

陶磁器タイルの圧着工法に関する研究（その2）

丸 一 俊 雄
三 浦 寛
松 本 洋 一

§ 1. はじめに

最近圧着工法による外壁タイルの剥落事故が頻発し、そのため各所で多くの研究が行なわれ、その成果が現われてきた。しかし事故を皆無とするには極めて困難であり多角的に研究を重ねる必要がある。

本研究は圧着工法でタイルと張付けモルタルの接着を左右すると思われる圧着時期、押え方およびタイル張り後の養生に検討を加え、さらにタイルについていかなる裏足、材質が良いかを研究し、合わせて圧着工法の改良にも検討を加えてみた。

圧着時期に関しては研究所報11号の「陶磁器タイルの圧着工法に関する研究」に報告されているが、当研究は更に詳細に実験を重ね、それを明確にした。

実験は表-1に示す通りシリーズ No. I から No. V の5つに分けた。なお使用したタイルの裏形の断面は写真-1に示す通りである。

実験シリーズ	内 容	判 定
No. I	市販タイルの中から標準的タイル1種を選定し、圧着時期、押え方、養生の影響を検討する	せん断引張
No. II	裏足のないタイル4種の圧着時期、押え方の影響を検討する	せん断
No. III	裏足効果をみるために12種の裏足タイルを選び、その圧着時期、押え方の影響を検討する	せん断引張
No. IV	No. IIIと同じく裏足効果をみるための実験で、3種の裏形それぞれに、シャモットを吹付けたもの、軽量化したものおよび吸水率を変え接着強さの違いを検討する	〃
No. V	圧着工法の改良および混和剤についての実験で、タイル裏面に圧着モルタルを塗布し張り付ける。また混和剤を No. I ~ No. IV に用いたものの外に2種を選びその接着性について検討する	〃

表-1 実験シリーズの概要

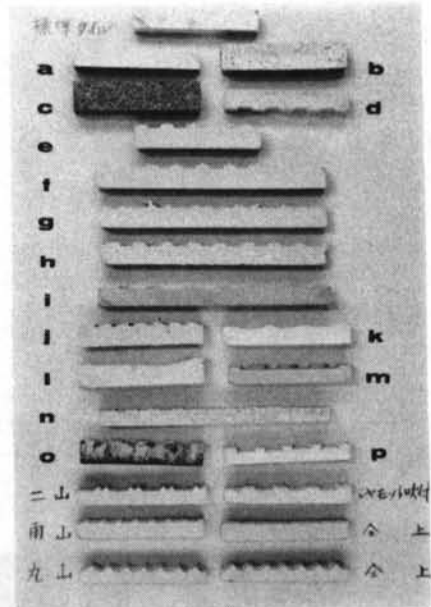


写真-1 実験に使用したタイルの断面

§ 2. 実験シリーズ No. I

2.1 実験計画

この実験は既報¹⁾で得た資料をもとにし、計画した。また今後行なう一連の実験の第一段階として問題点を抽出することも考慮して計画したものである。要因および水準は表-2に示す通りである。

要 因	水 準
圧着時期(分)	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60
押 え 方	木ツチ, 手圧
張付け後の養生	2日間湿潤養生, 空中養生

表-2 要因および水準

2.2 試験体および試験方法

2.2.1 試験体

A. タイル張り下地

タイル張り下地は既報のものと同じく図-1のようなもので写真-2のように型枠ごと鋼製枠組足場に番線で取代ける。

下地モルタルの調合は表-3の通りである。

B. 材料

(i) タイル

本実験に用いたタイルは表-4に示すような標準的なもの(以後標準タイルと呼ぶ)を選んだ。またその裏形は図-2に示す通りである。

(ii) 張付けモルタル用材料

張付けに使用したモルタル用材料のセメント、砂、混和剤は表-5に示す通りである。

(iii) 張付けモルタル

張付けモルタルの調合は重量でセメント：砂＝1：2とし、砂は気乾状態のものを使用し、空練りを3分間行なった後、所要の軟度(フロー値 $175 \pm 5\text{mm}$)が得られるまで水を加える。

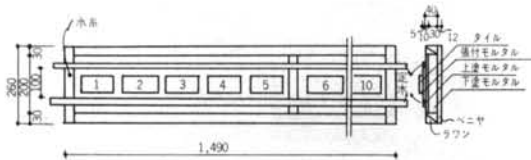


図-1 タイル下地

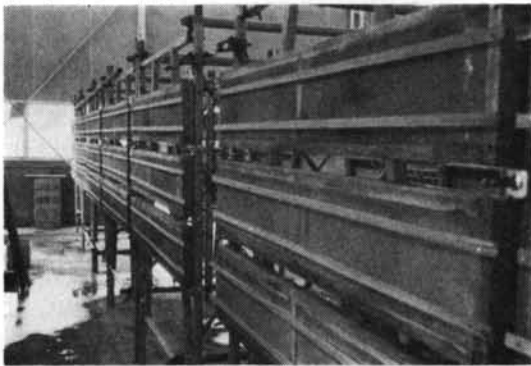


写真-2 タイル張り下地状況

モルタル	厚さ (mm)	調合比	仕上げ	4週強さ (kg/cm ²)	
				曲げ	圧縮
下塗り	30	1:2	木ゴテ	21.8	101.6
上塗り	10	1:3	木ゴテ	61.3*	334.5*

* 水中養生他は空中養生

表-3 下地モルタルの調合および強さ

材質・製法	磁器質・乾式	
寸法(mm)	109×60×9.5(小口平)	
吸水率・重量	0.022(%)	134(g)
裏形	条線(横)	

注) 重量は絶乾状態の重量

表-4 試験に使用したタイル(標準タイル)

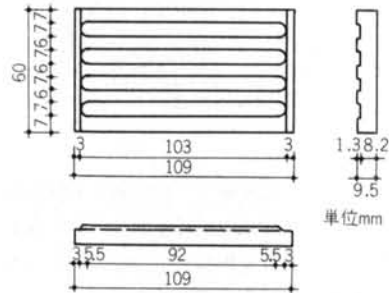


図-2 標準タイル形状

セメントの種類	比重	1週強度 (kg/cm ²)		4週強度 (kg/cm ²)		凝結試験	
		曲げ	圧縮	曲げ	圧縮	始発時間	終結時間
アサノ普通 ボルトランド	3.16	46.2	226	69.0	423	2-12	3-20
骨材	粗粒率	粒大	混和剤		混入量		
砂	2.40	2.5mm以下	メチルセル ロース系		セメント重量の0.2%		

表-5 張付けモルタル用材料の諸性質

2.2.2 試験方法

A. タイル張り

張付けモルタル塗り前日に十分水湿しを行なう。タイル張りに際し、張付けモルタルの塗厚を一定にするために5mm厚の定木を上下10cm幅になるように固定する。その後モルタル塗りを金ごてにて行ない、すぐにタイルの天端をそろえるために水糸を張る。この時間を圧着時間0分とみなし、以下10分間隔に60分まで各10枚ずつ張りつける。張り方は写真-3.4に示す通り木ヅチと手圧押えの2通りとした。タイル張り時の温度は22℃(最高25



写真-3 木ヅチ押え



写真-4 手圧押え

C, 最低19℃)であり, 日時は昭和43年5月下旬であった。

B. 養生

タイル張り後の養生方法は空中養生と湿潤養生の2通りを行なった。空中養生はタイルを張った後そのままの状態にしておく方法であり, 湿潤養生とはモルタルの凝結が終了後に, 十分に水湿しをした厚さ3mmのポリウレタンシートを写真-5のごとく全面に張りつけ, さらに水分の蒸発を少なくするためその上にビニールシートを被せ, 2日間湿潤状態を保持しておく養生方法である。なお, 実験は清水建設研究所塩浜分室の実験室で行なった。

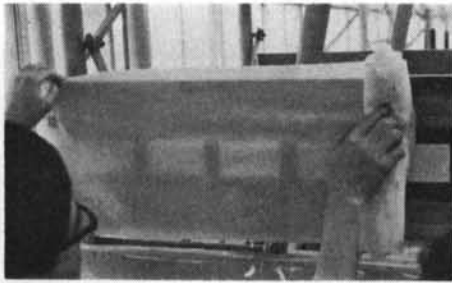


写真-5 湿潤養生

C. 接着強さ試験

鋼製枠組に固定したままの試験体は試験開始数日前に清水建設研究所地下実験室に運搬し脱型して静置する。試験はタイル張り後4週間目に, せん断および引張り試験を30ton万能試験機にて行なった。荷重速度は5kg/cm²・secとした。引張り試験は試験の前日試験体を平らな床に並べタイル表面をアセトンで掃き, 鉄製アタッチメントをエポキシ系接着剤によってはりつける。せん断および引張り試験の装置は写真-6, 7に示す通りである。また, 同一条件における試験数はせん断が4個, 引張りが6個

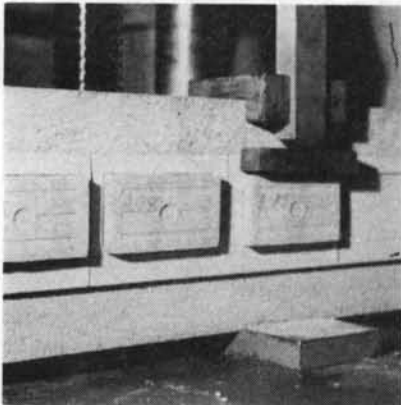


写真-6 せん断試験装置

の計10個である。

D. タイルの接着性

せん断および引張り試験を終えたタイルの界面における破断状況を見ると図-3のように分類できる。またモルタルの付着状況を写真-8に示す。写真-9は“よく付着している”状態を示したものである。

分類記号	状態	説明
A		モルタル付着なし
B		モルタルが多少付着している
C		モルタルがよく付着しており全面にモルタルが付いている
D		張付モルタル(斜線部分)が付いており, かつタイル面にモルタルが付着していない
D		張付モルタルが付いておりかつタイル面にモルタルが完全に付着している
E		張付モルタルが付いておりかつタイル面にモルタルが多少付着している
F		張付モルタルがタイル面積(l×m)の8割以上付いている

