

外装タイル張り施工法の開発に関する研究（その1）

——熱冷繰返しによる外装タイル張り仕上層の促進劣化実験——

青山 幹 林 好 正

Development of Application Method for Exterior Ceramic Wall Tile Cladding (Part 1)

——Accelerated Durability Test of Exterior Ceramic Wall Tile Cladding
by Repeated Cycles of Heating and Cooling——

Tsuyoshi Aoyama Yoshimasa Hayashi

Abstract

As ceramic wall tile cladding is very useful in achieving a decorative effect, in increasing durability and reducing maintenance of a structure, and in assisting in protecting the structure against climatic and other environmental conditions, it has been used as an exterior finishing material for a long time in Japan. At the same time, however, separation of the tiling from the structure has been considered as a serious problem.

This report is concerned with an accelerated durability test for exterior ceramic wall tile cladding by repeated cycles of heating and cooling. Based on these test results, it was possible to obtain data required for improving the application method for exterior ceramic wall tiles.

概 要

陶磁器質タイルは美観および耐久性の点で優れた外装仕上材として我が国において古くから多用されているが、施工後の浮き・剝落などの事故に対する不安が常に問題視されてきた。また接着性能の向上とは別に、建築生産の合理化・近代化への強力な推進が強く望まれ、省力化・低コスト化は非常に重要な課題となっている。本研究は外装タイル張り工法の確立を計ることを主目的に置いている。本報告では、直張り工法およびタイル型枠先付工法による外装タイル仕上層の耐久性を熱冷繰返し実験により評価し、耐久性を向上するための要点をまとめた。

1. はじめに

陶磁器質タイルは、美観および耐久性の点で優れた外装仕上材として我が国において古くから多用されているが、施工後の浮き・剝落などの事故に対する不安が常に問題視されてきた。それに対応するために、従来の積上げ張りや圧着張りに加えて、改良圧着張り、密着張り（ヴィブラート工法）、タイル先付工法など種々の工法が提案されている。また接着性能の向上とは別に、建築生産の合理化・近代化への強力な推進が強く望まれ、省力化・低コスト化は非常に重要な課題となっている。

その様な情勢を背景にして、タイル後張り工法では、従来、タイル張り下地として事前にセメントモルタル塗りを行っていたが、型枠の精度も向上し、かつ工期の短縮、モルタル下地の不均質に導かれる下地モルタル-RC 躯体間の接着不良の解消などの観点から、これを省いて RC 躯体に直に陶磁器質タイルを張付ける直張り工法の採用が多くなってきている。一方、陶磁器質タイルを型枠に仮付けしてコンクリートを打設して RC 躯体とタイル仕上げを一体化させる先付工法もプレキャストだけではなく現場打ちにも普及してきている。

本研究は、タイル張り仕上層の耐久性に優れ、かつ建

築生産の合理化を計ることを目的とした外装タイル張り施工法の開発に関するものである。(その1)は、直張り工法および先付け工法によるタイル張り仕上層の熱冷繰返しによる促進実験を実施し、その結果にもとずき耐久性向上のための改良点について報告するものである。

2. 直張り工法および先付工法の問題点

タイル後張り工法では、下地モルタル層の存在は RC 躯体とタイル張り仕上層との中間に位置し、ある程度の緩衝効果を期待することができた。RC 躯体の乾燥収縮およびタイル張り仕上層の熱膨張に伴う応力の発生などは、タイル張り仕上層の耐久性を考えるうえで非常に重要である。直張り工法ではそれに対応するためにタイル張り仕上層の RC 躯体への接着性の向上およびタイル張り仕上層と RC 躯体のムーブメント発生に伴う応力を緩和させるために張付モルタルとしてポリマーセメントモルタルが一般に用いられている¹⁾。タイルと張付けモルタルとの一体化はタイルの裏足および目地モルタルによって確保されるが、張付モルタルと RC 躯体との一体化は張付モルタルの物理・化学的接着性に頼るだけである。張付モルタルの変形能は層厚×ひずみ吸収能として表現できるが、一般に張付モルタル層厚は 5 mm 前後と少ないため、ポリマー混入によりひずみ吸収能をある程度高めても、ムーブメント発生に伴う応力は高く、直張り工法では張付モルタルと RC 躯体との浮き発生の危険性は高くなり、これに対する改良が望まれる。

