

鋼板添え板ドリフトピン接合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2 接合部せん断性能評価実験

正会員 小笠原 絢香*1
同 遠藤 広大*2
同 前田 匡樹*3

CLT 直交集成板 鋼板添え板
ドリフトピン 接合部 せん断接合部

1. はじめに

前報では、提案した鋼板添え板ドリフトピン接合部の概要と引張性能評価実験について述べた。本報では、CLT 小幅パネルを大盤化するために提案した接合部のせん断性能評価実験及びその1の結果を用いた耐力推定手法について述べる。

2. 接合部試験体と加力方法

本報(その1)では、図-1に示すように片側のCLTパネルに太径のドリフトピン(以下「DP」)2本を挿入し鋼板とドリフトピンを高力ボルトで接合する接合法を提案した。接合部には4本のDPが額形状に配置される。ここに2枚のCLTパネル間にせん断力が発生すると、対角方向のDP間に引張力・圧縮力が発生し、せん断(及び2枚のパネルの離間)に抵抗する。試験体は載荷を安定させるために3つの試験片から構成し、中央のCLTパネルと左右のCLTパネルの間に1個ずつ接合部を設置した左右対称形とした。図-2に示すせん断力を受ける接合部分を取り出した要素試験体に対し2面せん断試験を実施した。接合部の耐力はその1に示す引張耐力Tと接合部角度θを用いて以下の式より推定した。

$$\text{接合部耐力 } R = 2 \times T \times \cos \theta \quad (1)$$

本実験のパラメータはその1の引張性能評価試験を参考に、埋込長さLn[mm]、DP径φ[mm]、DPと強軸の接合部角θ[°]とし計7種類の試験体を作製した。試験体名は(DP径)-(接合角度)-(埋込長さ)の組み合わせで表記する。試験体の諸元を表-1に示す。本実験に用いた加力装置を図-3に示す。加力は外側の試験片を加力フレームに固定し、上下のジャッキ(1000kN)2本を用いて中央の試験片を挟み込み試験片を上下に押し引きすることで接合部にせん断力を加えた。載荷方法は正負交番繰り返し載荷とし加力スケジュールは図-4に基づき行い、その後押し切りとした。鉛直下向きを正方向とし、この際負加力時にはパネル間に目開きの発生が想定されるが、それを抑制するための治具は設けずに接合部にせん断力と離間力が同時に作用する際の性状を確認するものとした。

CLTパネルへの穴あけ加工を手作業で行ったために穴位置の精度に問題があり、一番初めに載荷した40-045-L150試験体ではDPと木材孔の間隙による初期スリップを示したため、その他の試験体ではエポキシ系接着剤を間隙に充填し載荷を行った。

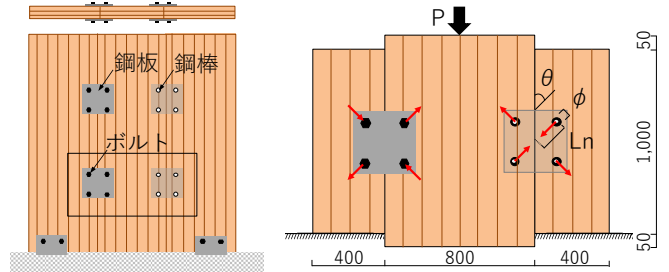


図-1 提案する工法

図-2 接合部要素試験体図

表-1 接合部試験体諸元

試験体名	材種	パネル厚 [mm]	DP径 φ [mm]	接合部角 θ [°]	埋込長さ Ln [mm]	Ln/φ	
40-θ30-L150	CLT(スギ) Mx60-5-5	150	40	30	150	3.8	
40-θ45-L150				45			
40-θ60-L150				60			
40-θ45-L100			75	100	45	30	2.5
40-θ45-L75						20	1.9
30-θ45-L75					30	2.5	
20-θ45-L75					20	3.8	

