥（温度域70-80℃）、最終調湿処理ロットs2、d2

試験⑤：人工乾燥（温度域85-95℃）、最終調湿処理、ロットs2、d2

試験⑥：人工乾燥（温度120℃一定）、最終調湿処理ロットs1、d1

乾燥人工乾燥スケジュールは文献¹⁻⁵⁾を参考にして作成した。

目標含水率は、試験③を除き人工乾燥最終段階の調湿処理によって、接着加工に適した含水率範囲⁶⁻⁷⁾である8~12%に設定した。人工乾燥装置は蒸気加熱式（SKIF10LPT）を用いた。乾燥性能の評価は、乾燥時間や収縮率の測定値から行った。

(2) 実大材による乾燥試験

実大試験として乾燥試験に用いた材料は、両樹種ともに民間企業で実際に集成材用ラミナ材として扱われている材とした。製材厚はスギ材が36mm、ベイマツ材が38mm、製材幅は135mmであった。これは乾燥後の最終加工により4層の105mm正角の集成材製品を想定したものである。

試験材長は 3000mm とした。乾燥試験は、スギとベイマツそれぞれ試験体数 50 枚について、

試験⑦：天然乾燥と人工乾燥（温度域 70-80℃）の組み合わせ、最終調湿処理

試験⑧：人工乾燥（温度域 70-80℃）、最終調湿処理

以上の 2 条件で行った。目標含水率は人工乾燥最終段階の調湿処理によって 8～12% に設定した。人工乾燥時の栈木間隔は 500mm とし、栈積み上部には死荷重を載せ、栈木による圧縮力を $0.5\text{kg}/\text{cm}^2$ とした。人工乾燥装置は蒸気加熱式（SKIF10LPT）を用いた。乾燥性は、乾燥時間、仕上がり含水率、収縮率、そり等の測定値から評価した。

ウ 結果

（1）試験材の材質

気乾密度は、スギ $0.38\text{ g}/\text{cm}^3$ （標準偏差（ 1σ ）=0.05、 $n=100$ ）、ベイマツ $0.52\text{ g}/\text{cm}^3$ （標準偏差（ 1σ ）=0.06、 $n=100$ ）であった。乾燥性能試験に用いた試験材の含水率は、材長中間部分で、スギの場合は平均 88%（標準偏差（ 1σ ）=40.2%、 $n=100$ ）で、図 6-1-1 に見られるように含水率が 33% から 205% と広い範囲に存在した。また、ベイマツの初期含水率は平均 42%、（標準偏差（ 1σ ）=15.5%、 $n=100$ ）で範囲は 26% から 106% であった。一方、実大材の乾燥試験に用いた材の初期含水率は、スギの場合は平均 95%（標準偏差（ 1σ ）=40.5%、 $n=100$ ）、範囲は 33% から 167% であった。ベイマツの初期含水率は平均 59%、（標準偏差（ 1σ ）=18.7%、 $n=100$ ）で範囲は 30% から 111% であった。

（2）乾燥時間

乾燥性能試験における乾燥時間は、スギ材の場合は、表 6-1-1 に示すように、試験①では、天然乾燥期間 40 日で含水率 15～30% の範囲、3 ヶ月後には 15-20% の範囲に収まり、人工乾燥・調湿処理に 3 日。試験②では乾燥処理 7 日、調湿処理に 3 日、試験③では乾燥処理のみで 7 日、試験④では乾燥処理 5 日、調湿処理に 3 日、試験⑤では乾燥処理 3 日、調湿処理に 3 日、試験⑥では乾燥時間 2 日、調湿処理 3 日であった。ベイマツの場合は表 6-1-2 に示すように、試験①では天然乾燥期間 20 日で含水率 20-30% の範囲に収まり、45 日後には 15-20% の範囲になった。その後、人工乾燥・調湿処理を合わせて 3 日であった。また、試験②では乾燥処理 5 日と調湿処理 3 日、試験③では乾燥処理 7 日、試験④では乾燥処理 2 日、調湿処理に 3 日、試験⑤では乾燥処理 2 日、調湿処理に 3 日、試験⑥では乾燥時間 1 日、調湿処理 3 日であった。調湿処理を行わない

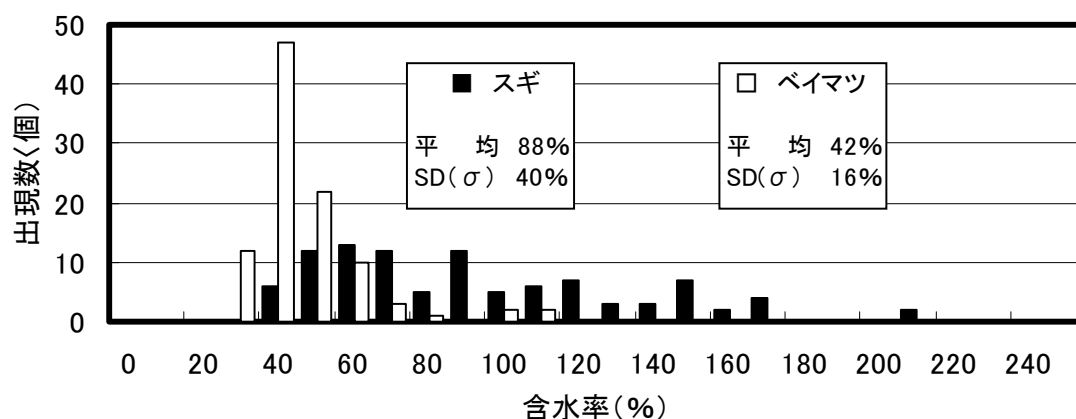


図 6-1-1 スギおよびベイマツの初期含水率

試験を除いて、最終的な含水率は 8～12%の間に収まった。調湿処理において、含水率を確かめる乾燥室内のサンプル材の重量はスギ、ベイマツともに 1 日目以後大きく変化がなかった。

実大材乾燥試験の結果は表 6-1-3 および表 6-1-4 の通りである。乾燥時間は、スギの場合、乾燥処理に 5 日、調湿処理 1 日を行った結果、平均含水率は 12.3% (標準偏差 $1\sigma = 3.3\%$) となった。これは、初期含水率の高い桎目材が乾燥後含水率 20%以上含まれていたためである。ベイマツの場合、乾燥処理 4 日、調湿処理 1 日で行った結果、平均含水率は 9.6% (標準偏差 $1\sigma = 0.6\%$) となった。また、天然乾燥と人工乾燥を組み合わせた試験では、スギの場合は天然乾燥を 48 日間行った結果、ロット全体の含水率は 30%以下に収まり、平均含水率は 17.9% (標準偏差 (1σ) = 2.8%) であった。その後直ちに人工乾燥を調湿処理も含めて 3 日間行ったところ最終の含水率は 10.7 (標準偏差 (1σ) = 0.9%) であった。ベイマツに関しては天然乾燥を 41 日間行った。天然乾燥後のロット全体の含水率は 20%以下に収まり、平均含水率は 13.2% (標準偏差 (1σ) = 1.6%) であった。その後直ちに人工乾燥を調湿処理も含めて 3 日間行った。最終的な平均含水率は 10.6% (標準偏差 (1σ) = 0.8%) であった。

(3) 収縮率および欠点発生

乾燥性能試験における、スギの幅方向と厚さ方向の (木目は混材) 収縮率と標準偏差の値を表 6-1-1 に示す。天然乾燥処理を組み合わせた試験①の値が小さく、最終仕上りの収縮率は幅方向の平均が 2.7% (標準偏差 (1σ) = 0.8%)、厚さ方向の平均が 2.8% (標準偏差 (1σ) = 1.0%) であった。ベイマツに関しても、同じく表 6-1-2 にみられるように、試験①において幅方向の収縮率の値が 4.3% (標準偏差 (1σ) = 0.7%)、であり、厚さ方向の平均が 2.8% (標準偏差 (1σ) = 1.3%) であった。

実大試験における幅方向と厚さ方向の (木目は混材) 収縮率と標準偏差の値を表 6-1-3 と表 6-1-4 に示す。人工乾燥処理の場合、幅方向の平均収縮率はスギが 3.1% (標準偏差 (1σ) = 0.93%)、ベイマツは 5.2% (標準偏差 (1σ) SD (σ) = 0.73%) であった。厚さ方向の平均収縮率はスギが 2.9% (標準偏差 (1σ) = 1.47%)、ベイマツは 3.2% (標準偏差 (1σ) = 1.1%) であった。天然乾燥と人工乾燥処理を組み合わせた場合、幅方向の平均収縮率はスギが 2.51% (標準偏差 (1σ) = 1.03%)、ベイマツは 4.04% (標準偏差 (1σ) SD (σ) = 0.77%) であった。厚さ方向の平均収縮率はスギが 2.9% (標準偏差 (1σ) SD (σ) = 1.47%)、ベイマツは 2.88% (標準偏差 (1σ) SD (σ) = 1.23%) であった。

割れに関しては乾燥性能試験および実大試験に共通して、つぎのとおりである。天然乾燥においてはベイマツに表面割れがみられたが、人工乾燥後の 2 次加工の段階で削り取られると考えられる程度で、加工上の問題はほとんどないと思われる程度であった。人工乾燥試験では、100℃以下の乾燥温度域については、いずれの試験でも著しい表面割れ等の欠点は発生しなかった。

乾燥性能試験で行った 120℃の乾燥処理 (⑥の条件) では、乾燥後の仕上がり状態は、スギの場合は 1 割ほどに内部割れが発生し、その他、板目材の幅反り、断面の変形が観察された。ベイマツの場合は板目材の幅反りや断面の変形が観察された。

くるいに関しては実大材の試験の結果、クルック最大矢高は、長さ 3000mm の材長に対して、スギは全試験体数の 90%が 12mm 以内、ベイマツは 100%が 8mm 以内であった。カップ最大矢高は、幅 135mm に対して、スギは全試験体数の 96%が 5mm 以下、ベイマツは 100%が 3mm 以下であった。

表 6-1-1 スギ材の乾燥性能試

乾燥条件	乾燥時間		含水率				収縮率			
	天然乾燥 (日)	人工乾燥 (日)	初期 (%)	標準偏差 (σ)(%)	処理後 (%)	標準偏差 (σ)(%)	幅方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)	厚さ方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)
①天然乾燥	90	-	81.9	36.1	17.0	1.3	1.68	0.61	1.82	0.80
+人乾(50-70℃)+調湿	-	3	17.0	1.3	10.0	0.5	2.69	0.84	2.83	1.03
②人工乾燥(50-70℃)+調湿	-	10	88.0	40.2	10.6	0.5	3.32	0.83	3.31	0.77
③人工乾燥(50-70℃)+調湿なし	-	7	90.7	44.6	10.4	2.7	3.39	0.91	3.87	0.79
④人工乾燥(70-80℃)+調湿	-	8	84.0	36.7	11.8	2.2	3.42	0.78	3.64	0.81
⑤人工乾燥(85-95℃)+調湿	-	6	86.3	38.2	11.2	2.0	3.49	0.77	3.78	0.79
⑥人工乾燥(120℃)+調湿	-	5	92.7	49.4	7.7	0.4	3.57	0.74	3.10	0.79

表 6-1-2 ベイマツ材の乾燥性能試験結果

乾燥条件	乾燥時間		含水率				収縮率			
	天然乾燥 (日)	人工乾燥 (日)	初期 (%)	標準偏差 (σ)(%)	処理後 (%)	標準偏差 (σ)(%)	幅方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)	厚さ方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)
①天然乾燥	90	-	38.9	15.1	14.5	1.2	3.14	0.61	2.27	1.55
+人乾(50-70℃)+調湿	-	3	14.5	1.2	9.7	0.5	4.27	0.73	2.84	1.33
②人工乾燥(50-70℃)+調湿	-	8	41.5	15.5	9.7	0.4	4.63	0.93	3.63	0.95
③人工乾燥(50-70℃)+調湿なし	-	7	38.8	9.9	8.5	0.8	4.83	0.94	3.77	1.47
④人工乾燥(70-80℃)+調湿	-	5	52.0	24.8	10.5	0.7	4.27	0.76	3.04	1.20
⑤人工乾燥(85-95℃)+調湿	-	5	48.0	22.3	10.1	0.8	4.56	0.82	3.12	1.34
⑥人工乾燥(120℃)+調湿	-	4	42.7	13.7	8.4	0.6	4.45	1.02	2.90	1.24

表 6-1-3 スギ材の実大乾燥試験結

乾燥条件	乾燥時間		含水率				収縮率			
	天然乾燥 (日)	人工乾燥 (日)	初期 (%)	標準偏差 (σ)(%)	処理後 (%)	標準偏差 (σ)(%)	幅方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)	厚さ方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)
⑦天然乾燥+	48	-	77.7	36.0	17.9	2.8	1.50	0.57	1.42	0.84
人工乾燥(70-80℃)+調湿	-	3	17.9	2.8	10.7	0.9	2.53	0.64	2.51	1.03
⑧人工乾燥(70-80℃)+調湿	-	6	95.0	40.5	12.3	3.3	3.11	0.93	2.86	1.47

表 6-1-4 ベイマツ材の実大乾燥試験結

乾燥条件	乾燥時間		含水率				収縮率			
	天然乾燥 (日)	人工乾燥 (日)	初期 (%)	標準偏差 (σ)(%)	処理後 (%)	標準偏差 (σ)(%)	幅方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)	厚さ方向 (%)	標準偏差 (σ)(%)
⑦天然乾燥+	41	-	46.1	21.0	13.2	1.6	3.40	0.97	2.72	1.01
人工乾燥(70-80℃)+調湿	-	3	13.2	1.6	10.6	0.8	4.04	0.77	2.88	1.23
⑧人工乾燥(70-80℃)+調湿	-	5	58.9	18.7	9.6	0.6	5.18	0.73	3.21	1.14

エ 考察

今回試験に用いたスギならびにベイマツの密度および初期含水率の値は、一般的に認識されている数値であった。従って、この一連の試験結果は生産現場に応用することが可能と思われた。

人工乾燥時間は、乾燥温度が高いほど表 6-1-1 および表 6-1-2 にみられるように短縮される。ただし、乾燥原板としては、エネルギー消費、歩止まり、後の工程、そして最終製品等を考慮する必要があると思われる。

収縮率に関しては、一般的に同じ木目であれば乾燥温度が高いほど収縮率は大きくなる傾向があり⁸⁾、今回の結果からも、乾燥温度 120℃を除いて、その傾向が見られた。120℃の収縮率の結

果の理由としては、急激な乾燥によるドライイングセット⁹⁻¹⁰⁾によって収縮が抑えられたこと、あるいは、最終的に断面の変形が大きかったことから、収縮分の応力が変形に変換されたと思われる。この乾燥時間を短縮するために行った 120℃の乾燥仕上がり状態は、断面変形が大きく、一部内部割れの発生もみられたことからプレーナ等の仕上げ加工の工程に影響すると思われる。

最終加工を行う場合、収縮率は平均値よりも全体数に対する安全率の値を考慮すると思われる。今回の試験では、全体数の 90%が含まれる幅方向の収縮率は、スギの場合 4.4~5.2%であった。また、厚さ方向は 4.9~5.5%であった。寸法に置き換えると、最低製材寸法は幅方向が 111mm、厚さ方向が 28mm であった。ベイマツの場合、幅方向では 4.4~6.5%、厚さ方向では 5.4~6.7% であった。寸法に置き換えると、最低製材寸法は幅方向が 112mm、厚さ方向が 28mm であった。これらの値は工場生産の寸法である幅 135mm、厚さ 35mm に比べて小さい値である。この差の理由は、実大長で乾燥を行うと曲がりやそりが生じるが、その影響を最終プレーナ加工時に削り残しを生じさせない寸法にさせることで、実際の工場では用いられているためと考えられた。

そり等の変形についてはラミナ板の木目や採材位置に影響されると思われる。特に、後の加工工程に影響するものは縦そり（クルック）であり、柾目板にみられた。この縦そりの抑制策としては天然乾燥時あるいは人工乾燥時の栈木幅を 50cm とし、さらに重量物を栈積みの上に載せることが有効と考えられる。

集成加工用乾燥原板では乾燥後に接着工程が入ることから、乾燥原板の含水率管理は 9~12% にすることで後の工程である接着性能を最大限に発揮することができ、高品質の集成加工材が生産可能と考えられる。スギ材の集成加工用原板の生産については、初期含水率の範囲が広いことを認識して乾燥処理を行うことが重要と思われる。今回の試験材でも確認されたことであるが、スギの材質的な特徴として、初期含水率 100%以上の高含水率材が全体の 4 割以上みられ、かつ 50%から 200%以上とその範囲が広い。乾燥性能試験によると、人工乾燥処理のみの場合は、乾燥温度が 50~70℃では乾燥時間が 1 週間を越える。乾燥温度が 70~80℃では乾燥時間が 6 日であり、木材の出し入れ工程を勘案すると 1 週間単位の工程が確立できると考えられる。また、生材状態から人工乾燥を行うと、含水率によって乾燥時間が異なることから生産効率を悪くする一因となると考えられる。さらに、接着工程を考慮すると、たとえ最終調湿処理を行ったとしても接着性能に影響する含水率 20%以上の材が出現する確率が 5%程度出現する可能性が有ると考えられ、製品の品質管理に悪影響を及ぼしかねない。初期含水率の範囲を小さくするためには、同寸法材の場合には重量、あるいは水分量で予め、3 グループ程度に選別して人工乾燥をすることは有効である。もう一方で、予め天然乾燥を行い、あるロットの最高含水率が 30%程度になったときに人工乾燥処理をする方法が有効である。今回の試験でも、一連の試験結果から、天然乾燥処理を 30~40 日行い、その後の人工乾燥時間は、乾燥温度 70~80℃に調湿処理で 3 日という乾燥工程が可能であると考えられた。

ベイマツ材の集成加工用原板の生産については、初期含水率が 100%以上の材には辺材部分が含まれていると認識することが重要と思われる。乾燥性能試験によると、人工乾燥処理のみの場合は、乾燥温度が 50~70℃でも 1 週間以内の乾燥処理が可能である。乾燥温度が 70~80℃では乾燥時間は 4 日であり、スギ材に比べて 3 割増しの効率で処理出来ると考えられた。天然乾燥を組み合わせるとしたら、天然乾燥から人工乾燥に移行する含水率範囲を 20~30%とすると、初期含水率が低いことから、その期間は 20 日程度である。これ以上の長期間の処理は表面割れや変色発

生の危険があると思われる。したがって、ベイマツの場合は製材後、一定の乾燥前待機時間をもって人工乾燥処理を行う事が可能と考えられた。

オ 問題点

一般的に木材製品製造の乾燥工程では生産効率が重要である。具体的に例をあげると、乾燥時間（省エネルギー）、仕上がり含水率、収縮率や割れ狂い等の欠点発生、生産サイクル等を最適にする乾燥技術開発が必要になると考えられる。これは今回の集成加工用ラミナ乾燥原版の生産にとっても同じことが言え、生産効率向上のために今後必要な検討課題であると考えられる。

カ 要約

集成加工用のラミナ板材（材幅 135mm、材厚 35mm、材長 3000～4000mm）の乾燥温度は、乾燥後の収縮や材色や乾燥工程の時間を考慮すると、今回の試験範囲では 70-90℃が適当と考えられた。人工乾燥時間は、調湿処理時間を 1 日とすることで、スギの天然乾燥材で 3 日、ベイマツは人工乾燥処理のみで 5 日で、接着加工に適した含水率範囲である 8～12%にすることが可能と考えられた。

集成材用板材の乾燥工程では、乾燥効率を高めるために初期含水率をそろえることが重要である。その方策として、スギの場合は、第一に、前処理として天然乾燥を 1 ヶ月程度行った後に人工乾燥処理をすること、第二に、生材から人工乾燥処理を行う場合には、初期含水率分布を考慮して、高含水率側 10%数の個体を除くことが考えられる。また、ベイマツの場合は心材部分の初期含水率は比較的低いことや、含水率のバラツキがスギに比べて小さいことから、さらに表面割れや、変色菌等の欠点を防ぐためには、製材後にはできるだけ早く人工乾燥処理をした方が有効と考えられた。

キ 引用文献

- 1) 齋藤周逸：日林関東支部論 47, 137-138 (1995)
- 2) 寺沢真, 筒本卓造：木材の人工乾燥, 日本木材加工技術協会, 106 (1981)
- 3) 林業試験場監修：改定 3 版木材工業ハンドブック, 丸善, 308 (1985)
- 4) 森林総合研究所監修：改定 4 版木材工業ハンドブック, 丸善, 308-309 (2003)
- 5) 齋藤周逸：森林総研交付金プロジェクト研究成果集 vol4, 22-45 (2004)
- 6) 浅野猪久夫編：木材の事典, 朝倉書店, 317 (1982)
- 7) 日本木材加工技術協会編：木材の接着・接着剤, 産調出版, 48-49 (1998)
- 8) 寺沢真：改定増補版 木材乾燥のすべて, 海青社, 174-175 (2004)
- 9) 寺沢真, 筒本卓造：木材の人工乾燥, 日本木材加工技術協会, 15 (1981)
- 10) 森林総合研究所監修：改定 4 版木材工業ハンドブック, 丸善, 275-276 (2003)

(齋藤周逸、宮武敦)

2 新種集成材の接着性能評価

ア 研究目的

従来、集成材では低ヤング係数で低密度のひき板（ラミナ）や節を多く持つラミナは使用できなかったが、これらを利用した新集成材の開発が期待されている。また、ラミナ間で材質が大きく異なる樹種を組合せた異樹種複合集成材や構造用単板積層材（LVL）などの異種材料を組合せた異種材料複合集成材なども考えられている。一般的に接着性能は、接着剤の性能はもとより、接着される物質（被着材）の性質や接着操作の適切度など様々な因子の影響を受けるとされている¹⁾。この一環として、本プロジェクトでは第5章で述べたように、被着材の性質の違いとして水分の吸脱着にともなう寸法変化の差について取り上げ、異樹種複合集成材を対象としてその影響を解明した。新集成材では様々な材料間での接着が想定される中で、接着性能に関する懸念に応える技術を開発することは重要である。しかしながら、全ての材料の組合せに対して適用できる総合的な接着技術を短期間に開発することは困難であり、これらの問題に対しては、まず樹種などの組合せを決定した後、個別に精査しながら取り組むべきだと考えられる。そこで、ここでは現状の接着技術で新集成材を製造した場合にどのような問題が生じるのか、本プロジェクトで作製した新集成材を対象として接着性能評価を行ってその実態を明らかにする。

