

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2 CLT 壁水平加力試験の計画

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

1. はじめに

本稿(その2)では、本報その1で示したハイブリッド構造システムの提案接合部を用いた CLT 壁水平加力実験について、実験計画及び CLT の材料試験の結果を示す。

2. 実験計画

2.1 試験体概要

提案するハイブリッド構造システムの壁の構造性能を調べるため、壁の静的載荷実験を計画した。試験体は、**図1(a)**に示すようにCLTパネルとその上下に緊結した鉄骨梁(溝形鋼)であり、ボルト接合による単体壁をSSB、ボルト接合による2枚のCLTパネルの連続壁をSCB、ボルトの代わりにビスで接合した単体壁をSSSと呼ぶ。各試験体のパラメータを**表1**に、ビスSTS C65の特性値を**表2**に示す。接合部詳細を**図1(b)**に示す。CLTパネルと鉄骨梁は、CLTパネル四隅に配した鋼板(t=9mm)を介して緊結した。CLTパネルと鋼板は、SSB・SCBについては、高力ボルトF10T(M20)3本を木のめり込みが生じるまで締め付け、SSSについては、ビスSTS C65 9本によって緊結した。ボルトの配置については、遠藤ら³⁾の研究に基づき、はしあき距離 L_n とボルト径 Φ の比率(L_n/Φ)を3.5 ($L_n = 70mm$)とすることで、比較的靱性のあるめり込み破壊となるように設計し、ボルト同士の間隔は100mmで配置した。ビスの配置については、「CLTを用いた建築物の設計施工マニュアル²⁾」により、ビス間隔60mm以上、ビス列間隔25mm以上、木口からの間隔50mm以上の千鳥配置として、ボルト接合と同一形状の鋼板の中で、ビスの本数が最大となるような配置とした。鉄骨梁と鋼板は、溝形鋼のウェブ面に高力ボルトF10T(M24)で緊結した。CLTは、宮城県産スギ材(幅はぎ接着あり)のラミナ厚30mm・Mx60-3-3で、寸法2400mm×1000mmのパネルを使用した。密度0.40g/cm³、含水率13.4%である。鉄骨梁は、溝形鋼[-200×90×8×13.5(L=2000mm)]を使用した。

2.2 加力計画

図2に加力装置図を示す。試験体上部鉄骨梁端部の両側にワイヤーロープを取り付け、センターホールジャッキで正負交番繰り返し載荷を行った。試験体の面外方向へのねじれを抑制するために、左右のワイヤーロープに10kNの引張力をかけて初期状態とし、載荷を開始した。

