

強化LVLを用いた木質構造接合部材の開発

奈良県森林技術センター 木材利用課 中田欣作

〒635-0133 奈良県高市郡高取町吉備 1 TEL:0744-52-2380 FAX:0744-52-4400

ドームや体育館などの大規模建築物が、集成材を用いた木質構造で建てられていますが、接合板に鋼板を用いているため、現場での施工性や接合精度に問題があります。

接合板に木質材料を用いることができれば、集成材との同時穴あけ加工が容易に行えるため、現場での施工性、加工精度の向上を図ることができます。また、鋼板に比べて重量が大幅に軽くなるため、取り扱いの面でも有利です。そのほか、火災安全性、結露に対しても性能の向上が期待され、建築物としての審美性も優れています。

そこで、スギ中径材のロータリー単板を原料にして強化LVLを製造し、木質構造物の接合部材への適用を検討しました。

これまでに、強化LVLの基礎的な強度特性を明らかにしたのち、強化LVL接合板の強度特性を調べるとともに、強化LVL接合部の構造安全性と火災安全性を実大試験によって検証しました。

実大実験モニターは、梁間方向 5.52m×桁行方向 6m×高さ 4.55m、床面積 33.12m²の実験用の木造建築物です。主要構造は、幅 150mm×厚さ 300mm のスギ大断面構造用集成材をスギ強化LVL接合板および接合ピンで接合した門型フレーム 3 体より構成されています。



森林技術センター内に設置した実大実験モニター



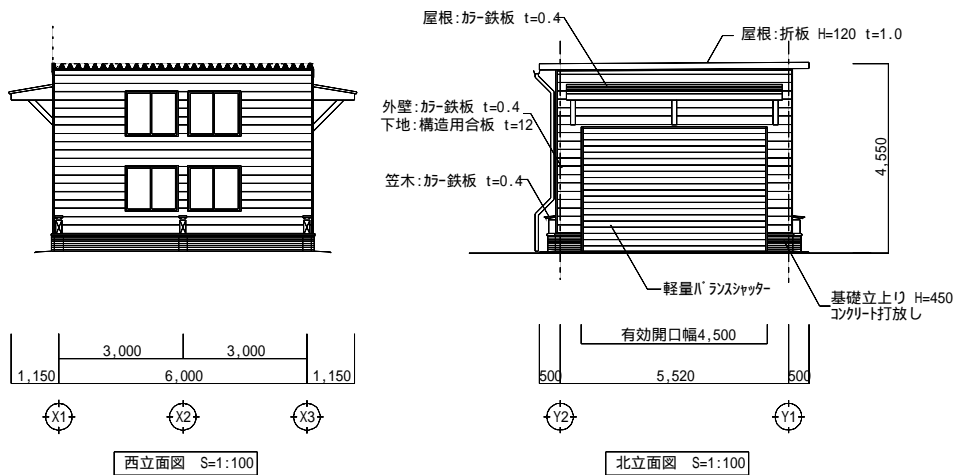
実大実験モニターに用いた強化LVL接合板と接合ピン

実大実験モニターの設計・試作・設置

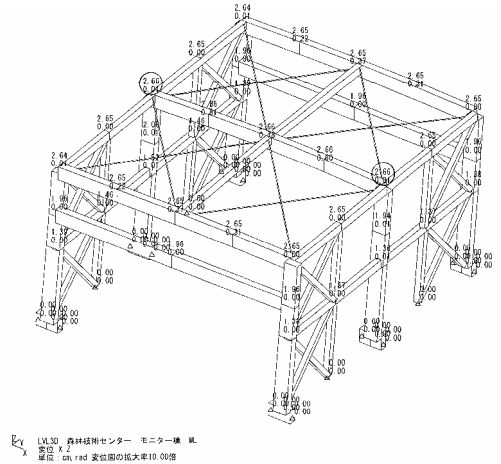
実大実験モニターは、梁間方向 5.52m×桁行方向 6m×高さ 4.55m、床面積 33.12m² の実験用の木造建築物です。主要構造は、幅 150mm×厚さ 300mm のスギ大断面構造用集成材をスギ強化 LVL 接合板および接合ピンで接合した門型フレーム 3 体より構成されています。

建物の設計

実物大の柱脚接合部のモーメント加力試験より得られた強度特性を基にして、門型フレームの強度計算を行いました。門型フレームは、水平加力試験を行った箱型フレームから土台の中央部分を切り取った形となっています。



実大実験モニターの設計図



解析結果

建物の試作

強化 LVL 接合では、集成材のスリットに強化 LVL 接合板を挿入した後、集成材と接合板の同時穴あけを容易に行うことができます。そのため、ガタツキがなく精度の高い接合部を現場加工で行うことが可能です。



