

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2 耐震補強壁の耐力評価

正会員 ○伊東和宏*¹
同 高木次郎*²
同 遠藤俊貴*³

木造住宅 耐震補強 破壊モード
壁倍率 鋼製薄板

1. はじめに

筆者らは、既存戸建木造住宅を外装兼耐震要素とした鋼製薄板で覆うことで、耐震性能だけでなく断熱性、意匠性、耐久性、耐候性を高める工法の開発を行ってきた¹⁾。本研究では、より経済性と施工性を高めた工法について、地震時の破壊モードの検討と耐力評価を行う。

2. 工法の構成

工法の構成を図1に示す。建物外壁の仕上の外側に新設架構を設け、さらに外側に鋼製薄板を固定する。新設架構と既存架構とは梁同士を接合する。施工性向上のため、新設架構は横架材のみとし、鉛直材を省略する可能性も考える。これらの新旧架構間の接合(以下「架構間接合」と呼ぶ)には長ドリルねじを用い、既存仕上を介して架構同士を締め付けて緊結する。既存仕上の剛性、耐力を架構間の一体化性能向上に利用することで、接合部の簡略化を図る。新設架構と鋼製薄板の接合(以下「鋼板接合」と呼ぶ)にはドリルねじを用いる。既存建物の土台部分が経年劣化している場合、土台付近のみ縦材を設けることも考える。鋼製薄板は現場での加工が容易で、流通性の高い板厚0.4-0.6mmを使用する。

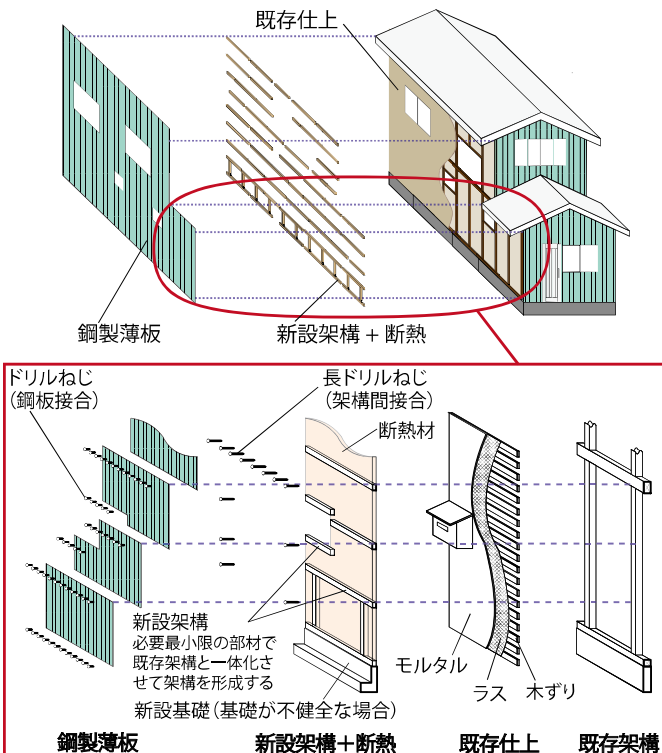


図1 開発工法の構成

3. 工法の設計

3.1 破壊モードの検討

図2に幅910mm、高さ2730mmの既存架構に新設架構、鋼製薄板を取り付けた耐震補強壁の想定破壊モードを示す。建物への地震力を地盤に伝達するまでの耐震要素媒体は、既存2階梁(または小屋梁)、新設架構、鋼製薄板である。架構間接合と鋼板接合はそれぞれ既存梁と新設架構、新設架構と鋼製薄板の間で地震力を伝達する役割を担う。破壊モードを1~4のように想定した。モード1は架構間接合のせん断破壊、モード2は鋼板接合のせん断破壊、モード3は鋼製薄板のせん断座屈、モード4は新設架構柱脚部のホールダウン(HD)金物の引抜破壊である。これらの破壊モードのうち大地震時に比較的架構の損傷が少なく、鋼製薄板の取り替えのみで補修が可能なモード2を支配的な破壊形式とすることを考える。以下では、同破壊形式で壁倍率2.0(基準耐力4.0kN/m)程度を目標耐震性能として耐震補強壁の試設計を行う。

