

外壁複合改修工法の開発経緯と実態調査

○堀竹市*¹ 近藤照夫*² 渡辺清彦*¹ 佐々木聡*¹ 諸橋強正*¹

1. はじめに

日本国内のコンクリート造建築物においては、陶磁器質タイル張りやモルタル塗りによる外壁仕上げが一般化している。しかし、これらの外壁仕上げ構法においては、サーマルムーブメントの繰返しによって下地から仕上げ層が剥離して、さらには一部が剥落することがある。

このような外壁の劣化に対しては、アンカーピンニングによる機械的固定やエポキシ樹脂注入による接着を用いた補修工法が、以前から適用されている。しかし、このような補修工法は、剥離が生じた外壁部分に対する事後保全であり、補修工事が終了した後も、他の部位で新たな剥離を生じる可能性が考えられる。

そのような背景から、アンカーピンを用いて既存仕上げ層を躯体コンクリートへ機械的に固定し、外壁全面を繊維ネットを面的に押える外壁複合改修工法が 25 年ほど前に開発され、昨今では適用が増加している。当該工法であれば、剥離が未だ生じていない部分も含めた予防保全の効果が期待できる。

当該工法は複数開発されており、それらの中には建設技術評価制度による認定や建設技術審査証明（建築技術）による技術審査を受けている工法が含まれている。

本報では、その中の一工法（GNS ピンネット工法）に着目して、その特徴と開発経緯および施工実績に対する実態調査に基づく耐久性評価の結果を述べる。

2. 工法の概要

本報で検討対象としている工法は、鉄筋コンクリート造や鉄骨鉄筋コンクリート造の建築物の外壁仕上げを対象としている。

当該工法は、既存仕上げ層の上に、SBR ラテックス混入セメントフィラーを塗付けてビニロン繊維ネットを埋め込み、SUS304 製アンカーピンによってコンクリートに留め付け、既存仕上げ層の落下を防止するものである。その特徴は、以下のとおりである。

- (1) SUS304 製アンカーピンの打込みによって、既存仕上げ層（モルタル塗りや陶磁器質タイル張り）を躯体コンクリートに緊結固定する。
- (2) 三軸ビニロン繊維の埋め込みによって、ひび割れの発生を抑制するとともに、面的な繋がりによる剥落防止効果を果たす。
- (3) 全国的な施工体制が確立されており、標準施工マニュアルに則った施工品質が確保できる。

当該工法の施工手順は、以下のとおりである。

- ① 高压洗浄（15～30MPa）により、既存仕上げ層表面の汚れ、付着物、脆弱部などを除去する。
- ② 既存仕上げ層の著しい劣化部分は研り落とし、著しい鉄筋露出部や欠損部、ひび割れなどに対しては、事前に補修する。
- ③ EVA 系プライマーを刷毛、ローラーあるいは吹付けで塗付して、乾燥させる。
- ④ SBR ラテックス混入セメントフィラーを金ごてで $3\text{kg}/\text{m}^2$ 塗付する。
- ⑤ ビニロン繊維ネットを金ごてで埋め込む。ネット端部の重ね幅は 50mm とする。
- ⑥ 専用ドリルで $4\text{本}/\text{m}^2$ を基準として縦横に 500mm ピッチで穿孔し、SUS304 製アンカーピンを打込む。
- ⑦ アンカーピンの頭部に、上記ポリマーセメントフィラーを塗付する。
- ⑧ $2\text{kg}/\text{m}^2$ の上記ポリマーセメントフィラーを全面に塗付して、表面を平滑に仕上げる。

Progress and investigation into the actual conditions of a renewal method
for external walls by application of net overlaying and anchoring

HORI Takeshi*¹, KONDO Teruo*², WATANABE Kiyohiko*¹,
SASAKI Satoshi*¹, MOROHASHI Tsuyomasa*¹

3. 工法の開発経緯

当該工法は、全国ビルリフォーム工事業協同組合の前身である全国外壁補修工事業協同組合によって、25年ほど前に開発されている。

本工法の適用範囲や標準施工仕様を確立するための研究が1990年～1992年の3年間にわたり、日本建築仕上学会へ委託されている。その研究成果は、「アンカーピンとネットを併用した外壁複合改修工法に関する研究」として、1993年と1994年の本会学術講演会において、以下のような報告がされている。

