

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 10 月 25 日現在

機関番号：12201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26889014

研究課題名(和文)CLT接合部の力学特性評価手法に関する研究

研究課題名(英文)Research on the Evaluation of Mechanical Properties of CLT Connection.

研究代表者

中島 昌一 (NAKASHIMA, Shoichi)

宇都宮大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：90734210

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：ドリフトピンなどの曲げ降伏型接合具を用いたCLT接合部の実用化を目的として、接合具配列がCLT接合部の構造性能に与える影響を評価する研究を実施した。接合部実験により、これまでの集成材接合部と同様に、(1)弾性論に基づく剛性予測および、(2)EYTによる降伏荷重予測が可能である一方、集成材接合部とは異なり、(3)面内直交異方性が小さいためハンキンソン式を適用しなくて良い可能性があり、(4)部材内部のスリットからの割裂破壊と層のローリングシア破壊がクライテリアとなることが明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：A reduction coefficient is applied in usual design of multiple dowels type joints. The numbers of stiffeners in row is one of important factor to decide this coefficient. CLT drift pinned joint showed small orthotropy against in plane tensile load. Tensile tests of multiple drift pins joints were performed to evaluate the effect of array. Numbers of drift pins in each specimen were same (n=12), but the arrangements were different (2 x 6, 3 x 4, 4 x 3, 6 x 2). Also the grain directions were parameters (0, 90 degrees). 95-90% of reduction was appeared.

研究分野：建築材料・構造、木質科学

キーワード：CLT 曲げ降伏型接合 配列 弾性論 ドリフトピン 柱脚

1. 研究開始当初の背景

CLT (Cross Laminated Timber, 直交集成板) を用いた建築物は、20 年ほど前にヨーロッパで開発され、21 世紀にかけて欧米諸国を中心に発達してきた。

CLT 構造は木材でできた大判パネルを用いた壁構造であり、オフィスビルなどの中規模な建築物への応用が期待される。

地震や風などの水平力を受ける CLT 構造物の主たる抵抗要素は、パネルの曲げ、面内せん断抵抗と接合部の回転、せん断、軸方向の抵抗である。ここでは CLT 接合部にドリフトピンを用いた場合の簡易な設計法の確立を目指し、理論式を誘導し、実験を実施した。

2. 研究の目的

本研究では、CLT 構造の設計法を確立することを大きな目標とするが、第一に CLT ドリフトピン接合部の構造性能評価を確立することを目的とする。

3. 研究の方法

3. 1 CLT を用いた曲げ降伏型接合の理論式の誘導

ドリフトピンやボルト、ラグスクリューなどの曲げ降伏型接合具を用いた接合部の降伏荷重は、通常、ヨーロッパ型降伏理論をもとに誘導される。

このヨーロッパ型降伏理論式をもとに、図 1 に示すような鋼板を側材とする CLT 曲げ降伏型接合部の接合形式毎に、新たに降伏荷重評価式を誘導した。

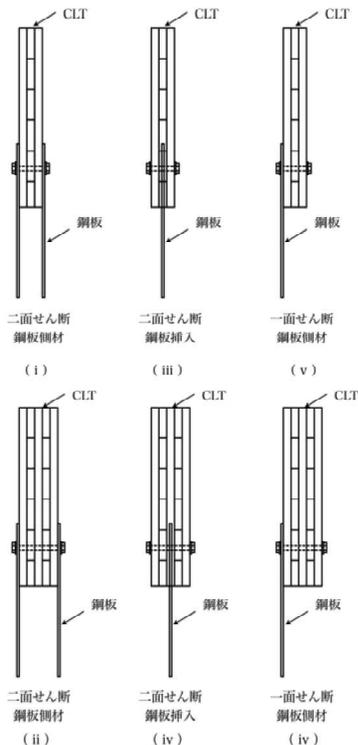


図 1 鋼板を側材とする CLT 曲げ降伏型接合部の接合形式

3. 2 1 列あたりの接合具本数が剛性に与える影響の理論式による評価

図 2 に例示されるような、CLT ドリフトピン接合部について、1 列あたりのドリフトピン本数、材料の軸方向剛性、接合具剛性によつて、接合部性能評価の際に乗じる低減係数 K に与える影響を、弾性論に基づき評価した (図 3)。得られた低減係数の妥当性を CLT ドリフトピン接合部実験の引張実験で検証した。

