

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

木造住宅 耐震補強 実補強例
耐震診断 角波鋼板

正会員 ○坂下義治*¹
同 高木次郎*²
同 遠藤俊貴*³

1. はじめに

在来軸組工法による木造住宅の耐震補強促進を目的として、著者らは鋼製薄板を外装兼耐震要素とする工法の開発を行ってきた¹⁻⁴⁾。実建物への工法適用¹⁾では、板厚0.8mmの平鋼板を使用したが、現場加工が困難であり、施工上の課題が確認された。そこで、角波鋼板を用いて面外剛性を確保した上で、板厚を0.5mmとして実建物に適用した。本研究では、改修前後の建物の耐震性能を評価すると共に、続編にて補強耐震壁の実験及び解析による性能評価を行う。

2. 耐震補強対象建物

耐震補強対象建物の外観を図1に示す。建設後40年を経過した木造2階建て建物であり、延床面積は135m²である。改修前後の平面を図2に示す。直近10年ほどは居住者不在であり、漏水や蟻害による躯体の損傷が激しい状態であった。建物外周部の立ち上がりの基礎は無筋コンクリートブロック(CB)構造であり、1階外周壁の一部には同様の無筋CBが木造柱の間に積層されていた。これらのCB構造及び劣化の著しいバルコニー等を撤去し、劣化躯体を補修した。

3. 耐震補強壁の構成

図1の建物への工法適用を前提として、耐震補強工法の改良を行った。図3に補強壁の構成を示す。既存外周架構の外側に鉄筋コンクリート(RC)基礎及びその上部に木造架構を新設し、構造用合板 t=9mm と、石膏ボード



(a) 改修前 (b) 改修後
図1 対象建物外壁西面

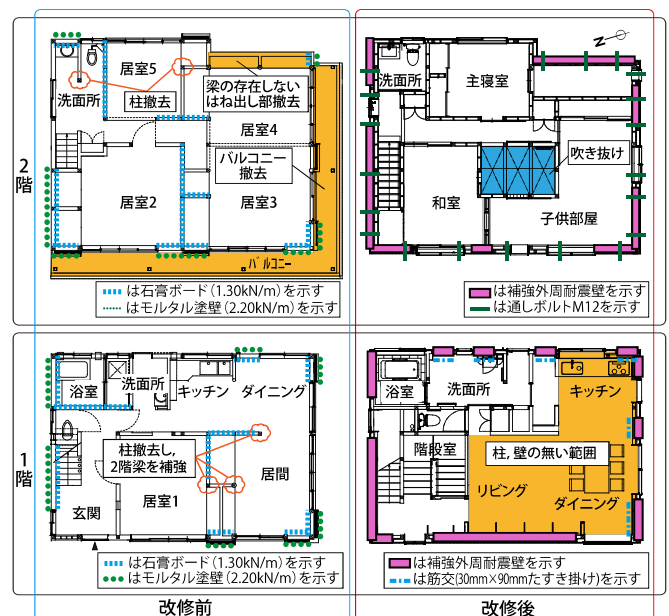


図2 改修前後平面図

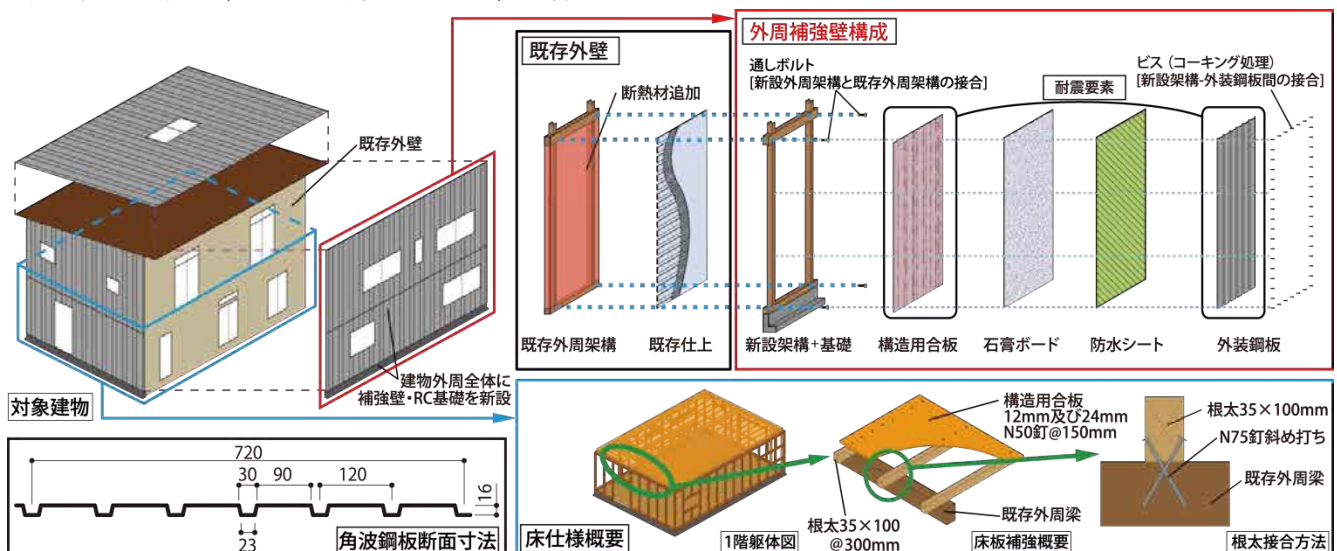


図3 耐震補強方法

t=12mm を固定した。さらに、防水シートを設けて、それを角波鋼板で覆う構成とした。角波鋼板の外側からドリルビス（φ6mm×70 mm）で新設架構の柱あるいは梁まで石膏ボードと構造用合板を貫通させる形で固定した。ここで、石膏ボードは防火性能確保のためであり、構造用合板は耐震要素であると同時に窓枠等の固定上必要であった。既存外周架構梁と新設架構梁は通しボルト M12 を用いて梁同士を緊結した。

