

# 陶磁器タイルの接着工法に関する実験研究

—エポキシ樹脂接着剤による場合—

丸 一 俊 雄  
沢 出 稔

## § 1. はじめに

最近、タイル張り工事に高強度の接着が得られるエポキシ樹脂接着剤を用いる機会が多くなってきた。しかしエポキシ樹脂の選択および使用方法に適正を欠き、思わぬ事故の原因となっている場合がある。陶磁器タイル接着用としてのエポキシ樹脂は数多く市販されているが、その品質を見きわめるのが困難であり、使用者側としては選択に迷う状態にある。

本実験では市販のタイル張り用エポキシ樹脂2種を選択し、現場雰囲気を考慮した施工試験を行ない、作業性と接着強度を中心に検討を加え、現状の樹脂の性能と問題点を知った。次に、それらをもとにして陶磁器タイル張り用エポキシ樹脂の品質規準と、陶磁器タイル張り工事に関する作業規準を求めた。

## § 2. タイル張り試験 (その1)

### 2.1 試験目的

現場で比較的多く使われているタイル張り用エポキシ樹脂を2種選択し、タイル張りの作業可能時間を中心に

タイルの張り付け時期、張り付けたタイルのズレ・剥落と接着力を調べる。

### 2.2 試験計画

試験はタイルの裏面形状、下地の粗面度、下地の乾燥および湿潤、タイル張り付け工法、タイル張り付け時期の5項目を組合せて表-1のようなシリーズに分けて行なった。

### 2.3 タイル張り下地

タイル張り下地は表-2に示す割合で図-1のような形状のモルタル板を作成した。下塗りモルタルは平たんな場所に十分に水を吸わせた型わくを敷き並べ、モルタルを厚さ30mmに塗り付け木ごてで仕上げる。翌日に建物の壁を塗り付けるのと同じ状態を得るために型わくを壁面に立てかけて、厚さ10mmの上塗りモルタルを塗り付け

モルタル	塗厚 (mm)	調 合 比 (kg/kg)	フロー (mm)	仕上げ	備 考
下塗り	30	1 : 2	200	木ごて	生モルタル
上塗り	10	1 : 3	175	木ごて 金ごて	ミキサー

表-2 タイル張り下地モルタル割合表

シリーズ No.	裏面形状	下地粗面度	下地の乾湿	工 法 別	タイル張り付け時期(分)	判 定
1	平 滑	木ごて仕上げ	乾 燥	圧 着	0 10 20 30 40 50 60	せん断
2	裏足あり	木ごて仕上げ	乾 燥	圧 着	0 10 20 30 40 50 60	せん断
3	平 滑	木ごて仕上げ	乾 燥	積み上げ	0 10 20 30 40 50 60	せん断
4	平 滑	金ごて仕上げ	乾 燥	圧 着	0 30 60 90 120 150 180 210 240	せん断
5	平 滑	金ごて仕上げ	乾 燥	積み上げ	0 30 60 90 120 150 180 210 240	せん断
6	平 滑	金ごて仕上げ	湿 潤	圧 着	0 30 60 90 120 150 180 210 240	せん断
7 (注)	平 滑	金ごて仕上げ	湿 潤	積み上げ	0 30 60 90 120 150 180 210 240	せん断
8	平 滑	木ごて仕上げ	乾 燥	圧 着		引張り

注) シリーズ(8)は §3. に詳述してある。

表-1 シリーズ別の試験計画表

モルタル		28日圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		28日曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> )		91日表面強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	
		水中養生	空中養生	水中養生	空中養生	せん断	引張り
木ごて	下塗り	157	116	37.4	23.8	—	—
	上塗り	244	137	51.6	32.1	52.4	4.6
金ごて	下塗り	403	343	68.8	50.1	—	—
	上塗り	263	188	49.6	44.9	34.4	7.5

注) 表面強度の測定は小口平タイルと同じ寸法の鉄板を張り付けて行なった。

表-3 下地モルタル強度試験結果

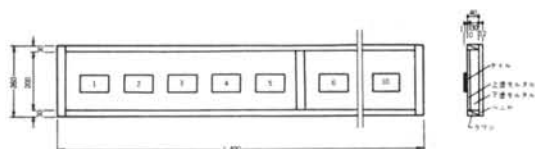


図-1 タイル張り下地モルタル板

る。仕上げ面は木ごてと金ごての2種類のものを作成した。下地モルタルの強度試験結果は表-3に示す通りである。

## 2.4 使用材料

### 2.4.1 タイル張り用エポキシ樹脂

試験に用いた樹脂はA社、B社のタイル張り用エポキシ樹脂でともにパテ状である。樹脂自体の強度試験結果は表-4に示す通りである。

会社名	材令 (日)	試験項目 および 方法	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) JIS R5201法	曲げ強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) JIS R5201法	引張り強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) JIS K6911法
		A	7	402	114
	14	479	109	115	
B	7	185	70	46	
	14	219	93	33	

表-4 使用樹脂の強度試験結果

### 2.4.2 セメントおよび砂

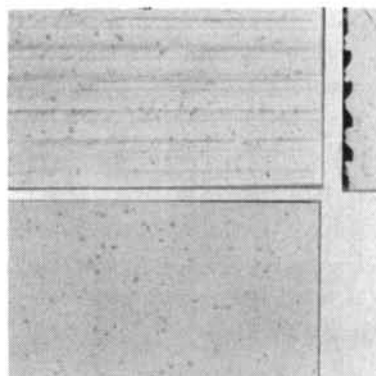
下地モルタル板作成に用いたセメントおよび砂の諸性質は表-5に示す通りである。

セメントの種類	比重	水セメント比 %	凝結		安定性	強熱減量 %	Mg %	SO <sub>3</sub> %	フロー 値 mm	曲げ強さ kg/cm <sup>2</sup>			圧縮強さ kg/cm <sup>2</sup>		
			始発	終結						3日	7日	28日	3日	7日	28日
アサノ普通 ポルトランド	3.15	26.4	2-13	3-20	良	0.8	1.0	1.8	244	30.5	45.7	67.1	128	244	411
骨材	産地	粗粒率	粒大		比重	吸水率	有機不純物								
砂	鬼怒川	2.40	2.5mm以下		2.61	1.8%	良								

表-5 セメント・砂の諸性質

### 2.4.3 使用タイル

一連の張り付け試験に使用したタイルは、表-6、写真-1に示すような標準的なものであり、裏面には6条線(横)の裏足があり表面は磁器質のまま平滑であり、上葉はかかっていない。



