

令和元年6月13日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H04076

研究課題名(和文) 圧着関節工法を用いた木質ラーメン構造の開発とその性能評価法の提案

研究課題名(英文) Development of wood frame structure using mild-press-joint and proposal of performance evaluation method

研究代表者

坂田 弘安 (SAKATA, HIROYASU)

東京工業大学・環境・社会理工学院・教授

研究者番号：80205749

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、代表者がこれまでに行った、PC圧着関節工法を用いた損傷制御構造の研究と、木質制振構造の研究から得た成果を活用して、木質構造物に圧着関節工法を適用した損傷制御構造を具現化することを目的とした。

まず、ビスやLSBによる効率的な木材補剛、木材の圧縮力に対するクリープ性状、集成材の繊維直角方向のめり込み挙動などを明らかにし、その結果を踏まえて圧着関節接合部のディテールを決定し、柱勝ちの型、L型、十字型の部分架構実験や2層2スパンの全体架構実験を行なった。その結果、木質構造物に圧着関節工法を適用した場合においても、残留変形が極めて小さいセルフセンタリング性能を有することを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で対象としている損傷制御構造は、大地震が頻発している昨今において、大地震経験後も建物を無損傷に留め、建物の継続的な使用を可能にすることから社会的に強く求められている。一方で、木質構造は環境負荷が小さくCO2の削減に寄与することから、建設需要が社会的に高まっている。

これらを踏まえると、本研究は木質構造物に圧着関節工法を具現化し、それを適用した損傷制御構造の力学的挙動を把握し、その有効性を明らかにしている点で、学術的のみならず社会的にも意義のある研究成果を得たといえる。

研究成果の概要(英文)：The applicant has studied the damage controlled structure using the prestressed concrete mild-press-joint and the passively controlled timber structure in the past. The purpose of this study is to realize the damage control structure that applied the mild-press-joint to the timber structure by utilizing these research results. First, we clarified the efficient stiffening of timber with screws and LSB, the creep behavior of timber against compressive force, and the side compression behavior of glulam timber in the direction perpendicular to the grain. Based on the results, the details of the mild-press-joint were determined, and the partial frame experiment of vertical, L and cruciform, and the entire frame experiment of two layers and two spans were conducted.

As a result, even when the mild-press-joint was applied to the timber structure, it was confirmed that the residual deformation was extremely small and that it had self-centering performance.

研究分野：建築構造

キーワード：圧着関節工法 プレストレス 直交異方性 木質構造 クリープ

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

大地震後も建物を無損傷にとどめ、地震後の早期復興を可能にする損傷制御構造が社会的に強く求められている。代表者はこれまで、プレストレストコンクリート圧着関節工法(以下、PC圧着関節工法)および木質制振構造の研究により損傷制御構造の研究を進めてきた。

PC圧着関節工法の研究では、コンクリート系構造物で損傷を制御するために、主体構造を構成する柱・梁部材が弾性的な挙動を示すようなものとして地震時の損傷から守り、ダンパーなどの地震エネルギー吸収専用の機械的あるいは構造的な仕掛けを加えることにより地震エネルギーを吸収するような構造物とした。この主体構造として、梁端に圧着関節を形成して弾性的な挙動を可能とする、PC圧着関節工法(図1参照)による損傷制御架構を用いた。

木質制振構造の研究では、主体構造が木という異方性のある柔らかい部材であることを考慮して、多くの実験および解析により、高いエネルギー吸収性能を有する木質制振構造を実現した。制振ダンパーを有効に機能させるためには、ダンパー接合部による変形ロスを極力小さくする必要があり、ビスの引抜・せん断特性や木材のめり込み特性など、材料の基礎的な物性から、構造物全体の詳細なモデル化を行い、性能を評価できるようにした。

ここで提案した集材材圧着関節骨組は、弾性的な挙動をする主体構造を形成する部分になる。ここが実現できれば、ダンパーの取り付けや設計法に関しては木質制振構造の研究で得た成果を活用でき、木質構造における損傷制御構造を具現化できると考えた。

