

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 14 モルタル仕上補強壁の実験結果比較考察

準会員 ○田中里奈*1 正会員 高木次郎*2
同 安田裕俊*3 同 大津達郎*4
同 遠藤俊貴*5

木造住宅 耐震補強 モルタル仕上壁
鋼製薄板 壁倍率 水平耐力

1. はじめに

本報では、前報（その 13）で述べた実大壁水平耐力試験の試験体 D-F の実験結果を示す。既往実験^{1,2)}の結果と前報の結果との比較検討によりモルタル強度と接合部数が耐力と剛性に与える影響について考察する。

2. 実験結果

既往実験^{1,2)}の試験体 A, B と前報の C に加えて、試験体 D, E, F の荷重-変形角関係の包絡曲線を図 1 に示す。縦軸は梁端部に加えた水平力 P, 横軸は真のせん断変形角 γ である。各試験体の損傷の様子を図 2, 3, 4 に示す。

試験体 D について、 $\gamma=0.50\%$ でモルタルの下辺左右に、 $\gamma=1.0\%$ で上辺左右にせん断ひび割れが発生した。その後荷重の増大に伴い、それらのひび割れは進展した。 $\gamma=1.5\%$ でモルタル中央部にせん断ひび割れが生じた（図 2）。その後、平ラース-アスファルトフェルト防水シート間でずれと剥離が顕著に見られた。しかし、加力終了までモルタルの完全な剥落は見られず、長ビスがモルタルの木架構からの剥落を防止した。試験体中央にせん断ひび割れが生じてからは同ひび割れは進展し、新しいひび割れも発生した。 $\gamma=7.50\%$ まで耐力は 10kN から 15kN の間で上昇と下降を繰り返した。ビスの曲げ降伏は全体的に顕著であり、モルタル-木摺り間の相対変位 δ （図 3）は最大 25mm 程度であった。

試験体 E について、 $\gamma=0.33\%$ の正加力時にモルタル右上部に曲げひび割れが発生した。 $\gamma=1.8\%$ で負方向加力時にモルタル下部にひび割れが発生した。その後、剛性が低下しつつ耐力は増加し、 $\gamma=3.3\%$ で試験体全体が偏心によ

り拗れる挙動を示した。その後、鋼板の全体座屈が確認され（図 6）、 $\gamma=5.0\%$ 付近でモルタル右上部にひび割れが確認された。その後、長ビスの曲げ変形、モルタルのせん断破壊、接合部周辺の鋼板の破断を伴いつつ耐力は増加し、 $\gamma=7.4\%$ で載荷器のストローク限界に達し、加力を終了した。

試験体 F について、 $\gamma=0.67\%$ でモルタルのロッキングが生じ、コンクリートビス $\phi 5.0 \times 3.2\text{mm}$ （以下、短ビス）による接合部周辺で木摺-平ラース間のずれと剥離が生じた。 $\gamma=1.0\%$ で右下部の長ビス接合部周辺の鋼板に引き裂きが観測された。その後、 $\gamma=2.0\%$ で梁、土台付近の長ビス接合部周辺のモルタルにひび割れが発生した。モルタル壁にせん断ひび割れは発生しなかった。 $\gamma=6.5\%$ でモルタル右下部の接合部周辺の鋼板が破断し、接合部が破壊した（図 8）。

試験体 D, E, F において、「木造の耐力壁及びその倍率性能試験・評価業務方法書³⁾」（以下、方法書）に準拠して算出した初期剛性 K, 降伏耐力 P_y , 終局耐力 P_u はそれぞれ

