

鋼製枠組みと LVL パネルを用いたハイブリッド耐震システムの開発 —その1 システム概要と適用事例—

正会員 ○塩手 博道* 正会員 丸谷 周平*
正会員 落合 徹* 正会員 野俣 亜沙美*

大規模木質構造 耐震構造 単板積層材
鉄骨構造 耐火構造

1. はじめに

近年、特に環境配慮型建築の側面から木質構造建築物の重要性が叫ばれており、近い将来、木造建築物の需要は更に増してくると考えられる。

今まで鉄骨やコンクリートで作られてきた比較的大規模な建物について、木質材料を用いた建物に置き換えることが出来れば、つまり大規模木質構造建築物が一般化すれば、多くのCO₂を都市に固定化できる可能性がある。

その際、大規模木造建築に要求される耐火性能を満足する使いやすい大臣認定仕様や、耐震性能についても簡易に検討できるモデルがあれば、より一層の普及が期待できる。そこで、大規模木質構造建築物で想定される比較的大きな地震力に抵抗する木質材料を用いた耐震要素を考案する。

2. 耐火構造と木質材料を用いた耐震システム

想定している建物は大規模木質構造建築物であるため一般的に主要構造部が耐火建築物となることが多い。その際の対策としては木材を耐火被覆するか自己消火出来る木材を使用する等が考えられる。

一方、木質構造建築物に建物使用者が求める要件の大半は木材特有の温かさであるため、柱梁接合部が耐火被覆で覆われた状態では構造体に木質構造を採用する魅力は非常に少なくなる。さらに、自己消火出来る木材については開発に時間が必要で、接合部の耐火性能の問題やコストの問題等がある。

そこで室内から目で見え、直接触れられることで木材の温かみを感じられ、外観の特徴にもなり、採光や通風を確保することで室内居住環境に良い影響を与える仕組みをもつ耐震構造のしくみを開発しようと考えた。柱梁及び床等の主要構造部については耐火被覆し仕上げてしまうが、耐震要素を上記要件に適用させるためのシステムとして、図1に示すような耐震要素（以下、耐震パネル）を用いた大規模木質構造建築物を提案する。

3. 本システムを適用した構造計画のイメージ

本システムを用いることを想定している設計対象建物は、大規模建築物であるため、室内のレイアウトの自由度や比較的大空間が要求されることが多い。よって、耐震要素を建物外周に配置したうえでレイアウトの自由度の問題をクリアし、耐震要素に100%地震力を負担させる計画とする。柱梁をラーメン構造とし地震力を負担させた場合には、柱梁接合部において建物の変形性能が決まり木材の特性を十分発揮できな

