

陶磁器タイルの圧着工法に関する研究

丸 一 俊 雄
松 村 勝 実

§ 1. はじめに

タイルを圧着工法で施工することは従来工法のだんご張りに比べて工期の短縮、職人不足の解消および張付け技術の容易さなどの理由で現在広く普及し、ほとんどの一般的な工法とさえてきている。しかし反面、タイルと張付けモルタルの接着性の不良または接着強さ不足などによりだんご張りに比べて大面積にわたる剝離事故が最近多くなってきている。この原因についての究明には長期間を要するが種々の問題を抱えた圧着工法に関しどのような要点が施工の際重要であるかについて研究所報9号『圧着工法におけるタイルのずれ落ちと接着強さに関する実験的研究』にて報告し、一応の目安が認識されている。当研究はそれに続く圧着工法の一連の研究の一部として上記の事柄をさらに検討したものである。すなわち検討要因として次の要因を取上げた。

- A. 砂の粗粒率の効果
- B. タイルの吸水率の効果
- C. タイルの圧着時期の効果

それぞれの効果について次の項目に分け検討を行なった。

- (i) タイル張付け時の接着性（タイルの接着の有無）の観察
- (ii) タイル張付け後の接着強さ（この場合剪断接着強さを求めた）の測定

§ 2. 試験体および試験方法

2.1 試験体

2.1.1 タイル張り下地

タイル張り下地は図-1のごときもので、写真-1のようにつけ台に四隅を釘打ちにて固定しタイル張りを行なう。タイル張付けを行なう場所は清水建設研究所塩浜分室の実験室とし、下地材面の方位は窓側（南面）、室

内側（北面）の2面に配置した。また下地面はすべて木ゴテ押えとした。張付けモルタルおよび下地モルタルの調査は表-1の通りであった。

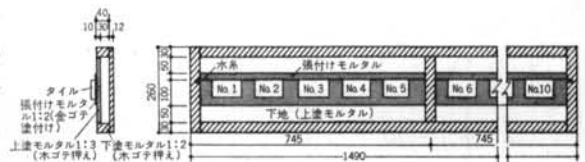


図-1 タイル張り下地

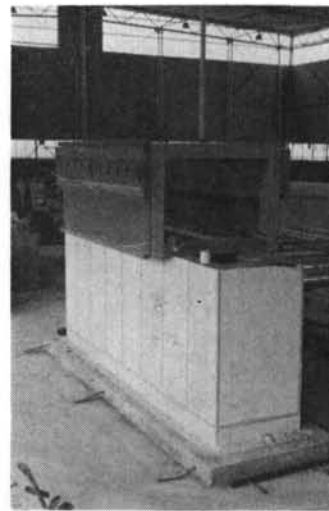


写真-1 タイル張付け下地の取付け

調査比	フロー (mm)	水セメント比 (%)	押え	4週強さ (kg/cm ²)		
				曲げ	圧縮	
下塗り	1 : 2	190±5	42.7	木ゴテ	79.6	425
上塗り	1 : 3	175±5	66.0	金ゴテ	58.2	303
張付モルタル	1 : 2	175±5	47.7	金ゴテ	51.8	242

* 空中養生他は水中養生

表-1 モルタルの調査

2.1.2 材料

- A. タイル

タイルの寸法、裏形、吸水率は表-2に示す通りであり、試験に際してはタイル裏面を平滑面に統一し使用する。

実質吸水率 (%)	材質	寸法 (mm)	使用面	製造会社
0	磁器	108×60×10	平滑	有田タイル
9	陶器	108×60×13	平滑*	丸福タイル
17	陶器	180×60×6	平滑	淡陶タイル

