

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 17 日現在

機関番号：	14101
研究種目：	挑戦的萌芽研究
研究期間：	2011～2012
課題番号：	23656339
研究課題名（和文）	既存建築物の外装タイル層剥落防止のための含浸・造膜カバー工法の開発研究
研究課題名（英文）	Development of Impregnation and Film-forming Cover Method for Prevention from Exfoliation of Existing Exterior Tile
研究代表者	
	畑中 重光 (HATANAKA SHIGEMITESU)
	三重大学・大学院工学研究科・教授
	研究者番号： 00183088

研究成果の概要（和文）：本申請研究では、申請者らが過去の科学研究費補助金を受けて開発した「多孔質材料に対する高含浸性強化剤」を活用し、外装タイルを目地も含めて強化・一体化する「含浸・造膜カバー工法」という、新しい発想に基づく合理的で低コストの補修・改修工法の開発を試みた。その結果、含浸剤および造膜剤に対して、それぞれ異なる特性を持つ高含浸性強化剤を用いることが妥当であること、および、各薬剤の補強特性の一部が明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：In this research, development of new method for prevention from exfoliation of existing exterior tiles was attempted. Impregnating and film-forming cover agent for porous materials which was developed by the applicants in a past research was utilized for this method. Features of this method are strengthening and unifying exterior tiles including joint of tiles by using an impregnating and film-forming cover agent. As a result of this research, it was found that it is appropriate to use different type high impregnation strengthening agents as an impregnation agent and a film-forming agent, respectively. Also, reinforcement characteristics of each agent were grasped.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：コンクリート工学、建築材料学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：保全技術、外装タイル、タイル直貼り工法、含浸・造膜カバー工法、高含浸性強化剤

1. 研究開始当初の背景

既存建築物に使用されている外装タイル壁（以下、外装タイル）の劣化・施工不良は、1989年の北九州市内のビルの剥落事故の例に見られるように、人命を奪う重大な事故につながる懸念される。建築構造物の外装タイルは、施工時の品質管理が難しく、こ

れまでも経年に伴う外壁タイルの浮きや剥落などが問題視されてきた。

法的には、平成20年4月1日から建築基準法第12条に基づく定期報告制度が変わり、外壁タイル等の劣化・損傷の調査が厳格化された。このため、外壁タイルの建物の多くは、大なり小なりの補修・改修が必要となっ

る可能性が高い。

公共建物で使用されてきた下地モルタルを使用する外装タイルについては、建設改修工事施工監理指針（建設大臣官房官庁営繕部監修）にその補修・改修工法が示されている。しかし、低コストゆえ現在の民間建物のほとんどに採用されている「タイル直張り工法」については、現在のところ補修・改修工法の指針類が存在しない。この「タイル直張り工法」の補修・改修の難しさは、タイルの個々のピースがばらばらに挙動してしまうことにある。メーカーが独自に提案する工法もあるが、安全性、経済性、美観などの問題を残している。

2. 研究の目的

本申請研究では、申請者らが過去の科学研究費補助金を受けて開発した「多孔質材料に対する高含浸性強化剤」を活用し、外装タイルを目地も含めて強化・一体化する「含浸・造膜カバー工法」という、これまでに提案されている外装タイルの剥落防止工法に比べて、全く新しい発想に基づく合理的で低コストの補修・改修工法を研究・開発しようとするものである。

現状では、何らかの補修が必要な外装タイルの建物は 20 万棟を超えると試算され、今後、補修の必要な建物が増加すると予想されることから、社会的な波及効果は極めて大きいと考える。

【参考文献】

- 1) 長谷川哲也, 畑中重光, 三島直生, 伊藤敬人, 谷川恭雄, 小径ドリル型削孔試験機を利用した高含浸強化剤の性能評価、シンポジウムコンクリート構造物の非破壊検査論文集 (Vol. 3), pp. 357-362, 2009. 8