(1) その1 工法の概要と施工物件の実態調査¹⁾

当該工法の施工手順を紹介するとともに、施工直後から施工後3年半を経過した数件の施工実績に対する実態調査の結果を報告している。

(2) その2 当該工法に用いる材料の品質²⁾

当該工法に用いるプライマー、フィラー、ネットおよびアンカーピンの基本的な物性の評価結果を示している。さらに、陶磁器質タイルや各種建築用仕上塗材に対して、十分な接着性を有していることを報告している。

(3) その3 下地の変形に対する追従性の実験的検討³⁾

コンクリートから剥離しているモルタル層を当該工法で補修した実大規模の試験体を用いて、曲げ変形を加える実験結果を述べている。本工法の適用により、モルタル層に発生するひび割れを分散させ、剥離したモルタル層を保持して剥落させないことを確認している。さらに、下地変形時にアンカーピン周囲の応力集中による破壊が無いことも明らかにしている。

(4) その4 熱冷繰り返しによる耐久性の評価⁴⁾

実大規模の試験体を用いた熱冷繰り返し実験の結果から、当該工法を施すと乾燥収縮による表面ひび割れが普通モルタルより少なく、加熱冷却によるモルタルの浮き進行を抑制するとともに、引張接着強度の低下は問題が無いことを示している。アンカーピンは引抜き耐力を保持しており、浮きが進行してもアンカーピンの耐力低下が無いことを報告している。

(5) その5 既存仕上げ層と新しい仕上げ層を複合した場合の吸放湿量の測定⁵⁾

実大規模の壁体を用いて、建築用仕上塗材の組合せによる透湿性を評価した実験から、仕上塗材を組合せた透湿度は単体の仕上塗材の透湿度から推定できることを示している。また、ALC壁体を用いた結露試験から、低透湿性の仕上塗材を施工した場合には仕上塗材近傍のALC

含水率が結露により上昇することや、仕上塗材の透湿度の違いによりALCの深さ方向の含水率分布パターンが明らかに異なることを報告している。

(6) その6 温冷繰返し後の下地圧縮歪への追従性試験⁶⁾

コンクリート下地に圧縮歪を加えて補修層の追従性を調べる実験の結果から、試験後の補修層に剥離またはひび割れは認められず、コンクリート下地とほぼ等しい歪を示し、追従性に優れることを報告している。また、フィラーの厚さ方向で、下地追従性にほとんど差が認められないことも示している。

(7) その7 既存仕上げ層を部分除去した場合の透湿性の評価⁷⁾

既存仕上げ層の除去効果を実験的に評価した結果から、既存仕上げ層を除去しない場合と完全除去した場合の透湿度は、除去率に応じて比例的に変化することが確認され、理論計算が可能であることを示している。また、同一の除去率では分散除去と集中除去では有意差が認められないことを示している。

(8) その8 品質管理方法の検討と施工実績の追跡調査⁸⁾

当該工法の品質管理に適用する小型軽量の引張試験器は、データの信頼性や現場での作業性に適していることを示している。また、最長で3年を経過している施工実績に対する実態調査をして、優れた補修効果を確認している。

以上のような実験的評価や実態調査の結果に基づき、当該工法の標準仕様が確立され、施工実績を重ねている。

4. 実態調査

当該工法は前述したように1990年代から適用され始め、1998年には都市再生機構「保全工事共通仕様書」⁹⁾ならびに国土交通省大臣官房官庁営繕部監修「建築改修工事監理指針」¹⁰⁾に新しい外壁改修構法として紹介され、急激に普及を示している。

筆者らは当該工法の普及を図るとともに、当該工法が施工された物件について実態調査を継続している。本工法で施工した施工面積は、2012年3月末調査で約200万㎡に及んでおり、筆者らが行った実態調査も10件に達している。それらの調査対象は表1に示すとおりであり、結果の一部は既に本会学術講演会で報告している^{11)~13)}。本報では、既報以外の調査結果も含めて総合的な評価を述べる。