注) 分類記号D .D .E はせん断試験の際の現象

図-3 破断状況の分類

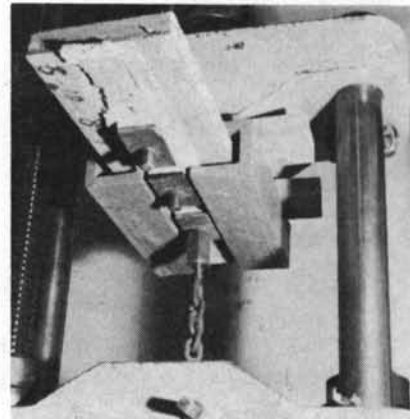
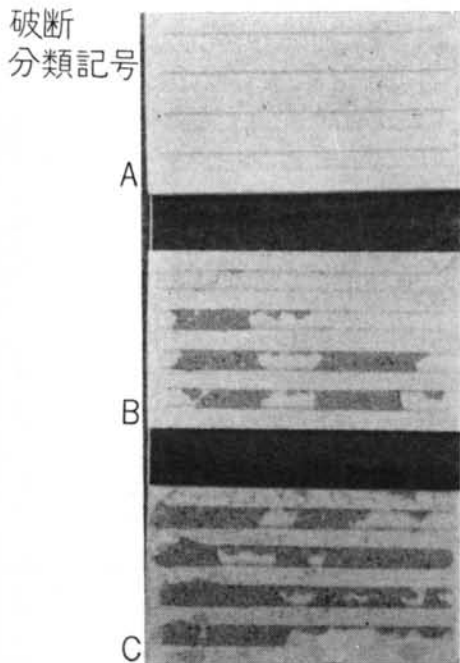
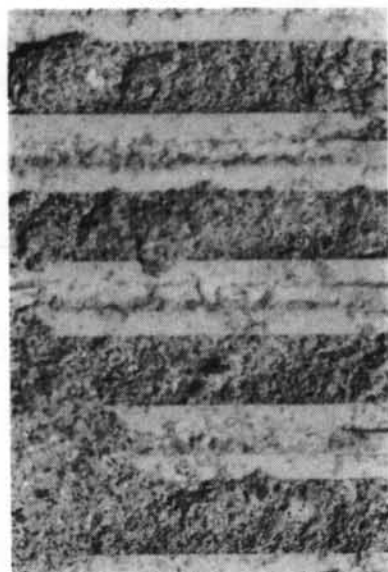


写真-7 引張り試験装置



写真—8 タイルの破断状況



写真—9 破断状況C よく付着している状態

2.3 実験結果と考察

圧着張りにおいて接着強さが大きい方が剥落しにくいことは確かである。そこで本研究では接着の良否をせん断および引張接着強さで判定した。さらにタイルの接着性、すなわちタイルに対するモルタルの付着状態と接着強さとの関連性にも検討を加えた。

2.3.1 接着強さと圧着時期の影響

図—4に示すようにせん断および引張り接着強さ共に圧着時期の経過と共に低下してゆく。また表—6の分散分析の結果からみても圧着時期はせん断、引張り共に高度に有意であることを示している。接着強さで特に顕著な特徴は低下の傾向が、圧着時期10分までに引張り接着強さが急激に低下しその後比較的徐々に低下している。このことを後述するタイルの接着性の項からも明らかのように、モルタルは圧着時10分以内であればタイルに接着しやすく接着強さも大きい、その後モルタルの接着は悪くなることを意味する。言い換えればタイルの圧着時期はできるだけ短く10分以内にならなければならないといえる。

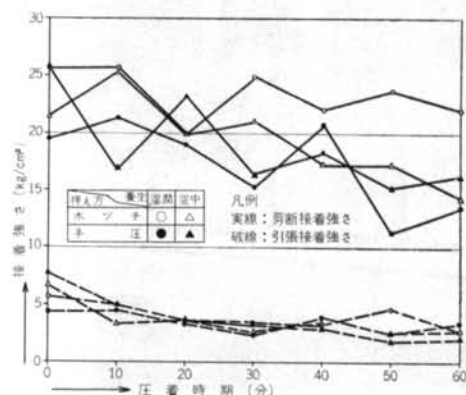
2.3.2 押え方、養生の影響

押え方、養生の影響は本研究において顕著には現われていない。しかしせん断および引張試験を個々にみると、せん断では木ヅチ押えが手圧よりも良かった。また引張りでは木ヅチ押えの際には湿潤養生の方が良好であった。

要因	せん断試験		引張試験	
	分散比 F	寄与率 ρ (%)	分散比 F	寄与率 ρ (%)
A) 養生	—	—	—	—
B) 押え方	7.06**	5.1	—	—
C) 圧着時期	2.67*	7.1	28.80**	43.3
A×B	4.95**	3.1	—	—
A×C	—	—	6.26**	9.3
B×C	1.31	1.5	1.28	—
A×B×C	—	—	4.58**	5.5
誤差	—	—	—	—
ブール誤差	—	83.2	—	41.9

注) * 危険率5%で有意
** 危険率1%で有意

表—6 分散分析表(実験シリーズNo. I)



図—4 圧着時期と接着強さの関係

2.3.3 セン断接着強さと引張り接着強さの相関関係

せん断接着強さ(τ)と引張り接着強さ(σ)の相関関係は図-5に示すごとくであり、(1)式にて表わすことができる。

$$\sigma = \alpha \tau^2 \quad \dots\dots(1)$$

α : 圧着時期(T)による係数

$$0 \leq T < 10 \text{ のとき} \quad \alpha = 1/95$$

$$10 \leq T < 20 \quad // \quad \alpha = 1/105$$

$$20 \leq T \leq 60 \quad // \quad \alpha = 1/110$$

図-5でも明らかなように引張り接着強さが零に近くとも、せん断接着強さが比較的大きな値を示している。これは裏足による効果の現われであろう。すなわちモルタルがあまりついてなくても、せん断では裏足の抵抗等により、ある値を示すものと思われる。

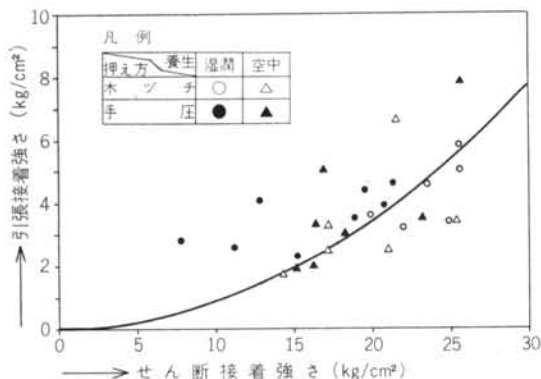


図-5 接着強さの相関関係

2.3.4 タイルの接着性

タイルのせん断および引張り試験を終えた破断状況は図-3のように分類することができる。

A. 圧着時期と接着性

図-6は引張り試験において破断状況別の圧着時期と接着強さの関係を示すものである。これによるとモルタルが“よく付着している(C)”のは圧着時期が0分に集中し、“付着していない(A)”のは20分から以降に分布している。これは圧着時期が遅くなるにしたがってモルタルの付きが悪くなることを意味している。

B. 接着性と接着強さ

“よく付着している”タイルの引張り接着強さは、本研究において約5kg/cm²以上を示し、“付着していない”タイルは3kg/cm²以下である。

また“多少付着している”のは5kg/cm²と2kg/cm²の範囲にある。これによっても破断状況と接着強さは関連をもっていることがわかる。

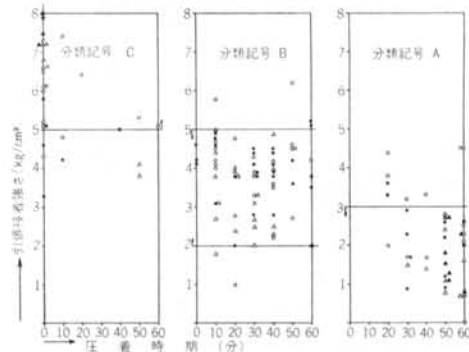


図-6 接着性と接着強さ

§ 3. 実験シリーズ No. II

3.1 実験計画

この実験は裏足のないタイルを用い、材質について検討を加えるための実験である。また圧着時期を実験シリーズ No. I よりも細分化して圧着時期がおよぼす接着強さの特性をもさらに詳しく検討するために行なった。その実験の要因および水準は表-7の通りである。

要因	水準
圧着時期(分)	0 ~ 57 (3分間隔)
押え方	木ヅチ, 手圧
張付け後の養生	2日間湿潤養生, 空中養生

表-7 要因および水準

3.2 試験体および試験方法

3.2.1 試験体

A. タイル張りの下地

実験シリーズ No. I のタイル下地(2.2.1, A)と同じものを用いた。

B. 材料

(i) タイル

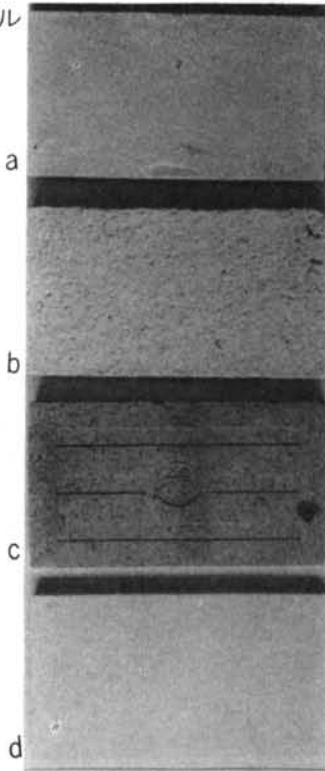
実験に用いたタイルは表-8に示す通りであり、裏形は写真-10に示す。

タイル記号	材質	製法	寸法(小口平) (mm)	重量 (g)	吸水率 (%)	裏形
a	磁器質	乾式	109×60×8.5	125.2	0.087	粗面
b	炻器質	〃	110×61×13.2	172.8	2.104	〃
c	陶器質	〃	107×60×14.3	163.0	10.677	平滑
d	磁器質	〃	109×60×8.7	126.0	0.004	〃

注) 重量は絶乾状態の重量

表-8 試験に使用したタイル

タイル
記号



写真—10 使用タイル裏形(実験シリーズ No. II)

(ii) 張り付けモルタル用材料および張り付けモルタル実験シリーズ No. I の張り付けモルタル用材料(2.2.1, B.ii), および張り付けモルタル(2.2.1, B.iii) と同じものを使用した。

3.2.2 試験方法

A. タイル張り

張り付け要因は実験シリーズ No. I と同じであり、圧着時期は3分間隔に0分から57分までとし、同一条件の張り付け試料数は1個である。タイル張り時の温度は24.5℃(最高27.5℃最低21.5℃)であり、日時は昭和43年6月上旬であった。

B. 養生

養生は実験シリーズ No. I と同じく空中養生と湿潤養生の2通りである。

C. 接着強さ試験

試験要因は実験シリーズ No. I の接着強さ試験の項と同じ。ただし試験はせん断試験のみ行なった。

D. タイルの接着性

破断状況の分類は実験シリーズ No. I と同じである。

3.3 実験結果と考察

3.3.1 接着強さと圧着時期

圧着時期の経過と共に接着強さが低下するが、その傾向は図—7に示すようにあまり顕著でない。表—9に示す分散分析の結果はdタイルを除いて圧着時期による有意差が認められた。圧着時期が極く初期の段階では吸水率の大きい陶器タイルおよび珪器タイルは接着強さは吸水率の小さいのに比較して大きい。12~13分を過ぎると差はなくなる。これは初期のモルタルにまだ流動性をもっている段階では適当な吸水率をもったタイルにサクシオンが働いて接着に良い影響を与えるものと思われる。

