

鋼板添え板ドリフトピン接合工法を用いて小幅パネルを接合し大判化する CLT 架構形式の開発

その1 開発する接合部概要とドリフトピンによる引張性能実験

CLT 直交集成板 鋼板添え板
ドリフトピン 接合部 引張り接合部

正会員 前田 匠樹*1
同 遠藤 広大*2
同 小笠原 純香*3

1. はじめに

近年、森林資源の有効活用による林業の活性化や環境負荷の低減等が期待されており、2010年には公共建築物等木材利用促進法が施行されるなど、中大規模木造建築への関心が高まっている。施工性や耐震性に優れるCLTを用いたCLTパネル工法（以下、「CLT工法」）に対する期待は大きく、RC造やS造の従来の構造形式に代わる有効な工法として利用が拡大しつつある。この際、国内では工場や輸送の関係から縦長形状のパネルを利用する場合が殆どであり、パネル四隅には高い精度が要求されるABR等の接合金物が多量になることが想定される。

一方で、既往の研究より複数枚のCLTの小幅パネル同士を繋結することができれば、同様の大型壁と同様の挙動を示すことが確認されている。小幅パネル同士を接合した大型壁を用いる事で、精度が要求される接合金物の使用量を抑える事ができ施工性の向上が期待できる。

そこで本研究では、パネル間の簡易的な接合工法の提案及びその接合工法を用いた新たなCLT架構形式を提案し、静的載荷実験より構造性能の評価を行った。本報では、提案型接合部の概要及び引張性能評価実験について述べる。

2. 鋼板添え板ドリフトピン接合工法概要

現在のCLTパネル工法告示での設計方法は、図-1(a)に示すようにCLTパネルを並べた壁を構成する場合でも、壁として使用する各CLTパネルは独立に挙動することを前提とし、パネルの回転変形に抵抗するため、四隅に引きボルトを配置し、上下にせん断金物を配置するのが一般的である。そのため接合金物の量が多くなり、施工の手間やコストの増大につながり、CLTの普及に対する問題となる。そこで本研究では、連続するCLTパネルを横につなぎ、1枚の大きな壁とする接合工法について検討した。

提案する接合工法では、図-1(b)に示すように隣接するCLTパネル間に、鋼板とドリフトピン（以下「DP」）を挿入して接合する。また、大判化した壁の四隅にも同様の接合金物を設置する。

図-2に示すように、提案する接合金物は、1枚のパネルに2本ずつ挿入する両端にねじ穴を切ったDP計4本を鋼板に高力ボルトにより接合することで、パネル間の離間力及び接合部のせん断力及び引張力に抵抗させる機構

である。

接合する2枚のパネル間にせん断ずれ変形や離間変形が生じると、鋼板を介してDPからCLTパネルに支圧力が生じる。筆者らの既往の研究^[1]で、CLTパネルの破壊形式には韌性に富む支圧破壊（図-3中赤）と脆性的なせん断破壊（図-3青）の2種類があり、形状とパネルの強度から破壊形式を推定できている。

