

外壁複合改修工法の耐久性評価とLCCの検討

○ 諸橋 強正*¹ 近藤 照夫*² 堀 竹市*¹

天田 裕之*¹ 渡辺 清彦*¹ 佐々木 聡*¹

1. はじめに

2009年6月4日に施行された「長期優良住宅の普及の促進に関する法律」を受けて、建築物に対する超寿命化や維持保全に対する社会的な意識が、ますます高まっている。

さらに、独立行政法人建築研究所では、2009～2010年度の重点研究テーマとして、「建築物の長期使用に対応した材料・部材の品質確保・維持保全手法の開発」を推進している。30年前に実施された「建築物の耐久性向上技術の開発総合プロジェクト」の成果を見直して、①耐久設計手法の再構築 ②維持保全手法の構築 ③生産や維持保全に関する情報管理手法の提案(BIM等の利用)をめざしている。研究活動は2011年3月末で終了しており、間もなく成果が報告されるものと期待されている。

日本国内の建設市場を見ると、年間建設投資は平成4年度の84兆円をピークとして、その後は経済の低迷を受けて継続的な減少を示している。平成22年度の建設投資は39兆円となり、ピーク時の46%程度に至っている。しかし、そのような状況下においても、既存建築物に対する補修改修の市場は、着実に増加している。さらに、2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震及びその後の余震によって、多数の建築物に被害が生じている。そのような被災建築物に対する復旧・復興においても、改修工事の増加が予想されている。

特に、モルタル塗りやタイル張りで仕上げられた外壁は、剥落を回避して安全性を確保するとともに、建築物全体の耐久性を向上させる観点から、重要な意味を持っている。

アンカーピンと繊維ネットを併用する外壁複合改修工法は20年ほど前に開発され、外壁の剥落防止に対する効果が着目されて普及している。

外壁複合改修工法は複数開発されているが、その中の一工法であるG工法(以後、当該工法と記す。)の耐久性に関しては、熱冷繰り返し促

進試験による評価が、1994年大会で報告されている¹⁾。また、2005年及び2007年大会においては、当該工法を適用して10年及び15年程度を経過した建築物や屋外暴露試験体の調査をした結果が、報告されている^{2),3)}。

本報では、当該工法を適用して20年を経過した上記建築物の使用材料を調査して、耐久性の検討をさらに進める。

また、それらの耐久性に関する検討結果を考慮して、既存モルタルを撤去して新規モルタル塗りをした上に、塗装仕上げを施す在来の一般的な改修工法を繰返す場合と、当該工法を適用した場合のLCC(ライフサイクルコスト)を試算して、当該工法の経済性を検討する。

2. 施工後20年を経過した当該工法の評価

2.1 使用材料の評価

当該工法を施工して20年を経過する実建築物の壁面において、使用されたファイラー、繊維ネット及びアンカーピンに対する引張試験を実施して、経年変化を検討する。

(1) 評価対象

平成3年に当該工法が施工された千葉県千葉市のRC造集合住宅(地上7階建)で、建築概要は既報³⁾に示すとおりである。

(2) 試験の実施

平成23年6月(施工後20年経過)

(3) 評価方法

当該工法に適用される各種材料の物性値は、既報³⁾に示すとおりである。評価対象の建築物に使用されたこれらの材料を以下のように評価する。

① ファイラー: 当該工法が施工された壁面に、鋼製アタッチメント(40×40mm)をエポキシ樹脂系接着剤で張付けて硬化した後に、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仕上げ面に達する深さまで切断して、引張試験を実施した。

引張試験には、日本建築工学会認定引張試験器(サンコーテクノ(株)R-10000ND)を適用し

Durability and LCC estimation of a renewal method for external walls by application of net overlaying and anchoring

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

値を引張強さとし、5箇所を測定して、その平均値を求めた。

② アンカーピン:ファイラーの引張試験が終了した後、アンカーピン頭部にドリルスクリーブ (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、その最大荷重を引張強さとした。

③ 繊維ネット:実建築物の壁面から、ファイラーに埋め込まれた繊維ネットを採取して、損傷の少ない部分を 10 cm切り出す。インストロン万能試験機を用いて、JIS L 1013 化学繊維フィラメント糸試験方法 8.5 引張試験に準じて、採取試料を引張り、繊維が破断された時の強さ及び伸び率を測定した。引張試験はチャック間距離 20 mm、ヘッドスピード 20 mm/分で行った。また、未使用の繊維ネットについても、同様な引張試験を実施して、破断強さを比較する。

2.2 評価の結果

現地調査の実施状況を写真 1 に示す。



写真 1 現地調査の状況

ファイラーの引張強さを表 1、アンカーピンの引張強さを表 2 及び繊維ネットの破断強さを表 3 に示す。

表 1 フィラーの引張強さ

(単位: N/mm²)

No	引張強さ
1	1.99
2	1.72
3	2.15
4	1.4
5	1.55
平均	1.76

表 2 アンカーピンの引張強さ

(単位: N)