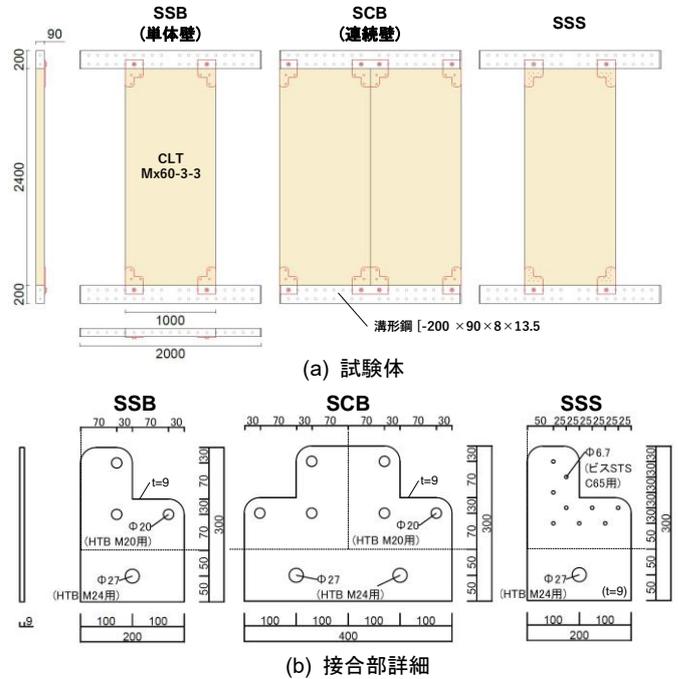


図1 試験体一覧

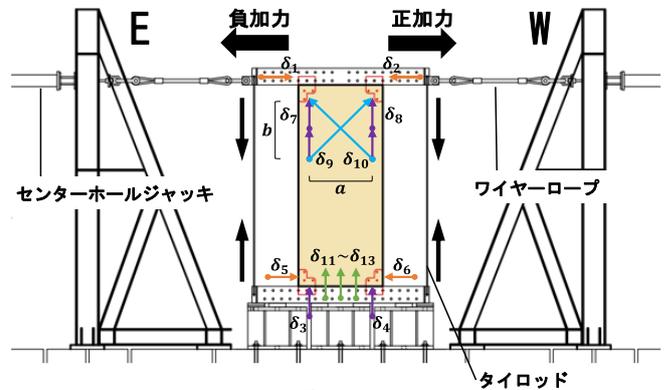


図2 加力装置・計測計画図

表1 パラメーター一覧

試験体名	パネル枚数	接合具規格	径 [mm]	本数
SSB (単体壁)	1	ボルト (HTB,F10T)	20	3
SCB (連続壁)	2	ボルト (HTB,F10T)	20	3
SSS	1	ビス (STS C65)	6.5	9

表2 ビスの特性値^{1,2)}

ビスの規格	初期靱性 [kN/mm]	降伏耐力 $P_{0.2}$ [kN]	終局耐力 $P_{0.9}$ [kN]
STS C65	1.1	3	5.5

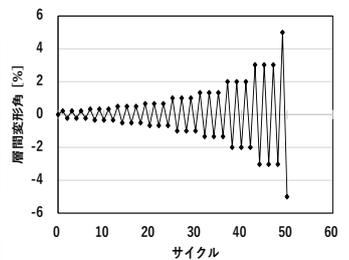


図3 加力スケジュール

加力スケジュールは、「JIS A 1414-2 建築用パネルの性能試験方法⁴⁾」に準拠し、図3のように設定した。また、本試験では、「木造軸組工法住宅の許容応力度設計⁵⁾」を参考に、上下の鉄骨梁端部をターンバックル付きタイロッド(計4本)で繋結することで壁パネルの浮き上がりを抑制した。初期張力として、各タイロッドに5kNずつ与え、引張力のみが働くような仕組みとした。

2.3 計測計画

荷重は、圧縮センターホールジャッキ型荷重計(200kN)、変位は、変位計(SDP-300D、CDP-100、CDP-50、=東京測器研究所)により計測した。図2に示した変位計により、全体変形 δ 、層間変形角 θ 、及び図4に示すCLTパネルのロッキング変形 δ_r ・スウェイ変形 δ_{sw} ・曲げ変形 δ_f ・せん断変形 δ_{sh} を計測し、それぞれ以下の式(1)~(5)により算出した。

$$\theta = \text{ave}(\delta_1, \delta_2) / 2600 \quad (1)$$

$$\delta_r = (\delta_3 - \delta_4) / a \times 2400 \quad (2)$$

$$\delta_{sw} = \text{ave}(\delta_5, \delta_6) \quad (3)$$

$$\delta_f = \sum_i \frac{\delta_{7i} - \delta_{8i}}{a} \times \frac{b}{2} \quad (4)$$

$$\delta_{sh} = \sum_i \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2a} \times (\delta_{9i} + \delta_{10i}) \quad (5)$$

(ただし、 $a = b = 700$ とした)

また、タイロッドは、歪みゲージによって、歪みを計測し、式(6)により、軸力 N_r を算出した。

$$N_r = \varepsilon \times E \times A \quad (6)$$

$$\left(\begin{array}{l} \varepsilon : \text{ロッド歪み} \\ E : \text{ロッド弾性係数} (= 2.05 \times 105 \text{N/mm}^2) \\ A : \text{ロッド軸部断面積} (= 478.8 \text{mm}^2) \end{array} \right)$$

