

CLT 壁と鉄骨梁によるハイブリッド構造システムの開発
その3 実験結果と壁脚部の曲げ性能の評価

CLT 鉄骨架構 ハイブリッド構造
構造性能 静的載荷実験 ボルト接合

正会員 ○峯岸 新*1 正会員 津田 和輝*1
同 Ahmad Ghazi Aljuhmani*2 同 厚澤 瑛人*3
同 後藤 豊*4 同 前田 匡樹*5

1. はじめに

本報では、その2の実験計画に基づいて行った3体の試験体の実験結果を示し、構造性能を比較する。また、その1で示した提案した接合部の耐力・剛性の評価方法による計算値と実験値の比較を行う。最後に従来の接合部と比較し本研究で提案した接合部の優位性を検討する。

2. 実験結果

2.1 荷重-変形角関係と破壊性状

各試験体の層せん断力-層間変形角関係と破壊性状を図-1に示す。

CLTパネル1枚の試験体SSBでは、層間変形角1/100rad時に鋼板側の1層目のラミナが端抜け破壊した。その後、剛性の低下が見れたが、耐力が上昇し続け、層間変形角5%時に鉄骨梁が曲げ降伏したため加力を終了した。以上の結果、パネルの平均せん断強度は $\tau=0.84\text{MPa}$ に達した。

CLTパネル2枚の試験体SCBでは、層間変形角1/75rad時に、試験体SSBと同様に、1層目のラミナが端抜け破壊し、その後も耐力上昇が見られた。層間変形角5%付近で、パネル間のCLT脚部に引張破壊が生じた。最大耐力はパネル単体の試験体SSBの概ね2倍となった。

接合部にビスを用いた試験体SSSでは、層間変形角1/33rad時に引張脚部のビス2本が破断し、剛性・耐力が低下した。その後、層間変形角3.7%時に上下の引張接合部でビスが破断したため加力を終了した。引張接合部では、めり込み降伏や端抜け破壊が混在していた。最大耐力はSSBよりも低かった。

2.2 特性値

実験結果により得られた各試験体の特性値を表-1に示す。SSBとSCBを比較すると、SCBの特性値はSSBのそれより概ね2倍で連続壁による効果は見られない(図-2)。これは、連続壁2枚はボルト孔のガタにより各々バラバラに挙動したためだと考えられる。一方、SSBとSSSを比較すると、ボルトの方が優れた構造性能となっている。

2.3 脚部の曲げ挙動に対する中立軸位置

試験体SSBについて、図-4に示す応力状態を仮定し、中立軸の結果から算出した応力中心間距離jを表-2に示す。以上の結果、応力中心間距離jを0.8Dで評価する妥当性が確認された。