No	引張強さ
1	1745
2	1757
3	1715
4	1823
5	1727
平均	1753

表 3 繊維ネットの引張試験結果

試料	No	破断強さ(N)	変位(mm)	伸び率(%)
東面	1	115	1.7	8.5
	2	101	1.7	8.5
	3	94	1.4	7
	4	117	1.6	8
	5	107	1.7	8.5
	平均	107	1.6	8.1
西面	1	100	1.5	7.5
	2	96	1.4	7
	3	102	1.7	8.5
	4	101	1.4	7
	5	89	1.3	6.5
	平均	98	1.5	7.3
南面	1	102	1.5	7.5
	2	123	1.7	8.5
	3	107	1.3	6.5
	4	112	1.6	8
	5	121	1.7	8.5
	平均	113	1.6	7.8
北面	1	108	1.7	8.3
	2	116	1.6	7.9
	3	106	1.5	7.5
	4	97	1.5	7.5
	5	92	1	4.8
	平均	104	1.4	7.2
未使用	1	97	1.4	7
	2	104	1.7	8.5
	3	94	1.6	8
	4	100	1.6	8
	5	103	1.5	7.5
	平均	100	1.6	7.8

2.3 考察

当該工法を適用して 20 年を経過した実建築物で実施した引張試験の結果では、ファイラーの

引張強さは 1.40~2.15 N/mm² で、平均では 1.76N/mm² を示している。当該材料の品質基準としている公共建築改修工事標準仕様書⁴⁾において、タイル張りの引張接着強度の判定基準である 0.4 N/mm² 以上の値を十分に満足している。

また、アンカーピンの引張強さは 1715~1823N で、平均では 1753N を示している。これらの値は、当該工法の品質基準である 1500N を十分に満足している。

さらに、繊維ネットの破断強さや伸び率は、未使用材料と同程度の値を示している。当該工法を適用された実建築物から採取された繊維ネットは、試料の採取時に損傷を受けることを回避することは不可能であり、そのような損傷によって破断強さが低下することは、十分に考えられる。しかし、今回得られた結果は、既報³⁾より大きな測定値となっており、ばらつきも少ないデータとなっている。上述のような試料の採取時に避けることができないと考えられる繊維ネットの損傷は、採取の繰返しによる熟練により、低減されていると推定される。

以上のように、当該工法の使用材料に関する測定結果は、既報³⁾で述べた 15 年を経過した同一の建築物に対する調査結果と同等以上の値である。したがって、施工後 20 年を経過しても、当該工法に適用される材料のファイラー、アンカーピン及び繊維ネットには、明らかな物性低下は認められず、外壁の剥落防止に対する十分な耐久性を有していると判断できる。

今後も継続的な実態調査やデータの蓄積を図り、耐久性に関する検討を推進していくことが重要である。

3. LCC 試算による経済性の評価

3.1 試算モデル

地上 4 階建ての RC 造集合住宅で、新築時にはコンクリートにモルタル塗りを施した上に、塗装仕上げを採用されている外壁（面積：12,000m²）を改修工事の対象として想定する。

新築施工から 10 年経過時に、既存モルタルの補修をして表面塗装の更新をした後、20 年目に既存モルタルを全面撤去して表面塗装をする在来工法あるいは当該工法を適用した改修を実施して、新築施工から 40 年経過時までを対象期間として LCC を試算する。

LCC は、20 年ごとに既存のモルタル塗りを全面撤去して、表面塗装を更新する在来工法を繰返す場合と、20 年目に当該工法を適用して、以

降は 10 年ごとに改修層の補修をして、同様の表面塗装を更新する場合を比較する。表面塗装は、シーラー塗り、可とう形改修用仕上塗材塗り、つや有合成樹脂エマルジョンペイント 2 回塗りの仕様とする。

当該試算においては、改修工事のインシヤルコスト及びランニングコストのみを対象としており、既存材料の解体処分費は含んでいない。また、金利や物価の変動も考慮しないものとする。

LCC を試算する両工法の改修概要を表 4 に示す。

表 4 改修工事のモデル

経過年	在来工法*	当該工法
10 年	既存モルタルの補修後に表面塗装	既存モルタルの補修後に表面塗装
20 年	既存モルタルを全面撤去、表面塗装	当該工法を適用、表面塗装
30 年	下地モルタル補修後に表面塗装	下地モルタル補修後に表面塗装
40 年	下地モルタルを全面撤去、表面塗装	下地モルタル補修後に表面塗装

*. 15,25,35 年目に外壁調査の上、部分補修を実施

3.2 結果と考察

建築物が竣工した後の 10 年目から 40 年経過時までの外壁改修工事費用を累積した LCC を図 1 に示す。

図 1 によると、新築施工後 20 年目に当該工法を適用すると、インシヤルコストが在来工法より 2,500 万円ほど高い結果となっている。しかし、新築施工後 35 年目になると、部分補修を繰返す在来工法のランニングコストが累積されて、当該工法が累積コストにおいて有利な結果となっている。

上述した耐久性の評価によれば、当該工法は施工後 20 年を経過しても、使用材料の劣化が認められていない。本結果を考慮すれば、図 1 における当該工法の累積コストは新築施工 40 年経過以降も、大きな上昇を示すことはない判断できる。