3.2 破壊モード2の検討

モード2は、外装兼耐震要素とする鋼製薄板と新設架構を接合する鋼板接合がせん断破壊する形式である。鋼板接合のせん断破壊モードは鋼製薄板の板厚とドリルねじのサイズによって、a. 新設材のめり込み降伏、b. 鋼製薄板のめり込み降伏、c. ドリルねじの曲げ破壊の単一あるいは組み合わせに破壊モードが細分類される(図3)。鋼製薄板の板厚を0.4mmとし、新設架構の損傷軽減のため、bが先行するように設計した。モード2の耐力が目標壁倍率相当となるように、接合部の必要ピッチを算出し、ドリルねじを呼び径φ5mm×呼び長さ25mm、ピッチを@224mmとした。耐力の算出は「木質構造接合部設計マニュアル」²⁾に準拠した。

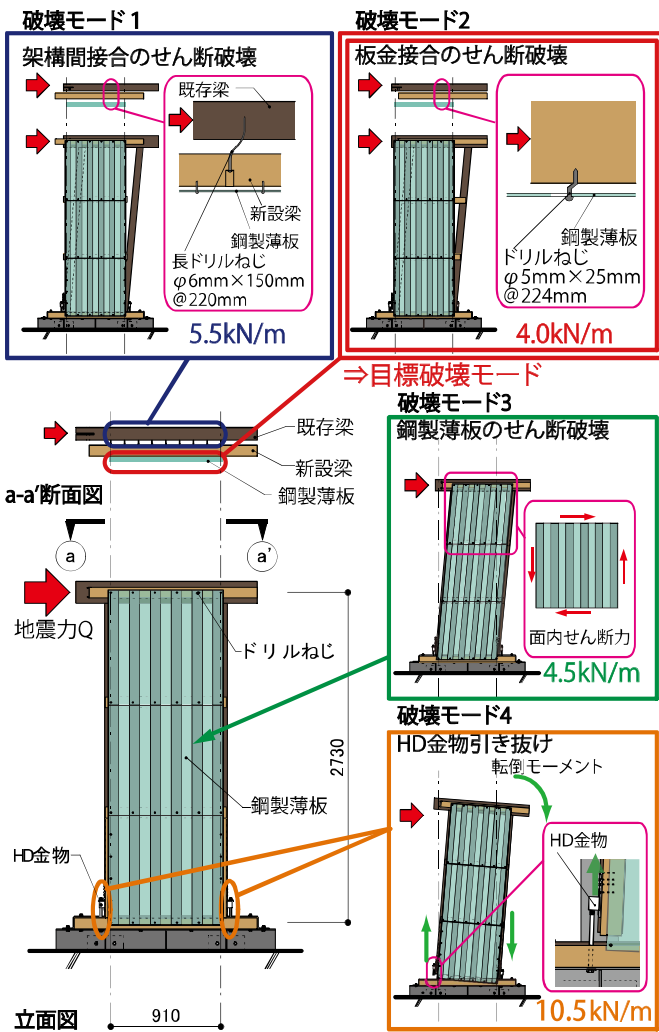
3.3 破壊モード3の検討

モード2は鋼製薄板がせん断座屈する形式である。鋼製薄板には耐震要素としての面内せん断耐力と外装材としての面外曲げ耐力と剛性が必要である。図4に示す断面形状の鋼製薄板について、それらを有限要素解析により評価した。断面Eは既製の角波板であり、断面C-1~C-3は面内せん断耐力を高める目的で設計した形状である。板厚は全て0.4mmとした。面内せん断耐力については新設架構を横架材で構成した場合を想定し、シェル要素に

置換した鋼製薄板の 2 辺を線材置換した新設材にそれぞれ結合し、一方の新設架構の材軸方向に強制変位をかけた。解析結果を用いて文献 3) に準拠して壁倍率に換算した。図 4 に解析結果を示す。面内せん断耐力について、平板が断面 E と比較して大幅に大きくなったのは、平板がせん断座屈後、張力場の形成によりせん断耐力が大きく上昇するためである⁴⁾。設計した鋼製薄板断面 C-1~C-3 は平板と比べ耐力は低くなったが、断面 E よりも大きくなった。断面 C-1 ではモード 2 の耐力を上回った。一方、面外剛性については特定風荷重に対する面外変位の逆数を指標とした。結果、断面 E, C-2, C-1, C-3, 平板の順に面外剛性が大きくなった。鋼製薄板に波型の加工を施すことで、面外剛性については有利だが、面内せん断耐力については不利となった。断面 C-1 の結果から、モード 3 の耐力を 4.5kN/m とした。解析の詳細は続編に示す。

