

機関番号：80122

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20760382

研究課題名（和文）木質材料による「剛」なコーナー要素の開発と究極の木質ラーメンの実現

研究課題名（英文）Development of Ridged Corner Element Composed of Wooden Materials for Fully Rigid Frames

研究代表者

野田 康信（NODA YASUNOBU）

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・森林研究本部・林産試験場・研究職員

研究者番号：30446322

研究成果の概要（和文）：

樹脂含浸トドマツ単板を交差重ね合わせて圧密する接合方法を用いて製造したL字形のコーナー要素を開発し、これを用いた木質ラーメン構造の性能を実大実験によって確認した。部材強度と同等で剛節とみなせる新しいラーメン構造を実現することができた。

研究成果の概要（英文）：

In this research, it is achieved that a quite rigid column-beam joint system for a timber portal frame. The developed joint system is strengthened by compressing processes that veneers impregnated with a phenol formaldehyde resin were cross-lapped and consolidated with hot press. The full scale portal frame experiment showed that the moment transmitting performance recorded has revealed that the strength of the joint was the full performance of the member strength and the rigidity of the cross-lapped area could be enough to regard the joint as a rigid one.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成20年度	1,100,000	330,000	1,430,000
平成21年度	1,000,000	300,000	1,300,000
平成22年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：建築構造

科研費の分科・細目：材料

キーワード：剛節, 剛性, 木質ラーメン構造, 圧縮木材, 圧密, 柱梁接合, 接着接合, ラジアルストレス

## 1. 研究開始当初の背景

木質ラーメンの接合部は、剛性確保の困難さから鉄骨ラーメンとは異なり、半剛節が前提の接合部自体の変形を考慮した複雑な構造計算を伴う。このため、一般の工務店が気軽に活用できる技術とは言い難い。また、この「半剛」の定義自体が曖昧であることから、「ラーメンとはいったい何か」という疑問が生じ始めている。

## 2. 研究の目的

本研究課題は、これまでに無い高剛性コーナー要素を木質材料で実現し、「剛」と仮定できる究極の木質ラーメンを開発することで、木質ラーメンの剛性評価方法について提案することを目的とする。学会・各種研究機関に働きかけることによって、木質ラーメンの定義を明確にすることを進め、木質構造が鉄骨造などの他構造と同列の設計体系の中で取り扱われる道を拓く。

### 3. 研究の方法

#### (1) コーナー要素の開発

既存の圧密化技術を応用し、柱と梁を連続体と見なせるL字形のコーナー要素を開発する。小型プレスを用いた小試験体による製造試験および強度試験を実施し、材料性能を把握し、大型プレスを用いた実大コーナー要素の製造方法を完成させる。

#### (2) 継ぎ手の検討・性能の把握

コーナー要素と柱梁部材との縦継ぎ方法を検討する。継ぎ手の接合効率を要素試験によって明らかにし、コーナー要素と柱梁部材を連結したL字形接合部試験を実施する。

#### (3) 実大門形ラーメンの性能試験

得られた試験結果にシミュレーション結果に照らし合わせて課題を整理し、剛性評価方法を考察する。最終的には門形ラーメンの水平せん断試験を実施して、究極の木質ラーメンを完成させる。

### 4. 研究成果

#### (1) コーナー要素の開発

コーナー要素の製造条件の確立と構成材料の基本物性の把握を踏まえて、コーナー要素の試作を実施した。

製造条件の絞り込みは、圧密合板の製造試験によって行った。基材には厚さ3.3mmのトドマツおよびカラマツ単板を用いた。注薬缶による単板へのフェノール樹脂液注入、樹脂含浸単板の乾燥、熱板プレスによる積層圧密の工程を経て、圧密後に復元や厚さムラが発生しない製造条件を模索した。樹脂濃度、注液スケジュール、積層数、プレス時間、プレス方法を変えながら実施したところ、基材にはカラマツよりもトドマツに手応えがよく、最終的にはトドマツを採用して、樹脂濃度30%、減圧(0.008MPa)30分、加圧(1.5MPa)3時間、乾燥60°C48時間、積層数10、プレス条件140°C30分、厚さ制御で15mmにすることを導き出し、これを標準製造工程と位置づけた。この条件で製造した150x400x15mmのトドマツ圧密合板から15mm角の小試験体を切り出して曲げ試験に供した結果、強度、剛性ともに合板よりも2倍以上の性能があることが確認された。

