



[特集]

とちぎ材環境貢献評価システム

とちぎ材環境貢献評価システム構築事業への取組み / 大野英克
とちぎ材環境貢献評価システムの概要 / 中島史郎
建材試験センターにおける取組み / 橋本敏男

[特集]

高靱性木質ラーメン構造

高靱性木質ラーメン構造の開発に向けて / 松本慎也
「高靱性木質ラーメン構造の開発」に関する公開実験の報告 / 早崎洋一

高靱性木質ラーメン構造の 開発に向けて

近畿大学 工学部 建築学科 准教授

松本慎也



1. はじめに

地球の温暖化が深刻に進行している中、建築物が果たすCO₂削減効果は重要である。その中で、木質部材は、他の構造部材に比べてCO₂排出量が少ないという利点がある。また、炭素量を蓄える効果もあり、木質部材の有効利用が求められている。その折、中規模建築物が木質系に向かいつつあり、その実現には構造性能の把握が必須となる。木質ラーメン構造は、事務所ビルなど大型の木造を対象として開発されてきている¹⁾。その部材断面は、短辺が150mm

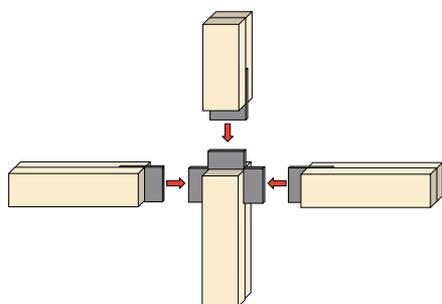


図1 部材のユニット化

以上の大断面部材が用いられることが多く、一品生産を前提としているものが多い。近年では、様々な構法が提案されており^{2)~5)}、用途も車庫一体型の住宅や店舗併用住宅などの壁を配置しにくい間取りの建物に加え、スケルトン-インフィル (SI) 住宅を木質構造で実現するための構法としての研究開発も進んでいる。ここで、スケルトン-インフィル (SI) とは、構造躯体と内装設備を明快に分離し、将来の間取り変更を容易に行うことができる住宅のことである。

鉄骨造、鉄筋コンクリート造と異なって、木質ラーメン構造においては、柱-梁部材の接合部におけるモーメント抵抗機構が架構全体の剛性および保有耐力に大きな影響を与える。そのため、いかに部材同士を高剛性かつ強靱に接合することができるかが課題となる。また、部材の生産効率や現場での施工性なども経済性に大きく影響するため、重要な要因である。

これらの背景から、本研究室では、剛性が高く、寸法精度に優れた構造用単板積層材 (LVL) を用いた鋼板挿入型ドリフトピン接合に高力ボルト摩擦接合を組み合わせた木質部材接合法を提案し、構造性能に優れた建築構法の開発



写真1 鋼板挿入型
ドリフトピン接合の施工



写真2 部材(プレカット)



写真3 接合金物と高力ボルト

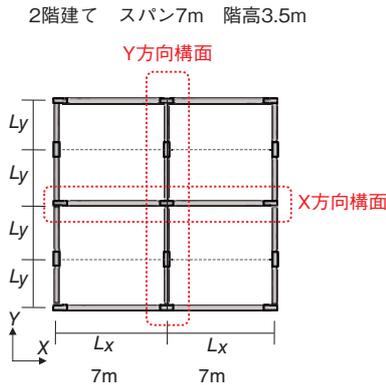


図2 想定建物の平面図

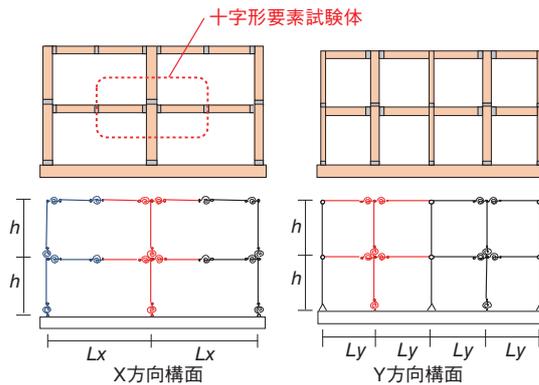


図3 各方向構面と力学モデル(半剛接骨組)

