

長スパンまたは有孔 CLT 梁の面内強度性能の実験的・解析的評価

Experimental and Analytical Evaluation of the In-Plane Strength of Long-Span CLT Beams with Openings

研究代表者：五十田 博（生存圏研究所）

研究分担者：郭 哈哈（生存圏研究所）

担当：CLT 梁の面内強度性能に関する実験の実施と検討

研究目的 (Research Objective):

CLT (Cross Laminated Timber) はひき板を繊維方向が直交するように積層接着した木質材料であり、建築分野において利用拡大が推進されている。梁として利用する場合、CLT 梁は、大断面・長スパン構造において集成材梁と比較してコスト面で優位性を有し、設備配管等を想定して貫通孔を設けた場合にも耐力低下が相対的に少ない。このため、CLT 梁の利用拡大が期待される。しかし、CLT 梁に関する設計基準では、面内曲げとせん断性能に関する幅はぎ接着の有無や等級構成の影響、寸法調整係数などについて検討が必要である。また、有孔 CLT 梁に関する既往研究が少なく、設計の技術資料は十分に整備されていない。そして、破壊進展過程を含めた力学挙動の定量的評価や、数値解析による再現等には未だ課題が残されている。そこで本研究では、設計基準の整備及び技術資料の充実に資する知見を得ることを目的とし、CLT 梁の面内曲げおよびせん断性能を実験的及び解析的に把握して検討を行った。

計算手法 (Computational Aspects):

本研究では、スギ CLT を梁として用いることを想定し、面内曲げ試験および面内せん断試験を実施した。試験体は、幅はぎ接着の有無、等級構成、貫通孔の有無などをパラメータとして設定した。なお、貫通孔は梁せい中央に設け、直径は最大で梁せいの 2/3 とした。また、試験体の材料特性を把握することを目的として要素試験を行った。

研究成果 (Accomplishments) :

CLT の圧縮試験結果に基づき、すべての試験体において圧縮強度および圧縮弾性係数は CLT マニュアルに示される基準値を上回る結果となった。また幅はぎ接着により圧縮強度が向上する傾向が見られた一方で、圧縮弾性係数への影響はほとんど認められなかった。さらに、試験体の密度と圧縮強度、密度と圧縮弾性係数の間には正の相関が認められた。