この結果を受けて、120x120mmの部材に対応するコーナー要素を試作した。140x260x3.3mmの樹脂含浸単板10枚をL字形になるように交差重ね合わせ、厚さ15mmまで圧縮した。得られたL字形板を8枚、2次接着することで、120mmの部材幅を有するL字形部材を得た(図1)。これを120mm角のカラマツ集成材とラージフィンガージョイントで縦継ぎし、モーメント抵抗試験に供した(図2)。

試験の結果、パネルゾーンを剛と仮定して、部材のたわみ量から算出した見かけの回転角よりも変形が小さかったことから、剛と見なすことができることを確認できた。さらに強度については、部材の曲げ強度から算出した最大モーメントを上回る性能が得られた(図3)。



図1 単板積層圧密接合による120mm角L字形コーナー要素



図2 L字形コーナー要素試験の様子

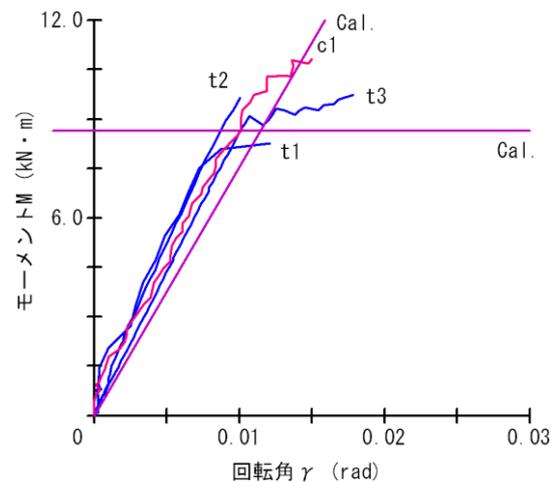


図3 L字形コーナー要素試験の荷重-回転角曲線

## (2) 継手の検討・性能の把握

門形フレームを構成する際に必要となる集成材との継手方法として、ラージフィンガージョイント(LFJ)、ラグスクリューボルト(LSB)接合、木ダボ接合について検討した。

LFJによる継手性能は、樹脂含浸トドマツLVLを製造し、これと集成材とをLFJで縦継ぎして曲げ試験に供することで検証した。結果、曲げ強度接合効率は平均で60%であり、統計的な下限値では45%であった。このことから、実大の門形フレームにおいて縦継ぎする場合には存在モーメントが45%以下であるところで縦継ぎすることが理想であることを導いた。

LSBによる継手性能は、樹脂含浸LVLから作成した20mm厚の薄板による木口方向の引抜試験によって検証した。結果、引抜剛性および引抜耐力はカラマツ集成材の場合の半分程度であった。この要因として、LSBを埋め込む際の部材の損傷が通常の木材にくらべて高く、樹脂含浸LVLのめり込み剛性の高さが不利に働いたものと考察した。

木ダボによる継手では、直径12mmの木ダボ(ハードメイプル)1本による樹脂含浸単板積層材からの引き抜き試験によって検証した。カラマツ集成材からの引き抜き性能に比べ、すべり係数で劣ったが、耐力は同等であった。この実験値を用いて、120x300mmの断面に適用した場合の性能について試算したところ、強度接合効率はカラマツ集成材(E105-F300)の曲げ耐力に対して76%が得られることを導いた。

## (3) 実大門形ラーメンの性能試験

L字形コーナー要素を用いた実大の門形フレーム試験を実施した。試験体数は2で、1体は無載荷(図4)、1体は積雪荷重を考慮して3箇所合計20kNの鉛直荷重を載荷して実施した(図5)。フレームの高さは3mで、スパンは4mとした。

L字形部材は断面120×300mm、パネルゾーン300×300mm、両翼長さ860mmのものを用い、柱・梁との継手には木ダボ接合を採用した。門形フレームは非対称構成とし、L字型コーナー要素と反対側の柱は120mm角とし、梁との接合はZマーク梁受け金物(BH255)によってピン接合と仮定できるものとした。両柱脚もピン接合となるように短ほぞとホルダダウン金物(タナカU-35)によるものとして、通常の在来軸組構法に組み込むことを想定した。