タイル記号	a		b		c		d	
	分散比 F	寄与率 ρ(%)	分散比 F	寄与率 ρ(%)	分散比 F	寄与率 ρ(%)	分散比 F	寄与率 ρ(%)
A(養生)	2.01	—	2.8*	2.6	44.63	21.91	91.96	1.5
B(押え方)	7.95*	5.14	5.0*	5.8	—	—	1.97	1.5
C(圧着時期)	2.79	25.01	1.9*	26.2	4.02	28.81	1.44	13.1
A×B	3.37	1.75	5.0*	5.8	—	—	1.22	—
A×C	1.57	7.89	—	—	1.10	—	—	—
B×C	1.08	—	—	—	1.42	4.0	—	—
A×B×C	—	—	—	—	1.17	1.7	—	—
e(誤差)	—	60.12	—	59.6	—	43.6	—	83.9

注) * 危険率5%で有意

** 危険率1%で有意

表—9 分散分析表(実験シリーズ No. II)

押え方の効果が認められるのはaタイルとbタイルの2つで、いずれも木ヅチ押えの方が良好であった。これはタイルの粗面効果によるものと考えられる。すなわち二者共に他のタイルに比べると接着面が粗面で、これを木ヅチでたたくことにより粗面の細部までモルタルがまわるためと考えられる。またタイル張り後の養生による効果が認められるのは吸水率の一番大きいcタイルである。押え方のいかにかわらず湿潤養生の方が良好であった。これは空中養生の場合吸水率のあるタイルはモルタル中から水分を吸い過ぎ、モルタルとタイルとの界面にドライアウトを起こすので接着性が疎外されるためと考えられる。

3.3.3 接着性について

A. 前剝離

試験体の運搬中や、試験を行なう前にタイルが剝離することがある。これを前剝離と呼ぶことにする。また、この前剝離は実験シリーズ No. I にはみとめられなかったが、本実験には認められたので接着強さとして取扱う場合、零とした。

この前剝離は圧着時期の経過と共に多くなる。特に吸水率のあるcタイルは空中養生の手圧押えでは圧着時期

30分以後は全て前剝離を起こした。これによっても吸水性のあるタイルの張付後の養生の重要性がわかる。図-8は各タイルの前剝離しない割合を示すものである。これによって明らかなように珪器質タイルは接着性が良好である。また接着面が粗面なタイルは木ヅチ押えをした方が前剝離がなく接着性がよい。これは3.3.2の項で述べたことを裏付けるものである。さらに吸水率の大きいcタイルは湿潤養生の方が前剝離の割合が小さく有利であることがわかる。モルタルとの接着面が平滑なdタイルはいずれの条件でも前剝離が多く見受けられる。

B. 接着性

図-8の・・・印はモルタルが“付着している”ものと“多少付着している”タイルの示す割合である。これらによっても明らかなように珪器質のタイルで湿潤養生、木ヅチ押えが接着性良好である。磁器質および陶器質のタイルはいずれも付着しているタイルの割合は少ない。ここでもやはり接着面が粗面なタイル（タイル記号aおよびb）は木ヅチ押えの方がモルタルが付着しやすいことを示している。

表-10は破断状況とせん断接着強さとの関係を示すも

のである。この表から明らかなようにモルタルの接着性が接着強さと大きな関連性がある。

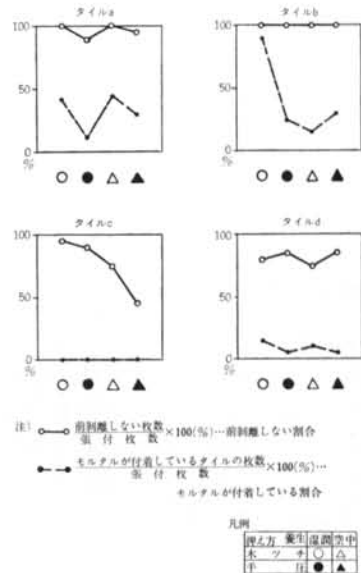


図-8 タイルの接着性

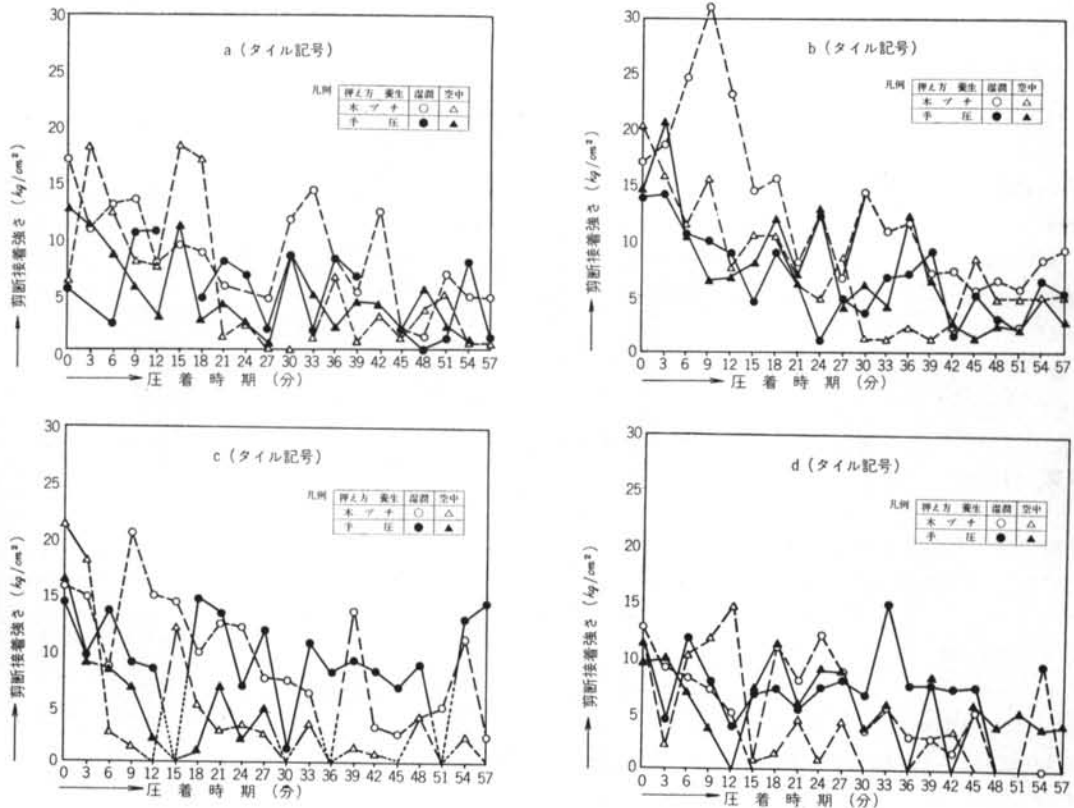


図-7 圧着時期と接着強さの関係

破断状況 タイ ル記号	説明		C, D, E, F モルタルがよく 付着している
	A モルタルが付着 していない	B モルタルが多少 付着している	
a	10kg/cm ² 以下		
b	10	5~15kg/cm ²	15kg/cm ² 以上
c	15		
d	11		

表—10 破断状況とせん断接着強さの関係

§ 4. 実験シリーズ No. III

4.1 実験計画

実験シリーズ No. I, No. II では標準的タイル(裏足あり)および裏足のないタイルの接着強さの研究を行なった。このシリーズでは、裏足の効果について検討を加え、合わせていかなる裏形が良いかについて12種のタイルを選定し実験を行なった。要因および水準は表—11の通りである。

要 因	水 準
圧 着 時 期 (分)	0, 20, 40
押 え 方	木ゾチ, 手圧
張 付 け 後 の 養 生	空中養生

表—11 要因および水準

4.2 試験体および試験方法

4.2.1 試験体

A. タイル張り下地

実験シリーズ No. I のタイル下地(2.2.1, A)と同じものを用いた。

B. 材料

(i) タイル

実験に用いたタイルは表—12に示す通りであり、裏形は写真—11に示す。

(ii) 張付けモルタル用材料および張付けモルタル

実験シリーズ No. I の張付けモルタル用材料(2.2.1, B. ii), および張付けモルタル(2.2.1, B. iii)と同じものを用いる。

4.2.2 試験方法

A. タイル張り

張付け要領は実験シリーズ No. I と同じである。圧着時期は0分20分および40分の3種類とした。これは実際の施工において、タイルの圧着張りの圧着時期は最長40分程度であり、またその中間の20分を選び接着強さの低

下の傾向をとらえるために選定したものである。同一条件における張付試料数は10個であり、試験はそのうち実験シリーズ No. I と同じくせん断試験4個、引張試験6個行なった。タイル張りは数量の都合上3回に分けて行なった。その際の日時、環境は表—13に示す通りである。

タイル記号	材質 製法	寸法(小口平)mm タテ×ヨコ×厚さ×裏 足高さ	吸水率(%) 重量(g)	裏 形
e	磁器 湿式	110×60×12.1×2.4	0.109 160.87	条 線 (横)
f	〃	110×61×12.0×1.8	0.141 164.5	条 線 (縦)
g	〃	110×61×13.4×3.5	0.128 164.5	条 線 (縦・蟻形)
h	〃	109×61×12.8×2.4	0.273 156.0	条 線 (横・粗面)
i	磁器 乾式	110×60×9.5×1.7	0.026 130.85	格 子 (蟻 形)
j	〃	107×59×11.3×1.5	0.628 129.5	条 線 (横・蟻形)
k	磁器 湿式	109×61×10.0×1.2	0.017 134.2	条 線 (横)
l	磁器 乾式	109×60×11.6	0.041 157.6	平 滑 (粗 面)
m	〃	106×58×9.1×1.6	0.024 114.5	突 起 (円 形)
n	〃	110×61×7.8×1.6	0.028 109.5	平 滑 [*]
o	〃	106×58×10.9×2.2	0.027 139.1	条 線 (横・蟻形)
p	磁器 湿式	108×60×9.1×1.7	0.053 112.1	条 線 (横・蟻形)

* 0.03mmの条線を一応平滑面とみた

表—12 試験に使用するタイル

タイル記号	施 工 日 時	温 度 (℃)
k, l, m, n	昭和43年6月中旬	平均 25.7 (最高 29.0) (最低 22.5)
e, g, h, i j, p	昭和43年6月下旬	平均 23.3 (最高 26.0) (最低 20.5)
e, f	昭和43年7月上旬	平均 24.7 (最高 28.0) (最低 21.5)

