

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10 既存モルタル仕上補強壁の水平耐力試験

正会員 ○安田裕俊*1 正会員 高木次郎*2
同 遠藤俊貴*3 同 大津達郎*1

木造住宅 耐震補強 モルタル仕上
鋼製薄板 壁倍率 水平耐力

1. はじめに

本報では、提案耐震補強工法を既存のモルタル仕上外壁に適用した場合の補強効果を水平耐力試験により確認する。前報のモルタル仕上を含まない実験（試験体 A）結果との比較検討によりモルタルの耐力の寄与について考察する。

2. 既往のモルタル壁実験

モルタル仕上は既存木架構との間に木摺りとラスがあるのが一般的であり、ラスはタッカー釘により木摺りに固定される。既往実験¹²⁾および地震被害¹³⁾では、タッカー釘の破断を伴うモルタルの剥落が報告されている。従って、モルタル仕上壁自体は高い面内剛性と耐力を有するが、耐震要素としての耐力評価は高くない。

提案工法ではモルタル仕上の外側から鋼製薄板をビスで固定するため、剥落防止が期待できる。従って、補強壁は鋼板とモルタルの両方が耐震要素として機能すると考えられる。

3. 補強壁の水平耐力試験

3.1 試験概要

前報同様の試験方法¹⁰⁾で補強壁の水平耐力試験を行った。試験体概要を図1に示す。木摺りの仕様は住宅金融支援機構の「木造住宅工事仕様書」¹⁴⁾に準拠し、断面寸法は14mm×90mm、柱への留め付けは20mmの目透かしを設けてN50釘を2本平打ちとした。木摺りの上からアスファルトフェルト・平ラスをタッカー釘（脚長10mm・@120）で固定し、その上からモルタルを施工した。モルタルの配合量を表1に示す。モルタルの配合量は既往のモルタル壁の実験¹²⁾と同様とし、塗厚は下塗り8.5mm、上塗り13.5mmとした。下塗りをした翌日に上塗りをし、その後1週間毎に散水し、1ヶ月間養生した。モルタルの上から防水両面プチルテープを用いてゴムスペーサーを定着させ、その上から鋼板をドリルビス（φ6.0×115mm）で固定した。鋼板の断面形状、ビスの打ち込み間隔は試験体Aと同様である。また、打ち込みの際はモルタルに下穴を設けた。柱脚部は1本の柱に対して両側から2つのホールダウン金物（50kN用）を留め付け、両ねじボルトで試験体下の治具と固定した。柱頭部は梁の引き抜けを防止するため、コーナー金物（15kN用）を用いた。載荷方法、荷

重測定方法、変位測定箇所、載荷スケジュールは、試験体Aと同様である。

3.2 モルタル材料試験

モルタルの材料特性を把握するため、直径50mm、高さ100mmの試験体で圧縮試験と割裂試験を行った。下塗りと上塗りに用いたモルタルを試験毎に3体ずつ計12体作製した。養生期間は壁に用いたモルタル同様1ヶ月である。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 $F_c=21.5$ と 10.1 N/mm²、 $F_t=1.21$ と 1.0 N/mm²、 $E=14.9$ と 11.6 N/mm²であった。上塗りと下塗りの圧縮強度差は、配合が異なるためである。

