

日本初の高層純木造耐火建築物「Port Plus」

びゃくの やすき
百野 泰樹

(株)大林組 本社 設計本部構造設計第三部構造設計第五課 課長

1 はじめに

森林資源は「使う→植える→育てる→使う」という循環利用が可能な材料である。森林は光合成により大気中の二酸化炭素を吸収し、森林から伐採した木材を建築物等に利用することで、二酸化炭素は炭素として固定され続ける。国内では利用可能な森林資源の蓄積量が徐々に増えており、環境配慮の観点から構造材としての積極的な活用に向けて、2010年に公共建築物木材利用促進法が施行され、公共建築物を主体に中低層建物の木造化が進められている。また、民間企業でも、SDGsへの対応やESG投資の拡大などを背景に、環境や社会への貢献度が企業価値向上につながるなど、これまで以上に持続可能な社会に対する意識が重要となっている。

本稿では、都市木造の普及に向けた取組みの一

環である、日本初の11階建て高層純木造耐火建築物となる大林組次世代研修施設「Port Plus」について、プロジェクトの概要と構造技術、耐火技術を紹介する。

2 高層純木造耐火建築「Port Plus」概要

国内最高の高さとなる純木造耐火建築物である「Port Plus」は、大林組の社内研修施設として2020年3月に着工し、2022年3月に竣工した(表1)。研修室や宿泊室を木質空間とし、地上部分の柱、梁、床、耐力壁すべてを木造とした計画は、建築に対する木材活用を最大化する挑戦であった。

純木造耐火建築の実現に向けた技術開発は多岐にわたったが、プロジェクト実現に大きく寄与した構造技術「剛接合仕口ユニット」と耐火技術「オメガウッド(耐火)」について、以下に詳述する。



写真1 建物外観



写真2 建物内観

計画地	神奈川県横浜市中区弁天通り二丁目
敷地面積	約560㎡
延べ面積	約3,600㎡
最高高さ	44.1m
階数	地下1階／地上11階建て
構造種別	地下：RC造、地上：木造
構造計画	免震構造（地下1階柱頭免震）
用途	研修室／宿泊室
工期	着工2020年3月 竣工2022年3月 工期24ヵ月

表1 建築概要

3 剛接合仕口ユニット

1) 概要

「Port Plus」の架構形式は、柱梁剛接架構(ラーメン構造)を主体としている(図1)。これは、木軸架構を活かしたファサードデザイン・開放的な内部空間といった意匠的要求と、高層建築において特定の柱脚部への応力集中を避け、架構全体でバランスよく力を負担するという構造的な要求による。

高層純木造建築の実現には、柱梁接合部の高剛性・高耐力化が必須の課題であったが、既存の接合技術の中で剛性、耐力及び靱性能のすべてを満たす単独の接合技術は存在しないため、GIR (Glued in Rod)接合構面と貫構面を積層して構成する剛接合仕口ユニットを開発した(図2)。

GIR 接合は、初期剛性の低下が少なく、仕口部耐力の計算が容易である一方、接合金物(鉄筋)の降伏後、木部材の割裂を伴う抜け出しによる脆性的な破壊性状であるため、接合部に靱性能を求められる建物への適用は制限されていた。そこで、塑性化後も一定の荷重保持能力を有する貫構造と組み合わせ、大変形時の荷重保持能力を確保することに成功した。

2) 木質仕口パネル

貫材に使用した木質仕口パネル(超厚合板)は、E100～E120カラマツ単板の繊維方向を交互に積層した新材料であり、厚さ200×幅900×長さ2,000mmの部材をLVL製造ラインで加熱接着して一体成型したものである。材料試験を行い、木質仕口パネルのめり込み剛性はLVL繊維方向とLVL繊維直交方向の間であること、LVLと比べて木質仕口パネルは割れに対する抵抗力が高いことを確認している。

3) 構造性能確認試験

剛接合仕口ユニットの構造性能を確認し、構造設計で用いる剛性値、耐力値を評価する目的で、実大十字架構による二軸載荷試験を実施している。試験は、標準仕様の十字架構及び梁せいの小さい十字架構、さらに最上階を想定したT字架構について実施し、それぞれの構造性能を確認した。また、標準仕様の十字架構は同仕様で3体実施することで、性能のばらつきを評価している。

所定の鉛直荷重を載荷後、変位制御による水平鋼板載荷(1/450radから1/30radまで各3サイクル)を行い、最終的に1/10radまで加力して終局状態を確認した。図3に標準タイプの試験結果概要を示

