

鋼製薄板による既存木造住宅の外付耐震補強工法の開発  
その15 モルタル仕上を含むビス接合部の一面せん断実験

準会員 ○小花瑠香\*1 正会員 高木次郎\*2  
同 安田裕俊\*3

木造住宅 耐震補強 鋼製薄板  
一面せん断試験 モルタル仕上壁 ビス接合部

1. はじめに

既存木造住宅の外壁が、モルタル仕上の場合のビス接合部のせん断耐力と剛性の評価を目的とした一面せん断試験を行う。前報(その10)の補強壁水平耐力試験(試験体B)では、モルタルと架構の間の相対変位によりビスの曲げ降伏が観察された。従って、ビス接合部の耐力と剛性が壁耐力に与える影響は大きいと考えられ、本研究では同相対変位に対するビスのせん断耐力を評価する。そして、補強壁の解析モデルに用いるビス接合部ばねの復元力特性を得る。

2. ビス接合部一面せん断実験

2.1. 実験概要

実験概要図を図1に示す。105mm角の柱(スギ)に幅300mm、高さ90mm、厚さ13mmの木摺り(スギ)を110mm間隔で20の隙間を設けて、N50釘を2本用いて固定した。アスファルトフェルト、平ラスを脚長10mmのタッカー釘で120mm間隔で木摺りに固定し、平ラスの上から表1の配合のモルタルを施工した。補強壁水平耐力試験同様、セメントに対する砂セメント比と水セメント比をそれぞれ、上塗りには2.4と41.7%、下塗りには3.3と51.6%とした。モルタルの塗厚は下塗り8mm、上塗り12mmである。下塗りの翌日に上塗りし、その後約4週間養生した。養生後、モルタルの上からブチルゴム防水両面テープでゴムスペーサーを定着させ、ゴムスペーサーの上から鋼製薄板を設置した。鋼製薄板の上から振動ドリルでモルタルまで貫通するように下孔を設け、ドリルビス(φ6mm×115mm)で固定した。試験体下部は鋼製薄板・モルタル・木摺り・柱の間に相対変位が生じないように固定し、引張試験機を用いて試験体下部を鉛直下方向(柱の繊維方向)に単調載荷した。モルタルと柱の変位を不動点である試験機上部からそれぞれ左右両側2箇所ずつで計測し(図1中の①と②)、モルタルと柱の相対変位と荷重の関係を得た。試験体は6体とした。

2.2. 降伏モードの推定

「木質構造接合部設計マニュアル<sup>4)</sup>」に準拠して、ビス接合部の降伏モードを推定する。考えられる降伏モードは、「a. 木材(柱)のめり込み降伏」、「b. モルタルのめり込み降伏」、「c. ビスの曲げ降伏」とそれらの組合せの6種類である(図2)。推定にあたり、材料間の静止摩擦係数μを0.3、モルタルとスギ材のヤング係数比より、モルタルの面圧定数をスギ材繊維方向の面圧定数の3倍と仮定した。モルタルの圧縮強度を16N/mm<sup>2</sup>とし<sup>2)</sup>、「鉄筋コンクリー

ト構造計算規準・同解説<sup>5)</sup>」に準拠してモルタルの面圧強度を算出した。ビスの軸力は不明だが、下式の基準終局引抜耐力 $P_w$ <sup>6)</sup>と仮定した。

$$P_w = 38.1 \cdot r_0^{1.5} \cdot d \cdot t_1$$

ここで、 $r_0$ はスギ材の比重、 $d$ はドリルビスの呼び径、 $t_1$ はドリルビスの有効打ち込み長さである。木材の繊維方向と繊維直交方向のそれぞれについて算出した耐力は、モード6(図2)のビスの曲げ降伏を伴う木材とモルタルのめり込み降伏で最低となった。諸元算出値を表3に示す。摩擦係数 $P_f=1.50kN$ 、降伏耐力 $P_y=1.05kN$ 、降伏変位 $\delta_y=0.49mm$ 、初期剛性 $K_s=2.15kN$ 、二次剛性 $K_{s2}=0.19kN$ 、最大耐力 $P_{max}=5.11kN$ 、最大耐力時の変位 $\delta_{max}=13.85mm$ である。これが実験載荷前の予測復元力特性である(図6)。