一方、先付工法では、タイル張り仕上層のムーブメント発生を裏打ちコンクリートの凝集力に頼る拘束接着をもって一体化するもので、その耐久性は RC 躯体の品質に大きく左右される²⁾。

タイル先付 PC 板工法では、タイル張り仕上層が品質管理のいきとどいた工場で形づくられ、かつ高品質なコンクリートが用いられるため、その耐久性は極めて高い。現場で施工するタイル型枠先付工法では、タイル工事が現場打ちのコンクリート工事に先行するため、タイル張りの施工品質は型枠工事やコンクリート工事に深く関連する。写真-1 はコンクリートの豆板発生によるタイルの接着不良の状態を示しており、打継部や複雑な形状・開口部を持つ壁面ではその発生頻度は高い。写真-2 はコンクリートの乾燥収縮によりタイル裏面で剪断破壊し、そのためにタイルが脱落した状態を示したものである。現状のコンクリートの打設技術ではきれつや豆板の発生を完全に防止することは不可能に近く、タイル張り仕上層の施工直後の補修はまぬがれない。その補修は多大な費用を要することが多く、一般にタイル工事費の 10~30%に達すると言われている。

3. 熱冷繰返し促進劣化実験

3.1. タイル張り仕上層の熱冷繰返し方法

試験体を水平に置き、その上に珪カル板を用いてチャンバーを構築した。冷却は、試験体表面から 300 mm の高さに 40 mm 厚のスチレンフォームを取付け、5 箇所 の穴から液化炭酸ガスを噴霧することにより実施した

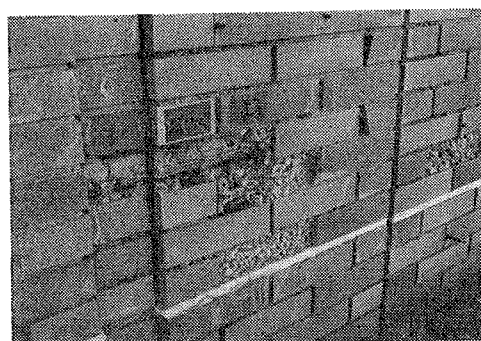


写真-1

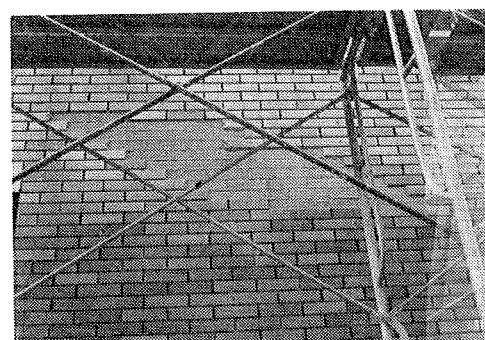


写真-2

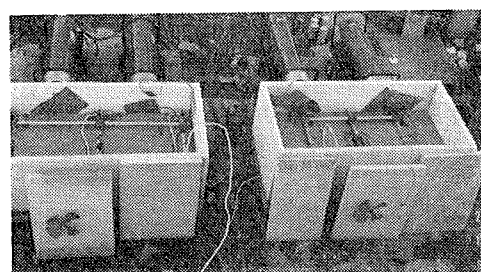


写真-3



写真-4

(写真-3)。ノズルには電磁弁が取り付けられており、液化炭酸ガスの噴霧量を調節しながら試験体表面を冷却した。加熱は、チャンバーの側面に穴をあけ、そこからジェットヒーターの熱風を送り込み、チャンバーの上部に取り付けられた2台の換気扇により熱風を試験体表面に吹付けることにより実施した(写真-4)。