以上から、本研究では、提案接合部の構造性能を検証するために、以下の3種類の実験を行った。

- ① 接合部の引張性能評価実験（その1）
- ② 接合部のせん断性能評価実験（その2）
- ③ 提案接合部を用いたCLT壁の水平加力実験（その3）

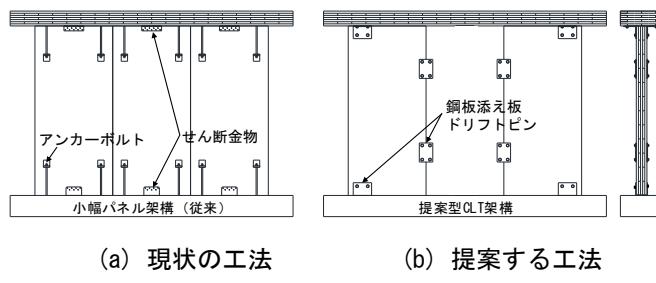


図-1 提案する工法と従来の工法の比較

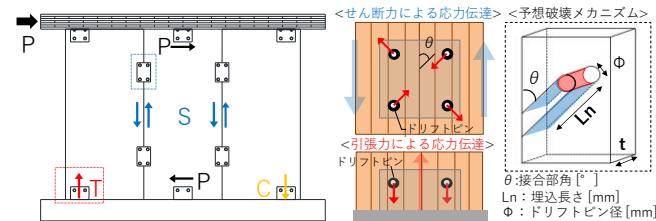


図-2 提案する接合部の応力伝達機構

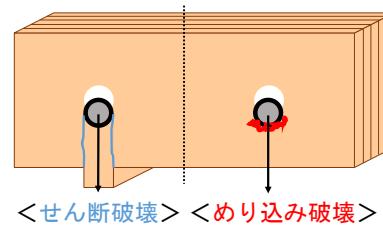


図-3 破壊性状

3. 提案型ドリフトピン接合部の引張性能評価実験

3.1 実験概要

DP下面部分を取り出した要素試験体に対し引張試験を実施した。破壊メカニズムとして、図-2中青で示す部分

のせん断破壊もしくは、赤で示す部分のめり込み破壊が想定され、式(1)を用いて引張耐力を推定した。

$$\text{引張耐力 } T = \min(Q_s, Q_{cv}) \quad (1)$$

せん断強度 $Q_s [N] = \text{せん断強度} \tau [N/mm^2] \times \text{埋込長さ} L_n [mm] \times \text{厚み} t [mm] \times 2$
めり込み強度 $Q_{cv} [N] = \text{めり込み強度} \sigma_{cv} [N/mm^2] \times \text{DP 径} \phi [mm] \times \text{厚み} t [mm]$

本検討では $L_n/\phi=2.5$ が破壊性状の境界 ($L_n/\phi < 2.5$: せん断破壊, $L_n/\phi > 2.5$ めり込み破壊) と予想される。試験体の諸元を表-1に試験体図を図-4に示す。実験パラメータは DP 径 ϕ に対する埋込長さ L_n の比 (以下「 L_n/ϕ 」) と接合部の設置角度によって変化する、DP に作用する応力の作用方向と CLT 外層ラミナの繊維方向がなす角 C とした。図-5に示す加力装置を用いて単調載荷を行った。

3.2 実験結果

図-6に各試験体の L_n/ϕ ごとの荷重-変形関係を示す。 $L_n/\phi=1.3$ の試験体はすべてせん断破壊により耐力低下が発生し、 $L_n/\phi=3.8$ の試験体ではめり込み破壊が卓越する性状を示す試験体が多く、 $L_n/\phi=2.5$ の試験体では2つの破壊モードが混在する性状を示した試験体が5割程度存在し、 L_n/ϕ より破壊性状を概ね想定可能であると言える。図-7より破壊性状が卓越する範囲での最大耐力の平均値は同程度であり、繊維方向 C による影響は小さいと言える。また、 L_n/ϕ を十分に確保することで破壊モードがめり込み卓越型となり韌性に富んだ性状が得られる。

図-8に式(1)を用いて算出した最大耐力の推定値と実験値の比較を示す。推定値は実験値を安全側に推定しているが、全体的な傾向は捉えており、式(1)より最大耐力を概ね推定することが可能である。

4. まとめ

本報のまとめは本稿その3に併せて示す。

表-1 試験体諸元

試験体名	材種	パネル厚 $t [mm]$	DP 径 $\phi [mm]$	繊維方向 $C [^\circ]$	埋込長さ $L_n [mm]$	L_n/ϕ	試験体数	
40-C0-L50	CLT (スギ) Mx60-5-5	150	40	0	50	1.3	3	
40-C30-L50				30				
40-C45-L50				45				
40-C60-L50				60				
40-C90-L50				90				
40-C0-L100				0	100	2.5		
40-C30-L100				30				
40-C45-L100				45				
40-C60-L100				60				
40-C90-L100				90				
40-C0-L150				0	150	3.8		
40-C30-L150				30				
40-C45-L150				45				
40-C60-L150				60				
40-C90-L150				90				