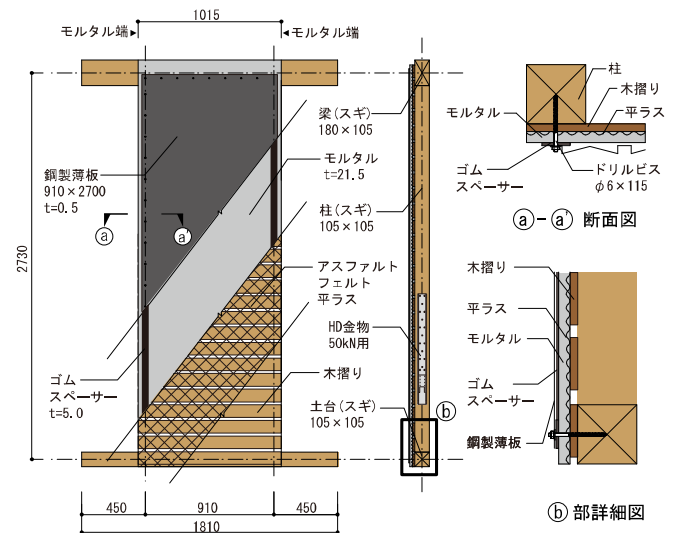


図1 試験体概要

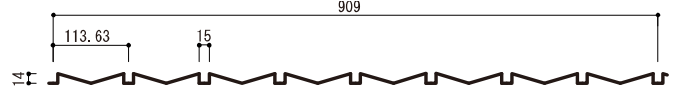


図2 鋼製薄板断面形状

表1 モルタルの配合量

	セメント (kg)	水 (kg)	砂 (kg)	砂/セメント (容積比)	水セメント比 (%)
上塗り	30	12.51	73.86	2.4	41.7
下塗り	20	10.32	67.7	3.3	51.6

密度は セメント：11.6g/cm³ 砂：11.9g/cm³ とした。

表2 モルタルの材料特性

	圧縮強度 (N/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
上塗り	21.5	1.21	14.9
下塗り	10.1	1.0	11.6

3.3 実験結果

実験より得られた正側の荷重-変形角関係の包絡曲線を図3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。また、試験後に確認した試験体の損傷の様子を図4に示す。 $\gamma=0.22\%$ でモルタル上部に曲げひび割れが発生した。その後、 $\gamma=0.5\%$ 付近でビス接合部周辺にひび割れが発生し、ひび割れの進展に伴い剛性が低下しつつ耐力は上昇した。また、 $\gamma=0.67\%$ で図5に示す鋼板のビス接合部近傍で局部座屈が発生した。 $\gamma=1.0\%$ 以降ではモルタルのロッキングが顕著に観察され、 $\gamma=3.3\%$ で最大耐力 $P_{max}=26.1\text{kN}$ に至った。その後、 $\gamma=3.5\%$ 付近で梁端部の治具固定用のボルト穴と右柱頂部ホゾの釘の間で割裂が発生した。 $\gamma=4.0\%$ 以降では、モルタルのせん断破壊、ビスの曲げ降伏、図5に示す位置のビス接合部における鋼板の引き裂きが複合的に発生し、耐力が低下した。試験体Aで見られた鋼板の全体座屈は確認されなかった。

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 $K=659.2\text{N/mm}$ 、 $P_y=14.9\text{kN}$ 、 $P_u=23.2\text{kN}$ となり、壁倍率は7.6である。

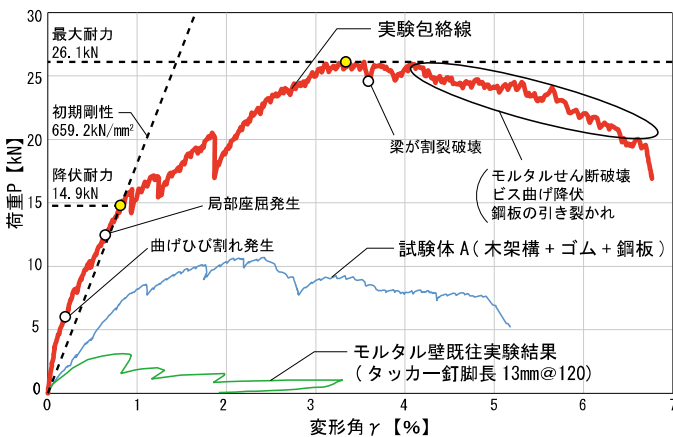


図3 荷重変形角関係

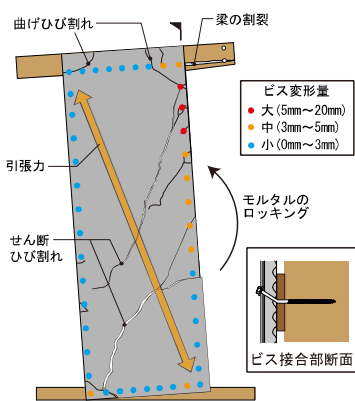


図4 損傷の様子



図5 変形の様子 ($\gamma=6.7\%$)

