

中高層木造建築構法「P&UA 構法」が通し柱方式ハイブリッド架構を実現可能に

－ 11 階建て事務所のモデルプランで日本建築センターの構造評定を取得 －

株式会社市浦ハウジング&プランニングを代表とする「P&UA^(※1) 構法共同技術開発グループ」^(※2) は、GIUA^(※3) を用いた木造二方向ラーメン架構に耐力壁を併用し、一部の柱・梁に鉄骨部材を採用した木造・鉄骨造共存型ハイブリッド架構による 11 階建て事務所のモデルプランにおいて、一般財団法人日本建築センターの構造評定を 2025 年 10 月 10 日に取得しました。

評定を取得したモデルプランは、柱脚接合部及び柱梁接合部に「GIUA」による半剛接仕様の仕口を用いた二方向ラーメン架構の一部に「シアリング・コッター耐力壁」や「ローリング・コッター耐力壁」を併用し、一部の柱・梁（主にコア周り）を鉄骨部材とする平面混構造のハイブリッド架構です。木梁に設けるスリーブ付き継手やラーメン架構の木梁端仕口の一部には「炭素繊維または構造用合板によるせん断補強」を用いており、高耐力・高剛性・高靱性を実現しています。また、柱・梁の仕口は、下層階には鉄骨仕口方式を、上層階には通し柱仕口方式を採用し、建て方の効率化と建物重量の軽減化を図りました。

(※1) Panel & Unbonded Anchor の略称

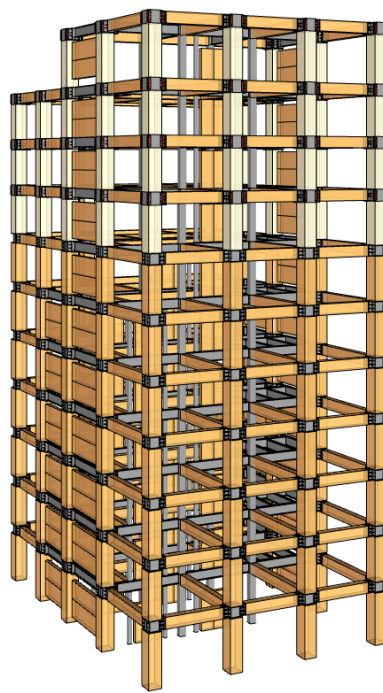
(※2) 技術開発者：(株)市浦ハウジング&プランニング、(株)織本構造設計、東急建設(株)、東レ建設(株)、西松建設(株)、(株)長谷工コーポレーション、三井住友建設(株)

共同研究者：京都大学 五十田教授、近畿大学 松本教授

協力者：アルファ工業(株)、内田技建、(株)ウッドワン、エイコー(株)、(株)キーテック、響製缶(株)、(株)河本組、桜設計集団、ジャパン建材(株)、(株)中東、藤寿産業(株)、藤田 K 林産技術士事務所、本間興業(株)、銘建工業(株)

(以上、五十音順)

(※3) Glued in Unbonded Anchor の略称



【構造評定を取得した 11 階建て事務所の外観・躯体架構のイメージパース】

■開発の経緯

現在、我が国では SDGs や ESG 投資の拡大を背景に、中高層木造建築への関心が高まっています。これまで、木造建築は耐震計算ルート 1 又はルート 2（許容応力度設計）でほぼ全ての建物が設計されてきました。中高層木造建築物においては、ルート 3（保有水平耐力）による耐震計算手法は未だ発展途上であり、脆性破壊を防止する靱性の確保や荷重変形関係のスリップ抑制、接合部の高剛性・高耐力・高靱性の確保などが課題となっています。

そこで、当技術開発グループでは、これらの課題を解決する P&UA 構法の開発に着手しました。1 期開発では、一方向に GIUA を用いたラーメン架構、他方向を耐力壁架構とし、鉄筋コンクリートスラブを採用した「10 階建て共同住宅モデルプラン」の構造評定を 2022 年 10 月に取得しました。次いで、2 期開発では、自由度の高い空間の実現化を目指してラーメン架構を二方向に拡張させ、二方向ラーメン架構の一部に耐力壁を併用し、鉄筋コンクリートスラブを採用した「11 階建て事務所モデルプラン」をルート 3、 $D_s=0.3$ で設計し、日本建築センターの構造評定を取得しました。