に向けた検討を行っている。本稿では、これらの研究内容について紹介する。

2. 流通材による合わせ部材

大空間を構成するために使用される大断面の木質構造材は、一般に受注生産となるため材料供給のためのコストが割高となる。安定して材料を供給することを考えた場合には、市場で流通している生産性に優れた流通部材(中断面部材等)を組み合わせて、所定の断面部材を構成すれば合理的である。そこで、本研究では、図1に示すような流通材による合わせ部材をユニット化した接合部について検討を行った。部材は、幅105mm×せい450mmの単板積層材(LVL)を2本用いて鋼板を挟み込み、ドリフトピンとボルトで固定する(参照:写真1)。これらの作業は、現場での施工に先立ちあらかじめプレカット工場において実施するものである。写真2に、工場での部材組立が完了した試験用部材を示す。これらの部材は、現場において写真3に示す接合金物とトルシア型高力ボルトを用い、高力ボルト摩擦接合により鋼材(摩擦面はショットブラスト処理を実施)を介して部材同士を接合する。

3. 加力実験

本研究では、図2および図3に示すように建物の階高を3.5m、スパンを7mと想定し、1方向ラーメン構造を組み合わせた多層多スパン骨組構造の一構面を実験の対象接合部要素とした。

実験では、図3に示すX方向構面の架構中央部における十字形要素試験体に対し加力実験を計画した。この十字形要素試験体の詳細は、図4に示す通りである。部材には、140Eの構造用LVLを使用した。写真4に、試験体を加力装置に設置した状況を示す。

図5に、十字形要素試験体の力学モデルを示す。梁の端部は、対称境界の条件からピン・ローラーとなるように鉄骨治具で拘束し、柱は、反曲点における境界を抽出するものとし、ピン接合となる治具によって試験体を拘束した。加力は、ロングストロークの油圧ジャッキを用いて水平方向に正負交番繰り返し载荷を行った。このとき、水平荷重によって試験体に生ずる曲げモーメントは、図5のように接合部で最大となる。

繰り返し载荷は、試験体の柱(高さ3.5m)の部材角が

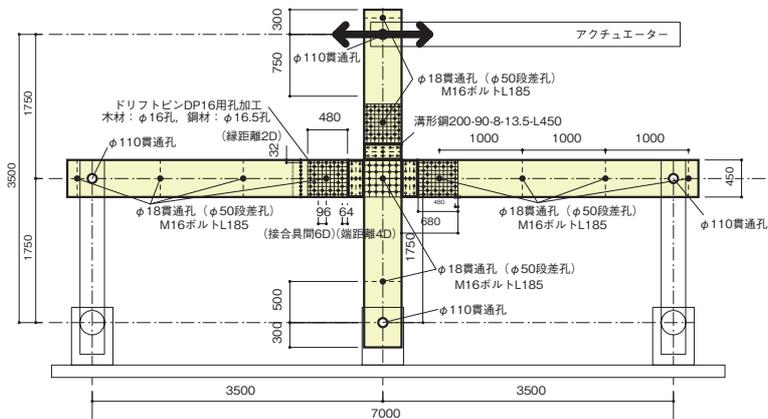


図4 十字形要素試験体図面



写真4 十字形要素試験体の設置状況

1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50、1/30radとなるように目標変位を定め、変形角ごとに3回往復の繰り返し載荷を作用させる。そして、最終ステップは、試験体が破壊に至るまで単調増加載荷を行った。

実験によって得られた荷重-頂部水平変位関係を、**図6**に示す。変形角1/30radの繰り返しサイクルにおいても、復元力特性は紡錘形の比較的安定したループを示していることが確認された。また、最終破壊サイクルでは、水平変位350mm(変形角1/10rad)近傍で最大荷重119kNを迎え、その後耐力は徐々に低下した。実験は、水平変位400mmまで加力したが、加力装置の安全性に配慮しこの変位を最終変位とし、実験を終了した。このとき、接合部における最大曲げモーメントは208kNm、柱下端部(パネルゾーン上端側)における最大フェイス曲げモーメントは194.8kNmであった。また、変形角が1/200rad時における荷重値は17.2kNであり、これらの値から初期層剛性を算出すると0.983kN/mmとなる。

