

## 高層純木造耐火建築 -Port Plus-

### All-Timber Fire-Resistant High-Rise Building -Port Plus-

百野 泰樹\*1、藤澤 康仁\*2、丹羽 博則\*3

#### 1. はじめに

近年、持続可能な社会への意識の重要性が増す中、建築においても木材の積極的な活用が求められている。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、建築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、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、持続可能な社会に対する意識が高まっている。

大林組では、木造建築推進の機運の高まりを受け、2019年に「木造・木質化プロジェクトチーム」を立ち上げている。2050年のあるべき姿として「サーキュラーティンバーコンストラクション®」の実現をビジョンに掲げ、研究開発・設計・施工・ビジネス展開・営業・プロモーションといった多岐にわたる課題に対応しながら、木造・木質化建築の推進を強化している。また、地球・社会・人のサステナビリティの実現に向けて大林組が策定した長期ビジョン「Obayashi Sustainability Vision 2050」において、木造建築の推進を掲げている(図-1)。

本稿では、都市木造の普及に向けた取り組みの一環である、日本初の11階建て高層純木造耐火建築「Port Plus(写真-1)」について、プロジェクトの概要とその実現に寄与した構造、耐火、遮音技術について報告する。

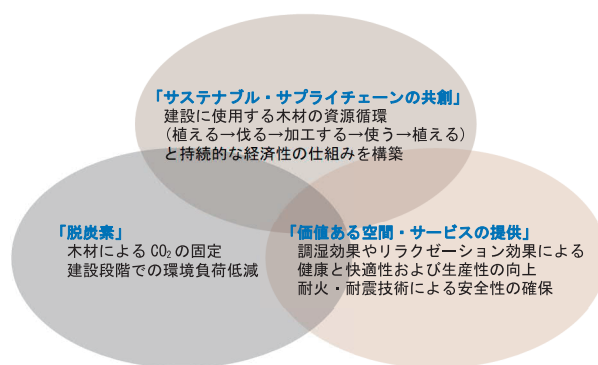


図-1 木造建築推進の効果

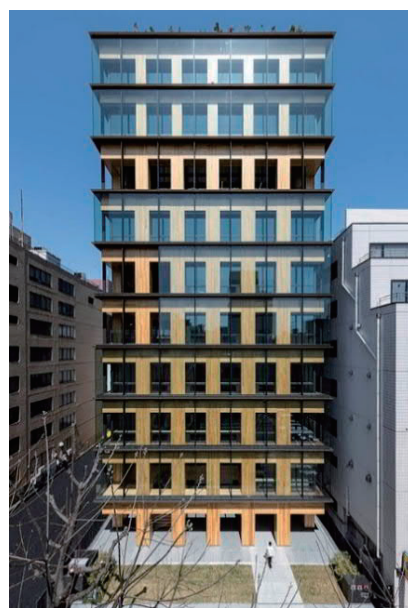


写真-1 Port Plus外観

\*1 BYAKUNO Yasuki : 株式会社大林組 本社 設計本部 構造設計部 課長

\*2 FUJISAWA Yasuhito : 株式会社大林組 本社 技術本部 技術研究所 都市環境技術研究部 上級首席技師

\*3 NIWA Hironori : 株式会社大林組 本社 技術本部 技術研究所 構造技術研究部 上級首席技師

## 2. プロジェクト概要

Port Plusは大林組グループの研修施設であり、建築における木材活用の最大化を目指し「地上11階建て高層建築の純木造化」に挑戦している。基礎から1階床までを鉄筋コンクリート造とし、地上部分の柱、梁、床、耐力壁のすべての構造体を木造としている。この高層純木造建築の構造計画や耐震、耐風性能について次章で詳述する。

表-1に計画概要、図-2に建築の平面構成と断面構成を示す。約18m×22mの整形平面を有し、地上11階、地下1階、最高高さ44.1mの建築である。通りに面する南側の空間をガラスカーテンウォールと木軸架構で構成し、プロモーションスペース、研修スペース、大研修室とラウンジに供する。また、各階の北側には木質空間の宿泊室を備える。基準階階高は4.0m、宿泊室天井高2.6m（一部2.3m）、研修スペースは主に直天井として梁下有効高さ2.7mを確保している。地下1階を設備機械室とし柱頭に免震部材を配置し、1階床から上を免震化している。

高層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、この中でもプロジェクト実現に大きく寄与した構造技術「金物を使わない剛接合仕口ユニット」、耐火技術「オメガウッド（耐火）接合部耐火仕様」、床の遮音技術「板ばね遮音システム」について4章～6章で詳述する。

表-1 計画概要

計画地	神奈川県横浜市 弁天通二丁目
敷地面積	約560m <sup>2</sup>
延べ面積	約3,600m <sup>2</sup>
最高高さ	44.1m
階数	地上：11階 地下：1階
構造種別	地上：純木造 地下：RC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か月

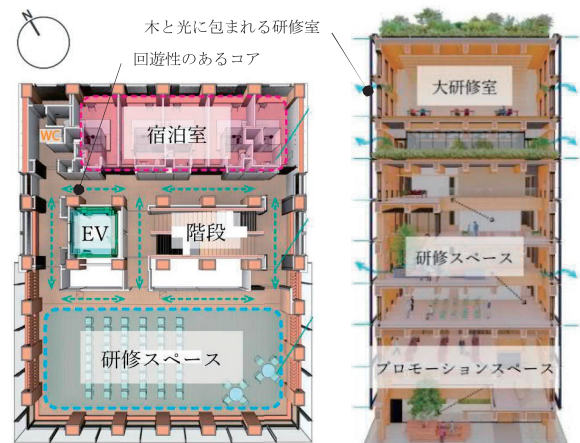


図-2 建築平面・断面構成

## 3. 構造計画概要

### 3.1 上部構造計画概要

基準階平面構成は、EV、階段コアを建物中央に配し、南側の研修スペースと北側の宿泊室をそれぞれ無柱空間として回遊性のある廊下でつなぐものである。図-3に構造架構計画、図-4に基準階伏図、図-5に代表軸組図を示す。構造種別は、1階床、梁を鉄筋コンクリート造とし、1階柱より上部を純木造とする。材料と断面の概要を表-2に示す。

