

ダボ形式による CLT パネルせん断接合部の構造性能に関する実験的研究

その3 静的増分解析による壁架構全体の構造性能評価

正会員 同 ○熊谷 太希\*1 同 遠藤 広大\*1  
前田 匡樹\*2

CLT せん断接合部      ダボ接合 静的増分解析      鋼板添え板ビス接合 構造計算モデル

1. はじめに

その3では静的増分解析による CLT パネル架構全体の構造性能評価を示す。接合形式の違いをパラメータとして従来型接合工法または提案型ダボ接合工法を用いた壁架構の構造性能がどのように変わるかを検討した。

2. 検討モデルの概要

2.1. CLT 壁架構のモデル化

その2よりダボ接合部は、従来型の鋼板添え板ビス接合に比べて高い剛性と耐力を保持していることが分かった。図-1に示すように対象建物の CLT パネルによる壁架構を梁要素、せん断パネル及びバネ要素によって構成された構造計算フレームモデルにモデル化し、接合形式の違いをパラメータとする静的増分解析を通して、従来型の鋼板添え板ビス接合と提案型のダボ接合による、フレーム全体の構造性能の比較・検討を行う。

解析は SNAPver7 を用いて CLT 関連告示等解説書<sup>1)</sup>にて構造計算ルート3で要求されている解析手法に基づき行った。壁パネルは弾性体として袖壁を壁エレメントで置換し、袖壁と垂れ壁の接合部分をせん断パネルに、また垂れ壁部分を梁要素及び剛要素に置換する。接合部は支圧・めり込みを考慮した圧縮バネ、引きボルトに対応する引張バネ、せん断接合部に対応したせん断バネによりモデル化する。バネ要素の復元力特性は非線形として、接合部でのみ剛性低減を考える。

2.2. 各バネの復元力特性

2.2.1. 支圧・めり込みによる圧縮バネ

圧縮バネは CLT パネルの支圧・めり込みを考慮し、CLT 解説書に従って以下の関係式から求める。求めた復元力特性を表-1、図-2に示す。

壁-基礎  $P_y = F_c \cdot Ae$ ,  $k_1 = ke \cdot Ae$ ,  $k_2 = 0$  (式-1)

壁-床  $P_y = F_{cv} \cdot Ae$ ,  $k_1 = \frac{E_{90} \cdot Ae}{Z_0}$ ,  $k_2 = k_1/8$  (式-2)

壁-垂れ壁  $P_y = F_{cv} \cdot Ae$ ,  $k_1 = \frac{1.5E_{90} \cdot Ae}{Z_0}$ ,  $k_2 = k_1/8$  (式-3)

$F_c$ : 壁パネル圧縮強度

$Ae$ : 有効面積 (壁パネル厚さ× $d/4$ )

$d$ : 引張接合部から壁パネル圧縮縁までの距離

$ke$ : 壁パネルの支圧剛性 (=15.6N/mm<sup>3</sup>)

$F_{cv}$ : 土台または床パネルのめり込み規準強度 (スギは6.0N/mm<sup>2</sup>)

$E_{90}$ : 土台または床パネルの繊維直交方向のヤング係数 (繊維平行方向のヤング係数の1/30)

$Z_0$ : 土台または床パネルの厚さ

2.2.2. アンカーボルトによる引張バネ

引張バネは引きボルトに対応する軸バネであり、CLT 関連告示等解説書<sup>1)</sup>に従って求める。解析モデルでは対象建物と同様に、壁脚部での曲げ降伏を先行させるため、壁-基礎間で

M16(ABR490)、また壁-垂れ壁間で M20(ABR490)を用いている。アンカーボルトの初期剛性は CLT パネルによる面圧と引張を考慮して以下の式で求める。表-2に初期剛性  $K_0$ 、表-3、図-3に復元力特性を示す。