さらにこの度、技術のバリエーションを増やし、汎用性の高い技術の確立を目指して、2期開発で評定を取得した「11階建て事務所モデルプラン」の柱・梁仕口を鉄骨仕口から上層階は通し柱仕口へ変更し、さらにコア周りの一部の柱・梁を鉄骨部材に換えて、ルート3、 $D_s=0.35$ で設計した通し柱方式ハイブリッド架構によるモデルプランにおいて、日本建築センターの構造評定を取得しました。

■モデルプランに用いた要素技術

半剛接仕様のラーメン架構の仕口に用いる「GIUA」、「シアリング・コッター耐力壁」、「ローリング・コッター耐力壁」、梁に設けるスリーブ付き継手やラーメン架構の梁端仕口に用いる「炭素繊維補強」の他、新たに3つの要素技術「通し柱」、「鉄骨部材とのハイブリッド架構」、「構造用合板補強」を採用しています。

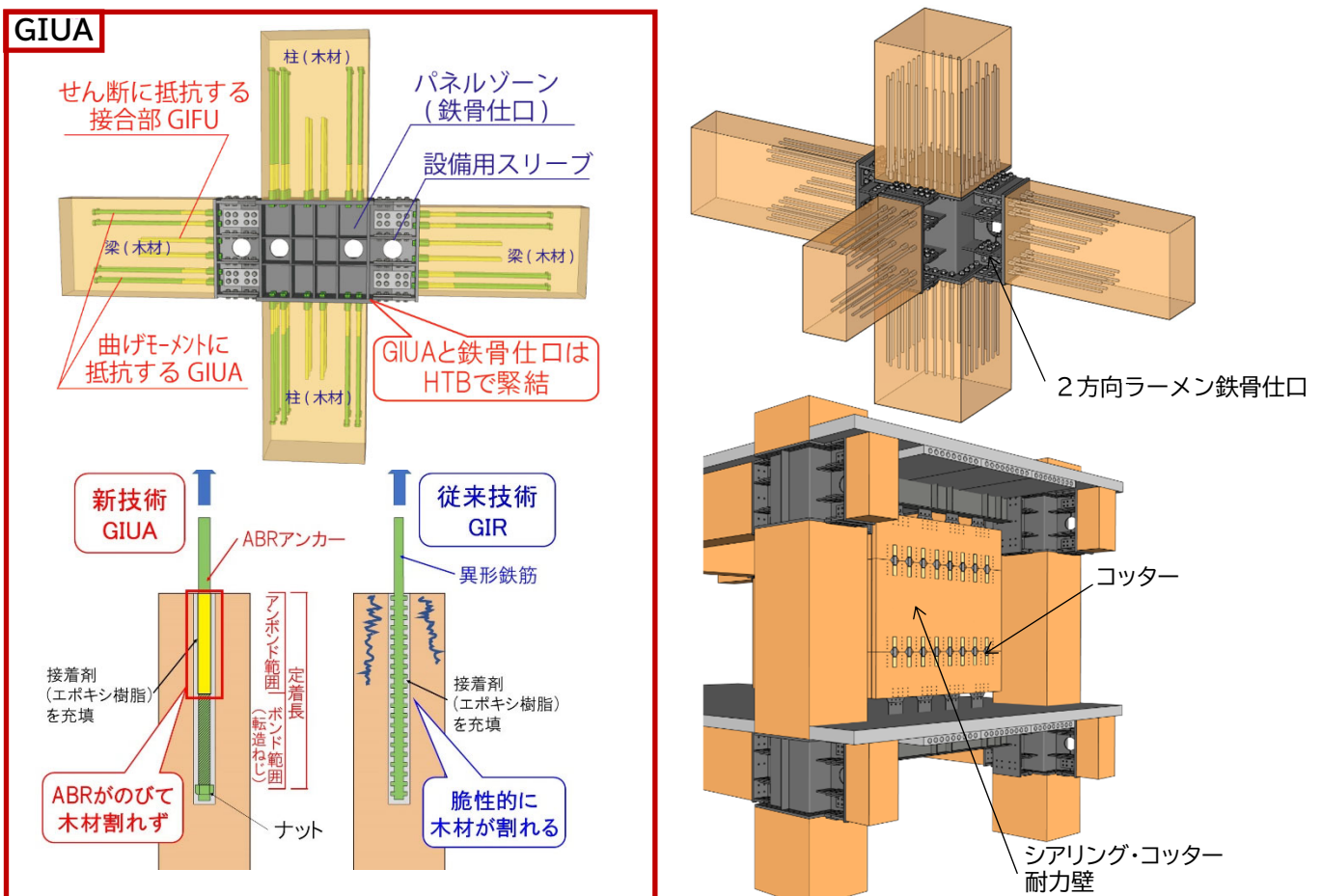
①「GIUA」(特許取得済)