表-2 構造概要

架構形式	X方向：純ラーメン架構 Y方向：CLT耐震壁付きラーメン架構
部材断面	柱断面：500×700mm 他、梁断面：500×900mm 他 CLT耐震壁：t=300mm 他、CLT床：t=150mm 他
木材料	A種LVL 90E,120E [カラマツ] 集成材 E120-F330 [カラマツ] CLT S60-3-3, S60-5-5, S60-5-7 [スギ]
接合部材	木質仕口パネル(超厚物合板) [カラマツ] ドリフトピン φ20,25,32 (SS400) GIR D25 (SD345)、構造用ビス



図-3 構造架構計画

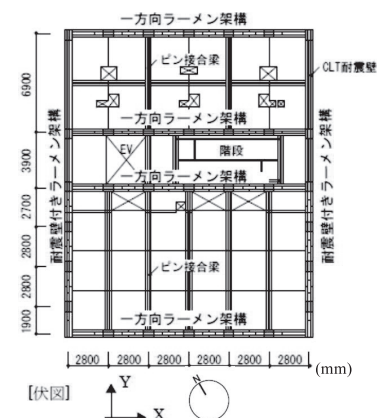


図-4 基準階伏図

X方向（東西）の架構形式は純ラーメンとし、建築プランに応じて2.8mスパンのフレームを4面配置している。木材の集結精度が求められる柱梁の剛接部は工場製作とし、現場継手は曲げ応力が最小となる階高の中央およびスパン中央に計画している（図-6）。

Y方向（南北）の架構形式はCLT耐震壁付きラーメン架構とし、建物両側面の2面に配置している。南側の4スパンには階の中間レベルに剛接合の梁（=耐震梁）を配し、架構全体でバランスよく水平力を負担する計画としている。耐震壁と柱梁との接合方法は鋼板挿入型ドリフトピン接合を採用した。耐震壁への過度の応力集中を避けるため、耐震壁と柱梁の間には50mmのクリアランスを設け、木材同士の接触による応力伝達を避けている。また、CLT耐震壁側の鋼板挿入プレートのドリフトピン孔を大きめに設定し、ジョイント部に緩みを持たせている（図-7）。地上部地震荷重の負担率はラーメン架構80%、耐震壁20%程度である。

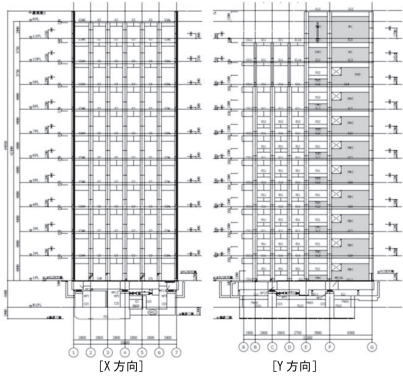


図-5 代表軸組図

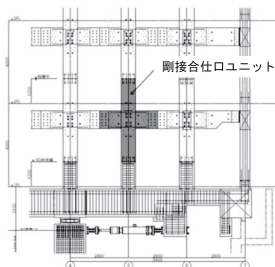


図-6 X方向架構詳細

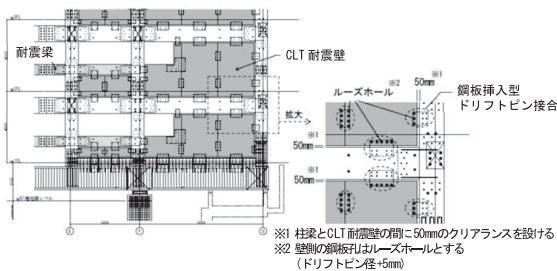


図-7 Y方向架構詳細

### 3.2 免震構造計画概要

都市部の限られた敷地を最大限に活かすため、免震層応答変位を抑制した低変位型免震建物とした。免震クリアランスは450mmとしている。図-8および表-3に免震材料の配置計画を示す。

上部純木造の計画に際し、極めて稀に発生する地震動に対する部材設計クライテリアを弾性限耐力以内と設定している。免震支承材として球面すべり支承を10基採用した。振り子の原理に基づく免震挙動により、RC造やS造に比べて軽量な純木造建物に対しても長周期化が可能であり、純木造高層建築の実現に貢献している。

減衰材として減衰こまを4基採用している。摩擦型減衰材の球面すべり支承と、粘性系減衰材の減衰こまを組み合わせることで、地震入力の低減と応答変位抑制の両立を図っている。

本計画では設備機器の大半を地下1階に集約している。一般的な免震材料と比べてコンパクトな球面すべり支承を地下1階柱頭に配置することで、地下構造の深さを抑えることができ、既存建物の底版を解体することなく、その上に新築建物を計画することが可能となった（図-9）。

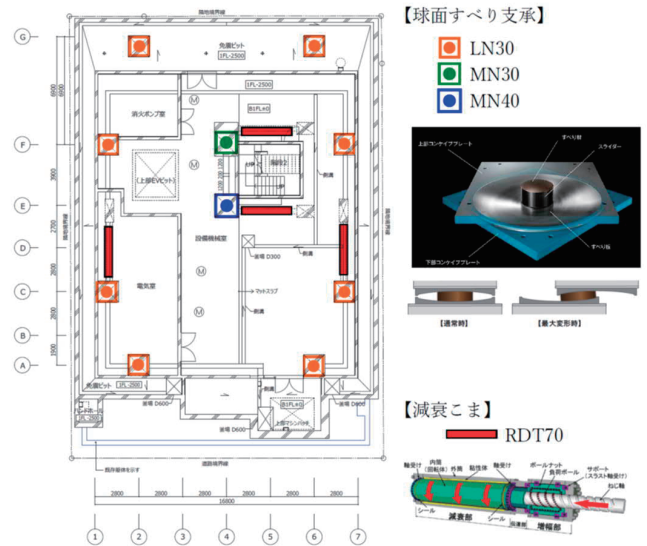


図-8 免震層計画

表-3 免震部材

球面すべり支承 (T=4.5s, 低摩擦タイプ)	LN30 (スライダ-φ300)	8基	減衰こま RDT70 (抵抗力 ~700kN)	X,Y方向 各2基
球面すべり支承 (T=4.5s, 中摩擦タイプ)	MN30 (スライダ-φ300)	1基		
	MN40 (スライダ-φ400)	1基	合計	4基
合計		10基		