表—13 タイル張りの日時および温度

B. 養生

養生は空中養生のみとした。

C. 接着強さ試験

試験要領は実験シリーズ No. I の接着強さ試験と同じくせん断および引張試験の2通り行なった。

D. タイルの接着性

破断状況の分類は図-3 に示す通りである。

4.3 実験結果と考察

4.3.1 接着強さと圧着時期の影響

本実験でも接着強さは圧着時期の経過と共に低下するのは前の実験と同様である。図-10は圧着時期と接着強さの関係を示すものである。せん断接着強さではその傾向は図-9 のように3つのタイプに分けられる。

いまここで圧着時期の経過と共に接着強さが順に低下するaタイプと、圧着時期がある時点より経過しても逆に大きくなるbおよびcタイプとの比率をみると、

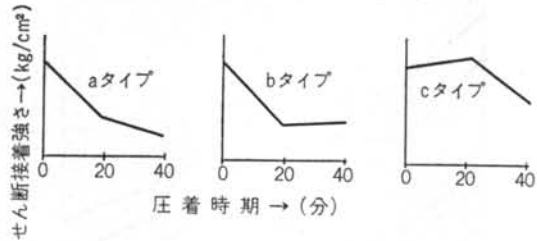


図-9 接着強さの低下の傾向

湿式タイル: $a : (b + c) = 1 : 3$

乾式タイル: $a : (b + c) = 3.3 : 1$

であり、すなわち乾式タイルの方が湿式タイルよりも圧着時期が経過して接着強さが低下する傾向が強い。

接着強さは圧着時期の0分と比べてみると乾式、湿式はあまり大きな差がない。これは丁寧にタイル張りを行うことにより湿式タイルの方が圧着時期が経過しても接着性が良好であるといえる。

表-14, 15は分散分析の結果であるが、圧着時期が接着強さにおよぼす影響が大きいことがこれによっても明らかである。

4.3.2 接着強さと押え方の影響

本実験シリーズにおいては押え方の影響が認められるのはほとんどなかった。しかし圧着時期を0分と20分を1つのブロックとして考え、40分を別に考えると裏形が蟻形のタイル(タイル記号g, j, n, p)は0分20分ではせん断接着強さが手圧押えより木ヅチ押えの方が大きく、40分では逆に手圧押えの方が大きくなる傾向を示している。これは裏形が蟻状の場合隅々にモルタルがまわりにくくなり木ヅチで軽くたたき張付けるよりも手でもみ込むようにして張った方が良いことを意味する。同時に蟻形のタイルは圧着時期が20分を過ぎるとモルタルのまわりがわるくなり、逆に接着面に空隙を生じ接着をそこなう原因となると考えられる。

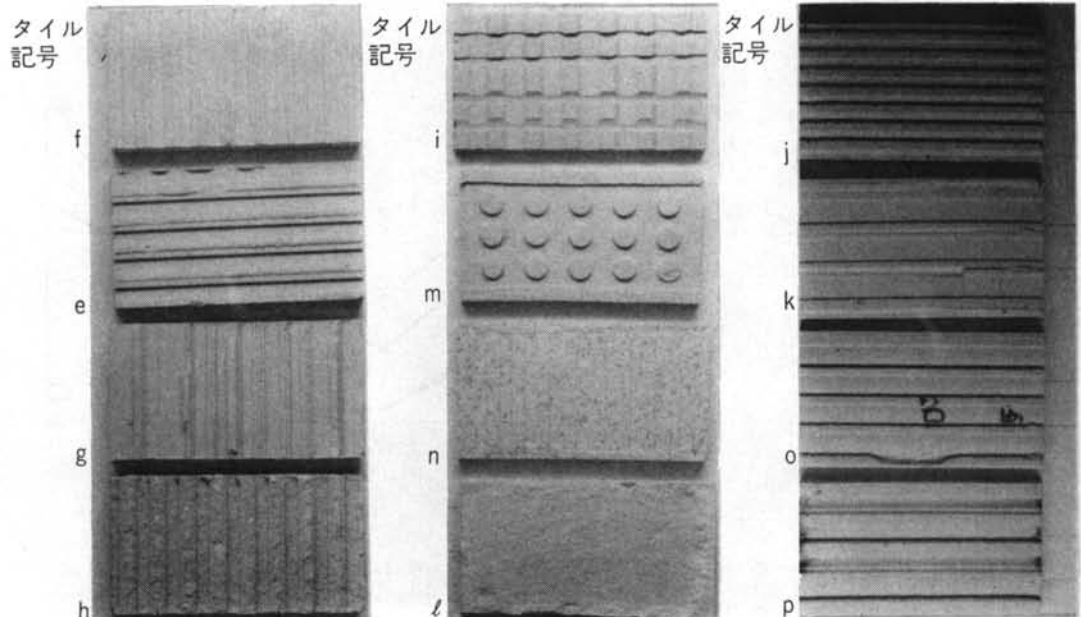
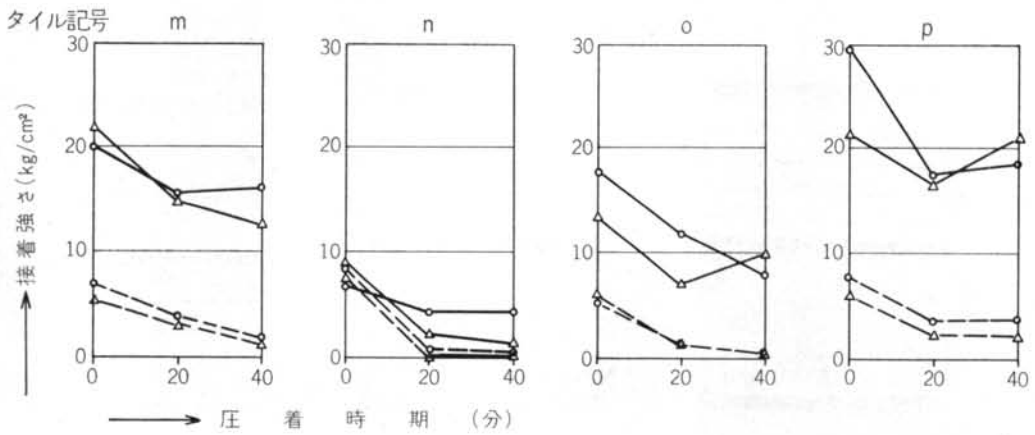
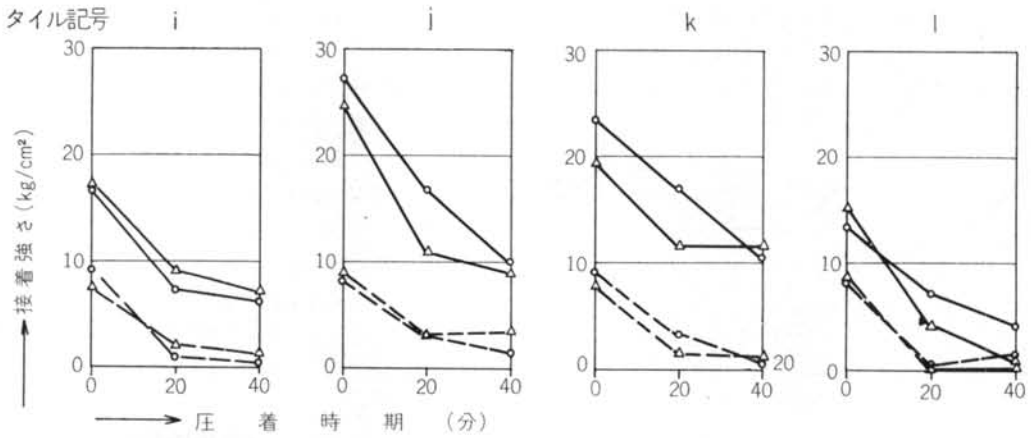
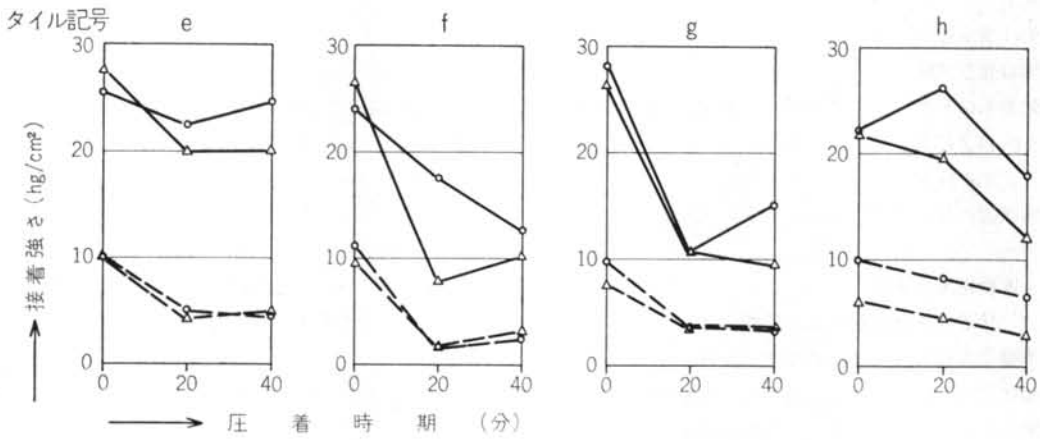


写真-11 使用タイル裏形実(験シリーズNo. III)



凡例 ○—○ 木ヅチ押え
 △—△ 手圧押え

(実線：せん断接着強さ(試料数4個の平均))
 (破線：引張接着強さ(試料数6個の平均))

図—10 圧着時期と接着強さの関係

タイル記号	e		f		g		h	
要因	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)
A (圧着時期)	2.75	14.4	17.2**	57.25	1.2	80.47	8.85**	34.6
B (押え方)	—	—	—	2.8	1.4	4.35	—	8.5
A×B	—	—	1.7	4.3	—	—	—	0
e (誤差)	85.6		38.5		18.2		56.9	

タイル記号	i		j		k		l	
要因	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)
A (圧着時期)	14.1**	56.1	37.4**	59.9	7.6**	36.7	14.8**	55.5
B (押え方)	1.3	—	3.2	—	1.4	1.2	—	—
A×B	—	—	—	—	—	—	—	—
e (誤差)	43.9		40.1		62.1		44.5	

タイル記号	m		n		o		p	
要因	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)
A (圧着時期)	4.2*	22.4	14.0**	45.9	7.6**	33.4	5.3*	26.4
B (押え方)	—	—	—	—	2.0	2.4	—	—
A×B	—	—	4.7*	13.3	1.8	6.1	2.2	7.4
e (誤差)	77.6		40.8		58.1		66.2	

注) * 危険率5%で有意 ** 危険率1%で有意
表-14 セン断接着強さの分散分析表(実験シリーズNo.Ⅲ)