中大規模木造で一般的な鋼棒挿入接着接合 (GIR: Glued-in Rod) において、鋼棒をあえて接着させないアンボンド部分を設けた接合構法です。このアンボンド部分により、従来の GIR で生じていた脆性的な木材割れを抑制し、大変形時でも木材を損傷させずに鋼棒が伸び縮みすることでエネルギーを吸収する機構となっています。

工場で柱・梁の木材端部に GIUA を施工し、現場ではこの柱・梁をパネルゾーン (柱梁のジョイント部分) に高力ボルトを用いて緊結するだけであり、施工の省力化が図れます。

②「シアリング・コッター耐力壁」(特許出願済)

LVL や CLT 等の木質パネルを上下に並べ、パネル間に設けた切り込みに L 型に折り曲げ加工した鋼材 (コッター) を組み合せ差し込んで接続した耐力壁で、耐力壁の上下は鉄骨梁としており、この鉄骨梁と耐力壁は鉄骨プレートとボルトにより接続します。地震時には、建物に生じる水平力によって上下の木質パネルが左右にスライドしようとするため、パネル間に差し込んだ鋼製コッターが水平逆方向に変形し、地震力を負担することにより地震エネルギーを吸収します。この構造により大変形時まで木質パネルを損傷させず、コッター部分が変形してエネルギー吸収する機構となっているため、一般の木質耐力壁に比較して優れた変形性能とエネルギー吸収性能を有しています。耐力壁に求められる必要なせん断耐力はコッターの数量によってコントロールすることができます。



【構造評定を取得した架構の要素技術①、②】

③「ローリング・コッター耐力壁」(特許出願済)

鉄骨の枠柱の間に LVL や CLT 等の木質パネルを左右に並べ、鉄骨枠柱とパネル間及びパネル同士の間で設けた切り込みに、L 型に折り曲げ加工した鋼材（コッター）を組み合せ差し込んで接続した耐力壁です。耐力壁の上下は鉄骨梁としており、この鉄骨梁と耐力壁は鉄骨プレートとボルトにより接続します。

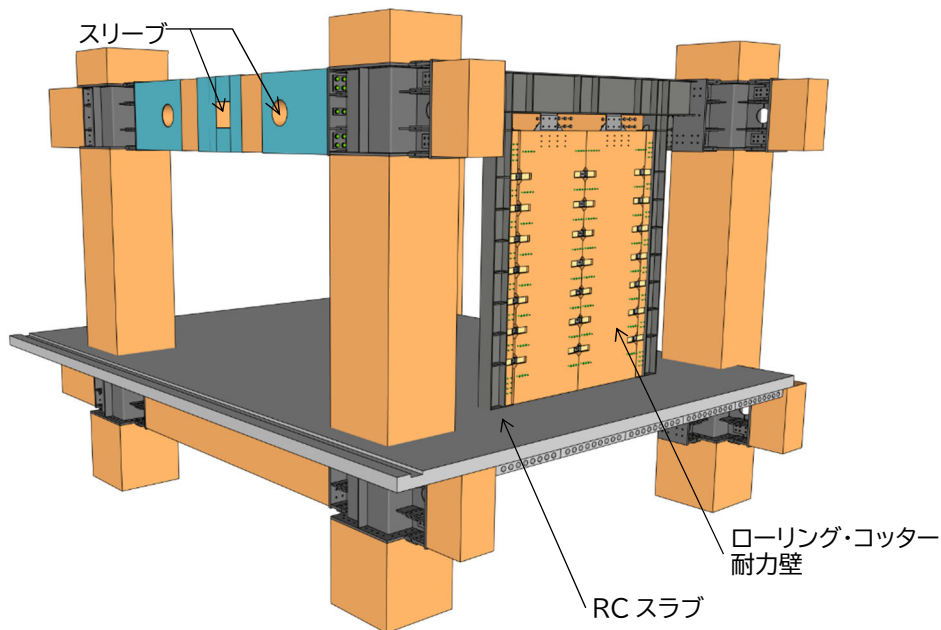
地震時には、建物に生じる水平力によって左右に並べた木質パネルがそれぞれ回転しようとするロッキング現象が生じるため、鉄骨枠柱とパネル間及びパネル同士に差し込まれた鋼製コッターが上下逆方向に変形し、地震力を負担することにより地震エネルギーを吸収します。