### 3.3 地下・基礎構造計画概要

鉄筋コンクリート造、耐震壁付きラーメン架構とし、免震建物の下部構造として十分な剛性と耐力を確保している。

基礎は地盤面-6m付近の砂礫層を支持地盤とする直接基礎とした。既存建物はSRC造地上6階の建物であったが、純木造の軽さを活かして地上11階の建築を直接基礎で計画することができた(図-9)。

### 3.4 構造性能目標

#### ①上部構造の性能目標

上部構造(純木造)の性能目標を表-4に示す。設計用層せん断力について、地震荷重と風荷重を比較して図-10に示す。

長期荷重に対して、部材応力は長期許容応力度以下とした。たわみの制限はCLT床1/250以下、木造小梁(LVL、集成材)1/300以下とし、変形は弾性変形にクリープ係数を乗じて算出した。

レベル1短期荷重に対し、部材応力は短期許容応力度以下、層間変形角1/200以下とした。

レベル2短期荷重に対し、部材応力は弾性限耐力以内とした。本建物で採用する純木架構は、層間変形角1/100程度まで弾性状態を保つことを確認しており、外装材の変形追従性などを勘案して層間変形角のクライテリアは1/120以下とした。

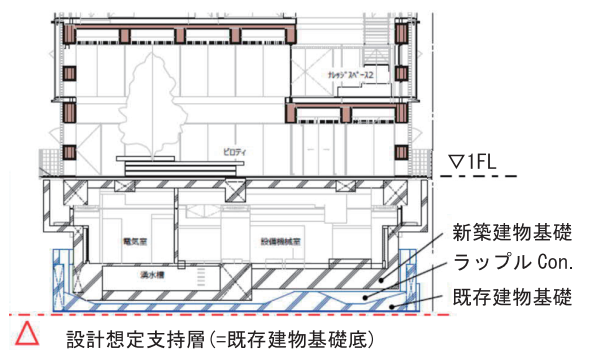


図-9 地盤概要と基礎計画

表-4 上部構造の性能目標

	長期	短期/レベル1 (L1設計用層せん断力)	短期/レベル2 (L2設計用層せん断力)
応力	長期許容応力度以下	短期許容応力度以下	弾性限耐力以下
変形 (鉛直方向たわみ) 梁 : 1/300以下 床 : 1/250以下 ※クリープ変形考慮		(層間変形角) 1/200以下	(層間変形角) 1/120以下

#### ②免震層の性能目標

免震層の性能目標を表-5に示す。免震クリアランス450mmに対し、最大応答変位400mm以下とした。

球面すべり支承の面圧は、圧縮時には許容面圧以下とした。引張時には浮上りを生じさせないこととした。ただし、水平動と上下動の組み合わせに対しては浮き上がりを許容し、浮き上がり量や着座時の衝撃力に対して構造安全性を確保した。

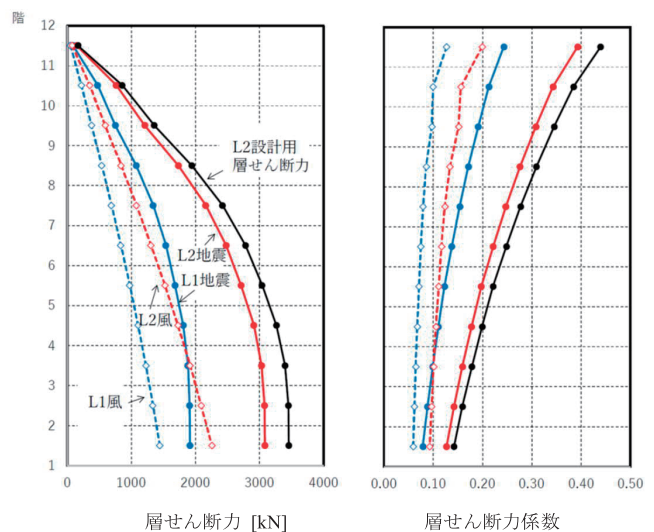


図-10 設計用層せん断力

表-5 免震層の性能目標

	長期	短期/レベル1 (L1地震、風)	短期/レベル2 (L2地震、風)
球面すべり支承	長期許容面圧 60N/mm <sup>2</sup> 以下	短期許容面圧 120N/mm <sup>2</sup> 以下  -引抜側- ・水平動に対して浮上りは生じさせない ・上下動との組合せに対し、離間量は3mm以下 ・スライダの空走は最大100mm程度に抑える ・着座時の衝撃荷重は基準面圧の2倍程度とする	
免震層変形	-	最小クリアランス 400mm以下	

### 3.5 時刻歴応答解析の結果概要

時刻歴応答解析によるレベル2地震応答、レベル2風応答の概要を以下に示す。

#### ①地震応答解析結果

図-11に地震応答解析モデルを示す。11質点系等価せん断型モデルとし、塔屋重量および屋上設備架台重量は11FL質点に集約している。各層復元力は線形弾性とし、立体フレームモデルの応力解析により等価せん断剛性を評価した。上部構造の内部粘性減衰は剛性比例型減衰とし、免震層固定の1次固有周期に対し5%の減衰を与えている。

免震層には免震部材要素として、SSB（球面すべり支承）とRDT（減衰こま）を配置している。SSBは変位依存型 Bi-Linear の復元力特性を、RDTは速度依存型曲線モデルの減衰力特性を与えている。

表-6に固有値解析結果を示す。免震層固定の1次固有周期はX方向（純ラーメン）1.71秒、Y方向（CLT耐震壁付き）1.75秒である。

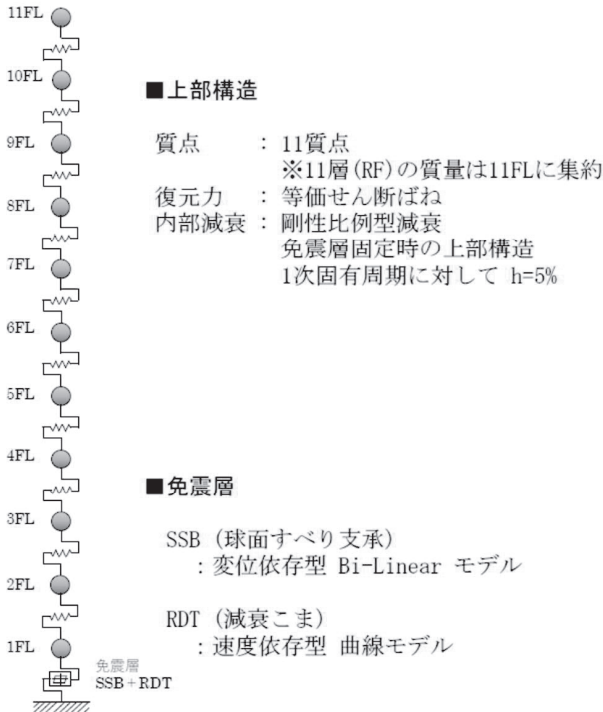


図-11 地震応答解析モデル

入力地震動は既往観測波3波、告示波3波に加えてM8クラスの南関東プレート境界地震を想定した地震動（関東地震NS、EW）、M7クラスの横浜市直下地震、南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動（KA1）を加えた計10波を、極めて稀に発生する地震動（レベル2地震）として採用している（図-12）。

