

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4 既存架構と新設架構の一体化接合部の性能評価

正会員 ○坂下義治*¹
同 高木次郎*²
同 遠藤俊貴*³

既存木造住宅 耐震補強 接合部
一面せん断 外付補強

1. はじめに

前報までに鋼製薄板を用いた外付耐震補強壁の破壊形式の特定と、外装板金の板厚低減に伴う性能評価を行った。本報では、既存架構と新設架構の一体化接合部の詳細を示し、実験及び解析による性能評価と考察を行う。

2. 架構間接合部概要

本報では、伊東らによる実耐震補強例¹⁾で用いた接合方法を改め、既存仕上を既存架構と新設架構の一体化接合部（以下「架構間接合部」と呼ぶ）の一要素とすることで、施工性と経済性を高める。耐震補強が必要な既存木造住宅の外装はラスモルタル仕上が多い⁸⁾。ラスモルタル壁は、地震時にラスと木摺りを接合するタッカー釘の破壊が先行することから、1.6kN/mの耐力が定められているが⁹⁾、モルタル自体はさらに高い剛性と耐力を有することが確認されている^{10,11)}。架構間接合部の詳細図を図1に示す。接合には径6mm、長さ150mmの長ドリルねじを用いる。ねじの締め付けにより、阪神淡路大震災で多数確認されたモルタルの剥落が防止できる上、モルタル壁自身の耐震性能への寄与も期待できる。接合部のせん断耐力は、接合部間の摩擦が切れて下地である木摺りとモルタルの間でずれ変形が発生した場合、図1に示すように、長ドリルねじの材軸に角度変化が生じることで、ねじの軸力成分によるせん断耐力向上が期待できる。

3. 一面せん断実験

3.1 実験方法

図2の試験体3体に対して、一面せん断実験を行った。既存梁を想定した105mm角の杉材と、新設梁を想定した90mm角の杉材の間に仕上層を挟み、150mmの長ドリルねじによる接合部を2箇所配置した。本接合部の性能は既存仕上材の状態によって左右されるが、既存モルタルの過度な劣化を想定し、長ドリルねじによる圧縮力に関しては一定の剛性を有するものの、せん断力によるねじの仕上へのめり込み抵抗はほとんどないと考えられるスタイロフォームを既存仕上箇所に使用した。使用した杉の含水率は9.5-11.0%(平均10.3%)であった。

3.2 実験結果

90mm角材の変位 H_1 と105mm角材の変位 H_2 の差を木材間のずれ変位 δ とし、接合部1箇所あたりの荷重 $P/2$ との関係を図4に示す。荷重1kNあたりで剛性が低下するが、変位2-10mmで再度上昇し、最大耐力は4.6-5.3kN(平均

4.9kN)となった。破壊性状を写真1に示す。2試験体で、ねじの塑性化と木材へのめり込み、1本のねじのせん断による破断が確認された。1体では破断は見られなかった。変位2-20mm間で試験体1と他2体には、0.5-1.5kN程度の耐力差が生じている。この原因については十分解明できていない。

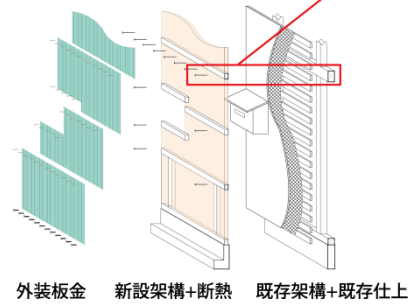
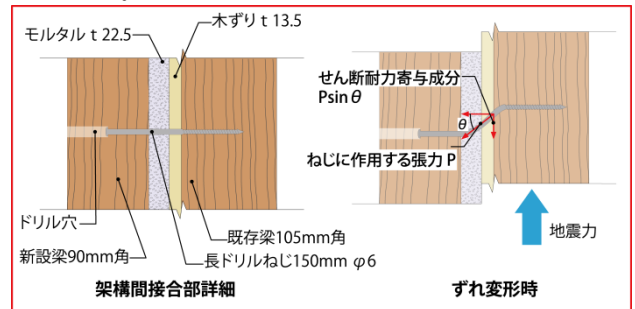