(上) 裏面・6条線がある  
(下) 表面・平滑で上葉がかかっている

写真-1 タイル形状

材質・製法	磁器質・乾式
寸法	10.84mm×5.91mm(64.06cm <sup>2</sup> )
重量	161.42g(2.52g/cm <sup>2</sup> )
吸水率	0.028%
製造会社名	有田タイル株式会社

表-6 使用したタイルの性状

## 2.5 試験方法

### 2.5.1 タイル張り

下地モルタル板は積み重ねシートをかぶせて4週間以上養生したものを、鋼製わく組み足場に番線で3段に取り付ける。タイル張り実験にあたっては、タイルの天端をそろえるために水糸を張り、それによってタイルのずれを観察する。

タイル張り付け時期はエポキシ樹脂を混練終了した時間を0分とみなし、以下所定の時間ごとに型わく1枚にタイルを右端または左端から順に10枚張り付ける。張り付けはすべて手圧で行なう。(写真-2)

張り付けたタイルは鋼製わく組み足場に取り付けたままの状態です3週間放置し(写真-3)、その後接着力試験を行なうためにわく組み足場から取りはずし、当社研究所強度試験室に運搬し脱型する。



写真-2 手圧押え。

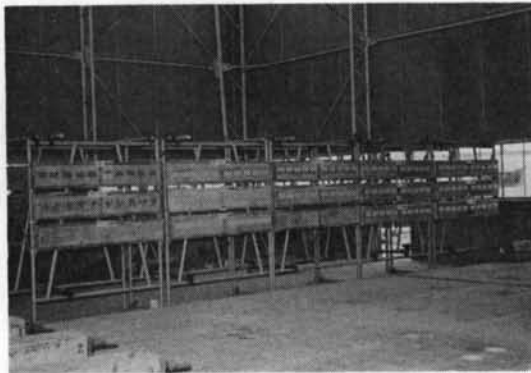


写真-3 養生状態

### 2.5.2 タイル接着力試験

タイルを張り付けて3週間経過後に圧縮せん断法による接着力試験を行なう。試験機は30t万能試験機を用い5 kg/cm<sup>2</sup>・secの荷重速度にセットして行なった。(写真-4)

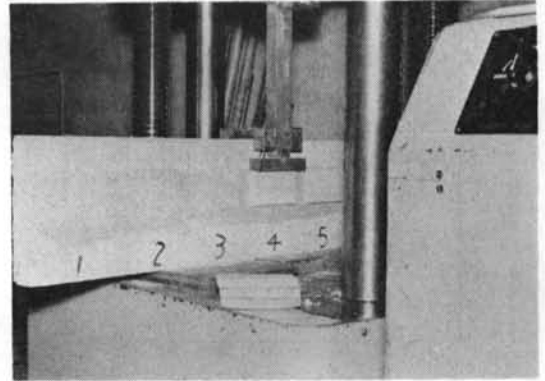


写真-4 接着力試験

## 2.6 試験場所・期間

タイル張り付け試験 当社研究所塩浜室内実験場

せん断接着力試験 当社研究所強度試験室

期間は昭和43年10月~12月と昭和44年4月~5月

## 2.7 試験期間中の温度および湿度

エポキシ樹脂はタイル張りに限らず外気温度によって作業性が大きく変化するので、タイル張り試験の時の外気温度を合わせるために冬季は除外した。タイル張りおよび養生期間中の温度および湿度は表-7のようであった。

季節	タイル張り		養生期間	
	温度℃	相対湿度%	温度℃	相対湿度%
春季	23.8~18.8	80.0~53.0	23.8~16.4	80.0~42.0
秋季	25.0~20.0	95.0~43.0	25.0~8.2	95.0~36.0

表-7 タイル張りおよび養生期間中の温度および湿度

## 2.8 試験結果および考察

シリーズ(1)~(7)まで行なった張り付け試験によって得られた接着強度を会社別、工法別にして図-2~5に示した。タイル張り作業可能時間内における作業性と接着強度を中心に、タイルの裏面形状、下地の粗面度、下地の乾燥および湿潤、張り付け工法、張り付け時期についてそれぞれ検討を加えた。

### 2.8.1 タイルの裏面形状

裏足の有無にかかわらずタイル張り作業に差は認められなかった。

タイルの表面と裏面をそれぞれ圧着張りして、せん断による接着強度試験を行ない、有意水準5%で平均値の差の検定(t検定)を行なった結果、A、Bの接着剤ともに、裏面を圧着した方が高い接着強度を示し、裏足効果のあることが分かった。しかし、タイル1枚あたりの

樹脂の使用量は裏面を圧着張りした場合の方が表面の場合よりも多く(P.18の表-11参照)、純粋に裏足のために

接着強度が増加したのか、あるいは樹脂使用量が増したためなのか明らかでない。

### 2.8.2 下地モルタルの粗面度

金ごて仕上げ、木ごて仕上げの下地の違いによるタイル張りの作業性の差は認められない。接着強度は、木ごて仕上げ下地に張り付けたタイルの方が高い値を示した。

タイルのせん断試験を終了したものの界面の破壊状態は図-6に示すように、タイル破壊、接着剤自身の破壊、下地モルタル破壊、タイル表面・モルタル表面からの接着剤の剝離の5つに分けられる。A社のものは大部分がモルタル表面で剝離した。タイルとの接着性はB社のものと比較して良好といえるが、圧着張りの場合に樹脂を塗布後長時間経過したものでは(タイル張り付け時期180~240分)樹脂が簡単にタイルからはがれる現象が認められ接着性能が低下する。B社の接着剤ではタイル張りの工法、張り付け時期によって界面の破壊状態が異なった。張り付け時期が0分のもは接着層破壊を示しているが、張り付け時期が経過するにつれて圧着張りの場合はタイル表面で、積み上げ張りの場合はモルタル表面で剝離するようになった。

金ごて仕上げ下地の場合、界面の破壊状態はモルタル表面層のごく薄いほこり(またはレイタンス)と思われる層ではがれているものが多くみられた。したがって金ごて仕上げの場合にはこて押え時期に注意し、散水養生を行なって表面強度を大きくするように心がけなければならない。