3. 研究の方法

本申請研究は、2 年計画で行われた。研究初年度（平成 23 年度）は、開発する工法の基本的性状を明解にするため、タイル表面の造膜厚さ、目地モルタルに対する含浸深さ、およびタイルと目地モルタルの間の隙間に対する充填性を主な評価対象とし、設計条件に応じた最適な高含浸性強化剤の組成（成分および割合）を決定した。併せて、含浸深さや各種強度特性に関する物理試験を行った。

研究次年度（平成 24 年度）は、前年度の検討結果から選定された割合の高含浸性強化剤について、実際に浮きを生じたタイル面を再現して補修を行い、強度試験を行った。また、適切な施工方法に関する検討も行った。

4. 研究成果

① 開発した工法の概要

本申請研究で開発を行った、含浸造膜剤を用いた外装タイル剥落防止工法のイメージを図-1に示す。

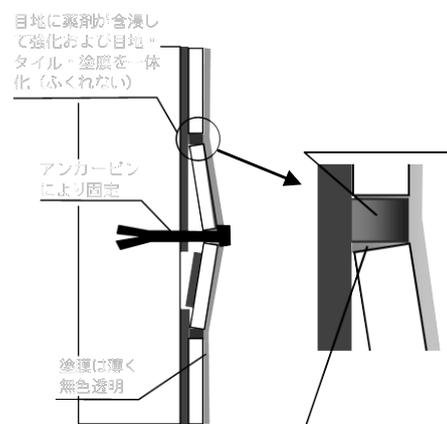


図-1 開発した外装タイル剥落防止工法の概要

含浸造膜剤により形成された塗膜がタイルの表面に接着し、タイルの落下を防ぎ、同時に、含浸造膜剤が経年で脆弱化した目地部に浸透・強化するとともに、目地切れしたタイルと目地の隙間を充填し、タイルと目地を接合させる。

造膜する薬剤は、タイル目地に含浸する薬剤と同じ材料であり、これらは一体化し、造膜した薬剤が目地モルタル内にアンカーしている状況を造り出す。そして、一体化したタイルと目地および造膜部をアンカーピンによりコンクリート躯体に留め付ける。

② 高含浸性強化剤の概説

高含浸性強化剤は、コンクリートやレンガ、木材などの多孔質材料の微細な連続空隙の内部にまで含浸し、その後に硬化することで材料自体を強化することができる薬剤である。表層に塗膜を形成するだけの一般的な塗材とは異なり、表層の深くまで一体的に強化されることから施工後の塗膜剥離やふくれが回避できる。薬剤は、基本的に表-1に示す3成分の混合物として作成する。硬化剤は硬化後の強度に寄与し、添加剤は硬化後の弾力性に寄与する。添加剤には、アクリル系とポリエステル系の2種類がある。溶剤は含浸性および作業性に寄与する。

表-1 高含浸性強化剤の成分と機能

成分		機能
樹脂固形分	硬化剤	溶剤の揮発後に硬化し、強度および接着性を確保する
	添加剤	硬化剤に粘性を持たせ、脆性的な破壊・劣化を抑制する
	添加剤A	アクリル系
	添加剤B	ポリエステル系
溶剤		有機系の揮発性溶剤で、薬剤の含浸性を確保する。

3成分の内、硬化後に機能を発揮する硬化剤と添加剤を樹脂固形分と呼び、薬剤全体の質量に対する樹脂固形分の質量の割合を樹脂固形分率と呼ぶ。樹脂固形分率が小さく、塗布量が多いほど薬剤の含浸深さは深くなる。ただし、樹脂固形分率が小さいと、強度の改善幅は小さい。したがって、含浸深さや強度の改善効果は、樹脂固形分率と塗布量、さらに、数回に分けて塗布を行う場合は塗布のインターバルによってコントロールする。