* 0.3mmの条線裏足を一応平滑面と見た

表-2 試験に使用するタイル

B. 張付けモルタル用材料
張付けモルタル用材料として用いたセメント、砂、混和材の諸性質は表-3、図-2に示す通りである。

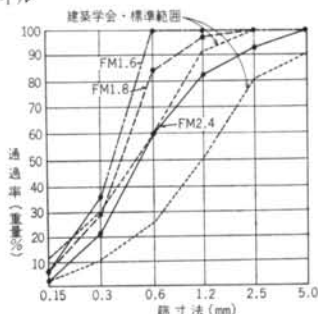


図-2 張付けモルタル用砂の粒度分布

C. モルタルの割合と混練
張付けモルタルの割合は重量比で1:2とし、

砂は気乾状態を標準として用い、表-3に示す混和材を混入してフロー175±5一定になるように水量を適当に調整して張付けモルタルを作る。混練は混和材を混入した張付けモルタル1回分量を十分空練し水を加えて10分前後所定のフローになるまで混練する。

フロー (mm)	1週強さ (kg/cm ²)		4週強さ (kg/cm ²)		水セメント比 (%)	凝結試験	
	曲げ	圧縮	曲げ	圧縮		始発時間	終結時間
212	45.1	193	60.1	338	27	2-30	3-27

骨材	粗粒率 (FM)	粒大	混和材	使用法
	砂			
砂	1.6	0.6mm以下	MC系	モルタル空練時にセメント重量の0.2%混入する。
	1.8	1.2		
	2.4	2.5		

表-3 張付けモルタル用材料の諸性質

2.2 試験方法

2.2.1 タイル張付け

塗り幅100mm一定になるように厚さ5mmの定規板を上下に取付けて、固定されたタイル張り下地に水湿しを行なった後、写真-2のように張付けモルタルを5mm厚一定に金ゴテにて塗付ける。塗付け直後ただちに水糸を張り、写真-3のごとくタイル1枚を木ヅチなどにより水糸に合わせて張付ける。以後3分間隔にタイルを1枚ずつタ

イル張り下地2個分、すなわちタイル20枚を60分間に張付ける。



写真-2 張付けモルタルの塗付け

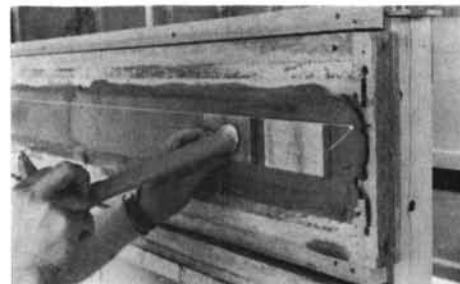


写真-3 タイル張付け

観察は張付け時にタイルが付着するか否かについて記録する。施工時の環境は温度24℃(最高27℃,最低21℃),日時は昭和42年9月下旬であった。

2.2.2 タイルの接着強さ

2.2.1 試験の方法によりタイル張付けの終了した試験体は、1日置いてタイル面を水平にして空中養生を行なう。タイル張付け後4週間放置して、写真-4のように剪断試験を行ない、接着強さを求める。この時の試験機は30ton 万能試験を使用し、その荷重速度は5kg/cm²secとした。

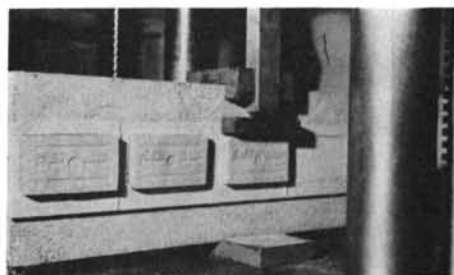


写真-4 接着強さ試験

§ 3. 試験要因の種類と計画

張付けモルタルとタイルの接着性および接着強さの要因として張付けモルタルに関し、その圧着時期と砂の粗粒率の2種類、さらにタイルに関して吸水率を選び表-4のごとく3元配置として全組合せについて試験を行なう。

