

# 外装タイル張り施工法の開発に関する研究（その2）

——施工法の標準化——

青山 幹 林 好 正

## Development of Application Method for Exterior Ceramic Wall Tile Cladding (Part 2)

——Standardization of Application Method——

Tsuyoshi Aoyama Yoshimasa Hayashi

### Abstract

The functions of exterior wall tile cladding are to obtain an overall architectural expression, to increase durability and reduce maintenance on the structure, and to assist in protecting the structure against climatic and other environmental conditions. The success of a cladding installation in fulfilling these functions depends upon factors such as the design of the structure and architectural details, the choice of materials and their application methods. The authors have therefore examined standardization of the application method in order to reduce the risk of separation of tiling.

### 概 要

外装タイル張り仕上げの機能として、建物への美観の付与、耐久性の向上、建物の維持管理の軽減化、自然環境条件などに対する保護が挙げられる。これらの機能を満足させる上での外装タイル張り仕上げの成功は、建物の設計や納まりおよび材料・工法の選択の適否に依存する。今までに数多くの工法が提案され、実用に供されているが、まだ外装タイル張り仕上げ層のはく落を防止する技術は確立されていない。そこで、事故防止を低減させることを目的として、外装タイル張り施工法の標準化について検討した。

#### 1. はじめに

陶磁器質タイルは、建物の外装材として、美観・耐久性に優れているので、わが国においてかなり多くの建物に使用されてきた。しかしながら、施工後の浮き・はく落などの事故に対する不安が常に問題視されてきた。今まで各種の工法が提案されてきたが、その施工技術はまだ確立されていない現状である。

本報告は、外装タイルのはく離原因を究明し、在来の外装タイル張り工法（主として後張り工法）の標準化を計るとともに、タイル張り目地詰め同時施工を特徴とする新工法について検討するものである。

#### 2. 浮き発生の特性要因

図-1の後張り工法による外装タイル張り仕上げの浮き・きれつ発生の特性要因図を図-1に示す。タイル張り仕上げ層のはく落を防止する上で、材料・工法の選択

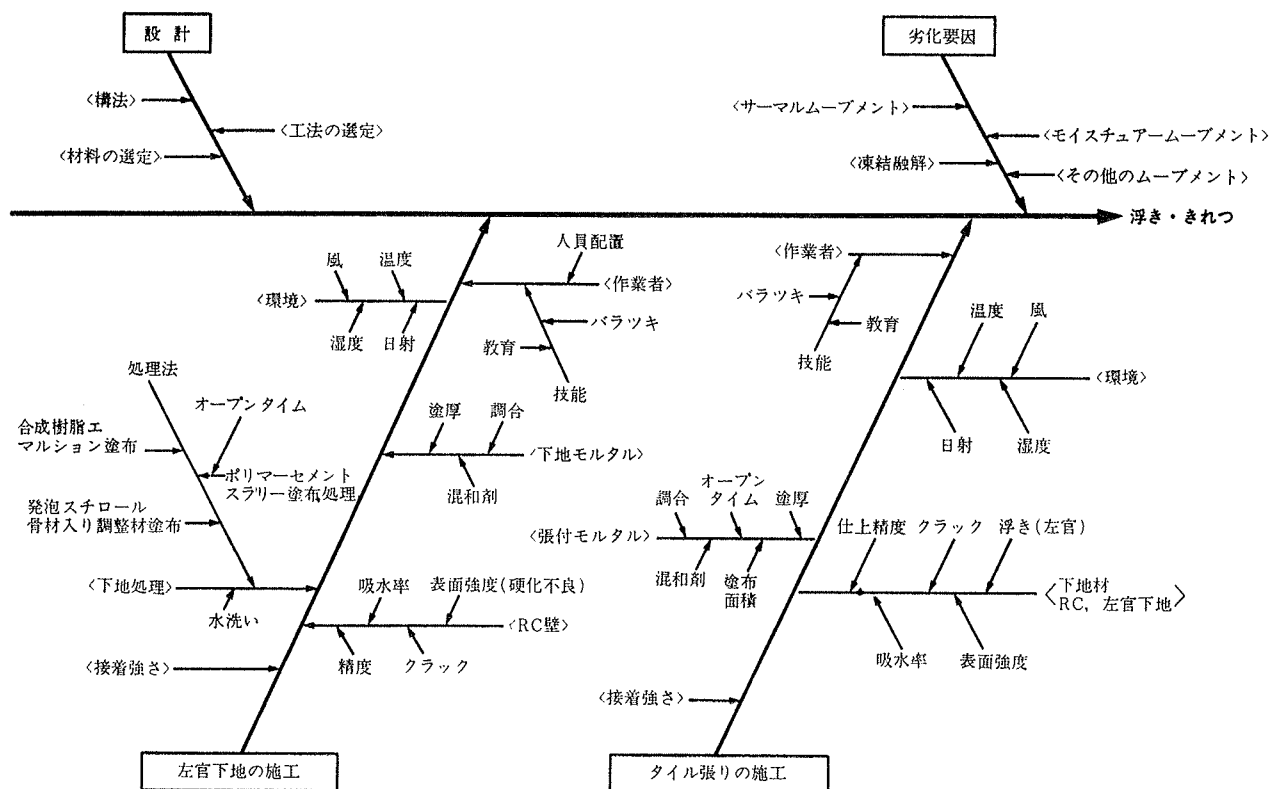
の適正化を計るとともに、左官下地、および、タイル張りの施工法を標準化することが重要であると考え、それらの合理化について検討した。