③ 含浸造膜剤の引張強度試験

図-2に示す6種類の樹脂硬化体の引張強さ、破断時の伸び率および、弾性係数を測定した。厚さが約0.5mmのシート状になるように樹脂を型枠に流し込み、樹脂の硬化後、110℃の温度で乾燥させ、溶剤を十分に揮発させる。シート状の樹脂硬化体から、カッターナイフでダンベル3号形（JIS K 6251）の形状に切り出し、これを試験片とした。

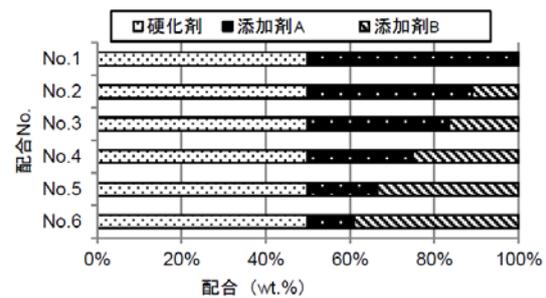


図-2 樹脂固形分配合

試験結果を図-3 および図-4に示す。引張強さ、弾性係数は添加剤Aを多く含むものほど大きく、伸び率は添加剤Bを多く含むものほど大きい。ただし、No. 1～3とNo. 4～6とでは水準の変化に対する、結果の変化状況が異なる。応力-ひずみ曲線も、No. 1～3はバイリニア型、すなわち弾塑性体に近い挙動であるのに対し、No. 4～6は線形となっており、これは弾性体の挙動である。これより、No. 1～3とNo. 4～6とでは、樹脂の性質に大きな違いがあるといえる。

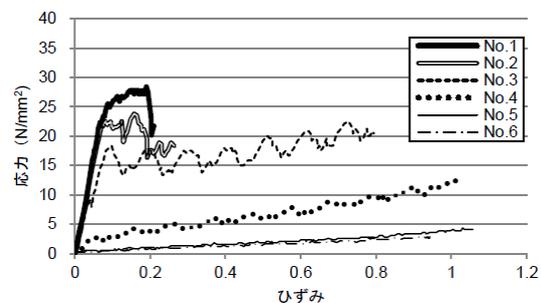


図-3 樹脂硬化体の応力-ひずみ曲線

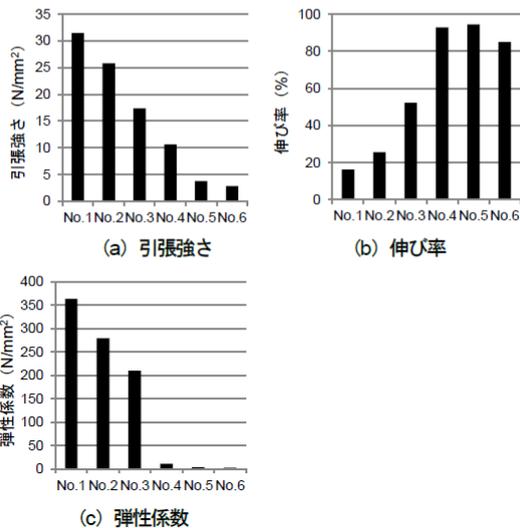


図4 含浸造膜剤の樹脂物性

④ 目地モルタルへの含浸造膜剤の含浸深さ

含浸造膜剤の配合を図-5 に示す。A～C 剤は No. 4 の樹脂固形分の配合を用い、樹脂固形分率を 60%、50%、40%と変化させた。D 剤は No. 3 の樹脂固形分の配合を用い、樹脂固形分率は 50%とした。塗布は 40×40×80 (mm) の目地モルタル試験体に対して刷毛を用いて行った。