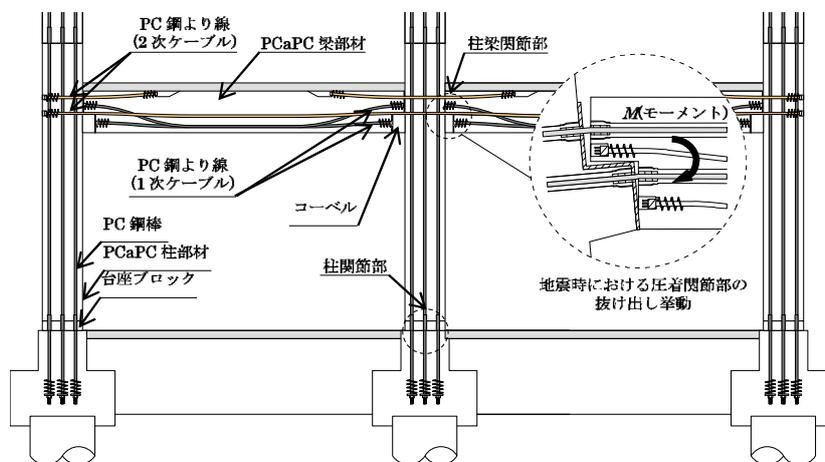


図1 PC圧着関節工法の概要

### 2. 研究の目的

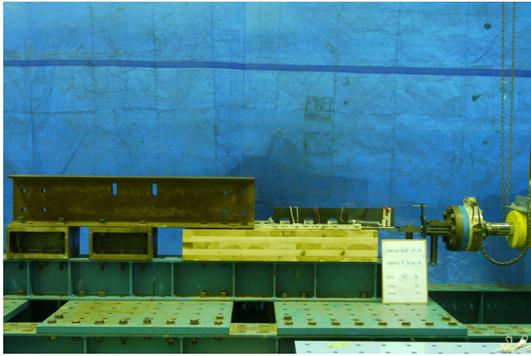
木質ラーメン構造では一般的に柱勝ちの場合が多く、本研究でも柱勝ちのラーメン構造を研究対象とする。元々、木質ラーメン構造は接合部に変形が集中する点において、圧着関節工法に類似性がある。曲げを受ける柱部材や梁部材に導入されるプレストレスは、部材の性能にほとんど影響がないため、本研究の対象とはしない。すなわち、柱部材と梁部材の圧着接合方法の開発、ならびにその接合部が曲げモーメントを受けたときの性能評価法・設計法の構築が最終目標である。従来の木質ラーメン構造は初期剛性が低く、さらに塑性化後はいわゆるスリップ型履歴である。一方で、圧着関節工法は圧着面の離間が生じるまでは非常に高い剛性を持ち、離間後は剛性が低下するがPC鋼材は弾性的のため原点復帰して残留変形の小さい、いわゆるセルフセンタリング性能を有しており、これを木質構造においても実現することが目的である。

### 3. 研究の方法

- ・ビスやラグスクリューボルトなどの金物を木材の繊維直角方向に打ち込むことによる補剛効果を調べるための要素圧縮実験を行い、安価で高性能な補剛方法を提案する。径、長さ、間隔をパラメータとしながら、金物1個あたりの補剛効果を高めるための最適配置を追求する。
- ・圧着関節工法による柱梁接合部を開発し、実大部分架構実験によりその性能を検証する。プレストレス導入量は、要素圧縮実験結果に基づいて決定する。パネルゾーンのせん断応力を再現できる力学モデルを構築し、既提案の性能評価式を木材破壊防止に対応できるように改良する。
- ・多層で立体架構になった場合の動的挙動は振動台実験により検証する。提案履歴モデルを用いた地震応答解析によって実験結果を再現できることを確認し、合理的な性能評価法を提案する。

### 4. 研究成果

平成27年度は、ビスやLSBによる効率的な木材補剛とその定量的評価法に関する調査を行なった。(図2参照)また、本研究では圧着工法を用いるため、木材の圧縮力に対するクリープ性状、特に横圧縮に対するクリープ性状の調査を行なった。昨今の木材情勢を鑑みて、集材材のみならず、CLTとLSBの接合部の力学的挙動を実験により調べた。



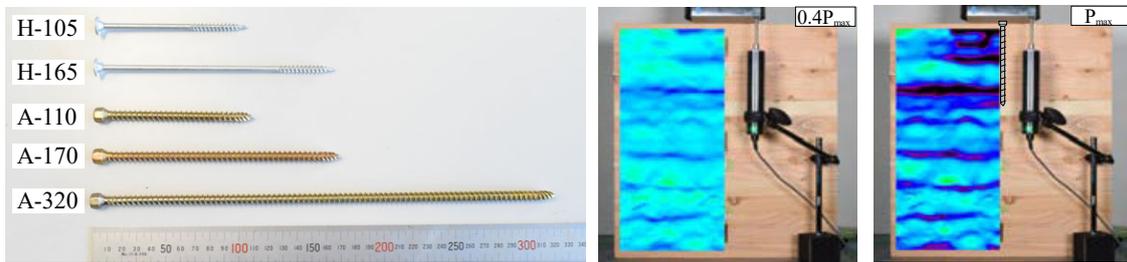
(a) セットアップ



(b) 破壊状況

図2 CLTとLSBを用いた接合部のせん断実験

平成28年度は、集成材の繊維直角方向のめり込み挙動の把握とその力学的性状の改善を目指して、全ネジビスおよび半ネジビスを集成材の繊維直角方向に埋め込んだめり込み実験を行なった。(図3参照)これにより、ビスによる繊維直角方向めり込み性状の改善を行うことができることを確認し、その効果に関しても把握した。