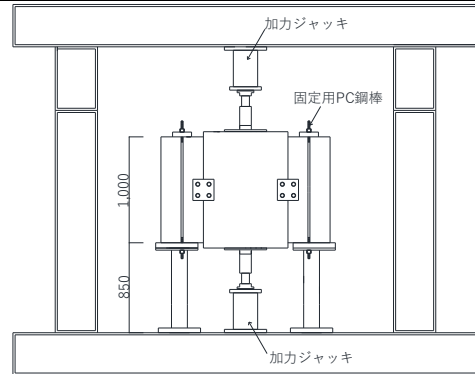


図-3 加力装置

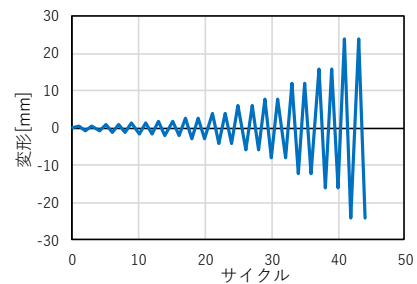


図-4 加力スケジュール

3. 実験結果

3.1 包絡線の比較及び破壊性状

各試験体の荷重-変形関係を図-5に示す。また、本試験で確認された破壊性状を写真-1に示す。40-045-L75、30-045-L75、40-045-L100試験体ではDPの木材へのめり込み

は小程度であり、DP 間を結ぶ木材の繊維方向に沿った割裂破壊により耐力が低下した（写真-1：上）。その他の試験体ではめり込み破壊の卓越により靱性に富んだ破壊性状を示しており、DP に応力が作用しパネルにめり込んでいることが分かった（写真-1：下）。また、前者は荷重-変形関係の負側において負側の最大耐力が正側に比べ小さくなっており、せん断力と離間力が同時に作用している影響によるものだと考えられる。一方、 Ln/ϕ が大きい後者においては荷重-変形関係の正負両側において同程度の最大耐力とグラフ性状を示している。これより、 Ln/ϕ を大きくする事でせん断力と離間力が同時に作用してもせん断力に対する抵抗を十分に発揮させる事が可能であると言える。

3.2 各種特性値の比較

各試験体における特性値の一覧を表-2 に示す。各特性値は CLT パネル工法告示に従い、復元力特性を 2 折れ線にモデル化して算出した。

<DP 径 ϕ の影響：045-L75 試験体の比較>

包絡線の比較を図-4 に示す。これより、DP 径が大きくなるほど応力の負担面積も大きくなるため最大耐力及び剛性が向上する傾向を確認した。一方 DP 径が小さくなるとめり込み破壊型の性状となり、剛性は低下するもの塑性率が大きくなり靱性に富む傾向がある。

<接合部角 θ の影響：045-L150 試験体の比較>

包絡線の比較を図-4 に示す。これより、接合部角 θ を小さくすることで、荷重に関する特性値 (P_{max} , P_y , P_u , K) が向上する傾向を示している。また、その上昇率は三角比 $\cos \theta$ により概ね推定可能である。

<埋込長さ Ln の影響：40-045 試験体>

包絡線の比較を図-4 に示す。これより、埋込長さ Ln を大きくすることで、めり込み破壊が卓越し靱性が向上する傾向を確認した。40-045-L100 試験体と 40-045-L150 試験体を比較すると、両者とも最大耐力は同程度であるが後者の方が塑性率大きかった。

また、式(1)とその1の引張試験により得られた平均最大応力度を用いた接合部耐力の推定値と実験値の比較を図-6 に示す。多少の差異はあるものの最大耐力を概ね推定できることを確認した。