#### 3. タイル張り工法の種類と対応する欠陥

外装タイル張り工法は、後張り工法と先付け工法との二つに大別される。後張り工法にはタイルの張付け方法の違いや下地モルタル層の介在の有無により積上げ張り、圧着張り、ヴィブラート圧着張り、改良圧着張り、直改良圧着張りなどがあり、対応する欠陥は工法の違い、下地との適否やタイル張り作業者のヒューマンオペレーション (human operations) などに関連が深い。一般的な工法の種類と対応する欠陥を表-1に示す<sup>1)</sup>。

#### 4. 外装タイル引張接着強度測定とその評価

外装タイルの主流である小口平・二丁掛タイルについて、10カ所の現場のタイル引張接着強度試験の結果を



図一 後張り工法による外装タイル張り仕上げの浮き・きれつ発生の特徴要因図

欠陥発生の可能性：◎(極めて少ない), ○(少ない), △(やや多い), ×(多い)

工 法	後 張 り 工 法				先 付 け 工 法			
	横上げ張り	圧着張り	改良圧着張り	直改良圧着張り	現場打ちRC	PC	タイル先付PC板型枠	
壁体の断面構成								
欠陥の種類	浮き	タイル/張付けモルタル	△	×	○	○	—	—
	張付けモルタル/下地モルタル	△	△	△	—	—	—	—
	張付けモルタル/RC躯体	—	—	—	△	—	—	—
	下地モルタル/RC躯体	×	×	×	—	—	—	—
	タイル/後打ちコンクリート	—	—	—	—	△	◎	◎
	きれつ	タイル張り仕上げ層	○	△	○	△	×	○
	タイル張り仕上げ層+RC躯体	△	△	△	△	×	○	○
	施工時のタイルの欠け・割れ	—	—	—	—	×	—	—
	きれつ・豆板発生に伴う漏水	△	○	○	△	×	○	○
自華(エフロレッセンス)	×	△	○	○	△	○	○	
仕上り精度不良	○	○	○	△	△	◎	◎	

表一 1 タイル張り工法の種類と対応する欠陥

表一に示す。一般に、小さいタイルほど接着強度が高いが、データのバラツキは大きくなる。

図一は、A建物の二丁掛タイルと実験壁で行なったユニット・小口平タイルの引張接着強度試験の結果を示したものである。表一と同様に、寸法の小さいタイルほど接着強度は高いが、バラツキは大きい。二丁掛タイルでは、接着強度は安定しているが、これは、現場でのQC活動により、タイルの施工法が標準化されたことによるものである。

後張り工法では、タイルの接着安定性は、作業者のヒューマンオペレーションに依存するが、教育により改善することができる。一方、型枠先付け工法では、コンクリートの豆板発性による影響が大きく、接着強度の安定性に欠ける。現状では、設計者はタイルがはく落しないと言われる型枠先付け工法を好むようであるが、コストも高く、タイルの接着強度のバラツキも大きいので、一概に、型枠先付け工法の方が有利であるとは言えない。コンクリートの打設工事の改善が望まれる。