この構造により、大変形時でも木質パネルを損傷させず、コッター部分が変形してエネルギー吸収する機構となっているため、一般的な木質耐力壁に比べて優れた変形性能とエネルギー吸収性能を有しています。耐力壁に求められる必要なせん断耐力はコッターの数量によってコントロールすることができます。この耐力壁は、階高が高い場合など、壁高さと壁幅の比が大きい箇所への配置が適しています。

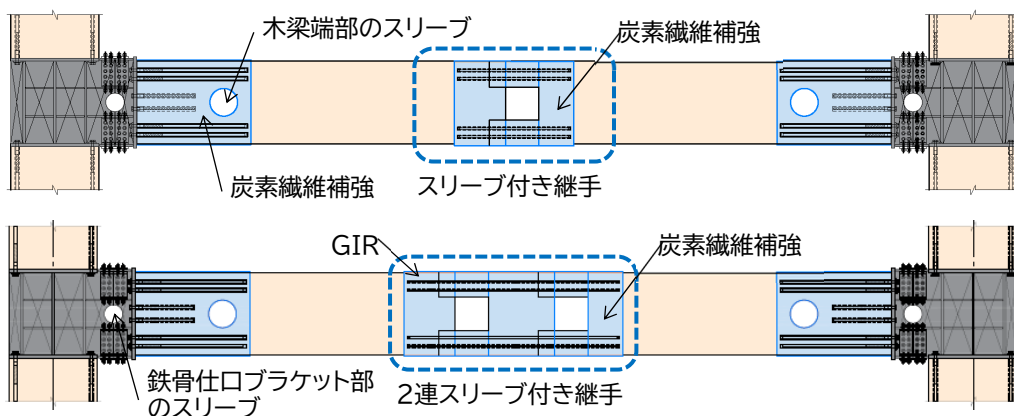
④「炭素繊維補強」(特許出願済)

ラーメン架構の木梁端部の仕口や梁のスリーブ付き継手に炭素繊維板を貼付し、炭素繊維シートを巻き付ける補強を施すことで、木材の曲げ補強及びせん断割裂防止による急激な耐力低下の抑制を図ります。

梁のスリーブ付き継ぎ手補強においては、RC造のスリーブ開口基準（梁せいの1/3まで）を上回る、梁せいの45%までのスリーブ開口を設けられることを構造実験で確認しており、RC造を超えてS造と遜色ないスリーブ開口の設置が実現可能です。なお、炭素繊維補強については、耐火性能試験や実物大クリープ試験を実施しており、長期的な安全性も確認済みです。