要 因		水 準
張付けモルタル	調合比(重量比)	1 : 2
	塗り厚(mm)	5
	練り置き	無し
	圧着時期(分)	3分ごとに60分までタイル張付け
	砂の粗粒率(FM)	1.6, 1.8, 2.4
	混和材	MC系混和材
タイル	寸法	小口平
	裏形	平滑面
	吸水率(%)	0, 9, 17, 9-0*1, 17-0*2

*1,*2 9,17%吸水率のタイルをそれぞれ24時間水中浸漬したもの

表-4 試験要因と水準

§ 4. 試験結果と考察

4.1 タイル張付けにおける接着性

試験体に付着したタイルは接着強さ試験のため運搬中剥落する例があった。張付けモルタルとタイルの接着性の検討において、接着強さ試験を行なうまでのすべての剥離を接着性不良〔数値0〕とし、接着強さ試験を行なえたものを良好〔数値1〕とする2段階割法により、要因効果を求めた。その結果、タイルの圧着張りに関する接着性は表-5のごとく表わされる。表-5により3要因

要 因	二乗和 S	自由度 φ	不偏分散 V	分散比 F	寄与率 ρ (%)
A) 砂の粗粒率	4.13	2	2.07	12.18**	6
B) タイルの吸水率	7.42	4	1.86	10.93**	10
C) タイルの圧着時期	7.11	19	0.37	2.18**	6
A × B	6.04	8	0.76	4.47	7
A × C	6.00	38	—	—	—
B × C	12.98	76	—	—	—
e ₁ 誤差	25.16	152	—	—	—
e ₂ プール誤差	44.14	266	0.166	—	71

注) ** 1%で有意

表-5 接着性に関する要因効果

記号	接着性(タイル枚数)	接着強さ(kg/cm ²)
●—●	接着強さが0kg/cm ² 以上で接着したタイルの全張付けタイルとの割合	接着強さ(0kg/cm ² 以上)についての平均値
○—○	張付け時見掛上接着したタイルの全張付けタイルとの割合	全張付けタイルに対する接着強さの平均値

表-6 要因別各図の記号

とも張付けモルタルとタイルの接着性に関して影響することが確認される。各要因別に考察すると次のことがいえる。以下各要因別考察における各図の記号は表-6に示す通りである。

A. 砂の粗粒率

砂の粗粒率は普通使用されている中目以下の砂を3種類に分けて試験を行なった。図-3に示すように中目以下の砂の粗粒率において大きい方が接着性に関して良好であった。

B. タイルの吸水率

吸水率の大きいタイルの接着性はあまり良好でない。しかし、9, 17%などの吸水率の大きいタイルは図-4に示されるごとく、水中浸漬して吸水させることで接着

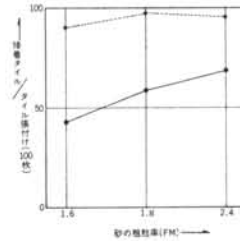


図-3 砂の粗粒率による接着性

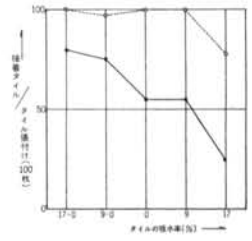


図-4 タイルの吸水率による接着性

性を著しく向上させることができる。また、磁器タイルのようにほとんど吸水しないタイルは何%か吸水性を有するタイルを水中浸漬したものに比べて接着性の点で劣

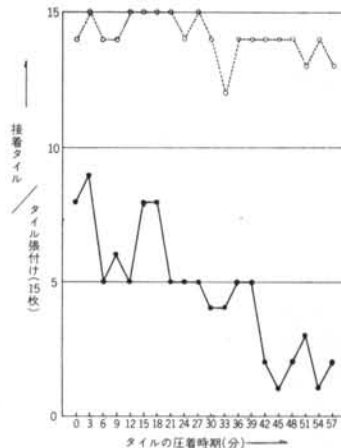


図-5 タイルの圧着時期による接着性

る。

C. タイルの圧着時期

一般的に圧着時期が遅くなるほど接着性は低下すると考えられる。接着性についてのみ観察すると圧着時期が遅くなってもタイルは接着する。ただし、図-5に示すごとくその接着強さは、運搬等により剥落する程度ではない。(このことは現場においてタイル張付け後の目地詰めの際剥落する恐れがあることを意味する。) すなわち張付けモルタル塗付け後タイル張りは短時間に行なう必要があると考えられる。