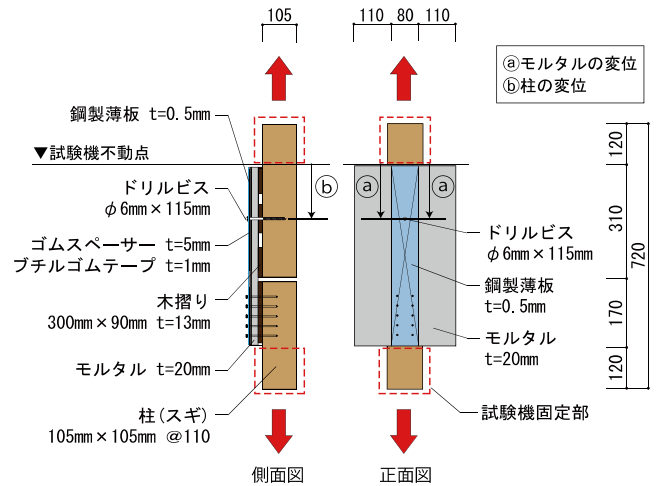


図1 実験概要図

表1 モルタルの配合

	セメント (kg)	砂 (kg)	水 (kg)	砂/セメント (容積比)	水セメント比 (%)
上塗り	9	21.6	3.753	2.4	41.7
下塗り	6	19.8	3.096	3.3	51.6

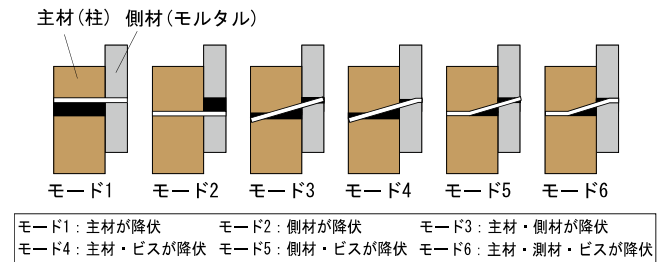


図2 ビスの降伏モード

### 2.3. モルタルの材料試験

JIS A1108 と A1113 に準拠してモルタルの材料試験を行った。試験体は直径 50mm, 高さ 100mm で圧縮試験と割裂引張試験を行った。上塗りと下塗りに用いたモルタルを試験毎に 3 体ずつ, 計 12 体とした。一面せん断実験の試験体同様, 約 4 週間養生した。試験結果より算出した圧縮強度  $F_c$ , 割裂引張強度  $F_t$ , およびヤング係数  $E$  の平均値を表 2 に示す。各値はそれぞれ, 上塗りと下塗りの順に  $F_c=34.0 \text{ N/mm}^2$  と  $24.5 \text{ N/mm}^2$ ,  $F_t=2.02 \text{ N/mm}^2$  と  $1.42 \text{ N/mm}^2$ ,  $E=20.5 \text{ kN/mm}^2$  と  $16.8 \text{ kN/mm}^2$  であった。

### 3. 実験結果と考察

実験結果の荷重-変位関係を図 6 に示す。縦軸は接合部 1 箇所あたりの負担せん断力であり, 横軸はモルタルの柱に対する相対変位 (=図 1 中の①と②の相対変位) である。6 体の試験体の測定結果は概ね一致した。載荷開始直後は摩擦力により, 相対変位がほぼゼロのまま耐力が約 1kN まで上昇した。その後, 変位の増大に伴い, 次第に剛性が低下した。この間, ビスにせん断力が作用してビスの曲げ降伏が発生したと考えられる。全ての試験体で, ビス接合部下部のモルタルが加力直交方向 (水平方向) に割裂 (図 4) して実験終了した。割裂時変位は 6-10mm で, この時に 5-6kN の最大耐力を確認した。モルタル割裂時の加力値は試験体のモルタル幅に依存するので, ここでの最大耐力は接合部の最大せん断耐力ではない。ただし, 図 6 の試験体 A, B, F で割裂前の変位 10mm 付近の剛性はほぼゼロであり, 試験体 D 以外で実験後のビスの塑性曲げ変形を確認していることから, ビスの曲げ降伏による最大耐力も概ね同値と考えられる。試験体 D では, ビスの曲げ降伏前にモルタルの割裂が発生した。全試験体の最大耐力の平均をモルタル断面積で除したモルタルの引張応力度は  $0.96 \text{ N/mm}^2$  であり, 圧縮強度の 1/30 であった。また, ビス接合部の降伏モードは, ビスの曲げ降伏を伴う木材とモルタルのめり込み降伏であり (図 5), 推定 (図 2 のモード 6) と一致した。