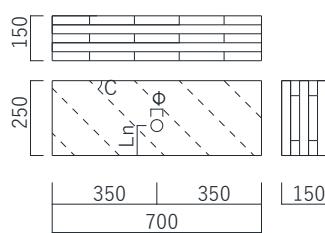


図-4 試験体図

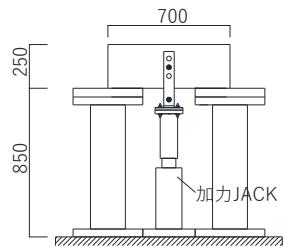


図-5 加力装置

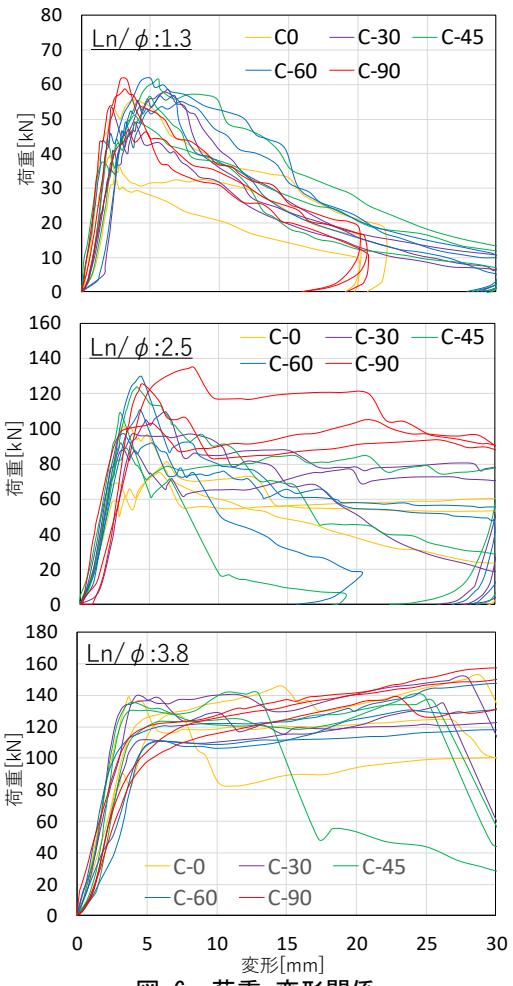


図-6 荷重-変形関係

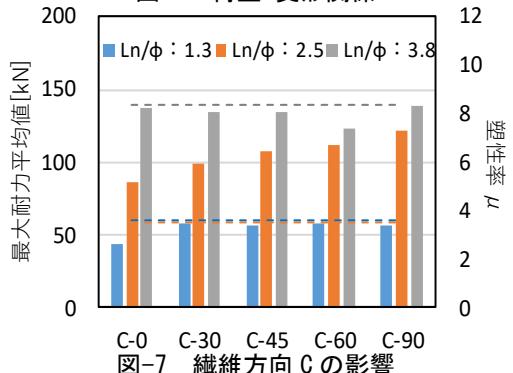


図-7 繊維方向 C の影響

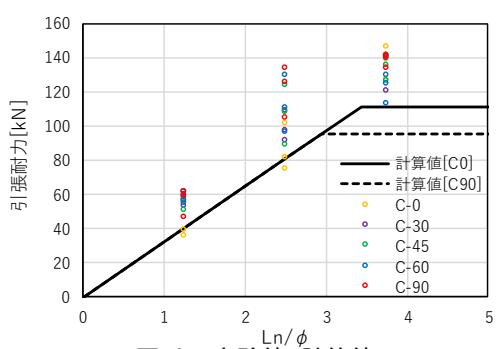


図-8 実験値-計算値

*1 東北大学大学院工学研究科 教授 博士（工学）

*2 清水建設株式会社 修士（工学）

*3 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期

*1 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Dr. Eng.

*2 Shimizu Corporation, Master. Eng.

*3 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.