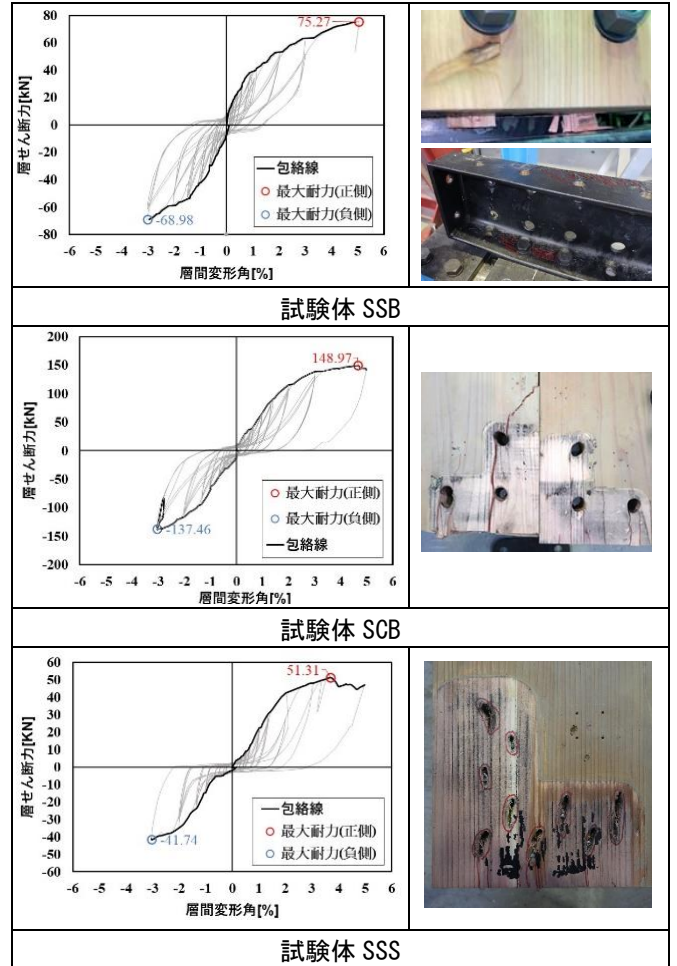


図-1 各試験体の層せん断力-層間変形角関係と破壊性状

表-1 特性値一覧

試験体名	方向	最大耐力	降伏耐力	終局耐力	2/3Pmax	1/120耐力	初期剛性	塑性率 $\mu = \delta u / \delta v$	(0.2/Ds)Pu	壁倍率
		kN	kN	kN	kN	kN	kN/mm			
ボルト	正	75.3	40.6	65.6	50.2	37.4	1.4	2.7	27.7	14.1
連続壁	正	149.0	97.1	140.2	99.3	55.9	2.4	2.2	52.2	13.3
ビス	正	51.3	37.7	46.1	34.2	37.4	0.8	2.3	17.9	9.1

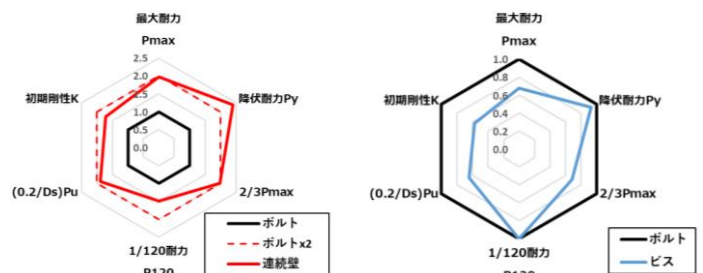


図-2 連続壁の効果

図-3 ボルトとビスの違い

3. 計算値との比較

3.1 引張力-浮き上がり量関係

降伏耐力 P_y の計算値と実験値の比較を図-5 に示す。破壊性状は、想定していためり込み強度ではなく、端抜け強度で決まった。この原因は、その1で示した通り、端抜け耐力を求める際、CLT の全厚さ t を用いて算出したが、実験での破壊性状に基づくと、ラミナ1層分 ($t/3$) で最初の破壊が起きるため(図-6)、有効厚さ $t/3$ として再度計算したところ、実験値と概ね一致した。

一方、初期剛性 K_t について、弾性床上の梁の曲げ理論¹⁾により算出した結果、剛性は概ね一致した。弾性床上の梁の曲げ理論はボルトが木部にめり込む際に有効な剛性の算出方法として知られている。1層目ラミナの端抜けが生じるまで、ボルトは CLT にめり込むので、概ね一致した結果となった。

3.2 脚部曲げモーメント-回転角関係

脚部曲げモーメント-回転角関係について、実験結果に基づき、第1折れ点はラミナ1層目の端抜けが生じたとき、第2折れ点は鉄骨梁が曲げ降伏したときとした。終局モーメント M_u は文献²⁾に従い次式で算出される。

$$\text{終局モーメント } M_u = \text{降伏強度 } F_y \times \text{塑性断面係数 } Z_p \quad (1)$$

また、回転角 θ_u を求める際、図-8 に示す通り圧縮縁基準強度時について考え、その1に従い中立軸を算出した。

以上の結果、脚部曲げモーメントの計算値と実験結果を図-7 に示す。第1折れ点は概ね一致した。第2折れ点については、終局曲げモーメント M_u は、規格の材料強度を用いているため安全側の値となった。

4. 従来の接合部との比較

図-9 に本実験で得られた提案した接合部の引張耐力と同程度の耐力になるように従来の接合部を、文献³⁾に基づき設定し比較した。その結果、鋼板添え板ビス接合では、13本のビスを打つ必要があり、一方、引きボルト接合では、靱性確保のため5層5プライのCLTを設定しなければならないことがわかった。したがって、金物量や工数、施工難易度を抑えたまま、従来の接合部より高い強度が得られることがわかった。