工場で加工された柱部分



同時穴あけ作業



接合ピンの挿入

建物の設置



柱脚部の設置



門型フレーム



設置後

強化LVLを用いた箱型フレームの水平加力試験

強化LVL製の接合板および接合ピンを用いて高さ2730mm、幅2730mm(3P)の大断面集成材の箱型フレームを作製しました。接合板には、幅300mm×長さ634mm×厚さ22mmの強化LVLを用いました。接合ピンには、直径20mm×長さ150mmの強化LVL丸棒を用い、これを円形に8本配置しました。集成材は、幅150mm×厚さ300mm×長さ4500mm、E105-F300機械等級の異等級対象構成構造用集成材を用いました。

強化LVLの基礎物性

接合ピンには、平行積層強化LVL、接合板には、直交層を全体の約1/4とした強化LVLが適していました。接合ピンの強度性能は、元のスギ素材の3~5倍になり、ピン1本のせん断耐力は約25kNでした。

強度性能	単位	スギ素材	強化LVL
重量増加率	(%)	-	30
密度	(g/cm ³)	0.38	1.32
接合ピン			
ヤング係数	(kN/mm ²)	7.4	24.6
曲げ強さ	(N/mm ²)	62	267
接合板			
ヤング係数	(kN/mm ²)	-	20.4
曲げ強さ	(N/mm ²)	-	183
圧縮強さ	(N/mm ²)	29	139

基礎物性



曲げ試験



せん断試験

柱脚接合部のモーメント加力試験

柱脚接合部を作製し、モーメントアーム1400mmでのモーメント加力試験を行いました。1/450~1/50radまでのそれぞれ3回の正負交番繰り返し加力では、弾性的な挙動を示し、1/35radで接合ピンの破壊が生じました。その後は接合ピンの破壊が継続しながら荷重が増加し、接合ピンの集成材へのめり込みにより粘り強い接合性能を示しました。



モーメント加力試験



1/50rad 時の変形状態



破壊形態

箱型フレームの水平加力試験

1/450~1/50radまでの繰り返し加力では弾性的な挙動を示し、1/40radで接合ピンの破壊が生じました。その後は接合ピンの破壊が継続しながら荷重が増加し、接合ピンの集成材へのめり込みにより粘り強い接合性能を示しました。1/7radにおいても強化LVL接合板に破壊は認められませんでした。構造特性係数Dsは0.32を示し、降伏耐力、終局耐力、最大荷重、1/120rad時の耐力を壁の長さ2.73mで除して求めた壁倍率は、それぞれ3.5、3.4、3.8、1.3となりました。



水平加力試験



1/7rad 時の変形状態

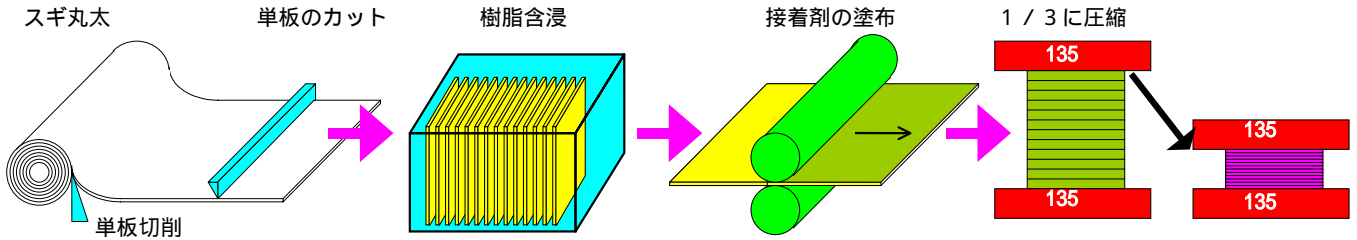


破壊形態

強化LVLを用いた木質構造接合部材

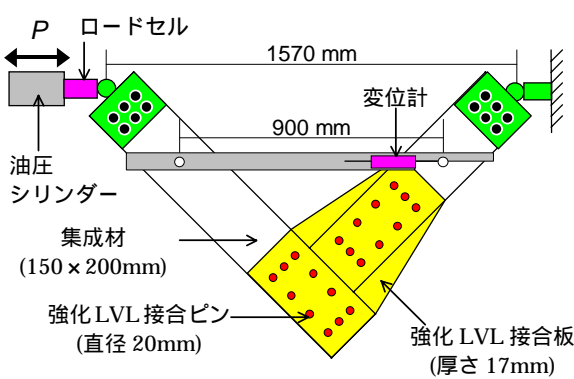
強化LVLの製造方法

直径 20~28cm のスギ丸太から厚さ 3mm のロータリー単板を作製し、辺材部分の単板にフェノール樹脂を含浸処理します。これに接着剤を塗布して積層し、温度 130~140 の熱板プレスで元の厚さの約 1/3 まで圧縮します。