図7に、接合部の材端バネモデルの端部位置番号1~4を示す。これらの材端部の回転バネに相当する接合部のフェイス曲げモーメント M と相対回転角 θ の関係を**図8~図11**に示す。これらの M と θ の関係から、接合部の初期回転剛性(0.4 M_{max} 時の相対回転角と原点を結ぶ割線剛性)を算出した結果を**表1**に示す。4か所の端部の回転剛性の平均値は、 3.13×10^4 kNm/radであった。

試験体の終局状況(全景)を、**写真5**に示す。また、接合部(パネルゾーン)の破壊性状を、**写真6**に示す。木部の割れがパネルゾーン全体に生じていることがわかる。また、試験体の解体後に幅4mm、長さ40mm程度の亀裂が挿入鋼板の入隅部2か所に確認された(参照：**写真7**)。

4. まとめ

本研究では、剛性が高く、寸法精度に優れた構造用単板積層材(LVL)を用いた高靱性木質ラーメン構造に関する研究について紹介した。木質材料は、異方性材料であり、その扱いには十分な配慮が必要になる。今後、木材を有効に活用した新構法の研究がさらに進み、より耐震性の高い木質構造が開発されることを期待する。

謝辞

本研究は、公益財団法人ちゅうごく産業創造センター・平成26年度新産業創出研究会および国立研究開発法人科学技術振興機構・平成28年度マッチングプランナープログラム「企業ニーズ解決試験」の助成を受けたものである。また、試験体の加力実験は、(一財)建材試験センター 西日本試験所にて実施した。実験において使用した部材および接合部は、株式会社ウッドワンによって加工・製造されたものである。ここに記して感謝の意を表す。

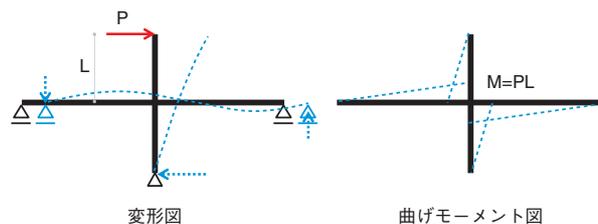


図5 十字形要素試験体の力学モデル

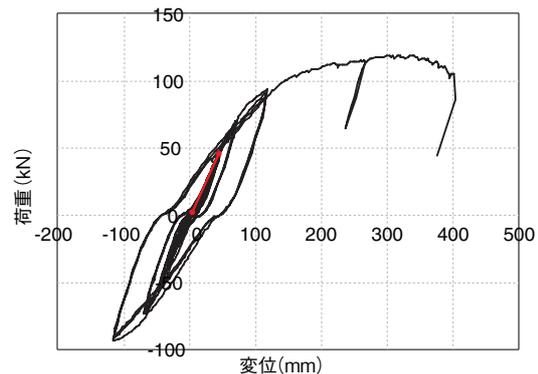


図6 荷重-頂部水平変位関係

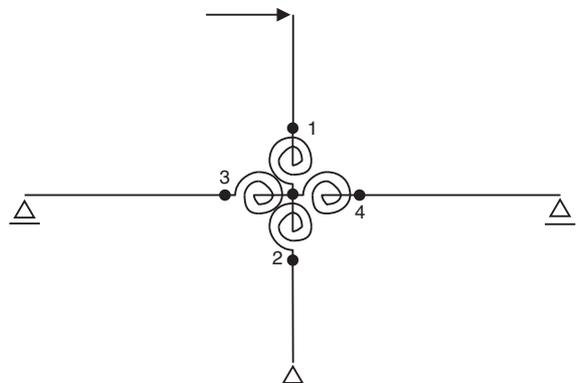


図7 接合部の材端バネモデルの端部位置番号

参考文献

- 1) 大橋好光, 他: 特集 木質ラーメン構法で住宅をつくる, 建築技術, No.688, pp.92-179, 2007.5
- 2) 日本建築学会: 木質構造接合部設計マニュアル, 丸善株式会社, 2009.11
- 3) 日本集成材工業協同組合編著: 集成材建築物設計の手引, 大成出版社, 2012.3
- 4) 日本住宅・木材技術センター企画・発行, 木造住宅新工法性能認証委員会編集, 講習会テキスト: 木造ラーメンの評価法・構造設計の手引き, 2014.3
- 5) 稲山正弘著: 中大規模木造建築物の構造設計の手引き, 彰国社, 2017.2