4.2 タイル張付け後の接着強さ

要因	二乗和 S	自由度 ϕ	不偏分散 V	分散比 F	寄与率 ρ (%)
A) 砂の粗粒率	152.54	2	76.27	12.36	5
B) タイルの吸水率	307.60	4	76.90	12.45	10
C) タイルの圧着時期	557.52	19	29.33	4.75	16
A × B	101.29	8	12.66	2.05	2
A × C	134.35	38	3.53	0.57	0
B × C	644.51	76	8.48	1.37	6
e 誤差	937.38	152	6.16	—	61

注) ** 1%で有意
* 5%で有意

表-7 接着強さに関する要因効果

接着強さについて要因効果を検討すると表-7のごとくである。検定は3元配置のため接着強さ試験を行なう以前に剥落したものも接着強さが無いとし、接着強さ0として扱った。表-7により3要因の接着強さに対する効果は接着性以上に影響の大きいことが判る。各要因別に考察すると次のことがいえる。

A. 砂の粗粒率

砂の粗粒率は図-6のごとく、中目以下の範囲において粗粒率の大きい方が接着強さの点で良好である。すなわちこの傾向は接着性と同じであった。

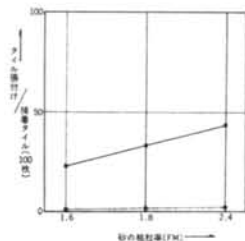


図-6 砂の粗粒率による接着強さ

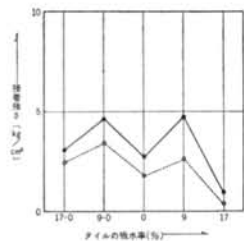


図-7 タイルの吸水率による接着強さ

B. タイルの吸水率

張付けモルタルとタイルの関係について考察すると、

吸水率の小さいタイルは大きいものに比べて、張付けモルタルの保水性の点で良好である。接着強さにおいても傾向は似ているが、図-7に示されるごとく磁器タイルの吸水率0%は、陶器タイルの吸水率9%より接着強さが小さい。すなわち圧着工法に使用するタイルは、ある程度の吸水率を有した方が接着強さについて良好である。また極端に10%以上のような吸水率の大きいタイルは水中浸漬し吸水させることにより接着強さを良好にすることができる。(このことは研究所報9号において報告されており当研究によりさらに確認された点である。)したがって磁器タイルのように吸水率がほとんど0%のタイルを使用する場合、裏形状について十分検討する必要がある。

C. タイルの圧着時期

図-8に示されるごとくタイルの圧着時期による接着強さの傾向は遅くなるほど低下する。張付けモルタルを塗付けて9分以上経過すると、その接着強さは塗付け直後に比べて半分以下に低下する傾向を示す。このことは9分以内にタイル張付け作業ができる面積を、1回の作業単位としなければならないことを意味する。

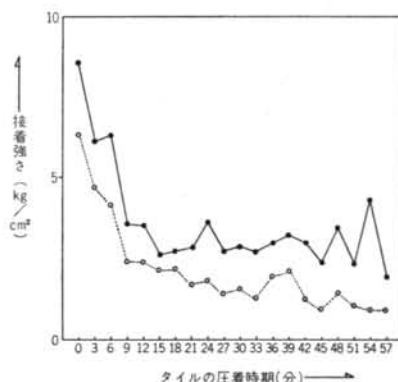


図-8 タイルの圧着時期による接着強さ

§ 5. 総括

以上の試験結果および考察から次のことが総括としていえる。

当研究に取上げた要因、砂の粗粒率、タイルの吸水率、タイルの圧着時期は張付けモルタルとタイルの接着性および接着強さに影響を与えており、3要因の最良な条件を揃えることにより圧着工法を良好に行なうことができる。要因別に最良の条件を述べると次の通りとなる。