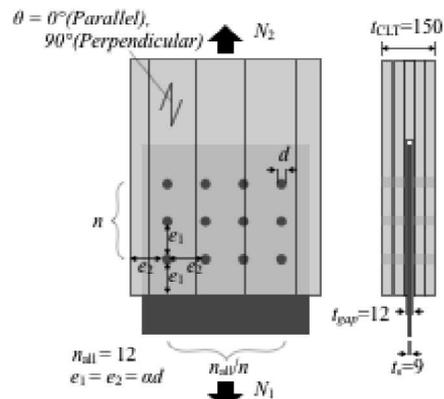


図 2 CLT ドリフトピン接合部

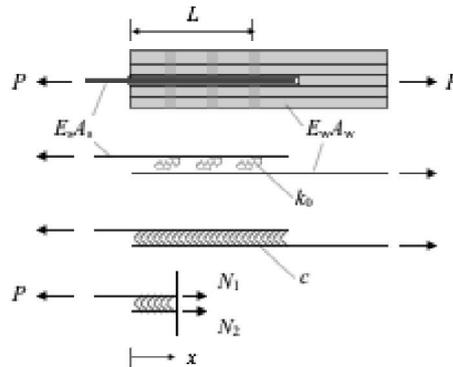


図 3 記号の定義と弾性モデル

n : 1 列あたりのドリフトピン本数 / e_1 : 端距離、ドリフトピン間隔 / e_2 : 縁距離、ドリフトピン間隔 / d : ドリフトピン径 / k_0 : 1 行あたりの接合具剛性 / $E_w A_w$ 、 $E_s A_s$: 主材および側材の軸方向剛性、 N_1 、 N_2 : 部材の軸力

4. 研究成果

4. 1 CLT を用いた曲げ降伏型接合の降伏理論式

接合形式毎の降伏荷重と、接合具細長比の関係を図 4 に示す。図のように、これまでの EYT 式とくらべ、精度のよい降伏荷重の予測が可能となった。

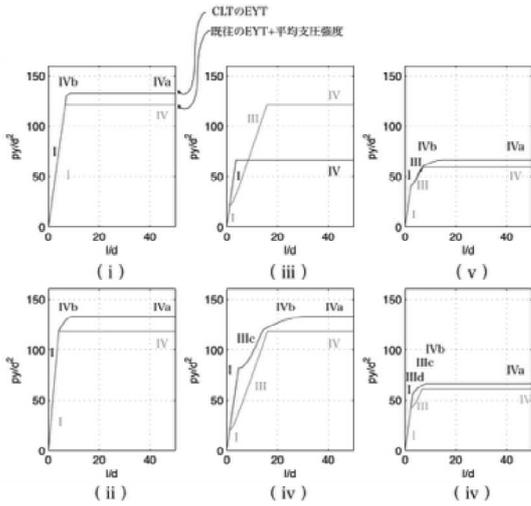


図4 接合形式毎の降伏荷重 p_y/d^2 と接合具細長比 d/l の関係 (木質構造設計規準・解説 p.377 参照)、緑線：既往の降伏理論式、青線：新たに導いた降伏理論式

4.2 1列あたりの接合具本数が剛性に与える影響に関する弾性論荷重と基づく理論式と CLT ドリフトピン接合部の引張実験

4.2.1 弾性論に基づく理論式

図5に、計算された各ドリフトピンの負担せん断力の分布の例を示す。図5にみられるように、中央のドリフトピンほど、負担するせん断力が小さい傾向を示す。このようなせん断力分布を示すことから、1列辺りのドリフトピン本数や部材・接合部剛性に依じて、ドリフトピン本数に0.5~1程度の低減係数が求められる。

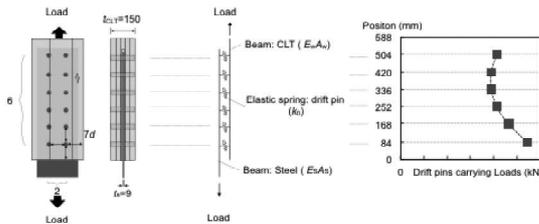


図5 各ドリフトピンが負担する力の割合

図6に、端距離、縁距離、ドリフトピン間隔が一定で、ドリフトピンを12本用いたとき、主材の種類(5層5プライ CLT 強軸方向、5層5プライ CLT 弱軸方向、集成材)をパラメータとした、ドリフトピン本数と低減係数の関係の計算例を示す。この予測値を検証するため、接合部引張実験を実施した。

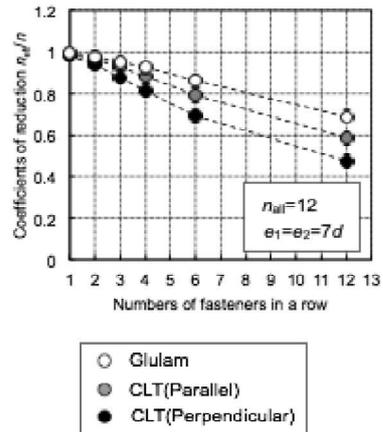


図6 1列あたりのドリフトピン本数 n と低減係数 n_{off}/n の関係

4.2.2 CLT ドリフトピン接合部の引張実験

図7に接合部実験の試験体と荷重装置の様子を、図8に試験体一覧を示す。試験体は、5層5プライSGI CLT (厚さ150mm、Mx60B、幅はぎ接着なし)、ドリフトピン(12本、径 $d=12$ mm、SS400相当)、鋼板(PL9、孔径 $\phi 14$ mm)によって構成される。治具を介して、試験体の上下を固定し、単調荷重を実施した。引張荷重と、CLT-鋼板間の相対変位を計測した。

