

外装タイル張り施工法の開発に関する研究（その3）

——立体網目状構造の不織布を用いた繊維補強による
外装タイル直張り工法の開発とその耐久性——

青山 幹 林 好 正

Development of Application Method for Exterior Ceramic Wall Tile Cladding (Part 3)

——Application Method for Exterior Ceramic Wall Cladding
Reinforced by Non-woven Fabric and Its Durability——

Tsuyoshi Aoyama Yoshimasa Hayashi

Abstract

It had been recommended that an intermediate substrate be applied to provide a true surface for tile cladding if the base is concrete. Recently, the application method of directly applying tiles to the base concrete without an intermediate substrate has often been adopted. However, as high stress is produced at the interface between tiling and base due to moisture and thermal movement, there is great risk of separation of tiling from the base occurring with this method. In order to reduce the risk, the authors developed a new application method for exterior wall tile cladding reinforced by non-woven fabric which has a three-dimensional structure and examined the durability of cladding installed by this method.

概 要

最近、左官モルタル塗り下地を省いて、コンクリート躯体に直かに外装タイルを張付ける直張り工法の採用が多くなっている。外装タイルの直張り仕上げでは、モルタル層の厚みが在来の工法によるものと比べてうすいので、モイストユアームーブメントやサーマルムーブメントによる発生応力に対する緩和効果が低く、特にコンクリート面での浮き発生の可能性が高い。

上記の問題点を解決するために、立体網目状構造の不織布を用いた繊維補強による外装タイル張り工法を開発し、その耐久性を検討した。その結果、外装タイル張り仕上げのはく落を防止する上で、極めて有効な工法であることが確認された。

1. はじめに

現場打ち鉄筋コンクリートへの外装タイル張り仕上げでは、左官下地を作るのが常識であった。しかし、最近では型枠の精度も向上し、かつ工期の短縮、左官モルタル塗り下地の不均質に起因する下地モルタルと RC 躯体間の接着不良の解消などの観点から、左官下地を省いて、躯体に直かに外装タイルを張付ける直張り工法の採用も多くなってきている。

本報では、立体網目状構造の不織布を用いた繊維補強による外装タイル直張り工法の概要を述べ、タイル張り

仕上層はく落に対する防止効果を実験検討した。

2. 外装タイル直張り工法の現状および問題点

左官下地は、タイル張り仕上層と RC 躯体との中間にあって、温冷繰返しや吸放湿によるムーブメントに伴う高いはく離応力の危険性を緩和させる効果を果たしている。ところが、直張り工法では、左官下地を省くため、緩衝効果および、接着性を向上させる目的として、タイル張付用モルタルにスチレン・ブタジエン合成ゴムラテックスなどのポリマーを混入する方法が常識化されてきている。図-1は、各種調合のポリマーセメントモルタ

ルの引張応力-ひずみ曲線を示しており、ポリマーの混入がモルタルのひずみ吸収能の向上に効果があることを裏付けている。また、砂の混入量が多い程引張強度は低くなっているが、ひずみ吸収能は向上することを示している。

タイル張付けモルタル層の変形能は、層厚×ひずみ吸収能として表現できるが、タイル直張り仕上げでは層厚が3~5mmと小さいため、ポリマー混入によりひずみ吸収能を高めても、緩衝効果を十分に期待できず、熱膨張などのムーブメント発生に伴う応力は高くなる。エントロピー弾性を有することの方が好ましいが、現状のポリマーセメントモルタルでは、これを満足するほどの高いポリマー混入率は、経済性その他で実現は難しい¹⁾。

外装タイル直張り仕上げでは、タイルと張付けモルタルとの一体化は、タイルの裏足とモルタルの接着性によってなされる。しかし、張付けモルタルとRC躯体との一体化は、張付けモルタルの接着性だけに依存するためそこでの浮き発生の危険性は高いと予想される。