【構造評定を取得した架構の要素技術③、④】



※配筋は透過イメージ

【構造評定を取得した要素技術④のイメージ図】



【実大実験の様子(左:二方向ラーメン柱、右:木梁端部仕口の炭素繊維補強)】

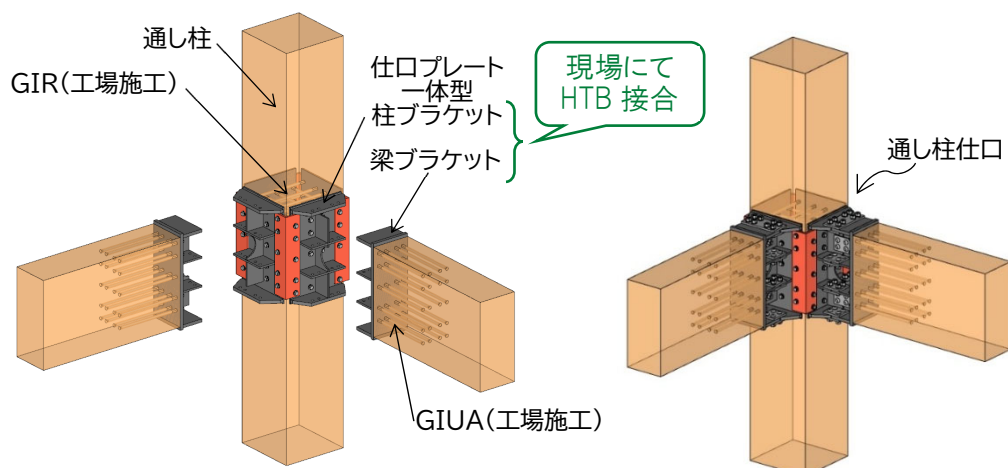


【実大実験の様子(左:スリーブ付き継手梁のクリープ試験、右:ローリング・コッター耐力壁)】

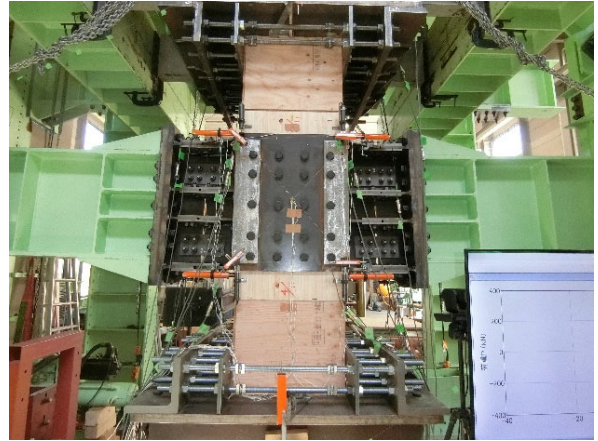
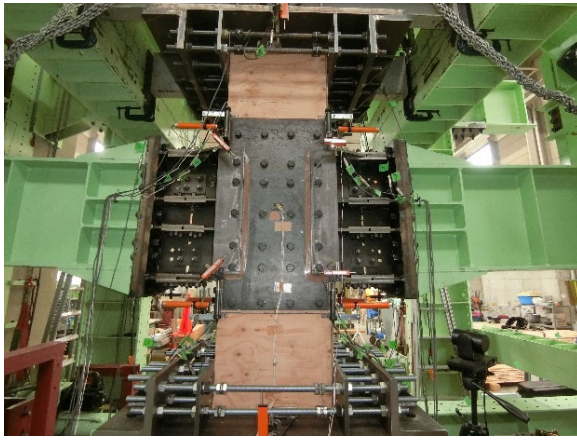
⑤通し柱(特許出願済)

梁が取り付く通し柱の周囲に4枚の仕口プレートと4つのコーナー補強用山形鋼によって柱を胴巻きし、高ナット付きのGIRと高力ボルトで固定することで、仕口の回転やガタツキを抑え、梁から柱への応力伝達の効率を高めると共に、木仕口内の応力集中が緩和され、高い仕口耐力が得られます。これらの構造性能は、通し柱仕口の実大せん断試験により確認しています。

工場で予め通し柱にGIRで仕口プレート一体のブラケットを、梁端部にGIUAで梁ブラケットを固定しておき、現場で柱ブラケットと梁ブラケットを高力ボルト接合することで、二方向ラーメン仕口を構成します。通し柱の採用により、一度に複数層の建て方が可能となり、建て方の効率化と建物重量の軽減が図れる他、より高い耐力・剛性のある鉄骨仕口と組合せることで、地震力に応じた接合部の選択肢が増え、合理的な構造計画が可能となります。地震力の程度に応じて、高層建物の上層階に通し柱を用いたり、中低層建物の場合には全層を通し柱方式とすることもできます。