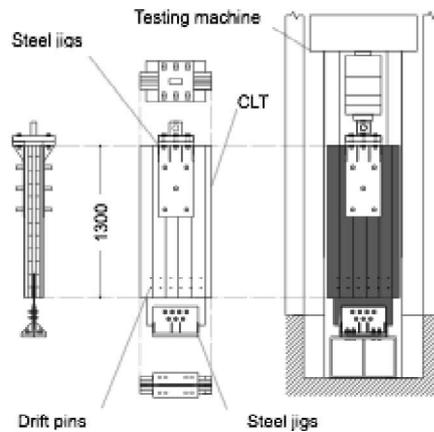


図7 試験体と荷重の様子

図8にパラメータを示す。ドリフトピン本数は12本、端距離、縁距離、ドリフトピン間隔は $7d$ 一定で、パラメータはドリフトピンの配列(2x6、3x4、4x3、6x2)4種類と、最外層の繊維方向(0°、90°)2種類とした。

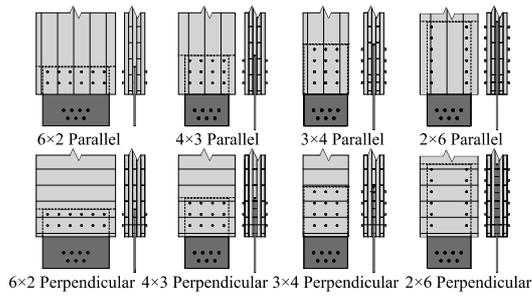
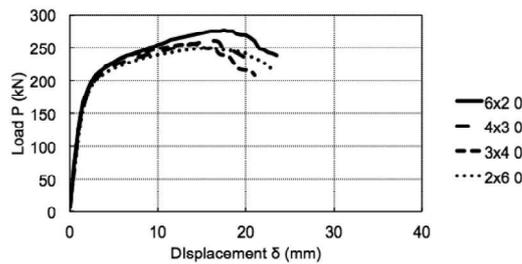
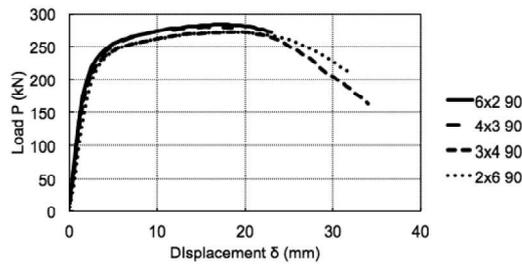


図 8 試験体一覧

得られた荷重変位関係の平均曲線を図 9 に示す。いずれの接合部も 3mm 程度で降伏した後、20mm 以上の変形性能を示した。



(a) 0° 方向



90° 方向

図 9 荷重変位関係の平均曲線

図 10 に、実験で得られた初期剛性と比例限度荷重と計算値の比較を示す。1 列あたりのドリフトピン本数が増えることによる、低減係数の低下傾向は、実験値と理論値で概ね一致した。

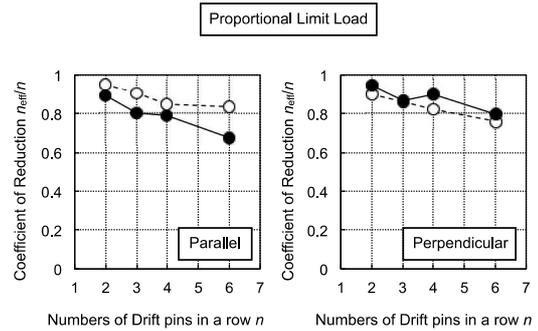
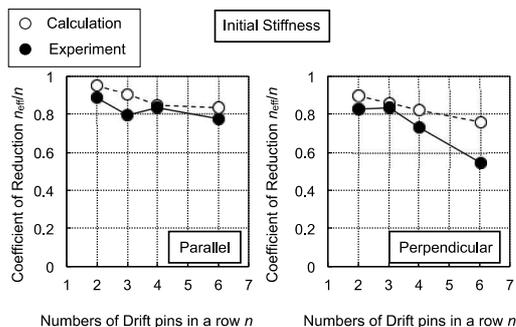