加力方法は耐力壁の試験方法を準用した正負交番の繰り返し荷重とし、その水平荷重に対する変形を測定した。

結果、無載荷・載荷の両者とも架構全体の水平せん断性能は部材のたわみによるものが支配的であり、L字形部材のパネルゾーン

の変形は、開く方向、閉じる方向ともに無視できることが確認できた。破壊性状はL字形部材の付け根における曲げ破壊であり、載荷式の方が最大荷重が小さかったが、その荷重は部材の曲げ強度(30N/mm<sup>2</sup>)から導出される最大荷重を上回った(図6)。

以上より、この木質フレームは剛節であることによって構造計算が大幅に単純化でき、部材の曲げ強度で耐力も計算できることが実証できた。今後はこの剛節かつ高強度を有する接合方法を用いて、L字形に留まらずT字形、十字形の部材を活用した新たな木質構造の発展が期待できる。



図4 フレーム試験の様相(無載荷)

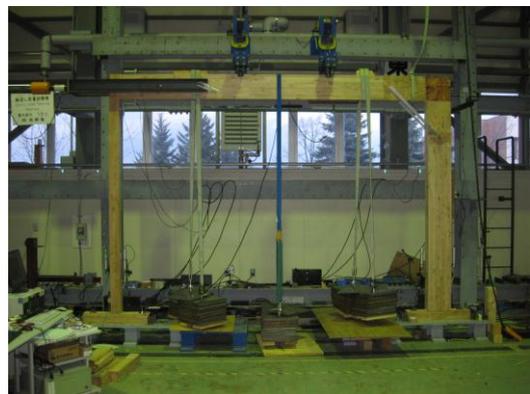


図5 フレーム試験の様相(載荷)

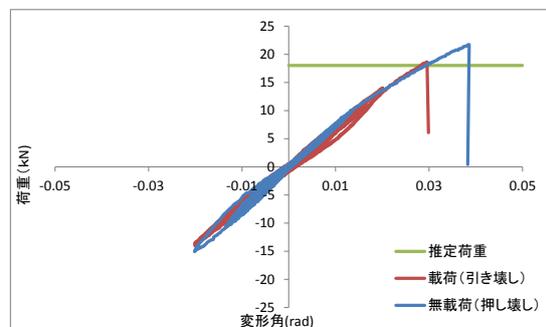


図6 荷重-見かけの変形角関係図

5. 主な発表論文等  
〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計7件)

野田康信, 古田直之: “単板積層圧満を用いた高剛性L字形モーメント抵抗要素の開発”, 2009年度日本建築学会大会, 2009.8.26

野田康信, 古田直之: “単板積層圧密によるコーナー部材の開発”, 産総研シンポジウム「新材料で構成する快適建築空間」—エクセルギー的視点を中心にして—, 2010.12.4

野田康信, 古田直之, 小松幸平: “交差重ね合わせ単板積層圧密接合によるL字形部材のモーメント抵抗性能”, 第60回日本木材学会大会研究発表会, 2010.3.17

野田康信, 古田直之, 小松幸平: “単板積層圧密接合部材の開発”, 日本材料学会第59期学術講演会, 2010.5.21

Yasunobu NODA, Naoyuki FURUTA, Kohei KOMATSU:” DEVELOPMENT OF COMPRESSED CROSS-LAPPED CORNER MEMBERS FOR RIGID FRAMES”, 11th World Conference on Timber Engineering, 2010.06.21, Riva del Garda, Italy

野田康信, 藤原拓哉, 古田直之, 戸田正彦, 小松幸平: “単板積層圧密を用いた高剛性L字形モーメント抵抗要素の開発 II. Large Finger Joint による継手位置の考察”, 2010年度日本建築学会大会, 2010.09.10

野田康信, 古田直之, 藤原拓哉, 小松幸平: “交差重ね合わせ単板積層圧密接合を用いたラーメン構法の開発 その1: 木ダボ接合による継手の検討”, 第61回日本木材学会大会, 2011.03.19

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称: 木質板積層圧密接合構造  
発明者: 野田康信, 古田直之  
権利者: (地独) 北海道立総合研究機構  
種類: 特願 2010-019479  
番号: 2010-019479  
出願年月日: 平成22年1月13日  
国内外の別: 国内

○取得状況(計0件)

〔その他〕

<http://www.fpri.hro.or.jp/gijutsujoho/kanako/21nenpo.pdf>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野田康信 (NODA YASUNOBU)