1サイクルの温度履歴は図-1に示すものを標準とし、10サイクル繰返した。熱冷繰返し前、5サイクル後、7サイクル後および10サイクル後に建研式引張接着試験器を用いて、熱冷繰返しに伴うタイル張り仕上層の引張接着強度の変化を求めた。試験体各部の温度測定は、熱電対CCを取付け、温度自動記録計(50打点)を用いて行った。タイルの表面温度および裏面温度ならびにコンクリートの裏面温度を各々6箇所づつ求めた。

3.2. 試験体

スランプ19cmの普通コンクリートを用いて、1,800×900(厚み:150)の寸法でパネルを製造し、表-1に示す工法によりタイル張り仕上層を施し、試験体とした。

タイル後張り用のモルタルにはメチルセルローズ(MC,セメント40kgに対して70g使用)およびSBR系合成ゴムラテックス(SBR,固形分:45%,2倍液に希釈し、モルタルに適量混入した)を混入した。砂セメント比(S/C,容積比)は2.0とした。タイルは厚み9.4mmの乾式小口平タイルを用いた。タイル張り作業は、経験を有するタイル張り作業員により通常の方法で実施した(写真-5)。

3.3. 結果および考察

熱冷繰返しに伴うタイル張り仕上層の引張接着強度の変化を図-2~5に示す。

タイル張り仕上層の引張接着強度 σ_{adh} (kgf/cm²)の熱冷繰返しサイクル数(x)の増加に伴う変化を次式で表現し、最小2乗法により各タイル張り仕上層の実験式を求めた。

$$\sigma_{adh} = a(x+1)^b \dots (r^2)$$

但し、a,bは回帰係数であり、 r^2 は実験式の適合度を示す決定係数である。

(1) 直圧着張りの場合

メチルセルローズ混入モルタルの場合には、接着不良のため、いずれのサイクルにおいても、引張接着強度は極めて低く、タイル裏面において剝離した。SBR混入張付モルタルでは次式が得られた。

$$\sigma_{adh} = 9.29(x+1)^{-0.52}, (r^2=0.76)$$

(2) 直密着張りの場合

[MC混入張付モルタル]

$$\sigma_{adh} = 1.69(x+1)^{-1.02}, (r^2=0.60)$$

[SBR混入張付モルタル]

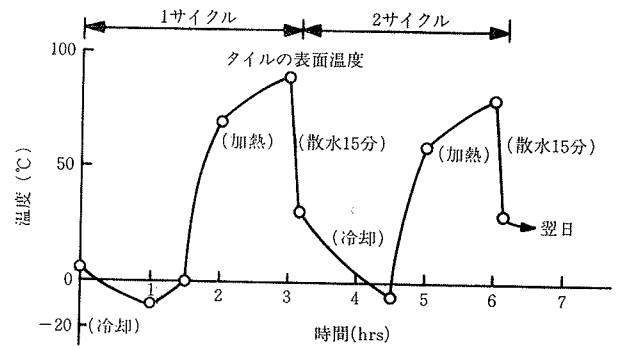


図-1 熱冷繰返し条件(1日2サイクルの場合)

工法	張付用モルタルの浸和剤	目地		
		横目地幅	縦目地幅	深さ*1
直圧着張り	MC, SBR	10	9	3
直改良圧着張り	MC, SBR	10	9	3
直密着張り	MC, SBR	10	9	9
型枠先付け(樹脂バック)	—	10	9	4