タイル記号	e		f		g		h	
要因	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)
A (圧着時期)	20.0**	152.8	87.8**	81.0	31.4**	62.8	10.6**	21.2
B (押え方)	—	—	—	0.7	—	—	17.7**	38.2
A×B	—	—	—	—	—	—	—	—
e (誤差)	47.2		18.3		37.2		40.6	

タイル記号	i		j		k		l	
要因	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)
A (圧着時期)	92.8**	83.1	35.9**	66.1	162.0**	77.6	119.0**	88.0
B (押え方)	—	—	2.5	—	—	—	—	—
A×B	1.8	0.8	—	—	1.0	—	—	—
e (誤差)	16.1		33.9		22.4		12.0	

タイル記号	m		n		o		p	
要因	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率	分散比	寄与率
	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)	F	p(%)
A (圧着時期)	5.7**	77.3	125.0**	88.3	394.5**	85.5	28.6**	57.4
B (押え方)	3.6	1.7	—	—	—	—	7.9*	7.2
A×B	—	—	—	—	—	—	—	—
e (誤差)	21.0		11.7		14.6		35.4	

* 危険率5%で有意 ** 危険率1%で有意
表-15 引張り接着強さの分散分析表(実験シリーズNo.Ⅲ)

4.3.3 セン断接着強さと引張接着強さの相関関係

本実験シリーズNo.Ⅲのセン断接着強さと(τ)引張り接着強さ(σ)の相関関係を $\sigma = \alpha\tau^2$ と仮定して最小自乗法にて求めると $\sigma = 0.013\tau^2$ となる。

図-11はその相関関係を図示したものである。

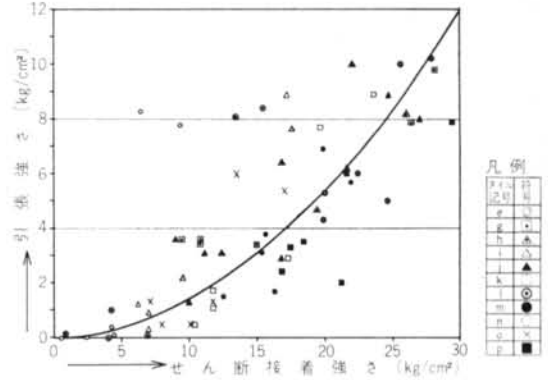


図-11 接着強さの相関関係

4.3.4 接着性

モルタルの付着は圧着時期の経過と共に悪くなる。その傾向は表-16および図-12に示す通りである。また湿式タイルと乾式タイルを比べると湿式タイルがモルタルの付着が良好なこともこの表から明らかである。これは製法の違いにより湿式製法のタイルが表面がよりポーラスなためと考えられる。

タイル記号	e*		f*	
押え方	木ツチ	手圧	木ツチ	手圧
破断分類記号	ABC F	ABC F	ABC F	ABC F
圧着時期 (分)	0	-- 5 1	-- 6 --	-- 3 3
	20	-- 3 3 --	1 4 1 -	3 3 --
	40	-- 5 1 -	1 5 --	1 5 --
タイル記号				
圧着時期 (分)	g*		h*	
	0	-- 5 1	-- 6 --	-- 6 --
	20	4 - 2 -	2 4 --	-- 6 --
40	-- 6 --	2 4 --	-- 3 3 --	
タイル記号				
圧着時期 (分)	i		j	
	0	5 1 --	-- 6 --	-- 2 4 --
	20	6 -- --	6 -- --	6 -- --
40	6 -- --	6 -- --	5 1 --	
タイル記号				
圧着時期 (分)	k*		l	
	0	-- 5 1	-- 6 --	-- 6 --
	20	6 -- --	6 -- --	6 -- --
40	6 -- --	4 2 --	6 -- --	
タイル記号				
圧着時期 (分)	m		n	
	0	-- 6 --	-- 2 4 --	-- 6 --
	20	1 4 1 -	3 3 --	6 -- --
40	6 -- --	6 -- --	6 -- --	
タイル記号				
圧着時期 (分)	o		p*	
	0	-- 6 --	-- 6 --	-- 1 5 --
	20	5 1 --	6 -- --	-- 6 --
40	6 -- --	6 -- --	1 5 --	

注) * は湿式タイル, 数字は頻度を示す

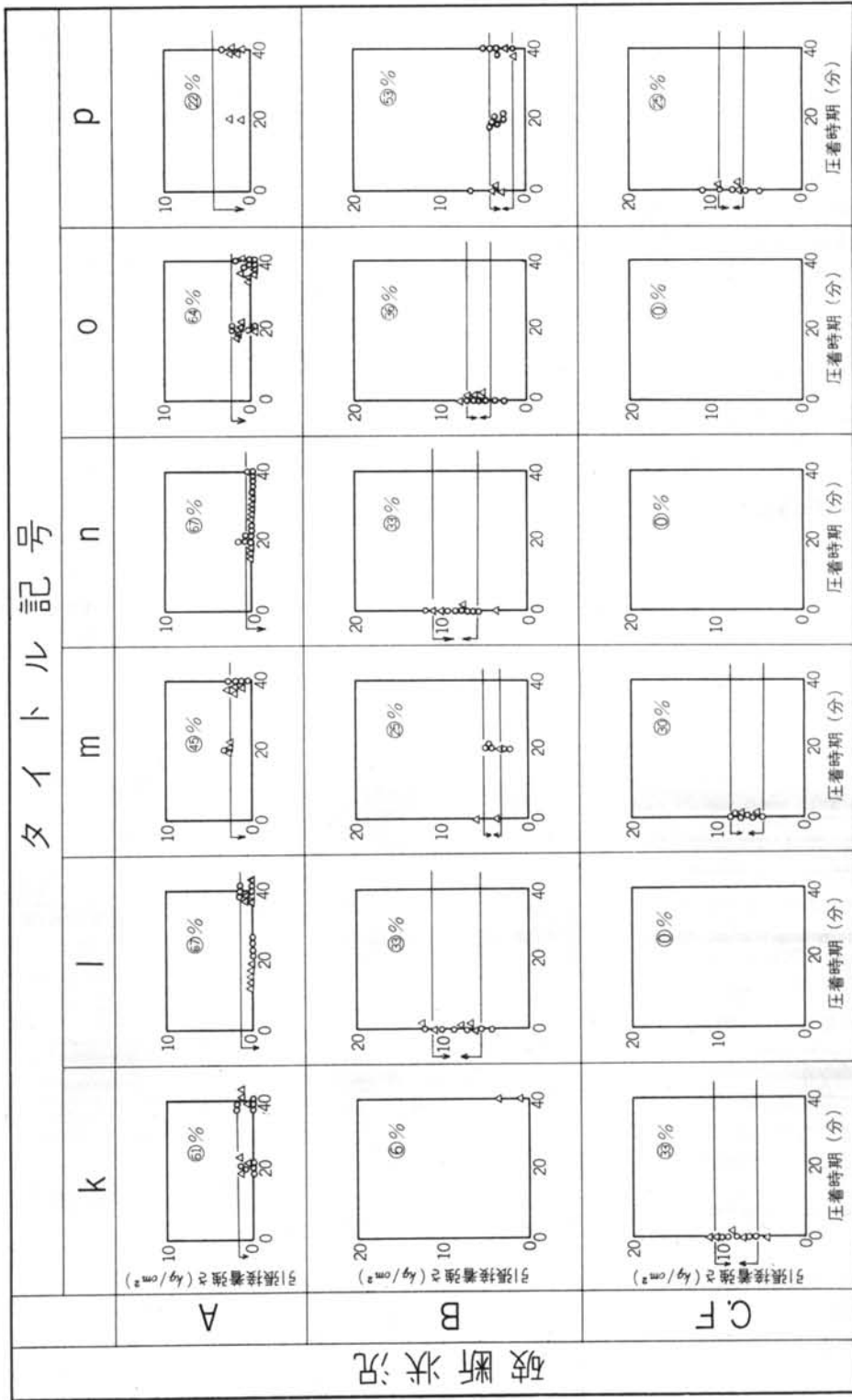
表-16 タイル種別破断状況

		タイル記号					
		e	f	g	h	i	j
破断状況	A	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>
	B	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>
	C.F	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>	<p>引張接着強度 (kg/cm^2)</p>

凡例 ○ ● 木ヅ子押え
 △ ▲ 手圧押え

注) 1) 図中の○印の中の数字は同一種類のタイル(試料数36個)に対する各破断状況のしめる割合を示す
 2) ↓印はそれのおおよその範囲を示す

タイル記号



注) 1) 図中の○印の中の数字は同一種類のタイル(試料数36個)に対する
各破断状況のしめる割合を示す

2) ↓印はそれのおおよその範囲を示す

凡例 ○● 木ゾチ押し
△▲ 手圧押し

図一12 タイル種別による接着性と接着強さ

§ 5. 実験シリーズ No.IV

5.1 実験計画

実験シリーズ No.III に引き続いて裏足効果についての実験である。ただ実験シリーズ No.III と異なるのは写真—12に示すごとく二山、角山、丸山の3種であるが、各々の裏形について吸水率が2種類、裏面にシヤモットを吹き付けたものおよび軽量化したものの計4種類を作成し系統的に検討を加えてみたことである。要因および水準は表—17に示す通りである。

