

協会創立30周年記念 見学講演会

第2回
「Port Plus」安藤ハザマ
麻生 直木

1 はじめに

日本免震構造協会設立30周年記念事業の一環である見学講演会（5回開催予定）の第2回として、令和5年8月8日に横浜にて「カーボンニュートラル～木造の免震構造」をテーマに開催されました。見学させていただいた建物は、「Port Plus」になります。見学後は、京都大学の五十田博教授による特別講演会「高層木造の潮流とその免震化」も開催されました。

厳しい暑さの中ではありますが、総計56名（本協会委員7名、大林組説明担当者3名）の方々が、見学・講演会に参加されました。

2 見学・講演会プログラム

当日は、建物1階で受付後、9階セミナールームに集合し、主催者側から記念事業委員会見学会WG主査の中塚光一氏から挨拶が行われ、以降は、以下のプログラムに沿って進められました。

2.1 「Port Plus」 14:00～17:00

1. 建物概要、構造概要、施工概要説明（20分）
 - 大林組 太田 真理 氏（説明：意匠担当）
 - 大林組 辻 靖彦 氏（構造担当）
 - 大林組 藤原 章宏 氏（構造担当）
2. 施設見学（70分） 3班に分かれて見学
 - リラクゼーションルーム、宿泊エリア、コミュニケーションラウンジ、プロモーションスペース、免震層などを見学しました。
3. 質疑応答（20分） 休憩（10分）
 - 木造木質化に関する多くの質問がありました。
4. 講演会（60分）

以上

3 「Port Plus」

3.1 プロジェクト全体概要

Port Plusは大林組グループの新たなイノベーションや企業文化を生み出すことをコンセプトとした研修室、宿泊室、新しいワークプレイス、企業プロモーションスペースが一体となった次世代型研修施設で、新たな木造建築への挑戦として、日本初となる純木造高層耐火建築物（地上11階・地下1階：地上部柱・梁・壁・床を全て木造）として計画された。

純木造高層耐火建築物を実現するため、狭小敷地にも適用可能な球面すべり支承による免震構造が採用され、剛性の確保が難しい木造架構については新たな接合法を開発、メンブレンタイプの耐火構造として、告示とシェルターとOEM契約を結んだ耐火木造オメガウッド採用し、更なる安全性向上のため、一部に3時間耐火仕様柱・梁が初採用されている。

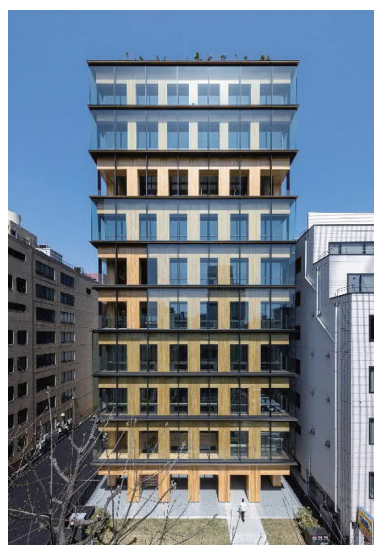


写真1 Port Plus 外観

3.2 建築概要

建築概要を表1に、下記に計画の特徴を示す。

表1 建物概要

建物名称	Port Plus
建築主	株式会社 大林組
所在地	神奈川県横浜市中区弁天町 2-22,23
設計 監理	(株) 大林組一級建築士事務所 (株) 大林組工事監理一級建築士事務所
施工	株式会社 大林組東京本店
工期	2020年3月～2022年3月(24か月)
用途	研修所
建物概要	地上純木造 地下：鉄筋コンクリート造 免震構造 地下1階柱頭免震 地下1階、地上11階 敷地面積 562.28m ² 建築面積 397.58m ² 延床面積 3,502.87m ² 軒高さ 42.14m ² 最高高さ 44.1m ²