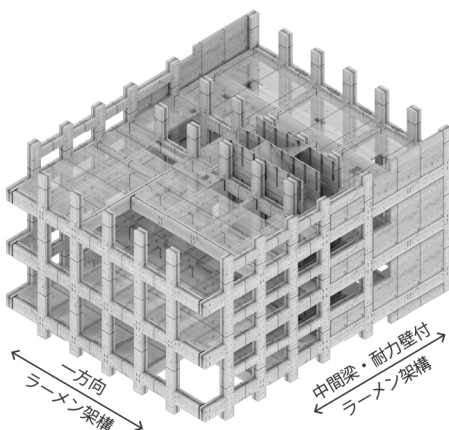


図1 純木造架構計画

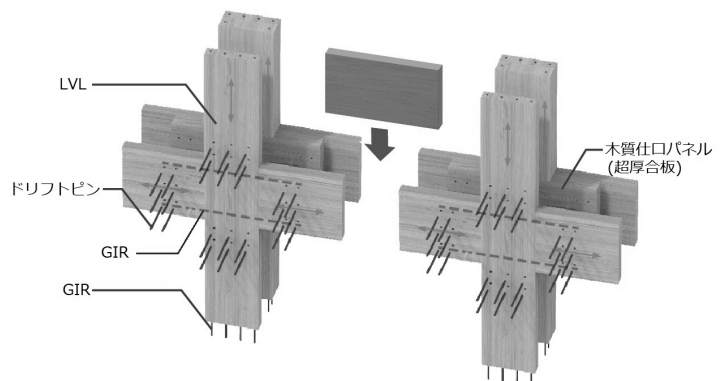


図2 剛接合仕口ユニット

す。GIR 鉄筋が降伏した後、木部の局所的な割れやめり込みを伴って変形が進行した。鉄筋降伏後も耐力を維持し、1/15rad 程度の大変形まで抵抗できることが確認された。機械的性質が定められている鉄筋の降伏を先行させることで、曲げ降伏耐力のばらつきを制御することが可能である。荷重－変形関係には、貫材に一般的な LVL を使用したプレ試験の結果を点線で示しているが、貫材を木質仕口パネルとすることで、靱性能が大幅に改善されたことが分かる。なお、架構の設計においては、この靱性能を「想定以上の外乱に対して脆性破壊を回避するための性能」としている。

4) 架構の設計

剛接合仕口ユニットと免震構造の採用により、「極めて稀に発生する地震動に対し、弾性限耐力以内、最大層間変形角1/150rad」という高い耐震性能を実現した。

また、接合部 GIR 鉄筋の応力は FEM 解析により精度よく評価できることが確認できたため、梁せいやスパンが異なる複数の仕口パターンに対しても、限られた数の実験結果を FEM 解析で補間して設計することが可能となった。

4 オメガウッド(耐火)接合部耐火仕様

1) オメガウッド(耐火)概要

生産施設系の大規模木造建築や「Port Plus」のような高層木造建築では、断面幅(厚さ)及び断面せい(高さ)の大きな木材が必要となる。大断面材を製作するためには、ローコストで調達可能な薄板(一次接着)の LVL 原板や集成材を、さらに複数接着(二次接着)して木材を一体化させる必要があり、専用の機械と技術を有する限られた工場で作製するため割高となる課題があった。

「オメガウッド」は、上記の課題を解決するため、LVL や集成材をボルトやビスで綴ることで一体化し、大断面を合理的なコストで実現する技術である。LVL を一次接着製品のまま用いることにより、従来の二次接着材に比べて材料コストを安く、かつ、材料納期を短縮することができる。

また、建築基準法では防火地域内で100m²以上の建物を建てる場合に耐火性能が要求される。そのため、都市部で中大規模の木造建物を建設するためには、耐火構造の技術が必要となるが、中大規模建築に求められる大断面架構等では部材製作の煩雑さからコストが割高となる課題があった。そこで(株)シェルターとの連携により、前述の「オ