外装タイル張り仕上層のごとく、多層で厚い仕上層の耐久性に関しては、構成層の湿分によるムーブメント(乾燥収縮・吸放水による伸縮)や、熱によるムーブメント(熱膨張)を考慮する必要があり、それらに伴うはく離応力と各層相互間の接着強度とのバランス、およびそれらの繰返しによる疲労破壊に対処する必要がある。ところが、外装タイル張り工法の開発の経緯を見ると、接着強度という一側面にこだわる傾向があった。

外装タイル張り仕上層とRC躯体との一体化は、劣化外力を繰返し受けることによって徐々に低下する。図-2は、外装タイル張り仕上層の熱冷繰返し〔1サイクル:冷却(-10℃)→加熱(80℃)→散水(20℃)〕による促進耐久性実験の結果を示している²⁾。

RC躯体に張付けモルタルを塗付け、タイル裏面にもモルタルをこすり付けてタイルを張付ける直改良圧着張り仕上げでは、初期接着強度は、ポリマーセメントモルタル(SBR 10%混入)を用いた方が、保水剤としてメチルセルロースを混入したモルタルに比べて高いが、熱冷サイクルの増加に伴い両者間に差がなくなっていくのがわかる。また、引張接着強度試験後の破壊位置は、いずれのモルタルにおいても、RC躯体面近くの接着破壊、あるいは凝集破壊を示した。外装タイル直張り仕上層の耐久性を向上させるためには、緩衝効果と同時に張付けモルタルと躯体との一体化をより高める必要があることを実験結果が裏付けている。また、耐久性が高いと一般に言われているタイル型枠先付工法でも同様に、タイル接着強度は、熱冷繰返しの増加に伴い低減している。

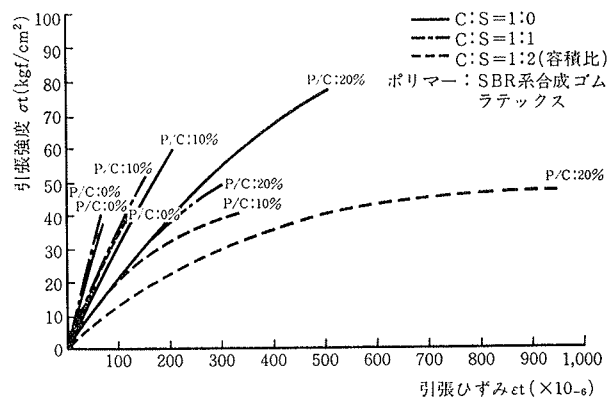


図-1 ポリマーセメントモルタルの引張応力-ひずみ曲線

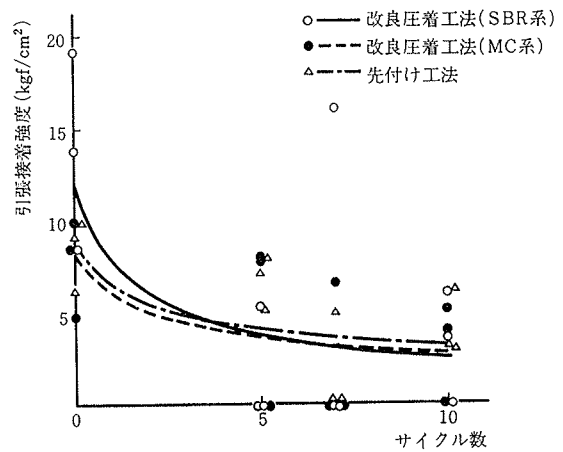


図-2 熱冷繰返しに伴うタイル張り仕上層の引張接着強度の変化

種類		A	B
品質			
単繊維の太さ (デニール)		90	30
単繊維1本当たりの強度 (kgf/本)		0.450	0.136
見掛け厚み (mm)		2.80	2.80
重 量 (g/m³)		90	90
引張強度 (kgf/cm²幅)	タテ	0.3	1.2
	ヨコ	0.2	0.4
伸度 (%)	タテ	60	100以上
	ヨコ	70	100以上