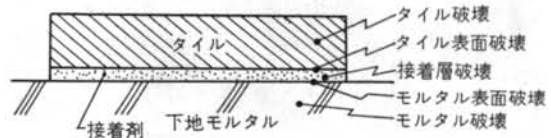


図-6 界面剝離状態の説明

### 2.8.3 下地モルタルの乾燥および湿潤

B社のものは敏感に水分の影響を受け、湿潤状態の下地ではタイル張り作業ができなかった。一方A社のものは乾燥下地と変らぬ良好な作業性を示した。しかし、樹脂と下地モルタルとの付着はあまり良好とはいえない。モルタルに対する塗布性も乾燥したものに比較して低下する。

接着強度は乾燥下地のものと比較して湿潤状態の下地に張り付けたものは約35%低下している。この接着強度の低下率は他の用途に用いられる湿潤型(水中硬化型)のエポキシ樹脂と比較してほぼ同じ割合である。

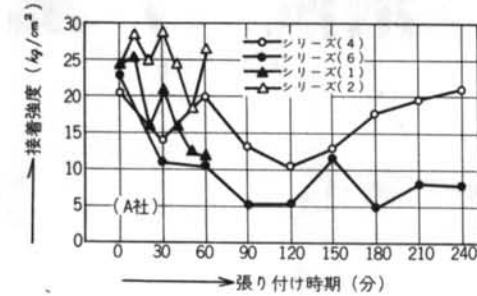


図-2 圧着張り法による接着強度 (A社)

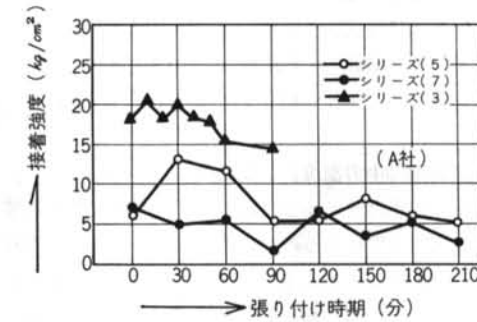
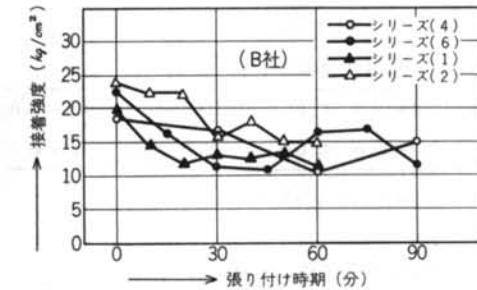


図-3 積み上げ張り法による接着強度 (A社)



注) 張り付け時期が50分以上のもの値はすべて手直して張り付けたものの値である。

図-4 圧着張り法による接着強度 (B社)

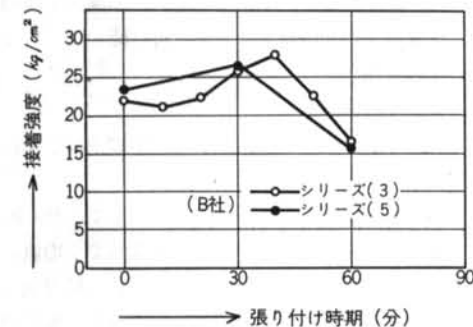


図-5 積み上げ張り法による接着強度 (B社)

高周波水分計を用いて乾燥下地の表面水分を測定した値は6.0%であり、湿潤下地に張り付けたタイルのせん断試験が終了した部分の表面水分は平均7.5%を示している。したがって湿潤下地に張り付けた樹脂は、養生期間中も継続して水分の影響を受けていたものと思われる。

B社のもののような接着剤は下地に水分が存在している場合または水分が存在していると思われる場所には使用できない。またA社のものも湿潤程度の下地に用いるにはさしつかえないと思われるが、下地から水分がにじみ出てくるような場合には使用できない。

#### 2.8.4 張り付け工法

A社のもので「圧着張り」工法による方が「積み上げ張り」工法よりもタイル張り付け作業時間が長くとれた以外に差は認められなかった。

張り付け工法別による接着強度を有意水準5%でt-検定したところ、木ごて仕上げ下地では圧着張りよりも積み上げ張りの方が高い接着強度を示している。しかし、金ごて仕上げ下地の場合には乾燥、湿潤ともに圧着張りによる方が高い接着強度を示している。(図-2~5参照)

積み上げ張り工法による場合、下地モルタルとタイルとの接着面積がタイル面積の20~60%しかなく、特に金ごて下地の場合にはその傾向が強かった。

接着剤を用いた場合タイル張りにおいて圧着張り工法と積み上げ張り工法と、どちらが優れているかは今回の試験範囲では断定できない。

#### 2.8.5 張り付け時期

B社のものは樹脂混練後50分経過すると圧着張り、積み上げ張りともに張り付けたタイルすべてにずれ・剝落が生じた。1度ずれ・剝落が生じたタイルの手直しは非常に困難であり、まず手直しはできないと考えた方がよい。したがって、B社のもののような接着剤を用いてタイル張りを行なう場合には混練後40~50分以内に作業を終了するような作業計画で行なわなくてはならない。

A社のものは試験範囲内(240分)では張り付いたタイルになんらの異常も認められなかった。

接着強度は樹脂混練直後のものが高い値を示している。タイル張り付け時期が長時間経過したものでも接着強度の低下は認められないが、樹脂が簡単にタイルやモルタルからはがれる現象がみられ、タイル・モルタルに対する接着性能が低下している。積み上げ張りの場合には特にモルタルに対する接着が悪くなっている。いずれにせよタイル張り付け時期をあまり長時間にとるのは好ましくない。

### § 3. タイル張り試験(その2)

—シリーズ(8)—

#### 3.1 試験目的

接着剤を用いてタイル張りを行なう場合、1回の張り付け面積は2㎡程度であるという。§2. では主に接着強度を中心に調べたが、今回は2㎡以上の面積を実際の現場の状態に近づけてタイル張りを行ない、タイル張り速度、樹脂使用量等を中心に作業観察を行なう。

#### 3.2 タイル張り下地

長さ3.1m、高さ1.9m、厚さ12cmのP.C板を山留鋼材に立てかけて固定し、はけ引き面をワイヤーブラシで清掃後に水しめしを十分に行なう。次に容積比で1:2.5のモルタルを下塗り5mm厚に塗り付け、翌日に同じ割合で上塗りとして10mm厚に塗り付けて木ごて押え仕上げを行ない2週間養生したものを用いた。モルタルの強度試験結果は表-8に示す通りである。