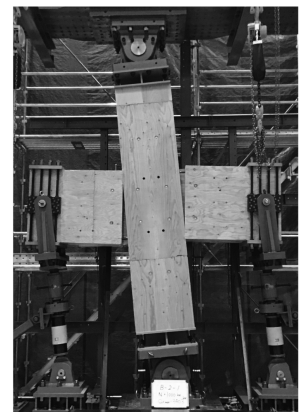
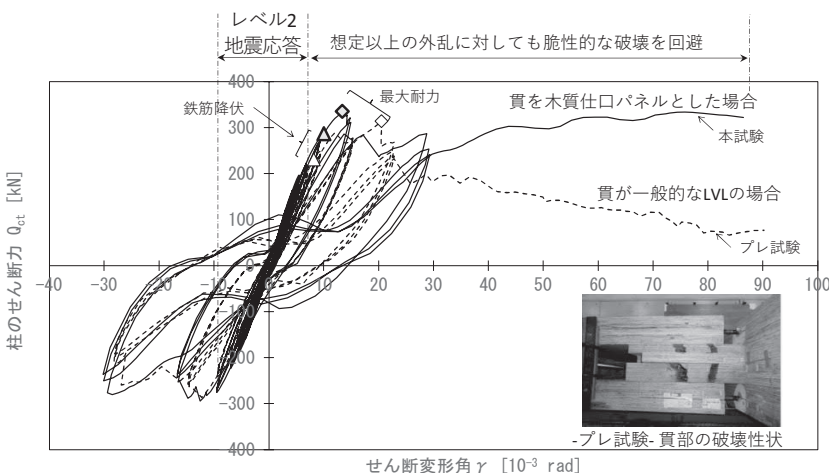


図3 十字架構試験結果概要

メガウッド」に、燃え止まり層(耐火層)として石膏ボード、燃えしろ層として表面に木材を設けることで、3時間耐火までローコストに実現可能な「オメガウッド(耐火)」を開発している(図4)。

2) 柱梁接合部の開発

オメガウッド(耐火)では、柱・梁部材の外表面を石膏ボード及び燃えしろ層を兼ねた表面木材で、隙間なく連続的に覆う必要がある。他方、石膏ボードは、柱梁接合部に生じる架構変形への追従性がないため、地震時に損傷や隙間が生じるおそれがあり、木造架構の強度特性・耐力特性にも影響を及ぼす懸念がある。

これらの課題を解決するため、柱梁接合部の設計ボード突付け部に一定間隔の目地(スリット)を設けるとともに、目地位置を石膏ボードの各層ごとに階段状にずらすことで、構造性能と耐火性能の両立を可能とする工法を開発した。

3) 耐火検証実験

前述の柱梁接合部の耐火性能を検証することを目的として、図5に示す門型フレーム試験体(LVL柱・梁+CLT耐力壁)を用いて2時間加熱実験を実施した。柱梁接合部の納まりは図6に示す仕様としており、加熱実験に先立ち地震時を想定した水

平加力実験(最大層間変形角1/75rad)を実施し、耐火材が構造性能に悪影響を及ぼすことがなく、かつ木部材を覆う耐火材にも損傷が生じないことを確認している。

加熱実験後、耐火層の石膏ボードをすべて撤去して柱梁接合部の状況を確認した結果、石膏ボードの目地部においては、構造体である木材に炭化等は全く生じておらず、所定の耐火性能を維持可能であることが確認された。

5 おわりに

日本初の高層純木造耐火建築物である大林組次世代研修施設「Port Plus」は前例のない挑戦的なプロジェクトであったが、既往技術の調査、課題の抽出、新技術の開発を経て、実現に至った。企画、計画段階から、設計、施工、施設運営まで、プロジェクトに関わったすべての方に敬意を表する。

本プロジェクトを通じて得られた知見を適切にフィードバックすることで、適材適所に木材を構造体として活用するハイブリッド構造を含め、中高層木造の技術開発に活かしていく所存である。

今後、都市部における木造中高層ビルの建設推進に対応するため、技術を磨き継続して取り組んでいきたい。

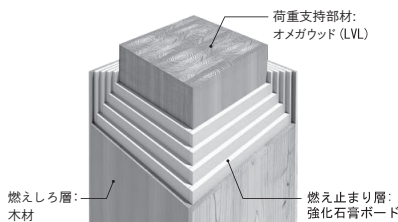


図4 オメガウッド耐火(概念図)

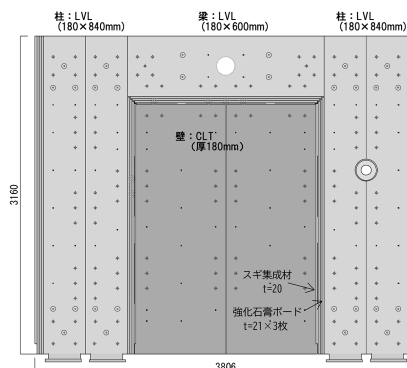


図5 耐火試験体の立面図

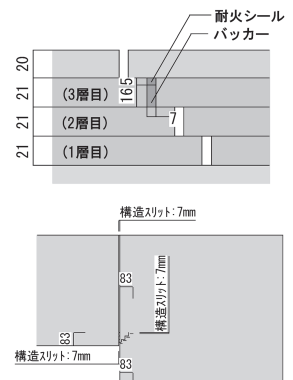


図6 柱梁接合部の納まり