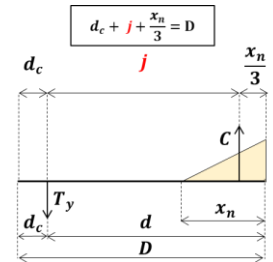
5. まとめ

本稿のまとめは本報その4に併せて示す。

【参考文献】

- 1) 一般社団法人 日本建築学会：木質構造設計基準・同解説-許容応力度・許容耐力設計法, 2018年
- 2) 一般社団法人 日本建築構造技術者協会(JSCA)：S 建築構造の設計, オーム社, 2018年
- 3) 日本CLT協会：CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル, 2016年

サイクル	中立軸	j	j/D
1/450	347.2	795.6	0.80
1/300	333.3	800.2	0.80
1/200	314.3	806.5	0.81
1/150	291.1	814.3	0.81
1/100	278.7	818.4	0.82
1/75	262.3	823.9	0.82
1/50	269.2	821.6	0.82
1/33	293.1	813.6	0.81



(左) 表-2 中立軸位置と応力中心間距離

(右) 図-4 中立軸と応力中心間距離 j の算出方法

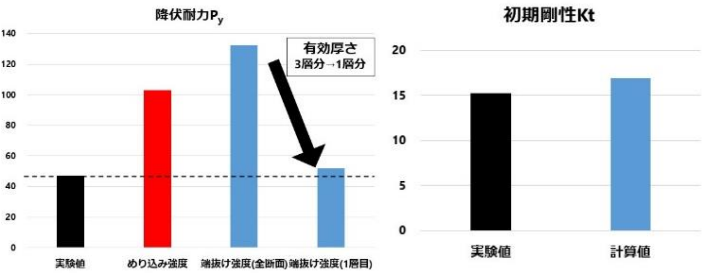
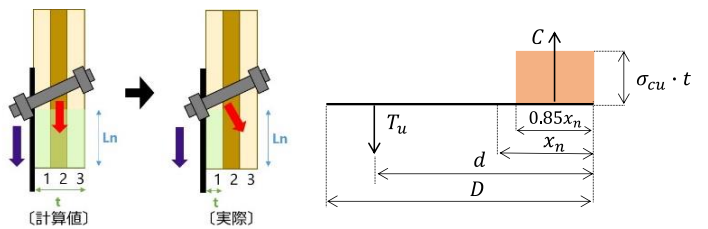


図-5 計算値と実験値の比較



(左) 図-6 破壊性状に基づく計算値の誤差

(右) 図-7 圧縮縁基準強度応力変形状態

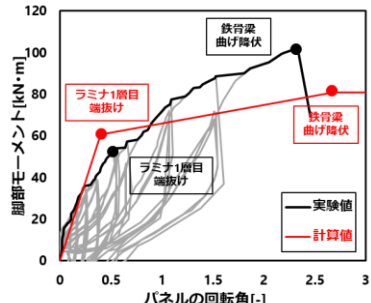


図-8 計算値と実験値の比較

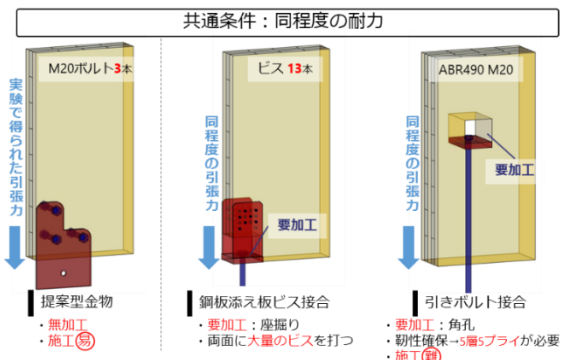


図-9 同耐力での従来型接合部との比較

- *1 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期
- *2 東北大学大学院工学研究科 博士課程後期
- *3 大成建設技術研究所
- *4 チャルマース工科大学 研究員
- 東北大学大学院工学研究科 客員助教 博士 (工学)
- *5 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 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku Univ.
- *3 Taisei Corporation
- *4 Research Fellow, Chalmers Univ. of Technology
- Visiting Asst. Prof., Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.
- *5 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku Univ., Ph.D.