	塗厚 (mm)	調合比 (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	フロー (mm)	28日曲げ 強度(kg/cm <sup>2</sup> )		28日圧縮 強度(kg/cm <sup>2</sup> )	
				水中養生	空中養生	水中養生	空中養生
下塗り	5	1:2.5	170	72.4	39.4	388	191
上塗り	10	1:2.5	175	71.1	44.6	401	210

表-8 タイル張り下地モルタル強度試験結果

#### 3.3 使用材料

タイル張り下地モルタルに使用したセメントおよび砂の諸性質は表-9に示す通りである。

タイル張りに用いたエポキシ樹脂および使用タイルは§2. で用いたものと同じである。

#### 3.4 タイル張り

P.C板にほぼ左右対称となるように1.5m×1.6m(2.4㎡)の2区割を墨出し、タイル目地幅はウマ目地で縦6mm、横10mmとし、1区割286枚のタイルを張り付けた。混練樹脂を壁面に塗り付けるには、まず左官の金ごてで行ない、次にメーカー指定のゴムへら(A社)や金ごて(B社)で平均3mmのくし目立ちになるように均等にならした。タイル張り付け工法は圧着張りで行ない、すべて手圧でタイルを埋め込んだ。

試験は研究所塩浜室内実験場で昭和44年5月中旬に行なった。

セメントの種類	比重	水セメント比 %	凝 結		安定性	強熱減量 %	Mg %	SO <sub>3</sub> %	フロー値 mm	曲げ強さ kg/cm <sup>2</sup>			圧縮強さ kg/cm <sup>2</sup>		
			始 発	終 結						3日	7日	28日	3日	7日	28日
アサノ普通ポルトランド	31.5	26.6	2-19	3-28	良	1.0	1.0	2.0	243	30.4	46.1	67.8	126	223	417
骨 材	産 地		粗 粒 率		粒 大		比 重		吸 水 率			有 機 不 純 物			
砂	鬼 怒 川		2.50		2.5mm		2.65		1.7%			良			

表-9「セメント・砂の諸性質

### 3.5 試験結果および考察

作業観察結果を表-10に示す。

作業観察 接着剤	混 練 量 (kg)	回 (回)	数	樹脂混練時間 (分)	樹脂使用量 (kg)	塗り付け時間 (分)	タイル張り時間 (分)	タイル張り作業速度 (m <sup>2</sup> /時間)
A 社	1.5	2		8	2.60	20	38	2.48
B 社	5.0	1		6	4.52	16	41	2.53

表-10 作業観察結果

#### 3.5.1 ずれ・剥落の観察

樹脂を塗り付けてからタイル張り終了まで約60分経過しているが、A、B両方とも張り付けたタイルにずれ・剥落が生じなかった。Bのもので張り付け時期が40分以上経過した部分のタイルに異常が認められなかった原因は接着剤の出荷製品のバラツキまたはメーカーが接着剤自体の変成を変えたためと思われる。(この実験で用いたBのものは新たに作り寄せたものを使用している。)

#### 3.5.2 樹脂使用量

タイル1枚あたりのシリーズ別の平均樹脂使用量は表-11に示す通りであり、§2. で用いた下地モルタル板でも今回行った試験でもあまり変化はみられない。表-11から明らかのように圧着張り(シリーズNo.1, 4, 6, 8)の方が積み上げ張り(シリーズNo.3, 5, 7)よりも樹脂の使用量が多くなっている。しかし、圧着張りの方はタイルを張り付けない場所にも樹脂が塗布されていることを考えると、タイル1枚あたりの樹脂量は表-11で見られるほどの差はないものと思われる。

シリーズNo.	樹脂							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A 社	10.0	14.0	6.6	7.0	4.5	7.0	4.4	9.1
B 社	20.0	25.0	9.4	15.0	8.1	13.0	8.7	15.8

表-11 タイル枚あたりのシリーズ別の平均樹脂使用量(g)

#### 3.5.3 タイル張り速度

1時間あたりのタイル張り作業速度はAのもので2.48 m<sup>2</sup>、Bで2.53 m<sup>2</sup>となりほとんど変わらない結果を示している。昭和43年6月にAを用いて外壁タイル張りを行なったMビル(道路に面した約16 m<sup>2</sup>を接着剤張りで行なった。足場が非常に悪かった。)における作業観察では1時間あたり2.28~2.51 m<sup>2</sup>であり、接着剤でタイルを圧着張りする場合の作業速度は、1人あたり2.5 m<sup>2</sup>/時間前後と考えられる。一方、モルタルによる圧着張りでは1時間あたりに換算した作業速度は、1人大体2.0 m<sup>2</sup>であることが報告されており<sup>1),2)</sup>、接着剤張りの方が2~3割ほどはかどる。

### § 4. タイル張り用樹脂に要求される性能

§2., §3.の現場雰囲気近づけたタイル張りの施工試験から得られた作業性の問題点と、樹脂自体の問題点からタイル張り用エポキシ樹脂に要求される性質としては、以下に述べる8項目が考えられる。

#### (1) 可とう性のあること

建物の軽量化と工期の短縮化が進められて建物が特に変形しやすくなっているの下地の変形、タイルの変形に対して追従できることが望ましい。

#### (2) パテ状であること

下地の凹凸やタイルのゆがみを補正できるような充てん性のあることが望ましい。



(3) 混練作業が容易であること

主剤と硬化剤との混合比率が分かりやすいもので、主剤と硬化剤の色が変えてあり、混合攪拌の程度が肉眼で判断できるものが良い。また混練作業に適する粘度であることが大切である。

(4) 混練した樹脂が1時間以上3時間以内のタイル張り作業時間がとれること

現場では1回の混練量が平均1~2kgであり、この樹脂がタイル張り施工時の外気温度に対して1時間以上使用できる必要がある。初期強度発現の点からあまり長く作業時間がとれるものも問題があるので、固化が混練後3時間位から始まるのが適当と思われる。

(5) 湿潤型の樹脂であること

下地が湿っている場合が多いことと補修張りの場合には雨水による制約が考えられる。また、下地が乾燥している場合でもモザイクタイルや四七2丁掛タイルのようなユニット張りで行なうものは、樹脂が硬化しないうちに水を打って表紙をはがすことになるので、水分の影響を受けて接着強度が低下するようなものでは好ましくない。