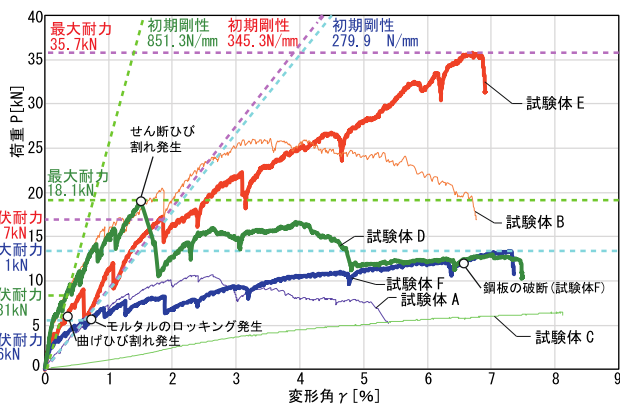


図 1 荷重変形角関係

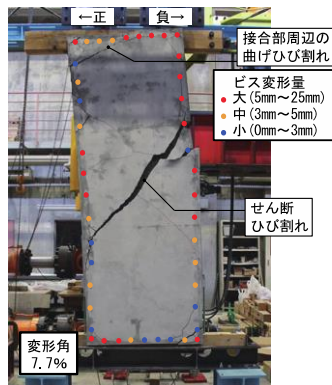


図 2 試験体 D の損傷の様子

性能試験・評価業務方法書³⁾」（以下、方法書）に準拠して算出した初期剛性 K, 降伏耐力 P_y , 終局耐力 P_u はそれぞれ

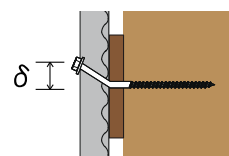


図 3 試験体 D のビス接合部断面

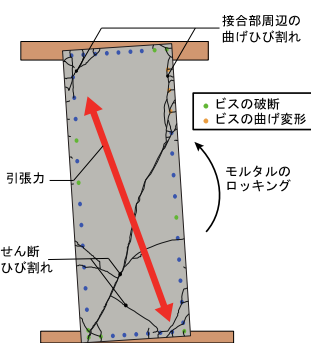


図 4 試験体 E のモルタルの損傷



図 5 試験体 E の変形の様子 ($\gamma=7.4\%$)

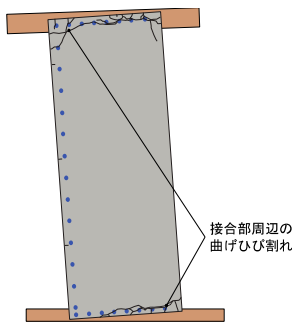


図6 試験体Fのモルタルの損傷



図7 試験体Fの変形の様子 ($\gamma=6.7\%$)



図8 試験体Fの鋼板の損傷

$K=851.28$, 345.3 , 279.9N/mm , $P_y=8.3$, 16.7 , 6.6kN , $P_u=14.9$, 27.1 , 10.1kN であり、壁倍率は 3.5 , 4.9 , 3.4 である。試験体 D・F は終局耐力、試験体 E は初期剛性によって決定された。

3. 実験結果の考察

実験より得られた試験体 D, E, F および前報で述べた試験体 A-C の構成概要と実験結果を表 1 に示す。また、全試験体の荷重-変形角関係の包絡曲線をそれぞれ図 1 に示す。

試験体 E は試験体 B に比べ、初期剛性は 47.6% 低下した。これはモルタルのヤング係数は昨年度実大壁実験と大差ないが、モルタルの水セメント比を大きくしたため割裂引張強度が低く、比較的小さい変形角でひび割れが入ったためと考えられる。また最大耐力は 37% 増加した。

これは鋼板の端部折半曲加工による断面形状の改良を行ったため、鋼板が破断することなく耐力が増加したと考えられる。ただし、 $\gamma=3.3\%$ で降面外拘束治具が外れる不備があり、定量的には評価できないが、その後の治具同士の摩擦による耐力増大が含まれる可能性がある。ただし、試験体 E の壁倍率は初期剛性によって決定されており、本実験不備は壁倍率には影響しない。