4. まとめ

本報のまとめは本稿その3に併せて示す。

表-2 特性値

試験体名	最大荷重	δu 時荷重	降伏耐力	終局耐力	2/3Pmax	終局変位	降伏変位	初期剛性	降伏点変位	塑性率 $\mu = \delta u / \delta v$
	P_{max} kN	0.8Pmax kN	P_y kN	P_u kN	kN	δu mm	δy mm	K kN/mm	δv mm	
40- θ 30-L150	549.3	439.4	303.9	505.3	366.2	40.7	3.2	95.5	5.3	7.7
40- θ 45-L150	373.8	299.0	273.3	360.2	249.2	51.0	7.4	37.0	9.7	5.2
40- θ 60-L150	255.1	204.1	139.5	245.2	170.1	50.2	4.1	34.4	7.1	7.0
40- θ 45-L100	381.9	305.5	306.9	381.2	254.6	16.4	6.7	46.0	8.3	2.0
40- θ 45-L75	285.8	228.6	162.0	266.3	190.5	12.1	1.9	85.3	3.1	3.9
30- θ 45-L75	260.0	208.0	153.8	241.3	173.3	22.3	3.2	47.8	5.0	4.4
20- θ 45-L75	193.9	155.1	110.8	181.9	129.3	50.3	6.7	16.6	10.9	4.6

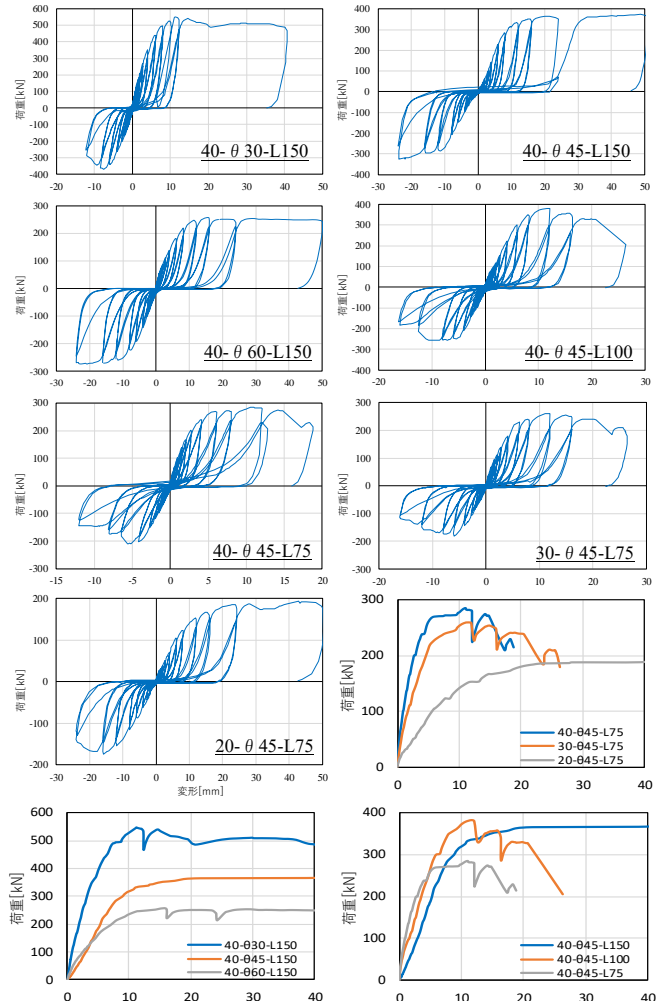


図-5 荷重-変形関係及び各包絡線の比較

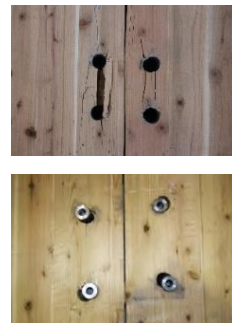


写真-1 破壊状況

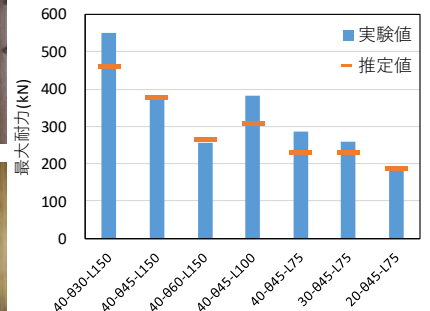


図-6 推定値と実験値の比較

*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程

*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 教授 博士 (工学)

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

*2 Shimizu Corporation, Master. Eng.

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