

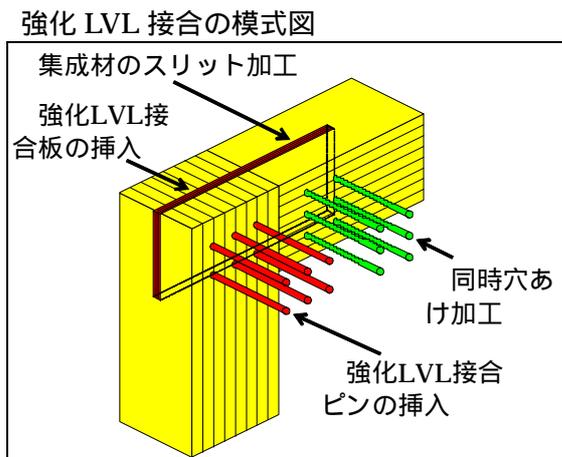
強化 LVL 接合板および接合ピンを用いた木質構造フレームの開発

奈良県森林技術センター 中田欣作

1. はじめに

集成材を用いた木質構造で一般的に用いられている金物の代わりに、スギ材単板を積層熱圧した強化 LVL を接合部材として用いる接合方法を開発した。この接合方法では、集成材と接合板である強化 LVL の同時穴あけ加工が容易に行えるため、現場での加工性と接合精度が非常に良くなる。また、金物を用いたときの課題とされる火災安全性、結露に対する性能および建築物としての審美性が優れており、建築物の解体、再利用の際にも有利である。

奈良県内で計画されていたアニマルパークに相応しい建物を建てたいとの相談があり、この強化 LVL を接合板と接合ピンに用いた木質構造骨組み（門型フレーム）による建物を提案したところ採用され、平成 20 年 4 月にうだアニマルパーク内に木質構造のシェルターが完成した。



木質構造のシェルター



同時穴あけ加工



接合ピンの挿入



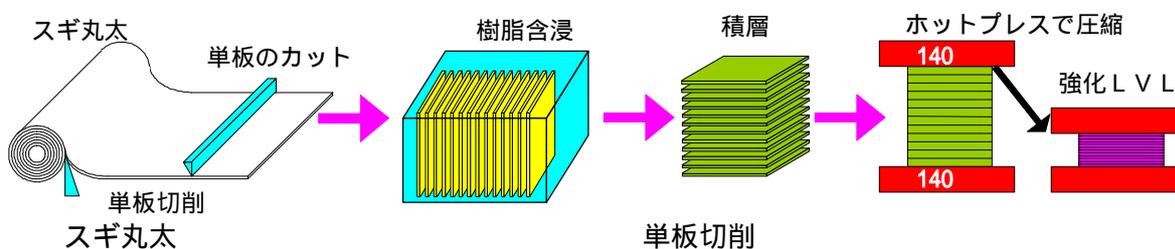
図1 強化 LVL 接合と木質構造のシェルター

2. 強化 LVL の製造方法

図2に強化 LVL の製造方法を示す。まず、直径約 300mm のスギ丸太から厚さ 3mm のロータリー単板を作製する。次に、乾燥させた単板に加減圧注入缶を用いてフェノール樹脂を含浸し、再度乾燥させる。最後に、単板を所定の枚数積み重ねて多段式ホットプレスにセットし、140 の温度で元の厚さの 1/3 まで圧縮して強化 LVL を製造する。

強化 LVL は、直径 20mm の接合ピンと厚さ 22mm の接合板として使用する。接合ピンでは、通常の LVL と同じ様にすべての単板の繊維方向をそろえているが、接合板では全体の約 1/4 の単板をクロスさせている。

強化 LVL は密度が 1.3g/cm^3 であるため、水に沈む木質材料である。元のスギ材と比べると、密度が 3.5 倍あり、曲げ強さや圧縮強さは 3~5 倍になっている。