5.1 砂の粗粒率

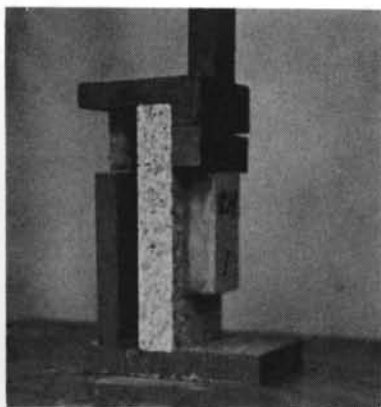
通常張付けモルタルに使用される中目以下の砂において粗粒率の大きい方、すなわち荒い方が接着性と接着強さに関して良好である。

5.2 タイルの吸水率

吸水率が大きいタイルおよび吸水の全然ない磁器タイルは、接着性と接着強さに関して不良である。すなわちタイルの吸水率は適度にあった方が接着性と接着強さに関して良好である。すなわち、吸水率は一般に8%前後が良好である^{1), 2)}。ただし、外装タイルの場合、凍害等を考慮して3~4%以内とすべきであろう。内装タイルのごとく吸水率の大きいタイルは、水中浸漬することにより接着性と接着強さが良好になる。しかし、内装タイルのごとく裏足のほとんどないタイルは圧着工法に適していないと考えられる。当研究においてタイルの裏形は一応平滑面としたが、研究所報9号のごとく粗面にすることにより接着性と接着強さを良好にできる。すなわち吸水率の不適当なタイルも裏形によっては十分使用できる。どのような裏形が適当かは次の研究を待たなければならない。

5.3 タイルの圧着時期

タイルの圧着時期は、ずれ落ちのない範囲で早期の方が一般的に接着性と接着強さの点で良好である。当研究では、張付けモルタルを塗付け後9分以上経過すると接着強さが半減した。したがって、実際に現場で9分以内にタイル張りが終了できるように、モルタル塗付け面積および作業人数を決めなければならない。当研究の施工時期が夏期ということからも、外気温の低下する冬期になるにしたがって、圧着時期は多少変化することを考慮しなければならない。



写真一五 接着強さ試験

要因	水準	
A 石材の種類	(A ₁) 大理石 (A ₂) 御影石	
B 石材の粗面度	(B ₁) 磨き面 (B ₂) 鋸引き面	
C 石材の表面処理	(c ₁) 酢酸ビニール系接着剤を原液塗布面	
	(c ₂) 石面にエポキシ接着剤を塗布後、粒大1.2mm砂ふりかけ面	各表面処理面に無混入モルタル塗付け
	(c ₃) 石面にエポキシ接着剤を塗布後、粒大0.6mm砂ふりかけ面	
	(c ₄) 石面にエポキシ接着剤を塗布後、粒大0.3mm砂ふりかけ面	各無処理面に混和材混入モルタル塗付け
	(c ₅) 無処理面	
	(c ₆) SBR系混和材(セメント重量の30%混入)	
(c ₇) アクリル酸エステル系混和材(セメント重量の20%混入)		
(c ₈) MC系混和材(セメント重量の0.2%混入)		
D 塗付けモルタル	砂	1.2mm以下の砂 粗粒率(FM) 1.79
	調合比	1:2(重量比)
	フロー	175±5