表-1 タイル張り工法と目地寸法

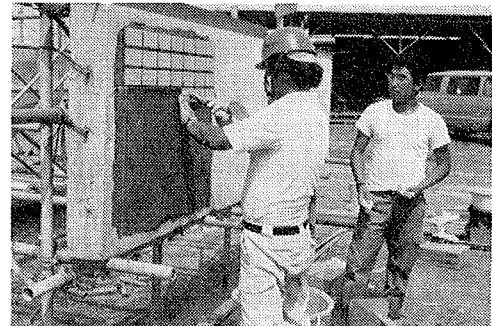


写真-5 タイル張り作業の様子

$$\sigma_{adh} = 3.79(x+1)^{-1.72}, (r^2=0.95)$$

(3) 直改良圧着張りの場合

[MC混入張付モルタル]

$$\sigma_{adh} = 8.07(x+1)^{-0.43}, (r^2=0.70)$$

[SBR混入張付モルタル]

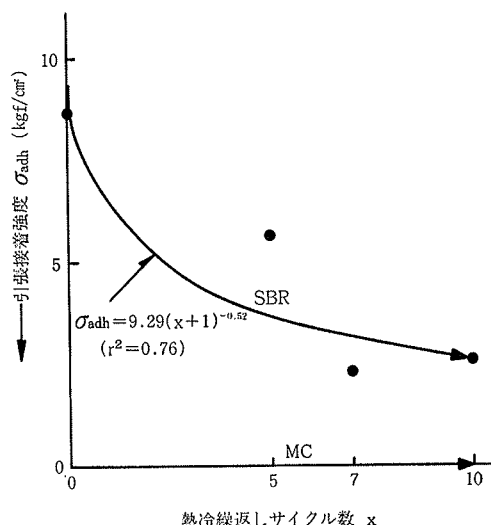
$$\sigma_{adh} = 12.0(x+1)^{-0.62}, (r^2=0.59)$$

(4) タイル型枠先付工法の場合

$$\sigma_{adh} = 8.75(x+1)^{-0.41}, (r^2=0.38)$$

以上の通り、熱冷繰返しサイクル数が増加するにつれてタイル張り仕上層の引張接着強度は低下する傾向が認められ、その変化はタイル張り工法の違いにより異なっている。

回帰係数aは熱冷繰返し前の引張接着強度を、回帰係数bは熱冷繰返しサイクル数の増加に伴う引張接着強度の変化の割合を示すもので、bが負の場合にはその絶対値が大きい程、強度低下が著しいことを示す。



図—2 熱冷繰返しに伴うタイル張り仕上層の引張接着強度の変化（直圧着張り）

タイル直張り工法では、タイル張り仕上層の接着強度の初期値は直改良圧着張り、直密着張り、直圧着張りの順で高い。またメチルセルローズに比べてSBRに混入した張付モルタルを用いた方が、その初期引張接着強度はより高いが、回帰係数bの絶対値は大きくなっており、熱冷繰返し後ではほぼ同程度の強度に低下している。

タイル先付工法では、熱冷繰返しにより同様にそのタイル張り仕上層の引張接着強度は低下するが、低下率はタイル直張り工法に比べて少なく、耐久性により優れていると言える。

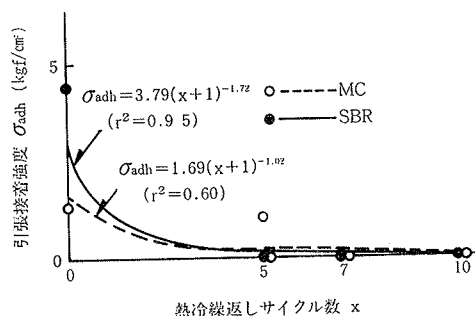
次に引張接着強度試験後の破断状態について検討する。図—6はタイル張り工法別の破壊発生位置の百分率を示したものである。

直圧着張りではMCを混入したものでは、タイルとの接着が悪く、いずれにおいてもタイル裏面での接着破壊を示した（写真—6）。SBRの混入により張付モルタルの接着性が高まるため、その破壊はコンクリート表面近くでの張付モルタルまたはコンクリートの凝集破壊あるいは接着破壊を示している。