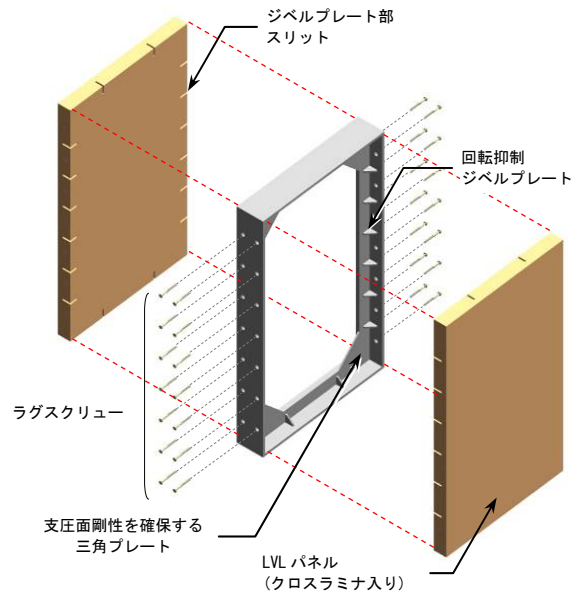


図1 耐震パネル概要図

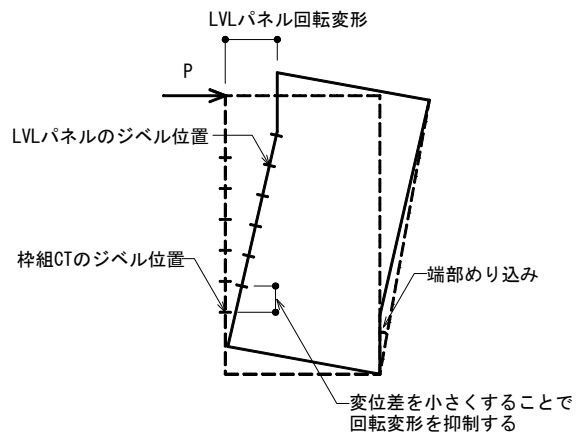


図2 変形概念図

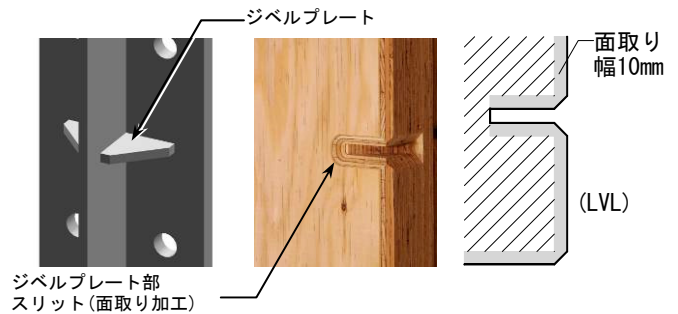


図3 ジベル詳細

い。そこで、柱梁接合部をピン接合とし、別に耐震要素を設置することにより柱梁は鉛直力のみを負担することとなり、比較的小断面化出来る。

本論文では、その 1 で耐震パネルの構造システムの概要や適用事例、その 2 で耐震パネルの単体に対する実大実験の計画と結果、その 3 で耐震パネル内の応力の伝達機構を示し、設計への適用手法について述べる。

4. 耐震パネルの構造システム

耐震パネルは、カットティー形状の鉄骨枠組み（以下、枠組み CT）に単板積層材である LVL パネルを両側からはめ込む形式としている（図 1）。このシステムの応力伝達システム上の最大の利点は、枠組み CT のフランジ面と LVL パネルの木口の支圧力によって枠組み CT が受ける水平力を LVL パネル内の面内せん断力に置き換えることが出来ることである。ボルトなどの一般的な接合部をもつ材の場合、そのシステムの耐力は専ら接合部で決まる。これは、一般的な接合で用いられる鋼材が、母材の木質材に対して剛性が著しく高く、また、支圧面積が極めて小さいため、応力が生じたときに母材にめり込んでしまうこと等が原因である。そのため、木材が木材としての強度（耐力）を十分発揮する前に接合部で破壊してしまうシステムがほとんどである。

今回のシステムは、枠組み CT のフランジ面と LVL パネルの木口という比較的大きな支圧面を確保することで、大きな応力を確実に LVL パネル内に伝達し、LVL パネルの強度を最大限に発揮させるものとなっている。

一方、枠組み CT 内に LVL パネルをはめ込むだけのシステムでは、水平荷重時には図 2 に示すように、枠組みの中で LVL パネルの回転（ロッキング）が進行し、システムの水平剛性が非常に小さくなる。そこで、LVL パネルの回転を抑制するために枠組み CT にリブプレート（以下、ジベルという）を設け、それに対応する LVL パネルの位置にスリットを設け両者をかみ合わせることにする。あわせて、枠組み CT の 4 隅には三角プレートを設置し、枠組みコーナー部の剛性を高めることで十分な支圧面を確保し枠組み CT と LVL パネルの応力の伝達をスムーズ且つ明快にしている。

枠組み CT の縦枠と LVL パネルは、縦枠 CT のジベル間に 200 ピッチでラグスクリューにて接合し、縦枠が変動軸力を受けた際の弱軸方向座屈補剛と LVL パネルにブレース方向の圧縮力が働いた時の面外座屈を拘束し、枠組みから面外にずれ出すことを抑制する設計としている。

