

1) 構造研究グループ

1) - 1 中層木造建築物接合部の崩壊機構の検討と簡略な保証設計技術の開発【持続可能】

Study on the Failure Mechanisms of Connections in Mid-Rise Timber Buildings and Development of Simplified Development of Structural Design Method

(研究開発期間 令和4～6年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

中島昌一
NAKASHIMA Shoichi

In CLT panel-based frame structures, the most part of the deformation concentrates at the joints. Therefore, it is crucial to understand the stiffness, strength, and deformation performance of these joints up to the point of failure when designing with CLT. The focus is on joint design methods for CLT panel ends in hybrid structures. The aim is to provide a clear, accessible design approach for structural designers and architects, even those with limited experience in wood-based structures. This paper outlines the proposed design methods to assist in creating efficient and reliable connections within CLT-based structures.

【研究開発の目的及び経過】

既往の木造建築物 1)2) の比べ、CLT を用いた建築物は、パネル自体の強度や剛性が大きいため、CLT パネル工法による架構ではその変形の多くが接合部に集中する。したがって接合部の剛性や強度と終局に至るまでの変形性能を把握することが設計において重要と考えられる。

本研究では、CLT パネル工法、枠組壁工法。軸組耐力壁工法等について検討を進めたが、ここでは混構造等の CLT パネル端部接合部について、木質構造以外を専門とする構造設計者や意匠設計者等にもわかりやすい設計法となることを目的として検討した設計法案を概説した。

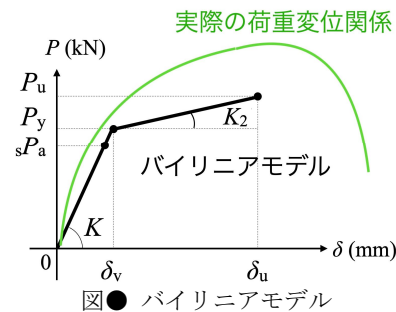
【ドリフトピンを用いた CLT 接合部の設計法】

本設計法ではドリフトピン接合部の荷重変位関係を図1のようにバイリニアモデルで置換することを目的とする。適用範囲となる CLT ドリフトピン接合部の仕様については、文献1に記載される。適用範囲から外れる場合は、図2のようなはり単軸バネによる接合部モデル等によって同様の性能を求めることができる。

初期剛性と降伏荷重は弾性床上の梁理論や完全剛塑性家庭に基づき得られた1本あたりの性能を本数倍しても求められる。既往の実験で得られた値とこれらの値を比較すると耐力については概ね下限を、剛性については平均値をそれぞれ評価していることがわかる(図3)。

【終局荷重と変位の評価】

終局状態として、CLT または挿入鋼板の引張、せん断破壊、スリットの割裂破壊、ドリフトピンの劣化による破断を仮定しこれらの最小値を接合部の終局荷重とした。



図● バイリニアモデル

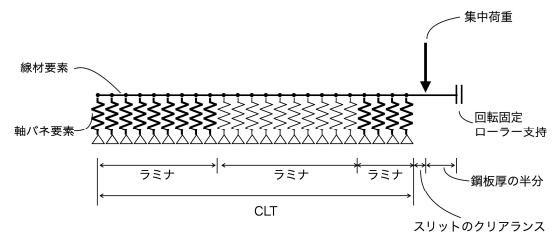
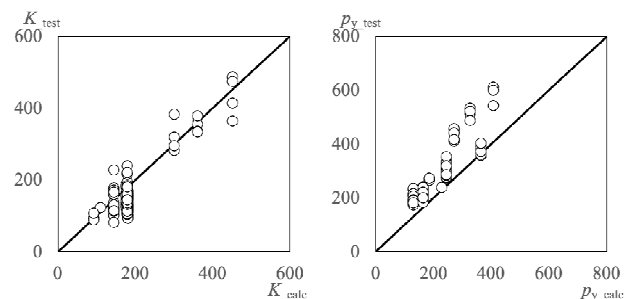


図2 はりと単軸バネによる接合部モデル



初期剛性 K の実験値 K_{test} と計算値 K_{calc} (kN/mm) 降伏荷重 P_y の実験値 p_{y_test} と計算値 p_{y_calc} (kN)

図3 1本あたりの性能の実験値と計算値の比較

鋼板の破壊については鋼構造接合部設計指針、CLT の

破壊について既往の文献に基づくこととした。スリットの割裂については開きどめ措置を講じることで、二次剛性と終局強度比によって制限される変形性能を仮定した。

〔繰り返し変系による劣化〕

ドリフトピンの繰り返し変形による劣化については、振幅 ($2\delta y$ 、 $3\delta y$ 、 $4\delta y$ 、 $6\delta y$ 、 δu) とドリフトピン径 ($\phi 12$ 、 $\phi 20$) をパラメータとした、一定振幅の繰返し载荷の要素実験および、壁端部に $\phi 20$ -L200 のドリフトピンを4本用いた部材実験を実施した。また、変動振幅 ($3\delta y \rightarrow 6\delta y$ 、 $4\delta \rightarrow 3\delta y \rightarrow 2\delta y$) による検証実験を実施した。