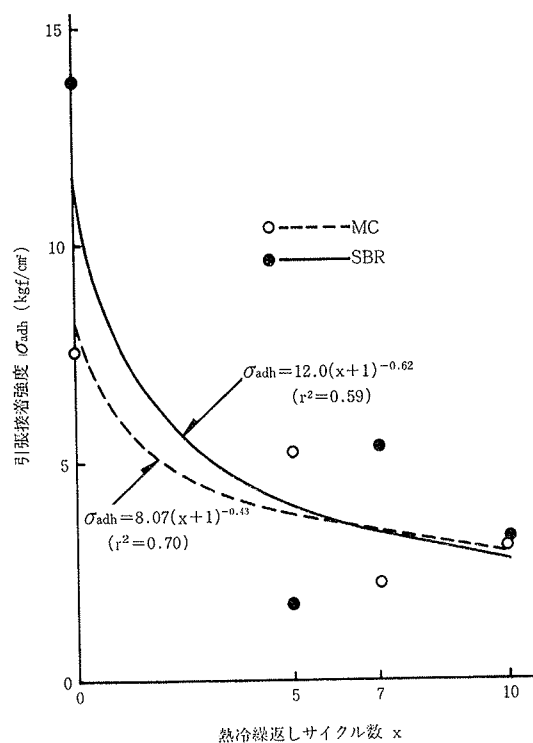
直密着張りでは、タイルとの接着性にやや乏しく、その破壊はMCおよびSBRのいずれにおいてもタイル裏面での接着破壊が多くなっている。

直改良圧着張りでは、タイル裏面にも張付モルタルにこすり付けて張るため、タイルとの接着性は高く、MCおよびSBRのいずれにおいてもコンクリート表面近くの凝集破壊あるいは接着破壊を示した（写真—7）。

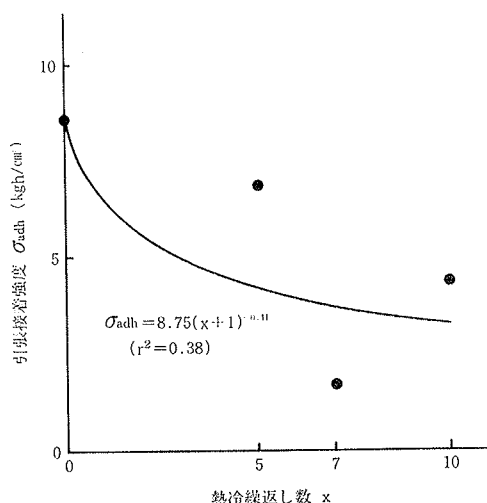
タイル型枠先付工法では、タイルがコンクリートに直に接合されているため、その破壊はタイル裏面での接着破壊およびコンクリート表面部の凝集破壊を示した。今回の実験では、タイル裏面近くの破壊が84%の割合を示



図—3 熱冷繰返しに伴うタイル張り仕上層の引張接着強度の変化（直密着張り）



図—4 熱冷繰返しに伴うタイル張り仕上層の引張接着強度の変化（直改良圧着張り）



図—5 熱冷繰返しに伴うタイル張り仕上層の引張接着強度の変化（タイル型枠先付け）

したが、それは供試タイルの裏足の形状・寸法に関連がある（供試タイルの裏足高さ：1.2mm）。タイルの裏足の形状—工法を適正化すれば、その耐久性は高まるものとする。

4. まとめ

(1) 熱冷繰返し促進劣化実験はタイル張り仕上層の耐久性を比較検討する上で有用である。タイル張り工法として、直圧着張り工法、直密着張り工法、直改良圧着張り工法およびタイル型枠先付工法の4工法を採用したが、タイル張り仕上層の引張接着強度は、熱冷繰返しサイクル数の増加に伴い、いずれも低下した。タイル型枠先付け工法によるタイル張り仕上層の耐久性は、直張り工法に比べて高い。