イ 研究方法

新集成材の接着性能を評価するにあたり、初期的・短期的な性能と長期的な性能に区分して評価を行うことにした。初期的な性能については集成材 JAS に規定する接着性能試験²⁾としてのブロックせん断試験と促進はく離試験を行った。長期的な性能については、屋外暴露試験を開始することにした。

(1) 試験体

第1章、第2章のめり込み試験体およびせん断試験体とエンドマッチさせた第4章の接合部試験体の中から、一ラミナ構成あたり4体を抽出して接着性能試験に供した。対象としたラミナ構成を表6-2-1に示す。単一樹種からなるものが7種類、異樹種複合したもの13種類、異種材料複合したものが1種類であった。

表 6-2-1 試験体記号とラミナ構成

構成	試験体 記号	ラミナ組合せ		接着剤	積層数	関連章
		最外層	内層			
標準 集成材	MA	スギ(E65)	スギ(L50)	API	5	1-1
	MB	スギ(E65)	スギ(L40)	API	5	
	MC	スギ(E55)	スギ(L40)	API	5	
	MD	スギ(E55)	スギ(L30)	API	5	
	ZS	スギ	スギ	PRF	5	2-1
	JA	アカマツ	アカマツ	PRF	5	1-2
	ZD	ベイマツ	ベイマツ	PRF	5	2-1
如 標 標準 集成材	FA	ベイマツ(L140)	トドマツ	PRF	5	2-2
	FB	ベイマツ(L125)	トドマツ	PRF	5	
	FC	ベイマツ(L140)	カラマツ	PRF	5	2-2
	FD	ベイマツ(L125)	カラマツ	PRF	5	
	HA	ベイマツ15mm(2層)	スギ30mm	PRF	7	2-6
	HB	ベイマツ30mm	スギ15mm(6層)	PRF	8	
	HC	ベイマツ30mm	スギ30mm	PRF	5	
	NA	カラマツ	スギ	PRF	5	2-4
	TD	ダブリカカラマツ	スギ	PRF	5	2-3
	KK	コナラLVL	スギ	PRF	5	1-6
	ZC	ベイマツ	スギ(1層)	PRF	5	2-1
	NB	カラマツ	スギ(1層)	PRF	5	2-4
	EH	ヒノキ	スギ(1層)	PRF	5	2-5
	EH3	ヒノキ	スギ(1層)	PRF	5	

(2) 試験方法

a. ブロックせん断試験

ブロックせん断試験用ブロックを3列に分割し、それぞれの列から集成材 JAS に定められた接着面積



図 6-2-1 接着性能試験用集成材

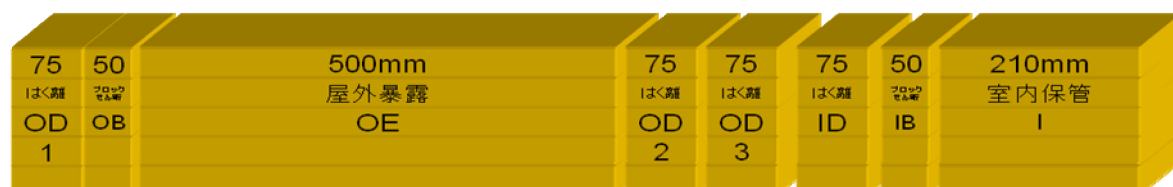


図 6-2-2 各種試験片用ブロックの採取位置と長さ

注：元の試験体長さや積層数に応じてブロックの長さや数が異なる。

25mm（幅）×25mm（高）の階段状試験体を作製した（図 6-2-3）。5 層の集成材の場合、一ブロックあたり 12 の接着層が対象となる。ブロックせん断試験は、万能試験機を用いて行い、荷重速度はクロスヘッドスピード 1mm/分とした。破壊荷重とともに木部破断率を記録した。

b. 促進はく離試験

試験体は集成材 JAS に従って木口断面はそのままに繊維方向に 75mm の試験片を採取した。JAS に定められており国際的にも広く採用されている減圧加圧試験を行った。処理条件は以下の通りで、1) 圧力容器の室温水中にて 0.085MPa で 5 分間減圧の後 0.51MPa で 1 時間加圧する工程を 2 回繰り返して試験片に水を注入、2) その後、乾燥機の温度 $70\pm 3^{\circ}\text{C}$ で乾燥。

乾燥中の試験体重量を定期的に測定し試験片が処理前の重量の 1～1.1 倍になった時点で木口面の接着層のはく離長さを測定した。

c. 屋外暴露試験

集成材の屋外暴露試験については特に規定された方法はない。しかしながら、接着剤の耐候性試験方法の通則として

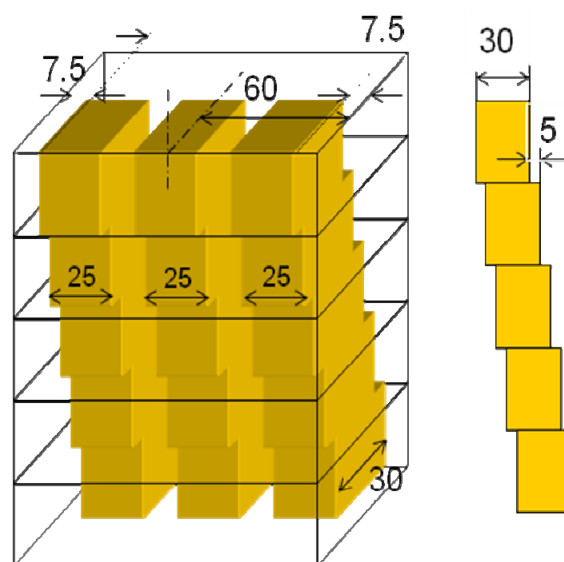


図 6-2-3 ブロックせん断試験片 数値は寸法（mm）



写真 6-2-1 屋外暴露試験体設置状況（南面）

JIS K6860³⁾ があり、また、森林総研では集成材の接着耐久性能評価の一環として屋外暴露試験を行ってきた^{4,5)} ことから、これらを参考にして試験条件を決定した。

各試験体は、幅、高さ、長さ、重量、打撃法による縦弾性係数を測定し、試験体の各 6 面の写真を撮影し記録した。屋外暴露試験体は、森林総合研究所第 2 樹木園（茨城県つくば市観音台 2-1-2、経緯度 N36°01'、E140°06'、標高 22m）に既設の暴露架台上に設置した。木口面を南北方向、積層面を東西方向に向け、長手方向に水平に設置した（写真 6-2-1）。

屋外暴露は 2007 年 6 月 13 日に開始した。毎年、目視による観察を行い、5 年後（2012 年）と 10 年後（2017 年）に暴露試験体を採取し、接着性能試験を行う予定である。

ウ 結果、エ 考察

表 6-2-2 にブロックせん断試験から得られたブロックせん断強さと減圧加圧試験で得られたはく離率を示す。ここでは、樹種や材料の種類が異なるものが接着されている複合部と同質のものが接着されている単独部に区分してデータ整理を行った。単一樹種からなる集成材についても、ヤング係数や密度の差が大きいラミナが接着されている最外層ラミナとその内側のラミナの接着層は複合部として整理した。

ブロックせん断強さの下限値を 10%下限値としたのは、集成材 JAS に定める基準を 90%下側許容限界値であるとみなしたことによるもので、その算出方法は ASTM D2915⁶⁾に依った。

はく離率の平均とは、JAS で定める両木口面におけるはく離率のことで、ここでは全試験体の平均値を示す。また、最大とは、同じく同一接着層におけるはく離率のことで、全試験体の中での最大値を示す。

(1) ブロックせん断試験

単一樹種の組合せにおいては、平均値、変動係数、10%下限値が複合部と単独部で大きく変わることはなかった。ブロックせん断強さの基準値について集成材 JAS では樹種毎に定めてきているが、同じ樹種であればブロックせん断強さにラミナ等級の影響はないことが確認された。なお、今回測定されたスギの 10%下限値は 6.6~9.0N/mm² で、スギに対する JAS 基準値 5.4N/mm² を大きく上回っていた。

樹種複合あるいは材料複合した中で、材質の差が大きいと考えられるスギを内層に使用した場合でも、平均値、変動係数、10%下限値が複合部と単独部で大きく変わることはなかった。一方、スギ以外の樹種を内層に用いた場合、複合部の 10%下限値は使用された樹種に与えられるいずれの JAS 基準値も満足してはいるものの、単独部と比較して複合部の変動係数が増加して 10%下限値が低下する傾向も見られた。したがって、異樹種等を複合した接着層の JAS の基準値には、基準値上低い方の樹種の値を採用することで良いと考えられた。

(2) 促進はく離試験

複合部のはく離率において JAS 基準を満足しないものが 6 条件あったが、これらのいずれの条件も単独部においても基準値（平均に対して 5%以下、最大に対して 25%以下）を満足していなかった。このことから異樹種接着は、単独部で基準を満たす接着技術があれば複合部で問題が生じることはないと考えられるものの、接着不良とみなされる現象が生じやすいことから、接着工程の諸条件の決定や製品の品質管理についてはより慎重に行う必要があると考えられた。

表 6-2-2 ブロックせん断試験および減圧加圧試験結果

構成	試験体 記号	ラミナ組合せ (樹種)*Lラミナ等級		ブロックせん断強さ(N/mm ²)						はく離率(%)			
				複合部			単独部			複合部		単独部	
		複合部	単独部	平均	変動係数	10%下限値	平均	変動係数	10%下限値	平均	最大	平均	最大
単一樹種	MA	(S):L80-(S):L60	(S):L60-(S):L50	9.31	16.8%	6.96	9.59	20.7%	6.61	1.2	3.7	0.0	0.0
	MB	(S):L80-(S):L60	(S):L60-(S):L40	10.53	16.7%	7.89	10.70	11.3%	8.88	3.7	14.9	2.2	5.8
	MC	(S):L70-(S):L50	(S):L50-(S):L40	10.72	10.9%	8.97	10.06	10.4%	8.48	0.0	0.0	0.6	2.5
	MD	(S):L70-(S):L50	(S):L50-(S):L30	10.47	17.7%	7.68	10.17	16.3%	7.68	0.0	0.0	1.7	5.4
	ZS	(S):L80-(S):L60	(S):L60-(S):L50	11.25	20.0%	7.86	11.25	16.0%	8.55	6.1	12.8	5.2	10.8
	IA	(A):L125-(A):L100	(A):L100-(A):L70	12.87	22.9%	8.45	12.43	19.9%	8.71	16.1	20.7	6.1	15.3
	ZD	(D):L140-(D):L110	(D):L110-(D):L90	11.39	19.1%	8.12	11.08	15.3%	8.53	2.1	7.0	0.0	0.0
複合材	FA	(D):L140-(T):L70	(T):L70-(T):L60	12.18	17.7%	8.95	11.71	13.2%	9.39	5.2	11.6	8.5	24.0
	FB	(D):L125-(T):L90	(T):L90-(T):L80	12.63	12.8%	10.21	13.06	12.0%	10.70	13.0	35.2	5.0	13.3
	FC	(D):L140-(K):L70	(K):L70-(K):L60	11.64	16.5%	8.75	11.72	8.6%	10.20	2.4	9.5	2.1	8.3
	FD	(D):L125-(K):L90	(K):L90-(K):L80	10.91	14.4%	8.56	10.07	16.2%	7.62	0.0	0.0	3.8	15.3
	HA	(D):L160-(S):L30,L40	(S):L30,L40-(S):L30,L40	9.89	14.9%	7.68	9.79	19.4%	6.94	16.0	32.3	10.6	35.2
	HB	(D):L160-(S):L30,L40	(S):L30,L40-(S):L30,L40	10.32	12.5%	8.39	10.61	16.3%	8.01	15.4	25.7	11.2	17.0
	HC	(D):L160-(S):L30,L40	(S):L30,L40-(S):L30,L40	10.71	19.1%	7.65	10.46	17.5%	7.71	3.6	5.8	26.7	50.9
	NA	(K):L110-(S):L70	(S):L70-(S):L60	11.15	16.6%	8.37	9.54	13.4%	7.62	1.6	6.2	0.0	0.0
	TD	(L):L140-(S):L80	(S):L80-(S):L60	11.78	20.1%	8.23	10.58	15.2%	8.17	0.7	2.9	1.7	6.6
	KK	(LVL):L120-(S):L90	(S):L90-(S):L70	10.60	24.1%	6.77	10.31	17.9%	7.53	0.0	0.0	0.0	0.0
	ZC	(D):L110-(S):L30	(D):L160-(D):L110	10.12	19.5%	7.15	12.38	14.5%	9.70	2.2	8.7	0.0	0.0
	NB	(K):L90-(S):L60	(K):L110-(K):L90	10.67	15.5%	8.19	12.54	18.5%	9.05	0.3	1.2	2.8	11.2
	EH	(H):L110-(S):L40	(H):L140-(H):L110	9.66	17.3%	7.15	13.93	15.1%	10.77	0.6	2.5	0.7	2.9
	EH3	(H):L100-(S):L40	(H):L125-(H):L100	8.95	15.3%	6.88	13.73	16.7%	10.29	0.0	0.0	0.4	1.7

* S:スギ, A:アカマツ, D:ベイマツ, T:トドマツ, K:カラマツ, L:ダフリカカラマツ, H:ヒノキ, LVL:単板積層材

オ 今後の問題

本プロジェクト期間中に開始した新集成材の屋外暴露試験を継続して行う必要がある。基準に満たない試験体が一部に認められた点については、製品製造の過程では製造・接着条件を把握して原因を究明し、技術的なノウハウとして蓄積する必要がある。

カ 要約

これまで低質材として利用してこなかった低ヤング係数で低密度の材や節を多く持った材、あるいはたて継ぎ材にとどまらず LVL などを複合し積層接着した新集成材の接着性能について、本プロジェクトで作製した試験体を対象にして接着性の評価を行ってその実態を明らかにした。初期的な性能把握については集成材 JAS に定めるブロックせん断試験と減圧加圧試験、長期的な性能については屋外暴露試験を開始した。

21 種類の製造条件の異なる新集成材について接着性能試験を行った結果、ほとんどの試験体で JAS 基準を満足したことから、現在の接着技術で新集成材を製造してもその接着性能は従来の製品と同様に保証できると考えられた。しかしながら、基準に満たない試験体が一部に認められたことから、接着工程の諸条件の決定や製品の品質管理についてはより慎重に行う必要があると考えられた。

キ 引用文献

- 1) 例えば 小西信：木材の接着，日本木材加工協会，45-83（1982）
- 2) 農林水産省：集成材の日本農林規格（2008）
- 3) 日本工業規格：JIS K6860:1974（1974）
- 4) 菅野蓑作，森屋和美：木材工業，38（11），530-533（1983）
- 5) 宮武敦，藤井毅，林知行：日本木材学会大会研究発表要旨集，414（1994）
- 6) ASTM，D2915-03（2008）

（宮武敦、新藤健太、平松靖、井上明生）

3 構造用集成材用接着剤の同等性評価における耐熱性・耐火性評価

ア 研究目的

従来構造用集成材の日本農林規格（以下 JAS という）では、構造用集成材に使用できる接着剤について、その耐荷重性能、耐水性能、耐熱性能、耐火性能、耐候性能の程度を使用環境に応じて定めるとともに、使用環境毎に適した接着剤を定めてきた。しかしながら、近年、新しい接着剤が開発されるとともに国境を越えてそれらを利用できるように求める圧力が高くなってきている。国際的にも新しい接着剤に対して共通の試験方法を課すことで一元的に評価する体系の構築が試みられている。この様な中、平成 16 年からの構造用集成材の JAS の見直しにあたって、接着性能の同等性評価法が策定された。この中で、耐熱性に対しては日本工業規格（以下 JIS という）JIS K6831¹⁾に定める加熱圧縮せん断試験が、また、耐火性に対しては構造用集成材の燃えしろ設計を建設省（現国土交通省）が認めるにあたってその試験方法として採用してきた実大載荷耐火加熱試験が提案されることになった。しかしながら、加熱圧縮せん断試験についてはその規準値を定めるための基礎的データの蓄積が少ないこと²⁾、実大載荷耐火加熱試験は複雑な試験で特殊な試験施設が必要でかつ多大な労力も要することからより簡易な代替法の開発が求められた。そこで、本研究課題では、(1) 加熱圧縮せん断試験による各種接着剤の性能評価、(2) 実大載荷耐火加熱試験代替法の開発の二つの項目に分けて研究を行った。

イ 研究方法

(1) 加熱圧縮せん断試験による各種接着剤の性能評価

集成材用の新規接着剤に関する同等性評価方法を確立するため、市販（6 社 10 種類）の水性高分子－イソシアネート系接着剤（API）について、JIS K 6831:2003（接着剤－接着強さの温度依存性の求め方）に準じて、常態接着強さと 100℃及び 150℃雰囲気における耐熱接着強さを測定した。各試験は、森林総合研究所および株式会社オーシカにおいて行った。また、API の接着強さに及ぼす架橋剤添加量の影響を調べた（標準添加量は 15 部）。

(2) 実大載荷耐火加熱試験代替法の開発

実大載荷耐火加熱試験は、実大の構造用集成材に曲げ荷重を載荷しながら加熱試験を行うことで火災に曝された接着層の耐熱性、引火性などを実際の条件に即して試験・評価することができる方法である。より簡易な代替法を開発するにあたって、高温時の接着剤の耐力低下（耐熱性）の評価と引火性等実際の火にさらされた際の接着剤の燃焼性等の挙動を独立して評価する体系を考案した。前者については(1)で実施される加熱圧縮せん断試験で評価することとし、一方後者については、荷重をかけずに加熱してその燃焼性状を炭化速度により評価するものとした。

a. 試験体 試験体の製造の流れを図 6-3-1 に示す。長さ 4900mm のベイマツの集成材用ひき板（以下ラミナという）の曲げヤング係数（以下 MOE という）を測定して、集成材 JAS の強度等級 E105－F300 を構成するためのラミナを選別した。集成材の製造に用いる接着剤は、耐火性・耐熱性に優れていることからこれまで燃えしろ設計に使用されてきたレゾルシノール系樹脂接着剤（以下 PRF という）と、耐熱性が若干 PRF より低いとされる水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤（以下 API という）の二種類として、両者を比較することとした。比較試験の実施にあたっては、集成材製造に用いるラミナ品質の影響を極力小さくするために、上記 4、900mm 長ラミナを二等分してエンドマッチさせたラミナをそれぞれ PRF 集成材用と API 集成材用に配

分して試験体の作製に用いることとした。
試験体の断面寸法は 150mm（幅）×300mm（厚さ）、長さ 950mm とした。ラミナ厚さは最外層を 20mm、それ以外を 26mm とし、積層数は 12 層とした。試験体の加熱面には、スリット加工を施した。集成材の製造時の各種条件は、接着剤塗布量を PRF : 300g/m² と API : 260g/m²、圧縮時圧力を 1MPa、圧縮時間を PRF : 16 時間、API : 1 時間とした。

- b. 試験装置 試験方法は、試験用集成材を垂直にして壁型炉に設置して、ISO834-1 に定める標準加熱温度曲線に従って 45 分間の加熱をし、その後の炭化速度等を測定して性状を評価することとした。加熱試験炉には日本住宅・木材技術センター試験研究所の壁型炉（写真 6-3-1）を用いることとし、この内部に試験体を設置するための試験用枠となるジグを考案して製作した（写真 6-3-2）。

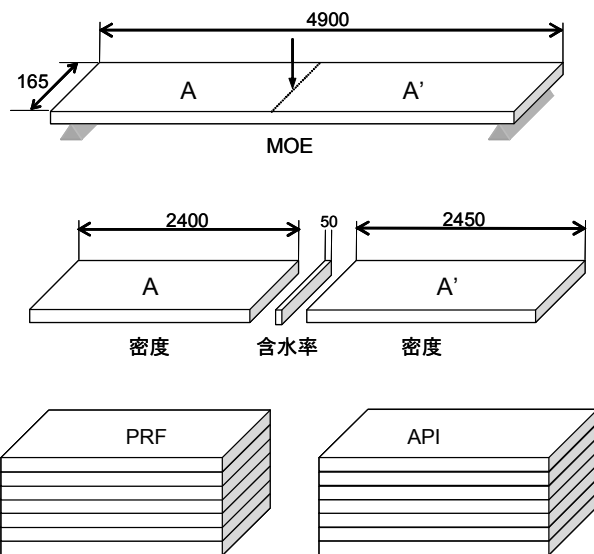


図 6-3-1 試験体製造の流れ



写真 6-3-1 加熱試験用壁型炉



写真 6-3-2 試作した試験体設置用枠

- c. 試験手順 試験枠への試験体の設置 試験体 4 本を試験枠にラグスクリューボルトを用いて枠に取り付けた。試験体の長さ方向の影響をなくすために両木口面はケイカル板で被覆した。ただし、被覆材が燃焼によりはく離したラミナの脱落を妨げないように木口面から 100mm のところに丸鋸による深さ 50mm のスリット加工を施した。

加熱温度と時間の関係（加熱曲線）は、従来の载荷耐火加熱試験でも用いられ国際的な標準でもある ISO 834-1 に規定される標準加熱温度曲線に従って設定した。加熱時間は 45 分間とし、加熱炉側面に設けられた観察窓から試験体の観察・写真による記録を行った。加熱時間経過後加熱を止め加熱炉より枠ごと試験体を取り出し、直ちに水により消火した。試験体を枠から取り外した後、スクレイパーと金ブラシを用いて炭化層を落とし、試験体長さ方向の両木口より 150mm および中央部の 3 カ所を裁断し、残存断面の寸法測定を行った。

d.測定方法 裁断箇所の木口面において、残存断面の寸法・形状の測定・記録を行った。残算断面の幅方向は接着層毎に残存する接着層長さを測定した。厚さ方向は非加熱面を基準として残存する集成材の積層方向の長さを測定した（図 6-3-2 参照）。