表-1 ポリプロピレン系不織布の品質

3. 不織布を用いた繊維補強による外装タイル直張り工法の開発

外装タイル張り仕上層のコンクリート躯体との一体化

を計ることを目的として立体網目状構造の不織布を用いた繊維補強による外装タイル直張り工法を開発した。工法は、図-3に示す通りで、タイル張り仕上げ層のはく落事故を防止する上で、極めて高い効果を上げることが予想される。不織布は、立体網目状構造であり、その素材としては、耐アルカリ性を有するポリプロピレン系合成繊維が用いられている。ポリプロピレン系合成繊維のセメント用補強材に関する研究は、すでに多くなされ、その耐久性が実証されている³⁾。

表-1に示す2種類の不織布を用いた施工実験により不織布の介在が、タイル張り仕上げ層の接着強度に及ぼす影響を検討した。表-2の引張接着強度試験結果が示す通り、不織布Bでは繊維径が小さく、その間隙が小さいために、張付けモルタルの充填が悪くなり、その結果として、タイル張り仕上げ層の接着強度は無処理の下地に比べて低くなっている。また、その破壊位置は、不織布張り層の破断を多く示した。一方、不織布Aでは、繊維が太く、また間隙が大きいため、張付けモルタルが十分に充填され、無処理と同等の接着強度を示し、不織布層での破断を示さなかった。

4. タイル張り仕上げ層の圧縮せん断試験

(1) 実験目的

圧縮せん断試験によりせん断接着強度と変形との関係を探り不織布張り工法によるタイル張り仕上げ層の変形に対する追従性を検討した。

(2) 実験方法

図-4に示す実験装置を使用し、圧縮せん断荷重をかけた際のひずみ、および変位を測定した。なお、試験体は表-3に示す通りである。

(3) 実験結果および考察

圧縮せん断試験の結果、直張り工法で張付けられたタイルは、すべて石綿セメント板と張付けモルタルとの接着界面で破断した。それに対して、不織布による下地調整を行なったものは、圧縮せん断荷重に対して、タイルの変位が大きく、しかも石綿セメント板からはく離しなかった。表-4に示す通り、せん断接着強度は直張り工法の方が高い。

図-5は、荷重とタイルの変位、およびタイルの表面に生ずるひずみの関係を示したものである。直張り工法では、張付けモルタルにポリマーを混入(P/C=10%重量)しても、タイルは剛に接合されるため、タイルの変位量は少なく、そのために、タイルに発生する応力は高くなる。また、最大荷重に達すると、下地面からはく離する。一方、不織布張り工法では、荷重に対するタイルの変位は大きく、そのせん断接着強度は低下している

下地処理	ペースト吹付け 不織布A張付け	ペースト吹付け 不織布B張付け	無処理
n	5	5	5
\bar{x} (kgf/cm ²)	12.5	6.27	12.1
σ_{n-1} (kgf/cm ²)	2.75	1.20	1.92