$$\frac{1}{K_0} = \frac{1}{K_{CT}} + \frac{1}{K_B} \quad (式-4)$$

$K_{CT}$ : 木材の面圧と引張による初期剛性  
 $K_B$ : ボルトの引張による初期剛性

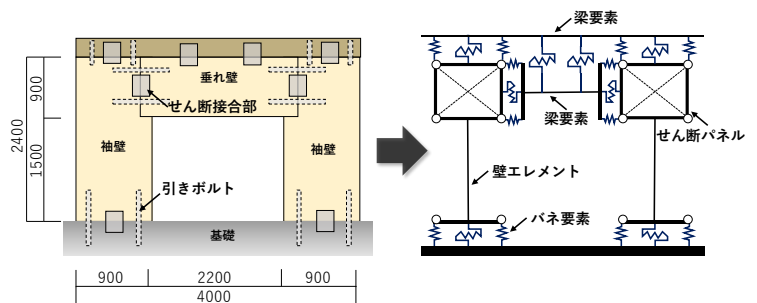


図-1 構造計算モデル

表-1 圧縮バネ復元力特性

	Dw	tw	dc	d	Ae	Fc	ke	R	k1	Py		
壁-基礎	900	150	135	765	28688	8.1	15.6	0.71	222.7	163.9		
	Dw	tw	dc	d	Ae	Fcv	E90	Zo	R	k1	Py	k2
床-壁	900	150	135	765	28688	6	200	150	0.71	19.0	121.4	2.4
	H	tw	dc	d	Ae	Fcv	E90	Zo	R	k1	Py	k2
壁-壁	900	150	135	765	28688	6	200	150	0.71	38.3	172.1	4.8

表-2 引張バネ初期剛性

	名称	長さ	Kct	Eb	Abe	nb	Kb	Ko
			kN/mm	kN/mm	mm <sup>2</sup>	本	kN/mm	kN/mm
壁-基礎	M16(ABR490)	800	52.8	205	157	1	40.2	22.8
壁-垂れ壁	M20(ABR490)	400	52.8	205	245	1	125.6	37.2
床-壁	M20(ABR490)	475	52.8	205	245	1	105.7	35.2

表-3 引張バネ復元力特性

	名称	長さ	Ko	Py	Pu	幅Dw	線距離dc	d	調整係数R	K1	Py	Pu
			kN/mm	kN	kN	mm	mm	mm		kN/mm	kN	kN
壁-基礎	M16(ABR490)	800	22.8	51.0	59.3	900	135	765	0.71	11.4	36.0	41.9
壁-壁	M20(ABR490)	400	37.2	79.6	93.0	900	135	765	0.71	18.5	56.2	65.6
壁-壁	M20(ABR490)	475	35.2	79.6	93.0	900	135	765	0.71	17.5	56.2	65.6

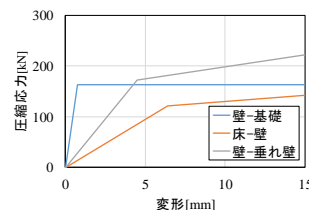


図-2 圧縮バネ復元力特性

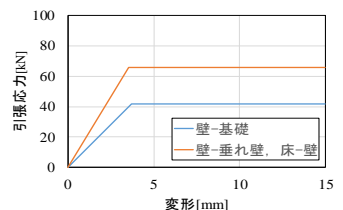


図-3 引張バネ復元力特性

### 2.2.3. 従来型せん断接合によるせん断バネ

従来型ビス接合に対応するせん断バネはトリリニアモデルとして復元力特性を与える。比較対象とする接合部は CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル<sup>4)</sup>に記載された構造設計ルート1に対応したクロスマーク金物を用いた接合部であり、壁-基礎間に U 型金物、壁-垂れ壁間に平型金物、壁-床間に L 型金物を使用することとする。接合金物を図-4 に、復元力特性を表-4、図-5 に示す。

### 2.2.4. 提案型ダボ接合によるせん断バネ

提案型ダボ接合に対応するせん断バネは従来型と同様にトリリニアモデルとして復元力特性を与える。対象建物と同様に、壁-基礎間にダボ金物、壁-垂れ壁間に角木ダボを用いている。壁-床間には L 型金物を使用することとする。復元力特性はその2で示した結果を用いており、図-5 に示す。

## 3. 各フレームの構造性能の比較

図-6 に各モデルの静的増分解析による荷重-変位関係を示す。従来型接合のフレームに対してダボ接合を用いたフレームは約 1.7 倍の保有水平耐力を持っていた。図-7 に安全限界 (R=1/30) 時のヒンジ発生図と破壊メカニズム図を示す。従来型接合のフレームは壁-基礎接合部の U 型金物がせん断降伏し、水平方向の剛性が著しく低下しているが、壁-基礎接合部のダボ金物は安全限界時にも降伏せず、壁脚の ABR が先行降伏し、壁脚部のロッキング挙動により曲げ降伏型の崩壊機構を形成し、高い変形能力を持っていることが分かった。