樹脂含浸



ホットプレスで圧縮



図2 強化 LVL の製造方法

3. 強化 LVL 接合の耐火性能

図3に示すように、長さの中央部を強化 LVL 接合した梁の荷重曲げによる耐火試験を(独)森林総合研究所において行った。比較のために、鋼板と丸鋼ドリフトピンを用いた一般的な金物接合の梁の試験も行った。耐火炉の上部にセットした試験体の梁に荷重を負荷した後、梁の両側面および下面を ISO 834-1 に準じて加熱し、梁が破壊するまでの時間を測定した。強化 LVL 接合では、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た。耐火炉内部の温度は最終的に 900 まで上昇したが、強化 LVL 接合では、試験体内部の温度上昇が極めて遅く、試験終了間際まで試験体内部の温度は 100 以下であった。また、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なかった。なお、金物接合では、試験体内部の温度上昇が早く、試験終了時には極めて高い温度を示した。また、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った。

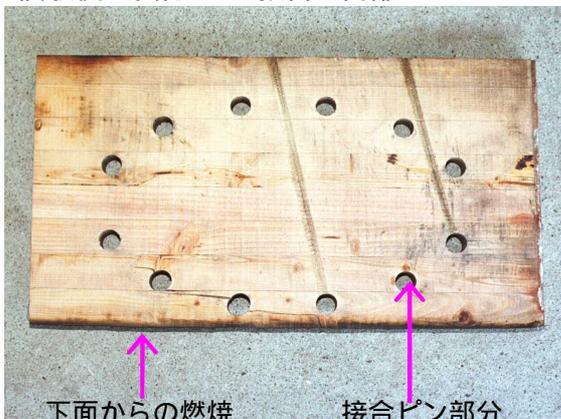
燃焼中の試験体



試験体の取り出し



試験後の強化 LVL 接合の内部



試験後の金物接合の内部

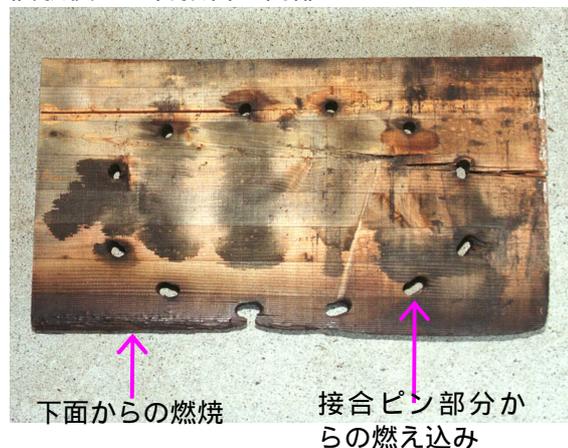


図3 強化 LVL 接合の耐火試験

4 . 強化 LVL 接合の強度性能

強化 LVL で接合した構造体フレームのせん断耐力を測定するために面内せん断装置を設計、製作した。試験体の寸法は最大で高さ 3000mm、幅 3650mm、荷重は最大で 200kN、油圧シリンダーのストロークは 600mm で押し引きが出来る。

図 4 に示すように、高さ方向は梁と土台の中心距離が 2730mm、水平方向は柱間の中心距離（スパン）が 2730mm の箱型フレームを作製し、面内せん断装置を用いて水平加力試験を行った。左上の油圧シリンダーで試験体に荷重を加え、回転角で 1/7rad、梁の水平変位で 400mm という大変形を与えたが、試験体のフレームは十分に荷重に耐えることが分かった。柱 - 土台接合部についても同様な試験を行った。

水平加力試験で得られた強度特性を基にして、比較的規模の大きな倉庫の設計を行い実大実験モニターとして森林技術センターの敷地内に設置した。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あり、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る。

柱 - 土台接合部の強度試験



箱型フレームの強度試験



実大実験モニターの構造



実大実験モニターの完成



図 4 強化 LVL 接合の強度試験と実大実験モニターの設置

5 . 強化 LVL 接合の実証試験

強化 LVL 接合は新しい接合方法であるので、図5に示すように建築基準法の指定性能評価機関である(財)日本建築総合試験所において強度性能を測定した。門型フレームの強度試験は木質構造のシェルターで用いるものと同じの高さ 2720mm、スパン 4850mm で行った。また、柱 - 梁接合部の強度試験は門型フレームの高さおよびスパンの半分の大きさで行った。これらの強度試験の結果、強化 LVL 接合は優れた強度性能を有していることが分かった。