(6) 陶磁器質に対する接着性が良好なこと

一般にガラス質に対するエポキシ樹脂の接着力は低いといわれているので、ガラスに十分な接着を示すものが望ましい。簡単にタイルに塗布できることも必要である。

(7) 張り付けたタイルにずれ・剥落が作業中および樹脂が硬化するまでに生じないこと

タイル張りの作業能率と仕上がり程度に関する重要な項目である。適度の変性(チクソトロピー)を有していることが必要である。

(8) 塗布性が良好なこと

タイル張り下地に良くなじむことが必要である。

## § 5. タイル張り用樹脂の品質判定試験

### 5.1 試験目的

タイル張りを行なう場所と用途によりそれぞれ条件が異なるので、タイル張り用エポキシ樹脂を一律に規定することはできない。今回陶磁器タイル接着用として市販されているエポキシ樹脂のうち、現場で比較的多く用いられているものと、二次製品メーカーにタイル用として変成させたものと合計10種類の樹脂について、一番厳しい性能が要求される外装タイルの張り付けおよび補修に適しているか含かを調べた。

### 5.2 試験計画

樹脂の規格はタイル張りの用途に応じて異なった方が合理的であり、§4. の8項目の内容を加えた表-12の品質判定試験順序が考えられ、今回は一番条件の厳しい外装仕上げ張り用として①②→③-1→④-1, ④-2の順序で行なう。

### 5.3 試験に供した樹脂

試験に供した10種類のエポキシ樹脂は表-13にある。§2., §3. で用いたA社は2番, B社は8番である。

### 5.4 試験項目および試験方法

#### (1) 圧縮強度試験

J I S R 5201 (セメントの物理試験方法) と J I S K 6911 (熱硬化性プラスチックの一般試験方法) に準じて行なう。試験材令は 3, 7, 14日とし 1/100mm のダイヤルゲージで応力-ひずみを測定する。

#### (2) 曲げ強度試験

J I S R 5201, J I S K 6911 に準じて行なう。試験材令は 3, 7, 14日とし 1/100mm のダイヤルゲージで応

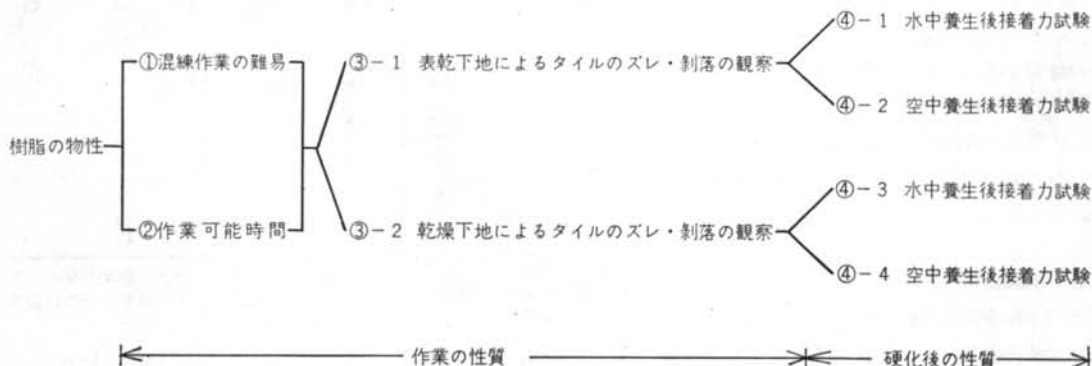


表-12 タイル張り用樹脂の品質判定試験順序

カーヒズミを測定する。

(3) 引張り強度試験

JIS K6911, ASTM C190-58T(モルタルの引張り試験方法)に準じて行なう。試験材令は3, 7, 14日とし $1/100$ mmのダイヤルゲージで応力-ひずみを測定する。

(4) 鉄板どうしの接着によるせん断引張り接着力試験

170×50×2.3mmの鋼板(JIS G3101合格品)の表面を#80のディスクサンダーで光明処理を行なった後に、有機溶剤で脱脂処理を十分に行なう。鉄板に樹脂を塗布してから接着層の厚みを一定に保つためにφ0.03mmの針金をスペーサーとして2本入れて、鉄板を20mmラップさせて手で加圧接着する。24時間放置してから試験体の半分を20±3℃, 50±5%R.H.の恒温恒湿室で養生し、残り半分は35±1℃の恒温槽で養生する。試験材令は3, 7, 14日とし供試体個数はそれぞれ10組とする。引張り試験時のチャックの下降速度は2.0mm/minにセットする。

(5) ガラスとコンクリートへのせん断接着力試験

100×100×400mmのコンクリートブロック(設計強度210kg/cm<sup>2</sup>)を湿潤状態にして、ガラスを張り付ける面をワイヤーブラシを行ない、表面のレイトンスや脆弱部分を取り去る。張り付けるガラスは50×50×6mmの透明ガラスを用い、張り付け面を有機溶剤で良くふいて油や汚れを取り除く。コンクリート面、ガラス面の両方に樹脂を塗布してから手圧で接着し、はみ出した樹脂を金へらで取り除き、ただちにコンクリートを立てて樹脂が硬化しはじめるまでの1~2時間の間、ガラスのずれ・剥落を観察する。その後供試体の半分を恒温恒湿室に、残り半分を鉛直の状態のまま20℃の水の中に入れて養生する。試験材令は3, 7, 14日とし供試体個数はそれぞれ10組とする。接着力試験における試験機のベットの昇速度は2.0mm/minにセットする。

(6) その他

樹脂を1kgと2kgずつポリエチレンの桶で混練する時に、へらの反り具合、力の入具合、樹脂が均一になるまでの時間を調べ、混練作業の難易を観察する。

また、混練樹脂を型わくで成形する時の作業のしやすさ、作業可能時間も合わせて観察する。

なお、試験は清水建設研究所強度試験室、化学分析室で行なった。

5.5 試験結果

5.5.1 各種強度試験結果

強度試験結果の詳細を表-14に示す。

5.5.2 樹脂の変形量

強度試験の時に $1/100$ mmのダイヤルゲージで応力-ひずみを測定し、その時の破壊荷重時のヤング係数を材令別、試験別にまとめたものを表-15に示した。

実験番号	混合比	硬化後の比重	備考
1	5 : 1	1.30	
2	5 : 1	1.25	A 社
3	2 : 1	1.89	
4	3 : 1	1.66	
5	2 : 1	1.64	試作品
6	2 : 1	1.64	試作品
7	2 : 1	1.74	
8	1 : 1	1.79	B 社
9	1 : 1	1.24	
10	2 : 1	1.59	試作品