*使用タイルは磁器質小口平タイル、施工法はヴィブラート圧着である。

表-2 外装タイル引張接着強度試験結果

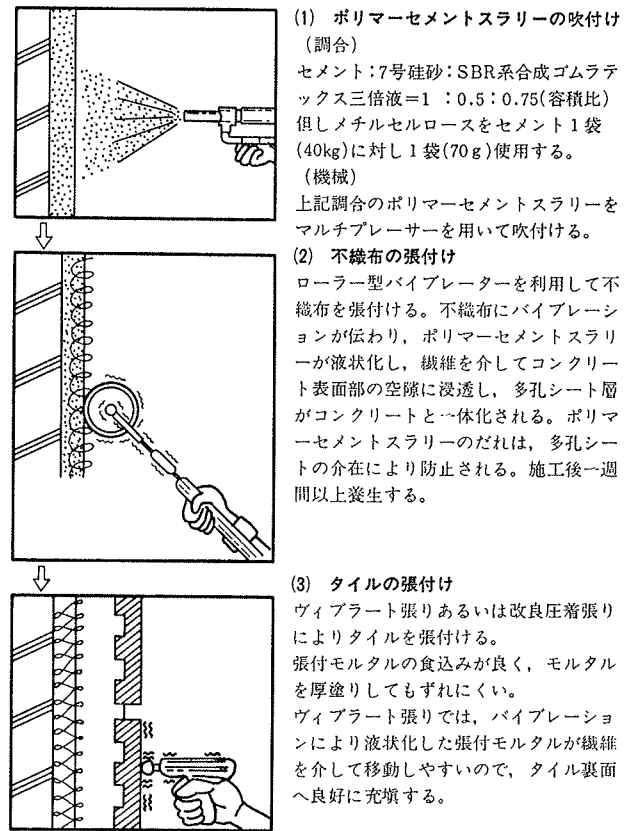


図-3 立体網目状構造の不織布を用いた繊維補強による外装タイル直張り工法

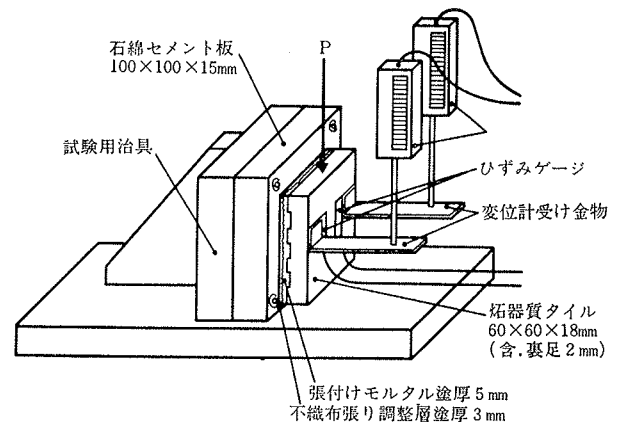


図-4 圧縮せん断試験方法 (A type)

が、最大応力に達した後でもはく離は起こらず、5 mm 以上の変位に追従しており、本工法がタイル張り仕上層のはく落防止に対して有効であることを裏付けている。

5. 熱冷繰返しによるタイル仕上層の促進耐久性実験

(1) 実験目的

熱冷繰返し実験により、タイル張り仕上層における不織布張り工法の耐久性を、直張り工法と比較し、その効果を検討した。

(2) 実験方法

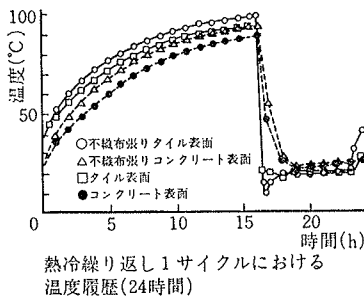
表一五に示す試験体を用いて、図一六に示す温度変化(1サイクル)を10サイクルまで繰返し、タイル張り仕上層の浮き・きれつ発生の有無を調べた。また、試験前・3サイクル・5サイクル、および10サイクル後にタイル引張接着強度試験を行ない、その変化を調べた。

(3) 実験結果および考察

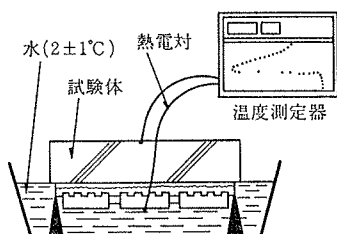
実験結果を表一五に示す。熱冷繰返しによる劣化外力をタイル張り仕上層に与えた場合、不織布張り工法と直張り工法とでは、接着耐久性において大きな違いが見られた。直張り工法は、試験前にはタイル引張接着強度が約 12 kgf/cm² と高い強度が得られたが、熱冷繰返し1サイクルないし4サイクルで、タイル張り仕上層がコンクリート面からはく離した。一方、不織布張り工法では、接着強度の低下は見られるが、はく離は認められなかった。

6. タイル工事への適用とその効果

本工法は、既に四つの建物のタイル工事に適用されて



図一六 1サイクルにおける温度履歴(24時間)