5. 耐震パネルの実構造物への展開

延べ面積約 1 万 m² の 6 階建て耐火構造建築物に適用した木質構造体のイメージが図 4 となる。木質耐震パネルは外装材で覆い、室内の空調制御された環境におく計画としている。

本計画において、建物上階 2 層は比較的小空間が多いため木質構造とし、1 時間耐火とした。4 階以下を鉄骨造とし、5 階床を人工地盤に見立てた計画としている。

耐震パネルを市松状に配置することで、水平荷重時に効率よく剛性を確保し、枠組み CT に生じる変動軸力が打ち消しあうようにした。また、これにより通風や採光を確保しながら建物全体を特徴づけるデザインとした。

図 5 のように、2 層にわたる耐震パネルの枠組み脚部を剛性の高い人工地盤に取り付け、変動軸力の大部分を人工地盤へ分配することで、木質構造部と耐震パネル接合部の応力伝達を容易にしている。

また、図 5 のように、柱梁床構築後、耐震パネルを構面外に設置することにより、耐震パネルは鉛直荷重を負担せず、耐火被覆が不要となる。このため、室内では直接木材の温かみを感じることができる。

謝辞：本システムの開発にあたり、試験体の提供は(株)キーテック、実大実験は東京大学生産技術研究所腰原准教授及び千葉実験場、ジベル要素実験は広島県立総合技術研究所林業技術センターの協力の下行うことが出来た。ここに記して感謝の意を示します。

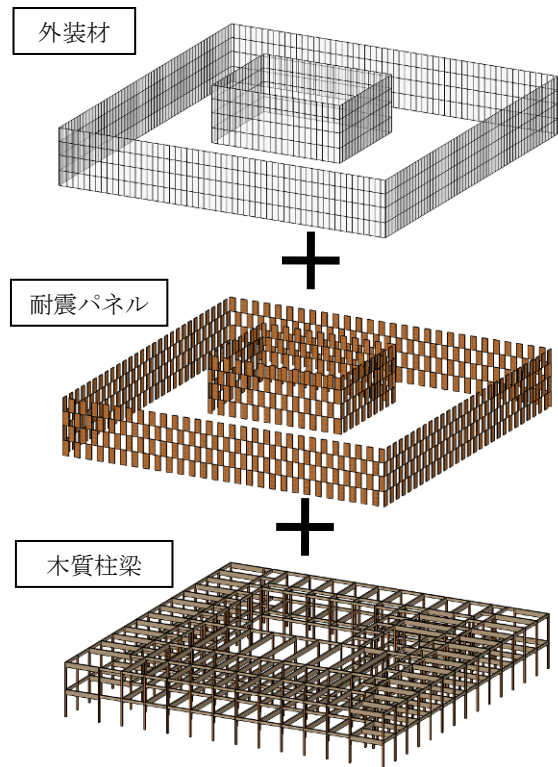


図 4 木質構造体イメージ図

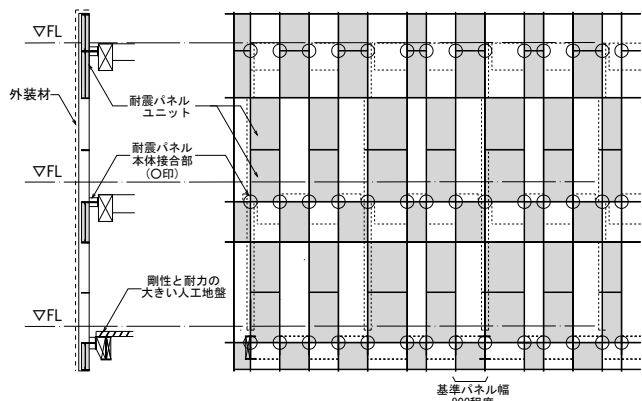


図 5 実建築物への適用例（市松状配置）