○平面計画

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繋がれている。

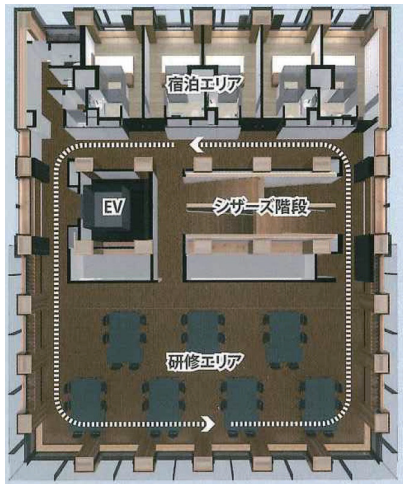


図1 研修・宿泊エリア平面図

○立面計画

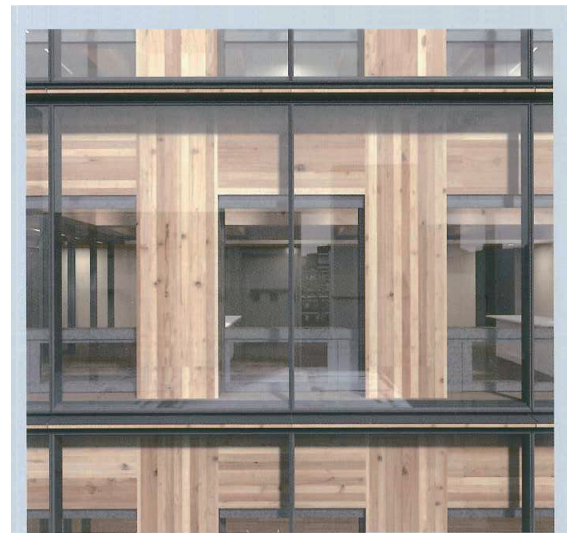
南面、東西面一部をダブルスキンファサードとし、純木造架構の視覚化、開放的な空間を実現させ、ダブルスキンファサードによって、建物環境性能を向上させ、空気が巡る仕組みとなっている。

アウターサッシ部で外部露出の木部を保護し、インナーサッシ部を防火設備としている。

屋外に露出する構造体は、耐火大臣認定仕様の外面に、防水シートと仕上げとなる交換可能な木材を

設けて外装としての性能が付加されている。

外面に、防水シートと仕上げの燃え代部が増すため、耐火上の問題が生じないことを燃焼試験により確認、さらに、露出部の表面の木材は、耐候性処理木材であるエコアコールウッドに外部用の保護塗料を塗布している。



立面図

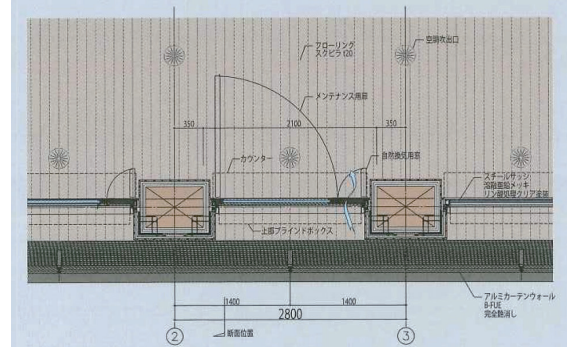


図2 立面計画図

○室内空間

宿泊室では、木質空間におけるウェルネスの実証として、睡眠の質をセンシング+見える化し、Rest&Refreshを追求した木質空間での宿泊体験の中で、自身のウェルネス（心身の健康）への気付きを促す。

リフレッシュゾーンでは、五感を刺激するバイオフィリックデザインの実証として、木質空間にインナーグリーンやサーカディアンリズム照明（視覚）、ハイレゾ音響（聴覚）、香り空調（嗅覚）を掛け合わせることで期待される集中力向上やリラクゼーション効果を、バイタルデータをセンシングし実証する。

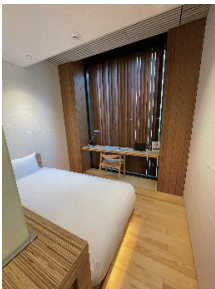


写真2 宿泊室

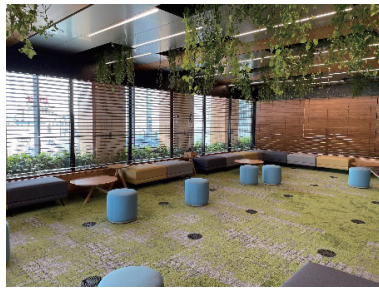


写真3 リフレッシュゾーン

3.3 純木造高層耐火建築物における課題解決

① 耐火木造部材への外装材の取付け

外装は重量が重く、風荷重や地震力の影響も受けるため、躯体に直接取り付ける必要がある。

Port Plusでは、木造構造体には全て耐火被覆があり、躯体に直接取り付けることができない。さらに、耐火被覆を太い金物が貫通すると火災時熱橋となり、構造体の木と接する部分で発火温度を超えてしまう。熱橋を防止するにはM8（コーチボルト）を超える径のビスは耐火被覆を貫通させてはならないことが、「木質耐火部材を用いた木造耐火建築物設計マニュアル：日本木造耐火建築協会」に示されている。しかし、M8のビスではせん断力を受けきれないため、L型の鋼板t12mmを構造体へ鉛直方向と水平方向からM8のビスで留め付けを行い、ビスの軸方向力で荷重を伝達するディテールとしている。