要 因	水 準
圧着時期(分) 押え方 張付後の養生	0, 20, 40 木ヅチ, 手圧 空中養生

表—17 要因および水準

5.2 試験体および試験方法

5.2.1 試験体

A. タイル張り下地

実験シリーズ No.I のタイル下地 (2.2.1, A) と同じものを用いた。

B. 材料

(i) タイル

実験に用いたタイルは表—18および写真—12に示す。

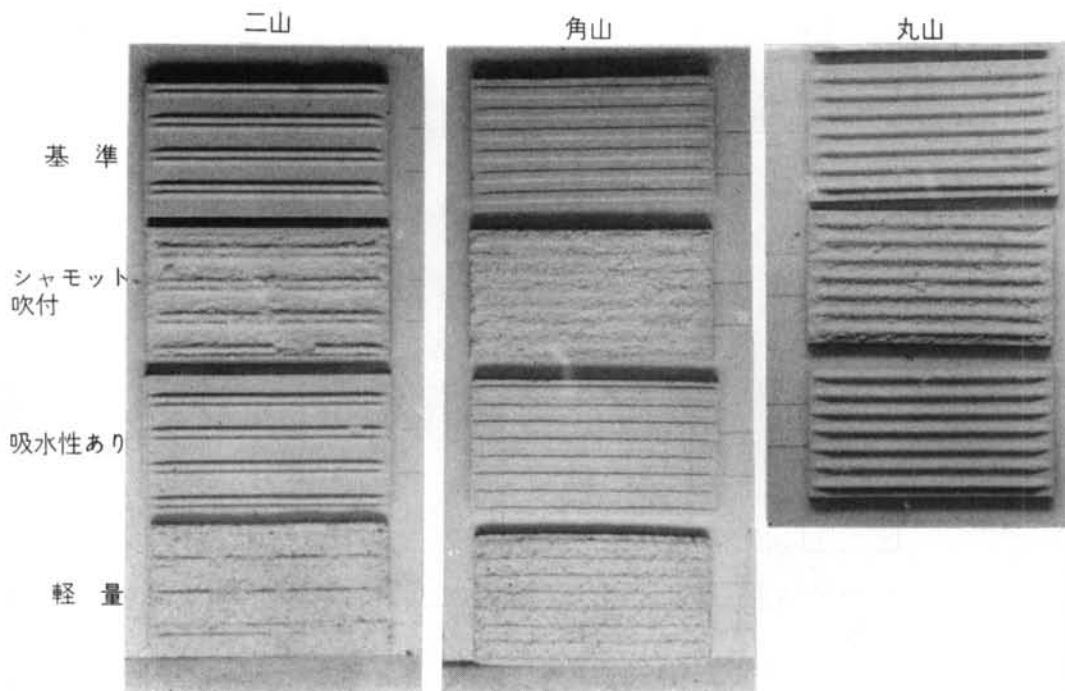
(ii) 張付けモルタル用材料および張付けモルタル

実験シリーズ No.I の張付けモルタル用材料 (2.2.1, B. ii) および張付けモルタル (2.2.1, B. iii) と同じものを用いた。

タイル 裏形/種別	寸法(小口平) mm タテ×ヨコ×厚さ× 裏足高さ	吸水率 (%)	重量 (g)		
二山	基準	110×61×8.7×1.5	0.007	109.4	
	シヤモット吹付	110×61×8.9×1.5	0.387	112.8	
	吸水性あり	112×62×8.4×1.9	0.278	112.2	
山	軽量	109×60×7.4×1.4	0.212	79.3	
	角山	基準	110×61×8.4×1.8	0.018	121.1
		シヤモット吹付	110×61×9.1×1.9	0.462	123.2
吸水性あり		112×62×8.4×0.6	0.815	125.5	
山	軽量	108×60×7.5×0.4	0.212	79.3	
	丸山	基準	110×61×8.4×2.6	0.006	102.9
		シヤモット吹付	111×61×8.7×1.4	0.604	107.5
吸水性あり		112×63×8.5×2.7	0.714	105.8	

注) 材質および製造方法はすべて磁器質・乾式製法である

表—18 試験に使用するタイル



写真—12 使用タイル裏形(実験シリーズ No.IV)

5.2.2 試験方法

A. タイル張り

張付け要領に実験シリーズ No. I と同じである。圧着時期は前実験と同様に0分20分および40分とした。同一条件における張付け試料数は10個であり、そのうちせん断試験4個、引張試験6個行なったタイル張りは数量の都合上2回に分け行なった。その際の日時、環境は表19に示す通りである。

タイル裏形	種別	施工日時	温度℃
二山丸	基準およびシャモット吹付	昭和43年7月上旬	平均 24.7 (最高28.0)
角山	基準		
角山	シャモット吹付 吸水性あり 軽量	昭和43年7月中旬	平均 26.5 (最高29.0)
二山丸	吸水性あり 軽量		

表19 タイル張りの日時および温度

B. 養生

養生は空中養生のみとした。

C. 接着強さ試験

試験は実験シリーズ No. I と同じ要領で行った。

D. タイルの接着性

破断状況の分類は図3に示す通りである。

5.3 実験結果と考察

5.3.1 接着強さと圧着時期の影響

圧着時期の経過とともにせん断および引張り接着強さが低下してゆく傾向は今まで行った一連の実験と同じである。すなわち圧着時期が0分から20分までの接着強さの低下率は20分から40分までの低下率より大きい。個々のタイルについての接着強さと圧着時期の関係は図13に示す通りである。また表20, 21は分散分析の結果である。この表によっても圧着時期の接着強さにおよぼす影響の大きいことは明らかである。

5.3.2 タイルの裏形について

本実験に使用したタイルの裏形のうち角山が引張接着強さが他のものに比べて大きかった。(図13)

これは角形の方が丸形より良いということより、本実験シリーズで使用した角形のタイル(角山)のモルタルとの接着面は他の丸形タイル(丸山, 二山)に比べて粗面であるため粗面効果によるものと思われる。また裏足の高さは2mm前後が適当と思われる。1mm以下の裏足は

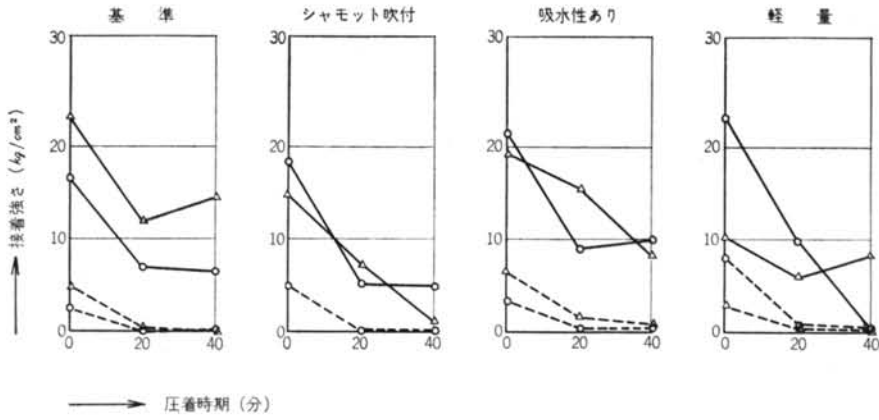
タイル要因	二山				山			
	基準		シャモット吹付		吸水性あり		軽量	
	分散比 F	寄与率 p(%)	分散比 F	寄与率 p(%)	分散比 F	寄与率 p(%)	分散比 F	寄与率 p(%)
A (圧着時期)	6.08	27.4	12.31	51.1	4.84	29.2	10.06	37.5
B (押え方)	6.75	15.4	—	—	—	—	3.69	5.3
A×B	0.13	—	—	—	—	—	4.55	13.9
e (誤差)	—	57.2	—	48.9	—	70.8	—	43.3
タイル	角山							
A	1.90	5.4	19.39	47.6	3.02	12.6	10.47	28.4
B	3.28	6.7	19.45	23.8	4.71	11.6	27.89	40.3
A×B	4.30	19.7	—	—	1.52	3.2	—	—
e (誤差)	—	68.2	—	28.6	—	72.6	—	31.3
タイル	丸山							
A	8.94	37.9	6.73	32.7	—	—	—	—
B	—	—	3.35	6.2	—	—	—	—
A×B	2.79	8.6	0.12	—	24.2	11.8	—	—
e (誤差)	—	53.5	—	61.1	—	88.2	—	—

* 危険率5%で有意 ** 危険率1%で有意
表20 せん断接着強さの分散分析表(実験シリーズ No. IV)

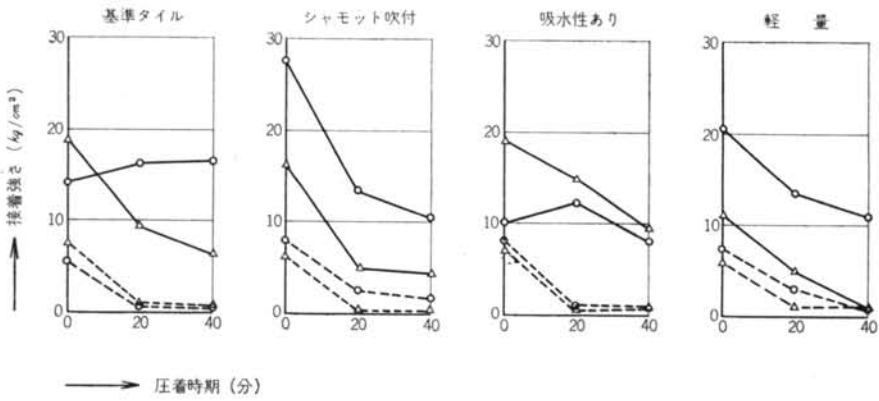
タイル要因	二山				山			
	基準		シャモット吹付		吸水性あり		軽量	
	分散比 F	寄与率 p(%)	分散比 F	寄与率 p(%)	分散比 F	寄与率 p(%)	分散比 F	寄与率 p(%)
A (圧着時期)	52.08	72.1	26.15	82.5	42.81	60.4	46.19	57.0
B (押え方)	2.50	—	—	—	13.13	8.7	14.29	8.4
A×B	2.50	—	—	—	4.69	5.3	10.95	12.6
e (誤差)	—	27.9	—	17.5	—	25.6	—	22.0
タイル	南山							
A	61.00	75.3	66.05	73.3	86.88	84.1	74.62	75.8
B	3.33	—	13.16	6.8	0.63	—	10.77	4.5
A×B	1.67	—	—	—	0.31	—	1.92	—
e (誤差)	—	24.7	—	19.9	—	15.9	—	19.7
タイル	丸山							
A	47.27	72.9	103.64	85.0	88.46	81.0	—	—
B	—	—	0	—	0	—	—	—
A×B	—	—	2.27	—	4.23	3.0	—	—
e (誤差)	—	2.71	—	15.0	—	16.0	—	—

* 危険率5%で有意 ** 危険率1%で有意
表21 引張・接着強さの分散分析表(実験シリーズ No. IV)

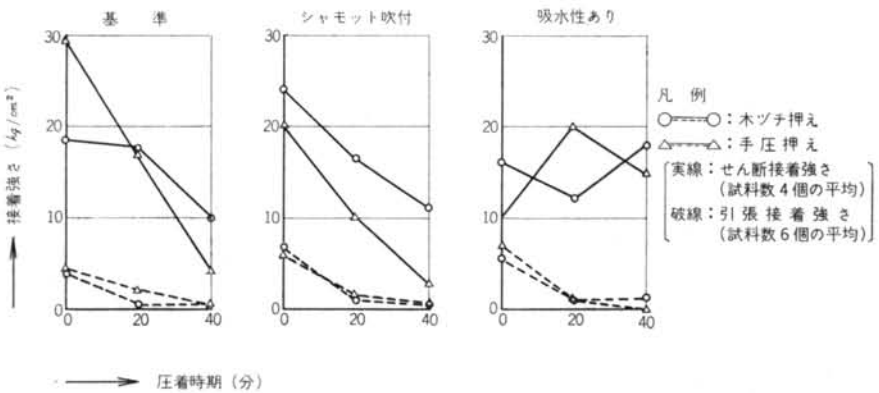
二山グループ



角山グループ



丸山グループ



- 凡例
- : ホヅチ押え
 - △—△ : 手圧押え
 - 実線 : せん断接着強さ (試料数4個の平均)
 - 破線 : 引張接着強さ (試料数6個の平均)