図 10 低減係数とドリフトピン本数の関係

以上のように、CLT ドリフトピン接合部の設計法確立にむけて、本数による低減係数を誘導し、実験で検証した結果、1 列あたりのドリフトピン本数と低減係数の関係は、理論値と実験値で概ね一致することが確認された。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 中島昌一、荒木康弘、中島史郎、五十田博：クロス・ラミネイティド・ティンバーを用いた鋼板添え板木ねじ接合部の引張性能、査読有、日本地震工学会論文集、Vol. 16、No. 3、pp114-125、2016. 3
- ② 中島昌一、北守顕久、小松幸平：直交集成板の面圧および端部せん断挙動と繊維角度依存性、査読有、木材学会誌、Vol. 60、No. 4、pp. 216-226、2014. 7

[学会発表] (計 13 件)

- ① Shoichi Nakashima, Akihisa Kitamori, Yasuhiro Araki, Hiroshi, Isoda: EFFECT OF ARRAY ON TENSILE LOAD CARRYING CAPACITY CLT DRIFT PINNED JOINT, Proceedings of WCTE 2016, 2016. 9 (原稿受理)、Austria, Vienna
- ② Phommasak Soutsada, 中島昌一、鈴木 圭、荒木康弘、小林研治：鋼板を側材に用いたビス多数本打ち CLT 接合部の一面線団性能 その 1 1 列あたりの接合具本数の影響、日本建築学会大会梗概集、2016. 8 (原稿受理)、福岡県福岡市
- ③ 鈴木 圭、後藤隆洋、清水康介、中島昌一、荒木康弘、小林研治：鋼板を側材に用いたビス多数本打ち CLT 接合部の一面線団性能 その 2 集合型破壊による影響、日本建築学会大会梗概集、2016. 8 (原稿受理)、福岡県福岡市
- ④ 中島昌一、荒木康弘、北守顕久、五十田 博、CLT 多数本打ちドリフトピン接合部の接合性能、第 309 回 生存圏シンポジウム研究報告集、pp. 77-84、2016. 3、京都府宇治市
- ⑤ SOUTSADA Phommasak, 中島昌一、荒木康弘、中島史郎、五十田 博、増田浩志：クロス・ラミネイティド・ティンバと鋼板

- を用いた木ねじ接合部の降伏荷重評価、
日本建築学会大会学術講演梗概集、
2015.9、神奈川県小田原市
- ⑥ ポンマサック スッサダー、中島昌一、
増田浩志:CLT 鋼板添え板木ねじ接合部の
降伏理論と面圧実験、日本木材学会大会
研究発表要旨集、CD-ROM、H18-10-0945
2015.3、東京都江戸川区
- ⑦ 中島昌一、荒木康弘、中島史郎、五十
田 博:CLT 鋼板添え板木ねじ接合部の一
面せん断実験、日本木材学会大会研究発
表要旨集、CD-ROMH18-10-1000 2015.3、東
京都江戸川区
- ⑧ Akihisa Kitamori, Shoichi Nakashima,
Mami WADA, Hiroshi Isoda: FE analysis
on in-plane shear performance of frame
structure composed of L-shape CLT
members, Proceedings of International
Symposium on Wood Science and
Technology 2015, 電子媒体, 2015.3,
Japan, Tokyo
- ⑨ Shoichi Nakashima, Yasuhiro Araki,
Hiroshi Isoda: Tensile structural
performance of multiple dowels type
joint with CLT, Proceedings of
International Symposium on Wood
Science and Technology 2015, 電子媒体,
2015.3, Japan, Tokyo
- ⑩ 中島昌一、荒木康弘、中島史郎、五十
田博: (繰返し荷重を受ける)クロス・ラミ
ネイテッド・ティンバーを用いた鋼板添
え板木ねじ接合部の引張性能、日本地震
工学シンポジウム論文集、CD-ROM、G010-
FRI-7、2014.12、千葉県千葉市
- ⑪ 中島 昌一、荒木 康弘、五十田 博、中
島 史郎、山口 修由、安村 基:CLT 鋼
板添え板木ねじ接合部の引張性能、日本
建築学会大会学術講演梗概集、pp.495-
496、2014.9、兵庫県神戸市
- ⑫ Shoichi Nakashima, Akihisa Kitamori,
Que Zeri, Kohei Komatsu, Hiroshi
Isoda: Development and Evaluation of
CLT Shear Wall Using Drift Pinned
Joint, Proceedings of World
Conference on Timber Engineering 2014,
2014.8, Canada, Qeebec City
- ⑬ Akihisa Kitamori, Shoichi Nakashima,
Hiroshi Isoda: Proceedings of World
Conference on Timber Engineering 2014,
2014.8, Canada, Quebec City.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 昌一 (NAKASHIMA, Shoichi)

宇都宮大学・地域デザイン科学部・建築都
市デザイン学科・助教

研究者番号：90734210