ビスは、L型プレートが耐火被覆層や燃え代層を圧縮破壊しないよう先行取付した圧縮専用M8ビスとプレート上から取付けた引張専用M8ビスにより、外装材を留め付けるために必要な強度を鉛直・水平方向に分解し、それぞれに対して圧縮専用M8ビスと引張専用M8ビスが必要量打設されている。

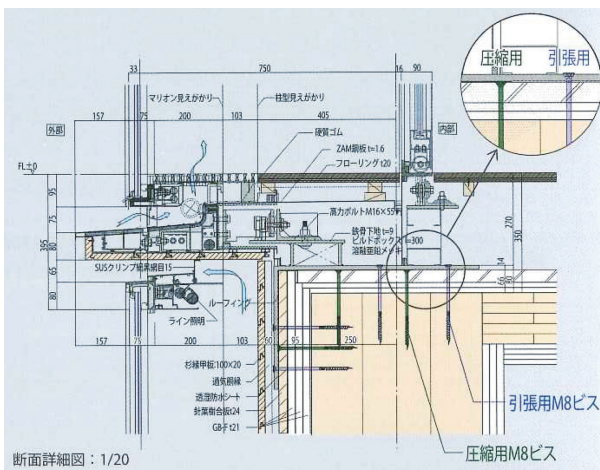


図3 断面詳細図

② CLT床 板ばね遮音システム

CLT床はコンクリートスラブに比べ軽量であるため、特に重量床衝撃音遮断性能の確保が課題となっている。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、工期や建物重量への影響が大きくなってしまいます。そのため、軽量で床上のみで重量床衝撃音を低減することができる新たな工法を開発し、宿泊室部で採用されている。

新たな工法は、CLT床上に木製の根太床を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床合板が変形し、ばねとして作用する板ばねと乾式二重床を併用する構成となっている。