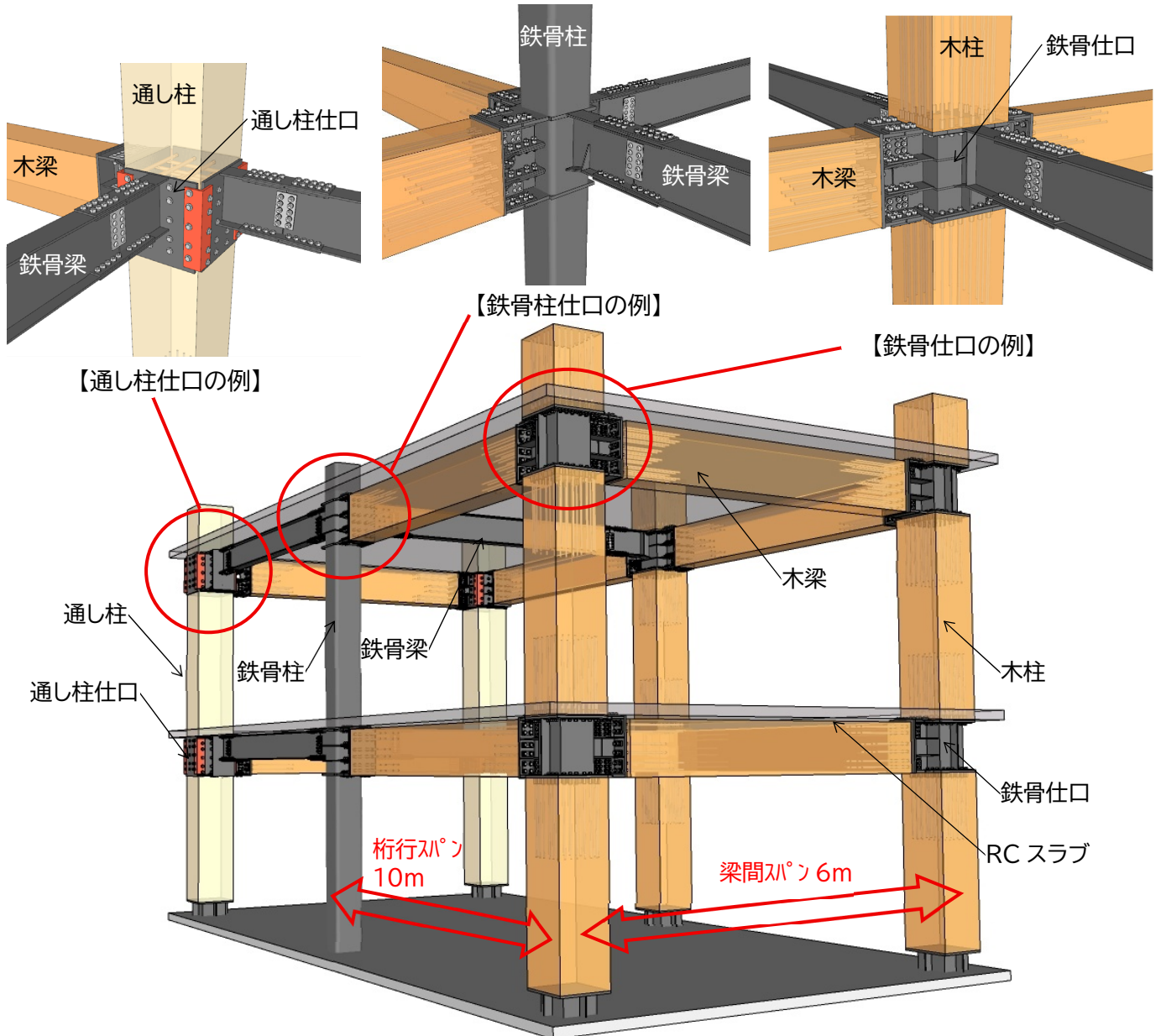
【構造評定を取得した通し柱のイメージ図(左:ブラケット接合前、右:ブラケット接合後)】