各試験体の実験結果をもとに, 「木質構造接合部設計マニュアル<sup>4)</sup>」に準拠して算出した諸元を表 3 に示す。ビスの曲げ降伏前にモルタルの割裂が発生した試験体 D を除いた平均値を用いてトリリニア型に近似し, 続編の耐震壁解析モデルの接合部せん断ばねモデル (図 6 の「解析用復元力特性」) とする。降伏耐力  $P_y=4.39 \text{ kN}$ ,  $\delta_y$ =降伏変位

2.29 mm, 最大耐力  $P_{max}=5.17 \text{ kN}$ , 最大耐力時の変位  $\delta_{max}=3.75 \text{ mm}$  である。予測復元力特性と比べて解析用復元力特性は, 初期剛性が低く, 最大耐力時変位が小さい。

### 4. まとめ

鋼製薄板による既存木造住宅の耐震補強工法におけるビス接合部のせん断耐力と剛性の評価を目的とした一面せん断試験を行った。降伏モードの推定を行い, 実験結果と整合して, ビスの曲げ降伏を伴う木材とモルタルのめり込み降伏であることを確認した。最大耐力は 5-6kN であった。これをもとに, 耐震壁の解析モデルに用いるビス接合部せん断ばねの復元力特性を得た。

参考文献は続編にまとめて示す。



図 3 実験の様子

図 4 割裂の様子

表 2 モルタルの材料試験結果

	上塗り	下塗り
圧縮強度 $F_c$ ( $\text{N/mm}^2$ )	34.0	24.5
割裂引張強度 $F_t$ ( $\text{N/mm}^2$ )	2.02	1.42
ヤング係数 $E$ ( $\text{kN/mm}^2$ )	20.5	16.8

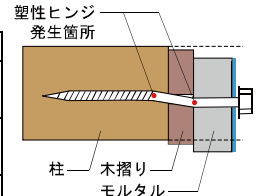


図 5 ビスの降伏

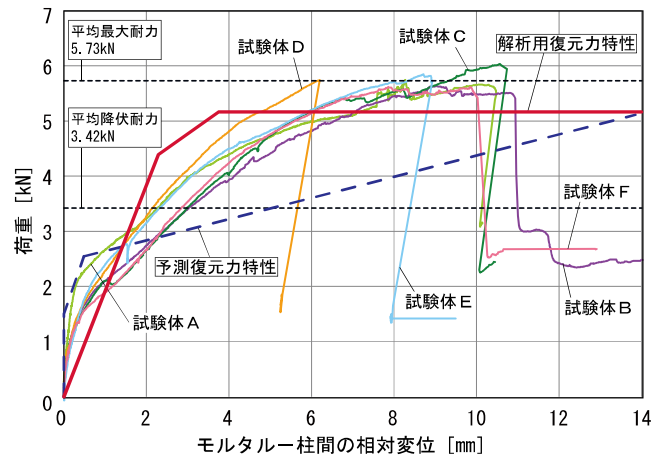


図 6 荷重-変位関係

表 3 予測と実験結果

項目	予測		実験結果						
	繊維方向加力	繊維直交方向加力	A	B	C	D	E	F	平均
摩擦力 (kN)	1.50	1.50							
降伏耐力 (kN)	1.05	0.88	3.02	2.98	4.30	3.32	3.17	3.72	3.42
降伏変位 (mm)	0.49	0.72	0.80	2.01	3.96	1.89	1.55	3.16	2.23
初期剛性 ( $\text{kN/mm}$ )	2.15	1.22	3.77	1.48	1.09	1.76	2.05	1.18	1.89
二次剛性 ( $\text{kN/mm}$ )	0.19	0.16	0.45	0.54	0.45	0.76	0.57	0.66	0.57
最大耐力 (kN)	5.11	5.08	5.66	5.51	6.03	5.74	5.82	5.60	5.73
最大荷重時の変位 (mm)	13.85	17.45	10.1	10.6	10.6	6.20	8.90	7.80	9.0
終局変位 (mm)			10.1	10.7	10.5	5.9	8.68	7.80	8.95
終局耐力 (kN)			4.68	4.97	5.78	5.09	4.93	5.47	5.15
降伏モード	6	6	6	5	6	6	6	6	

\*1 首都大学東京都環境学部建築都市コース 学部生  
 \*2 首都大学東京都環境学部建築都市コース 准教授・Ph D  
 \*3 旭化成建材株式会社 修士 (工学)

\*1 Undergraduate Student, Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ.  
 \*2 Associate Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Ph.D.  
 \*3 ASAHI KASEI Construction Materials Corporation