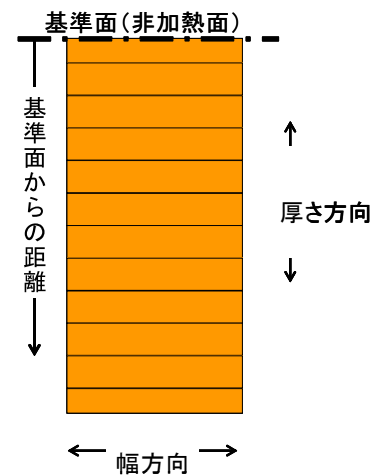


図 6-3-2 測定時の定義

ウ 結果

(1) 加熱圧縮せん断試験による各種接着剤の性能評価

水性高分子-イソシアネート系接着剤（API）の耐熱接着強さは、架橋剤の添加量が増えると大きくなった（図 6-3-3）。各社の接着剤の常態（20℃）接着強さは 15～22 N/mm²（図 6-3-4）、100℃においては 10～18 N/mm²（図 6-3-5）、150℃では 5～10 N/mm²（図 6-3-6）となった。

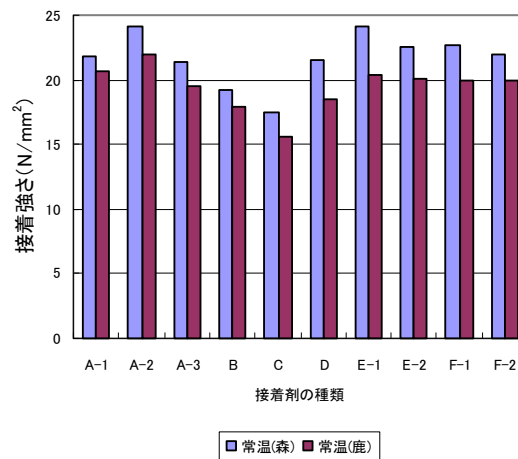


図 6-3-4 常態接着強さ（試験数：12、森：森林総合研究所、鹿：オーシカ

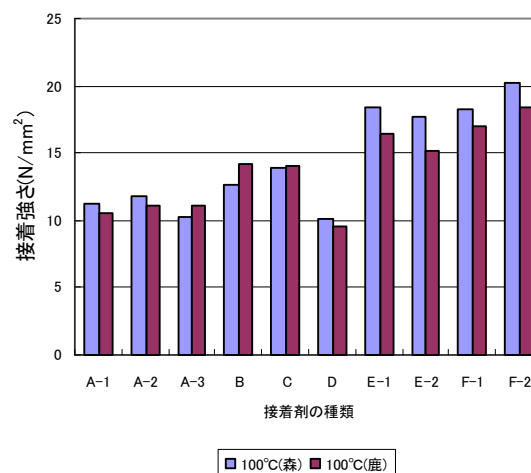


図 6-3-5 100℃における接着強さ（試験数：12、森：森林総合研究所、鹿：オーシカ

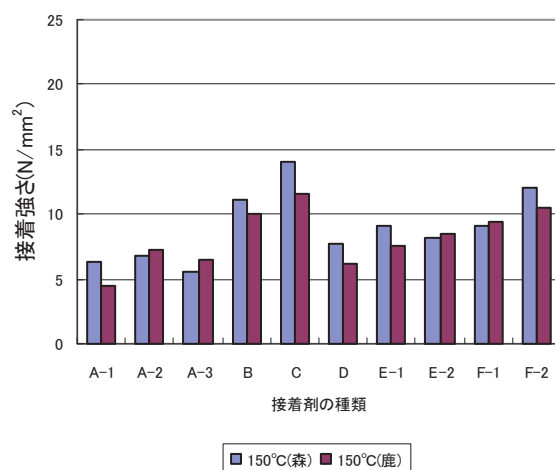


図 6-3-6 150°Cにおける接着強さ（試験数：12、森：森林総合研究所、鹿：オーシカ

(2) 実大載荷耐火試験代替法の開発

a.加熱中の試験体変化の観察

試験体の変化のうち接着層に起因するものは、主として API で生じた。その経過を簡単にまとめて表 6-3-1 に示す。

表 6-3-1 加熱試験中の試験体に生じた変化

経過時間（分）	変化
7	API 試験体のいずれも接着層が開き始める。
33	API2 の上スリットの上部の 1 層目が落下。
37	API2 の上スリット直下の 1 層目が 5cm 程落下。下部も 10cm 程落下。 API1 の下方 1 層目が部分的に落下。
38	API1 の下方 1 層目、一部がさらに落下。
39	API1 の 1 層目の上の方が落下。API 試験体いずれも 1 層目はほぼはく離している状態。
42	API2 の 1 層目はほとんど落下。(写真 6-3-3、写真 6-3-4)

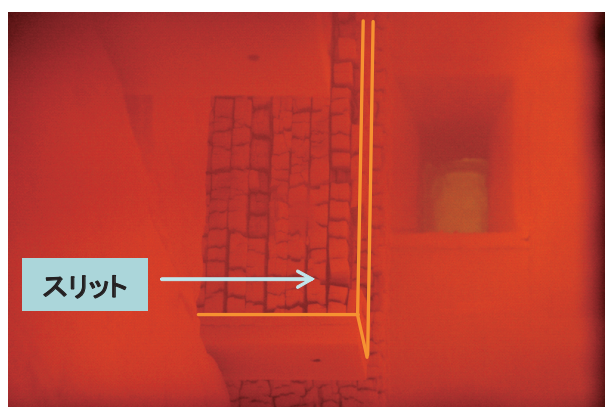


写真 6-3-3 43分経過時 API2 1層目がほぼ脱落（黄色線は試験体の輪郭）

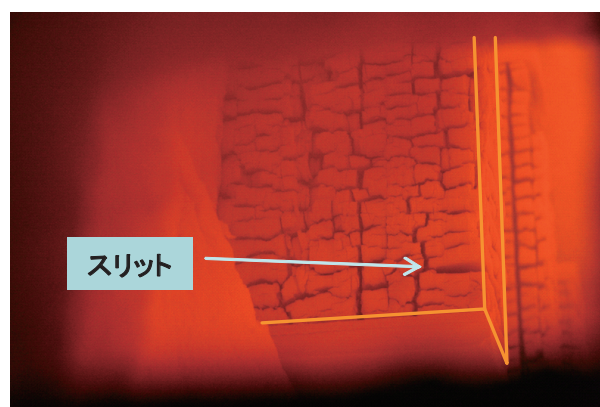


写真 6-3-4 同時刻 PRF1 の状況（黄色線は試験体の輪郭）

b. 残存断面及び炭化速度

当初断面から加熱試験後の残存断面の寸法を差し引き、幅方向についてはそれを二分の一に、厚さ方向にはそのままの値を炭化深さとして算出した。炭化深さは、各試験体の長さ方向の影響を受けていないことが確認できたので、API、PRF それぞれについて、試験体2体、一試験体あたり3断面の計6断面の値を平均して非加熱面（基準面）からの距離との関係を図 6-3-7 に示す。接着剤の種類に関係なく基準面付近の炭化深さは小さいが、3層目からは炭化深さは大きくなり、8層目にかけて変動の少ない安定した炭化深さを示す。加熱を直接受けた底面の炭化深さはAPIの方がPRFより若干大きくなった。

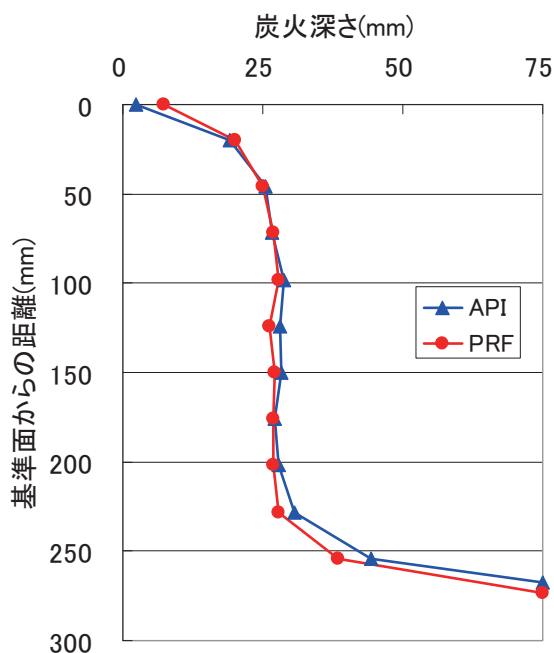


図 6-3-7 接着剤別の炭化深さ

炭化深さ (mm) を加熱時間 (分) で除して炭化速度 (mm/分) を求めたところ、幅方向については API が平均 0.62mm/分、PRF が 0.60mm/分と同じ、厚さ方向については API が平均 0.71mm/分、PRF が 0.60mm/分と API の炭化速度がやや大きくなった。

エ 考察

(1) API 接着剤の耐熱接着強さは、レゾルシノール樹脂接着剤より低く、また、架橋剤添加量の影響を大きく受けた。また、各社の API 接着強さには差が認められた。

(2) API は、加熱試験開始後の早い段階から接着層が開く様子が見られた。しかしながら、幅方向の炭化速度については、API は PRF とほぼ同じであり、加熱初期の接着層の開きがその後の炭化速度に与える影響は小さいと考えられた。一方、厚さ方向では建築基準法の燃えしろ設計の根拠である炭化速度 0.80mm/分以内ではあるが API は PRF より炭化速度が大きくなった。これは API では加熱にともない接着層に開きが見られることや炭化したひき板が加熱中に脱落したが PRF では脱落しなかったことによると考えられた。従来の実大載荷耐火試験の報告^{3, 4)}でも、API は接着層に開きが観察されるものの耐火時間や炭化速度は建築基準法上の規準値を満たすことが報告されてきている。API を用いて製造した集成材の炭化速度について、従来の実大載荷耐火試験と同様の評価ができたことから、今回提案した代替法は炭化速度については実大載荷耐火試験と同等の評価が可能な試験法であると考えられた。

オ 今後の問題点

(1) 水性高分子ーイソシアネート系接着剤以外の種々の接着剤についても耐熱性試験データ蓄積する必要がある。また、各種接着剤のクリープ試験データの蓄積も必要である。

(2) 代替法の提案にあたっては、加熱圧縮せん断試験等の耐熱性試験と組み合わせた方法を考案する必要がある。そのためには実大載荷耐火加熱試験における接着剤の耐熱性能への要求性能を

明らかにする必要がある。

カ 要約

(1) 構造用集成材に使用可能な接着剤の評価方法(同等性評価試験)における耐熱性試験および、実大載荷耐火試験の代替試験法としての簡易耐火試験を行った。現在構造用集成材の使用環境 C に使用が認められている水性高分子-イソシアネート系接着剤の 100℃における耐熱接着強さは 10~18 N/mm²であった。

(2) 集成材 JAS において接着性能として要求される火災時の性能を評価する方法として、これまで行われてきた実大載荷耐火加熱試験に代わるより簡易な方法を考案した。API 集成材と PRF 集成材の炭化速度について代替法により測定して比較したところ、実大載荷耐火加熱試験での評価と同様の評価が得られることが明らかとなった。

キ 引用文献

- 1) 日本工業規格：JIS K6831:2003 (2008)
- 2) 前田豊，秦野恭典，上杉三郎：水性高分子-イソシアネート系接着剤の粘弾性と高温下における接着特性，木材工業，49 (9)，413-417 (1994)
- 3) 上杉三郎，宮武敦，原田寿郎：集成材の耐火性能－水性高分子-イソシアネート系樹脂接着剤使用の構造用集成材の曲げ性能－：森林総合研究所研究報告，367，155-165 (1994)
- 4) 日本住宅・木材技術センター：水性高分子イソシアネート系樹脂接着剤を用いた構造用集成材の耐火性能検討事業報告書 (2005)

(宮武敦、井上明生、原田寿郎、宮本康太、塔村真一郎)

4 ホルムアルデヒド放散量に関わる各種試験方法の同等性評価

ア 研究目的

現在、国内では、木質材料のホルムアルデヒド放散量測定方法として、各材料の規格に定められているデシケーター法¹⁾が用いられている。また、建築材料からの化学物質放散量の測定方法として小形チャンバー法²⁾が規格化されており、ホルムアルデヒド以外の化学物質についても測定が可能となっている。一方、ISO 規格においては、木質パネルのホルムアルデヒド放散量の測定方法として、1m³チャンバー法³⁾が規格化されるなど、様々な測定法が確立されてきている。

これら試験法は、室内空間において言わば面的に使用される材料を評価することに主眼が置かれている。しかしながら、大型のチャンバーを用いる試験法の確立によって、面材料だけではなく、軸材料の評価も可能となる。今後、シックハウス対策の観点からも、構造用軸材料についての化学物質放散に関するデータを蓄積する必要性が生じることも考えられる。

しかし、大型の試験装置を用いた評価は、手順が簡便ではない上、時間や費用を要するものが多く、例えば品質管理の手法等には有用とは言えない。従って、各試験法による測定値の定量的な関係を把握することで、互いの試験法の代替や、他の試験法の測定値の予測が可能になると考えられる。これまでに種々の測定法を比較した報告⁴⁾はみられるが、特に、測定が長期に渡り、装置も特殊であるチャンバー法と、簡便なデシケーター法との相関関係を明らかにすることは重要である。

そこで本研究では、デシケーター法、1m³チャンバー法および小形チャンバー法の3種類の測定法を用いて、ホルムアルデヒド放散量を測定し、それぞれの測定値の関係を定量的に評価することを目的とした。

イ 研究方法

ホルムアルデヒド放散量表示などを基に選択した計10種類の市販MDFを試験に供した。各材料とも、汚染を防ぐためにビニル袋などに密封した状態で輸送し、試験片の作製まで密封したまま、20℃の環境下で保管された。

各供試材料につき、デシケーター法、1m³チャンバー法およびJIS小形チャンバー法に準じてホルムアルデヒド放散量を測定した。各試験の主要な試験条件を表6-4-1に示す。1m³チャンバー法では、前養生と放散量試験は同一のチャンバーで行い、試験片をチャンバーに設置したままの状態、前養生開始から約13日経過した時点放散量試験の開始時とした。1m³チャンバー法と小形チャンバー法では、ホルムアルデヒド放散量の測定を経時的に行った。測定期間について、1m³チャンバー法では、連続した過去4回の測定の平均値の標準偏差が平均値の5%以内に達した時点平衡とみなした。小形チャンバー法では、21日間の測定を行った。

表 6-4-1 各種ホルムアルデヒド放散量試験の主な試験条件

試験条件	デシケーター法 (JIS A 1460)	1m ³ チャンバー法 (ISO 12460-1)	小形チャンバー法 (JIS A 1901)
容量	9～12 L	1 m ³	20 L
温度	20 °C	23 °C	28 °C
湿度	規定なし	50 %RH	50 %RH
換気	無し	1.0 回/hour	0.5 回/hour
測定日数	1 日	平衡に達するまで ^{a)}	平衡に達するまで ^{b)}
試験片	15×5 cm ² 1800 cm ² 換算	50×50 cm ² 、2 枚	規定なし (432cm ²)
シール	なし	端面 1.5 m/m ² 開放	端面、裏面
試験前養生	20°C、65%RH 恒量 (1 週間)	23°C、50%RH. 15 ± 2 日 1.0 回/hour 以上	規定なし (密封して保管、 開封後すぐ開始)
捕集	蒸留水	蒸留水	DNPH カートリッジ
分析方法	アセチルアセトン法	アセチルアセトン法	高速液体クロマトグラフ
結果の表記	水中濃度 (mg/L)	気中濃度 (mg/m ³)	気中濃度 (μg/m ³) 放散速度 (μg/m ² h)

a) 連続した過去 4 回の測定の平均値の標準偏差が、平均値の 5%以下となった時点

b) 21 日間

ウ 結果

(1) 10 種類の MDF の 1m³ チャンバー法におけるホルムアルデヒド放散量の経時変化について、図 6-4-1 に示す。いずれの材料についても、前養生終了時には養生開始直後の約 70%の値になり、放散量試験開始後 3～5 日で平衡に達した。

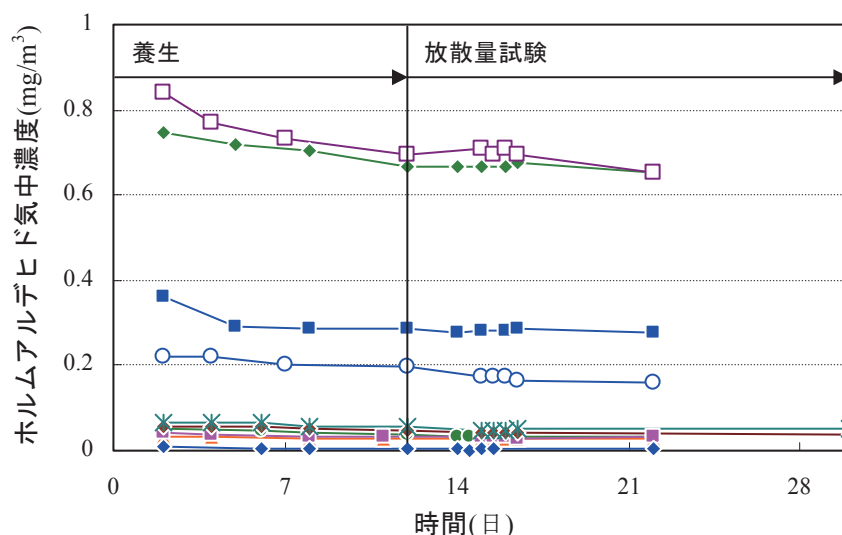


図 6-4-1 1m³ チャンバー法によるホルムアルデヒド気中濃度の経時変化 (MDF10 種類)

(2) MDF のホルムアルデヒド放散量について、デシケーター法による水中濃度と 1m^3 チャンバー法による気中濃度の関係を図 6-4-2 に示す。両者の間には直線的な関係がみられ、高い相関があることが明らかとなった。また、デシケーター法による水中濃度と JIS 小形チャンバー法による放散速度の関係を図 6-4-3 に示す。両者の間には直線的な関係がみられ、高い相関があることが明らかとなった。

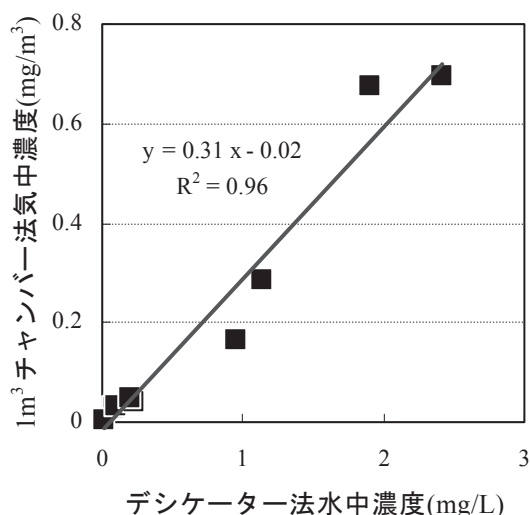


図 6-4-2 MDF のホルムアルデヒド放散量について、デシケーター法と 1m^3 チャンバー法による測定値の関係

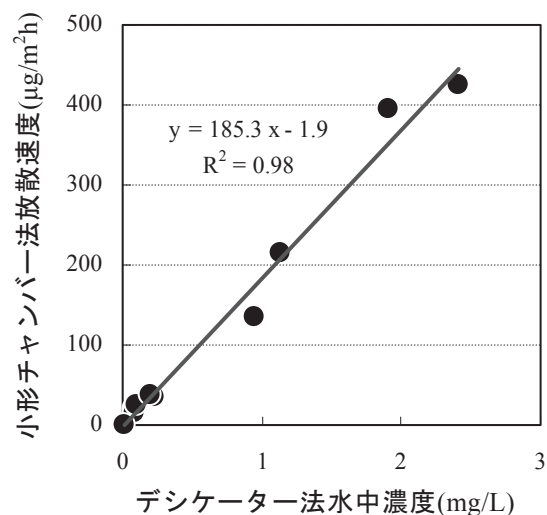


図 6-4-3 MDF のホルムアルデヒド放散量について、デシケーター法と小形チャンバー法による測定値の関係

エ 考察

(1) 1m^3 チャンバー法によるホルムアルデヒド気中濃度の経時変化について、いずれの試験体においても、養生期間を終えるとすぐに平衡に達する傾向が見られた。この理由の一つとして、木質ボード類はホルムアルデヒド放散量の減少速度は合板と比べて遅く、結果として平衡に達したと判断されたとことが考えられる。また本研究では、養生期間と試験期間の環境条件は同一であり、かつ連続して同一チャンバー内で試験を行ったが、もし養生から試験に移行する際に環境変化があると、放散挙動に影響を及ぼす可能性が考えられる。

(2) デシケーター法による水中濃度と 1m^3 チャンバー法による気中濃度、およびデシケーター法による水中濃度と小形チャンバー法による放散速度との間には、高い相関が見られた。したがって、これらの試験法の間では、互いの測定値の予測が可能であると考えられる。

オ 今後の問題点

各試験法において、ホルムアルデヒド放散量の経時変化の挙動は、材料の種類やホルムアルデヒドキャッチャー剤の有無によっても異なりうるため、本研究で得られた試験法間の定量的な関係が MDF 以外の材料にも適用できるかどうかについてはさらなる検討が必要である。特に、製造条件の違いが及ぼす影響などを実証することは、試験方法間の定量的な関係を導出していく上で重要であると考えられる。

カ 要約

木質材料のホルムアルデヒド放散量の測定方法として、国内では JAS および JIS のデシケーター法や、JIS 小形チャンバー法が規格化されている。一方、海外では、現在 ISO 規格において 1m³ チャンバー法が提案されており、これら試験方法による測定値の相関を検討することが急務となっている。そこで本研究では、市販の MDF10 種類について、デシケーター法、1m³ チャンバー法および小形チャンバー法を用いてホルムアルデヒド放散量を測定し、それぞれの測定値による相関関係について検討した。その結果、本研究で得られた 3 種類の測定値の間には、それぞれ直線関係があり、高い相関を示すことが明らかとなった。したがって、これらの試験法間では互いの測定値の予測や試験法の代替が可能であると考えられる。

