

# 施工後25年前後を経過した外壁複合改修工法 (ピンネット工法)の追跡調査

○ 堀 竹市\*<sup>1</sup> 渡辺 清彦\*<sup>1</sup> 佐々木 聡\*<sup>1</sup>  
本吉 竜生\*<sup>1</sup> 天田 裕之\*<sup>1</sup>

## 1. はじめに

アンカーピンと繊維ネットを併用して、セメントモルタル塗りや陶磁器質タイル張り外壁の剥落防止を図る外壁複合改修工法(以下、ピンネット工法と記す)は、1990年の開発から29年間にわたり改良を重ねながら、実績を積み重ねている。

本大会においても、当該ピンネット工法を適用された集合住宅の実態調査を2002年から継続実施して、それらの結果を既に5回にわたって報告している<sup>1)~5)</sup>。

本報では、ピンネット工法を適用して26年間の屋外暴露をした試験体を用いて、破壊試験を含めた定量的な性能評価をした結果を述べている。さらに、実建築物の外壁改修工事として当該工法が適用され、約15年から29年程度を経過した建築物の実態調査をした結果に基づいて、本工法の耐久性を検討している。

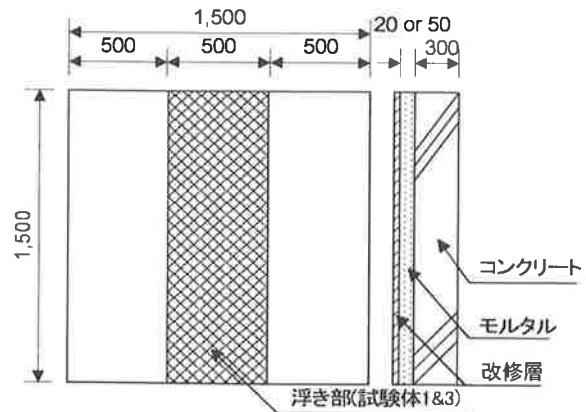


図1 試験体の概要(mm)

## 2. 試験と調査の方法

### 2.1. 屋外暴露試験

当該工法を適用した試験体を(国研)建築研究所(旧建設省建築研究所)屋外暴露試験場に1993年5月から設置し、経年変化を継続的に評価している。試験体の概要を図1に、屋外暴露の状況を写真1に示す。

#### (1) 試験体の種類

試験体 1, 2: コンクリート板(1,500mm×1,500mm×厚さ 300mm)にモルタル塗り(厚さ 20mm)を施した後、ピンネット工法を適用した。

試験体 3, 4: コンクリート板(1,500mm×1,500mm×厚さ 300mm)にモルタル塗り(厚さ 50mm)を施した後、ピンネット工法を適用した。

試験体1と3については、中央部の幅500mm部分に塩化ビニル樹脂フィルムをコンクリート表面とモルタル塗りの間に挟み込んでモルタルの浮きを想定した。

#### (2) 使用材料

コンクリートにはレディミクストコンクリートを適用し、モルタルには既調合モルタルを用いた。ピンネット工法に用いる専用のプライマー、フィラー、繊維ネット及びアンカーピンの性状を表1~4に示す。モルタル厚さに応じて、試験体1,2には長さ50mm、試験体3,4には長さ80mmのアンカーピンを用いた。

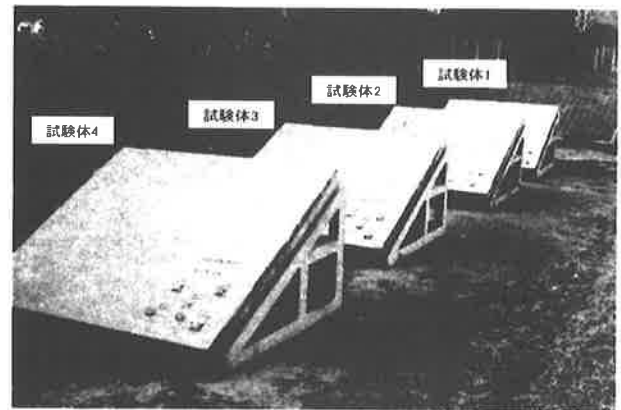


写真1 屋外暴露試験の状況

表1 当該工法に使用されるプライマーの性状

成分	エチレン酢酸ビニルエマルジョン
外観	乳白色液状
全固形分	45±1%
pH	6±1
粘度	1,000±200mPa·s

表2 当該工法に使用されるフィラーの物性値

試験項目	試験結果	
軟度変化(%)	11	
接着強さ(N/mm <sup>2</sup> )	標準養生時	1.2
	低温養生時	1.0
耐ひび割れ性	異常なし	
耐衝撃性	異常なし	
吸水量(g)	1.0	
耐久性(付着強さ: N/mm <sup>2</sup> )	異常なし(1.4)	