最大応答を図-13に示す。免震部材のばらつきを考慮し、絶対加速度、層せん断力、層間変形角は正側ばらつき、相対変位については負側ばらつきの結果を示している。免震層の最大応答変位は385mm、上部構造の最大層間変形角は1/155であり設計クライテリア（400mm以下、1/120以下）を満足している。

表-6 基本振動系の1次固有周期

	上部構造 (基部固定)	L1地震相当 (40mm変形)	L2地震相当 (400mm変形)
X方向	1.71 秒	2.66 秒	4.06 秒
Y方向	1.75 秒	2.68 秒	4.07 秒

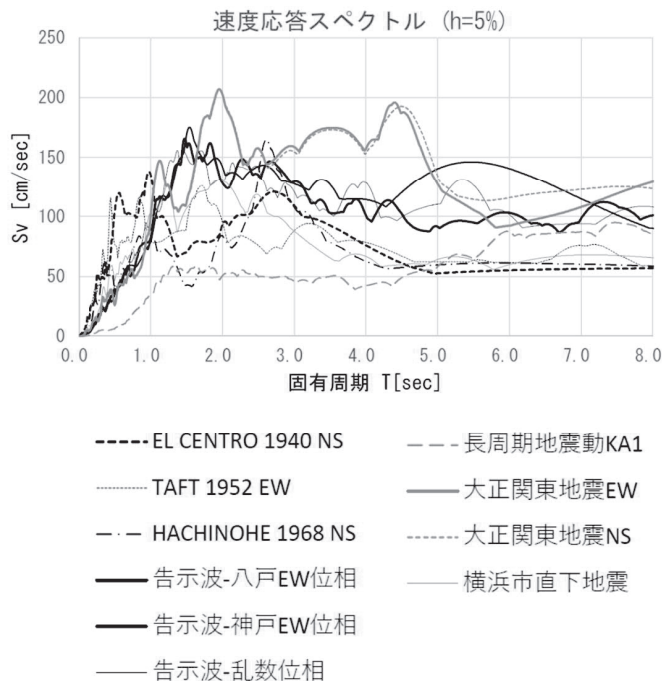


図-12 入力地震動 速度応答スペクトル

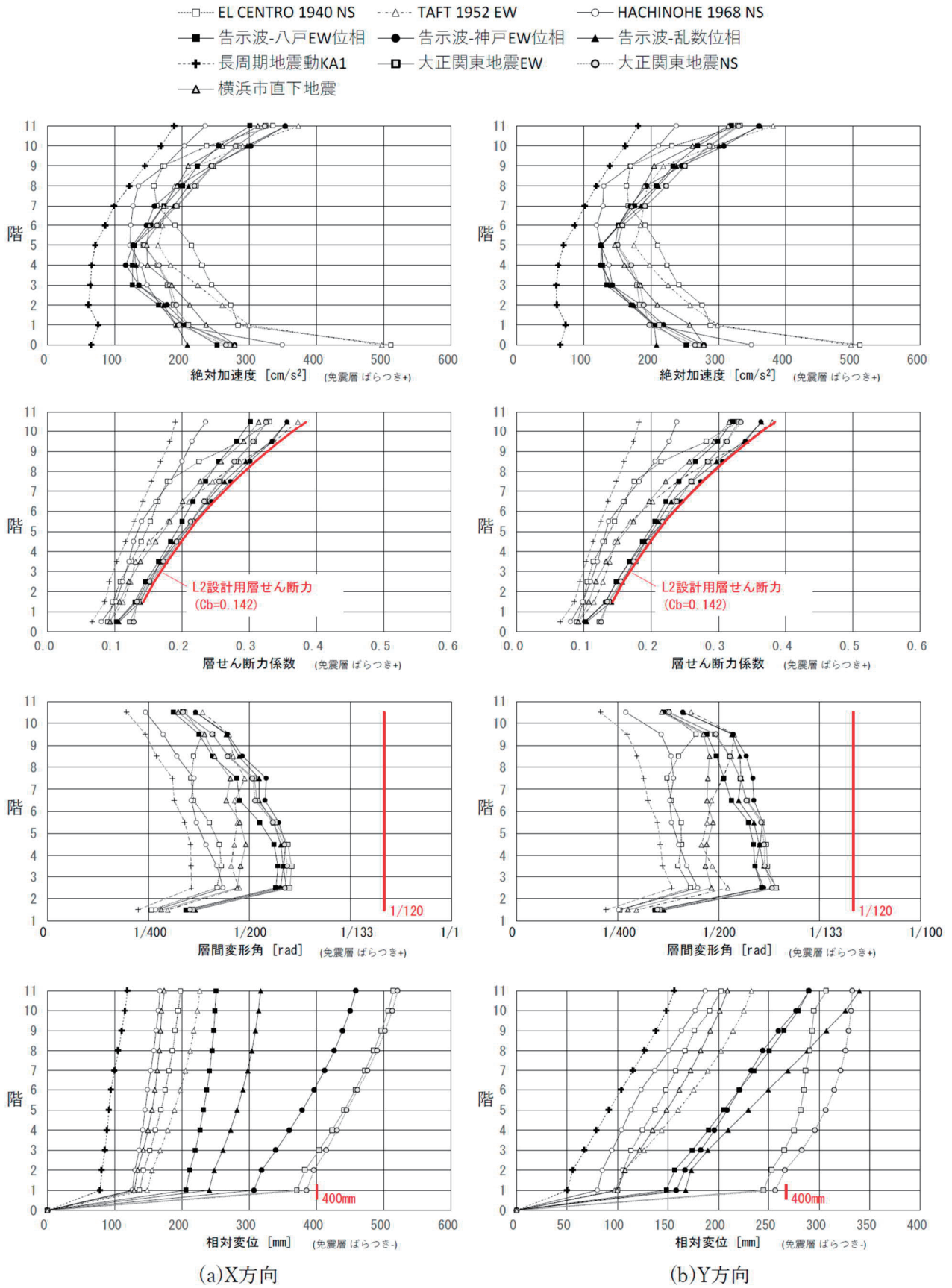


図-13 地震応答解析結果

②風応答解析結果

本計画では、レベル2風荷重の変動成分に対して免震層は球面すべり支承の滑りを伴う弾塑性挙動を示すため、暴風時の免震挙動について時刻歴応答解析による詳細検討を行なっている。図-14に風応答解析モデルを示す。上部構造の各層を3自由度(dx、dy、Rz)の質点とし、各層に等価せん断剛性およびねじり剛性を与えた質点系モデルとした。免震層は10基の球面すべり支承と各方向2基ずつの減衰こまを平面配置したモデルとし、風方向、風向直交方向、ねじりの振動を評価した。

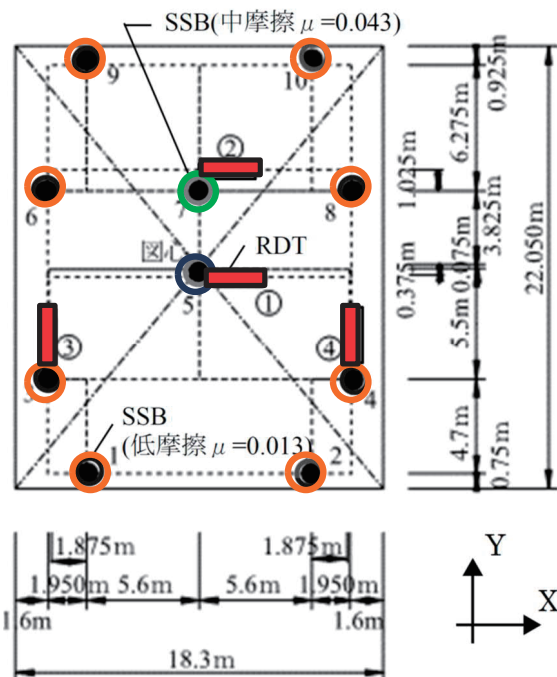
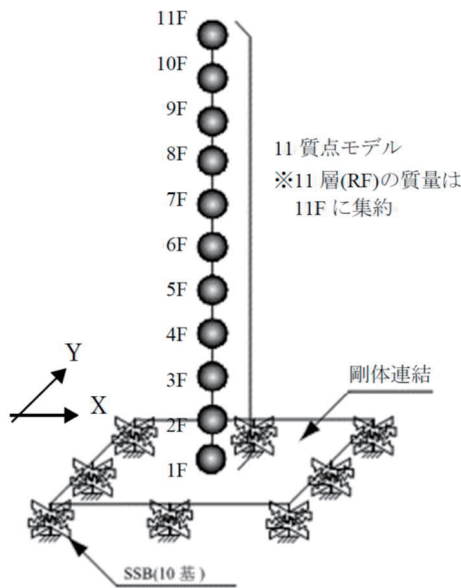


図-14 風応答解析モデル