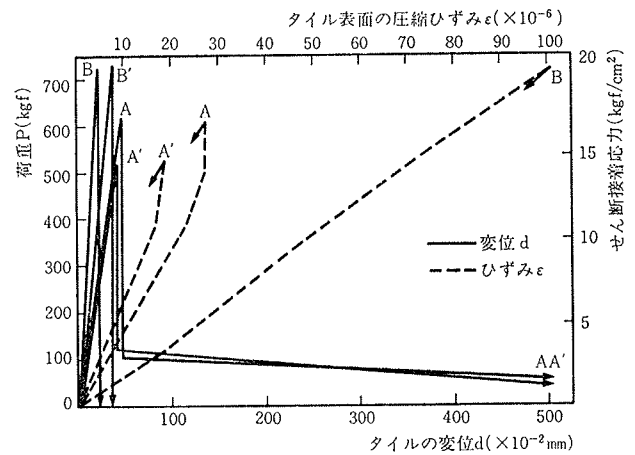
図一七 熱冷繰返し実験

試験体	A	A'	B	B'
下地調整	不織布A張付け		無し	
張付用材料	1:1モルタル (ポリマー無混入)		1:1モルタル (SBR混入, P/C=10%)	
工法	改良圧着張り後、ヴィブラートにより振動を加えた。			
加力方向	裏足に垂直	裏足に平行	裏足に垂直	裏足に平行

表一三 試験体の概要

試験体	A	A'	B	B'
$\bar{\epsilon}$ (kgf/cm ²)	17.1	14.7	20.2	20.5
σ_{n-1} (kgf/cm ²)	3.95	0.72	3.21	3.26

表一四 試験体のせん断接着強度 (n=3)

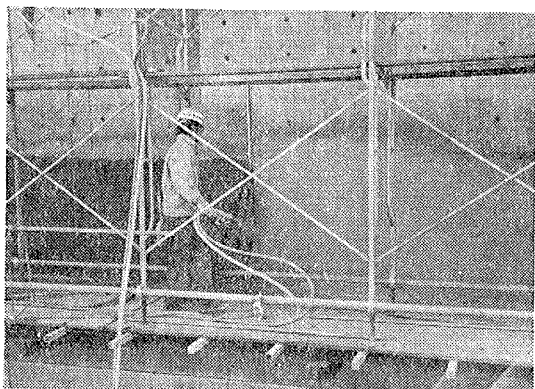


図一五 せん断接着応力-ひずみ曲線

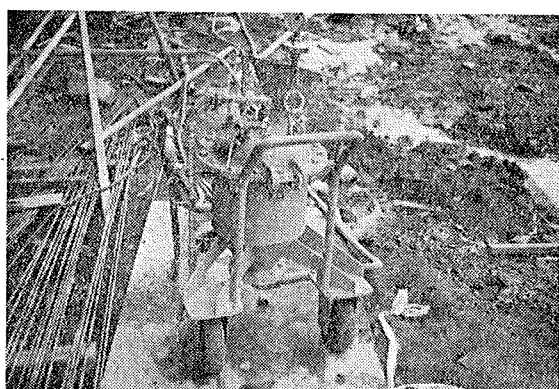
試験体	熱冷繰返しサイクル数										サイクル数	引張接着強度(kgf/cm ²)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		$\bar{\epsilon}$	σ_{n-1}	
直張り	1	張付けモルタル(塗厚5mm)										0	11.8	2.5
	2	目地モルタル(3mm深さ)										1	0	—
	3	塔器質小口平タイル										4	0	—
	4	コンクリート歩道板(300×300×60)										1	0	—
*概要は表一三、Bに準ずる														
不織布張り下地	5	不織布張り調整層(塗厚3mm)										0	14.4	1.7
	6	張付けモルタル(塗厚5mm)										3	2.4	1.3
	7	目地モルタル(3mm深さ)										5	5.6	1.1
	8	塔器質小口平タイル										10	2.8	1.4
*概要は表一三、Aに準ずる														