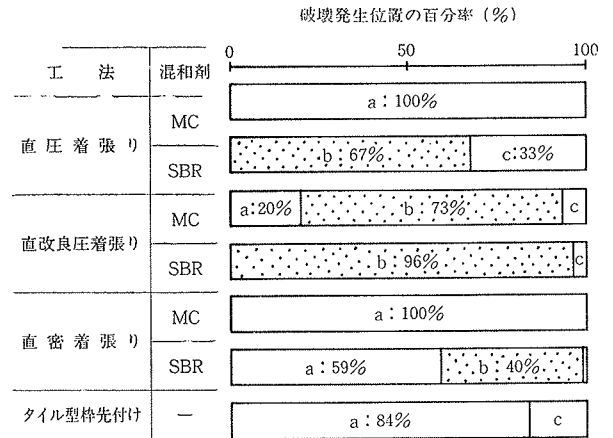
(2) 直張り工法では、改良圧着張り工法の採用や張付モルタルへのポリマーの混入により、タイルと張付モルタルとの一体化を高めることができるが、緩衝層が薄くまた張付モルタルとRC躯体との一体化が低いため、サーマルムーブメントやモイストチャームーブメントによる剥離応力が高く発生し、繰返しされるので、RC躯体面での破壊発生危険性が高い。直張り工法におけるタイル張り仕上層の耐久性を向上するためには、緩衝効果と同時に、張付モルタルとRC躯体との一体化をより高める必要がある。

(3) タイル型枠先付工法では、緩衝効果がないため、ムーブメントに伴う発生応力は高くなるが、耐久性向上の基本はRC躯体の凝集力をもって抵抗することにある。従って、RC躯体の品質は極めて重要となる。建築現場での施工を考えると、後打ちコンクリートの品質をいたずらに高めることはできない。コンクリートの打継部、開口部などに欠陥が発生する危険性が高いため、ここではむしろ施工不良を起こさぬ施工法の改善に目を向けるべきである。

最後に、本研究の実施に当たり、工学院大学 難波蓮太郎助教授、原研那珂町 JV 岡新所長、川原正雄建築主任、(株)阿部窯業 新井克比古氏の各位に御助言、御協力を載しましたことを付記し、ここに謝意を表します。

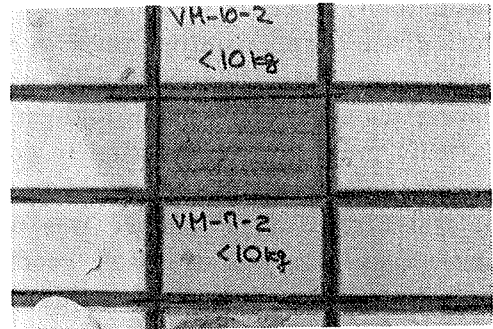
参考文献

1) 今泉, 難波, 青山, 林, 鈴木: 外装壁タイルのコンクリート躯体への直張り工法, 施工, No. 183, No. 185, No. 186, (1981. 6, 7, 8), pp. 31~40, pp. 123~134, pp. 59~64

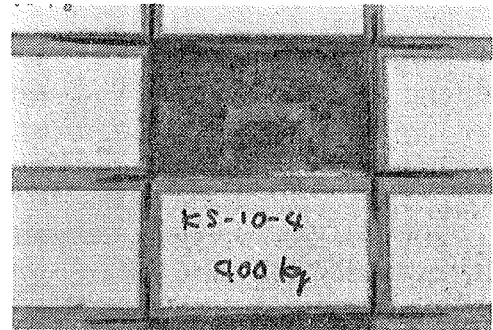


図—6 工法別の破壊発生位置の百分率 (5, 7および10サイクル後の平均値)

備考) a: タイル界面近くの凝集破壊または接着破壊, b: コンクリート表面近くの張付モルタルの凝集破壊または接着破壊, c: コンクリート表面部の凝集破壊



写真—6



写真—7

2) 十代田, 難波, 林: 外装タイル張り RC壁の欠陥と補修, 建築士, Vol. 31, No. 355, No. 356, No. 357, (1982. 4, 5, 6), pp. 44~52, pp. 46~55, pp. 44~51