図1 架構間接合部概要

4. 解析と考察

4.1 解析モデル

汎用解析ソフト¹²⁾を用いて架構間接合部の2次元モデルを作成し、実験と解析の比較、及び仕上材の状態の影響を検討する。解析モデルを図3に、各種弾塑性ばねの諸数値を表1に示す。ねじはSS400材と同等と考え、弾性係数 $2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 、降伏応力度 235N/mm^2 の完全弾塑性の線材としてモデル化する。ねじに接する木材、仕上材はそれぞれ複数の完全弾塑性ばねに置換する。木材のばねの剛性は、木質構造接合部設計マニュアルに基づき、杉材の面圧定数より算出した²⁾。既存の仕上は、モルタル仕上を想定し、モルタルの剛性は木材とのヤング係数の比から木材の3倍とし、降伏強度を 18N/mm^2 と仮定した。また、長ドリルねじの引き抜けを長ねじの材軸方向の完全弾塑性ばねに置換し、両端に配置した。なお、材料間の摩擦力と、ねじの締め付けによって仕上部分が縮むことは考慮していない。このような解析モデルに対して、幾何学的非線形を考慮した静的増分解析を行った。また、

仕上部分を架構間の隙間とし、仕上材のばねを設けない場合も同様に解析を行った。

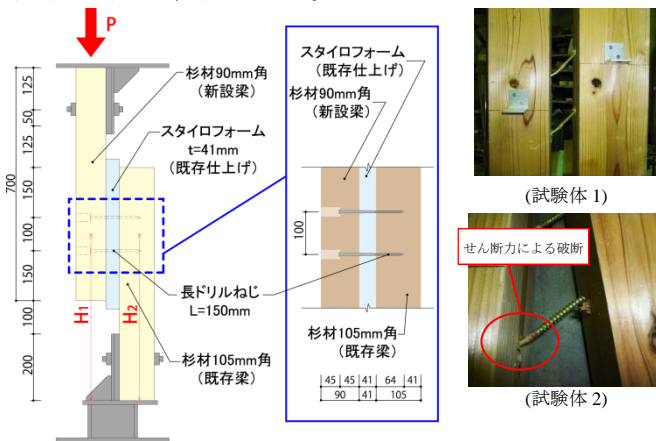


図2 試験体図



(試験体1)



(試験体2)

写真1 破壊性状

4.2 解析結果と考察

解析結果を図5に示す。モルタル仕上を想定した場合、初期弾性せん断剛性は2.7kN/mmであり、約1kNで長ドリルねじ及び各種ばねが塑性化し、剛性が急激に低下した。その後、変位2mmあたりから、ねじの角度変化による効果で剛性の向上が見られた。仕上無とした場合は0.2kNで剛性の低下が見られ、その後変位の増大と共に剛性の向上が見られたが、耐力、剛性共にモルタル仕上と比較して低い値を示した。仕上の存在を考慮することで耐力が向上することが確認できた。また、スタイロフォームは強度、剛性共に低いため、試験体は仕上を考慮しない状態に近いと考えられるが、仕上無の解析値は実験値に比べて低い値になった。解析値と実験値の差を材料間の摩擦力と仮定し、仕上無の解析値に摩擦力0.9kNを付加すると、1kN付近の剛性低下時耐力が概ね試験体1の同値に近い値となった。この摩擦力はねじの初期張力を2.6kNとして、材料間の摩擦係数を0.35とした場合の値に相当する^{2,13,14}。今後、接合部の摩擦力に関してより詳細な検討が必要である。

6.まとめ

既存仕上を一構成要素とした接合方法について、実験及び解析による性能評価を行った。既存仕上箇所 Styrofoamを配して行った実験では、一度剛性が低下した後、変位の増大と共に剛性の上昇が見られ、最大耐力は3体の平均で4.9kNであった。幾何学的非線形を考慮した弾塑性解析では、既存仕上材の力学性能を考慮することで接合部耐力が向上する結果が得られた。解析値は実験値より低い値となり、摩擦力がその原因である可能性を示した。

謝辞

本研究にあたって、日本鉄板株式会社の皆様に多大なご協力を頂いた。ここに謝意を表します。

*1 首都大学東京大学院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科学部建築都市コース 准教授・Ph.D.