地表面粗度区分Ⅲ、基準風速 $V_0=34\text{ m/s}$ 、レベル2風速 $1.25V_0=42.5\text{ m/s}$ 、風洞実験により層風力係数を評価し、建物各層の時刻歴風力を算出した(図-15)。

図-16に1FL変位(=免震層の水平変形)の時刻歴を示す。風荷重に対し、免震層は風向方向に偏った挙動を示しており、約140mmを中心 $\pm 60\text{ mm}$ 程度の振幅で振動し、最大変形は約200mmである。この時、免震部材の最大変形は約240mmであり、クライテリアの400mm以下であることを確認した。

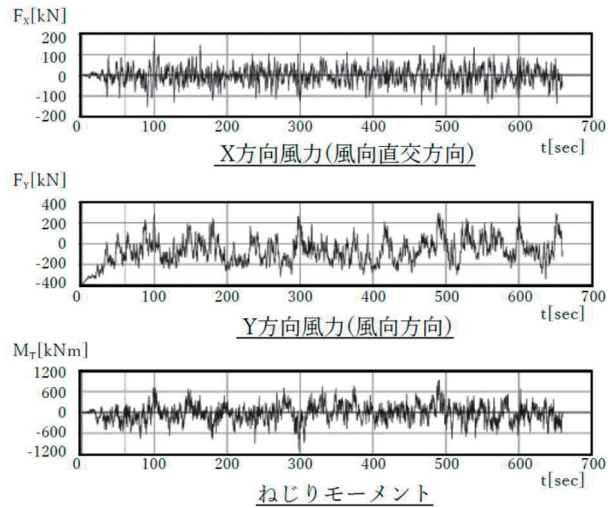


図-15 時刻歴風力(第11層)

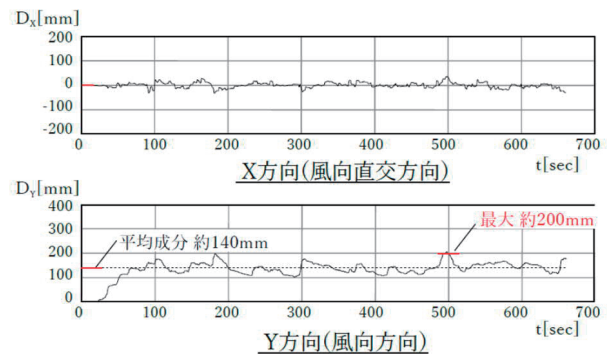


図-16 風応答解析結果(免震層)

## 4. 剛接合十字仕口ユニット

### 4.1 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。これは、ブレースや耐力壁のない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応力が集中することを避け、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。

大林組では大規模木造建築で求められる大断面部材として「オメガウッド」を開発し、主に生産施設系の低層大規模木造建築に採用してきた。「オメガウッド」は図-17に示すように、LVLや集成材をボルト・ビスで綴ることで一体化し、二次接着による大断面部材と比べてコスト低減や材料納期の短縮を図ったものである。