本補強では、将来的な平面構成の変更を想定して、外周補強壁のみで地震力を負担し、室内側には耐震壁を設けない計画とした。よって、建物への地震力を地盤に伝達するまで経路は、床板、根太、既存外周梁、新設架構梁、角波鋼板及び構造用合板、新設 RC 基礎である。床は、板厚 12mm あるいは 24mm の構造用合板を N50 釘@150mm で、35mm×100mm@455 mm あるいは@300mm の根太に固定し、既存外周梁と根太の接合は N75 釘 2 本斜め打ちとした。これにより、補強後の建物の保有耐震性能に対して、十分な床の面内せん断耐力を確保した。

4. 耐震診断

建物の補強前後の耐震性能を「2012 年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法」⁵⁾ に準拠して評価した。はじめに、建物外周の角波鋼板を含めずに、構造用合板と一部筋交のみで、短期許容耐力和が 1 階層せん断力係数 $C_0=0.2$ に相当する地震水平力を上回ることを確認した。次に、角波鋼板を考慮した場合、建物の短期許容耐力が必要耐力の 2 倍以上になることを確認した。

評価の詳細を以下に記す。構造用合板と筋交（30mm×90mm たすきがけ）の配置は図 2 の通りであり、それぞれの許容耐力 5.2kN/m と 4.8kN/m⁵⁾ の累加により算出された各階の許容水平耐力と $C_0=0.2$ 時の地震水平力との比（充足率）を表 1 に整理した。1 階の Y 方向で最も低く、1.13 である。なお、同表中に改修前の診断結果も示すが、これは内部仕上を撤去する前の予備調査時の評価値であり、無筋 CB 壁の重量や耐力などは考慮できていない。劣化低減係数は最小値の 0.7⁵⁾ であり、充足率は 1 階 Y 方向で最も低く、0.17 であった。

角波鋼板を考慮した場合、合板と筋交を含めた壁の短期許容耐力とホールダウン金物（HD 金物）によって決定

表1 耐震診断結果

階	方向	改修後							
		(a) 改修前			(b) 角波鋼板 考慮無		(c) 角波鋼板 考慮有		
		必要 耐力 (kN)	許容 耐力 (kN)	充 足 率	必要 耐力 (kN)	許容 耐力 (kN)	充 足 率	許容 耐力 (kN)	充 足 率
2階	X	25.2	6.3	0.25	25.9	37.4	1.44	98.6	3.80
	Y		6.1	0.24		44.9	1.73		
1階	X	48.7	15.2	0.31	49.1	58.4	1.19	104.5	2.13
	Y		8.7	0.17		55.5	1.13		
建物評点		0.17 (1階Y方向)			1.13 (1階Y方向)		2.13 (1階X方向)		
1階層せん断力 係数 C_0		0.03			0.23			$C_0=0.49$ $C_0=0.41$	
判定		倒壊する可能性が高い			一応倒壊しない			倒壊しない	

される短期許容耐力を求めた。それぞれの耐力値の A_i 分布を考慮した建物重量に対する比 C_{0w} 及び C_{0h} は 0.49 と 0.41 であった。ここで、角波鋼板の耐力は続編の水平耐力試験結果より 9.4kN/m とした。また、HD 金物に作用する引張力は立体弾性解析モデルを作成して算出した（図 4）。モデルでは、構造用合板の要素基準剛性 860kN/rad./m⁵⁾ と角波鋼板の実験結果から得られた剛性 1600kN/rad./m の和をブレース線材に置換し、水平構面を剛床仮定とした。 C_{0w} よりも C_{0h} が小さいことから、建物の許容耐力は HD 金物による接合部耐力で決定され、 $C_0=0.41$ である。従って、角波鋼板が耐震要素として寄与することで、建物の耐力が建築基準法が規定する要求耐力の 2 倍以上であることがわかる。

5. 工法の汎用性

図 1 の例では、改修前は空家であり、既存躯体の損傷が激しかったことから、内部仕上と一部の躯体を撤去しての大規模な工事となった。既存躯体の状態が良好で、住民の改修工事中の一時退去を前提としない場合、図 3 の補強壁の構成で、通しボルトによる既存外周梁と新設架構梁との接合に長ドリルねじを用い、屋外からのみの施工とする。その際、断熱材は新設架構内に設ける。また、防火仕様が要求されない場合は、石膏ボードは設けない。

6. まとめ

本研究では鋼製薄板を外装兼耐震要素とした壁を既存木造住宅の外周に配置する耐震補強工法を改良し、実地適用した。板厚 0.5mm の角波鋼板の利用により現場施工性を向上させた。適用例では、外周のみの耐震壁配置により、将来的な内部平面配置変更にも対応しやすい計画とした。耐震診断の結果、外周壁部の構造用合板及び筋交いの短期許容水平耐力和が 1 階の層せん断力係数 $C_0=0.2$ に相当する地震水平力を上回ることを確認した。さらに、角波鋼板の寄与により、 $C_0=0.41$ まで耐力を増大させることができた。

参考文献は続編にまとめて示す。



*1 株式会社山下設計 修士 (工学)
*2 首都大学東京都環境学部建築都市コース 准教授・Ph D
*3 首都大学東京都環境学部建築都市コース 助教・博士 (工学)

*1 Yamashita Sekkei Inc., 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.