キ 引用文献

- 1) JIS A 5905 (2003)
- 2) JIS A 1901 (2003)
- 3) ISO 12460-1 (2007)
- 4) Maria Risholm-Sundman, Annelise Larsen, Ewa Vestin, Anders Weibull : Formaldehyde emission - Comparison of different standard methods. Atmospheric Environment 41, 3193-3202 (2007)

(宮本康太、井上明生、塔村真一郎)

第7章 新集成材の耐火性能付与とその評価

ア 研究目的

2000年に建築基準法が改正され、木造であっても耐火建築物を建設することが、法律上、可能になった。耐火構造の認定を受けるための試験方法は、指定性能評価機関の定める業務方法書¹⁾に定められている。はりや柱の試験では、実物大の試験体を耐火炉にセットし、所定の荷重値を載荷しながらISO834-1²⁾に規定される標準加熱温度曲線に従って要求耐火時間(1時間耐火構造であれば1時間、2時間耐火構造であれば2時間)加熱を行った後、その3倍時間(1時間耐火構造であれば3時間、2時間耐火構造であれば6時間)試験体を載荷状態で耐火炉にセットしたまま放置しても、試験体が座屈せず、たわみ量やたわみ速度が基準値を超えないなどの性能を示すことが求められる。さらに可燃物である木質系の材料の場合には、3倍時間経過後も燃焼が継続して、やがて試験体が座屈することが懸念されるため、3倍時間経過後も観察を継続し、試験体が自然に消炎して燃え止まり、試験体が破壊に至らないことを示さなければならない(以下、上記のような載荷状態での加熱試験を「載荷耐火加熱試験」、また、無載荷状態での加熱試験を「耐火加熱試験」という)。

構造用集成材の断面を大きくすることで、上記の方法での加熱試験において、集成材のはりや柱が要求耐火時間までに壊れないようにすることは可能だが、耐火のための処理を施さない無処理の構造用集成材では、加熱終了後も消炎せず、燃焼し続ける³⁻⁴⁾。このため、準耐火構造で認められている「燃えしろ設計」⁷⁾(火災で炭化する木材の厚み⁵⁻⁶⁾を予め燃えしろとして部材寸法に計上して設計を行う設計法)は、耐火構造には適用できず、このことが、木質系材料での耐火構造認定を難しいものになっている。

木質系耐火構造のはりや柱の具体例としては、H型鋼の周りをカラマツやベイマツの集成材で被覆したもの⁸⁾や集成材の周りを石膏ボード等の無機材料で被覆したもの⁹⁾があるが、H型鋼の周りに集成材を被覆したものは木構造とは言えず、石膏ボードで集成材を被覆したのでは景観性、居住性、触感性に優れた木材が材料の表面に現れない(以下材料表面に木材が現れる使用方法を「現わし」という)。

木材のみで構成されるはりや柱での試みとしては、ジャラ等の高密度材を集成材内部に燃え止まり層として配置し、表層部分は燃えても高密度材の部分で燃え止まらせる方法¹⁰⁾が提案され、1時間耐火構造の認定を取得しているが、製造方法が複雑になることや異樹種混合の集成材となるため、規格上の課題が残されている。難燃処理木材を用いるアイデアも提示され、難燃薬剤を注入した準不燃木材で集成材の周囲を被覆する方法が試みられているが、厚さ16mmの被覆では燃え止まり性能が得られないと報告されている³⁾。また、りん酸水素二アンモニウムを注入した厚さ60mmのスギ材を、小型の壁用耐火炉を用いて一方向から加熱する試験で、薬剤注入量が150kg/m³以上あれば燃え止まったとの報告¹¹⁾もあるが、壁炉での加熱で、試験体の裏面からの放熱があることを考慮すると、四面あるいは三面からの加熱となるはりや柱の耐火加熱試験で燃え止まるかは不明である。

本研究では、木材を現わしでみせる木造の耐火構造の開発に向け、これまでアイデアは提案されながら成功事例の報告がなかった、難燃薬剤を注入した木材を積層する方法で集成材を燃え止まらせる具体的な仕様を提示するとともに、同一樹種のラミナ(挽き板:集成材の構成要素である木材の板)を使用し、従来の集成材製造ラインで耐火性能を有する集成材を製造する方法を検討することを目的とする。なお、本報告は、拙論文(木材学会誌 54(3) p.136-146 (2008))¹²⁾を補筆したものである。

イ 研究方法

(1)開発の基本的な考え方

構造用集成材の柱を耐火加熱試験において燃え止まらせるための技術を開発するための基本的な考え方は以下のとおりである。

- a. 集成材表層の燃えしろ部分と火災後に燃え残ることを期待するコア部分との間に、難燃性能を付与した燃え止まり部分をロの字(シェル型)に配置し、火災に際してコア部分への火熱の進入を抑える(表層に燃えしろ部分を設けるのは、人の目や手に触れる部分は、無処理か、処理するとしても低濃度の薬剤注入にとどめたいため)。
- b. 燃え止まり部分は、その部分が発炎燃焼することのないよう準不燃材料レベルの性能を付与する。
- c. 燃え止まり部分の配置に当たっては、難燃処理木材を幅接ぎするのではなく、ラミナに選択的に難燃薬剤を注入した部分とそうでない部分を設けることで、耐火集成材の製造工程を簡便にすることを目指す。
- d. 難燃薬剤の注入は減圧・加圧法によるものとする。難燃薬剤の注入に当たっては、必要とされる量の難燃薬剤を確実にむらなく注入するため、減圧・加圧法による薬剤注入の前処理として、燃え止まり部分に効果的に薬剤を注入でき、かつ材料強度への影響が少ない方法である CO₂ レーザを用いたラミナへの穴あけ加工(以下「レーザインサイジング」という)¹³⁻¹⁴⁾を行うこととする。本研究で取扱うカラマツ材は、心材への薬剤の浸透性による分類で「極めて困難」な樹種とされており¹⁵⁾、通常の減圧・加圧法による薬剤注入では、準不燃材料レベルの性能付与が困難であり、レーザインサイジングは有効な前処理となる。また、本課題で扱うスギのような易注入性の樹種についても、少しでも注入むらがあると、そこが欠点となり、燃え止まりに支障を来す恐れがあることから、むらなく注入できる本前処理は有効であると考えられる。
- e. 燃え止まり部分で炭化が止まれば、コア部分は薬剤の注入が不要なので、コア部分にあたる部分には薬剤の注入を抑制できるよう、樹脂等によるシールを行ってから薬剤注入を行う。

(2)検討項目

上記の基本的な考え方に基づき、耐火加熱試験において、集成材が燃え止まる仕様を開発するため、①有効な薬剤の選定、②インサイジング密度、③燃え止まり部分の厚さ、④コア部分の樹脂によるシールの有効性について、検討を行った。

(3)実験

a. 耐火集成材柱の作製

耐火加熱試験での燃え止まりの確認を行うため、6種類の集成材柱を作製した。樹種、使用した難燃薬剤の種類、試験体のタイプ(断面寸法、レーザインサイジングを行った個所、難燃薬剤を注入した個所)、内部温度測定のために挿入した熱電対の位置は、表7-1に示すとおりである。試験体 No.5、No.6の作製並びに耐火加熱試験は、鹿島建設(株)技術研究所のご協力をいただいた。

試験体の作製方法は以下のとおりである。幅 180~194mm×厚さ 30mm×長さ 1500mm のスギまたはカラマツ材を用い、CO₂ レーザによるインサイジング、難燃薬剤の注入、乾燥を行った後、集成材の寸法に合わせた幅寸法、厚さ 25mm のラミナに仕上げ、このラミナ 2 枚をレゾルシノール系樹脂接着剤で幅接ぎして集成材幅にし、レゾルシノール系樹脂接着剤を用いて積層接着した。集成材は加熱炉にセットするのに都合の良い長さ 1000mm または 1250mm に切断した。また、積層接着に際して、熱電対(径 0.65mm のガラス被覆された K 熱電対)を所定の位置に埋め込んだ。温度計測位置の高さは、長さ 1000mm の試

験体は上端の木口面より 500mm、長さ 1250mm の試験体は上端の木口面より 600mm の位置とした。

レーザインサイジングは、ロフィン丸紅レーザ社製 RS-1700SM を用い、出力 1000W でパルス幅 50～70ms のレーザを、焦点距離 20 インチのレンズで焦点はずし距離を-15mm として集光する条件で行った。インサイジング穴の最大径は 1mm 程度であった。インサイジングは、厚さ方向に行い、その密度は、スギでは 1600 個/m²、カラマツでは 6200 個/m² または 12500 個/m² であった。

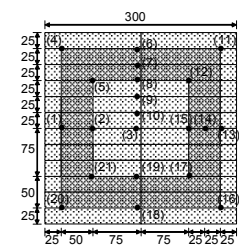
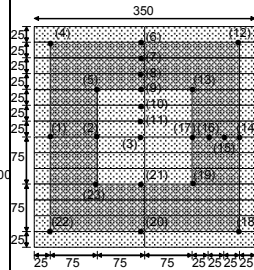
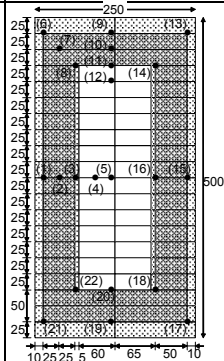
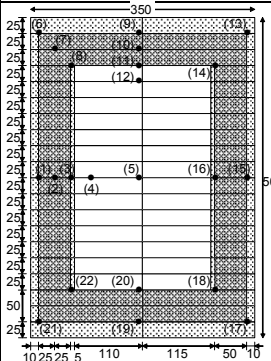
注入する難燃薬剤は、次の 2 種類とした。

薬剤 A: 水 100ml に対し、りん酸水素二アンモニウム 20g、ほう酸 5g、四ほう酸ナトリウム水和物 5g を溶かしたもの(薬液濃度は 23%)

薬剤 B: カルバミルポリりん酸アンモニウムを主体とする難燃薬剤(丸菱油化製のノンネン OK-201 で、注入に当たっては原液を 2 倍に希釈。溶液中の有効成分濃度は 25%)

注入条件は、いずれも減圧・加圧式注入装置を用い、前排气-1kg/cm²(-0.098MPa)で 30 分、加圧 10kgf/cm²(0.98MPa)で 2 時間、後排气-1kg/cm²(-0.098MPa)で 30 分とした。各ラミナに注入された薬剤の固形物量(以下注入量という)は、注入された薬液量と薬剤濃度から算出した。

表 7-1 耐火加熱用集成材柱試験体と耐火加熱試験結果

No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
樹種	スギ	カラマツ	スギ	カラマツ	カラマツ	カラマツ
薬剤	A	A	B	B	B	B
試験体 タイプ	薬剤 A: (NH ₄) ₂ HPO ₄ , H ₃ BO ₃ , Na ₂ B ₄ O ₇ ・10H ₂ O  (a)		薬剤 B: カルバミルポリりん酸アン モニウムを主体とする薬剤  (b)		 (c)	 (d)
燃え止まり	×	×	○	○	○	○
炭化深さ	—	—	40-45 mm	44-51 mm	41-51 mm	43-56 mm
積層方向 幅方向	—	—	40-45 mm	41-49 mm	43-57 mm	46-53 mm

注 : レーザインサイジング+難燃薬剤注入、: 難燃薬剤注入、: 無処理

作製した各試験体の概要は以下のとおりである。

【試験体 No.1】スギ集成材。寸法は 300mm×300mm×1000mm で、燃えしろ部分の厚みを 25mm、燃え止まり部分(インサイジング密度 1600 個/m²)の厚みを 50mm とした。全てのラミナに難燃薬剤 A を注入した。インサイジング加工のない燃えしろ部分となる幅接ぎ前の最外層ラミナの薬剤注入量は、139～167 kg/m³であった。幅 25mm の燃えしろ部分と幅 125mm の燃え止まり部分(インサイジング加工あり)から成る 2～3 層及び 10～11 層目のラミナの注入量は 138～174kg/m³、幅 25mm の燃えしろ部分+幅 50mm の燃え止まり部分+幅 75mm のコア部分から成る 4～9 層目のラミナの注入量は 100～193kg/m³であった。

このことから、薬剤 A は、レーザインサイジングの有無にはあまり影響されず、 $100\sim 190\text{ kg/m}^3$ 程度の難燃薬剤が注入されていると推測される。

【試験体 No.2】カラマツ集成材。寸法は $300\text{mm}\times 300\text{mm}\times 1000\text{mm}$ で、燃えしろ部分の厚みを 25mm 、燃え止まり部分（インサイジング密度 6200 個/m^2 ）の厚みを 50mm とした。全てのラミナに難燃薬剤 A を注入した。インサイジング加工のない燃えしろ部分となる幅接ぎ前の最外層ラミナの薬剤注入量は、 $18\sim 36\text{ kg/m}^3$ であった。幅 25mm の燃えしろ部分と幅 125mm の燃え止まり部分（インサイジング加工あり）から成る 2～3 層及び 10～11 層目のラミナの注入量は $63\sim 126\text{ kg/m}^3$ 、幅 25mm の燃えしろ部分＋幅 50mm の燃え止まり部分＋幅 75mm のコア部分から成る 4～9 層目のラミナの注入量は $42\sim 81\text{ kg/m}^3$ であった。このことから、薬剤 A は、燃え止まり部分には $60\sim 120\text{ kg/m}^3$ 程度、燃えしろ部分とコア部分には $20\sim 40\text{ kg/m}^3$ 程度の難燃薬剤が注入されていると推測される。

【試験体 No.3】スギ集成材。寸法 $350\text{mm}\times 350\text{mm}\times 1,000\text{mm}$ 、注入薬剤 B、燃えしろ層の厚み 25mm 、燃え止まり部分（インサイジング密度 1600 個/m^2 ）の厚み 75mm であった。薬剤注入量は、幅接ぎ前の最外層ラミナで $136\sim 191\text{ kg/m}^3$ 、幅 25mm の燃えしろ部分＋幅 150mm の燃え止まり部分から成る 2～4 層及び 11～13 層目のラミナで $145\sim 190\text{ kg/m}^3$ 、幅 25mm の燃えしろ部分＋幅 75mm の燃え止まり部分＋幅 75mm のコア部分から成る 5～10 層目のラミナで $119\sim 194\text{ kg/m}^3$ で、試験体 No.1 と同様、レーザインサイジングの有無による注入量の差は小さく、全てのラミナで 100 kg/m^3 を超える薬剤注入量があった。

【試験体 No.4】カラマツ集成材。寸法 $350\text{mm}\times 350\text{mm}\times 1000\text{mm}$ 、注入薬剤 B、燃えしろ層の厚み 25mm 、燃え止まり部分（インサイジング密度 12500 個/m^2 ）の厚み 75mm であった。薬剤注入量は、幅接ぎ前の最外層ラミナで $41\sim 51\text{ kg/m}^3$ 、幅 25mm の燃えしろ部分＋幅 150mm の燃え止まり部分から成る 2～4 層及び 11～13 層目のラミナで $72\sim 117\text{ kg/m}^3$ 、幅 25mm の燃えしろ部分＋幅 75mm の燃え止まり部分＋幅 75mm のコア部分から成る 5～10 層目のラミナで $68\sim 125\text{ kg/m}^3$ であった。

【試験体 No.5】カラマツ集成材。寸法 $250\text{mm}\times 500\text{mm}\times 1250\text{mm}$ 、注入薬剤 B。燃えしろ部分の厚みは、積層方向はラミナ 1 枚分の 25mm 、幅方向は 10mm 、燃え止まり部分（インサイジング密度 12500 個/m^2 ）の厚みは 50mm とした。全てのラミナに薬剤注入処理を行ったが、4～17 層目のラミナについては、薬剤注入に際し、コア部分（燃えしろ部分＋燃え止まり部分＋ 5mm を除く幅 60mm の部分）の表面と木口面に酢酸エチル 35～45%、酢酸ブチル 20～30% を主成分とするウレタン樹脂系溶剤型下塗り材（コニシ製ボンドシールプライマー #7）を塗布した。これは、ウレタン樹脂の塗膜を表面につくることでその部分での木材表面からの薬剤の注入を抑制することをねらったものである。難燃薬剤の注入処理をしたラミナは、両面を削って厚さ 25mm に仕上げるので、集成材の製造に当たってはこのウレタン樹脂の塗膜は取り除かれ、コア部分のラミナは薬剤が注入されない部分同士が接着されることになる。シールした個所での薬剤注入の有無の確認は行っていないが、試験体を所定の寸法に切断した際の断面の目視による観察でシール個所と未シール個所での注入後の断面の材色が著しく異なっていたことから、所期の目的は達成できたと思われる。注入量は、幅接ぎ前の最外層ラミナで $30\sim 41\text{ kg/m}^3$ 、幅 10mm の燃えしろ部分＋幅 115mm の燃え止まり部分から成る 2～3 層及び 18～19 層目のラミナで $48\sim 115\text{ kg/m}^3$ であった。また、4～17 層目のラミナについては、未シール部分（燃えしろ部分 10mm ＋燃え止まり部分 50mm ＋ 5mm ）にのみ薬剤が注入されたと仮定すると、その部分の注入量は $67\sim 149\text{ kg/m}^3$ であった。

【試験体 No.6】寸法（ $350\text{mm}\times 500\text{mm}\times 1,250\text{mm}$ ）以外の仕様は試験体 No.5 と同じである。薬剤注入量は、幅接ぎ前の最外層ラミナで $20\sim 31\text{ kg/m}^3$ 、幅 10mm の燃えしろ部分＋幅 165mm の燃え止まり部分から成る 2～3 層及び 18～19 層目のラミナで $45\sim 86\text{ kg/m}^3$ であった。また、4～17 層目のラミナの未シール

部分への薬剤注入量は $67\sim 153\text{kg/m}^3$ であった。

【コントロール】無処理の集成材 ($300\text{mm}\times 300\text{mm}\times 1000\text{mm}$) も作製し、耐火加熱試験に供した。

b. ISO834-1 耐火加熱試験

試験体 No.1～No.4 の耐火加熱試験は建材試験センターの水平加熱試験炉 (炉内の寸法：幅 $3\text{m}\times$ 奥行 $3\text{m}\times$ 深さ 1.5m) を用い、試験体 No.5 及び No.6 の耐火加熱試験は鹿島建設 (株) 技術研究所の耐火実験炉 (炉内の寸法：幅 $3\text{m}\times$ 奥行 $3\text{m}\times$ 深さ 3m) を用いて実施した。図 7-1 に試験体の設置状況の写真を示す。試験体への加熱は ISO834-1²⁾ の標準加熱温度曲線に従って行った。なお、試験体へは荷重を載荷していない。耐火加熱試験時の写真を図 7-2 に示す。加熱時間は 1 時間であるが、加熱終了後の燃え止まりの確認のため、最大 25 時間まで試験体を加熱試験炉内に放置し、試験体内部の温度を計測した。試験体が再燃し、試験継続が困難と判断した場合は、炉蓋を空けて試験体を取り出し、試験を中止した。燃え止まった試験体は、長さ方向の中央部で切断して、表面からの炭化深さを測定した。



図 7-1 耐火加熱試験の試験体設置状況



図 7-2 耐火加熱試験の状況

c. コーンカロリメータ試験

燃え止まり部分及び燃えしろ部分のスギ材及びカラマツ材の難燃性能を確認するため、インサイジングあり (スギ：インサイジング密度： 1600個/m^2 、カラマツ：インサイジング密度： 6200個/m^2 または 12500個/m^2) 及びインサイジングなしのスギまたはカラマツ材 (幅 $180\text{mm}\times$ 長さ $250\text{mm}\times$ 厚さ 30mm) に難燃薬剤 A または B を注入した試験体を上述と同様の注入方法で作製し、そこから $100\text{mm}\times 100\text{mm}\times 30\text{mm}$ の試験体を調整して、コーンカロリメータ (東洋精機製 Cone3a、輻射熱強度 50kW/m^2) による燃焼試験¹⁶⁾ を行った。試験体は、表 7-2 に示した 10 体で、評価項目は、着火時間、5 分間及び 10 分間の総発熱量とした。

ウ 結果

(1) インサイジング密度の検討

難燃薬剤を注入したスギ及びカラマツ試験体のコーンカロリメータ試験の結果を表 7-2 に示す。防火材料の性能評価試験において、準不燃材料または難燃材料の性能を満たすためには、コーンカロリメータ試験において、それぞれ、10 分間または 5 分間の総発熱量が 8MJ/m^2 以下でなければならない。

準不燃材料レベルの難燃薬剤を注入するためには、スギでは、難燃薬剤 A、B のいずれであっても、インサイジング無しでも十分な量の薬剤が注入できるが、辺材、心材等による注入性の差異等を考慮すると、むらの無い確実な注入を期するには、1600 個/m² 程度のインサイジング加工が望ましいといえる。

カラマツについては、薬剤 A は、インサイジングありでは、120kg/m³ 程度の注入量ならば準不燃材料レベルの性能だが、60kg/m³ 程度の注入量では難燃材料レベルの性能であった。また、インサイジングなしで 20 kg/m³ 程度の注入量での難燃性能は、無処理に比べやや改善された程度であった。一方、薬剤 B は、インサイジングありで、薬剤注入量が 70kg/m³ 程度以上あれば準不燃材料レベル、レーザによるインサイジングを行わず、40kg/m³ 程度の薬剤注入量しかなければ、無処理に比べやや難燃性能が付与された程度であることが確認できた。カラマツ材は難注入性であるため、インサイジングが有効であり、より確実な性能付与には、薬剤 B を選択し、12500 個/m² 程度のインサイジングを行うことが望ましい。

表 7-2 インサイジング密度、薬剤注入量とコーンカロリメータ試験の結果

難燃薬剤の種類	A					B				
樹種	スギ		カラマツ			スギ		カラマツ		
インサイジング密度 (個/m ²)	0	1600	0	6200	6200	1600	1600	0	12500	12500
薬剤注入量 (kg/m ³)	143	175	24	59	123	170	181	44	76	129
着火時間 (s)	未着火	未着火	54	88	未着火	未着火	未着火	12	未着火	未着火
総発熱量 5 分間 (MJ/m ²)	1.7	1.0	14.2	5.4	2.3	0.8	0.8	18.6	1.8	1.1
10 分間 (MJ/m ²)	4.8	3.0	30.7	12.5	5.8	2.1	2.5	29.6	4.6	3.2