*3 首都大学東京都市環境科学部建築都市コース 助教・博士(工学)

表1 弾塑性ばね諸数値

ばね種類	剛性 k [N/mm]	降伏強度 F_y [N]	降伏変位 δ_y [mm]
既存梁	4878 ²⁾	1331 ²⁾	0.27
木摺り	572 ²⁾	151 ²⁾	0.27
モルタル	2863	24	0.085
新設梁	3181 ²⁾	871 ²⁾	0.27
ネジ引抜	1000	260	1

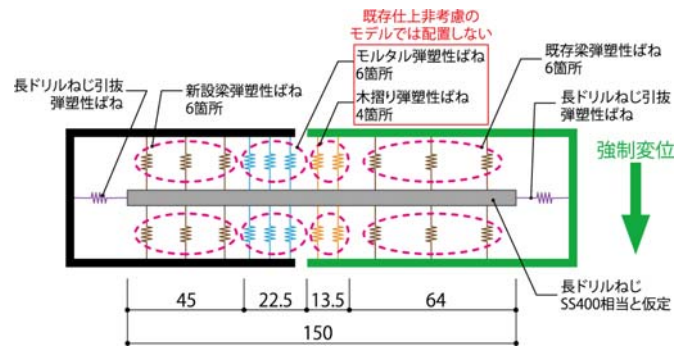


図3 解析モデル

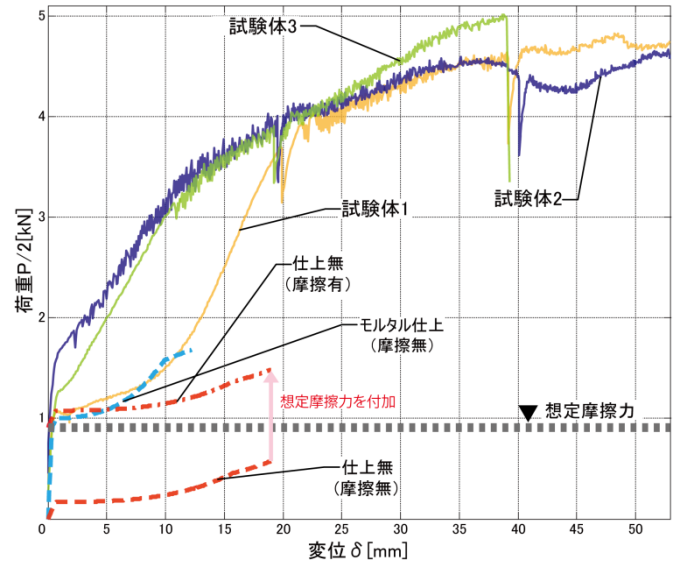


図4 荷重-変位関係

参考文献

- 伊東和宏, 高木次郎, 見波進: 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, 日本建築学会学術梗概集(東海), 建築計画 pp1037-1038, 2012
- 木質構造接合部設計マニュアル: pp82-91, 日本建築学会, 2009
- 一般財団法人ベターリビング: 木造の耐力壁及びその倍率 試験業務方法書, 2011.12
- 鈴木敏郎, 木村克次, 元結正次郎: 数値的解析手法による薄板のせん断座屈挙動に関する研究, 日本建築学会構造系論文集 第435号, 1992.5
- 社団法人日本金属屋根協会, 社団法人日本鋼構造協会: 鋼板製外壁構造標準 SSW2011, 2011.2
- Abaqus/CAE, Version 6.12-1
- 新日本製鐵: 新日本製鐵・関連会社 建築用資材ハンドブック, 2008.6
- 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) pp717-718, 2009.9
- 木造住宅の耐震診断と補強方法 - 木造住宅の耐震精密診断と補強方法 (改訂版) - pp54-57, 国土交通省住宅局建築指導課, 財団法人日本建築防災協会, 2011
- 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書 pp143-pp146, 2003
- 川島謙一: 木造軸組壁のせん断耐力実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東)
- Matrix Structural Analysis, 2nd Edition, J.Wiley&Sons, 1999, W.McGure, R.H.Gallagher, and R.D.Ziemian
- 小林研治, 稲山正弘, 安藤直人: 構造用面材を側材に用いたビス接合部における一面せん断剛性・耐力推定式の提案, 日本建築学会構造系論文集 第622号, pp121-128, 2007.12
- 木質構造設計基準・同解説: pp279-285, 日本建築学会, 2006

*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 Associate Prof., Div. of Architecture and Urban Studies, Tokyo Metropolitan Univ., Dr.Eng.