注: n=6の平均値, σ_{n-1} : 標準偏差

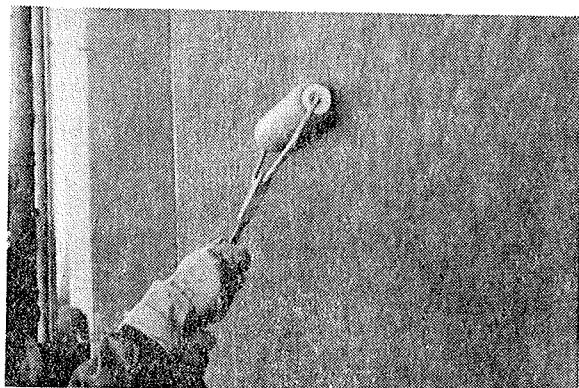
表一五 熱冷繰返し試験結果



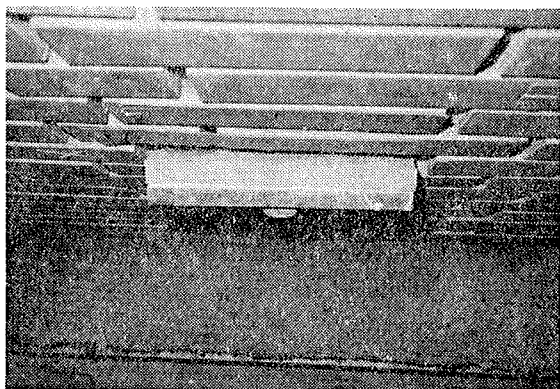
写真一 ポリマーセメントスラリーの吹付け



写真二 吹付機械「マルチプレーサー」



写真三 空気式衝撃振動ローラーによる不織布の張付け



写真四 タイルの引張接着強度試験後の様子。浮き・きれつを生じても、タイルははく落しにくい

建物	使用タイル	タイル張り工法	適用部位と下地	施工面積 (㎡)
A	拓器質 二丁掛タイル	ワイブラート 圧着工法	外壁 コンクリート下地	約 500
B	磁器質 ボーダータイル (ユニット)	K M 工法	外壁 ラスモルタル下地	約 500
C	磁器質 50φ丸形 タイル (ユニット)	圧着工法	ドーム状屋根 プレキャストコンクリート ジョイント部	約 300
D	磁器質 二丁掛タイル	ワイブラート 圧着工法	外壁 コンクリート下地	約 1,300

表一 新工法を適用した建物の工事概要

いる。それらの工事概要は表一6に示す通りである。A建物のタイル工事に初めて適用され、その施工法が確立された。B建物とC建物においては、下地の挙動により、タイルがはく落することを危惧し、現場実験によるタイル張り仕上層のはく落防止効果を確認した上で、採用されたものである。

施工状況を写真により説明する。写真一はポリマーセメントスラリーの吹付けを示している。こて塗りによる施工も可能であるが、作業効率と接着性を考えると、吹付け施工の方が有効である。写真二は吹付機械を示している。写真三は、空気式の衝撃振動ローラーを示しており、不織布のRC躯体への一体化を計る上で有効である。写真四はタイルのはく落を防止する上で、本工法が有効であることを裏付けている。

最後に、本研究の実施に当たり、芝浦工業大学 十代田知三教授、当社横浜駅西口工事事務所 川原正雄建築主任、(株)阿部窯業 阿部一成氏、斗米工業(株) 斗米幸雄氏の各位に御助言、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) 今泉勝吉, 難波蓮太郎, 青山 幹, 林 好正, 鈴木隆男: 外装タイルのコンクリート躯体への直張り工法—直改良圧着張りの効用—, 施工, (1981. 6), pp. 31~40
- 2) 青山 幹, 林 好正: 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—, 大林組技術研究所報, No. 27, (1983), pp. 139~143
- 3) The Materials Technology Division of the Concrete Society: Fibre-reinforced Cement Composites. The Concrete Society, (1973), pp. 6~10