3.4 破壊モード 1, 4 の検討

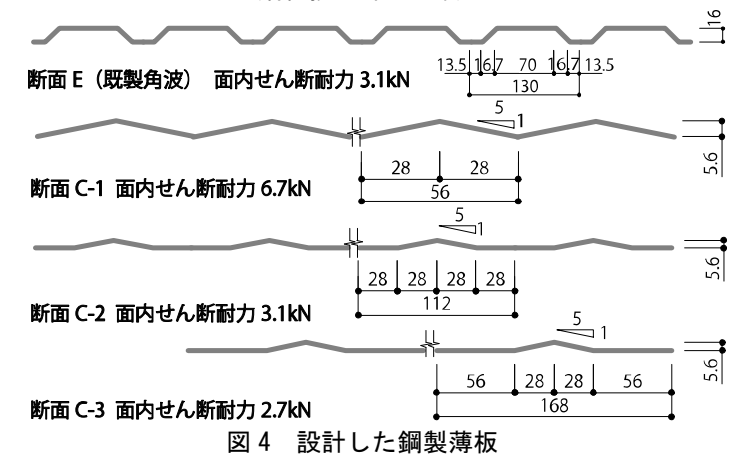
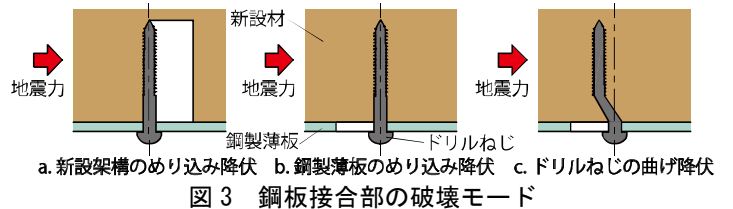
モード 1 は、新設架構と既存架構の接合部がせん断破壊する形式である。架構間接合一箇所あたりのせん断耐



力を一面せん断試験によって確認した。架構間接合のせん断耐力は既存仕上げの状態に依存することから、既存仕上げの剛性、耐力が微小な場合を想定して実験を行ったところ、接合部一箇所あたりの降伏耐力は約 1kN となった(続編参照)。長ドリルねじは $\phi 6\text{mm} \times 150\text{mm}$ とした。実験結果から、モード 1 の耐力がモード 2 を上回るように、接合部のピッチを $\text{@}220\text{mm}$ に設計した。単位長さあたりのせん断耐力を算出し、モード 1 の耐力を 5.5kN/m とした。モード 4 は耐震補強壁に発生する転倒モーメントにより HD 金物が引抜破壊する形式である。モード 2 の耐力に相当する引抜力 11kN に対し、設計用引抜耐力 28.7kN の HD 金物を新設架構柱脚部に設置した。引抜耐力を単位長さあたりの水平耐力に換算し、モード 4 の耐力を 10.5kN/m とした。以上より、補強壁の破壊形式をモード 2 とすることができた。

4. まとめ

本研究では戸建木造住宅の既存架構に仕上げの上から新設架構、鋼製薄板を取り付け、断熱性、意匠性等の複合的な性能向上を志向した耐震補強工法の改良を行った。既存仕上げの剛性、耐力に期待する架構間の接合方法を考案し、新設架構の施工性の向上を図った。本工法を施工した耐震補強壁の破壊モードの特定と各破壊モードの耐力評価を行った。特定した破壊モードのうち大地震後の補修が容易な鋼製薄板と新設架構の接合部のせん断破壊が先行するように耐震補強壁を設計した。これにより、補強壁が壁倍率 2.0 程度の耐力を確保できる可能性を示した。



参考文献は続編にまとめて示す。

*1 株式会社久米設計 修士(工学)
 *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 首都大学東京都市環境学部建築都市コース 助教・博士(工学)

*1 KUME SEKKEI Co., Ltd., M.Eng.
 *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.