Durability examination of renewed external walls by application of net overlaying and anchoring over 25 years after the construction

HORI Takeshi\*<sup>1</sup>, WATANABE Kiyohiko\*<sup>1</sup>, SASAKI Satoshi\*<sup>1</sup>,  
MOTOYOSHI Tatsuo\*<sup>1</sup> AMADA Hiroyuki\*<sup>1</sup>

表3 当該工法に使用されるアンカーピンの物性値

試験項目		試験結果
引張強さ (kN)	埋込深さ 20mm	1.677
	埋込深さ 25mm	2.452
せん断強さ (kN)		5.452
モルタルに対する頭部保持力 (モルタル厚: 20mm)		1.657

表4 当該工法に使用される繊維ネットの物性値

試験項目	試験結果
繊維径(μm)	13
引張強さ(MPa)	1,580
伸度(%)	7.2
ヤング率(GPa)	36.3
密度(g/m)	1.30
平衡水分率	3.0
融点(°C)	240

(3)試験方法

a.改修層の引張試験

改修層の表面に 40×40mm の鋼製アタッチメントをエポキシ樹脂で張付け、硬化後にダイヤモンドブレード付きディスクサンダーを用いて、アタッチメント周囲をモルタル面に達する深さまで切断して、引張試験をする。引張試験には、日本建築仕上学会認定引張試験器(サンコーテクノ株R-10000ND)を適用して、引張強さは最大荷重を面積(1,600mm<sup>2</sup>)で除した値とし、1 試験体について5箇所を測定して、その平均値を求める。

b.アンカーピンの引張試験

a.に記した改修層の引張試験を終了した後、アンカーピン頭部にドリルスクリュービス(HEX-5×25)をねじ込み、上記と同じ引張試験器を用いて、引抜き最大荷重を引張強さとする。

c.繊維ネットの引張試験

改修層に埋め込まれている繊維ネットをできる限り損傷しないように採取して、損傷が少ない部分から縦軸及び斜軸の長さが 100mm となるように切り出して試料とする。引張試験は、インストロン万能試験機を用いて、JIS L 1031 化学繊維フィラメント試験法 8.5 引張試験に準じて、チャック間距離 20mm、クロスヘッド速度 20mm/分の条件で採取試料を引張り、繊維が破断された時の引張最大荷重と伸び率 E を測定する。試験は 5 回実施して、その平均値と標準偏差を求める。

(4)屋外暴露条件

試験体を南東面 45° の角度で設置した。

2.2.実建築物の実態調査

当該工法を適用して、約 15 年から 29 年程度を経過した表 5 に示す建築物の実態調査を実施した。

(1)調査方法

表 5 に示す集合住宅の外壁面を目視観察し、東西南北壁面の一部に打音検査、改修層の引張試験、アンカーピンの引張試験及び採取した繊維ネットの引張試験をした。

(2)試験方法

各試験とも屋外暴露試験と同様な方法とした。



写真2 改修層の引張試験状況

3. 試験結果と考察

3.1.屋外暴露試験

(1)改修層の引張強さ

試験体ごとに測定された改修層の引張強さを表 6 から表 9 に示す。表中に示した破断面の表示記号は図 2 に示すとおりである。

暴露 26 年を経過しても、改修層の引張強さ平均値は 0.49~1.09N/mm<sup>2</sup> であり、公共建築改修工事標準仕様書 平成 28 年度版<sup>6)</sup>に規定されるセラミックタイル張りの引張接着強度の基準である 0.4N/mm<sup>2</sup> 以上の値を満足している。しかし、測定箇所によっては 0.4N/mm<sup>2</sup> 以下の引張強さが認められ、ネット上での破断が多いことから、屋外暴露 26 年を経過してファイバーに劣化が生じたものと推定される。また、すべての試験体表面には脆弱化等の劣化が生じており、暴露角度 45° は過酷であると考えられる。

表5 実態調査の対象建築物一覧表

No.	用途	改修年月	経過年数	構造	改修後外装仕上げ	調査項目*3			
						目視観察	改修層引張試験	アンカーピン引張試験	繊維ネット引張試験
1	集合住宅	1992	27	RC造	合成樹脂 EP*2	○	○	○	○
2	集合住宅	2002	17	RC造	合成樹脂 EP*2	○	○	○	○
3	集合住宅	2004	15	RC造	合成樹脂 EP*2	○	○	○	○
4	集合住宅	1990	29	RC造	なし	○	○	×	○

