

モルタル仕上木造住宅の外付鋼板耐震補強工法の開発

その9 モルタル厚さがビス接合部と架構の性能に及ぼす影響

準会員 ○佐野和徳*1 正会員 田中葵*2
 正会員 高木次郎*3 同 堀口泰次郎*4
 同 田中里奈*5 同 遠藤敏貴*6
 同 湯本茂樹*7

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

本工法が適用対象としている既存モルタル仕上木造住宅の仕上材厚さについては 15 mm から 35 mm と定めている。これに対して、既往実験^{1,2)}ではモルタル厚さ 15 mm の場合における耐震壁とビス接合部の性能の評価しか行っていない。一方で、耐震壁の性能はビス接合部の耐力に依存することが確認されている¹⁾。これより本報では、モルタル厚さが異なる場合の柱脚引張試験を行い、ビス接合部の性能を比較することでモルタル厚さによる耐震壁の性能への影響を評価する。

2. 実験概要

試験体仕様を図 1 に示す。土台に設けた柱近傍の 2 本のビスのせん断耐力を、モルタル厚さが 15 mm と 35 mm の試験体（以下、試験体 17-15, 17-35）により評価した。木材はスギ（無等級）で、柱と土台と梁はいずれも 105mm × 105mm である。梁及び土台と柱の仕口はほぞとし、梁と柱は 2-N90 釘により固定した。断面寸法 9mm × 90mm の木摺の柱への留め付けは N50 釘を 1 本平打ちとした。木摺の上からアスファルトフェルト・プラスをタッカー釘（脚長 10mm/φ120mm）で固定し、その上からモルタルを施工した。モルタルの配合は、セメント：水：砂=1：0.8：4.5 とし、養生期間を約 1 か月設けた。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、役物専用の鋼板（t=0.35mm）を介して鋼板（t=0.5mm）を留め付けた。鋼板はドリルビス（φ6.0mm × 115mm）（以下、ビス）で、113.6mm 間隔で梁と土台へ、150mm 間隔で柱に固定した。土台はビス 2 本で固定した。

参考文献⁷⁾（以下、方法書）に準拠して耐震壁の接合部の引張試験を行った。試験体の柱上部柱を鉛直方向に繰り返し引張载荷を行った（図 1）。変位は、試験機の垂直変位と鋼板の垂直変位、モルタルの垂直変位、土台の垂直変位、柱脚部の垂直変位を測定した。試験体 17-15 と 17-35 を各 3 体作成した。予備試験から得た降伏変位 δy の 1/2, 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16 倍の変形まで順に 1 回の繰り返し加力を行った。降伏変位 δy は、既往実験²⁾から 1.55mm とした。

3. 実験結果

試験体 17-15 と 17-35 一体ずつで、実験载荷上の誤りがあり、無効となったため、各 2 体ずつの結果を考察する。モルタル材料試験と文献⁸⁾に準拠して算出した柱脚引張試験結果の平均値を表 1, 2 に示す。いずれの試験体においても変位 30 mm 以上で柱直下隣のビス接合部に鋼板の端あき破断が発生し耐力が低下した。これに対し、柱直下のビス接合部は鋼板の端あき破断およびパンチングアウト等の損傷は発生せず、ビスが土台から引き抜け続けた。これは、役物用鋼板（t=0.35 mm）があるためであると考えられる。試験体 17-35 では変位 10 mm 程度でモルタルに大きなひび割れが発生し耐力が低下した。

4. 最大耐力の比較

既往実験と本実験結果の荷重変位関係を図 2 に示す。既往実験では、モルタル厚さ 15 mm の試験体（以下、試験体 16-15）に対して柱脚引張試験を行った。試験体仕様と試験方法は同様である。試験体 17-35 における最大耐力時の変位は、試験体 16-15 および 17-15 と比較して小さい。試験体 17-15 と 17-35 の平均耐力最大値は概ね一致した。一方で、試験体 17-15 の平均最大耐力は、試験体 16-15 の 90% 程に低下した。これは、材料のばらつきの影響と考えられる。