図3に試験体A・Bおよびモルタル壁の荷重-変形角関係を示す。試験体Bの耐力は、試験体Aとモルタル壁の耐力の和の約2倍であった。鋼製薄板がモルタルの剥落を防止した結果、より高い面内水平耐力を発揮したと考えられる。図4に示すように、モルタルの斜方向に引張力が作用し、モルタルのせん断破壊が進行した。

架構単体ではせん断変形が卓越するのに対し、モルタルは図4の左下柱脚部を中心にロッキング変形したと考えられる。それに伴い、梁に留めつけたビスがめり込み、梁に割裂が生じた。また、ビスの曲げ降伏は右柱頭部付近で顕著であり、最大20mm程度であった。この変形は、木摺りとモルタル間の相対変位により発生した。

4. まとめ

既存のモルタル外壁の上から開発工法を適用した場合の耐力壁の実大壁水平耐力試験を行った。モルタルのひび割れにより剛性が低下しつつ耐力は上昇し、最大耐力は26.1kNを示した。最終的な崩壊形は、モルタルのせん断破壊、ビスの曲げ降伏、鋼板の引き裂きの複合的な発生であった。方法書に準拠して算出した壁倍率は7.6となった。モルタル壁の既往実験結果、試験体Aとの比較により、鋼製薄板がモルタルの剥落を防止し、試験体Bが高い耐力を示すことを確認した。また、架構、ビス、モルタルの損傷についてそれぞれ整理した。

謝辞

本研究の遂行にあたり、日本鐵板株式会社の関係諸氏より多大なご協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 坂下義治, 高木次郎, 遠藤俊貴: 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5角波鋼板を用いた実耐震補強例, 日本建築学会学術講演梗概集(近畿), 構造, pp307-308, 2014
- 柳佑樹, 高木次郎, 遠藤俊貴, 浅沼愛実: 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6角波鋼板耐震補強の実験的耐力評価, 日本建築学会学術講演梗概集(近畿), 構造, pp309-310, 2014
- 浅沼愛実, 高木次郎, 遠藤俊貴: 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7角波鋼板耐震壁の解析的検討, 日本建築学会学術講演梗概集(近畿), 構造, pp311-312, 2014
- 日本工業規格: JIS Z2241 金属材料引張試験方法, 2011
- 日本建築学会: 木質構造設計基準・同解説, 丸善株式会社, 2006
- Abaqus/CAE, Version6.13-4
- Hongxia Yu, I.W.Burgess, J.B.Davison, R.J.Plank: Numerical simulation of bolted steel connections in fire using explicit dynamic analysis, Journal of Constructional Steel Research Vol.64, pp.515-525, 2008
- 佐藤慶一: 住宅・土地統計調査から見る住宅耐震化の趨勢, 総務省統計研究所リサーチペーパー第28号, pp.29-43, 2011.9
- 福浜嘉宏, 大橋好光: 木造住宅の外壁仕上げ構法の変遷と地域差に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), pp.717-718, 2000.9
- 公共財団法人日本住宅・木材技術センター: 木造の耐力壁及びその倍率 性能評価業務方法書 Rev.3.0
- 一般社団法人日本金属屋根協会: 鋼板製屋根・外壁の設計・施工・保全の手引き pp.391-397, 2014
- 永田智彦, 中尾方人, 山崎裕: 木造住宅におけるラスモルタル外壁の耐震性能評価に関する研究, 日本建築学会関東支部研究報告集pp143-146, 2003
- 鈴木光, 古賀一八, 山中豊茂, 近藤敏: 平成16年新潟県中越地震における湿式外壁被害調査 (その2ラスモルタルおよび土壁の被害調査), 日本建築学会大会学術講演梗概集pp241-242, 2005
- 住宅金融支援機構, 木造住宅工事仕様書, 住宅金融普及協会, 2007

*1 首都大学東京都市環境科学研究科建築学域 大学院生
 *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 EQSD一級建築士事務所 博士(工学)

*1 Graduate 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 EQSD Structural Consultants, Dr. Eng.