表-13 試験したタイル張り用エポキシ樹脂

試験項目 材令(日)	試験項目					
	R5201 圧縮	R5201 曲げ	K6911 曲げ	K6911 引張り	ASTM 引張り	
1	3	378	240	171	*	387
	7	407	133	172	*	38
	14	505	269		*	42
2	3	45	28	—	1	5
	7	191	16	77	32	22
	14	309	18	185	50	34
3	3	168	82	37	34	16
	7	223	171	184	51	29
	14	253	207	204	61	31
4	3	182	153	88	36	19
	7	331	310	311	79	46
	14	418	549	208	79	64
5	3	84	69	35	15	17
	7	268	110	79	41	15
	14	269	100	108	36	32
6	3	339	340	473	40	59
	7	413	324	234	33	40
	14	492	329	233	31	39
7	3	300	274	382	87	42
	7	269	275	327	91	36
	14	340	328	219	82	43
8	3	63	22	—	78	49
	7	30	11	13	76	20
	14	35	16	13	86	19
9	3	18	28	—	—	13
	7	99	73	27	19	14
	14	83		42	30	21
10	3	48	28	—	55	7
	7	65	39	—	14	7
	14	54	33	—	13	8

注) \*印は試験体が滑ってチャックにかからなかった  
—印はクリープしたためダイヤルゲージでは読みきれなかった。

表-15 樹脂が1mm変形するのに要する力(単位: kg/cm<sup>2</sup>)



番号	試験方法 材令 (日)	試験項目 圧縮		曲げ		引張り		鉄板と鉄板の接着力						コンクリートとガラスの接着力					
		JIS R5201	JIS K6911	JIS R5201	JIS K6911	JIS K6911	ASTM 法	20℃養生			35℃養生			空中養生			水中養生		
								強度	S	C.V	強度	S	C.V	強度	S	C.V	強度	S	C.V
		試験項目		曲げ		引張り		鉄板と鉄板の接着力						コンクリートとガラスの接着力					
1	3	499	538	149	99	—	48	26	34.4	13.2	33	6.6	20.0	17	8.20	48.2	18	3.39	18.8
	7	545	405	85	221	—	48	18	2.2	13.0	36	10.0	29.4	28	8.20	30.4	32	7.83	24.5
	14	520	427	138	217	85	56	25	3.5	14.0	43	5.1	12.2	18	2.74	15.2	11	9.01	64.4
2	3	290	164	194	—	28	37	56	6.0	10.9	105	18.4	17.5	24	6.53	27.2	23	3.94	17.1
	7	402	418	114	308	110	133	90	4.4	4.9	95	7.5	7.8	25	7.97	29.5	24	4.41	17.6
	14	479	593	109	246	115	131	68	7.6	11.2	81	11.4	14.1	24	6.06	25.3	24	1.50	4.2
3	3	356	244	272	196	106	127	87	5.9	6.7	42	2.1	5.0	ずれ・剥落のため 試験できず			ずれ・剥落のため 試験できず		
	7	448	389	241	320	109	129	117	6.8	5.8	55	17.4	31.1	ずれ・剥落のため 試験できず			ずれ・剥落のため 試験できず		
	14	484	425	281	335	142	149	119	14.3	12.0	85	20.9	24.9	ずれ・剥落のため 試験できず			ずれ・剥落のため 試験できず		
4	3	542	404	320	327	128	135	62	13.5	22.3	58	13.4	22.7	ずれ・剥落のため 試験できず			ずれ・剥落のため 試験できず		
	7	728	719	279	327	169	165	35	15.3	42.5	39	8.6	21.5	ずれ・剥落のため 試験できず			ずれ・剥落のため 試験できず		
	14	716	737	565	343	161	169	38	3.5	9.2	32	9.8	30.6	ずれ・剥落のため 試験できず			ずれ・剥落のため 試験できず		
5	3	270	217	140	151	49	73	35	6.2	17.7	28	11.2	36.1	17	4.97	26.2	10	7.63	63.6
	7	373	326	206	193	83	51	29	7.1	24.5	36	4.0	11.1	22	1.81	8.6	18	4.42	24.6
	14	387	277	162	200	61	87	46	11.1	23.6	44	9.8	22.3	19	2.12	12.5	17	7.52	41.8
6	3	285	433	143	232	57	61	28	2.5	8.9	39	4.5	11.5	11	5.61	51.0	22	2.55	12.1
	7	392	339	162	253	83	75	30	2.9	9.7	27	4.9	18.1	22	8.80	40.0	13	1.50	10.7
	14	428	464	217	275	32	70	37	5.0	13.6	64	10.2	15.9	17	2.74	18.3	16	4.61	46.1
7	3	602	523	345	474	167	199	26	5.0	19.2	33	2.8	8.6	26	2.82	10.8	13	3.05	25.4
	7	610	618	379	412	205	182	22	16.6	75.4	18	7.6	42.2	28	7.79	27.8	17	6.52	40.8
	14	597	613	387	486	219	174	30	9.5	31.7	29	17.1	46.2	25	7.84	34.1	3	3.71	41.2
8	3	275	234	129	—	35	36	17	4.6	29.0	19	4.0	21.1	12	4.58	38.2	12	3.04	23.4
	7	185	281	70	97	46	15	20	3.4	17.0	30	3.4	11.7	11	1.58	14.4	12	2.87	23.9
	14	219	260	93	119	33	15	26	1.9	7.6	32	3.7	11.6	14	1.00	8.3	17	1.73	14.4
9	3	113	102	60	—	—	32	20	6.3	31.5	53	10.2	19.2	6	0.70	11.7	3	2.87	71.8
	7	154	159	118	295	86	47	53	12.6	24.2	67	13.1	19.8	8	3.84	48.0	17	2.55	15.9
	14	149	300	32	275	95	53	53	11.5	21.7	63	11.4	18.1	18	5.36	28.2	15	4.06	27.1
10	3	397	155	194	—	79	76	70	14.3	20.4	38	10.8	27.7	22	1.80	8.2	10	4.61	51.2
	7	432	190	264	155	85	96	50	22.5	25.0	38	15.0	37.5	15	7.37	49.1	9	2.06	29.4
	14	357	138	225	82	63	82	66	8.5	12.9	35	7.6	21.8	9	3.08	30.8	6	1.58	26.3