試験室での測定では重量衝撃音遮断性能は、LrH55であった。実際の建物内での測定ではLrH60～65のホテル並みの性能が確保されている。

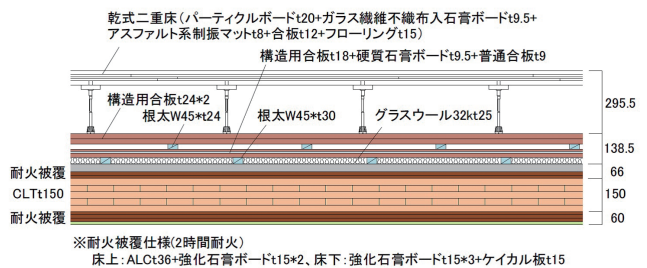


図4 PORT PLUS 板ばね遮音システム断面

③ 設備配管

耐火木構造部材の設備配管貫通を最小とするため床下空調とし、梁貫通はスプリンクラー配管の貫通100φのみとしている。

貫通部には、耐火被覆として石膏筒を採用されている。

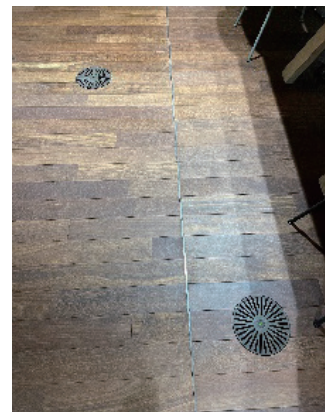


写真4 設備空調床吹き出し

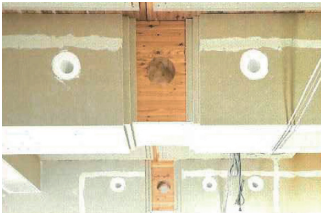


図5 石膏筒施工状況

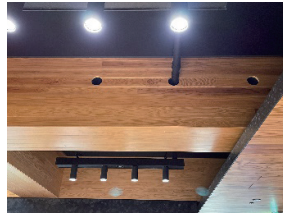


写真5 仕上げ後貫通状況
設備梁配管貫通部

④ 避雷対策

RC造やS造と違い躯体内に避雷導体を組み込まれないため、外装材を避雷導体として利用されている。

効果や安全性は、シミュレーションにより確認されている。

3.4 耐火木造部材の耐火仕様

耐火木造部材は、すべてメンブレン型が採用されている。

○ 柱・梁：オメガウッド 耐火仕様

「燃え代+燃え止まり型」

「オメガウッド(耐水)」が構造部材に適用されている。

オメガウッドは、荷重支持部を汎用材のLVLをビス等で一体化した綴り材で、その周りを燃え止まり層の石膏ボードで覆い、表面の燃え代層に木材を使った木に見える耐火部材である。

特に、1階には3時間耐火仕様のオメガウッド柱が国内で初めて適用されている。

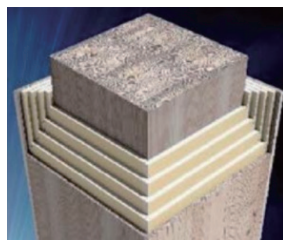
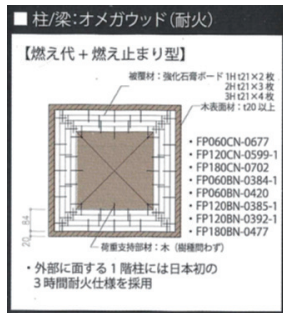


図6 3時間耐火断面

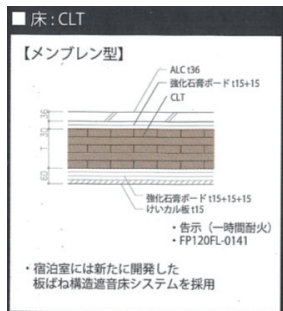
○ 床：CLT耐火仕様

告示(一時間耐火)

FP120FL-0141

上面：ALC t36+強化石膏ボードt15+15mm

下面：強化石膏ボードt15+15+15mm+ケイカル板t15mm



○CLT耐力壁(外壁)耐火仕様告示(一時間耐火)

FP120BE-0176

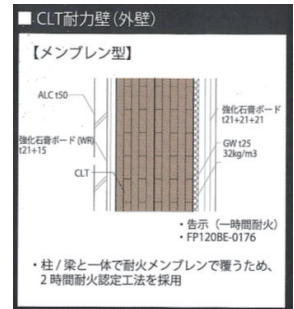
外面：ALC t50mm+強化石膏ボード：

t21+15mm=36mm

内面：強化石膏ボード：

21+21+21=63mm+GWt25

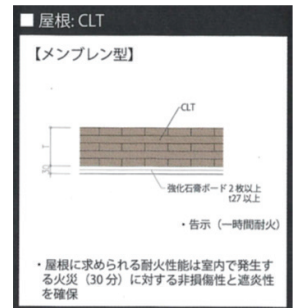
柱・梁と一体で耐火メンブレンで覆うため、2時間耐火認定工法を採用



○屋根 CLT耐火仕様：告示(一時間耐火)

下面：強化石膏ボード2枚(15+15mm)、27mm以上

上面：屋根に求められる耐火性能は室内で発生する火災(30分)に対する非損傷性と遮炎性を確保

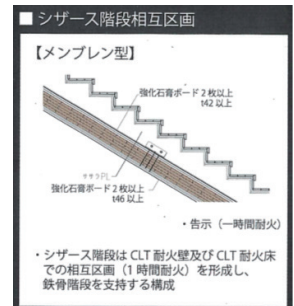


○シザース階段区画耐火仕様：告示(一時間耐火)