(a) 使用したビス

(b) 画像解析によるひずみ分布の計測

図3 集成材のめり込み挙動とビスによるめり込み性状向上に関する実験

平成29年度は、それまでの2年間の成果を踏まえ、木質構造による圧着関節工法の接合部ディテールを決定し、柱勝ちのΓ形、ト形、十字形の実大部分架構実験を行なった。また、2層2スパンの骨組の接合部にも本工法を適用してその挙動を詳細に検討した。(図4参照)さらに、圧着工法における接合部の力学的挙動を把握するとともに、コンクリート系構造に対して提案した力学モデルをもとに、木質構造の力学的特性を取り入れた力学モデルの構築も行い、骨組の挙動を的確に表現できることを示した。



(a) 実大部分架構試験体(ト形)



(b) 骨組架構試験体(2層2スパン)

図4 木質構造による圧着関節工法の実験

平成30年度は、本工法の肝となる圧着関節部の力学的挙動に関して実験データの詳細な見直しを行い、提案した力学モデルの精度をより向上させた。また、これらの成果をもとに、設計に役立つ簡易な式の提案を行うとともに、本工法を用いた建造物の設計法にも言及した。力学モデルの精度向上のために、これまで実験を行ってきた部分架構、全体架構に対して有限要素法により、細かい部分の挙動を詳細に検討したのちに、これらをマクロにとらえて、提案した力学モデルの改良を行なった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 0 件）

該当なし

〔学会発表〕（計 7 件）

- 1) 佐藤宏一, 坂田弘安, 山崎義弘, 藤代東: CLT における LSB を用いた接合部のせん断性能に関する実験研究, 日本建築学会大会学術講演, 構造Ⅲ, pp.225-226, 2016.8
- 2) 池上寛樹, 坂田弘安, 山崎義弘: 集成材を用いた圧着工法による圧着部の力学的挙動に関する研究 (その 1) 圧着工法の考え方と予備解析, 日本建築学会大会学術講演, 構造Ⅲ, pp.15-16, 2017.7
- 3) 富田弥奈美, 中野佑太, 坂田弘安, 山崎義弘, 竹内徹, 原田公明, 松井良太, 水谷美和, 朝日智生, 角野大介: 集成材のめり込み挙動とビスによるめり込み性能向上に関する実験研究 (その 1) 実験概要と結果, 日本建築学会大会学術講演, 構造Ⅲ, pp.83-84, 2017.7
- 4) 中野佑太, 富田弥奈美, 坂田弘安, 山崎義弘, 竹内徹, 原田公明, 松井良太, 水谷美和, 朝日智生, 角野大介: 集成材のめり込み挙動とビスによるめり込み性能向上に関する実験研究 (その 2) 鉛直ひずみの分布, 日本建築学会大会学術講演, 構造Ⅲ, pp.85-86, 2017.7
- 5) 池上寛樹, 山崎義弘, 坂田弘安: 集成材を用いた圧着工法による圧着部の力学的挙動に関する研究 (その 2) 実験と解析, 日本建築学会大会学術講演, 構造Ⅲ, pp.595-596, 2018.9
- 6) 根本夏帆, 野村佳亮, 山崎義弘, 坂田弘安: 集成材柱梁接合部に圧着工法を用いた木質架構の力学的挙動に関する研究 (その 1) 研究概要および部分架構実験, 日本建築学会大会学術講演, 構造Ⅲ, pp.591-592, 2018.9
- 7) 野村佳亮, 根本夏帆, 山崎義弘, 坂田弘安: 集成材柱梁接合部に圧着工法を用いた木質架構の力学的挙動に関する研究 (その 2) 骨組架構実験およびフレーム解析, 日本建築学会大会学術講演, 構造Ⅲ, pp.593-594, 2018.9

〔図書〕（計 1 件）

- 1) 坂田弘安: ベース設計資料 [1]寄稿文記事 継続使用性を確保する技術, 建設工業調査会, p.468 (p.31-34 を分担執筆), 2018

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

該当なし

○取得状況（計 0 件）

該当なし

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名: 山崎 義弘

ローマ字氏名: Yamazaki Yoshihiro

所属研究機関名: 東京工業大学

部局名: 環境・社会理工学院

職名: 助教

研究者番号 (8 桁): 70644425

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。