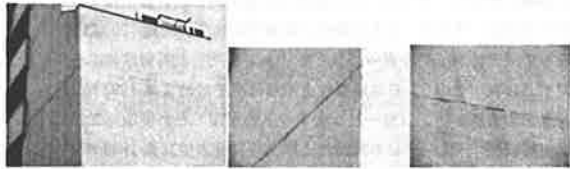
表 1 実態調査の概要

No.	名称	竣工年	改修年月	調査年月		構造	外装仕上げ		調査項目					備考	
				年月	改修後 経過年数		改修前	改修後	目視 観察	打音 調査	付着力 試験	APV 試験	繊維引 引試験		コア採取
1	集合住宅	1972	1992.12	2001.06	9.5	RC造	陶磁器質モザイクタイル	合成樹脂EP	○		○		○	○	妻壁
2	集合住宅	1971	1991.10	2001.01	10	RC造 5階建	タイル	合成樹脂EP	○						大底鼻先、掃き溜り壁、重壁、天端、玄関底鼻先、妻壁
3	集合住宅	1983	1991.10	2001.01	10	2階建	なし	なし	○						玄関底
4	集合住宅	1971	1991.09	2006.06	15	RC造 7階建	陶磁器質モザイクタイル	合成樹脂EP	○		○	○	○	○	
5	集合住宅	1971	1998.03	2008.05	10	RC造 13階建	陶磁器質モザイクタイル	合成樹脂EP	○	○	○	○			
6	集合住宅	1972	2003.08	2009.03	6.5	RC造	陶磁器質モザイクタイル	合成樹脂EP	○						
7	集合住宅	1973	2002.03	2009.03	7	RC造	陶磁器質モザイクタイル	合成樹脂EP	○						
8	集合住宅	1966	1990.03	2010.09	20	SRC造 11階建	なし	なし	○		○		○		屋上ペントハウス内壁(屋外に露する)
9	集合住宅	1974	1993.10	2011.06	14	RC造	陶磁器質モザイクタイル	合成樹脂EP			○	○	○		
10	集合住宅	1971	1991.09	2011.09	20	RC造 7階建	陶磁器質モザイクタイル	合成樹脂EP	○		○	○	○		

○: 実施項目

4.1 目視観察

当該工法が採用された初期の頃には、妻壁などの伸縮調整目地の上にも施工したため、10年程度を経過した後には、伸縮調整目地に沿ったひび割れが仕上げ面に確認されている。そのため、筆者らは本工法の施工時に伸縮調整目地を設置することを提案して、目地を設置した場合には、写真2に示すように、6~7年を経過してもひび割れは確認されていない。



外壁全体 目地設置部分 目地設置なし
写真2 目地設置有無の例

施工後20年を経過した建築物で仕上げを施さなかった外壁では、写真3のようにフィラーが風雨に曝されて洗い出し状になり、繊維が露出している。一方、写真4のように風雨に曝されない梁下の部位などでは、繊維ネットの露出は確認されない。



写真3 仕上げを施していない外壁の例

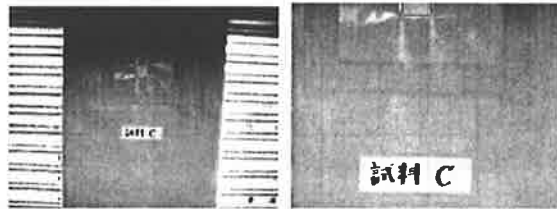


写真4 風雨に曝されていない部位

共用廊下の外壁に当該工法を適用した場合には、写真5のようにコンクリートの乾燥収縮による貫通ひび割れが外装仕上げ表面にも確認され、錆汁も見られることがある。ひび割れに雨水が浸透して内部鉄筋が腐食したため、外装仕上げ表面に錆汁が滲出していると推定される。したがって、躯体コンクリートの乾燥収縮によるひび割れを当該工法で制御するのは難しく、当該工法の施工時に確認された躯体コンクリートのひび割れには、樹脂注入工法やひび割れ部の補修等が必要であると判断される。

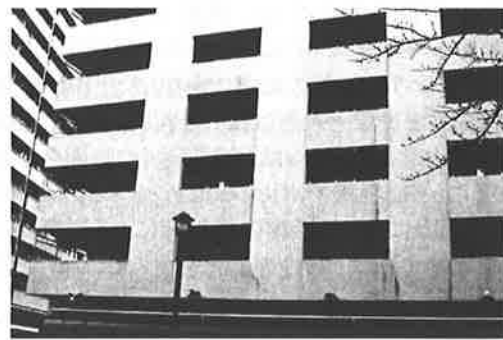


写真5 ひび割れ部の錆汁

4.2 フィラー、アンカーピン、繊維の試験結果

実態調査においては、当該工法に適用されたフィラーやアンカーピンの引張試験を可能な限り実施して、保有耐力の経年変化を調べている。また、一部の調査では、繊維ネットを採取して引張試験をしている。