(2) 耐火加熱試験結果

耐火加熱試験での燃え止まりの有無とその炭化深さを表7-1に示す。薬剤 A を注入した集成材は燃え止まらなかったが、薬剤 B を注入した集成材柱(試験体 No.3～6)は、1 時間の耐火加熱試験で、燃え止まることが確認された。カラマツ集成材(試験体 No.2、No.4、No.5、No.6)の内部温度変化を図7-3～図7-6に、燃え止まった試験体 No.3～No.6 の試験終了後の断面写真を図7-7～図7-10に示す。炭化深さや断面写真から、炭化の進行が燃え止まり層までで止まっていることがわかる。

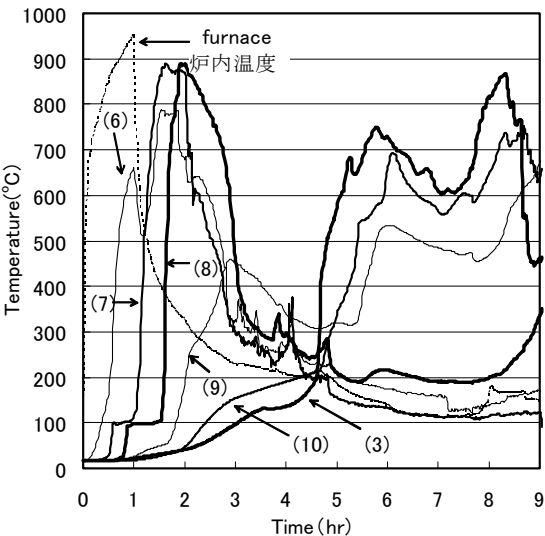


図 7-3 カラマツ集成材(No.2)の内部温度変化¹²⁾

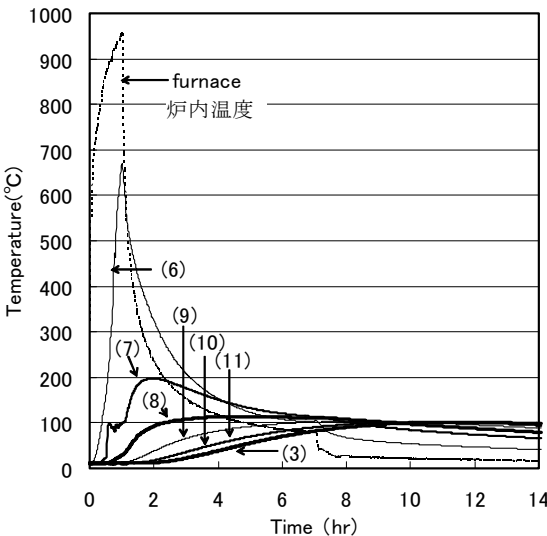


図 7-4 カラマツ集成材(No.4)の内部温度変化¹²⁾

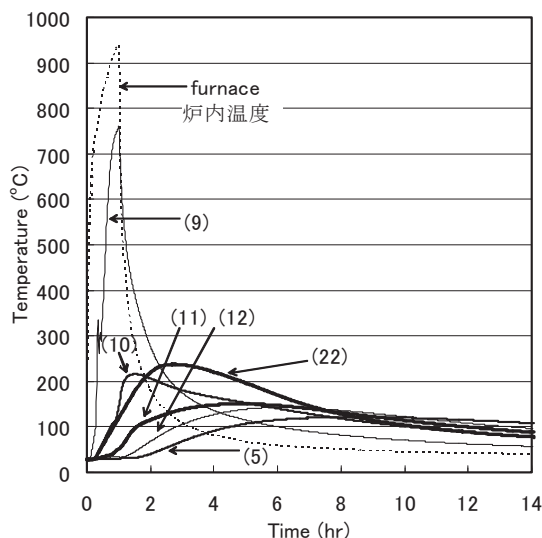


図 7-5 カラマツ集成材(No.5)の内部温度変化¹²⁾

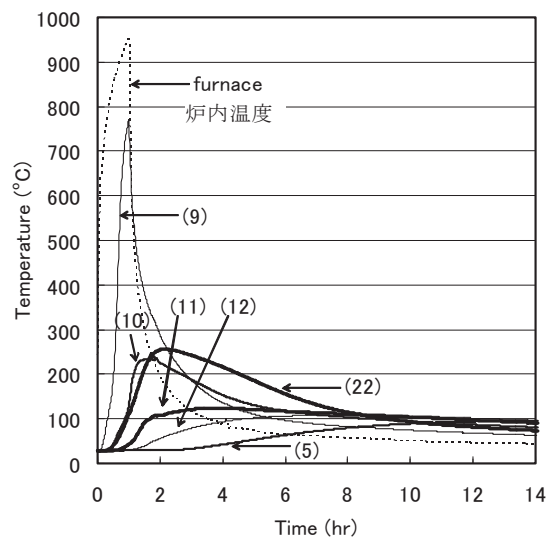


図 7-6 カラマツ集成材(No.6)の内部温度変化¹²⁾

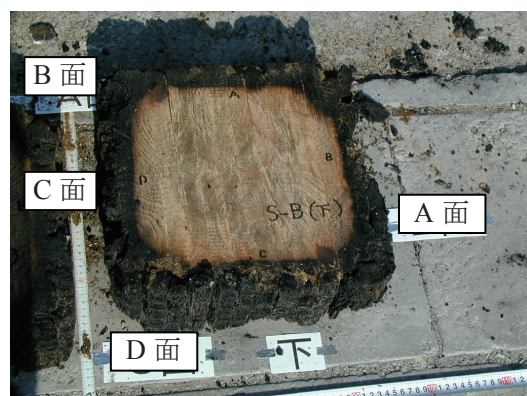


図 7-7 スギ集成材(No.3)の断面



図 7-9 カラマツ集成材 (No.5)の断面¹²⁾



図 7-10 カラマツ集成材 (No.6)の断面

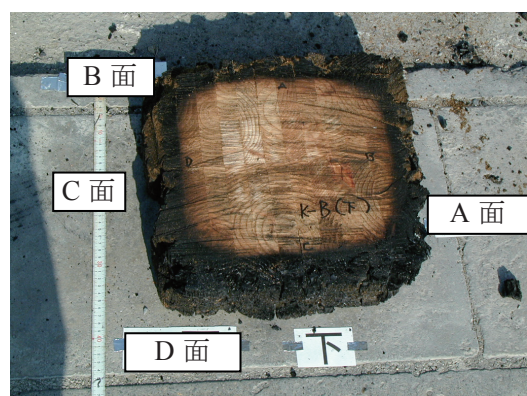


図 7-8 カラマツ集成材(No.4)の断面

無処理スギ集成材(断面寸法 300mm×300mm のコントロール試験体)、難燃薬剤 B を注入したラミナを積層した断面寸法 350mm×350mm のスギ集成材(No.3)とカラマツ集成材(No.4)の1時間耐火加熱試験時の試験体内部の温度分布の推計結果を図7-11に示す。この図より、加熱中は、無処理集成材、難燃処理集成材とも同じような材内温度上昇を示すが、加熱終了以降は、難燃処理集成材では炭化速度が鈍化し、集成材の中心温度も 100℃程度までは上昇するものの、最終的に燃え止まる様子がわかる。

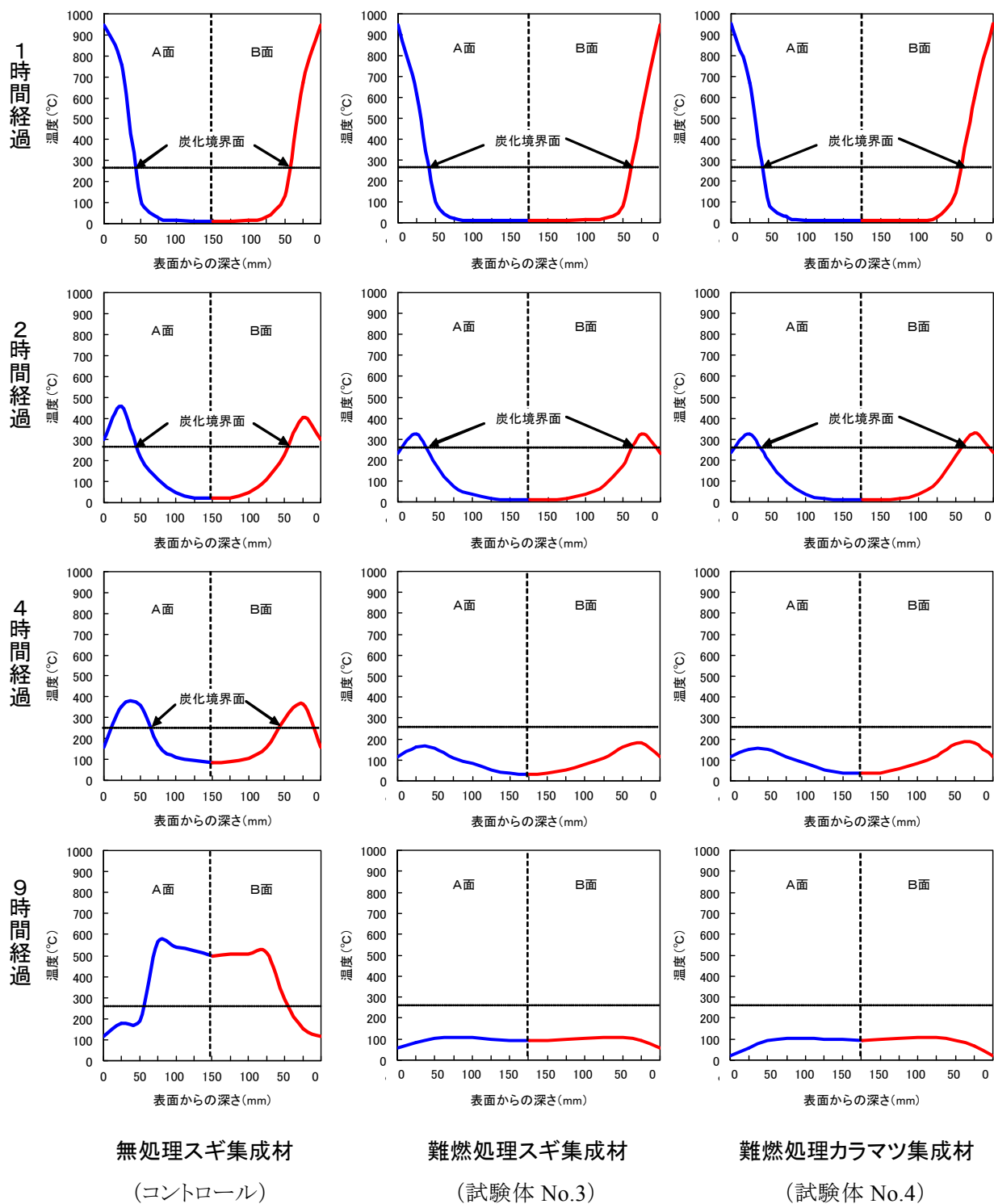


図 7-11 耐火加熱試験時の無処理集成材(コントロール)、難燃処理集成材(No.3,4)の内部温度
注 A 面:集成材の積層方向、B 面:集成材のラミナ平行方向

エ 考察

上記の耐火加熱試験の結果から、

- ①表層から 10～25mm には薬剤 B が 20～40 kg/m³ 程度注入された燃えしろ部分を配置する

②その内側に薬剤 B が 70kg/m^3 以上注入された燃え止まり部分を厚さ 50mm でシェル型に配置する

③燃え止まり部分の内側にあるコア部分には必ずしも難燃薬剤の注入は必要としない

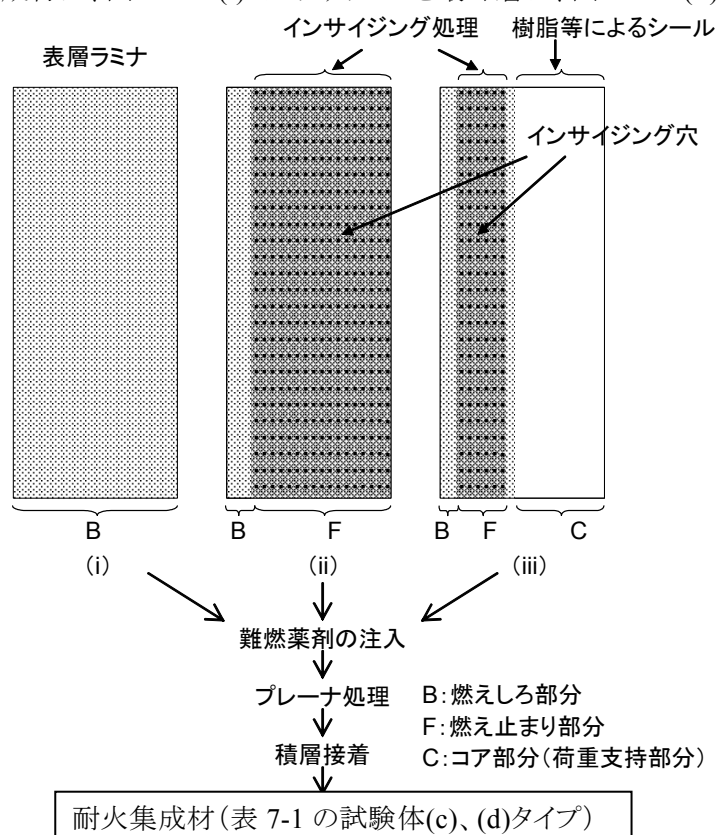
といった処理を行えば、断面積が $250\text{mm} \times 500\text{mm}$ 以上のカラマツ集成材は 1 時間の耐火加熱試験で燃え止まることが明らかとなった。実験結果を踏まえると、断面積 $350\text{mm} \times 350\text{mm}$ 以上のスギおよびカラマツ集成材でも同様な仕様で燃え止まるものと推測される。

燃えしろ部分への薬剤注入の必要性については更なる検討が必要だが、集成材の燃え止まりには、耐火加熱終了後の残じん抑制が不可欠なので、①に示した程度の難燃性能付与は必要と思われる。

カラマツは薬剤の注入性が悪く、燃え止まり部分に目標とする注入量を確保するためには、インサイジングが必要である。カラマツの場合、レーザインサイジングでは、インサイジング密度 12500 個/ m^2 の加工で、 70kg/m^3 以上の薬剤 B 注入量を確保することができ、準不燃材料レベルの性能付与が可能となる。

試験体 No.1 及び No.2 が燃え止まらなかった理由には、複数の要因が考えられ、上記の実験からだけでは特定できない。しかし薬剤の影響は無視できない。薬剤 A は、りん酸水素二アンモニウムとほう酸、四ほう酸ナトリウム水和物からなる薬剤で、燃焼抑制効果はあるものの、完全には残じんを抑制できない^{17,18)}。一方、薬剤 B はカルバミルポリりん酸アンモニウムを主体とする薬剤で、加熱時に発泡する性質を有しており、この発泡がレーザインサイジングにより形成された穴を塞ぐとともに試験体内外への空気や熱分解に伴う高温のガスや可燃性ガスの出入りを抑制し、燃え止まりに寄与したと推測される。

図 7-12 に耐火集成材の製造方法と使用するラミナの模式図を示す。薬剤注入量の異なる燃えしろ部分、燃え止まり部分、コア部分を有する集成材は、図 7-12(i) に示すラミナを最外層に、図 7-12(ii) に示すラミナを 2~3 層目に、そして図 7-12(iii) に示すラミナをコア部分が含まれる層に積層することで、それぞれの部分を幅接ぎすることなく一体的に製造することが可能となる。これは、集成材のまわりに高密度材や不燃材料を燃え止まり層として配置する方法に比べ、集成材製造ラインを利用して耐火集成材が製造できる点に利点がある。また、難燃薬剤を注入しないコア部分を設けることは、薬剤処理した木材の接着性能に関する懸念を最小限に抑える上で有効である。図 7-12(iii) で難燃薬剤がほとんど注入されないコア部分を設ける方法としては、薬剤注入に際し、その部分にウレタン樹脂系溶剤型下塗り材を塗布しておくことの有効性が示唆された。



オ 今後の問題点

本研究により、木材のみの構成で耐火加熱試験において燃え止まる集成材の仕様を開発したが、耐火構造の認定にあたっては、実物大の試験体を用い、所定の荷重値を負荷した状態での載荷耐火加熱試験に合格する必要がある。はりや柱での1時間耐火構造の認定取得に向けては、さらに研究開発を進めるとともに、接合部や他部材との取り合い部分の開発を行う必要がある。本研究は、平成20年度から実施される農林水産技術会議の「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」として採択された「国産材の新需要創造のための耐火性木質構造材料の開発」の中の課題に引き継がれ、森林総合研究所、東京農工大学、鹿島建設(株)の共同研究として、研究が行われることとなっている。

カ 要約

難燃処理部分をシェル型に配置することで、スギまたはカラマツ集成材を1時間の耐火加熱試験で燃え止まらせることに成功した。具体的な仕様は以下のとおり。

- ・難燃薬剤にはカルバミルポリリン酸アンモニウムを主成分とする薬剤が有効である。
- ・表層から10～25mmを燃えしろ部分とする。
- ・燃えしろ部分の内側に厚さ50mm以上の燃え止まり部分を設ける。
- ・燃えしろ部分には表面での赤熱防止のため20～40 kg/m³、燃え止まり部分には燃焼発熱抑制のため70kg/m³以上を目安に薬剤を注入する。
- ・コア部分には必ずしも難燃薬剤の注入は必要としない。

また、上記の集成材を製造する方法としては、ラミナの燃え止まり部分にはCO₂レーザによるインサイジングを行い、コア部分にはウレタン樹脂系溶剤型下塗り材を塗布して難燃薬剤を注入し、部位に応じて薬剤注入量の異なるラミナを作製し、これを積層接着することで、通常の集成材製造ラインでの集成材製造が可能であることを示した。

キ 引用文献

- 1) 例えば“建材試験センター：防耐火性能評価試験・評価業務方法書(2000年6月1日制定、2005年7月11日最終改訂)”，東京，4-9(2005)
- 2) International Organization for Standardization: Fire resistance tests – Elements of building construction. Part 1: General requirements ISO/FDIS 834-1, ISO, Geneva, Switzerland(1997)
- 3) 遊佐秀逸, 増田秀昭, 川合孝明, 上杉三郎, 並木勝義: 木質ハイブリッド構造の耐火性能に関する研究(その1) 耐火構造の実験的確認方法, 平成15年度日本火災学会研究発表会概要集, 106-109(2003)
- 4) 原田寿郎, 服部順昭, 安藤敬介, 宮林正幸: 1時間耐火加熱試験における大断面集成材柱の内部温度上昇, 第56回日本木材学会大会研究発表要旨集, 秋田, 112(2006)
- 5) 中村賢一, 宮林正幸: 大断面木材の耐火性(1), 木材工業 40(12), 563-567(1985).
- 6) 中村賢一, 宮林正幸: 大断面木材の耐火性(2), 木材工業 41(1), 9-12(1986).
- 7) 日本建築学会編集: “構造材料の耐火性ガイドブック”, 丸善, 東京, 10-14(2004)
- 8) 白岩昌幸, 遊佐秀逸, 増田秀昭, 川合孝明, 並木勝義, 斉藤春重: 木質系構造の耐火性能に関する研究 その8 燃え止まり柱部材の耐火性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集2004年度大会 A-2, 北海道, 137-138(2004)

- 9) 遊佐秀逸, 増田秀昭, 川合孝明, 並木勝義, 斉藤春重:木質系構造の耐火性能に関する研究 その6 実験概要と今後の展望, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2004 年度大会 A-2, 北海道, 133-134 (2004)
- 10) 大橋宏和, 安部裕, 岡日出夫, 堀長生, 山口純一, 高橋晃一郎:燃え止まり性能を有する木質構造部材に関する研究(その3 木製柱の載荷加熱実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集 2006 年度大会 A-2, 関東, 89-90 (2006)
- 11) 河原崎政行:集成材の耐火被覆材としての難燃処理木材の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 2005 年度大会 A-2, 近畿, 2005, pp.19-20 (2005)
- 12) 原田寿郎, 安藤恵介, 宮林正幸, 大内富夫, 宮本圭一, 上川大輔, 服部順昭:難燃処理層のシェルの型配置によるカラマツ集成材柱の燃え止まり技術の開発, 木材学会誌 54(3), 136-146 (2008)
- 13) Nobuaki Hattori, Akifumi Ida, Shigeru Kitayama, Masami Noguch: Incising of wood with a 500 watt carbon-dioxide laser, Mokuzai Gakkaishi 37(8), 766-768 (1991)
- 14) 服部順昭:木材のレーザ加工, 木材学会誌 41(8), 703-709 (1995).
- 15) 森林総合研究所監修:“木材工業ハンドブック改訂 4 版”, 丸善, 東京, p.808 (2004)
- 16) International Organization for Standardization: Reaction-to-fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method), ISO 5660-1 second edition, ISO, Geneva, Switzerland (2002)
- 17) 石原茂久:木材及び木質材料の難燃処理剤(I), 木材工業 45(1), 2-6 (1990)
- 18) 石原茂久:木材及び木質材料の難燃処理剤(II), 木材工業 45(2), 203-209 (1990)

謝辞

本研究の推進に当っては, (有)ティー・イー・コンサルティングの宮林正幸氏, 鹿島建設(株)技術研究所の大内富夫氏並びに宮本圭一氏の多大なご協力とご助言をいただいた。ここに感謝の意を表します。

(原田寿郎, 上川大輔)

第8章 新しい厚物構造用合板の製造技術と壁・屋根

への適用技術の開発

ア 研究目的

スギ等を用いた構造用合板の強度性能を向上させる手法として、複数樹種を複合することと、単板構成を変化させることを取り上げ、その強度性能を統計的に把握するとともに、強度性能を効率的に向上させるための断面設計法を確立する。縦継ぎを施した構造用合板を試作し、その強度性能を統計的に把握するとともに、最適な製造条件を導出する。さらに、縦継ぎ合板の性能を担保するための製造基準を作成する。