図-13 圧着時期と接着強さの関係

せん断に対して効めが小さく、逆に3mm以上になるとモルタルがまわりにくく、空隙を生ずる原因になるものと思われる。裏足の形状としては凸部が図-14のごとく曲線を有するものはタイル裏面にせん断力(τ)が作用したとき水平力として $\tau_a = \tau / \tan \theta$ なる力が外部に向かって作用するので不利である。

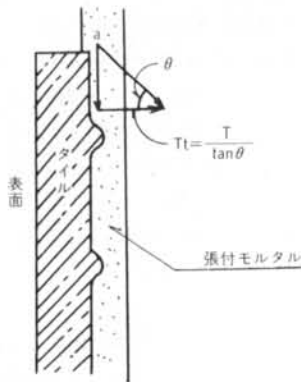


図-14 曲面をもった裏形による影響

5.3.3 吸水率の影響

本実験で使用したタイルで基準タイルと吸水性ありのタイルの吸水率は、おおよそ0%と0.3~0.8%とでありあまり大きな差がなかったためか、本来の実験目的とする吸水率の差による比較はできなかった。

5.3.4 シヤモットと吹付けによる効果

接着面積を増すことにより接着強さを増すことを目的としてシヤモットを吹付けたわけであるが、本実験ではその効果は認められなかった。むしろ裏足の高い二山、丸山は吹き付けることにより逆の効果を示した。これはシヤモットの小さな突起状の粒子がモルタルのまわりを悪くするために裏足が高いとモルタルが全面に接着しにくくなるものと考えられる。ただ裏足の低い角山のタイルでは圧着時期が早い場合はその効果が認められた。

(図-13)

5.3.5 軽量による効果

接着強さに関しては基準、シヤモット吹付、吸水性ありと比べて大きな違いはない。ただ軽量化することより剝落に対しては多少有利であると考えられるが、せん断試験を行なうと割れ易い欠点をもっていた。

5.3.6 接着性

本実験で使用したタイルの中では角山グループが一番モルタルの接着性が良好であった。これは角山グループのタイルは他のグループと異なり接着面が粗面のためと考えられる。表-22は圧着時期別にみたタイルの破断状況別に累計したものである。これからいずれのタイルも

同じく圧着時期の経過と共にモルタルとの接着性が悪くなるのがわかる。

種 別	基 準				シヤモット吹付			
	木 ヅ チ			手 圧		木 ヅ チ	手 圧	
破断分類記号	A	B	C	A	B	C	ABC	
二 山	圧着時期 (分)	0	4	2	—	6	—	— 6 —
		20	6	—	—	6	—	6 —
		40	6	—	—	6	—	6 —
種 別	吸 水 性 あり				軽 量			
角 山	圧着時期 (分)	0	—	5	1	2	4	— 6 —
		20	5	1	—	5	1	— 6 —
		40	6	—	—	6	—	6 —
種 別	基 準				シヤモット吹付			
角 山	圧着時期 (分)	0	—	6	—	—	5	(F-1) — 6 —
		20	5	1	—	5	1	— 6 —
		40	4	2	—	5	1	— 6 —
種 別	吸 水 性 あり				軽 量			
丸 山	圧着時期 (分)	0	—	2	(F-4)	—	6	— 6 —
		20	1	5	—	5	1	— 6 —
		40	4	2	—	6	—	5 1 — 6 —
種 別	基 準				シヤモット吹付			
丸 山	圧着時期 (分)	0	—	6	—	—	6	— 6 —
		20	6	—	—	6	—	6 —
		40	6	—	—	6	—	6 —
種 別	吸 水 性 あり							
二 山	圧着時期 (分)	0	—	6	—	—	6	— 6 —
		20	6	—	—	6	—	6 —
		40	6	—	—	6	—	6 —
種 別	吸 水 性 あり							

注 1) 数字は頻を示す

2) ()は破断状況状況Fの頻度

表-22 タイル種別破断状況

§ 6. 実験シリーズ No.V

6.1 実験計画

実験シリーズ No.IVまではタイルの圧着工法について研究したものであるが、その結果から接着に関して十分信頼性をおくためには圧着時期を現在実際に施工されているのに比べると極めて短かくしななければならない。以上の点を改良するために本実験を行なった。

その実験は次の事項について行なった。

- 混和剤
- 張付工法
- タイルの吸水性
- 張付け下地の吸水性

a)~d)の概要は表-23に示したごとくである。また要因および水準は表-24のごとくである。

6.2 試験体および試験方法

6.2.1 試験体

- タイル張り下地

実験シリーズ No. I のタイル下地(2.2.1, A)と同じものを用いた。

	概 要	使用タイル (記号)
a)	アクリル系混和剤	標準タイル※1
	酢酸ビニール系混和剤	〃
b)	圧着時にタイル裏面にセメントペーストを塗る	〃
	〃 練置モルタルを塗る	〃
c)	吸水性のあるタイル	b タイル※2
d)	下地モルタル板を飽水させてタイルを張る	標準タイル

※1 標準タイルは実験シリーズ No. I に使用したもの

※2 b タイルは実験シリーズ No. II に使用したもの

表-23 計画の概要

要 因	水 準
圧着(張付)時期(分) 押 え 方	0, 20, 40 木ヅチ, 手圧

表-24 要因および水準

B. 材料

(i) タイル

実験に用いたタイルは比較する目的でシリーズ No. I に用いた標準タイルを基調とし、また吸水性のあるタイルとしてはシリーズ No. II に用いた b タイルを用いた。形状その他は表-4, 表-8 に示す通りである。

(ii) 張付けモルタル用材料および張付けモルタル

張付けに使用したモルタル用材料のセメントの諸性質は今まで行なったものと同じものを用いた。砂および混和剤は表-25 に示す通りである。張付けモルタルの要領はシリーズ No. I の張付けモルタルの項と同じ方法で行なった。

砂	粗 粒 率 大	2.30 2.50mm以下
混 和 剤	ア ク リ ル 系	セメント重量の10%
混 入 量	酢 酸 ビ ニ ール 系	〃 10%
	メ チ ル セ ル ロ ー ズ 系	〃 0.2%

表-25 張付けモルタル用混和剤の諸性質

6.2.2 試験方法

A. タイル張り

6.1の実験計画の a)混和剤, c)タイルの吸水性, d)張付け下地の吸水性の試験方法は従来と同じ方法で行なったが、工法の改善についての実験はタイルとモルタルの付着をよくするため次の工法によってタイル張りを行なった。

(a) 張付けモルタルを従来の圧着工法と同じ要領で

塗り、所定の圧着時期にタイル裏面にセメントペーストを塗布してから張り付ける。

(b)(a) のセメントペーストの替りに張付けモルタルをタイル裏面に塗り、張り付ける。

すなわちいずれも圧着工法を積上げ張り工法との併用工法である。

また下地モルタル板を飽水させてタイルを張る方法はタイル張り前日に下地モルタル板を水中に浸漬し、24時間後に引き上げ、従来と同様に鋼製枠組足場に固定しタイル張りを行なう方法をとった。なお養生はいずれも空中養生のみとした。同一条件の張付けタイルの試料数は10個であり、そのうちせん断試験4個、引張試験6個行なった。

タイル張り時の温度は29.5℃(最高32.5℃最低26.5℃)であり、日時は7月下旬であった。

B. 接着強さ試験

接着強さ試験はシリーズ No. I と同じ要領で行なった。

6.3 実験結果と考察

6.3.1 混和剤に関する検討

アクリル系および酢酸ビニール系の混和剤を混入した張付けモルタルを使用した場合の接着強さと圧着時期の関係を図-15に示した。また比較参考のためメチルセルローズ系混和剤混入モルタルについても示した。この図によっても明らかなように混和剤のいかににかかわらず圧着時期の経過に伴って接着強さはせん断、引張強さも低下し、0~20分の低下率は20~40分のそれよりも大きいことは従来の傾向と同様である。初期接着強さを比べるとせん断、引張りともにアクリル系混和剤が大きかったが他の混和剤(酢酸ビニール系, メチルセルローズ

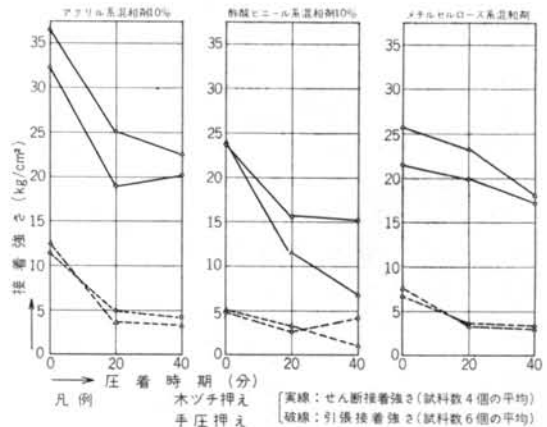


図-15 混和剤別の接着強さと圧着時期の関係

系)に比較して低下率大きい。しかし20分になっても他の混和剤入りモルタルに比べて大きい。接着強さ順に並べると次のごとくである。アクリル系>メチルセルローズ系>酢酸ビニール系。

前述したように圧着時期の影響はいずれの混和剤についてもみられ、したがって混和剤本来の目的であるオープンタイム延長に関していづれもまだ不十分であり改良しなければならない。

6.3.2 張付け工法に関する検討

セメントペーストおよび張付けモルタルをタイル裏面に塗布して圧着した場合の接着強さと圧着時期の関係を図-16に示した。

A. セメントペースト塗布

セメントペーストの塗布は圧着用モルタルを塗りつけた後各圧着時期にタイル張りをする直前に行なった。

圧着時期(0~40分)にかかわらず剪断接着強さは概ね20kg/cm²以上、引張接着強さは6kg/cm²以上を示し、共に従来の圧着工法に比べて大きな値を示した。押え方としてはせん断、引張り共木ヅチ押えの方が手圧押えより大きな値を示した。木ヅチでたたくことにより粒子の細かいセメントペーストがタイル裏面に良く回ったものと思われる。