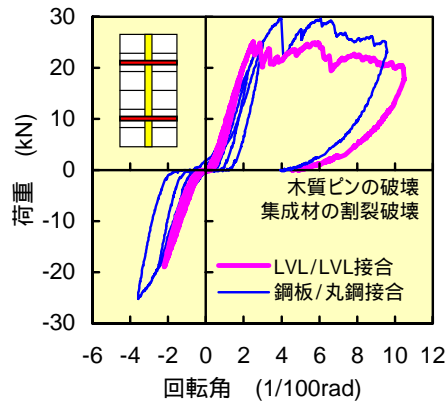


強化LVLの構造安全性

大断面のベイマツ集成材を各種接合具で接合したL字型の試験体を用いて接合試験を行った結果、強化LVL製の接合板と接合ピンを用いた **LVL/LVL接合** は、一般的な接合方法である **鋼板/丸鋼接合** とほぼ同等の強度性能を有していました。



柱 - 梁接合部の実大接合試験



荷重 - 回転角曲線

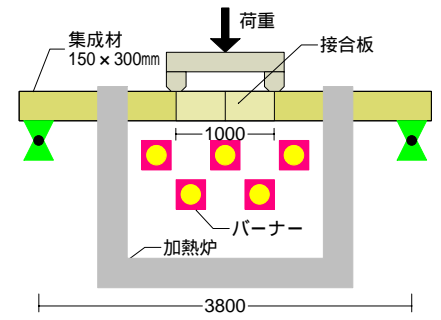


破壊形態

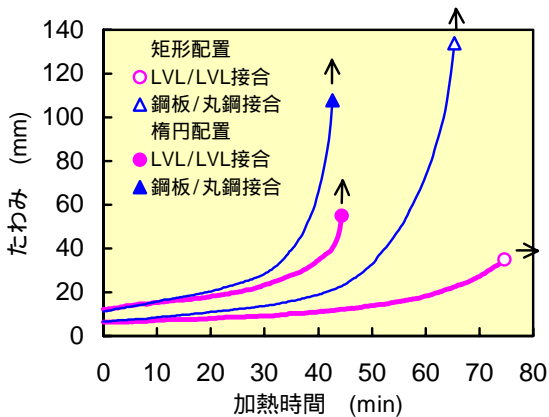
強化LVLの火災安全性

大断面のベイマツ集成材の梁の中央を各種接合具で継手接合した試験体を用いて、載荷曲げによる耐火試験を森林総合研究所において行いました。

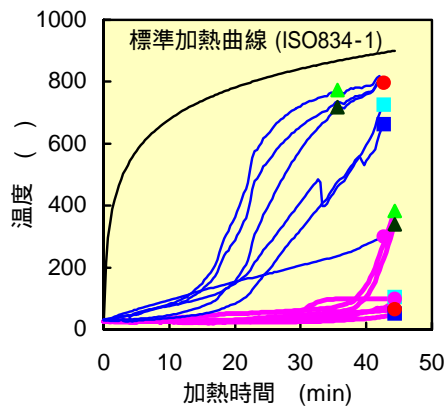
LVL/LVL接合 は、荷重点のたわみが最も少なく、耐火時間が最も長く、優れた耐火性能を有していました。また、試験体内部の温度上昇が極めて遅く、試験終了時での接合部内部における接合板、接合ピンおよび集成材の炭化は認められませんでした。なお、**鋼板/丸鋼接合** では、接合板および接合ピン部分での燃え込みが著しく、炭化速度が大きくなりました。



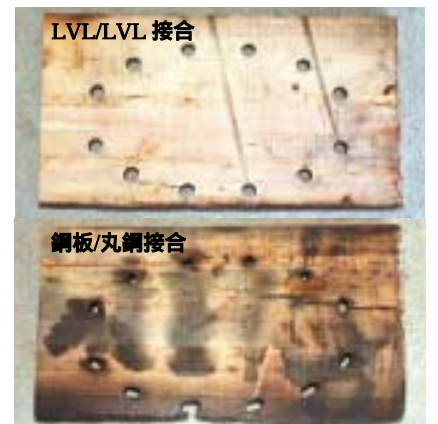
梁 - 梁接合部の実大耐火試験



たわみの時間経過



試験体内部の温度変化



集成材内側の状況