試験結果は表2に示すとおりである。

5. まとめ

当該工法は、開発当初に多くの実験的評価に基づいて、標準施工法が確立されている。

さらに、その後も20年間にわたり実態調査が継続されており、現状では使用材料の物性変化が認められないと判断できる。

表2 引張試験の結果

No.	名称	試験結果					
		付着力試験 (N/mm ²)	AP引張試験 (N)	繊維引張試験		未使用品の繊維引張試験	
				破断強さ(N)	伸び率(%)	破断強さ(N)	伸び率(%)
1	集合住宅	2.0 (1.4~2.6)	----- -----	89 (71~98)	5.6 (2.7~7.0)	----- -----	----- -----
4	集合住宅	1.6 (0.7~3.0)	1,778 (1,570~2,550)	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
5	集合住宅	1.7 (1.2~2.5)	1,783 (1,610~2,340)	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----
8	集合住宅	1.3 (0.5~2.2)	----- -----	102 (92~112)	7.4 (6.5~8.5)	114 (98~125)	9.9 (9.4~10.7)
9	集合住宅	0.5	1,650 (1,566~1,763)	109 (95~121)	6.9 (6.0~8.1)	100 (94~104)	7.8 (7~8.5)
10	集合住宅	1.8 (1.4~2.2)	1,753 (1,715~1,823)	105 (89~123)	7.6 (4.8~8.5)	100 (94~104)	7.8 (7~8.5)

上段: 平均値 下段: 範囲

当該工法のフィラーの品質基準としている公共建築改修工事標準仕様書で規定される陶磁器質タイル張りの引張接着強度の判定基準である0.4N/mm²以上の値を十分に満足している。特に、施工後20年を経過したNo.10の集合住宅においても、平均値で1.8N/mm²を示しており、経年変化は認められないと判断できる。

また、アンカーピンの引張試験では、品質基準である1,500N以上を確認できた時点で加力を終了しているため、真の引張強さは表2の試験結果以上の値である。調査した全ての結果において、1,500N以上の引張強さが確認され、20年を経過してもアンカーピンの引張強さは、当該工法の品質基準を十分に満足している。

繊維ネットについては、破断強さが100N前後で、伸び率も7%前後の結果であり、未使用の繊維ネットに対する結果と大差は無いと判断される。現場から採取された繊維ネットは、20年近くの時間を経過していることや、現場でポリマーセメントフィラー中から採取する際に生じる繊維の損傷等による影響があることを考慮すれば、物性の変化を生じていないと考えられる。

[参考文献]

- 1) 佐々木淳ほか：アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究 その1 日本建築工学会研究発表論文集 1993年
- 2) 伊藤広暁ほか：アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究 その2 日本建築工学会研究発表論文集 1993年
- 3) 渡辺博司ほか：アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究 その3 日本建築工学会研究発表論文集 1993年
- 4) 近藤照夫ほか：アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究 その4 日本建築工学会研究発表論文集 1993年
- 5) 本橋健司ほか：アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究 その5 日本建築工学会研究発表論文集 1993年
- 6) 本橋健司ほか：アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究 その7 日本建築工学会研究発表論文集 1994年
- 7) 近藤照夫ほか：アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究 その8 日本建築工学会研究発表論文集 1994年
- 8) 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 日本建築工学会研究発表論文集 2005年
- 9) 都市再生機構：保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質基準仕様登録集 平成10年度版
- 10) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 建築改修工事監理指針 平成10年版
- 11) 佐々木聡ほか：外断熱構法を付加した外壁複合改修工法 日本建築工学会研究発表論文集 2005年
- 12) 天田裕之ほか：外壁複合改修工法の耐久性に関する検討 日本建築工学会研究発表論文集 2007年
- 13) 諸橋強正ほか：外壁複合改修工法の耐久性とLCCの検討 日本建築工学会研究発表論文集 2011年。

*1 全国ビルリフォーム工事業協同組合
*2 ものつくり大学 教授 博士 (工学)