

脱炭素社会の建築に向けた 「RC フレーム+CLT」による彫りの 深い表情を持つ超高層免震庁舎

正会員 ○小俣慶太* 正会員 塩手博道*
正会員 飯島 亮* 正会員 大塚 直*
*株式会社 山下設計

RC frames and CLT create a carved façade for a high-rise city hall with seismic isolation

○ODAWARA Keita*, SHIOTE Hiromichi*
OSAJIMA Ryo* OTSUKA Nao*
*Yamashita Sekkei Inc.

1. はじめに

2050 年カーボンニュートラルを目指して建築分野でも様々な取り組みがなされている。本稿では、長崎市新庁舎（2023 年 1 月供用開始予定）において、炭素を貯蔵する CLT パネルを用いて建物の外観・内観を特徴づけながら外皮性能と防災拠点としての耐震性能を向上させた建築・構造・環境を統合した計画を紹介する。

2. 建築的手法による外皮性能向上や省エネ

長辺が概ね南を向いている敷地に合わせ、執務室は南北に面し、中央にはコラボレーションエリアを持つ両サイドコアの基準階平面（70.4m×32.0m）とした。建物妻面のコア部は熱負荷を抑制するためコラボエリアの突き当りを除き壁とした。執務室南北面の外皮は日射遮蔽と自然換気のため階高を 3 分割し、上段で採光、中段で眺望、下段で採光と通風を得る計画とした。高さ 90m 程度の超高層建物であるため鉄骨造+カーテンウォールが工法的には一般的である。しかし、免震構造であっても、剛性の小さい鉄骨造の超高層建物では地震時に上階に向かい加速度や変形が増幅するため構造体の剛性確保が課題となる。そこで、見付け 400 mm×奥行 1200 mm の扁平 RC フレームを梁は@1330 mm、柱は@3200 mm で配置し、構造体として建物自重を支えるとともに日射遮蔽に寄与するものとした。これだけでは剛性が不足するため、厚さ 210 mm の CLT パネルを耐震壁とし、免震装置に生じる引抜力を抑制する為、市松を基本に応力負担に応じて枚数を減らす配置とした。基準階では、南北立面の 40%を RC、40%を Low-E 複層ガラス、20%を CLT+単板ガラスとしている。CLT は RC フレームにはめ込まれているため外皮の断熱性能を見込んでいる。BPI（PAL*設計値/PAL*基準値）は 0.89 程度、BEI（一次エネ設計値/一次エネ基準値）は 0.49 程度で、2022 年度に ZebReady の認証取得を目指している。

3. RC フレームに CLT 耐震パネルを併用した構造計画

防災拠点となる庁舎であるため、1 階床下と B1 階駐車場の間に免震層を設けた免震構造としている。建物短辺方向のスパンは 12.8m+6.4m+12.8m、構造種別は鉄骨造（柱は CFT）とし、鉄骨大梁（H-800×250 程度）と RC 柱（幅 380+10 mm増し打ち両面）の接合部はアンカーボルト接合とした。短辺方向の剛性は両サイドコア部に鉄骨ブレースを設けて確保した。内部執務室エリアも含めて RC 柱・大梁とすることも考えられるが、極力軽量化し南北面の RC フレーム見付幅を狭くすることを優先し採用しなかった。



図1 長崎市新庁舎 南東方向からの鳥瞰（2022 年 2 月、長崎市提供）



図2 オフィス内の環境イメージ



図3 彫りの深い RC フレームに CLT パネルを配置

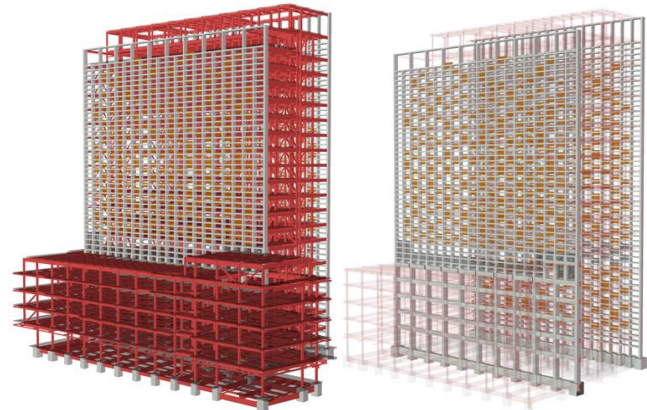


図4 全体架構

図5 RC フレーム+CLT パネル

所在地：長崎県長崎市魚の町 4-1、4-100
 主な用途：庁舎
 敷地面積：6,710m²
 建築面積：4,023m²
 延床面積：51,752m²
 キーワード：CLT・RC フレーム・免震構造

Location : 4-1,4-100, Uonomachi, Nagasaki City, Nagasaki Pref.
 Main Use : City Hall
 Site Area : 6,710 m²
 Building Floor Area : 4,023 m²
 Total Floor Area : 51,752 m²
 Keywords : CLT, RC Frame, Base Isolation

CLT は強度区分 S60A、幅はぎ有、7 層 7 プライの構成で厚さ 210 mm とし、RC との接続はエポキシ樹脂による接着接合とした。木質系パネルと非木造架構とのハイブリッドにおいては非木造部の施工誤差を踏まえてどう接合するかが課題であるが、本計画では CLT パネルと RC とのクリアランスを 10 mm 確保し接着接合とすることで施工誤差を吸収した。接着面せん断破壊時の耐力は要素実験に基づき 3.27N/mm² (Fc60N/mm²) とし、レベル 2 地震応答がこれ以下であることを確認した。本システムは、水平力に対し CLT 上下面と RC が接する接着面がせん断破壊する破壊形式であるが、その後も CLT の圧縮ストラット効果によりせん断耐力を維持できるため冗長性が高い。設計時に 1/2 スケールのフレームによる正負交番漸増載荷試験を実施し、破壊形式や要素実験のせん断耐力を踏まえた復元力特性と実験結果が概ね一致することを確認した。