国産材を多用した新厚物合板を床以外の壁や屋根に適用する技術を開発し、厚物合板を有効に活用した木造住宅の構造設計手法を確立する。

イ 研究方法

(1) 新しい厚物構造用合板の製造技術の開発

複数樹種を複合した合板を試作し、その強度性能を統計的に把握した。原料樹種の強度性能から製造された構造用合板の強度性能を予測する手法を確立し、その最適製造技術について検討した。

0° 方向単板に高密度樹種(ラーチ)、90° 方向単板に国産針葉樹(スギ)を用いた厚さ 24mm の異樹種複合合板の曲げ性能の測定を行い、単板構成と曲げ性能の関係について検討した。

スギを用いた等厚 9 プライ 24mm 厚合板の 0° 方向単板を縦継ぎの対象とし、縦継ぎ仕様 A: 1,3,5,7,9 層(全層)、縦継ぎ仕様 B: 1,5,9 層(表層を含む 1 層おき)、縦継ぎ仕様 C: 1,9 層(表層のみ)、縦継ぎ仕様 D: 3,5,7 層(表層を除く全内層)、縦継ぎ仕様 E: 3,7 層(表層を除く内層 1 層おき)、縦継ぎ仕様 F: 5 層(中心層のみ)の各合板の曲げ試験を行い、縦継ぎが強度性能に与える影響について検討した。縦継ぎの仕様を図 8-1 に、曲げ試験方法を図 8-2 に示す。

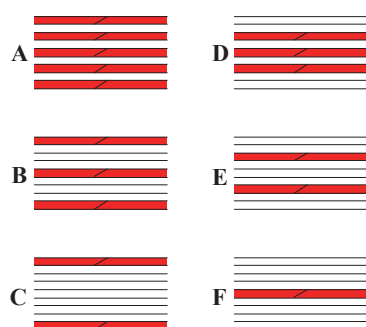
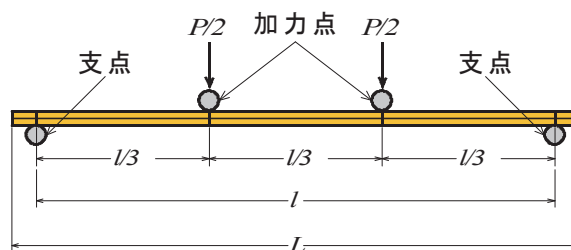
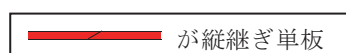


図 8-1 縦継ぎの仕様



$l=24t$ (材厚)、 b (材幅) = 50mm

縦継ぎの位置：せん断範囲、曲げスパン中央

縦継ぎのないものと比較

(2) 厚物合板の壁・屋根への適用技術の開発

壁長 1820mm、高さ 2730mm の軸組に対し厚物合板を釘留めして耐力壁を作成し、静的水平せん断試験に供した。面材の規格は JAS 2 級の構造用合板とし、樹種はスギとした。面材厚さは 24mm、28mm の 2 種類、面材寸法は 3'×6' 版(910×1820mm)および 3'×9' 版(910× 2730mm) の 2 種類とした。面材の張り方は大壁仕様、受け材真壁仕様、及びそれぞれの床勝ち仕様の計 4 種類、接合具は CN75 もしくは N75 をピッチ 150mm 又は 100mm で留め付けた。真壁仕様については受け材の留め付けピッチを狭めた仕様について検討した。さらに、床が施工された後に耐力壁が施工されることを想定した床勝ち仕様、柱間隔を 1820mm とした仕様、およびそれらを組み合わせた仕様、合板密度が異なる場合の耐力壁としての性能を検証するために実施した単板構成の異なる 4 種類の厚物合板を用いた仕様などについて、日本住宅・木材技術センターの定める「木造の耐力壁およびその倍率性能評価業務方法書」¹⁾に従って無載荷の柱脚固定式にて試験を行った。例として、大壁仕様の試験方法(試験体および試験装置)を図 8-3 に示す。

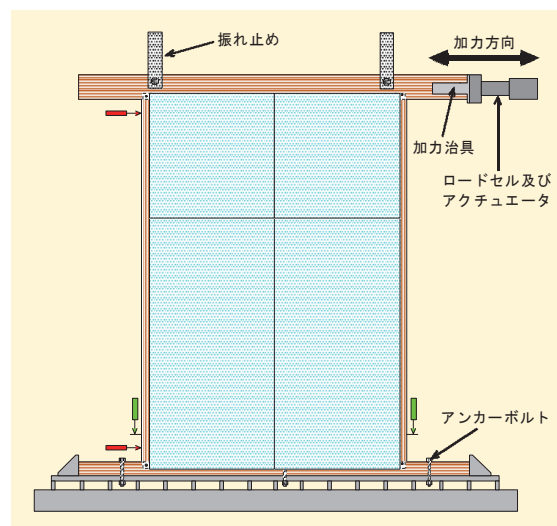


図 8-3 試験方法（大壁試験体および試験装置）

東京・東北合板工業組合が倍率認定を取得した大壁仕様、真壁仕様に対して振動台を用いた動的試験を実施した。動的試験の様子を図 8-4 に示す。水平せん断試験結果から得られた壁倍率を元に積載荷重を決定した。即ち、層せん断力係数 ($C_0=$) 0.2 として地震力を算定した時の許容される最大荷重を求め、それに相当する錘を梁に緊結した鉄骨架台に載荷することとした。しかしながら、今回実施した耐力壁は倍率が非常に高いため、全ての錘を載荷しても想定した荷重の 90%程度となった。よって、入力地震波レベルを約 110%にすることで、想定した地震波が 100%の大きさで入力されるものとして実験を行った。なお、入力地震波は 1995 年の兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された実地震波で、NS 方向成分を入力した(以下、JMA 神戸波)。実験実施にあたっては、1 体目で伝達関数を求めた後に JMA 神戸波の 50%、80%、110%を入力して各入力レベルに対する耐力壁の損傷程度を調べ、2, 3 体目は 110%のみの入力とした。

切妻屋根を対象に、登り梁に厚物合板を直接釘打ちした屋根構面の静的水平せん断試験を行い、従来の母屋と垂木を用いた仕様との性能比較を行った。試験の様子を図 8-5 に示す。



図 8-4 動的試験の様子



図 8-5 屋根構面の静的水平せん断試験の様子

ウ 結果、エ 考察

(1) 新しい厚物構造用合板の製造技術の開発

スギ・アカマツ・カラマツ・ラジアータパイン・ラーチ・ラワンを原料とした単一樹種および異樹種複合厚物合板の曲げ性能の測定結果を比較すると、単一樹種の場合、スギがもっとも低いレベルとなり、ラーチ・ラワンなど高密度樹種の合板は高い性能を示した。異樹種複合合板の曲げ性能は、上記の序列の範囲に分布し、おおむね合板の密度と正の相関を持つが、表層単板がスギの場合、密度から予測される程度には曲げ性能の向上は見られなかった。そこで、各単板の原料樹種の特性を見るために、各合板の曲げ性能から単板の曲げ性能を算出すると、樹種毎にはほぼ一定の値となった。0° 方向の合板の実大曲げ性能から算出した構成単板の物性値を用いて、平行層理論により 90° 方向の合板の曲げ性能を算出すると、小試験体による測定値と良い相関を示したことから、原料樹種の物性値から合板の曲げ性能を予測することが可能であることがわかった。計算値のバラツキの原因として、節等の欠点の影響における寸法効果と表層および内層の単板等級による強度差の影響が考えられるが、0° 方向の合板の小試験体による曲げ性能から算出した場合と比較したところ、後者の影響の方が大きいことがわかった。以上の結果より、異樹種複合合板においては、密度の高い樹種の単板を表層に配置する方が強度性能の向上効果は高く、その程度は平行層理論によって予測可能であるといえる。

等厚 9 プライの異樹種複合合板(0° 方向単板比率=55.6%)の曲げ強度はおよそ 40MPa と高い値を示し、全層高密度樹種を用いた単一樹種合板とほぼ一致した。本年用いた異樹種複合合板の密度は、全層高密度の単一樹種合板より低く、90° 方向単板にスギ材を用いることで、同レベルの曲げ強度を得ながら、合板の低密度化が可能となることがわかった。同一の構成樹種であっても、0° 方向単板比率が異なる場合、曲げ性能も変化する。平行層理論に基づき、昨年度の研究成果より得られた単板の性能と断面係数、断面 2 次モーメントから合板の曲げ性能を算出すると、理論値と測定値はほぼ一致した。そこで、針葉樹を用いた構造用合板 1 級の最高等級である E80-F270 の要求性能(MOE=8.0GPa、MOR=27MPa)を満たすための単板構成を予測し、試作合板の曲げ強度を測定したところ、両者はほぼ一致し、0° 方向単板比率=43.7%で要求性能を達成可能であることが確認できた (図 8-6)。

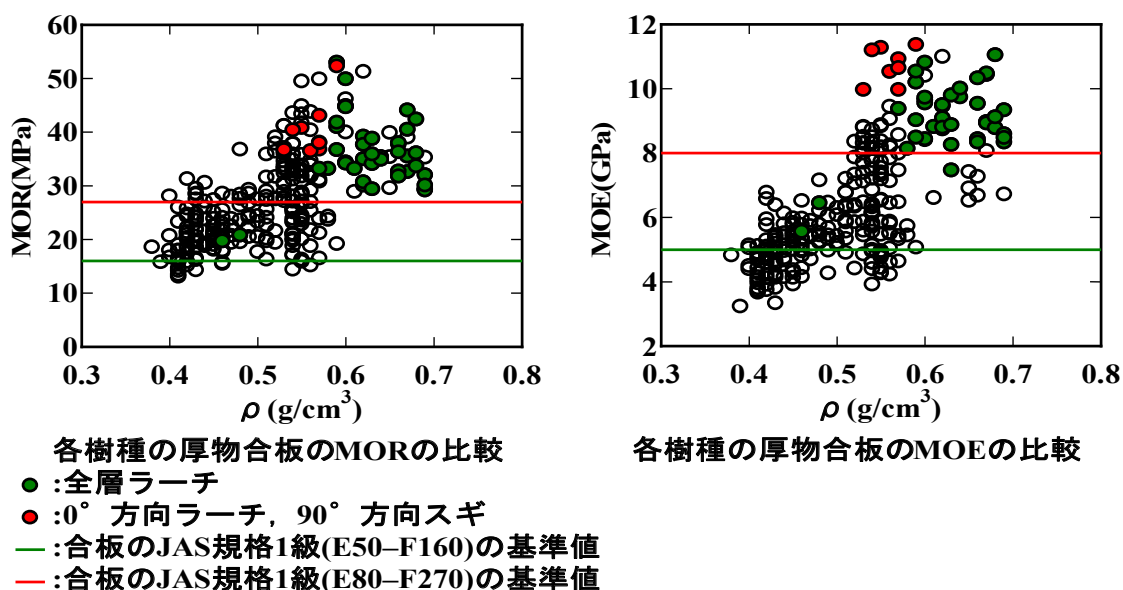


図 8-6 ラーチ・スギ複合合板の曲げ性能の検討

各試作合板から採取した縦継ぎなしの試験体(対照試験体:試験体 1)と縦継ぎを 1/2 セン断範囲の中央部に配置した試験体(試験体 2)の曲げ性能を比較すると、縦継ぎ仕様 A、B では、試験体 2 の平均値は試験体 1 のそれらより若干低く算出された。試験体 2 における縦継ぎ位置の場合、縦継ぎは主として層内せん断性能に影響を及ぼすが、全縦継ぎ仕様で有意な差はみられなかった。層内せん断性能は単板間の接着力に依存すると考えられることから、縦継ぎは単板間の接着力には影響しないといえる。試験体 1 と縦継ぎを加力スパンの中央部に配置した試験体(試験体 3)を比較すると、縦継ぎ仕様 A、B、C では、試験体 3 は曲げ強さ(MOR)、曲げヤング係数(MOE)ともに有意な低下を示した。MOE については、合板の JAS 規格基準値(=3.5GPa)は概ね満たされていたが(図 8-7)、MOR については低下が著しく、とくに縦継ぎ仕様 A では約 35%にまで低下している(図 8-8)。したがって、本研究で供試した試料合板の場合、表層単板に縦継ぎを含まない仕様 D、E、F が適しているといえる。単板の縦継ぎは、従来使用できなかった短尺丸太材を合板原料に使用可能とする技術であり、この技術の活用によってスギ等国産材の有効利用を促進できる。

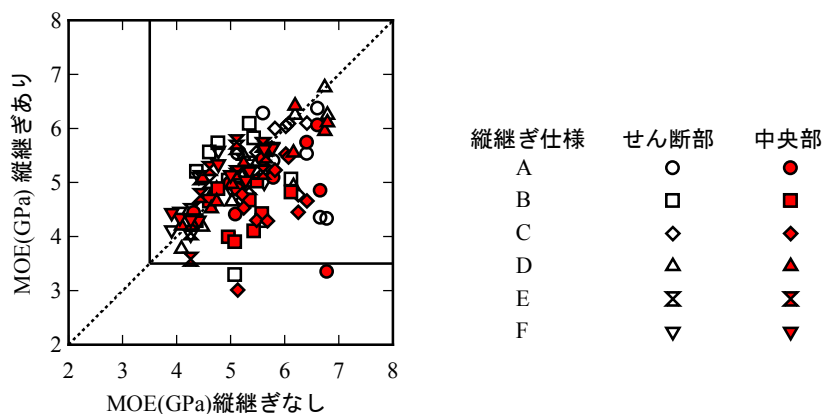


図 8-7 縦継ぎなし試験体と縦継ぎあり試験体の MOE の比較

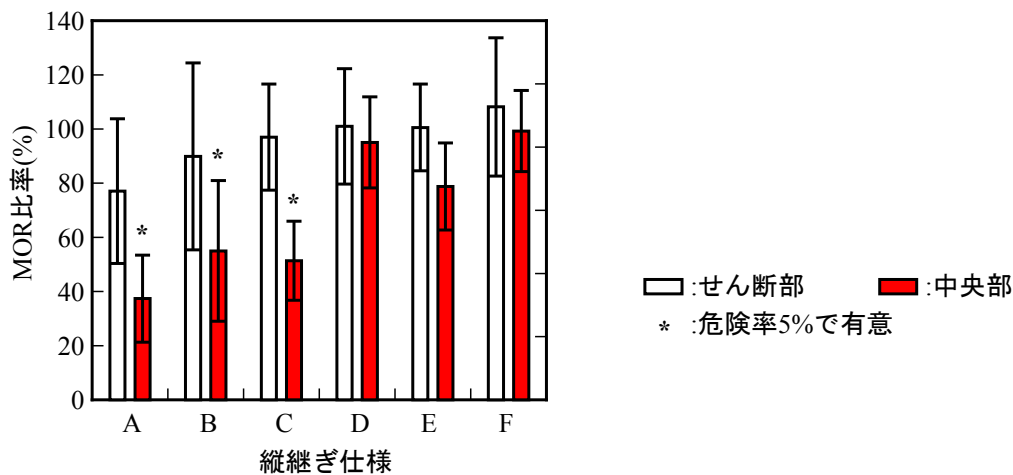


図 8-8 MOR の比率 (試験体 2, 3/試験体 1)

(2) 厚物合板の壁・屋根への適用技術の開発

水平せん断試験から得られた荷重と見かけのせん断変形角の関係を図 8-9 に示す。これらの関係から試験特性値を算出し、短期基準せん断耐力を求め、最終的に壁倍率評価を行った。その結果、大壁仕様では面材厚さは 24mm、釘は CN75@100 の時に最も高い性能を示し、倍率は 5.8 倍となった (ばらつき係数、低減係数を考慮しない値)。破壊形態についても、厚物合板を用いることで釘の引き抜けが支配的となり、長さ 75mm の釘を用いたことにより変形能も高く粘り強い性状を示すことが明らかとなった。真壁仕様時には、厚物合板が軸組内で突っ張る事による筋かい効果により耐力を発揮するため釘の種類やピッチにはあまり影響を受けなかったが、面材厚さを 24mm、面材の留め付けを CN75@100 とし、さらに受け材の留め付けを CN90@150 にすることで倍率 5.6 倍が得られた (ばらつき係数、低減係数を考慮しない値)。床勝ち仕様については、通常の大壁仕様、真壁仕様と同等以上の性能を有することが明らかとなった。

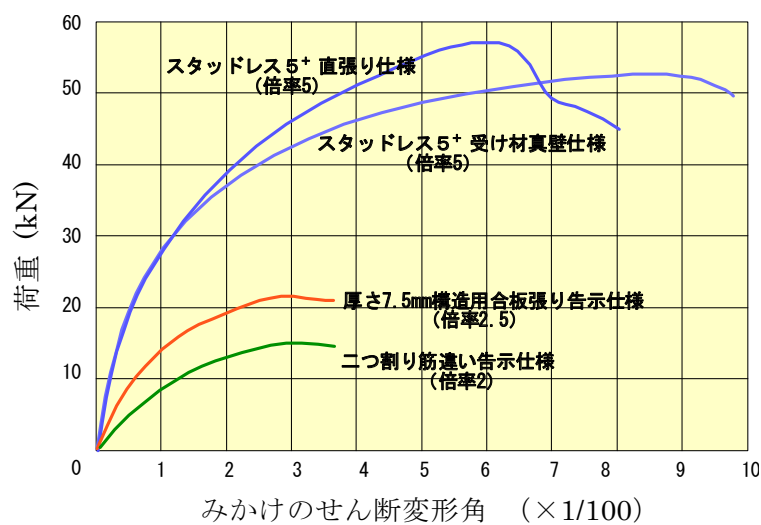


図 8-9 水平せん断試験より得られた荷重-みかけのせん断変形角関係

厚物合板の密度と耐力壁の各種性能との関係を図 8-10 に示す。降伏耐力、終局耐力、剛性、壁倍率は正の関係を示し、変形性能（降伏耐力時変形角、終局耐力時変形角）は負の関係を示した。これにより、合板密度を予め把握しておけば、耐力壁としての性能がある程度正確に予測できることが明らかとなった。

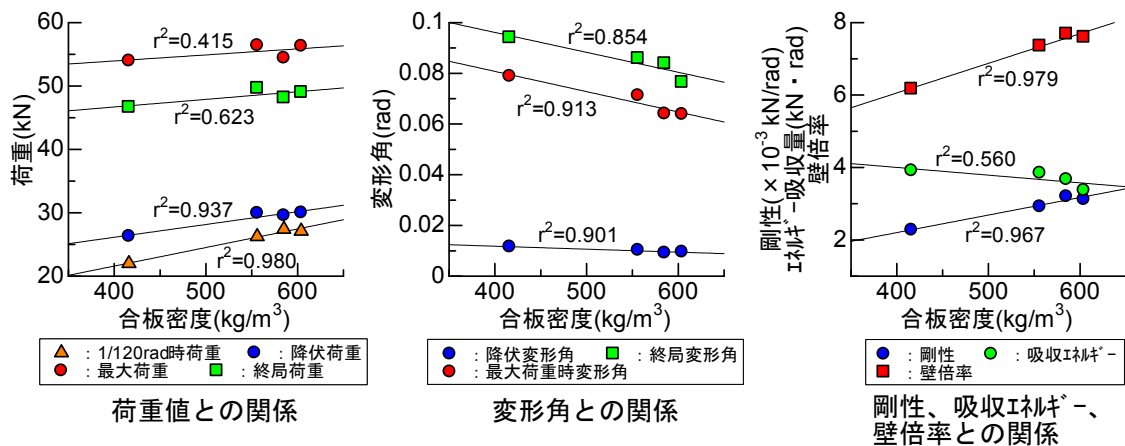


図8-10 合板密度と耐力壁の性能との関係

動的試験の結果から荷重と層間変位の関係を求め、同一仕様の静的試験結果と比較した（図 8-11）。大壁仕様では、最大耐力、降伏耐力、終局耐力は 3～4 割上昇し、初期剛性は 7 割上昇したが、逆に最大荷重時変位や降伏変位など変形能に関わる特性値は 2 割程度減少した。真壁仕様では、タイロッドによる拘束と鉄骨架台により梁の曲げ変形が拘束された影響で耐力低下が起きず、最大耐力を始めとする耐力に関わる性能は 6 割程度上昇し、変形能も上昇した。また、破壊性状は動的試験と静的試験で大きく異なり、大壁仕様では静的試験では見られなかった釘頭のパンチングアウトが一部に観察された。真壁仕様では、合板が土台・梁に大きくめり込み、軸組部材の曲げ破壊やホールダウン金物の変形は見られなかった。

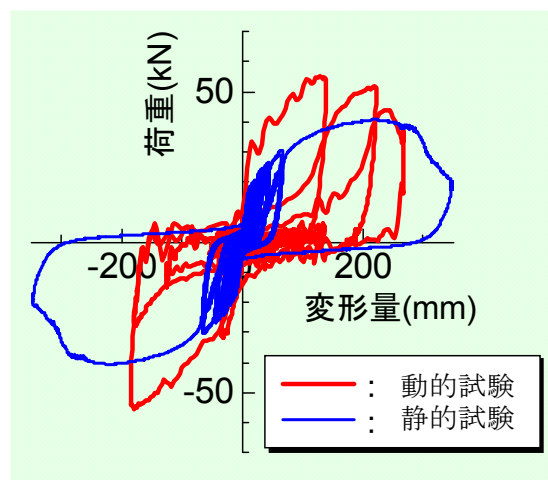


図8-11 動的試験と静的試験の荷重 - 層間変位関係の比較（大壁仕様）

屋根構面に関しては、登り梁に厚さ 28mm の構造用合板を直接釘打ちした仕様を開発した。本仕様では母屋と垂木を省略でき、さらに小屋裏空間を有効利用できるため新しい構工法の提案が可能となる。一例として、登り梁（間隔 910mm）に厚さ 28mm の構造用合板を釘打ち（釘 N75、150mm 間隔）した仕様（試験体名：R28-B05-R）および垂木（間隔 455mm）に厚さ 12mm の構造用合板を釘打ち（釘 N50、150mm 間隔）した仕様（試験体名：R12-J05-N）の水平せん断試験時の荷重 - 変形角関係を図 8-12 に示す。登り梁に厚さ 28mm の構造用合板を直接釘打ちした仕様の存在床倍率を実験より求めると 1.5 となり、品確法で定められている従来の屋根構面（厚さ 9mm の構造用合板を垂木に釘打ち(N50@150)した仕様）の存在床倍率 0.5 に対して十分高い値を示し、本仕様の有用性が示された。