タイル引張接着強度の評価は、現状では、目地切りを行なった場合、小口平タイルにおいて、

$$\bar{x} \geq 4.0 + 1.6\sigma$$

$\bar{x}$ : 試験により求めた接着強度の平均値 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\sigma$ : 標準偏差で、おおむね  $\sigma = 2 \text{ kgf/cm}^2$  をとる

となっているが<sup>2)</sup>、実際には、母集団からのサンプルの平均値で判定を行なうことに問題があり、サンプルの平均値から母集団の平均値の範囲を推定し、判定しなければならぬと考える。母集団の平均値は、下記の式によって推定できる。母集団の推定値の下限値を用いて評価すべきだと考える。

$$\bar{x} - t_{0.05}\sigma / \sqrt{n} \leq u \leq \bar{x} + t_{0.05}\sigma / \sqrt{n}$$

(95%信頼区間)

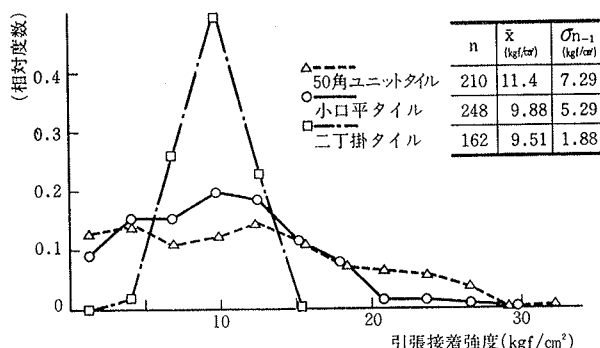
建設省の仕様によれば、タイルの最低引張接着強度は  $4 \text{ kgf/cm}^2$  とされているが、実際には、 $4 \text{ kgf/cm}^2$  接着強度があってもはく落しないとは言えない。また、統計学的に見ても、すべてのタイルが  $4 \text{ kgf/cm}^2$  以上の接着強度であると判定するのは、データのバラツキが大きいので、極めて困難である。タイルの引張接着強度の評価は、現状のように、一つの数式を用いて判別できるような簡単な問題ではない。

母集団の標準偏差を  $2 \text{ kgf/cm}^2$  としているが、図一が示す通り、実際には、タイルの大きさによって標準偏差が異なり、 $2 \text{ kgf/cm}^2$  よりも大きいことが予想される。

建設省の仕様では抜き取り検査数は、 $100 \text{ m}^2$  に1カ所以上と規定されており、タイル施工面積  $2,500 \text{ m}^2$  程度の一般的な建物では、抜き取り検査数は25個以上必要となる。

建 物	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
使用タイル	二丁掛 タイル	二丁掛 タイル	二丁掛 タイル	小口平 タイル	小口平 タイル	小口平 タイル	二丁掛 タイル	二丁掛 タイル	小口平 タイル	小口平 タイル
施 工 法	ウ(アラ)ー 匠着 (後目地)	ウ(アラ)ー 匠着 (後目地)	ウ(アラ)ー 匠着 (後目地)	ウ(アラ)ー 匠着 (後目地)	改良 匠着(後目地)	ウ(アラ)ー 匠着 (後目地)	タイル型枠 先付工法	タイル型枠 先付工法	タイル型枠 先付工法	タイル型枠 先付工法
n	162	10	12	9	10	10	11	6	10	9
$\bar{x}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	9.51	8.12	8.95	9.53	13.8	10.3	8.39	9.32	10.4	15.2
$\sigma$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	1.88	1.94	2.10	3.04	4.23	8.22	1.94	0.93	5.10	5.02

表一 外装タイル引張接着強度試験結果



図一 外装タイル引張接着強度の度数分布

統計学的には、抜き取り検査数は次の式から求めることができる。

$$n = (3\sigma/F)^2$$

n: 抜き取り検査数

$\sigma$ : 標準偏差 (kgf/cm<sup>2</sup>)