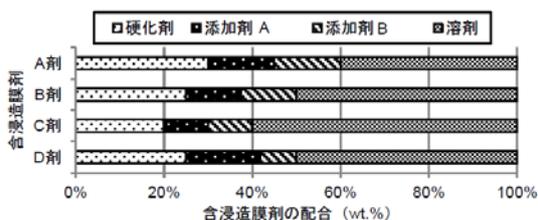


図-5 含浸造膜剤の配合

含浸深さは、小径ドリル型削孔試験装置²⁾を用いて、削孔速度の変化から判定した。測定の様子を写真-1 に示す。



写真-1 削孔試験の様子

図-6 に、4 種類の市販されている目地モルタルに対する、削孔試験により推定された含浸深さを示す。塗布回数や薬剤の種類による含浸深さの変化に、特定の傾向は見られない。目地モルタルによる比較では、吸水率の低い I メチがよく含浸しており、T メチと N メチにはあまり含浸していないように見られる。これより、目地モルタルには吸水率以外に、薬剤の含浸に影響を与える要因があると考えられる。

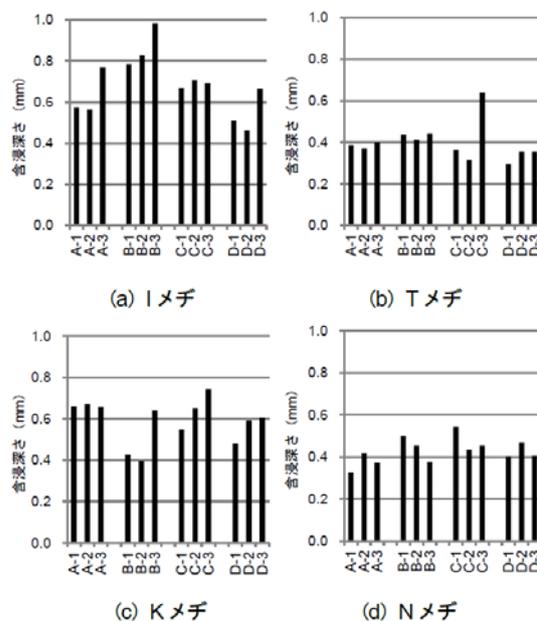


図-6 削孔試験による含浸不可あの計測結果

【参考文献】

2) 長谷川哲也, 畑中重光, 三島直生, 本多

千絵美, 谷川恭雄:小径ドリル型削孔試験機によるセメントペーストの圧縮強度推定、日本建築学会構造系論文集第621号、pp. 1-8, 2007. 11

⑤ 含浸造膜剤による補強効果

図-7 に試験体の概要を、写真-2 に試験装置と試験の様子を示す。45mm 角タイルと 5mm 厚の目地からなるタイル-目地要素試験体に対して、目地切れが発生した状況〔目地切れ幅：0.001, 0.08, 0.27, 0.46(mm)の4水準〕を再現し、含浸造膜剤の塗布後に引張試験を行った。本実験では、油圧式引張試験機を用いて、試験体の面内方向に対する引張試験を行った。同試験では、タイルの層が外壁から剥離して、タイルの重さが引張力として目地にかかっている状態を想定している。ただし、本試験は含浸強化剤の効果を検証するためのものとし、造膜剤の塗布量は一定(480g/m²)とした。

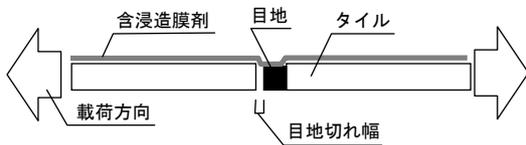


図-7 タイル-目地要素試験体の概要



写真-2 試験装置と試験の様子

図-8に各隙間幅における含浸剤の塗布量と最大荷重の関係を示す。同図によれば、含浸剤の塗布量による最大荷重の違いは見られない。また、隙間幅が狭いほど最大荷重は大きく、特に隙間幅0mmの場合に大きくなっている。また、隙間幅が小さいほど、ばらつきが大きい

いことがわかる。隙間幅0mmにおいて、含浸剤の塗布量が0g/mm²のときの最大荷重は造膜剤によるものである。各隙間幅のグラフにおいて、最大荷重が0Nのものがあるが、これは試験体に造膜剤を塗布しても膜が形成・架橋せず、試験前に破壊したもので、施工するときには刷毛で塗布した薬剤が不均一であったことが原因だと考えられる。