CLT壁脚部に生じる曲げモーメント M_{wb} は、系全体での曲げモーメント M_{total} からタイロッドによる付加モーメント M_r を引くことで、式(7)~(9)により算出した。

$$M_{wb} = M_{total} - M_r \quad (7)$$

$$M_{total} = Q \times H \quad (8)$$

$$M_r = (N_{rE} - N_{rW}) \times 1.025 \quad (9)$$

$$\left(\begin{array}{l} Q : \text{層せん断力}, H : \text{層間高さ} (= 2.6\text{m}) \\ N_{rE}, N_{rW} : \text{東側・西側のロッドの軸力} \end{array} \right)$$

また、図5に示すように、CLT壁脚部の提案した接合部に生じる見かけの引張力 T を壁脚部でのモーメントの釣合いを考え、式(10)により算出した。

$$T = M_{wb} / j - 0.5N \quad (10)$$

j : 応力中心間距離(=0.8W), W : 壁幅(=1m)

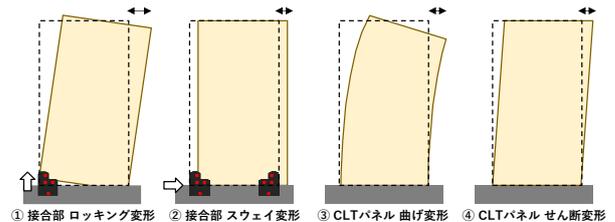


図4 計測した変位の分類

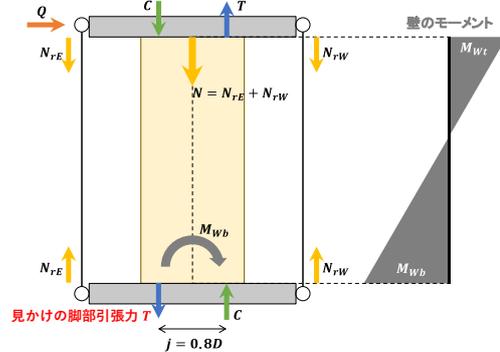


図5 見かけの脚部引張力の算出

表3 材料試験結果

試験法	繊維方向	平均値 [N/mm ²]	標準偏差	変動係数	5%下限値 [N/mm ²]
圧縮	強軸	23.2	2.88	0.12	21.5
	弱軸	11.7	0.15	0.01	11.5
めり込み	強軸	27.1	1.06	0.04	26.2
	弱軸	18.6	1.05	0.06	17.7
せん断	強軸	6.2	0.25	0.04	5.9
	弱軸	3.5	0.89	0.26	3.3

3. 材料試験

「構造用木材の強度試験マニュアル⁶⁾」に準拠し、本水平加力試験で用いたCLTパネルについて、圧縮・めり込み・せん断材料試験を実施した。試験結果を表3に示す。

4. 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】

- CLT 関連告示等解説書編集委員会：「CLT 関連告示等解説書」, 付録-参考例-構造計算例Ⅲ, 日本住宅・木材技術センター, 2016年6月
- CLT 設計施工マニュアル編集委員会：「CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」, 日本住宅・木材技術センター, 2016年10月
- 遠藤広大, 小笠原絢香, 前田匡樹：「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1~その3」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1 分冊, No.22343-22345, pp.685-690, 2019年7月
- JIS A 1414-2 「建築用パネルの性能試験方法-第2部：力学特性に関する試験 5.5 面内せん断試験」, 2010年
- 国土交通省国土技術政策総合研究所：「木造軸組工法住宅の許容応力度設計 4.3 鉛直構面及び水平構面の剛性と許容せん断耐力を算定するための試験」, 日本住宅・木材技術センター, 2017年3月
- 構造用木材の強度試験マニュアル作成委員会：「構造用木材の強度試験マニュアル」, 日本住宅・木材技術センター, 2011年3月

*1 東北大学大学院工学研究科 博士課程後期

*2 大成建設

*3 東北大学大学院工学研究科 博士課程前期

*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 Taisei Corporation

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

*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.