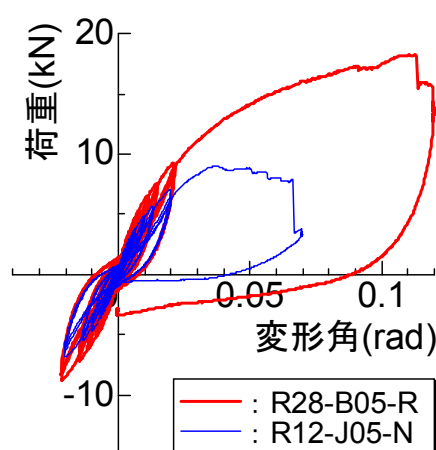


図8-12 屋根構面の水平せん断性能比較

オ 今後の問題点

現在工場において利用可能な単板の縦継ぎ装置はホットメルト接着剤のみが使用可能であり、縦継ぎ合板を合板の JAS 規格の認証対象とするためには、縦継ぎ部の接着耐久性に関する性能保証が必要となる。このことは既に製造者団体に対して指摘し、対応策の検討を要請しているが、接着剤の変更が不可能な場合、ホットメルト接着剤の耐久性評価が必要となるため、新規プロジェクト等で検討する必要があるが生じる。

カ 要約

複数樹種を複合した合板を試作し、その強度性能を統計的に把握した。原料樹種の強度性能から製造された構造用合板の強度性能を予測する手法を確立し、その最適製造技術について検討した。

0° 方向単板に高密度樹種(ラーチ)、90° 方向単板に国産針葉樹(スギ)を用いた厚さ 24mm の異樹種複合合板の曲げ性能の測定を行い、単板構成と曲げ性能の関係について検討した。

スギを用いた等厚 9 プライ 24mm 厚合板の 0° 方向単板を縦継ぎの対象とし、縦継ぎを含む単板の構成を変えた合板の曲げ試験を行い、縦継ぎが強度性能に与える影響について検討した。

軸組に厚物合板を様々な方法で取り付けた耐力壁の静的面内せん断試験を行い、厚物合板の強

度特性を有効に活用し得る仕様について検討した。優れた性能を有する仕様については、振動台を用いた動的試験を行い、動的性能についても検証した。また、床勝ち仕様や、面材横張り仕様などについても静的水平せん断試験を行い、性能を把握した。さらに、層構成を変化させた4種類の厚物合板を張った耐力壁の水平せん断試験を行い、合板密度と耐力壁の水平せん断性能との関係について考察した。

切妻屋根を対象に、登り梁に厚物合板を直接釘打ちした屋根構面の静的水平せん断試験を行い、従来の母屋と垂木を用いた仕様との性能比較を行った。

異樹種複合合板の曲げ性能は概ね合板の密度と正の相関を持つことがわかり、さらに高密度樹種の単板を表層に配置する方が強度性能の向上効果が高いことがわかった。また、その程度は平行層理論によって原料樹種の物性値から予測可能であった。異樹種複合合板の曲げ性能に関する断面設計法を考案し、強度性能の向上と軽量化を可能とする単板構成を導出した。

厚物合板(JAS規格特類2級、樹種:スギ)を張った軸組構法耐力壁について、仕様(直張り、受材真壁)、面材厚さ、釘種類、釘ピッチなどを変化させて水平せん断試験を行った結果、面材厚さを24mmとし、CN75釘を100mmピッチで留め付けた場合に最も優れた性能を示し、倍率5.0を超える高倍率耐力壁となることがわかった。この仕様の耐力壁に対し地震波を用いた動的試験を行った結果、静的試験と比較して耐力は上昇するものの、変形能は低下する傾向が見られた。床勝ち仕様についても通常の直張り仕様、受材真壁仕様と同等の性能を有することがわかった。

屋根構面に関しては、登り梁に厚さ28mmの構造用合板を直接釘打ち(N75@150)した仕様を開発した。本仕様では母屋と垂木を省略でき、さらに小屋裏空間を有効利用できるため新しい構工法の提案が可能となる。同仕様の水平せん断試験を行った結果、得られた存在床倍率は1.5となり、品確法で定められている従来の屋根構面(厚さ9mmの構造用合板を垂木に釘打ち(N50@150)した仕様)の存在床倍率0.5に対して十分高い値を示した。

現在工場において利用可能な単板の縦継ぎ装置はホットメルト接着剤のみが使用可能であり、縦継ぎ合板を合板のJAS規格の認証対象とするためには、縦継ぎ部の接着耐久性に関する性能保証が必要となる。このことは既に製造者団体に対して指摘し、対応策の検討を要請しているが、接着剤の変更が不可能な場合、ホットメルト接着剤の耐久性評価が必要となるため、新規プロジェクト等で検討する必要がある。

キ 引用文献

- 1) (財)日本住宅・木材技術センター：木造の耐力壁及びその倍率性能評価業務方法書，(2001)

謝辞

本研究を実施するにあたり、東京合板工業組合・東北合板工業組合に多大な御協力をいただいた。記して謝意を表する。

(杉本健一、渋谷龍也、青木謙治)

第9章 スギ等地域材の加工過程における供給拡大条件の解明

ア 研究目的

現在、スギ等地域材の合板・集成材等としての利用が各地で進められているが、原料の安定供給が大きな課題とされている。本研究は、スギ等地域材から集成材、合板等を生産する上での原料供給面での問題点を明らかにするとともに、これまで利用価値の低かった曲がり材や短尺材を含めた様々な形質の原木から、新集成材をはじめとする各種製品に要求される原料を生産する場合の歩止りや加工コストを明らかにし、原木をその形質に応じて効率的に利用して要求される原料を安定して供給する体制を構築するための情報を得ることを目的とする。

イ 研究方法

スギ等地域材を利用している製材工場、集成材工場、合板工場および原料入手先の森林組合、素材生産業者、原木市場を対象として、原料供給面における問題点、原木やラミナの形質、価格、入手経路、歩止り、製造経費等について聞き取り調査を行った。調査結果を分析し、原料の安定供給を行うための方策について類型化や共通項の抽出を行うとともに、スギ等地域材から集成材や合板を生産する上での加工コストについて検討した。

ウ 結果、エ 考察

(1) 合板・集成材原料としてのスギ等地域材の利用状況と問題点

表9-1に、調査対象工場におけるスギ等地域材の利用状況を示す。いずれの工場も原料としてはB材を利用しており、森林組合、素生協、原木市場が供給元になっている。近年、合板原料の針葉樹化が進む中で、合板工場における地域材の使用量、使用比率は急激に増加しており、原木消費量が15,000m³/月を超える工場も出現している。これらの合板工場は、現金決済である、安定的かつ大口である、多少のトビクサレは容認される等の理由から、供給側からすれば魅力的

表9-1 合板工場、集成材工場、製材工場における地域材の利用状況

工場		地域材(スギ)消費量 (m ³ /月)	主な原木供給元	原木価格 (円/m ³)
A	合板工場	8,000	森林組合、素生協	9,000
B	〃	16,000	森林組合、素生協	9,000
C	集成材工場	1,500	森林組合	9,500
D	〃	1,700	森林組合	9,000
E	製材(ラミナ)工場	6,000	原木市場	10,000

注) 原木消費量及び価格は平成17年調査時のものである。

な販路になっており、原木は安定的に供給されている。一方、集成材工場における地域材使用量は合板工場と比較すれば少なく、地域材を原料とした集成材の需要がまださほど多くないことを反映していると考えられるが、原木消費量が約 6,000m³/月の集成材ラミナ専門製材工場も出現している。

このように、地域材を大量に消費する合板工場、集成材工場が出現した結果として、B材価格の向上、造材時の歩止り向上等の良い影響が供給側にはもたらされている。しかし、民有林では皆伐面積が増加しており、原木価格が 9,000～10,000 円/m³ に設定されていることから再造林コストの捻出が困難となり、造林未済地が少なからず発生しているという問題が生じている。こうした状況は今後地域材の供給増加に伴ってさらに拡大することが懸念され、森林資源を持続的に利用するための対策が必要である。

(2) 集成材原料としてのスギ等地域材の加工コストの解析

スギラミナ生産を行っている製材工場における、原木価格、形量歩止り、ラミナ価格の調査結果例を表 9-2 に示す。競合する北欧材ラミナ価格を反映してスギラミナ価格は非常に低く抑えられている。製材コスト(原木ベース)を 3,000 円/m³ 程度にまで低減している大規模工場も出現しているが、スギラミナを生産している製材工場の経営は極めて厳しい状況となっている。

次に、乾燥条件等の聞き取り調査結果から試算した乾燥コストの結果を表 9-3 に示す。木屑焚きボイラーを導入している工場では 2,000～3,000 円/m³ であり、重油ボイラーを導入している工場と比較して乾燥コストが大幅に低かったが、工場によって人件費、ボイラーの規模、装置設置時の付帯設備工事費が大きく異なり乾燥コストにサイズ効果が反映されていなかった。そこで、

表 9-2 スギラミナ生産工場における調査結果

工場	原木形質	原木価格 (円/m ³)	形量歩止り (%)	ラミナ価格 (円/m ³)
A	直材	12,500～13,000	50～51	25,000～26,000
B	曲がり材	10,500～11,000	50～51	21,000～23,000

表 9-3 乾燥コストの調査結果

工場	生産量 (m ³ /月)	乾燥方法	ボイラー方式	乾燥コスト (円/m ³)
A	1,000	蒸気式	重油	4,870
B	3,000	蒸気式	木屑焚き	2,700
C	3,000	蒸気式+天然乾燥	木屑焚き	2,500
D	5,000	蒸気式	木屑焚き+重油	6,300

聞き取り調査を行った工場のうち月産 1,000 m^3 規模の工場を例にとって、重油ボイラーと木屑焚きボイラーを導入した場合の乾燥コストの違いを試算した結果を図 9-1 に示す。重油価格が 80 円/L の場合、重油ボイラーと木屑焚きボイラーを導入した場合の乾燥コストはそれぞれ 4,870 円/ m^3 、2,581 円/ m^3 であって 2,000 円以上の差があり、重油価格の上昇に伴いその差はさらに大きくなる。昨今の原油高を考え合わせ木屑を利用した乾燥コストの低減が有効であるといえる。

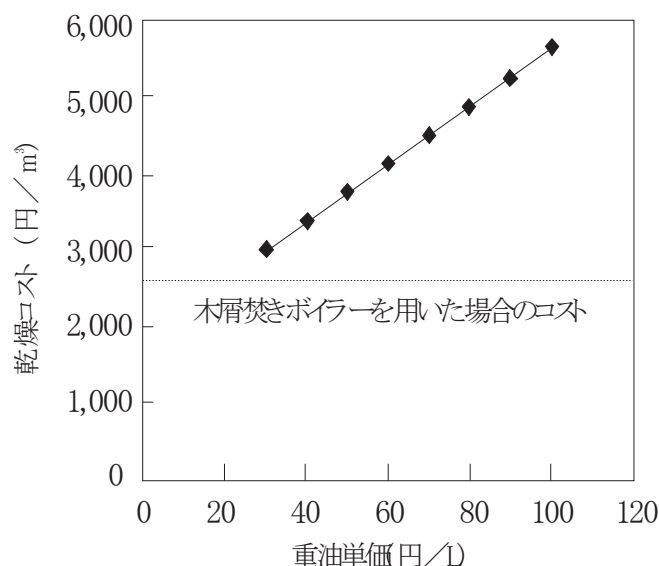


図 9-1 重油価格と乾燥コストの関係

ここで、製品価格が上昇、あるいは製材コスト、乾燥コストを低減した場合に、原木価格に上乗せ可能な金額について簡単な試算を行った結果を表 9-4 に示す。平成 19 年中の集成管柱価格は、最高値と最低値で 1 本当たり 500～600 円もの差があったが、乾燥コストを 2,000 円/ m^3 、製材コストを 1,000 円/ m^3 低減することは簡単に達成できるものではない。しかしながら、製品価格は為替変動をはじめとする諸要因によって大きく変動するので、やはり加工コストを削減しさらには伐出・流通コストを低減して山側に資金を還元していくことは原木調達の安定化を図る上で非常に重要であると考えられる。

(3) 合板・集成材原料としてのスギ等地域材利用の展望

平成 18 年に、宮城県内の素材生産業者 9 社に対して今後の素材生産量の拡大可能性についてアンケート調査を行った。また、合板および集成材原料としての地域材利用の展望について、日本合板工業組合連合会(日合連)および日本集成材工業協同組合(日集協)への聞き取り調査を行った。

素材生産業者に対するアンケート調査の結果、今後 1～3 割増産可能と回答した企業が 9 社中 6 社、3～6 割増産と回答した企業が 9 社中 2 社であり、供給の余力はそれほど大きくないことが明らかとなった。また、9 社中 6 社が今後の立木購入は困難になると回答した。この背景には、合板用素材と製材用素材の価格差が小さくなったことによる安い立木価格の影響があることがわかった。

一方、日合連によれば、合板用原木の受け入れ価格は製材用原木よりも低いのにもかかわらず、現金決済であることなどの魅力があるため製材用原木の一部が合板用に仕向けられる動きが見られ、これが平均原木価格を押し下げ地域材の供給拡大を鈍らせる要因になるのではないかと懸念しているということであった。また、日集協によれば、集成材原料としての地域材利用は、カラマツに関しては軌道に乗りつつあるがスギに関しては思うように伸びておらず、スギ集成材販売で実績を上げているメーカーは、原料調達との製品販売の両面で市場の信頼を得ているということであった。

平成 19 年後半は木材需要が低迷し、調査対象の中には 40%の減産を行っている集成材工場もあったが、需用の回復に伴い合板、集成材原料としてのスギ等地域材利用も回復すると考えられる。特に合板原料としてのスギ利用は、歩止りや乾燥に難点があり加工コストはかさむものの、北洋材の高騰などを背景に今後も増加すると考えられる。そのような中で、今後合板原料としてのスギ等地域材利用が増加すれば製材用原木が合板工場へ流れていく可能性も指摘されており、山側の供給力全体の底上げを図るとともに、製材用と合板用を仕分ける仕組みを構築するなどの方策も必要になってくるのではないかと考える。

表 9-4 製品価格・加工コストが変化した場合の原木価格の変化

	価格・コストの変化	原木価格の変化 (m ³ 当)
製品価格	+100 円／本	+1,188 円
乾燥コスト	-2,000 円／m ³	+792 円
製材コスト	-1,000 円／m ³	+600 円

試算条件: 原木価格12,000円、製材歩止り60%(ラミナ+他製品)、製材コスト(製品ベース)5,000円、乾燥コスト5,000円、スギラミナ歩止り(粗挽きグリーン→乾燥仕上げ)66%、仕上げラミナ価格45,000円(北欧材ラミナ価格をもとに算出)、製品価格2,000円／本

オ 今後の問題点

今後、外国産材の供給不安などにより合板、集成材原料としてのスギ等地域材利用がさらに増加することが予測される。製材用原木が合板工場へ流れていく可能性も示唆されており、山側の供給力全体の底上げを図り、製材(集成材)用原木と合板用原木を仕分ける仕組みを構築するなどの方策が必要になってくると考えるが、この辺りは十分に調査ができなかった部分である。合板、集成材を取り巻く市況がめまぐるしく変化する中で、流通、加工コストの低減を進め原木の価格向上と安定供給を図るためには、さらに詳細な調査を行う必要がある。

カ 要約

現在、スギ等地域材の合板・集成材等としての利用が各地で進められているが、原料の安定供給が大きな課題とされている。スギ等地域材の供給側と利用側を対象にして調査を行った結果、合板、集成材原料としてのスギ等地域材の原木価格は非常に安価であるため、再造林コストが捻出できず造林未済地が増加するなどの問題が発生していることが明らかとなった。こうした状況の中で、特に合板原料としてのスギ等地域材利用が急増しており、合板工場が行っている安定購入、現金決済などの仕組みは、原木の安定供給を行う上で効果的であることが明らかとなった。一方、スギ集成材ラミナ価格は、競合する北欧材ラミナの価格を反映して非常に低く抑えられており、スギ集成材ラミナ製造工場の経営は非常に厳しい状況であった。スギ集成材ラミナ工場において加工コストの低減を図るためには、木屑を利用した乾燥コストの低減が有効であることが明らかとなった。今後スギ等地域材の供給拡大を図るためには、加工コストだけでなく、伐出コストや流通コストを低減し、少しでも山側に資金を還元していくことが重要であるといえる。

キ 引用文献

(伊神裕司、小林功、久保山裕史、嶋瀬拓也)

付録 1

第 1 章、第 2 章共通の試験方法

1. 対象とする課題

・第1章

現行 JAS 規格外のラミナを用いた新集成材の製造と実大実験による強度性能評価

・第2章

現行 JAS 規格外のラミナ構成による新集成材の製造と実大実験による強度性能評価

2. 試験方法

2.1 試験体

①ラミナの曲げ・縦引張り・縦圧縮試験

試験体の断面寸法：30mm×120mm

試験体数：各（曲げ・縦引張り・縦圧縮）試験において、樹種・機械等級ごとに、各 40 体とする。

②集成材の曲げ・縦引張り・縦圧縮試験

対称異等級構成集成材（10ply、ラミナ厚一定（30mm））

試験体の断面寸法：曲げ及び縦圧縮試験体については 120mm×300mm、縦引張り試験については 105mm×300mm（ただし、引張り試験機の最大容量が 1000kN のため、予想される最大荷重が 1000kN を超える場合には、最大荷重が 1000kN 以下となるように長辺を小さくする。例えば、270mm、240mm）

試験体数：1 構成集成材ごとに各 6 体とする。

③集成材のめり込み・せん断試験

対称異等級構成集成材（原則 5ply、ラミナ厚一定（30mm））

試験体の断面寸法：120mm×150mm

FJ の位置・数：制限しない

等級：曲げ、縦引張り、縦圧縮試験に用いたものと同じ強度等級

試験体数：1 構成集成材ごとに各 30 体とする。

試験体の採取：材長 4000mm の供試材から図付録-1 にしたがって各試験体を採取する。ただし、試験体採取前のすべての供試材について、密度、縦振動法によるヤング係数を測定する。また、接合部試験体のみ除去した材長約 3000mm の部分について、たわみ振動法によるせん断弾性係数を測定する。

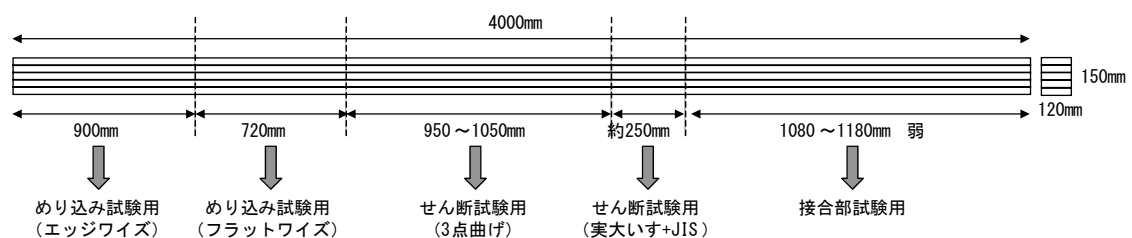


図 付録-1 めり込み・せん断試験体の採取方法

なお、試験体の製造において以下の項目を明確にし、記録する。

接着剤（FJ、積層）、FJ の形状、ラミナのグレーディング法（E-rate or MSR）

2.2 試験方法

①ラミナ

すべての試験体について、各強度試験を実施する前にあらかじめ曲げ及び縦振動法によるヤング係数を測定する。なお、縦圧縮試験体については曲げヤング係数の測定が不可能であるため、可能であれば、試験体の長さに調整する前の段階において測定する。

■曲げ試験：現行の集成材 JAS と同様の方法で実施する（図付録-2）。荷重点間に FJ を配置する。

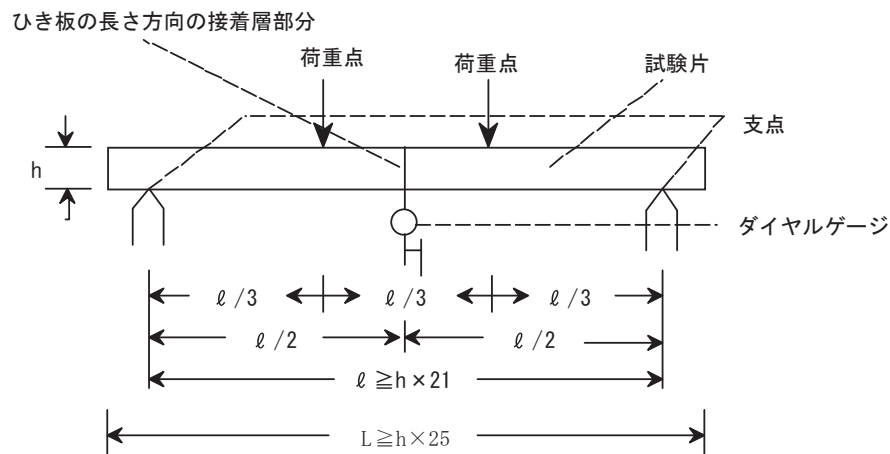
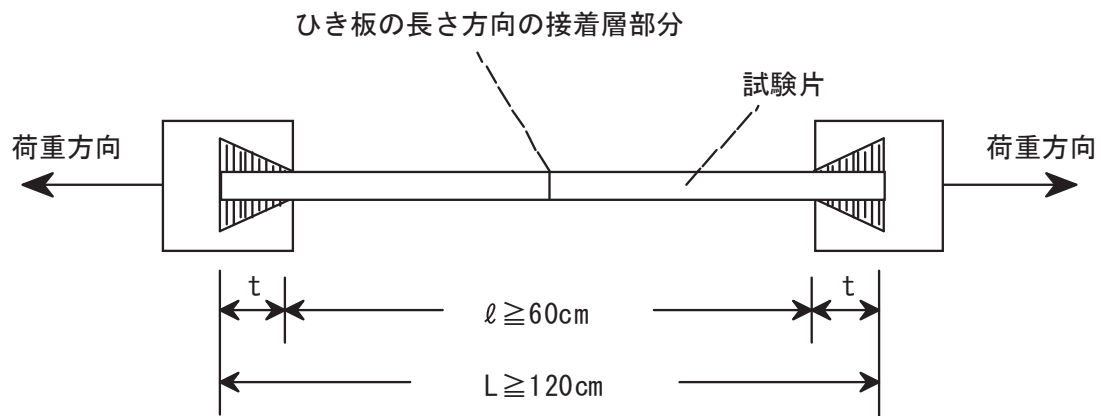