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、耐力およ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、前述の「オメガウッド」の技術を応用して、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-18に剛接合仕口ユニットの概要を示す。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。



図-17 オメガウッド概念図

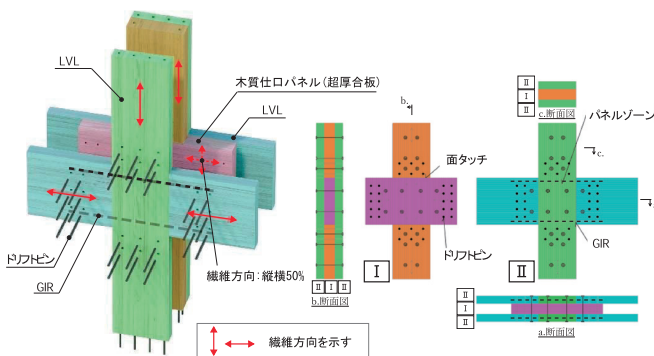


図-18 剛接合仕口ユニット概要

### 4.2 木質仕口パネル

貫材に使用した木質仕口パネルはE100～E120のカラマツの単板を合板のように交互に積層した新材料であり、厚さ200x幅900x長さ2000mm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。製法は合板とほぼ同様であるが、必要強度の方向や試験方法が既往の合板やLVLの規格に合致しないため、建物の構造性能評価（時刻歴応答解析）に先行して、（一財）日本建築センターにて一般評定を受けた。材料性能の一例として、ドリフトピンのめり込み強度・剛性に関する性能確認試験の結果を図-19に示す。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った。LVL繊維方向加力時は繊維に沿った割れが発生するのに対し、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。

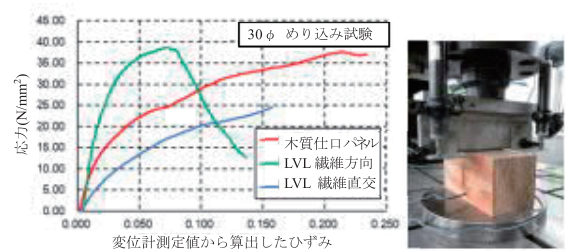
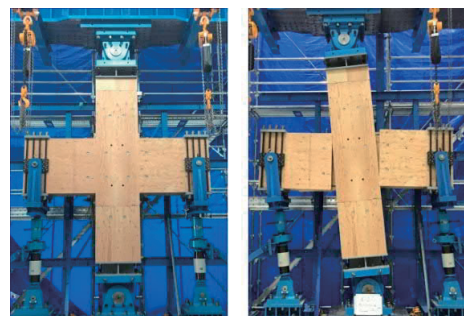


図-19 木質仕口パネルの材料試験結果



試験前

試験後(層間変形角 1/10)

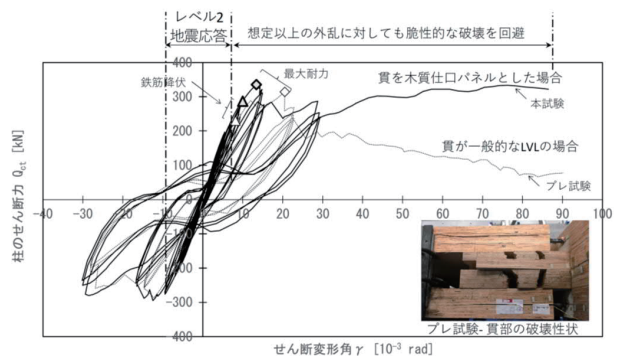


図-20 十字架構試験結果概要



### 4.3 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および梁せいの小さい十字架構、さらに最上階を想定したT字加工について実施し、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(表-7)。

所定の鉛直荷重を載荷後、変位制御による水平交番載荷(1/450radから1/30radまで各3サイクル)を行ない、最終的に1/10radまで加力して終局状態を確認した。図-20に標準タイプの試験結果概要を示す。十字型タイプはいずれもGIR鉄筋が降伏した後、木部の割れやめり込みを伴って変形が進行した。T字型タイプはGIR鉄筋の降伏より先に柱小口や梁の木部で破断がみられた。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。いずれの試験体も鉄筋降伏後、木部の破壊に伴い耐力が一旦10~20%程度低下するが架構の変形に伴い回復し、1/15rad程度の大変形まで耐力が維持可能であることが確認された。図-20の荷重-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わかる。なお、本計画では免震構造を採用し、極めて稀に発生する地震(レベル2地震)まで架構が弾性を保持する設計とし、靱性能により想定以上の外乱に対して脆性的な破壊を回避することとしている。

試験結果については、FEM(Finite Element Method:有限要素法)解析との比較検証を行っている<sup>1),2)</sup>。架構の剛性は解析値が実験値に対して0.98~1.06程度と、いずれも良好な対応を示している。またGIR鉄筋の応力についても解析値と実験値がよい対応を示すことが確認できている。

表-7 十字架構試験体一覧

試験体名	架構形式	断面サイズ(mm)		備考
		柱	大梁	
プレ試験A	十字型	700×600	450×900	-
プレ試験B	十字型	700×500	500×900	-
B-2-1	十字型	700×500	500×900	標準型3体 ばらつき評価
B-2-2				
B-2-3				
B-3	十字型	700×500	500×500	梁せい小
C-1	T字型	700×500	500×900	最上階柱頭

### 4.4 架構設計法

架構の設計は、立体フレームモデルの応力解析に基づき行っている。梁端部に回転ばねを配置し、文献3)の方法で回転ばねの剛性と耐力を実験結果から評価している。

柱・梁に関しては、応力解析で評価した断面応力を有効断面の断面積や断面係数で除すことで部材応力度を評価し、LVLの材料規格に定められる許容応力度以下となることを確認した。柱梁仕口部については梁端回転ばねの曲げ応力が、外力レベルに応じて設定した耐力値(レベル1:短期許容耐力/レベル2:弾性限耐力)以下となることを確認した。

なお、前述のとおりFEM解析によりGIR鉄筋の応力を精度よく評価できることを確認したことから、鉄筋降伏先行の条件下においては、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解析で補間することが可能となった。

## 5. オメガウッド(耐火)

### 5.1 概要

建築基準法では、防火地域内で100m<sup>2</sup>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複雑さからコストが割高となる課題があった。その対策として(株)シェルターとの連携により、準耐火構造用に開発した前述の「オメガウッド」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)」(図-21)を開発している。