表一八 要因配置

付録 1) 吸水性のない大理石、御影石平滑面の表面処理による接着強さへの影響³⁾

写真一五のごとく200×100×30mmの大理石および御影石に100×50×25mmのモルタルを接着させ2週間後変位

要因	二乗和 S	自由度 φ	不偏分散 V	分散比 F	寄与率 ρ (%)
A 石材の種類	158.36	1	158.36	41.8**	3.9
B 石材の粗面度	384.33	1	384.33	101.2**	9.5
C 石材の表面処理	2507.83	7	615.40	162.2**	62.0
A × B	40.95	1	40.95	10.78**	0.9
A × C	274.57	7	64.93	17.10**	6.2
B × C	131.09	7	18.72	4.94	2.6
e 誤差	512.31	135	3.79		14.9

注) ** 1%で有意

表一九 要因分析結果

速度1.5mm/minで接着強さを求めた。大理石および御影石とモルタルの条件は表一八の通りとし、試験結果の3元配置による要因分析結果は表一九に示す通りである。

この結果より、石材の種類による接着強さの差は小さく、また石材に表面処理を行なうことによってモルタルの接着強さは著しく大きくなるのが判る。水準の比較を行なうと図一9, 10に示す通りである。これらの図により次のことがいえる。

(i) 石材の粗面度による相違、すなわち磨き面と鋸引き面を比較すると磨き面は明らかに鋸引き面より接着強さが小さい。このことは圧着工法における陶磁器タイル

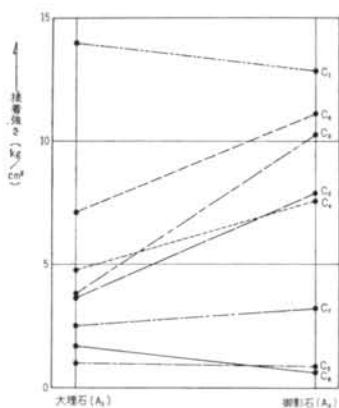


図-9 水準の比較

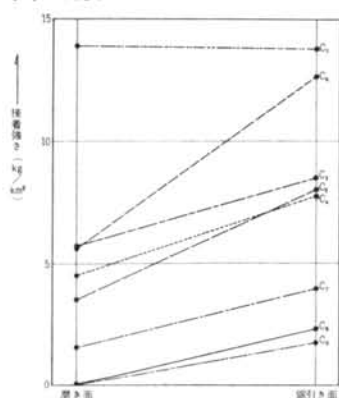


図-10 水準の比較

についても裏形を粗面にし裏足を高くすることにより物理的な接着強さを十分に期待できることを意味している。

(ii) 石材とモルタルの接着強さに関して最も効果的な要因は表面処理であり、その接着強さにおよぼす寄与率は62%をしめている。表面処理としては C₁ のごとき接着剤が最も良好でそれに次いで C₃, C₂, C₄ とエポキシ接着剤を下地に塗布し砂をふりかけて粗面を作製したものが良好であった。その内では粒度 0.6mm が一番接着強さとして大きい。無処理においては C₆ の混和材混入モルタルが C₁ に次いで良好となった。すなわち良好な混和材を使用すれば表面処理よりも大きい効果を期待できる。さらに下地がより粗面の方が効果も大きい。このように吸水率の小さい材料とモルタルを接着するにはなんらかの表面処理もしくは良好な混和材によらなければならない。当研究においては1) C₁, 2) C₆, 3) C₃, C₂, C₄ の順位で接着強さが大きい。以上の点から圧着工法に多く使用されている磁器タイルのごとく吸水率のほとんどない場合は接着強さをタイルの裏形に期待する方法が良策と考えられる。

<参考文献>

- 1) 丸一俊雄, 志村善男, 高沢芳郎: “圧着工法におけるタイルのずれ落ちと接着強さに関する実験的研究” 清水建設研究所報 9号, 昭和42年4月
- 2) 全国タイル商工会議会発行: “陶磁器製タイルの圧着工法”, 昭和38年5月
- 3) 丸一俊雄, 松村勝実, 菅原正尚: “平滑面への接着性に関する研究(2)下地—大理石, 御影石の場合” 清水建設研究報告, 昭和42年8月