したがって、LCC を用いて検討すると、当該工法のインシヤルコストは在来工法に比べて高いが、改修施工をして 25 年を経過すると、ランニングコストが大きく抑えられることから、有利な経済性を確保できると判断される。

今後も耐久性に関する評価を継続することにより、外壁剥落防止に対する効果と LCC 試算の信頼性が向上すると考えられる。

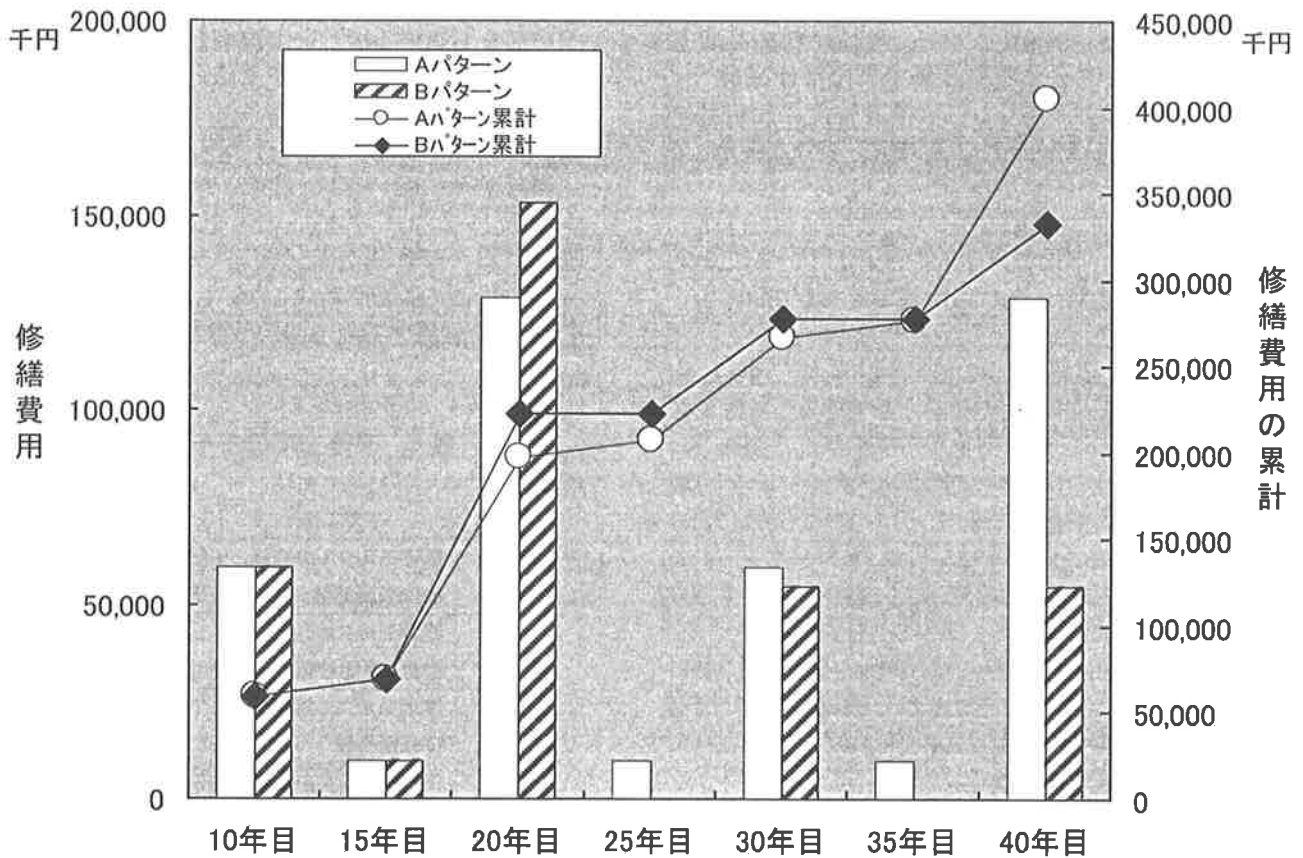


図1 新築施工後40年までのLCC比較

4. まとめ

本報では、外壁複合改修工法のG工法を適用して、20年を経過する実建築物の調査をした結果から、当該工法の使用材料には経年劣化が認められないことを明らかにした。

また、既存モルタルを全面撤去して、表面塗装を更新する在来の改修工法を繰り返す場合と、当該工法を適用して外壁改修を実施した場合のLCCを試算して、経済性の評価を検討した。本報で想定したモデルでは、当該工法はインシャルコストが高いが、改修施工をして25年を経過すると、ランニングコストが抑えられることから、有利な経済性を確保できると判断される。

今後も、当該工法を適用した実建築物の実態調査を継続して、外壁剥落防止効果とLCC試算の信頼性向上を図っていく予定である。

【参考文献】

- 1) 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 熱冷繰り返しによる耐久性の評価，日本建築仕上学会1994年大会学術講演会研究発表論文集，pp.181～184(1994)
- 2) 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，pp.163～166
- 3) 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，pp.171～174
- 4) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修：公共建築改修工事標準仕様書（建築工事編）平成22年版，建築保全センター（2010）

*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)