【実大実験の様子(左:柱の仕口プレートの高さを拡張させたタイプ、右:標準タイプ)】

⑥ハイブリッド架構

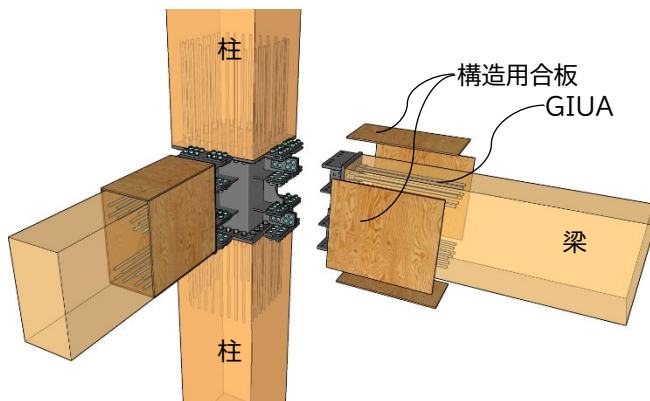
本構法はパネルゾーンに鉄骨仕口や鋼製ブラケットを用いることを特徴としていることから鉄骨造との親和性が高く、架構の一部に鉄骨の柱・梁を適材適所で組み合わせることが可能です。これにより、木造二方向ラーメン架構の中に、意匠上の要求や構造性能、施工性、経済性に応じて、鉄骨部材を採用することができ、合理的な木造・鉄骨造共存型ハイブリッド架構が実現できます。



【構造評定を取得したハイブリッド架構のイメージ図】

⑦構造用合板補強(特許出願済)

木梁端仕口の四周に構造用合板を貼ることで、木材の脆性的破壊を抑制させるだけでなく、接合部の靱性が向上し、先に示した④炭素繊維補強と同等以上の補強効果を有することを構造実験により確認しました。これにより、大振幅時における梁端部の補強方法として、炭素繊維補強に加えて構造用合板補強という選択肢が増えました。



【梁端部の合板補強のイメージ】



【実大実験の様子】

■これまでの実績と今後の展開

本構法については、既に令和5年度サステナブル建築物等先導事業(木造先導型)に採択され、一方向をラーメン架構、他方向を耐力壁架構とした5階建て寄宿舎の実物件が完成しています。また、令和7年度優良木造建築物等整備推進事業(先導枠)に採択され、二方向ラーメン架構に通し柱方式とハイブリッド架構を組み込んだ5階建て大学施設や、同じく令和7年度優良木造建築物等整備推進事業(普及枠)に採択され、二方向ラーメン架構の一部にハイブリッド架構を組み込んだ6階建て共同住宅の設計が進んでいる他、複数の実物件での採用が計画されており、今後も適用物件の拡大を図るために以下の開発等を検討中です。

① 適用範囲の拡大に向けた開発

- ・ GIUA を応用したアンボンドブレース
- ・ TCC(Timber Concrete Composite)、PCa の活用
- ・ 制振構造や免震構造の採用
- ・ RC 造やS 造の耐震補強など幅広い応用開発
- ・ 個別評定(プラン限定評定)の拡張と一般評定の取得へ向けた展開

② 構造的な合理化に関する開発

- ・ 木材の靱性向上方法の開発
- ・ 他の木質材料の柱・梁・耐力壁への適用

③ 実物件での確認と振動台実験

- ・ 加速度センサーによる建物応答計測及び減衰特性の確認
- ・ 長期の常時微動計測による固有周期の経年変化の確認
- ・ 地表面加速度の建物への伝搬特性計測
- ・ RC 床荷重による木材クリープひずみ量の計測
- ・ 木、鉄、コンクリートの異種材料界面の温湿度変化、木の吸放湿性の検証・確認
- ・ 木梁+RC スラブによる遮音性能の確認

④ 中高層木造建築物における新たな社会システムの提案

- ・ 長期修繕計画や修繕積立金の設定とメンテナンス手法等の検討
- ・ LCC02 および地域経済への影響評価
- ・ 木の良さの科学的調査及び活用方法

■お問い合わせ先

株式会社市浦ハウジング&プランニング

〒113-0033 東京都文京区本郷1丁目28-34 本郷MKビル4階

tel: 03-5800-0901 fax: 03-5800-0902

担当 執行役員 東京支店 建築室長 江口 司津