F: 誤差 (kgf/cm<sup>2</sup>) およそ  $2 \text{ kgf/cm}^2$

図一の結果を用いると、抜き取り検査数はユニットタイルでは  $n=110$  ( $\sigma=7 \text{ kgf/cm}^2$ )、小口平タイルでは  $n=56$  ( $\sigma=5 \text{ kgf/cm}^2$ )、二丁掛タイルでは  $n=9$  ( $\sigma=2 \text{ kgf/cm}^2$ ) 以上必要である。

### 5. 施工法の標準化

左官下地において特に問題となるのは、RC 躯体との接着工法である。在来の接着工法としては、①合成樹脂エマルジョンの塗布、②発泡スチロール入り下塗り材の塗布、および③ポリマーセメントスラリーの塗布（ただし、モルタル追いかけ塗り）の3工法が一般的である。上記①および②の工法は、施工性に優れるが、耐久性に問題があるため、外壁への採用は好ましくない。上記③の工法は耐久性に優れるが、接着強度がオープンタイムの影響を受け易いので施工性に問題があった。上記③の接着安定性を計ることを目的として、図一に示す施工法に改善した。その結果、RC 躯体との一体化に極めて優れた施工法であることが確認された（表一）。

ポリマーセメントスラリーの塗布工法では、機械吹付けとコテ塗りとのいずれにおいても、適正なオープンタイムを確保すれば、RC 躯体との接着強度は高まり、RC

躯体との一体化を計ることができる。

オープンタイムが長い場合（30分以上）では、接着強度は低下し、バラツキが大きくなる。更に、その破壊はポリマーセメントスラリー塗布面の接着破壊が多くなっている。

ポリマーセメントスラリー塗布工法では、塗布されたポリマーセメントスラリーがフレッシュな状態の時に下地モルタルを塗りつけることが望ましく、そのためには、図-3が示す通りに機械吹きによる施工法が適している。

タイル張り施工法においては、作業者のヒューマンオペレーションによるところが極めて大きいので、作業者の教育、施工法の選択、張付け材料の調合、および塗厚について、標準化を計った。資料をまとめるにあたってはタイル張り作業者とのヒアリング、および施工実験を行なった。それらの結果をまとめたものが、表-4の外装タイル工事、材料・工法選択表である。

施工法	スラリー、機械吹き コテ押え後追いかけ てモルタル塗り	スラリー、機械吹き 追いかけて モルタル塗り	スラリー、コテ塗り 追いかけて モルタル塗り	スラリー、コテ塗り 30分後 モルタル塗り
オープンタイム(分)	1~3	1~3	1~3	30
$\bar{x}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	17.1	14.5	18.3	8.3
$\sigma_{n-1}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	6.06	1.94	1.45	5.81
変動係数(%)	35.4	13.4	7.9	70.3