これらの試験結果を用いて、シェルター全体の地震、風および積雪等に対する安全性を確認するために構造計算を行った。構造計算の結果、すべての項目について安全性が確認された。

6 . 木質構造のシェルターの完成

宇陀市にオープンした「うだ・アニマルパーク」に図6に示すように木質構造のシェルターが完成した。アニマルパークは動物とのふれあいを通して次代を担う子どもたちの健全な育成を目指すために設置された。シェルターはふれあい広場の小高い丘の上に設置されていて、国道からも見ることができる。

木質構造のシェルターが実現したきっかけは、アニマルパークに相応しい建物を建てたいとの相談があったことである。木造住宅では、柱、梁および土台の骨組みに筋交いを斜めにとめて壁

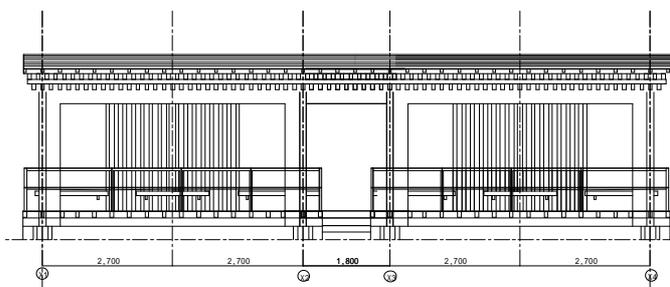
柱 - 梁接合部の強度試験



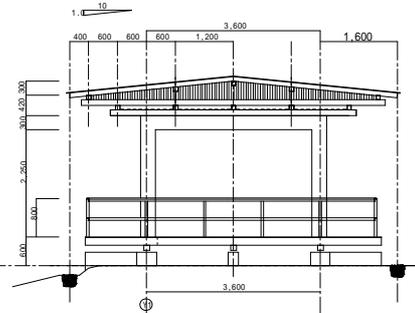
門型フレームの強度試験



シェルターの設計



西立面図 1/50



東立面図 1/50

図5 強化 LVL 接合を用いた建物の設計

材料を張っている。地震に強い建物にするためにはこのような壁が必要であるが、シェルターのように開放的な建物では壁は邪魔物となる。

そこで、森林技術センターで開発した門型フレームを用いた建物を提案した。シェルターはスパン 4850mm とスパン 3600mm の門型フレームが各 4 体の合計 8 体で組み立てられている。門型フレームの作製は、集成材のスリット加工、接合板と集成材との同時穴あけ加工、接合ピンの挿入の順に行う。今回は、柱脚部分全体と柱頭の柱部分の穴あけ・接合ピンの挿入を工場内で行い、残りの柱頭の梁部分の加工を建築現場で行った結果、作業効率も接合精度も良好であり、この方法が十分に実用可能であることが分かった。

シェルターでは、門型フレームにはスギの集成材、土台とデッキにはヒノキの製材品、天井と屋根にはスギの製材品が使われているが、すべて奈良県産の木材を使用している。強化 LVL も良質な奈良県産のスギ材の特徴を生かした材料である。今後は、色々な建物に強化 LVL 門型フレームが使われることを期待している。

シェルターの外観
(床面積 83m²、高さ 3.975m)



シェルターの側面



門型フレーム
(高さ 2.72m、スパン 4.85m)



柱 - 梁接合部

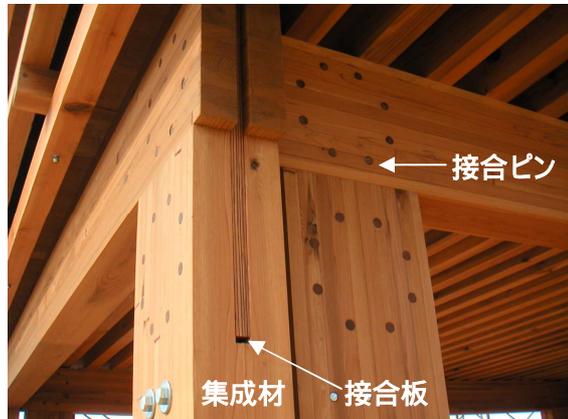


図 6 うだアニマルパークの木質構造のシェルター