図4に得られた繰返し回数とピーク荷重の関係例 ($\phi 20$ 、 $2\delta y$) を示す。荷重変位関係はスリップ型と紡錘型の中間のような形状であり、一定振幅の繰返しによってピーク荷重は徐々に低下した。ほぼ一定の定価率で推移したのち、低下傾向の増大がみられ破断した。

図5に塑性率と破断回数の関係を示す。要素実験と比べ部材実験の方が、塑性率が大きい振幅の場合に少ない回数で破断する傾向がみられた。これは接合部に与えられるせん断力による変形の影響や、本数の増加による初期剛性の低下に伴う降伏変位の増加によって生じる、見かけの塑性率の低下によるものと考えられる。

それぞれの実験において、評価式の妥当性は変動振幅の繰返し実験によって検証された。

文献3)に記載される繰返し履歴による加力実験では、正負交番繰返し加力の場合、20mm 低度で破断するものがみられたことから、設計法では、ドリフトピン径を繰返しによる劣化時の終局変位と定めている。これは安全側の評価であるため、正負交番でない場合や径が小さい場合などにも制限を緩和することができる可能性が示唆された。

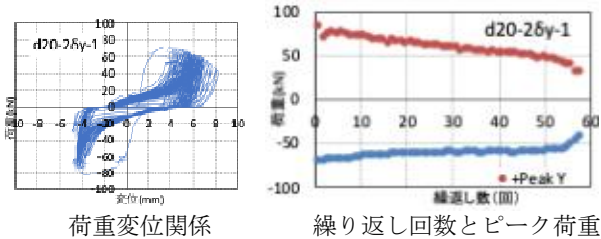


図4 一定振幅繰返し試験の結果例 ($2\delta y$ 、 $\phi 20$)

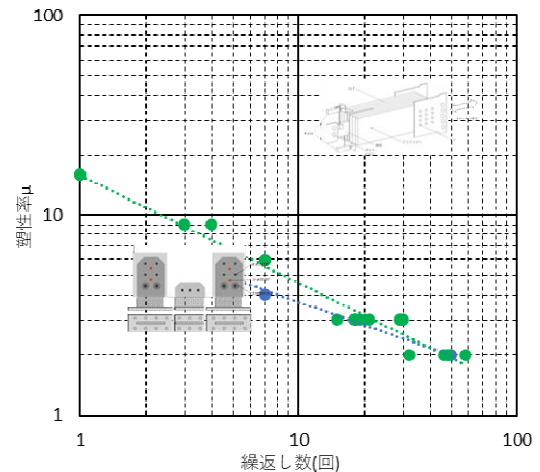


図5 塑性率と破断寿命の関係
緑：要素実験（右上図）、青：部材実験（左下図）

〔成果の最大化に向けた取り組み〕

ここでは、CLT パネル工法を用いた建築物を対象にパネル端部接合部の構造設計法を紹介した。この研究に関連する設計法は、2024 年版 CLT パネル工法を用いた建築物の設計施工マニュアル等 18)に掲載されている他、各種文献等によって成果の最大化に向けた取り組みを実施した。

〔参考文献〕

- 1) 日本建築センター：集成材等建築物構造設計マニュアル、2024. 3
- 2) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説、2006
- 3) 日本住宅・木材技術センター：2024 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル、2024. 11
- 4) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針、2021. 2
- 5) 中島昌一、三木徳人、秋山信彦、荒木康弘、鋼板挿入 CLT ドリフトピン接合部の最大耐力、降伏耐力および初期剛性の推定と実験による検証、日本建築学会構造系論文集、Vol1783、p793-803、2021. 5
- 6) 建築研究所 HP：新しい木質材料 ～CLT（クロス・ラミネイティド・ティンバー）～えびすとら、Vol. 75、2016. 10
- 7) 中島昌一：CLT を利用した建築物の接合部設計法に関する近年の研究紹介、建築研究開発コンソーシアム講演会、2024. 10.
- 8) 中島昌一：CLT を母材とする鋼板挿入ドリフトピン接合部の設計法、一般社団法人建設物価調査会、建築コスト情報、第 103 号、p. 10-13
- 9) 中島昌一：CLT 建築の接合部設計について～鋼板挿入型ドリフトピン接合の設計法の紹介～、建設工業調査会：ベース設計資料、No. 196