上面：強化石膏ボード2枚以上かつ42mm以上

下面：強化石膏ボード2枚以上かつ46mm以上

シザース階段はCLT耐火壁及びCLT耐火床での相互区画(1時間耐火)を形成し、鉄骨階段を支持する構成



3.5 耐火検証法による木質化

集合場所、講演会場でもある9階セミナールームなどでは、避難安全検証法により木質化が実現されている。また9階からは構造部材断面も小型化されていた。



写真6 9階セミナールーム

3.6 構造計画概要

3.6.1 構造概要

構造概要を表2に示す。

表2 構造概要

上部構造	架構		X方向:木造 純ラーメン架構 Y方向:木造 耐震壁付きラーメン架構・耐震梁
	主要部材	柱・梁	構造用単板積層材 LVL(Laminated Veneer Lumber) 柱:BxD=500x700ほか、梁:BxD=500x900ほか
		壁・床	直交集成材 CLT(Cross Laminated Timber) 壁:t300ほか、床:t150ほか
材料	木	集成材: 120E (小梁) LVL: 60E, 90E, 120E (柱、梁) 木質仕口パネル: 120E (仕口部の貫材) CLT: Mx60 (耐震壁、床)	
下部構造	架構		鉄筋コンクリート造 耐震壁付きラーメン架構
	主要部材	基礎梁	BxD=500x1500~1600x1900
		マットスラブ	t=1000
	材料	コンクリート	Fc42:免震基礎、1階床、1階梁 Fc36:地下1階床、梁、柱、基礎、擁壁
		鉄筋	SD295A (D16以下), SD345 (D19~D25) SD390 (D29~D35)
鉄筋継手		柱梁主筋 機械式継手または圧接継手 せん断補強筋 在来型または溶接閉鎖型	

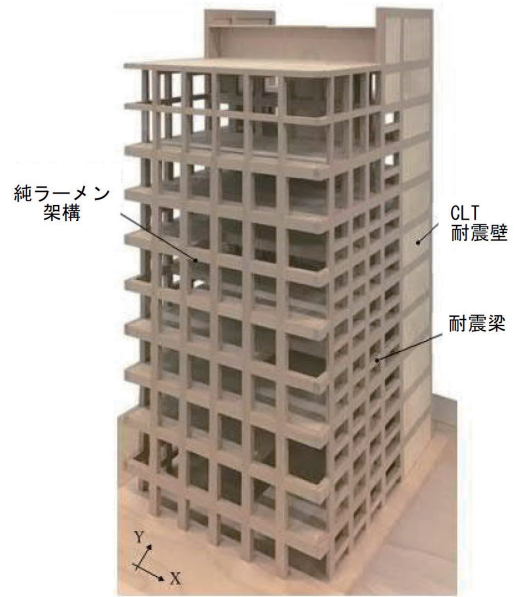


図8 構造模型

X方向（東西）純ラーメン架構、Y方向（南北）CLT耐震壁を有するラーメン架構とされ、X,Y両方のラーメン架構は、1方向にのみ剛性を持つラーメン構造とし、ラーメン架構の仕口に直交する部材は小梁として、ドリフトピンを差すGPLの孔に水平にルーズを持たせピン接合となっている。

X方向（東西）は、純ラーメン架構で、建築プランに応じて2.8m スパンのフレームが4面配置され、Y方向（南北）は、無柱空間を確保するため、建物両側面の2面だけの架構となり、剛性が不足するため、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）を配置し、さらに、CLT耐震壁を設けて架構の剛性が高められている。

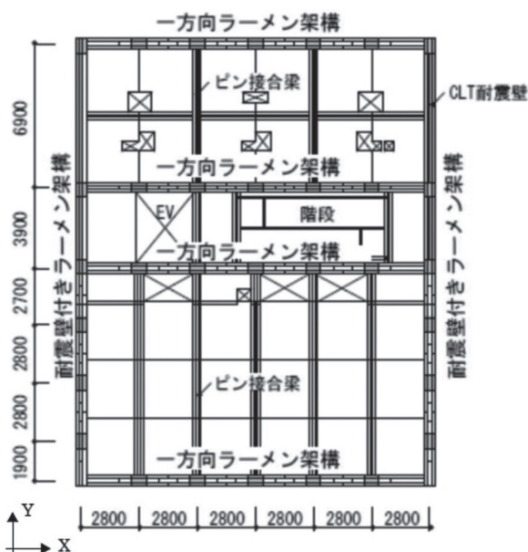


図7 基準階伏図

CLT耐震壁は、木材同士の接触による応力伝達で耐震壁に過度に応力が集中することを避けるため、耐震壁と柱梁の間は50mmのクリアランスを設け、鋼板挿入型ドリフトピンにより接合されている。