\*2.EP:エマルジョンペイント、\*3.調査項目 ○:実施、×:未実施

一般、実建築物では複合改修層の上に何らかの仕上げが施され、外壁は鉛直面となる。したがって、実建築物においては、本結果より劣化が抑制されていると判断できる。

表6 改修層の引張強さ(試験体1)

No.	最大荷重 (N)	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置と破断の割合 (%)
1	2,149	1.34	1.09	C ネット上 100
2	1,594	1.00		C ネット上 100
3	3,140	1.97		C ネット上 100
4	139	0.09		C ネット上 100
5	1,732	1.03		C ネット上 100

表7 改修層の引張強さ(試験体2)

No.	最大荷重 (N)	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置と破断の割合 (%)
1	258	0.16	1.07	C ネット下 100
2	2,742	1.71		C ネット下 100
3	1,070	0.67		C ネット下 100
4	945	0.59		C ネット上 100
5	3,550	2.22		C ネット下 100

表8 改修層の引張強さ(試験体3)

No.	最大荷重 (N)	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置と破断の割合 (%)
1	1,992	1.25	0.49	C ネット下 100
2	172	0.11		C ネット上 100
3	742	0.46		C ネット上 100
4	512	0.32		C ネット上 100
5	525	0.33		C ネット上 100

表9 改修層の引張強さ(試験体4)

No.	最大荷重 (N)	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	破断位置と破断の割合 (%)
1	1,926	1.20	0.96	C ネット下 100
2	578	0.36		C ネット上 100
3	3,030	1.90		C ネット上 100
4	898	0.56		C ネット上 100
5	1,270	0.79		C ネット上 100

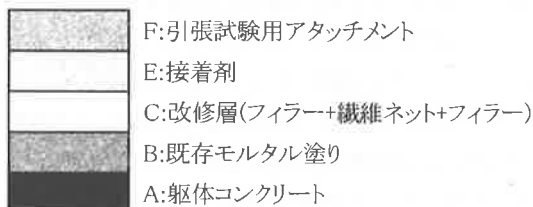


図2 引張試験における破断位置の表示

## 2)アンカーピンの引張強さ

測定されたアンカーピンの引張強さを表10に示す。

暴露 26 年を経過しても、アンカーピンの引張強さは 3,422~5,448N を示し、公共建築改修工事標準仕様書平成 28 年度版<sup>6)</sup>に規定される注入口付アンカーピン 1 本当たり 1,500N 以上の値を十分に満足している。

表10 アンカーピンの引張強さ

No.	1,500N 時 P 抜け	最大荷重 (N/本)	平均 (N/本)	最終状況
1	なし	3,764	4,200.8	ビス抜け
2	なし	3,442		ビス抜け
3	なし	5,448		ビス抜け
4	なし	4,167		アンカー抜け

## (3)繊維ネットの引張強さ

繊維ネットの引張強さを表11に示す。

暴露 26 年を経過した繊維ネットの最大引張荷重の平均値は 109N、伸び率 5.8%を示し、未使用品に対して最大荷重で 97%、伸び率 81%を保持しており、物性の顕著な低下は認められない。

表11 繊維ネットの最大引張荷重

試料	最大荷重 (N)	伸び率 (%)	備考
未使用品	112	7.1	
1	114	5.5	斜軸測定
2	101	6.2	斜軸測定
3	106	5.5	斜軸測定
4	116	6.6	斜軸測定
5	107	5.1	斜軸測定
平均	109(97%)	5.8(81%)	未使用品との比率(%)

## 3.2.実態調査

実態調査における試験結果のまとめを表 12 に示す。

### (1)改修層の引張強さ

改修層引張試験の結果によると、施工後 15~29 年を経過しても、平均値ではいずれも公共建築改修工事標準仕様書平成 28 年度版<sup>6)</sup>で規定されているタイルの引張接着強度の基準である 0.4N/mm<sup>2</sup> 以上の値を満足している。特に、当該工法を施工した後 29 年経過して、仕上げが施されていないNo.4の集合住宅でもばらつきは認められるが、平均値では 0.94N/mm<sup>2</sup>(範囲:0.12~1.66 N/mm<sup>2</sup>)を確保しており、耐久性が期待できる結果である。

### (2)アンカーピンの引張強さ

表 12 の結果によると、施工後 15~27 年を経過しても、公共建築改修工事標準仕様書平成 28 年度版<sup>6)</sup>で規定されている注入口付アンカーピン 1 本あたり 1,500N 以上の値を満足している。平均値のみではなく、測定値全てが上記の値を超えており、アンカーピンの引張強さには経年変化は見られないと判断できる。