オメガウッド(耐火)では、柱・梁部材の外表面を石膏ボードおよび燃え代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無いため、地震時に損傷や隙間が生じるおそれがあり、また木造架構の強度特性・構造耐力にも影響を及ぼす懸念がある。

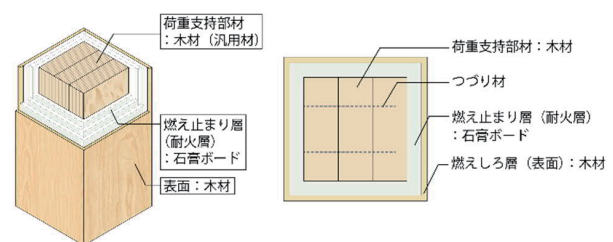


図-21 オメガウッド(耐火)概念図

これらの課題を解決するため、柱梁接合部の石膏ボード突き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。

## 5.2 柱梁接合部の耐火性能検証実験

上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-22**に示す門型フレーム試験体（2時間耐火仕様のLVL柱・梁+非耐火仕様の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-23**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、かつ木造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。

加熱実験後の試験体状況を**写真-2**に示すが、耐火層の石膏ボードを全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、構造体である木材に炭化等は全く生じておらず、所定の耐火性能を保持可能であることを確認した。

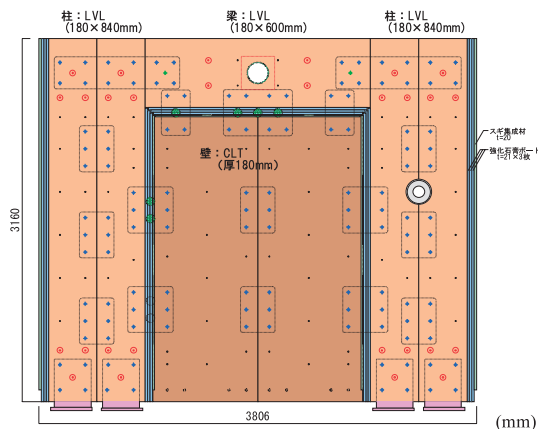


図-22 耐火試験体の立・断面図

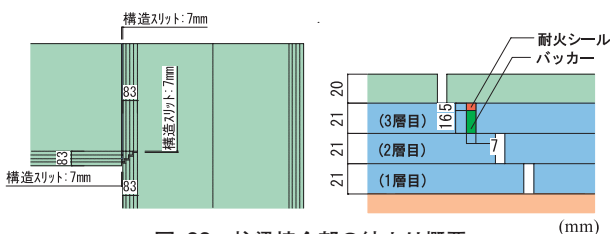


図-23 柱梁接合部の納まり概要



写真-2 加熱実験後の状況

## 6. 板ばね遮音システム

### 6.1 概要

CLT床はコンクリートスラブに比べ軽量なため、特に重量床衝撃音遮断性能の確保が課題となる。重量床衝撃音遮断性能を高めるには、コンクリートを併用する等、重量を大きくする対策が通常用いられるが、工期・建物重量への影響が大きくなる。また、下室側の天井での対策も有効ではあるが、木造建物では床衝撃時に壁からの放射音の影響が大きくなる傾向があることや、階高や意匠の自由度の制約も生じる。このため、軽量且つ床上のみで重量床衝撃音を低減することを目的として、CLT上に木製の板ばねと乾式二重床を併用した床仕上げ構造を新たに開発した。

板ばねは根太床を2段重ねた構造で、下側根太間の中央部に上側根太を配置することで、床上を加振した際に下側根太合板が変形し、板ばねとして作用して躯体床へ伝わる振動を低減する工法である（**図-24**）。板ばねの固有振動数は根太ピッチと合板の厚さで調整でき、重量床衝撃音の主要な周波数である63Hz帯域に対して振動低減効果があり、且つ歩行振動性能を確保するため20～25Hzに設定した。

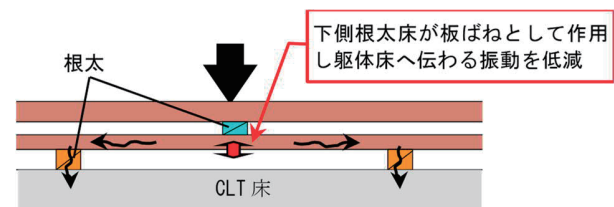


図-24 板ばね遮音システムの概要

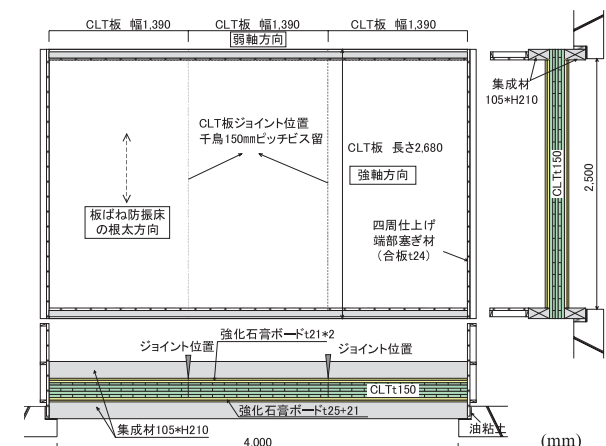


図-25 CLT床の設置方法

### 6.2 実験室における性能検証

板ばねと乾式二重床を用いたCLT床の重量床衝撃音遮断性能の検証を、(一財)日本建築総合試験所における上下残響室において実施した。試験体寸法は2,500mm×4,000mmで、1時間耐火仕様のCLT t150の上に、表-8に示す3種類の仕様の板ばねと乾式二重床を施工した。CLT板の設置方法を図-25に示す。床衝撃音レベルの測定はJIS A 1418-2<sup>4)</sup>に準拠して標準重量衝撃源(タイヤ)を用いて行った。また参考として、JIS A 1419-2<sup>5)</sup>によるLr等級に準じ、床衝撃音レベル測定値から遮音等級を1dBピッチで求めてLr数として評価を行った。

各試験体の床衝撃音レベル測定結果を比較して図-26に示す。1時間耐火仕様のCLTt150がLr-66に対して、板ばね仕様1でLr-59、板ばね仕様2でLr-55、板ばね仕様3でLr-57の性能であり、板ばねと乾式二重床を施工することで、天井がなく軽量の床構造でもLr数を7~11改善できることを確認した。