また、CLT耐震壁側の鋼板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、過度にCLT耐震壁に力が集中すること抑え、地上部の地震荷重の負担率をラーメン架構80%、耐震壁20%程度に抑えられている。



図9 CLT壁設置状況

構造性能目標を表3に示す。木構造の特性の一つとして、材料のばらつきが挙げられたため、性能試験で確認された1柱あたりの弾性限耐力約300kNに対し、強度ばらつきを考慮して許容耐力を約200kNと設定として設計が行われている。

11層分の軸力を支持しなければならない柱では、クリープ係数2.5として軸縮量を考慮して、仕上げ材などの納まりが検討されている。

表3 構造性能目標

	長期	レベル1 地震、風	レベル2 地震、風
上部木架構	長期許容応力度以下 梁たわみ 1/300 以下	短期許容応力度以下 層間変形角 1/200 以下	弾性限界耐力以下 層間変形角 1/120 以下
免震層	長期許容面圧 60N/mm ²	短期許容面圧 120N/mm ² -引抜側 ・水平動に対して浮き上がりは生じさせない ・上下動との組み合わせに対し、離間隙は3mm以下 ・スライダ-空想弾性は最大100mm程度に抑える ・着座時の衝撃荷重は基礎面圧の2倍程度とする ・免震層水平変形 ≦400mm ※免震クリアランス450mm	

床には、CLT150mm、3.0m×12.0mの大版を採用し、2.8mピッチの小梁上にCLTパネルと載せて連梁として支持させることにより、大版化が可能なCLTが有効に活用されている。

3.6.2 木造架構の課題を解決するための新たな接合技術の開発・採用

梁・柱接合部においては、通常の鋼板挿入型モーメント接合及びGIR接合の弱点を克服し、高剛性・高耐力化を実現するため、支圧接合とGIR工法を組み合わせ、剛接合仕口ユニットを開発・採用されている。

剛接合仕口ユニットは、GIR接合（接合ロッドと接着剤で木材を接合）と貫構造を組み合わせた3層構成となっている。木材の特性である繊維方向の繊維直交方向の特性を考慮することにより、柱と大梁の接合部の剛性・耐力・靱性が確保されている。

接合部の木部材はシンプルな構成とし、あらかじめ工場でユニット化することで部材調達精度を上げ、構造性能のバラッキを抑制し、高い施工性が実現されている。この剛接合仕口ユニットに免震構造を組み合わせ、ごく稀に生じる大地震でも弾性域に留まる構造安全性の高い設計が行われている。

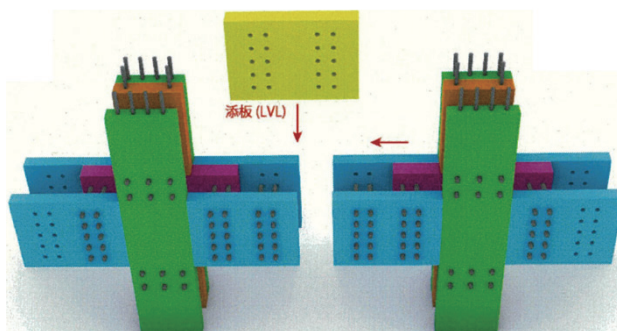


図10 厚さ200mmの高強度のLVLを用いた接合

金物を使わない剛接合仕口ユニットは、梁通し部 (I) と柱通し部 (II) の2通りの部材で構成され、(I) の貫状である木質仕口パネルは、繊維方向を50%柱と直

交する方向とすることで、梁の上下方向へのめり込み強度を向上させて柱軸力を伝達し、さらに梁の曲げによる支圧を柱へと伝達させる。(II) は柱・梁ともに繊維方向と材軸方向は一致しており、柱に梁をGIR工法により接合し、曲げモーメントを伝達させる機構となっている。(I) と (II) を綴り材によって一体化した十字型接合部は、工場で精度良く製作され、十字型接合部同士の接合は、曲げ応力の小さい階高の中央およびスパン中央部で行われている。また、柱と柱の接合部には、高強度モルタルが充填されている。