試験体 D の初期剛性は試験体 E, F に比べ高い。この原因として、ゴムスペーサーの有無によるビスの埋め込み

長さの違いやビス頭接触部の材料剛性の違いによる導入張力およびビス頭部の回転固定度の相異などが考えられる。試験体 F の耐力は試験体 E の耐力の約 50% である。これは、鋼板の片側の側辺を短ビスでモルタルに固定し、柱と接合していないことにより、柱頭と柱脚周辺のモルタルにひび割れが生じ、転倒モーメントに対する抵抗力が低下したためと考えられる。また、モルタル右下部の接合部周辺の鋼板が破断し接合部が破壊しており (図 8)、同部への応力集中が観察された。

試験体 A, C, D の壁倍率はそれぞれ 2.1 , 0.6 , 3.5 であり、壁倍率へのモルタルの寄与が鋼板の寄与よりも大きい。また、試験体 D は $\gamma=1.5\%$ でモルタルのせん断ひび割れ後、急激に耐力が低下しているのに対し、試験体 E は $\gamma=1.5\%$ で以降剛性は低下するものの耐力は低下していない。従って、鋼板がモルタルのひび割れ拡大を抑制し、張力場を形成することで、急激な耐力低下を抑制する効果があると考えられる。

4. まとめ

開発工法補強壁の構成を変化させた実大壁水平耐力試験により耐力への影響を評価した。

鋼板を設けない試験体 D では、変形角 2.5% 程度で最大耐力が 18.13kN であった。その後ひび割れの拡大を伴い耐力が低下した。モルタル強度をできるだけ低くして鋼板を 4 周長ビスで固定した試験体 E では、モルタルのひび割れにより剛性が低下しつつ耐力は増加した。最終的な崩壊形は長ビスの曲げ変形、モルタルのせん断破壊、接合部周辺の鋼板の破断であった。入隅部等で片側の側辺を長ビスで固定できないことを想定した試験体 F では、モルタルのロッキングが生じ短ビスによる接合部周辺で木摺-プラス間のずれと剥離が発生した。最終的な崩壊形は長ビス接合部周辺の鋼板の破断であり、モルタル壁はせん断変形せず、せん断力が集中した上下辺のモルタルにひび割れが集中した。方法書に準拠して算出した試験体 D, E, F の壁倍率はそれぞれ、 3.5 , 4.9 , 3.4 であった。また、鋼板の有無を実験変数とした実験*の比較により、鋼板がモルタルのひび割れ拡大を抑制し、張力場を形成することで、急激な耐力低下を抑制する効果を確認した。

参考文献と謝辞は続編でまとめて示す。

表 1 実験結果

項目	既往実験		本研究実験			
	A モルタル無 (木架構+鋼板)	B モルタル高強度 +4 周長ビス固定	C 木架構のみ	D モルタル低強度 +鋼板無	E モルタル低強度 +4 周長ビス固定	F モルタル低強度 +側辺短ビス
降伏耐力 (kN)	8.06	14.9	3.68	8.31	16.7	6.6
降伏変位 (mm)	2.77	6.28	2.93	0.36	1.78	0.87
初期剛性 (N/mm)	301.5	659.2	46.0	851.3	345.3	279.9
最大耐力 (kN)	10.70	26.10	6.47	18.13	35.73	13.45
最大荷重時の変位 (mm)	53.75	89.00	215.26	41.96	181.55	198.74
終局耐力 (kN)	9.96	23.2	5.35	14.86	27.1	10.1
終局変位 (mm)	2.77	6.28	6.67	1.69	6.67	6.67
塑性率	2.29	4.87	1.56	2.65	5.06	5.06
試験荷重 (kN)	3.77	13.73	1.13	6.16	8.83	6.08
壁倍率	2.1	7.6	0.6	3.5	4.9	3.4

*1 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 学部生
*2 首都大学東京都市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)
*4 首都大学東京都市環境科学研究科建築学域 大学院生
*5 EQSD 一級建築士事務所 博士 (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
*4 Graduate Student, Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ.
*5 EQSD Structural Consultants, Dr.Eng