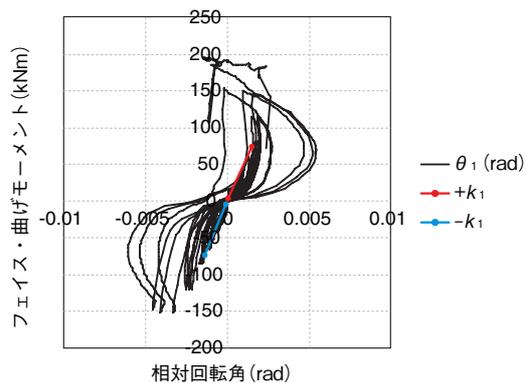


図8 M-θ関係 (接合端部1)

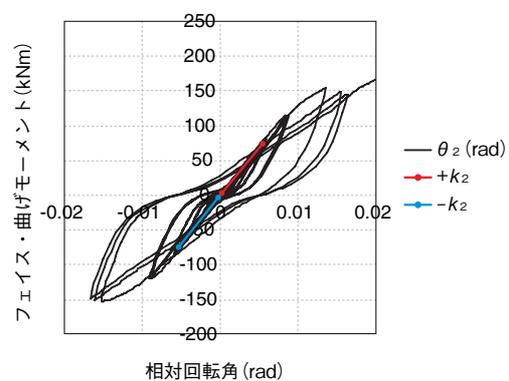


図9 M-θ関係 (接合端部2)

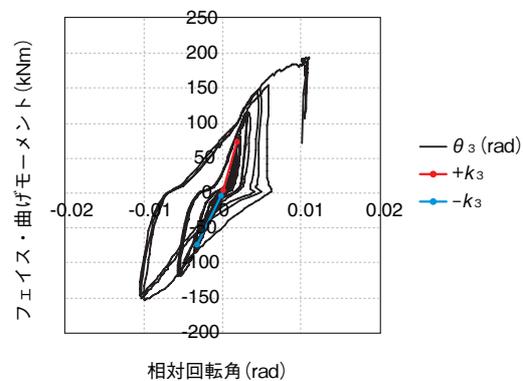


図10 M-θ関係 (接合端部3)

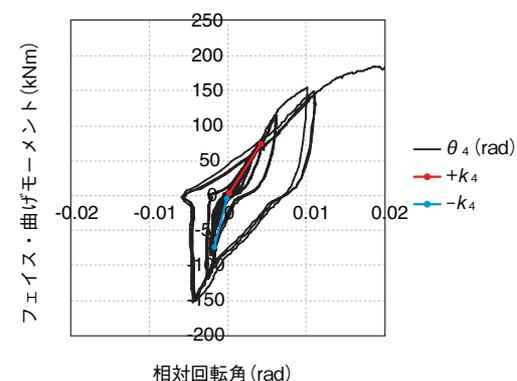


図11 M-θ関係 (接合端部4)

表1 接合部の回転剛性

位置	部位	記号	回転剛性 (kNm/rad)		
			正	負	平均値
1	柱下端	k_1	4.87×10^4	5.19×10^4	5.03×10^4
2	柱上端	k_2	1.37×10^4	1.42×10^4	1.39×10^4
3	梁端 (L)	k_3	3.90×10^4	2.23×10^4	3.06×10^4
4	梁端 (R)	k_4	1.73×10^4	4.33×10^4	3.03×10^4
平均値		k	2.97×10^4	3.29×10^4	3.13×10^4



写真5 試験体の終局状況(全景)