接着面せん断破壊時の耐力 3.27 N/mm² に対し、告示に基づく CLT のせん断基準強度は $F_s = 2.7 \text{ N/mm}^2 < 3.27 \text{ N/mm}^2$ となる。CLT のクライテリアは、レベル 1 地震ではせん断応力度 $\tau < 1.8 \text{ N/mm}^2$ ($F_s/1.5$)、レベル 2 地震では $\tau < F_s$ としたが、レベル 2 地震時では局所的に $F_s = 2.7 \text{ N/mm}^2$ を超える箇所があった。そのため、製作時においてラミナの節径比を管理し、通常の JAS 規格に準拠して節径比 33% 以下とするもので 2.7 N/mm²、節径比 25% 以下とするもので 2.87 N/mm²、無節とするもので 3.27 N/mm² と 3 タイプの F_s を設定した。

CLT パネルは床スラブ打設後にはめ込み、自重を負担していないことから、耐火性能が要求されず現しとできる。これにより外観を特徴づけ、内部からは手で触れることができ、市民は公共施設に木質系材料として CO₂ が貯蔵される姿を見ることができる。エポキシ樹脂は指定建築材料に含まれないが、時刻歴応答解析を行い材料の品質や維持管理について適切であることの大員認定を取得することで採用が可能となった。

4. 長崎県産材の使用と地域環境への貢献

CLT の材料は長崎県産材のスギを設計図書で指定した。調達には CLT メーカーの裁量で行い、長崎県対馬市の森林組合が管理する森で多く抱えている材齢 40~60 年程度、材径 22~24 cm の木を中心に間伐し、愛媛県の工場でラミナに曳き CLT を製造した。組合へのヒアリングによると間伐であり新たな植林は実施していない。県産材使用を指定するだけでは、新たな植林による CO₂ 吸収に直ちには結びつかないようである。建物に使用した CLT は設計数量で 300m³ であり、林野庁ガイドライン（2021 年 10 月）に準じて貯蔵量を算定すると、約 200t-Co₂ の炭素を貯蔵できている。

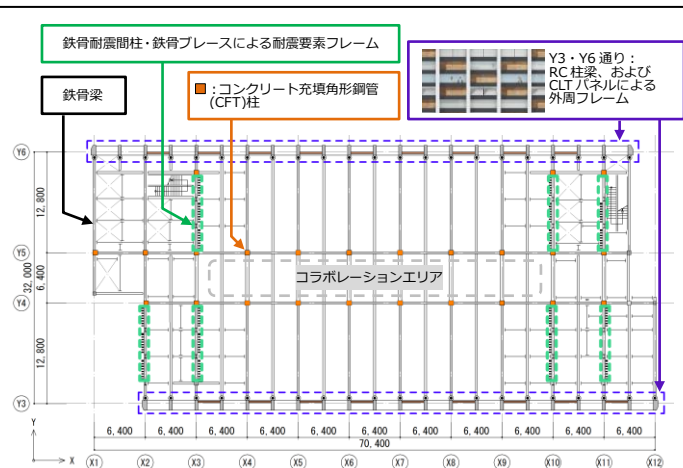


図 6 基準階の構造計画



図 7 執務室内観（長崎市提供）

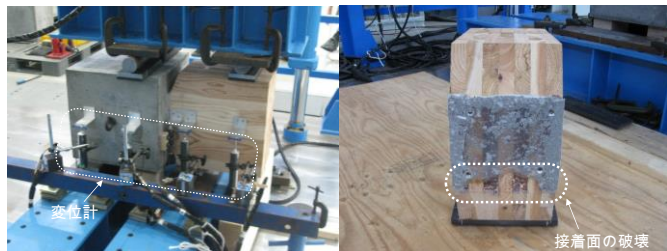


図 8 CLT とコンクリート接着面のせん断強度試験（要素実験）

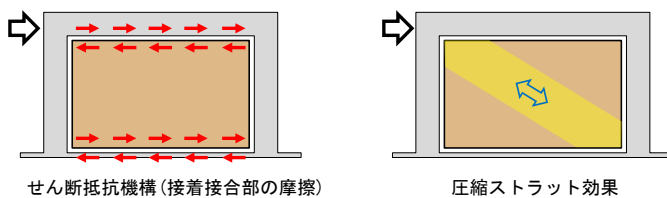


図 9 CLT パネル接着工法の地震時抵抗システム概要

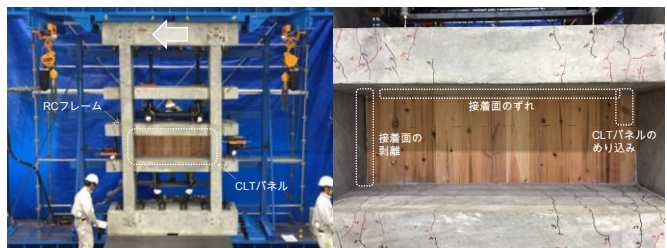


図 10 1/2 スケールによる正負交番漸増載荷試験