(備考) 材令：2ヵ月、繰り返し数(n)=5

表-3 左官下地モルタルの引張接着強度試験結果

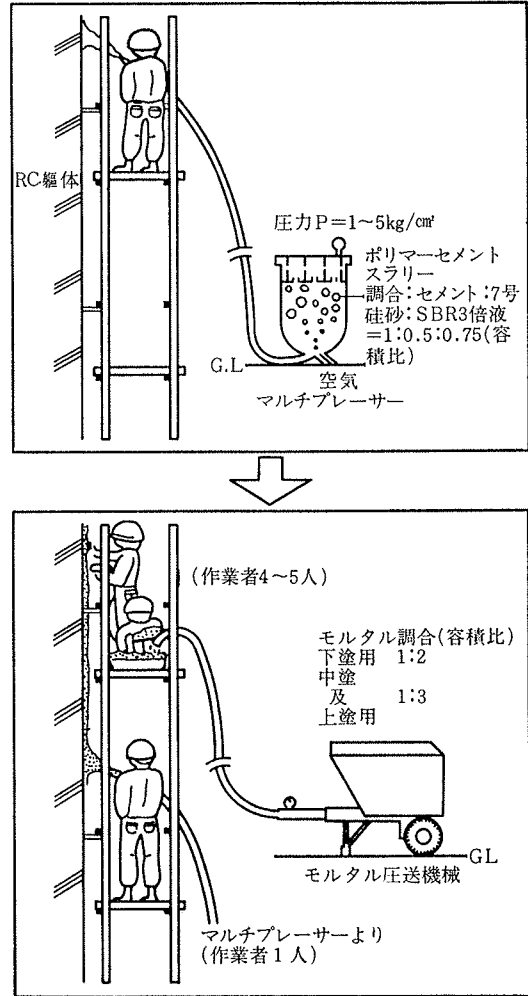


図-3 左官下地の施工法

タイルの種類	適用工法	施工時期	タイルの製法	張付モルタルの調合 *1			*2 下地への塗厚 (mm)	*3 タイルへの塗厚 (mm)	*3 付けしろ (mm)	適用下地	目地			
				セメント 1袋:40kg	珪砂 1袋:20kg	M C 1袋:70g					化粧	伸縮		
小口平	ワイブレード圧着(後目地)	夏	乾式	1	1.0~1.5	1.5以下	3~5	—	2.0~3.0	*4 左官下地	既調合目地材	—		
			湿式	1	1.5~2.0	1.5以下	4~6		3.0~4.0					
		冬	乾式	1	1.0~1.5	0.5~1.0	3~5		2.0~3.0					
			湿式	1	1.5~2.0	0.5~1.0	4~6		3.0~4.0					
丁掛	改良圧着	夏	乾式	1	1.0~1.5	1.5以下	3	2程度	3.0~4.0	*5 RC下地	—	—		
			湿式	1	1.5~2.0	1.5以下							3.0~4.0	
		冬	乾式	1	1.0~1.5	0.5~1.0							3~5	2.0~3.0
			湿式	1	1.5~2.0	0.5~1.0							4~6	3.0~4.0
三丁掛	ワイブレード圧着(後目地)	夏	乾式	1	1.0~1.5	1.5以下	3~5	—	2.0~3.0	*4 左官下地	—	—		
			湿式	1	1.5~2.0	1.5以下	4~6		3.0~4.0					
		冬	乾式	1	1.0~1.5	0.5~1.0	3~5		2.0~3.0					
			湿式	1	1.5~2.0	0.5~1.0	4~6		3.0~4.0					
四丁掛	改良圧着	夏	乾式	1	1.0~1.5	1.5以下	3	2程度	3.0~4.0	*4 左官下地	—	—		
			湿式	1	1.5~2.0	1.5以下							3.0~4.0	
		冬	乾式	1	1.0~1.5	0.5~1.0							3~5	2.0~3.0
			湿式	1	1.5~2.0	0.5~1.0							4~6	3.0~4.0
50角 50角二丁	KM工法 圧着	夏	乾・湿式	1	1.0~1.5	1.0以下	3 *7	—	1.5~2.0	—	—	—		
		冬	乾・湿式	1	1.0~1.5	1.0以下								
		夏	乾・湿式 *6	1	0.5~1.0	1.5以下							2~4	—
冬	乾・湿式 *6	1	0.5~1.0	1.5以下										

注) \*1: 既調合モルタルを使用する場合には、現場施工実験によりその品質管理を確認する  
 \*2: 下地面へのこて塗は、二度塗りとする。  
 \*3: 付けしろは、タイル裏足の出た部分までの厚みを云う  
 \*4: 左官下地は、木こて仕上げとする。  
 \*5: RC下地の場合、張付モルタルの下塗りにポリマーセメントモルタルを使用する。但し、下地面へのサンダー掛けと水洗いを原則とする。  
 \*6: 湿式タイルは、50角二丁のみである。  
 \*7: KM工法の下地への塗り厚は、マスクへの塗り厚をいう。  
 注: 水打ちは原則とするが、特に吸水の激しい場合(夏場、日当りの良い面等)のみ、合成樹脂エマルジョンの4倍液を使用する。

表-4 外装タイル工事 材料・工法選択表

## 6. 目地ます積上げ張り工法の開発

上記、表-4は、タイル張り在来工法についてまとめたものであるが、更に、タイルの強固な一体化および施工の合理化を目的として、タイル張り作業と目地モルタル詰め作業を同時に行なうことを特徴とする新しいタイル張り施工法（仮称：目地ます積上げ張り工法）を開発した。施工法は、写真-1～3に示す通りである。