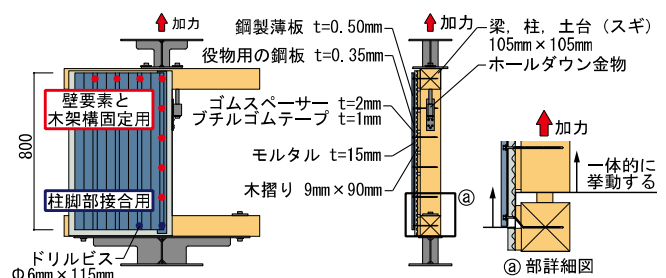


図 1 実験概要図

表 1 柱脚引張試験結果

項目	17-15	17-35	16-15
降伏耐力 (kN)	5.08	5.17	6.14
降伏変位 (mm)	1.11	1.57	2.04
初期剛性 (kN/mm)	4.62	3.31	3.01
最大耐力 (kN)	9.50	9.00	10.40
最大荷重時の変位 (mm)	15.27	8.30	20.50

表 2 材料試験結果

年度	圧縮強度	引張強度	ヤング係数
2016	5.05	0.74	8.43
2017	9.55	1.13	11.69

単位：N/mm²

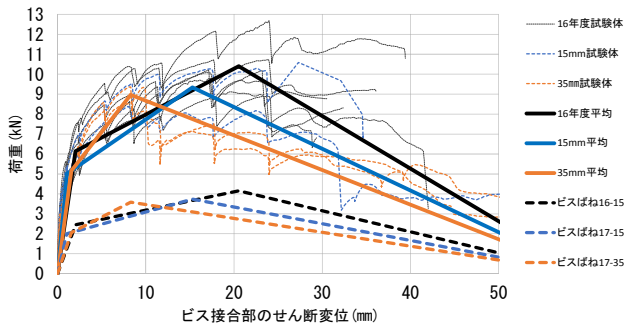


図2 荷重変位関係とビスばねの復元力特性



図3 モルタルの破壊の様子（変位 19 mm）

5. 解析結果

ビス接合部の性能が架構の性能に及ぼす影響を評価する目的で、その8と同様の架構の解析モデル（1Pモデル、腰壁つき2Pモデル、構面モデル）を用いて静的変位増分解析を行う。柱脚引張試験をもとに、ビスばねの復元力特性を図2の点線のように設定した。実験はビス2本分のせん断耐力であるので、それを1本分の耐力として1/2とした上で80%に低減した。80%の根拠は、架構では、木摺りの隙間を貫通するビスが全体の20%程度存在すると考えられ、それらのせん断力負担率が少ないと考えたためである。図2で、試験体の仕様に応じて設定したビスの復元力特性を「ビスばね17-15」などと表記した。以下の架構の性能比較でも同様の表記を用いる。

図4に3種類の架構の荷重-変形角関係を示す。長期軸力はいずれも8kNとした結果である。いずれの架構でも最大耐力はビスばね16-15に対して17-15と17-35が10%程度低くなり、ビスばね17-15と17-35の差は限定的であった。最大耐力時の変形角はビスばね17-15に対して17-35が1%程度小さくなった。図5の荷重-変形角関係を用いて、文献⁶⁾に準じて算出した壁基準耐力を表3に示す。壁基準耐力はいずれの架構でもビスばね17-15に対して17-35が15%程度低くなった。これは最大耐力時変形角の差による塑性率の差の影響と考えられる。

6. まとめ

モルタル厚さが15mmと35mmの場合の柱脚引張試験を行い、モルタル厚さがビス接合部のせん断性状に及ぼす影響を評価した。ビス周辺のモルタルのひび割れで決定

される最大せん断耐力の差は限定的であったが、最大耐力時変位は厚さ15mmと35mmの場合でそれぞれ約16mmと8mmと差が生じた。

ビス接合部のせん断力と変位の関係をトリリニアの復元力特性としてモデル化し、架構の水平荷重下の挙動を解析的に評価した。その結果、モルタル厚さの違いによる最大耐力への影響は確認されず、塑性率の差によってモルタル厚さ35mmの場合の架構の壁基準耐力は15%程度低くなった。