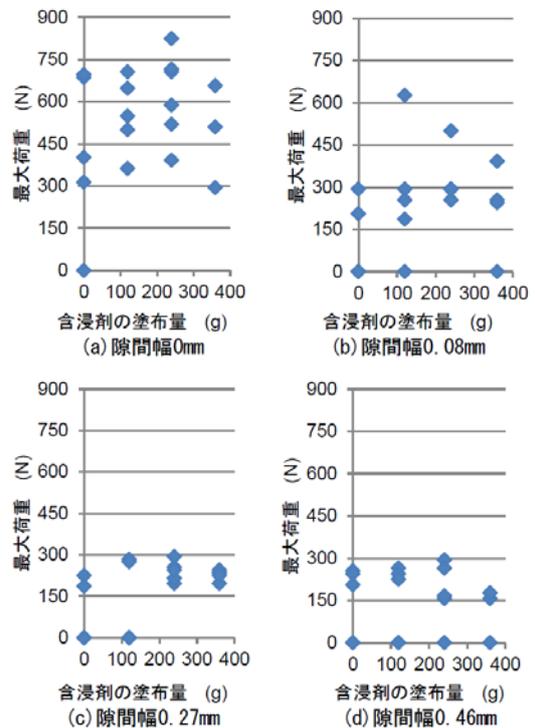


図-8 各隙間幅における含浸強化剤の塗布量と最大荷重の関係

次に、試験体の表面状態の観察結果からは、図-9に示すように、平均的な試験体では、隙間上に部分的に膜が形成していない所があった。一方で、最大荷重の大きい試験体の表面状態は、隙間上に完全に膜が形成されており、さらに目地に含浸した含浸剤の効果によって、膜と目地が一体化したことにより最大荷重が大きくなったものと考えられる。一方で、最大荷重の小さい、または0Nの試験体の表面状態は、隙間上に膜が形成されずに隙間内部に薬剤が流れているものが多く、含浸剤も隙間を

架橋することはなかった。

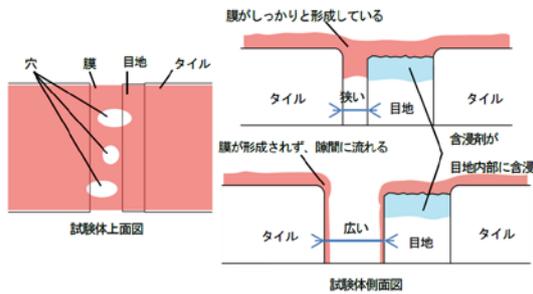


図-9 隙間幅の違いによる膜の形成状態の概念

⑥ まとめ

本研究では、含浸造膜剤の補強効果についての検討を行うことを目的に、含浸造膜剤の物理特性およびタイル-目地要素に施工した際の面内方向に対する引張試験などを行った。その結果、得られた知見を以下に示す。

- 1) 含浸強化剤には隙間を充填する性能はなく、目地内部に含浸し、目地自体の強化および造膜剤との界面の補強を行うものであると考えられる。
- 2) 造膜剤による補強効果は隙間幅が小さいほど、効果が高く、全面に膜が形成された場合に補強効果が極めて大きい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

- ① 那須光、長谷川哲也、畑中重光、三島直生、タイル目地モルタルに対する含浸造膜剤の含浸深さに関する基礎研究、日本建築学会大会、2013年8月30日～2013年9月1日、北海道大学
- ② 那須光、長谷川哲也、畑中重光、三島直生、タイル目地モルタルに対する含浸造膜剤の引張補強効果に関する基礎研究、日本建築学会大会、2012年9月12日～2012年9月14日、北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

畑中 重光 (HATANAKA SHIGEMITSU)

三重大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号： 00183088

(2) 研究分担者

三島 直生 (MISHIMA NAOKI)

三重大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号： 30335145