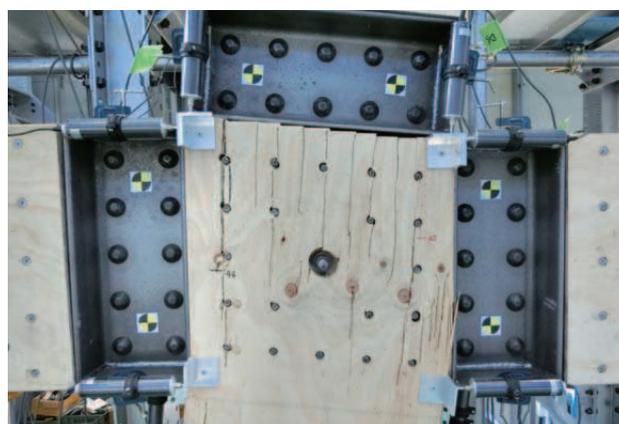


写真6 接合部(パネルゾーン)の破壊性状

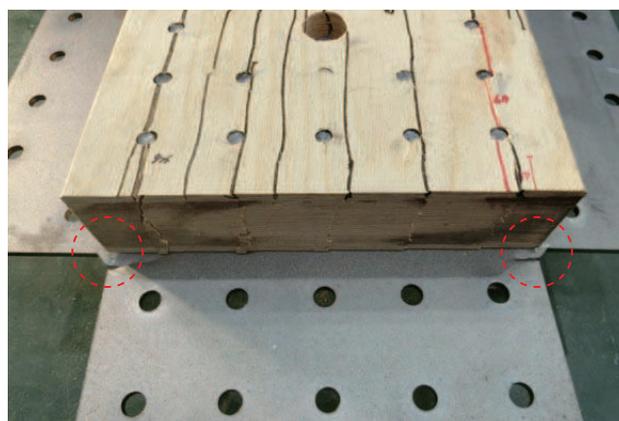


写真7 鋼板の入隅部における亀裂

「高靱性木質ラーメン構造の開発」 に関する公開実験の報告

西日本試験所 試験課 主幹

早崎洋一

1. はじめに

2017年2月3日(金)、当センター西日本試験所において、「高靱性木質ラーメン構造の開発」に関する公開実験を開催致しました。主催、共催、協賛は、以下のとおりです。

主催：一般財団法人建材試験センター 西日本試験所

共催：近畿大学工学部

協賛：一般社団法人日本建築学会中国支部 材料施工委員会

この度の実験は^{注1}、近畿大学松本慎也准教授からの依頼試験を公開する形で執り行いました。松本准教授は建築材料学、建築構造学を御専門とされており、現在では、以下の研究^{注2}に取り組んでおられます。

- ・繊維補強樹脂を用いた大スパン木質構造耐力要素の開発
- ・吊り天井構造の耐震性能の向上に関する研究
- ・湿式外装仕上材のひび割れ制御に関する研究

注1) 国立研究開発法人科学技術振興機構(略称：JST)による平成28年度マッチングプランナープログラム「企業ニーズ解決試験」に採択された研究課題(研究代表者：近畿大学・松本慎也)に基づいて実施致しました。

注2) 松本准教授が、ご研究されている内容の一部です。

当日の公開実験では、大学・研究関係者、工務店、構造設計事務所など、多数の方々にご参加いただきました。本

稿では、公開実験の内容について、ご報告致します。

2. 公開実験概要

当日は、はじめに当センターの会議室に御参集いただき、松本准教授による実験概要の説明が行われました。内容は、本実験の背景と試験体についてであり、その中で、開発ターゲットは、以下の2点であると述べられておりました。

- ・公共建築木造化に伴う学校建築等に有効な部材の開発
- ・木質ラーメン構造による建築空間の提案

次に、開発ターゲットの達成に向けた試験体の内容を説明いただきました(写真1)。内容としては、高靱性の木質ラーメン構造とし、木部は剛性が高く寸法精度に優れた構造用単板積層材(LVL)を使用し、接合部には鋼板挿入ドリフトピン接合に高力ボルト摩擦接合とFRP靱性補強を組み合わせた仕様であるとのことでした。

概要説明の終了後は、会議室から構造試験棟に場所を移し、当センター職員による試験方法の説明(写真2)をした後、公開実験を実施致しました。実験は、水平加力試験であり、試験体が破壊するまで行いました。実験後には、実験結果について松本准教授から詳細な説明があり、見学者の方々から多くの質問を頂戴致しました(写真3)。



写真1 松本准教授による概要説明の様子



写真2 試験方法の説明



写真3 試験終了後の質疑応答の様子



写真4 構造試験棟の説明風景

当日の公開実験の概要を以下に示します。

【公開実験の概要】

- (1) 公開実験日：2017年2月3日(金)
- (2) 会場：一般財団法人建材試験センター
西日本試験所
- (3) 参加料：無料
- (4) スケジュール：13:00～ 受付開始
13:30～13:45 概要説明
13:45～15:30 加力実験
15:30～16:00 施設見学