図 付録-2 ラミナの曲げ試験

■縦引張り試験：現行の集成材 JAS と同様の方法で実施する（図付録-3）。チャック間に FJ を配置する。



図付録-3 ラミナの縦引張り試験

■縦圧縮試験：図付録-4 に示した方法。全長の間中部（両材端から 30mm を除いた部分）に FJ を配置する。

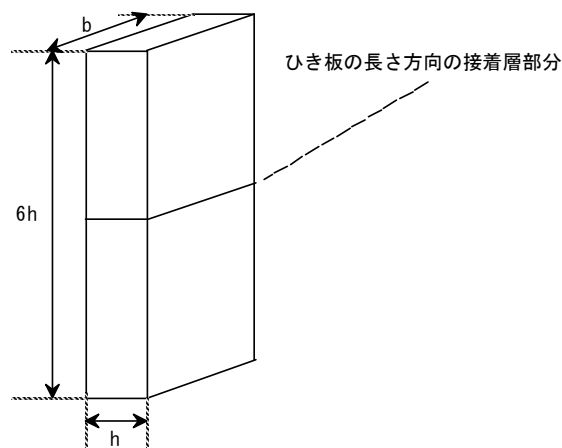


図 付録-4 ラミナの縦圧縮試験

すべての強度試験において、破壊形態を記録し、節が破壊に関与した場合にはその大きさ（節径）を測定する。

各試験終了後、破壊近傍から採取した厚さ約 20mm の試験体によって含水率を測定する。

②集成材

すべての試験体について、各強度試験を実施する前にあらかじめ縦振動法によるヤング係数を測定する。

また、縦引張り試験体については、材料試験機によって静的曲げヤング係数（JAS の方法）も測定する。なお、集成材 JAS に記載された試験（スパン）条件で実施できないものについてもできるだけ長いスパンで測定する。

なお、集成材製造の積層前の段階において、すべてのラミナについて縦振動法によるヤング係数を測定する。

■ 曲げ試験：現行の集成材 JAS の方法にしたがって、荷重点間距離を材せいの 4 倍、荷重点と支点間距離を材せいの 7 倍とした 4 点荷重方式によって実施する。ただし、最外層、外層ラミナについては荷重点間に少なくとも FJ1 つを配置する。また、支点間中央部に設置した変位計によって全スパンに対応するたわみを測定し、曲げヤング係数を算出する。

■ 縦引張り試験：図付録-5 に示した方法によって実施する。ただし、試験には横型材料試験機を使用し、伸びの測定によって縦引張りヤング係数を算出する。すべてのラミナについて中間部（図付録-5 では 2000mm の部分）に FJ を配置する。なお、試験を実施できない公立試験研究機関については、森林総研に試験体を搬入し、実施する。

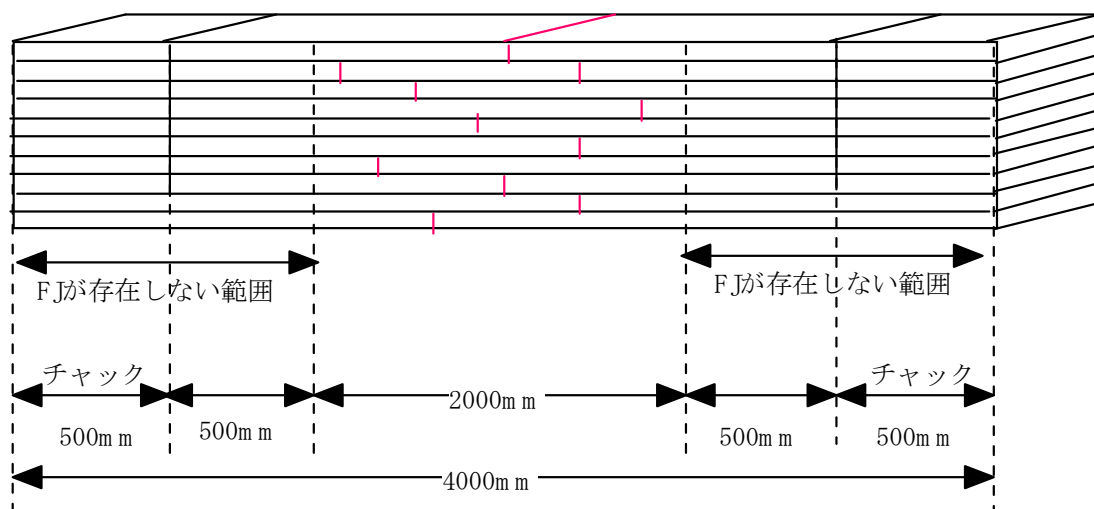


図 付録-5 集成材の縦引張り試験体

■ 縦圧縮試験：材長を試験体短辺の 6 倍として実施する。すべてのラミナについて中間部（両材端から 120mm を除いた部分）に FJ を配置する。なお、試験を実施できない公立試験研究機関については、森林総研に試験体を搬入し、実施する。

■ むり込み試験

試験体の材長：900mm（エッジワイズ）、720mm（フラットワイズ）

ただし、試験体を採取する際、加圧板直下と加圧板の両端から材せいの 1/2 の範囲にはできるだけ節を含まない

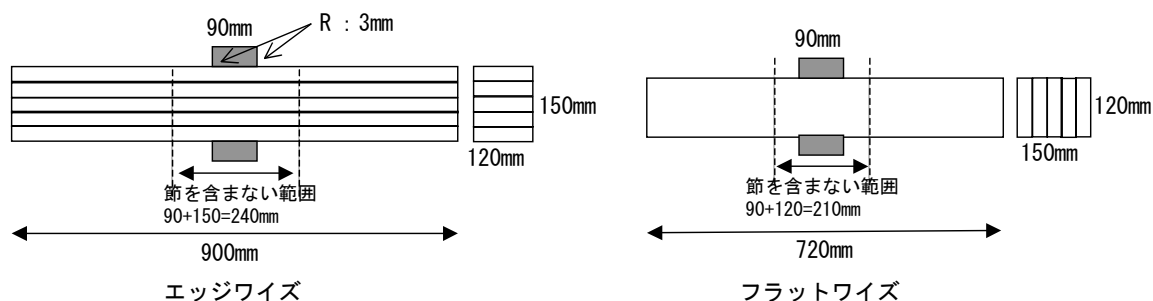
試験方法：ISO 方式（全長=材せいの 6 倍、材中間部上下加圧）

（加圧板がない場合は、森林総研で試験を実施する。）

試験体数：ラミナ構成（各自）×加圧方向（2 面）×試験体数（30 体）

測定項目：むり込み強さ、むり込み降伏強さ、むり込み剛性

その他：すべての試験体について、試験前に縦振動法によるヤング係数を測定する。



図付録-6 集成材むり込み試験

■ せん断試験

- ・ 3 点曲げ方式

試験体の材長：950～1050mm

試験方法：3点曲げ方式、スパンは材せいの5倍とする。

試験体数：ラミナ構成（各自）×試験体数（30体）

測定項目：せん断強さ（試験体がせん断で破壊しなかったときは、最大荷重からせん断強度を算出する。）

その他：すべての試験体について、試験前に縦振動法によるヤング係数を測定する。
上部加圧板はめり込み破壊が生じない程度の長さおよびRのものが望ましい。

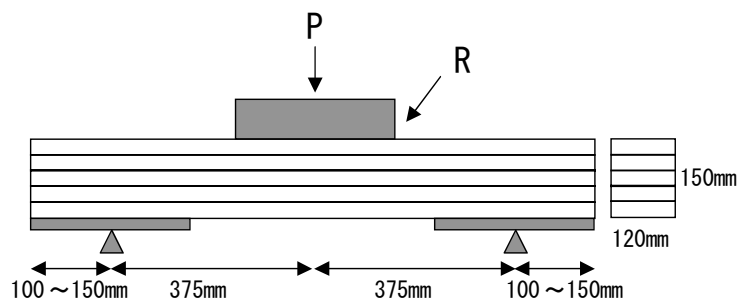


図 付録-7 集成材のせん断試験（3点曲げ方式）

・実大いす型方式

試験体寸法：せん断面積 $120 \times 120\text{mm}$ 、全長 150mm

内層ラミナがせん断面になるように試験体を採取する

試験方法：実大いす型治具を用いる（実大いす型治具がない場合は森林総研で試験を行う）。

試験体数：ラミナ構成（各自）×試験体数（30体）

測定項目：せん断強さ

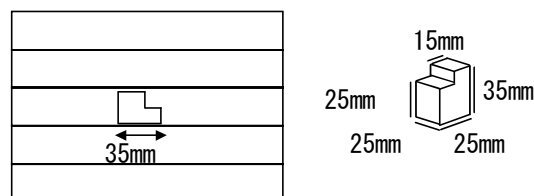
・JIS いす型方式

試験体：せん断面積 $25 \times 25\text{mm}$ 、全長 35mm、内層ラミナから試験体を採取する。

試験方法：JIS 治具を用いる

試験体数：ラミナ構成（各自）×試験体数（30体）

測定項目：せん断強さ



すべての強度試験において、破壊形態を記録し、節が破壊に関与した場合にはその大きさ（節径）を測定する。

各試験終了後、破壊近傍から採取した厚さ約 20mm の試験体によって、または試験体全部により含水率を測定する。

注1) 本プロジェクトにおいて使用するラミナの等級付け方法を報告する。具体的には、ヤング係数の測定方法、測定機器、それらの値に基づいた等級付けの方法等。

注2) 実施課題1については、試験方法に関する原則的な考え方は上記のとおりであるが、対象とする新集成材あるいは製造工程によっては困難であることも予想されるため、その場合は課題責任者と相談の上、多少変更することもやむを得ない。

付録 2

平成 19 年集成材 JAS 改正に関連する国土交通省告示

国土交通省告示第 83 号
平成 20 年 1 月 31 日

国土交通省告示第 117 号
平成 20 年 2 月 8 日

国土交通省告示第 306 号
平成 20 年 3 月 14 日

○国土交通省告示第八十三号

建築基準法施行令(昭和二十五政令第三三十八号)第九十四条の規定に基づき、特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件(平成十三国土交通省告示第二十四号)の一部を次のように改正する。

平成二十年一月三十一日

国土交通大臣 冬柴 鐵三

第一号イ中「令第八十二号の六」を「令第八十二号の五」に改め、同号ロ及び同第三号中「令第八十二号の六」を「令第八十二号の五」に改める。

第三号イ中「構造用集成材の日本農林規格(平成八年農林水産省告示第百十一号。以下「構造用集成材規格」という。)」を「集成材の日本農林規格(平成十九年農林水産省告示第百十一号。以下「集成材規格」という。第五号に規定する構造用集成材の規格に、非対称異等級集成材及び」

を「特定対称異等級集成材、非対称異等級集成材」に、「構造用集成材規格第三条に規定する集成材規格に適合するものに限る。」、集成材の日本農林規格(昭和四十九年農林水産省告示第六百十一号。以下「集成材規格」という)に適合する」を「及び同規格第六条に規定する化粧張り構造用集成材の規格に適合する」に改め、「化粧張り構造用集成材」の下に「(集成材規格第五条に規定する化粧張り構造用集成材の規格に適合するものに限る。)」を加え、「表五まで」を「表六まで」に、「表六及び表七」を「表七及び表八」に改め、第三号の表七中「及びべいすぎ」を「べいすぎ及びジャックバイン」に改め、同表を同表八とし、同表六中「及びべいまつ」を「べいまつ及びホワイトサイプレスバイン」に、「ボンデローサイバイン、おうしゅうあかまつ及びラワン」を「ボンデローサイバイン、おうしゅうあかまつ、ジャックバイン及びラワン」に

及びべいすぎ 二・〇

に改め、同表を同表七とし、同表五を同表六とし、同表四中

だし、せん断面に幅はぎ未解離ラミ合む構造用集成材にあつては、表中値に〇・六を乗じた数値とする。

「及びラワン」を「ジャックバイン及びラワン」に「及びべいすぎ」を「べいすぎ及びホワイトサイプレスバイン」とし、同表を同表五とし、同表三中「構造用集成材規格の別記3(ウ)表四」を

「集成材規格第五条表四」に改め、同表四枚以上の項中

二・五 二を E六五―F二五五 二〇・四 一八・〇 二五・二 E五五―F二五五 一八・六 一六・二 二二・五

に、同表三枚の項中 E六

五―F二四〇 一八・六 一八・〇 二四・〇

を E六五―F二四〇 一八・六 一八・〇 二五五―F二五五 一六・九 一四・九 二

四・〇 二・五 に、同表一枚の項中 E六五―F二五五 一八・六 一八・〇 二二・二

を E六五― E五五―

F二五 一八・六 一八・〇 二二・二 F二〇〇 一六・九 一三・五 二〇・〇

に改め、同表を同表四とし、同表一中「構造用集成材規格の別記3(ウ)表三」を「集成材規格第五条表三」に、

規格の別記3(ウ)表三を「集成材規格第五条表三」に、 E六〇―F二二〇 一五・六 一三・八

二二・〇 一六・二 を E六〇―F二二〇 一五・六 一三・八 二二・〇 一六・二 E六〇―F二二五 一四・三 一二・五 二〇・五 一六・〇 E五〇―F一七〇 一二・二 一〇・六 一七・〇 一四・〇

に改め、同表を同表二とし、同表一中「構造用集成材規格の別記3(ウ)表三」を「集成材規格第五条表三」に、

E六五—F二三五	一六・八	一四・四	二三・二	を	E六五—F二三五	一六・八	一四・
二二・二					E六五—F二三〇	一五・三	二三・
四					E五五—F二〇〇	一三・三	一一・
二二・〇							
六							

に「構適用集成材規格の別記3(ウ)表三」の「を」「集成材規格第五条表三」の「に」「構造用集成材規格の別記3(ウ)に」を「集成材規格第五条表一」に「及び表二」を「表三及び表四」に改め、同表の次に次の表を加える。

表一 特定対称異等級構成集成材の圧縮 引張り及び曲げの基準強度

強度等級	基準強度(単位 一平方ミリメートルにつきニュートン)	Fc	Ft	Fb
ME二〇—F三三〇	二〇・二	一七・六	三三・〇	それぞれの数値に、集成材の厚さ方向の辺長(単位センチメートル)が対応する集成材規格第五条表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする。
ME一〇五—F三〇〇	一七・九	一五・六	三〇・〇	
ME九五—F二七〇	一六・六	一四・五	二七・〇	
ME八五—F二五五	一五・九	一三・九	二五・五	

この告示は、平成十九年十二月二十四日から適用する。

附 則

国土交通省告示第百十七号

建築基準法施行令（昭和二十五年政令第百三十八号）第九十四条の規定に基づき、特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件（平成十三年国土交通省告示第百二十四号）の一部を次のように改正する。

平成二十年二月八日

国土交通大臣 冬柴 鐵三

第一号イ中「ただし、建築基準法施行令（以下「令」という。）第八十二条第一号から第三号までの規定によつて積雪時の構造計算をするに当たつては、長期に生ずる力に対する許容応力度は当該数値に一・三を乗じて得た数値と、短期に生ずる力に対する許容応力度は当該数値に〇・八を乗じて得た数値としなければならない。」を削り、同(1)中「令」を「建築基準法施行令（以下「令」という。）」に改め、同(3)の表を次のように改める。

建築物の部分	積雪時	積雪時以外	積雪時	積雪時以外
(一) 土台その他これに類する横架材（当該部材のめりこみによつて他の部材の応力に変化が生じない場合に限る。）	$\frac{1.5F_{cv}}{3}$	$\frac{1.5F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$
(二) 合（一）項に掲げる場合以外の場合	$\frac{1.43F_{cv}}{3}$	$\frac{1.1F_{cv}}{3}$	$\frac{1.6F_{cv}}{3}$	$\frac{2F_{cv}}{3}$

この表において、 F_{cv} は、木材の種類及び品質に応じて第三第一号に規定するめりこみに対する基準強度（単位：一平方ミリメートルにつきニュートン）を表するものとする。

第一第二号口中「ただし、令第八十二条第一号から第三号までの規定によつて積雪時の構造計算をするに当たつては、長期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に一・三を乗じて得た数値と、短期に生ずる力に対する許容応力度は同表の数値に〇・八を乗じて得た数値としなければならない。」を削り、同(3)の表を次のように改める。

強度等級	F _c	F _t	F _b	幅方向
E一七〇—F四九五	三八・四	三三・五	四九・五	三五・四
E一五〇—F四三五	三三・四	二九・二	四三・五	三〇・六
E一三五—F三七五	二九・七	二五・九	三七・五	二七・六
E一三〇—F三三〇	二五・九	二二・四	三三・〇	二四・〇
E一〇五—F三〇〇	二三・二	二〇・二	三〇・〇	二一・六
E九五—F二七〇	二一・七	一八・九	二七・〇	二〇・四
E八五—F二五五	一九・五	一七・〇	二五・五	一八・〇

この表において、 F_{cv} は、木材の種類及び品質に応じて第三第一号に規定するめりこみに対する基準強度（単位：一平方ミリメートルにつきニュートン）を表するものとする。

第二中「ただし、」の下に「土台その他これに類する横架材（当該部材のめりこみによつて他の部材の応力に変化が生じない場合に限る。）以外について、」を加え、第二第二号の表一を次のように改める。

表一 対称異等級構成集成材の圧縮、引張り及び曲げの基準強度

第三第二号の表二を次のように改める。									
表二 非対称異等級構成集成材の圧縮、引張り及び曲げの基準強度									
基準強度（単位 一平方ミリメートルにつきニュートン）									
F _c									
F _t									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									
積層方向（その数値に、集成材の厚さ方向の辺長（単位センチメートル）が対応する集成材規格第五表三の左欄の区分に応じて、同表右欄に掲げる数値を乗じたものとする）									
F _b									
幅方向									

樹 種	二枚	三枚	基礎強度(単位につきニュートン)	平方メートル
いたやかえで、かば、ぶな、みすなら、けやき及びアビトン たも、しおじ及びにれ	E一九〇―F五五五	四五・八	四〇・三	五五・五
	E一七〇―F四九五	四〇・五	三五・六	四九・五
	E一五〇―F四三五	三五・六	三一・四	四三・五
	E一三五―F三七五	三〇・四	二六・七	三七・五
	E一二〇―F三三〇	二七・四	二四・三	三三・〇
	E一〇五―F三〇〇	二五・五	二三・四	三〇・〇
	E九五―F二八五	二三・六	二〇・八	二八・五
	E八五―F二七〇	二二・一	一九・五	二七・〇
	E七五―F二五五	二〇・三	一七・八	二五・五
	E六五―F二四〇	一八・八	一六・五	二四・〇
	E五五―F二二五	一六・九	一四・九	二二・五
	E一九〇―F五一〇	四五・八	三六・六	五一・〇
	E一七〇―F四五〇	四〇・五	三三・四	四五・〇
	E一五〇―F三九〇	三五・六	二八・五	三九・〇
	E一三五―F三四五	三〇・四	二四・三	三四・五
	E一二〇―F三〇〇	二七・四	二三・九	三〇・〇
	E一〇五―F二八五	二五・五	二〇・四	二八・五
	E九五―F二七〇	二三・六	一八・九	二七・〇
	E八五―F二五五	二二・一	一七・七	二五・五
	E七五―F二四〇	二〇・三	一六・二	二四・〇
	E六五―F二二五	一八・八	一五・〇	二三・五
	E五五―F二〇〇	一六・九	一三・五	二〇・〇

第三第二号の表七を次のように改める。
表七 集成材のせん断の基準強度

ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べい ひ、ダフリカからまつ、ザザンバイン、べいまつ及び ホワイトサイプレスバイン	三・六	三・〇
づが、アラスカイエローシダー、ベにまつ、ラジアタ バイン及びべいづが	三・三	二・七
もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、 ラッジボールバイン、ボンドローサバイン、おうしゅ うあかまつ、ジャックバイン及びラワン	三・〇	二・四
すぎ及びべいすぎ	二・七	二・一

ただし、せん断面に幅はぎ未評価ラミナを含む構造用集成材にあつては、表中の数値に〇・六を乗じた数値とする。

○国土交通省告示第百六号

建築基準法施行令（昭和二十五政令第三百二十八号）第九十四条の規定に基づき、特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定める件（平成十三年国土交通省告示第百二十四号）の一部を次のように改正する。

平成二十年三月十四日

国土交通大臣 冬柴 鐵三

第三第二号口の表中「べいまつ」の下に「ホワイトサイプレスパイン」を加え、「すぎ及びべいすぎ」を「すぎ、べいすぎ及びジャックパイン」に改める。

附 則

この告示は、平成十九年十二月二十四日から適用する。

~~~~~

「交付金プロジェクト」は、平成13年度に森林総合研究所が独立行政法人となるにあたり、これまで推進してきた農林水産技術会議によるプロジェクト研究（特別研究など）の一部、および森林総合研究所の経費による特別研究調査費（特定研究）を統合し、研究所の運営費交付金により運営する新たな行政ニーズへの対応、中期計画の推進、所の研究基盤高揚のためのプロジェクト研究として設立・運営するものである。

この冊子は、交付金プロジェクト研究の終了課題について、研究の成果を研究開発や、行政等の関係者に総合的且つ体系的に報告することにより、今後の研究と行政の連携協力に基づいた効率的施策推進等に資することを目的に、「森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集」として刊行するものである。

~~~~~