表-8 板ばね仕様一覧

試験体	下側根太床(根太ピッチ606mm)	上側根太床(根太ピッチ606mm)
板ばね仕様1	根太高さ24mm+構造用合板t15+ アスファルトマットt4+構造用合板t15	根太高さ24mm+ 構造用合板t36+普通合板t12
板ばね仕様2	根太高さ36mm(グラスウール32k25mm)+ 構造用合板t15+アスファルトマットt8+ 構造用合板t15	根太高さ24mm+ 構造用合板t36+普通合板t12×2
板ばね仕様3	根太高さ36mm(グラスウール32k25mm)+ 構造用合板t18+普通合板t9	根太高さ24mm+ 構造用合板t36+普通合板t12
躯体CLT床 (各試験体共通)	厚さ150・スギS60A-5-5, 1時間耐火仕様 (上面強化石膏ボードt21×2, 下面強化石膏ボードt25+21), 長辺方向2辺の上下を集成材梁で支持	
乾式二重床 (各試験体共通)	パーティクルボードt20+ガラス繊維不織布入石膏ボードt9.5+ アスファルト系制振マットt8+合板t12 ※床仕上げ高さ269.5mm	

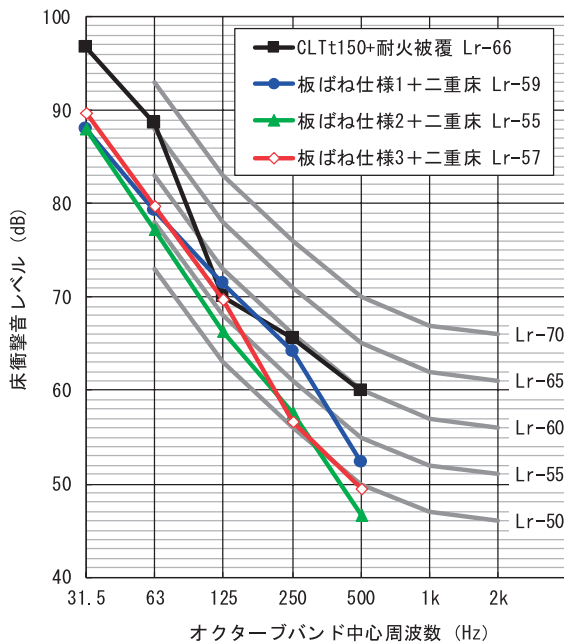


図-26 試験体の床衝撃音レベル測定結果

### 6.3 Port Plusにおける床仕様

Port Plusの宿泊室で採用した床仕上げ構造を図-27に示す。なお、床下には木ルーバー天井があるが、重量床衝撃音に対する影響はないと考えられる。板ばね部の仕様は、表-8の板ばね仕様3をベースとして、下側根太床に硬質石膏ボードt9.5mmを追加して固有振動数をより低くし、板ばね部の重量を増すことで性能を向上した。乾式二重床は、実験時と仕上げ高さは異なるが同一仕様である。なお、現場への施工においては、床材としての機能・耐久性を検証するため、1.2kNの繰返し荷重試験や局部集中荷重試験・衝撃荷重試験を行い、構成部材の劣化や変位量に問題がないことを確認した(写真-3)。

宿泊室において重量床衝撃音遮断性能の検証測定を行ったところ、耐火被覆まで施工・床仕上げ前の状態でLr-69、竣工時でLr-62~63の性能値であった。実験室と実建物では、CLT床の振動特性や受音室側の吸音効果が異なり、また実建物では壁からの放射音の影響が含まれる等、複数の要因によってCLT床や床仕上げ構造の遮音性能の差が生じたものと考えられる。

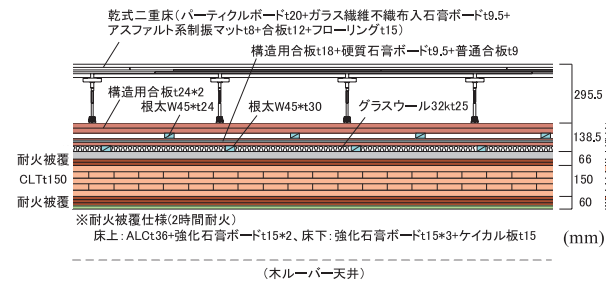


図-27 Port Plusにおける床仕様

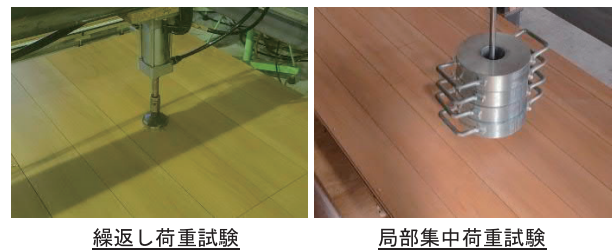


写真-3 床材の耐久性試験状況

## 7. まとめ

国内初の高層純木造耐火建築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、2022年3月に竣工を迎えた。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。

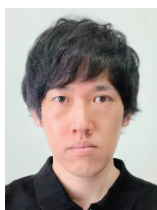
本プロジェクトを通じて得られた知見を適切にフィードバックすることで、適材適所に木材を構造体として活用するハイブリッド構造を含め、中高層木造の技術開発に活かしていく所存である。

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。

### 【参考文献】

- 1) 辻 靖彦, ほか:「貫とGIRで応力伝達するLVL十字型接合部の開発(その1、2)」日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)2019年9月
- 2) 仁木 秀巳, ほか:「貫とGIRで応力伝達するLVL十字型接合部の開発(その3、4)」日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)2020年9月
- 3) 公益財団法人日本住宅・木材技術センター:木造ラームンの評価方法・構造設計の手引き, 2016
- 4) JIS A 1418-2:2000「建築物の床衝撃音遮断性能の測定方法-第2部:標準重量衝撃源による方法」
- 5) JIS A 1419-2:2000「建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法-第2部:床衝撃音遮断性能」

### 【執筆者】



\*1 百野 泰樹  
(BYAKUNO Yasuki)



\*2 藤澤 康仁  
(FUJISAWA Yasuhito)



\*3 丹羽 博則  
(NIWA Hironori)