## 4. まとめ

CLT ダボ接合部の要素実験および静的増分解析による従来型との比較を行い、以下の知見を得た。

- 1) 本実験で得られた、ダボ形式による CLT 壁-RC 基礎接合部と CLT 壁-CLT 垂れ接合部の短期基準せん断強度は、構造計算ルート1におけるせん断接合部の要求性能をそれぞれ上回り、十分なせん断強度を確保した。
  - 2) 静的増分解析より、従来型に比べてダボ接合用いたフレームは壁脚引張接合部を先行降伏させるため、CLT 壁架構が塑性後の高い靱性を持つことが分かった。
- 今後は「CLT モデル施設東北大学セミナールーム」に設置される地震計の計測データを用いた解析や多層 CLT 建物の性能試験などを通して CLT ダボ接合部の構造特性をさらに明らかにし、効果的に大規模木造の設計に適應させることが課題である。

### 【参考文献】

- 1) 公益社団法人 日本住宅・木材技術センター：「2016 年公布・施行 CLT 関連告示等解説書」，2016 年
- 2) 青木和巳 ほか：「嵌合式接合を用いた大断面木質パネル工法の開発 その4：CLT 耐力壁の水平加力実験結果の検討と耐力評価」，日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.593-594，2017 年 8 月
- 3) 宮城県 CLT 等普及推進協議会：CLT モデル施設実証棟「東北大学セミナールーム」パンフレット
- 4) 公益社団法人 日本住宅・木材技術センター：「2016 年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」，2016 年

### 【謝辞】

本研究は、宮城県 CLT 等普及推進協議会の 2016 年度及び 2017 年度事業として実施された東北大学建築 CLT モデル実証棟の建設事業の一部として行ったもので、設計・施工 TF の委員各位からは指導や助言を、協議会からは助成を頂いた。ここに記して関係各位に謝意を表す。

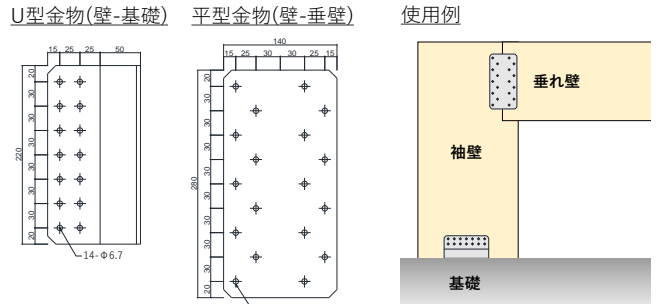


図-4 鋼板添え板ビス接合

表-4 せん断バネ復元力特性

		降伏耐力	終局耐力	降伏変位	終局変位	初期剛性	降伏点変位	塑性率
		$P_y$	$P_u$	$\delta_y$	$\delta_u$	$K$	$\delta_v$	$\mu = \delta_u / \delta_v$
		kN	kN	mm	mm	kN/mm	mm	
壁-基礎	従来	47	82.7	5.8	13.8	8.1	12.3	1.1
	ダボ	96.4	201.7	1.6	6.3	103.1	2.2	2.9
壁-垂れ壁	従来	52.0	109.5	2.6	20.7	20.0	7.1	2.9
	ダボ	80.0	183.6	2.1	8.2	103.9	2.6	3.3

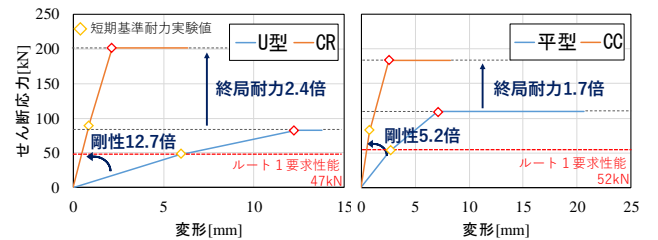


図-5 せん断バネ復元力特性

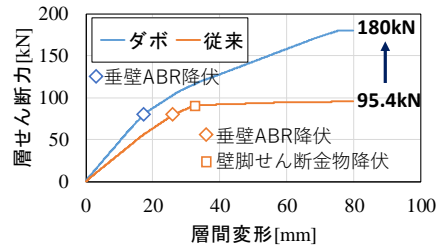


図-6 静的増分解析結果

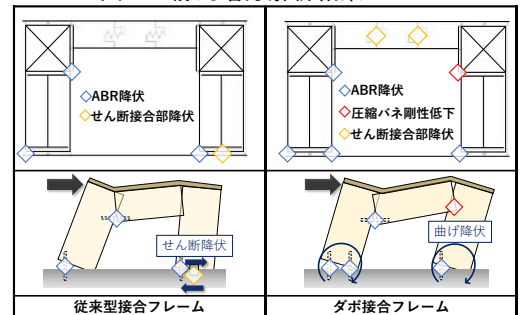


図-7 ヒンジ発生図と破壊メカニズム図

\*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程  
\*2 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 University  
\*2 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.