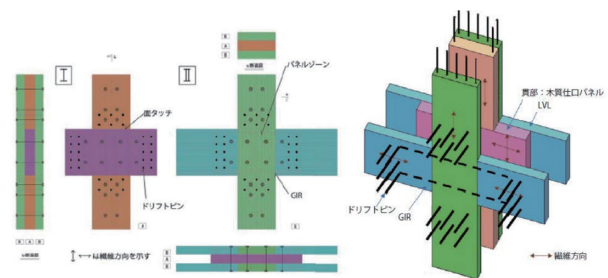


図11 金物を使わない剛接仕口ユニットの構成

1階柱脚部では、防腐・防蟻などの耐久性や、外部からの自動車の衝突などを考慮し、1階スラブから約1.0m強の範囲はRC柱となっている。

本接合法採用に当たり、実大施工試験を行い、木材の加工精度や建方精度における施工精度の管理値の設定、GIR接合、ドリフトピンなどの数多くの部材の施工手順の確認が行われ。実施工段階では、7日タクト（/階）で施工が行われた。

新たな接合技術の開発により、実現されたプレファブ化の施工状況が映像により紹介された。



図12 木造躯体建方状況

LVL構造部材は、雨水の浸透による断面形状変化が大きいため、小口面へ止水用の塗装を行うことにより、施工への影響なく工事は進められていた。

3.7 免震構造概要

3.7.1 免震システムと材料

RC造と比べて軽量の建物に対して、十分な免震性能を発揮できるシステムとして、等価固有周期と等価減衰定数は軸力に依らず一定値となり、建物重量に依らず安定した免震性能を発揮できる、免震支承材として振り子の原理を利用した球面すべり支承が採用されている。

球面すべり支承は、一般的な免震材料である積層ゴム支承と比べてコンパクトな材料であり、水平、鉛直両方向の省スペース化に有効である。減衰材として最大減衰力 700kNのタイプ減衰こま各方向2基(合計4基)の併用により、地震入力を低減し、免震層の最大応答変位を抑えることにより、市街地の限られた敷地の有効活用が実現されている。

採用されている免震材料を下記表に示す。

表4 免震材料

球面すべり支承 <低摩擦タイプ>	LN30(スライダφ300)	8基
球面すべり支承 <中摩擦タイプ>	MN30(スライダφ300)	1基
	MN40(スライダφ400)	1基
減衰こま	RDT70(抵抗力~700kN)	4基

上部建物周期1.7秒に対し、球面すべり支承 $T=4.5s$ (球面半径2.5m)タイプが選定されている。

完成時の上部建物周期は、耐火材、仕上げ材の影響などによりやや短めの周期(1.2から1.4秒程度)となっているとのことであった。

地下1階柱頭免震支承材として球面すべり支承10基を配置し、支承に長期軸力を集め、浮き上がりを防止するため、上部木造架構の柱32本に対して支承の数を減らし、支承に長期軸力を集め、浮き上がりを防止する計画としている。

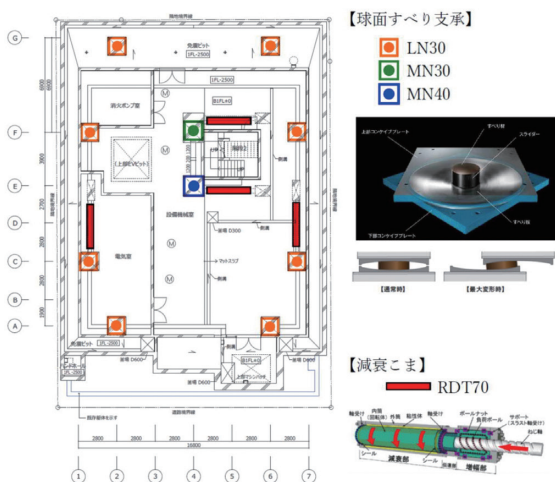


図13 免震層計画

地上の木柱を支える1階RC大梁にはひび割れ防止の目的でプレストレスト鉄筋コンクリート造(PRC造)が採用されている。

設計時、水平・上下動を同時入力した立体応答解析により、微小であるが浮上がりが生じる結果となったため、浮上がり後の衝撃についても検討を行い、問題ないことが確認されている。