3. 構造試験棟・材料試験棟の施設見学

公開実験終了後には、当センターの構造試験棟と材料試験棟の施設見学も行いました。施設見学の際には、当センター職員により構造試験棟と材料試験棟内の試験機ごとに設置したパネル(図1)を使用して説明しました。

構造試験棟では、大型面内せん断試験装置、200kN 構造物試験装置、1000kN 構造物曲げ試験装置、構造反力床について説明を行い(写真4)、近年多く実施している実大CLTパネルの試験などの業務内容について紹介致しました。材料試験棟では、複合サイクル試験機、オゾン劣化試験装置、塩水噴霧試験機、オープンフレームカーボンアーク試験機などの耐久性・耐候(光)性関係の試験装置の説明を行いました。また、昨年導入しました2槽独立型スーパーキセノンウェザーメーター試験装置についても、紹介させていただきました。

試験棟内の見学でも多くの質問を頂戴し、見学者の方々の試験に対する興味の高さを実感致しました。

4. おわりに

当センターは、「第三者証明事業を通し、住生活・社会基盤整備へ貢献する」の理念のもと、業務を運営しております。西日本試験所では、今後も公開実験を通じて、多くの

キセノンウェザーメーター

— 各種建材の耐候性試験装置 —

■ 試験の概要

建材の中には、太陽光の照射により劣化が生じるものがあり、建材を長期間安全に使用するためには、あらかじめ耐候(光)性を確認することが大変重要となります。建材の耐候(光)性を求める場合、太陽光の元での自然暴露を行う方法が理想と考えられますが、劣化の程度を評価するまでに長い時間が必要であり、また地域の気象条件などにより劣化状況に差が生じることがあります。

この装置の光源である 7.5kW キセノンランプは、紫外部および可視光部の分光放射照度分布が太陽光に極めて近似しています。この装置では、ランプの放射照度や試験体の温度を高くすることで、促進的に試験を行うことができます。

■ 試験の目的および試験体

(品質の確認を目的とした試験 (品質性能試験))

- 外装材：建築用仕上塗材
- その他：再生プラスチック

■ 装置の概要

(2槽独立型スーパーキセノンウェザーメーター)

- 光源：7.5 kW 水冷式キセノンランプ2灯
- 放射照度：60～180W/m² (300～400nm)
- BPT 温度：63±3℃
- 槽内湿度：調節可能 (放射照度 60W/m² の場合)
- 槽内湿度：50～60%RH
- 試験条件：照射、暗黒、照射+水噴霧
- 試験ホルダ：36枚
- 試験取付数：108枚 (寸法 70×150mm の場合)
- 試験回転軸耐荷重：100kg (均等荷重)

(低温サイクルキセノンウェザーメーター)

- 光源：7.5 kW 水冷式キセノンランプ1灯
- 放射照度：60～180W/m² (300～400nm)
- BPT 温度：63±3℃
- 槽内湿度：30～70%RH
- 試験条件：照射、暗黒、照射+水噴霧
- 試験ホルダ：36枚
- 試験取付数：108枚 (寸法 70×150mm の場合)
- 試験回転軸耐荷重：100kg (均等荷重)

■ 関連規格

(試験方法規格)

- JIS A 1415：高分子系建築材料の実験室光源による暴露試験方法
- JIS B 7754：キセノンアークランプ式耐光性及び耐候性試験機

7.5kW キセノンランプの分光放射照度分布¹⁾

発光部 (ランプ照射状況)

紫外線による塗膜の劣化事例

- JIS L 0843：キセノンアーク灯光に対する染色堅ろう度試験方法
- JIS L 0891：キセノンアーク灯光又はサンシャインカーボンアーク灯光を用いた促進耐候堅ろう度試験方法

(製品規格)

- JIS A 6909：建築用仕上塗材
- JIS K 6932：再生プラスチック製標識く

(引用文献、参考文献)

1) スガ試験機(株)、耐候性を極める、促進耐候性試験機、総合カタログ、pp3-6.

図1 キセノンウェザーメーターのパネル

方々に試験、技術に関する情報提供を行って参ります。開催の際には、皆様奮ってご参加いただけますと幸いです。

西日本試験所の業務内容について、ご不明な点などがございましたら、お気軽にご相談・お問い合わせください。