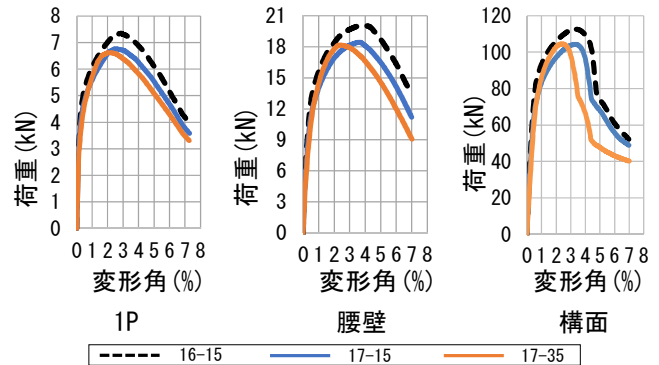


図4 荷重-変形角関係

表3 壁基準耐力

項目	1P			腰壁			構面		
	17-15	17-35	16-15	17-15	17-35	16-15	17-15	17-35	16-15
壁基準耐力 (kN/m)	6.83	6.03	7.4	14.67	12.74	16.74	23.61	19.58	27.58
終局耐力 (kN/m)	6.78	6.66	7.35	18.45	18.38	20.29	35.32	35.7	38.64
終局変位 (%)	5.14	4.73	5.27	5.76	5.01	6.11	4.27	3.36	4.6
降伏変位 (%)	0.39	0.44	0.39	0.69	0.77	0.68	0.7	0.79	0.67
塑性率	13.2	10.75	13.36	8.4	6.51	9.01	6.09	4.26	6.87

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人 LIXIL 往生活財団の研究助成を受けて実施した。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 遠藤俊貴ほか：モルタル仕上木造住宅の外付鋼板耐震補強工法の開発その2 標準試験体の性能評価，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），構造Ⅲ pp331-332，2017.7
- 2) 田中里奈ほか：モルタル仕上木造住宅の外付鋼板耐震補強工法の開発その5 柱脚接合部引張実験，日本建築学会大会学術講演梗概集（中国），構造Ⅲ pp337-338，2017.7
- 3) 浅沼愛実，高木次郎，遠藤俊貴：角波鋼製薄板による既存木造住宅の外付耐震補強壁の性能評価実験，日本建築学会技術報告集，第21巻，第49号，pp1027-1030，2015.10
- 4) Abaqus/CAE, Version6.14-5, 2014
- 5) 新井泰，有賀貴志，平野勝識，渡辺忠朋：鉄筋腐食と断面欠損によるRCはりの曲げ挙動に関する解析的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.29, No.3, pp169-174, 2007
- 6) 日本建築防災協会：2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法，国土交通省住宅局建築指導課監修，2013.5
- 7) 公共財団法人日本住宅・木材技術センター：木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2008年度版）
- 8) 日本建築学会：木質構造接合部設計マニュアル，2009.12

*1 首都大学東京都環境学部建築都市コース 学部生
 *2 大成建設株式会社
 *3 首都大学東京都環境科学研究科建築学域 准教授・Ph.D.
 *4 大和ハウス工業株式会社 修士（工学）
 *5 首都大学東京都環境科学研究科建築学域 修士（工学）
 *6 EQSD 一級建築士事務所 博士（工学）
 *7 日本鐵板株式会社

*1 Undergraduate Student, Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ.
 *2 TAISEI CORPORATION
 *3 Associate Prof., Dep. of Architecture and Bldg.Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Ph.D.
 *4 Daiwahouse Industry Co. Ltd., M.Eng
 *5 Graduate Student, Dep. of Architecture and Bldg.Eng., Tokyo Metropolitan Univ.
 *6 EQSD Structural Consultants, Dr.Eng
 *7 NIHON TEPPAN Co.Ltd.