・既存地下躯体の底版を残し、その上に新築建物を計画することで、施工計画の合理化が図られていた。

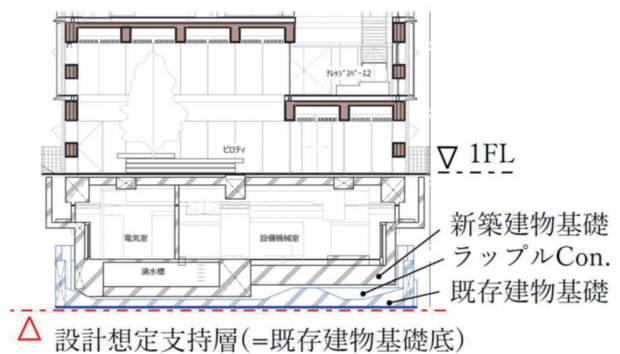


図14 基礎計画

3.7.2 免震EXP部の状況



写真7 建物コーナー免震EXP部



写真8 免震表示

4 特別講演

見学会終了後、9階セミナーで京都大学五十田教授によりタイトル「高層木造の潮流とその免震化」の講演会が開催されました。

○木造はどう展開していくか

- ・我が国では、純木造でも木材の使用量は、床面積当たり0.20m³程度でないとコストが合わないされているが、ヨーロッパでも、多くの木材を使う建物を作るのではなく、木材を使った多くの建物を建てるLess Timberの方向に進んでいる。2009年イギリスで建設された9階建ての建物の木材使用量の、60%程度で作る方向になってきている。

○海外の木造建築の動向

10年ほど前に10階程度が各地で建ち、現在は20階を超えるような建物ができている。

○振動台実験動画紹介

- ・サンディエゴでの振動台実験
- ・E-ディフェンスでのCLTの振動台実験

○我が国の木造木質化推進の動き

a.林野庁関連

- ・CLTの接合、モデル化の簡略化、CLT+鉄骨はりシステム、CLT構造のプログラムの開発などを進めている。

b.建築基準法関連

- ・木造からハイブリッド（RC造+木造、S造+木造）の設計法（Ds値の設定）の検討が進んでいる。しかし、木造の接合部を一般化するのは難しい。

○その他

- ・CLTロックシステム、植物の特性を木造建築に活かすなど、取り組んでこられている幅広い研究・開発の紹介。
- ・木材の特性の話として、湿度に対する影響、腐朽に対する配慮、強度のばらつきを考慮した変動係数の考え方などの説明があった。

○WOODRISEスロベニアで紹介されたレトロフィッティング

- ・既存建物の外壁に外皮として木造パネルを配置し、断熱性能向上・耐震性の向上した事例、4階建てホテルを耐震補強し、軽量化の可能な木造で5.6階2層を増築した例などの説明をいただいた。
- 以上のように、構造材に木材を使う建築に関する最新の情報や幅広い範囲の話を伺うことができました。

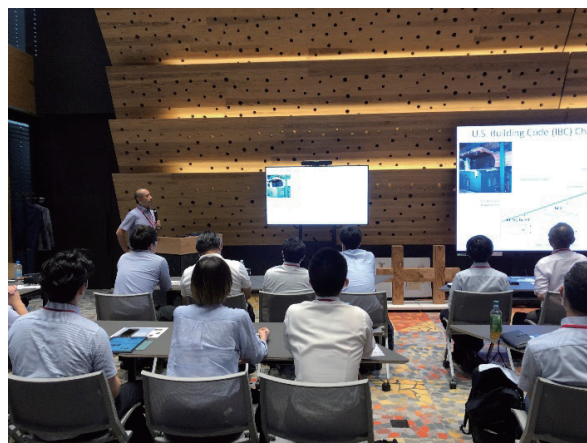


写真9 講演会場風景

5 おわりに

第2回見学講演会は、構造性能・耐火性能・居住性能・コストを満足させることが難しいとされている純木造高層耐火建築の見学会、都市木造建築の第一人者である五十田先生の講演会ということで、遠方から参加者もあり、盛り沢山な見学会でした。

見学会では、多くの課題を解決してプロジェクトを実現してきた内容を分かり易く説明いただき、大変有意義な時間となりました。

今回採用されているFPSなどの球面すべり支承は、トルコ地震の病院などで効果を上げており、免震機構をコンパクトに収めることができることから、非住宅建築の中大規模木造建築への採用にも適しており、耐震安全性の高い免震建物の普及に繋がれば良いと感じました。

最後に、建物の説明、見学案内を頂きました(株)大林組のみなさま、ご講演いただきました五十田先生、見学講演会にご尽力頂きましたすべての関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

緑化も行われ心地よい空間の建物でした。



写真10 緑化状況