注) 数字の単位はすべて kg/cm<sup>2</sup> である。

S: 標準偏差 (kg/cm<sup>2</sup>)

C.V: 変動係数(%)

表-14 タイル用エポキシ樹脂試験結果

## 5.6 結果の考察

### 5.6.1 強度試験および可とう性

一般的にエポキシ樹脂は材令とともに硬化が進みろくなる傾向があるので、樹脂自体の強度と接着強度とを考え合わせて可とう性の問題を論じなくてはならない。現在のところタイル張り用エポキシ樹脂がどの程度の強度を有しておれば十分なのか定説はない。しかし、タイル張り下地モルタルの強度および耐久性を考慮するなら14日強度で圧縮  $400\text{kg/cm}^2$  以上、曲げ  $200\text{kg/cm}^2$  以上、引張りで  $100\text{kg/cm}^2$  以上必要であろう。

今回の判定試験では、タイル張り用樹脂がどの程度の強度を有しているかを知るのみにとどめ、試験結果から適否を論ずることは差しひかえた。

### 5.6.2 混練作業の難易

樹脂の混練が面倒なものは現場で使用する場合、不均一な混練になりやすく部分的に未硬化が生じ、耐候性、耐久性が劣るようになり、直接事故の原因となる。

今回の試験で非常に混練作業が困難であった5, 6, 7, 9, 10番については以上のことより不適当である。

### 5.6.3 作業可能時間

樹脂を混練してから型わくにつめ込み終るまでの所要時間は平均して30~40分であった。1, 6, 7, 8, 9番は試験作成中に硬化または硬化しはじめたので不適当である。

### 5.6.4 湿潤型の樹脂

コンクリートとガラスの接着力試験において、3, 8, 9番の水中に浸漬養生したものは硬化不良を起こしており、7, 10番では水中養生のものは接着強度の低下が認められる。その他のものについては水中養生、空中養生のものに有意差が認められない。したがって3, 7, 8, 9, 10番は不適当である。

### 5.6.5 陶磁器質との接着性

接着強度が大きい方が剥落しにくいことは確かであるから、接着強度が小さいものは好ましくない。モルタルを用いてタイルを張り付けた場合にせん断接着力で一応  $15\text{kg/cm}^2$  以上あれば十分信頼できると考えられているので<sup>1),2)</sup>、14日強度が  $15\text{kg/cm}^2$  以下であった1, 3, 4, 7, 8, 9, 10番は好ましくない。

理想的な接着状態は下地から破壊するか、張り付けたガラスが破壊することである。接着界面の破壊状態がコンクリート表面およびガラス表面であった7, 10番と接着層破壊を生じた8, 6番も不適当といえる。

### 5.6.6 ずれ・剥落

コンクリートブロックに張り付けたガラスが樹脂の初期硬化が始まるまでにずれや剥落が生じた3, 4, 8番は

タイル張り用樹脂として不適当である。§2., §3. で用いたタイルの自重をささえる力は  $2.52\text{g/cm}^2$  であり、今回用いたガラスでは  $1.52\text{g/cm}^2$  であった。

### 5.6.7 塗布性

今回行なった範囲の試験でははっきりしたことは分らない。とりわけてガラス面、コンクリート面に塗りにくいということもなかったので、塗布性はすべて良好といえよう。

## 5.7 結 言

今回試験した10種類のタイル張り用エポキシ樹脂のうち、外装仕上げタイル張りに適するものを選定するならば表-16に示す通りとなる。この結果は§2., §3.の現場雰囲気に近い施工試験で得られた作業性の問題点と良く一致している。

陶磁器タイル張り用エポキシ樹脂の品質規定としては表-12に示すような順序に従って試験を行なえばよいといえる。

判定項目	樹脂の種類									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
混練作業の難易(表-17のC)	○	○	○	○	×	×	×	×	○	×
作業可能時間(表-17のD)	×	○	○	○	○	×	×	×	×	○
水中硬化型(湿潤型)(表-17のE)	○	○	×	○	○	○	×	×	×	○
タイルのズレ・剥落(表-17のG)	○	○	×	×	○	○	○	×	○	○
陶磁器質との接着性(表-17のF)	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×
モルタルへの塗布性(表-17のH)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○印 普通または良好 ×印 良くない

表-16 品質判定結果表

## § 6. まとめ

エポキシ樹脂によるタイル張りの作業研究のために行なった一連の試験で分かった事柄は以下の通りである。

### (1) タイルの裏足効果が認められる

裏足の形状、深さ等の問題は残るが、裏足のあるものを張り付けた方が接着強度は大きい。

### (2) 張け付け下地は粗面の方が良い

金ごて仕上げよりも木ゴテ仕上げのものの方が樹脂は多く使う。いずれにせよこえ押えの時期に注意し、表面強度を増すように心がけなくてはならない。

### (3) 下地の水分に対する影響を大きく受ける

湿潤型(水中硬化型)といわれるものでも、湿った下地に用いると接着強度は約35%低下する。また、樹脂の

A. 可とう性のあること。(下地・タイルの変形に追従出来る物性)
B. パテ状であること。(下地の凹凸, タイルのユガミを補正)
C. 混練作業が容易であること。(混練に適する粘度で混合比が簡単, 混合具合が目で見える)
D. 混練した樹脂が1時間以上3時間以内のタイル張り作業可能時間がとれること。
E. 水分の影響を受けないこと。(下地の養生期間, モザイクタイルの上紙はがし等)
F. 陶磁器質に対する接着性が良好なこと。(一般にガラス質に対する接着力は低い)
G. タイルのズレ・剥落が樹脂が硬化するまで生じないこと(作業能率, 仕上がり程度)
H. 塗布性が良好であること。(モルタルに簡単に均一に塗布可能)

表一17 タイル張り用樹脂に要求される性能

塗布性と接着性も低下する。

(4) 積み上げ張りでは接着面積が少なくなる傾向がある  
積み上げ張り工法の場合, 下地モルタルとタイルとの接着面積はタイル面積の20~60%と少なく, 特に金ごて仕上げ下地の場合にその傾向が強い。