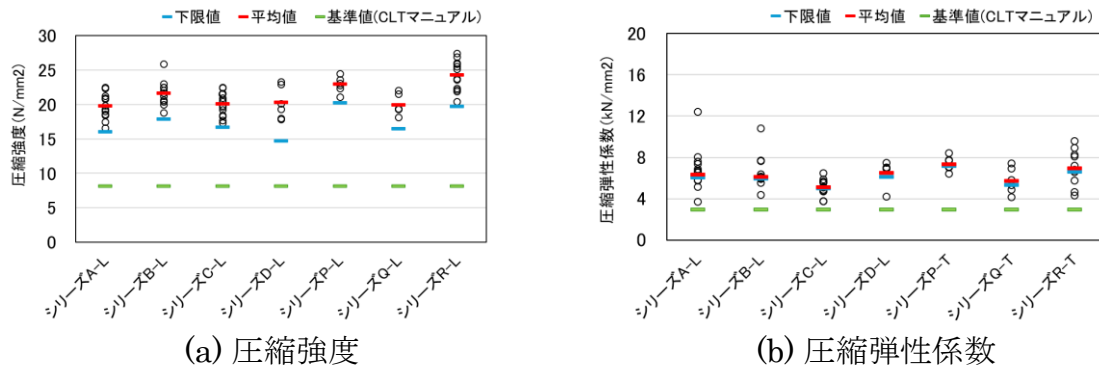


Fig1 最外層強軸方向の試験体の圧縮強度及び圧縮弾性係数

無孔 CLT 梁および有孔 CLT 梁を対象とした面内曲げ試験結果に基づき、荷重変形挙動と破壊性状、曲げ強度、曲げヤング係数などを評価し、さらに有孔梁の断面性能および耐力評価手法について検討を行った。無孔 CLT 梁では、荷重変形関係は概ね線形で、最大荷重到達後に急激な荷重低下が確認された。破壊は下端ラミナのフィンガージョイントや節といった弱点を起点に進展することが多かった。有孔 CLT 梁では、破壊は最下層ラミナの欠点から発生し、孔径比 1/3 の場合には必ずしも有孔断面に破壊が進展するとは限らないという結果となった。一方、孔径比 1/2、2/3 の場合には、最下層ラミナの欠点から破壊が発生し、その後有孔断面に破壊が進展する傾向が見られた。また、幅はぎ接着により曲げ強度が向上する傾向が示されたが、曲げヤング係数への影響は小さいことが明らかとなった。そして、全体として寸法調整係数必要ないことが示された。そして、見かけの曲げヤング係数（全断面）、真の曲げヤング係数（全断面）、縦振動ヤング係数の間の相関を調べた結果、試験体の寸法・仕様によって相関の強さには差が見られるものの、全体として真の曲げヤング係数と見かけの曲げヤング係数との間には比較的高い正の相関が認められ、縦振動ヤング係数との相関性は試験体寸法・仕様によってばらつく傾向が示された。さらに、3 層 4 プライ・Mx60・幅はぎなしの試験体の圧縮強度は曲げ強度より高い傾向が示され、両者の間に中程度の相関が認められた。一方、有孔 CLT 梁について、本研究で設定した寸法および仕様の試験体の範囲において初期剛性に顕著な低下は認められない傾向が示された。一方、最大荷重について、5 層 7 プライ・Mx60・幅はぎなしの試験体では、最大荷重が最大 28%に低下することが認められた。

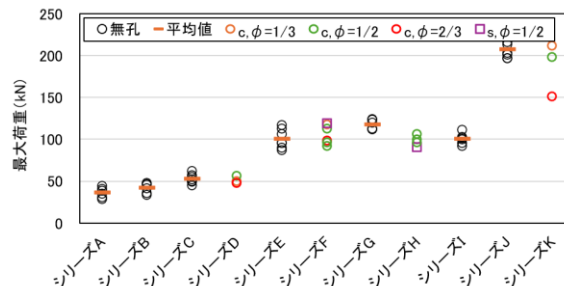


Fig2 曲げ試験の各試験体の最大荷重

CLT 梁の面内せん断性能などの知見を得ることを目的に、面内せん断実験を実施した。破壊性状から、5 層 5 プライ・Mx60・幅はぎあり CLT 梁の面内せん断性能評価において、スパン比 2h はせん断性能を過小評価する可能性があることが示唆された。すべての試験体において最大せん断強度および平均せん断強度の平均値は基準値を上回った。また、幅はぎ接着によりせん断弾性係数が向上する傾向が示されたが、せん断強度への影響はより小さいことが示された。さらに、斜め方向のせん断弾性係数は概ね基準値以上であった。一方で、水平せん断弾性係数はいずれの試験体においても基準値を下回り、これは、計測方法上、水平方向変形のみを捉えていることに起因すると考えられた。さらに、有孔 CLT 梁の面内せん断試験を実施した結果、曲げ・せん断複合作用区間に 1 つの円形孔を有する試験体では、孔径比が大きくなるほど、孔径比が大きくなるほど孔周辺にひずみ集中が見られ、割裂破壊が発生した部位と大きな主ひずみが観察された部位はおおむね一致した。

本年度は実験結果の分析を集中的に行ったため、解析的な手法については次年度以降実施することとなった。

公表状況 (Publications) :

(学会発表)

1. 郭 晗晗, 五十田 博, 中川 貴文, 松田 昌洋, 長スパンまたは有孔 CLT 梁の面内強度性能の実験的評価, 第 75 回日本木材学会大会講演要旨集, 2025 年 3 月
2. 郭 晗晗, 五十田 博, 松田 昌洋, 田部井 健, 梁利用を想定した CLT の面内曲げ性能に関する実験 その 1, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), 構造 III, pp.231, 2025.