まず下地に水湿しを施し、下塗りモルタルを2回に分けて3～5mm厚に塗付ける。次に、タイルの割付けに従って配置された目地棒を有する透明なプラスチック板（目地ます板）にタイルを装着し（写真-1）、その上下塗りモルタルと同調合のモルタルを塗付ける（写真-2）。これを下地面に塗付けられたフレッシュなモルタル面へ定規に沿って圧着し、たたき板を用いて十分にたたき込む。タイルユニットは下から上へと順次積上げて張付ける。モルタルが十分に締まった後に（タイル張り後30～60分）、目地ます板をていねいに取りはずし（写真-3）、目地を手直した後に、タイル面を清掃する。

この工法では、目地詰めとタイル張りとを同時施工するとともに、張付けモルタルをタイル裏面にもこすり付けるため、タイル、目地材、張付モルタルが一体化される（写真-4）。また数枚のタイルをユニットにして張付けるために、作業が単純化され、能率が向上する。使用するタイルとしては、小口平タイル以上が好ましい。

## 7. おわりに

近年、建物の外装仕上げは、陶磁器質タイルによるものが極めて多く、タイル張り作業者の数が不足がちである。タイル工事の標準化を計り、その施工品質の向上に努めなければ、再度タイルのはく落事故が続発し、タイル工事の信用を失いかねないと考えらる。

## 参考文献

- 1) 十代田知三, 難波蓮太郎, 林 好正: 外装タイル張り RC 壁の欠陥と補修, 建築士, (社)日本建築士連合会, (1982.5), p. 48
- 2) 丸一俊雄, 熊谷敏男: 陶磁器質タイル型枠先付工法に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (昭和153), pp. 283～284

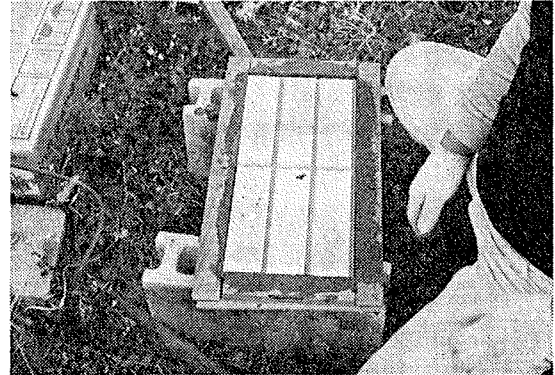


写真-1 目地ます板へのタイルの装着

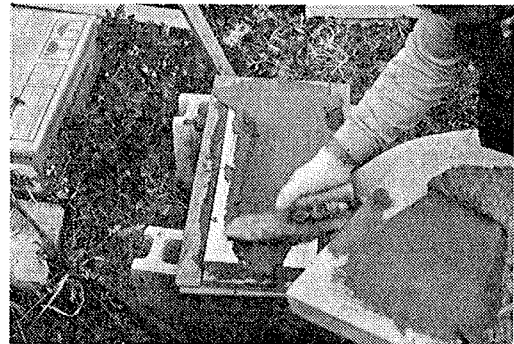


写真-2 タイル裏面への張付けモルタルの塗付け

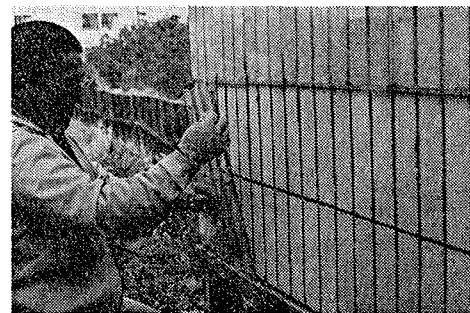


写真-3 目地ます板の取りはずし

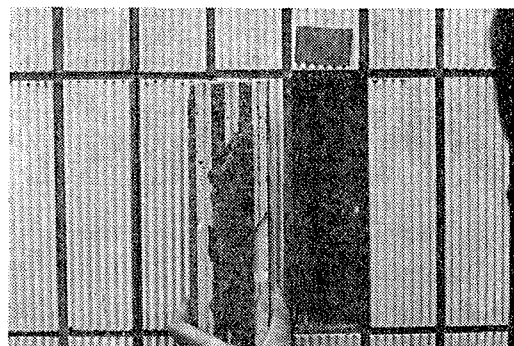


写真-4 タイルとモルタルの接着状況