表12 実態調査の試験結果一覧表

No.	建築用途 (経過年)	試験項目*4					
		改修層 引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	アンカーピン 引張強さ (N/本)	繊維ネット引張強さ			
				採取試料		未使用品	
				最大荷重(N)	伸び率(%)	最大荷重(N)	伸び率(%)
1	集合住宅 (27年)	1.84 (0.44~3.35)	1,728 (1,531~1,872)	107 (90~125)	6.8 (5.9~7.5)	114 (106~125)	7.2 (6.1~8.7)
2	集合住宅 (17年)	1.69 (0.67~3.30)	1,764 (1,605~1,883)	112 (104~116)	7.5 (6.6~8.1)		
3	集合住宅 (15年)	2.23 (1.32~3.21)	2,173 (1,608~3,314)	109 (104~112)	6.0 (5.8~6.3)		
4	集合住宅 (29年)	0.94 (0.12~1.66)	×	112 (106~122)	5.2 (4.4~5.8)		

\*4.上段:平均値、下段:範囲

### (3)繊維ネットの引張強さ

施工後 15~29 年を経過した建築物から採取した繊維ネットの引張試験結果のみから判断すると、引張荷重の平均値は 110N 程度であり、未使用の未使用品と明らかな差は認められない状態である。一方、繊維ネットの伸び率は平均値で 5.2~7.5%程度で、未使用品と比較して低下しているようである。しかし、既報<sup>1)~5)</sup>でも述べているように、健全な状態での繊維ネットの試料採取が困難であることを考慮すれば、当該工法の使用材料に対する要求性能は、未だ十分に満足していると判断できる。耐久性の評価には、今後も継続的な調査が必要であると考えられる。

施工後 29 年を経過した表面仕上げを施していない当該工法の表面状態を写真 3 に示す。写真に見られるように、表面的な劣化は顕著であるが、引張り試験の結果から当該工法に使用された材料の劣化は抑制されているか、軽微であると判断される。



写真3 表面仕上げを施していない当該工法の外壁

### 4. まとめ

ピンネット工法を適用して 26 年間屋外暴露した試験体及び集合住宅の改修工事に適用されて 15~29 年を経過した外壁の実態調査の結果から、当該工法の耐久性に関して以下のようなことがいえる。

(1)改修層の引張強さは、屋外暴露 26 年を経過しても平均値では、タイルの引張接着強度の基準である 0.4N/mm<sup>2</sup>以上の値を十分に満足している。

改修施工後 15 年を経過した改修層には、既存仕

層との界面における浮きは見られない。また、改修施工後 29 年を経過した実建築物の改修層においても、顕著な低下は認められていない。したがって、十分な耐久性が期待できる。

(2)アンカーピンの引張強さは、暴露 26 年を経過しても 1,500N/本以上の値を保持している。また改修施工後 15~27 年を経過した実建築物においても同様であり、アンカーピンの経年変化はないと判断できる。

(3)実建築物から採取された繊維ネットの引張強さは、未使用品と比較しても明らかな差は認められないが、伸び率は低下の傾向がある。しかし、繊維ネットの採取時による損傷を考慮すれば、当該工法における要求性能は未だ満足していると判断できる。

以上のような結果から、当該工法は改修後 25 年程度を経過しても、十分な耐久性を期待できる。今後も継続的な実態調査やデータの蓄積を図り、当該工法の耐久性や信頼性に関する検討を推進していく。

### 【謝辞】

本稿の執筆及び当該工法の耐久性評価には、ものづくり大学近藤照夫名誉教授のご指導仰いでいる。また、実態調査には、多くの全国ビルリフォーム工事業協同組合の方々に参加されており、記して謝意を表す。

### 【参考文献】

- 1)渡辺清彦ほか:外壁複合改修工法の実態調査に基づく耐久性評価, 日本建築仕上学会 2005 年大会学術講演会研究発表論文集 p163
- 2)天田裕之ほか:外壁複合改修工法の耐久性に関する検討, 日本建築仕上学会 2007 年大会学術講演会研究発表論文集p171
- 3)諸橋強正ほか:外壁複合改修工法の耐久性とLCCの検討, 日本建築仕上学会 2011 年大会学術講演会研究発表論文集p41
- 4)堀竹市ほか:外壁複合改修工法の開発経緯と実態調査, 日本建築仕上学会 2012 年大会学術講演会研究発表論文集p155
- 5)本吉竜生ほか:施工後 23 年経過した外壁複合改修工法の追跡調査, 日本建築仕上学会 2015 年大会学術講演会研究発表論文集p167
- 6)国土交通大臣官房官庁営繕部監修:建築改修工事監理指針平成 28 年度版, (一財)建築保全センター

\*1.全国ビルリフォーム工事業協同組合