(5) タイル張り付け可能時間は接着剤により異なる

作業時間が240分可能なものもあれば40分しかないものもある。ゲル化が始まった樹脂の接着性は大幅に低下するから, 張り付け時期をあまり長くするのは好ましくない。

(6) タイル張り速度は1人あたり2.5m<sup>2</sup>/時間前後である  
接着剤でタイルを圧着張りする場合の作業速度は1人あたり2.5m<sup>2</sup>/時間前後であり, 実際に現場で観察した結果と一致しており, モルタルを用いての圧着張りと比較して2~3割はかどる。

(7) タイル張り用樹脂に要求される性能としては表一17の8項目が考えられる。

(8) タイル張り用エポキシ樹脂の品質判定は表一12に示すような順序に従って試験を行えば良い。また, 樹脂の規格はタイル張りの用途に応じて異なった方が合理的であり, 大きく分けて表一18のような種類が考えられる。それに応じて試験順序もそれぞれ異なった方法を採用することが望ましい。

(9) エポキシ樹脂を用いてタイル張りを行なう場合の作業規程を求めると付録のようになる。

## § 7. 問題点

現在のところエポキシ樹脂を用いるタイル張りの方法

### <参考文献>

- 丸一俊雄, 三浦寛: "陶磁器タイルの圧着工法に関する研究(その2)" 清水建設研究所報 第13号
- 丸一俊雄: "圧着工法の問題とタイル裏型" 建築材料 1969年4月号

区分と主な用途	試験の順序
I 外装仕上げ張り等	①②→③-1→④-1, ④-2
II 床・屋上等	①②→③-1→④-2
III 内装の壁・便所等	①②→③-2→④-3, ④-4

表一18 タイル張り用樹脂の用途に応じた規格

とセメントペースト, セメントモルタルによる方法と比較してどちらが優れているか断定するのは難しい。

タイル張り施工後の問題として以下のことが考えられる。

- (1) 建物の収縮変形
- (2) 建物の載荷によるクリープ変形
- (3) タイルの太陽熱による膨脹
- (4) タイルの吸水による膨脹
- (5) 下地の収縮および低温によるタイル表面の収縮
- (6) 地震や建物の不同沈下による変形
- (7) 構造物の亀裂周辺の変形

接着剤を用いてタイル張りを行なった場合には, 上記のものはすべてタイルとタイル張り下地の界面において相対的な変位を生じさせ, その大きさがタイルの接着強度を上まわる時にタイルの剥落としてあらわれる。

したがって, 理想の作業性を持たし硬化後はモルタルとガラス質に良く接着し, さらに相対変位による応力や衝撃荷重を吸収するような樹脂を開発する必要がある。

将来は工期の短縮, および建物の軽量化からますますエポキシ樹脂によるタイル張り工法は多く取り入れられるべきものと予想されるので, エポキシ樹脂を使用した場合の最も重要な問題点となる耐候性・耐久性についてさらに検討を加える必要がある。

## 付録 陶磁器タイル張り作業規準

### 1. 適用範囲

この工法はエポキシ樹脂を用いてモルタル（またはコンクリート）下地に陶磁器タイルを張り付ける工法について適用する。

### 2. 張り付け下地

1：3モルタルの木ごて押え仕上げの下地とする。

### 3. 下地処理

- 3—1. モルタルは14日以上養生を必要とする。
- 3—2. 脱脂 シンナーでふき取るか、洗剤で洗う。
- 3—3. 全面ワイヤーブラシ掛けを行ない、レイトンスやその他の脆弱部分を除去する。
- 3—4. ワイヤーブラシ掛け後はパキュムクリーナーやブラシ等を用いてほこりを取り去る。水洗いした場合は十分に乾燥させる。

### 4. タイルの条件（主として外装タイル）

4—1. 寸法の限界は小口平または二丁掛け程度であり、重さは小口平で200g以下、二丁掛けで430g以下とする。

#### 4—2. 裏型

接着性を良くするために裏型のある方が良い。ただし、裏型の形状により樹脂量が増大し、また張り付けた時に空洞を作るものがあるから注意する。

接着剤張りでは裏形の浅いものでも十分である。

### 5. エポキシ樹脂

本文§4. のタイル張り用エポキシ樹脂の品質判定試験に合格したものを用いる。

### 6. 樹脂の塗り付け

#### 6—1. 樹脂の混練

主剤と硬化剤の量は上乘せ台秤を用いて正確に計量する。1回の混練量は手練りの場合2kgを限度とし、主剤と硬化剤の色が均一になるまで十分に混練する。

#### 6—2. 塗り付け面積

1回の塗り付け面積は、作業時における外気温度、下地モルタルの温度、タイル張り速

度、タイルを張り付ける場所の現場環境等の関連から決定されるべきであるが、一般にオープンタイム、タイル張り付け速度からすると2.0～3.0㎡が適当である。

混練した樹脂は、夏季で30分、冬季で90分以内に使い切るようにする。この時間を経過した樹脂と一緒に新たに計量して混練するようなことのないようにする。

### 7. タイルの張り付け

#### 7—1. オープンタイム

塗り付けた樹脂は時間とともにゲル化が進むが、この傾向は夏季や日照や下地温度の高い箇所では相当早く起こってくる。ゲル化が進んだものにはタイルの付着が非常に悪いから、オープンタイムを誤ると十分な接着は得られない。

#### 7—2. タイル張り

張り付けは水糸に従って基準となる定木張りを行ない、これにならって順次張り付けて行く。

縦横の目地通り、幅をそろえ、目地違いの起こらないような張り方をする。表面は手圧または木づちの頭で軽くたたいて、樹脂がタイルの裏面全体にゆきわたるようにする。

樹脂のゲル化が進んでタイルとの付着やくい込みが困難になった時には、手間がかかっても塗り付けた樹脂を除去し、新たに混練した樹脂を塗り直さなければならない。

張り付けた後の目地直しがせつかく張り付いている接着面（層）を破壊してしまうことが多い。したがって、目地直しはゲル化が進行しないうちに行ない、ゲル化が始まったものは絶対に手直しやその他による移動を起こしてはならない。

### 8. 目地づめ

伸縮目地を設けたタイル張りの所には、有効な目地材（混和材料を混入したセメントモルタルが望ましい）の使用を考える。

湿潤型（水中硬化型）のエポキシ樹脂を用いている場合には、タイル張り後樹脂が初期硬化したら、ただちに目地づめが可能である。

エポキシ樹脂の場合、日を置きすぎて樹脂が完全硬化すると、目地材との接着はかえって悪くなる。