B. 張付けモルタル塗布

圧着時期初期に張ったタイルの接着強さに剪断・引張りともに従来の圧着工法に比べてほとんど差異がみとめ

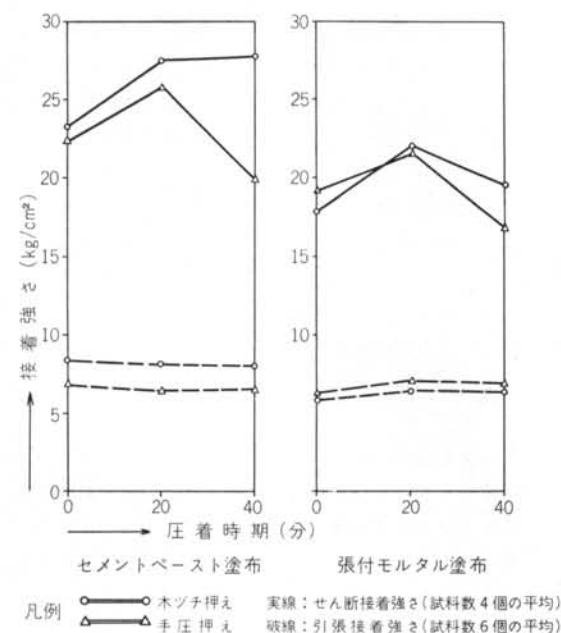


図-16 改良工法の接着強さと圧着時期の関係

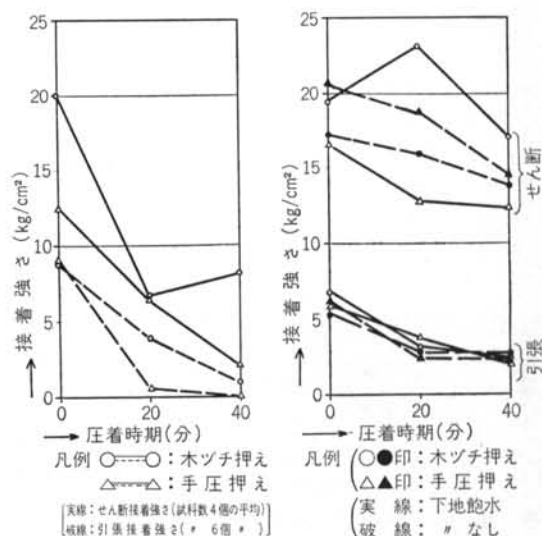
られない。しかし圧着時期が経過しても40分までの範囲ではせん断・引張り強さ共に著しい低下はみられない。とくに圧着時期20分において接着強さがもっとも大きいことが注目される。今回の実験で得た値からは実験誤差と考えられない。その理由は現在のところ不明であるが、引張り接着強さがほとんど他の時期に張ったものと変わらないことから理論的に説明することは難がしいが、さらに追加実験により確める必要がある。

以上セメントペースト、張付けモルタルの塗布共に接着強さに関して十分効果があることがわかった。セメントペーストの方がわずかに良い接着強さを示したが、大きな差異がない。

6.3.3 タイルの吸水性に関する検討

吸水性のあるタイルとして実験シリーズNo.Ⅱで使用した裏足のないbタイル(タイル記号)を選定した。圧着時期0分ではモルタルも良く付着しており、接着強さもせん断で12kg/cm²以上、引張りで8kg/cm²以上を示しているが、20分になると急激に低下を示している。しかし吸水性のない、すなわち0%に近いタイルで裏足のないタイルに比べると大きな接着強さを示すが、裏足の良好なものよりは劣る。

木ヅチ、手圧の押えの効果は現われ木ヅチ押えが良好である。図-17にその傾向を示した。



左図-17 吸水性のあるタイルの接着強さと圧着時期の影響

右図-18 下地飽水による接着強さと圧着時期の影響

6.3.4 下地の吸水性に関する検討

一連のタイル張り実験で圧着時期の影響が大きいことは確かめられ、その原因として張付モルタル中の水分が下地へ早く吸われることが一因と考えられることから、

下地の吸水性と接着強さの関係についても検討を加えてみた。その方法として飲水状態にした下地にタイル張りを行なった。下地モルタル板の乾燥重量を測定できないため、水中浸漬の重量を基準として含水率を求めた。その平均は 1.78wt/o であった。すなわち今まで行なってきた一連の実験のモルタル下地板はかなり含水率が高かったことがわかる。接着強きと圧着時期は図-18に示し通りでありせん断接着強さにおいて多少差異を認められるが、引張り強さにおいてはほとんど同じであった。

したがって同研究における圧着時期の効果に下地の吸水の影響がなかったことがわかった。

6.3.5 接着性

タイルの破断状況をもとめると表-26に示も通りである。これによっても明らかなように圧着工法と積み上げ工法との併用工法によるモルタルの接着性は極めて良好であった。

種 別	使 用 タイル (記号)	圧着 時期 (分)	木 ツ チ			手 圧		
			A	B	C	A	B	C
アクリル 混 和 系 入	標 タ イ ル 準 ル	0	—	1	5	—	—	6
		20	—	4	2	—	6	—
		40	2	3	1	6	—	—
酢酸ビニール 混 和 系 入	◇	0	—	3	3	—	—	6
		20	6	—	—	6	—	—
		40	5	1	—	6	—	—
セ メ ン ト 布	◇	0	—	—	6	—	1	5
		20	—	—	6	—	2	4
		40	—	—	6	—	2	4
張 付 タ イ ル 布	◇	0	—	—	6	—	—	6
		20	—	—	6	—	1	5
		40	—	—	6	—	—	6
吸 水 性 タ イ ル	b タ イ ル	0	—	6	—	—	5	1
		20	4	2	—	5	1	—
		40	3	3	—	6	—	—
下 飽 地 水	標 タ イ ル 準 ル	0	—	—	6	—	—	6
		20	—	—	6	—	4	2
		40	—	4	2	5	1	—

注) A, B, C: 破断状況の分類記号
字: 頻度

表-26 引張試験における接着性

§ 7. 総 括

以上実験シリーズ No. I ~ No. V の一連の実験で次のことが明らかになった。

7.1 接着強さにおよぼす圧着時期の影響

せん断接着強さは圧着時期の経過とともに低下することは研究所報りにすでに発表されているが、本研究ではさらに数多くの実験を重ねそれを確認することができた。また引張り接着強さにも検討を加えた。その傾向はタイルの種別により差はあるが、一般に図-19のような傾向を示す。すなわち圧着時期10分まではせん断、引張り接着強さとともに急激に低下し、20分以後はゆるやかに低下している。

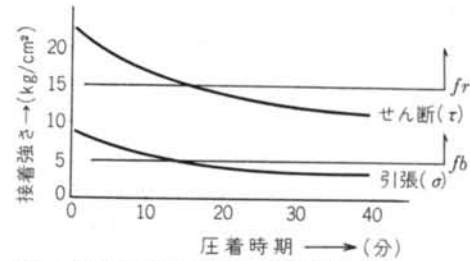


図-19 圧着時期と接着強さの一般的关系

一方タイルの破断状況と接着強さの関係をみると、モルタルが“よく付着している”状態のタイルは接着強さも大きく剥落に対して十分に信頼に足ると考えられる。またそれは圧着時期0分に集中しているが20分以内におおむね認められる現象である。今裏足のないタイルをみると、モルタルが“よく付着している”タイルのせん断接着弱さは約 15kg/cm² 以上を示す。また裏足のないタイルは実験シリーズ No. IIで行なったが、その際引張り試験を行っていないので、裏足のあるタイルについてみると引張り接着強さでモルタルが“よく付着している”タイルは 4~5kg/cm² 以上を示している。このことから推論すると接着強さはせん断で 15kg/cm² 以上、かつ引張りで 5kg/cm² 以上であれば十分信頼できると考えられる。

この結果から逆に圧着時期を求めると、一般的に10分以内にしなければならない。また、湿式で有効な裏足を有するタイルでは、20分以上でも良いものもある。ただし乾式タイルで裏足の有効でないものは10分以内でも接着強さが不合格のものもあるのでタイルの選別に十分注意を要する。

7.2 タイルの材質

本研究で用いた湿式タイルの吸水率の範囲は0.02~0.27%であり接着性は良好で接着強さも大きい。一方同じ範囲の吸水率の乾式タイルを比べてみると接着性も悪く、接着強さも湿式タイルに比べて小さい値を示している。このことから製造別にみると湿式タイルの方が乾式タイルよりもモルタルが付着しやすいといえる。

この理由として考えられることは製造過程において乾式タイルは素材をプレス成形するためにタイル表面がよりポーラスな状態となりモルタルが付着しやすくなるためと考えられる。吸水率2%をもつ珪素質タイルも接着性がよく接着強さも大きな値を示した。吸水率10%をもつ陶器質タイル(cタイル)は接着性および接着強さともにあまり良好ではなかったが、このような吸水率のタイルは水湿しを行なうことにより接着性を改良することができる²⁾。

7.3 タイルの裏足

裏足のないタイルとあるタイルを比較すると明らかにあるタイルが接着強さが大きい。また裏足のないタイルは圧着時期20分になると引張接着引さがほとんど零にまで落ちるのに反し、有効な裏足を有するタイルはある値を示している。「有効な裏足」とはモルタルがまわりやすく、かつ物理的にも有効な作用をする裏形のことである。それを本研究で使用した数多くのタイルから求めるに以下のごとくである。

- ① 裏足の高さ(h)は2mm前後
- ② 断面が左右対称型(図-20参照)でかつ軽く蟻型のもので、しかも単純でモルタルがまわりやすい型。
- ③ 裏足の凹部(W₁) および凸部(W₂) はあまり小さ過ぎないようにする。(約4~5mm程度)
- ④ モルタルの接断面は滑らかなものより凹凸を感じる粗面のものが良い。(図-21)



図-20 タイル裏形の形状



図-21 タイル接着面の状況

①~④に説明を加えると、①の2mm前後ということはいずれもあまり高すぎるとモルタルが全面に接着しにくくなり、低すぎるとせん断力に対して効きが少ないためである。

②は左右対称型で軽く蟻型の方が引張り力に対して有効である。軽くというのは、蟻の角度が大き過ぎると隅部へモルタルがまわらなくなり、空隙を生じる原因を作るからである。

③は凹部の幅(W₁)が小さ過ぎるとモルタルがまわらなくなり、空隙を生ずる原因となり接着面積の減少にもな

り、不利である。凸部(W₂)が小さ過ぎると、せん断力を受けた場合にその部分が欠け、有効な働きをしないためである。

④は粗面の方がモルタルの接着面積が増し、接着強さを増大させるためと考えられる。

7.4 タイルの材質および裏足に関する検討

7.4.1 理想的なタイル

実験式でタイルのせん断接着強さ(τ)と引張接着強さ(σ)との間に $\sigma = \alpha \tau^2$ ($\alpha = 0.01$) という関係式が得られた。

今材質のみに限ると、図-22の2ブロックに分布すると考えられる。また裏足のみに限って考えると、裏足が有効なタイルは1ブロック側に分布すると考えられる。そこで裏足および材質が共に適当であるタイルならば、せん断および引張り接着強さがともに良好な3ブロック側に分布する。これが理想的なタイルである。このことに関しては、さらに多くの実験により確認したい。

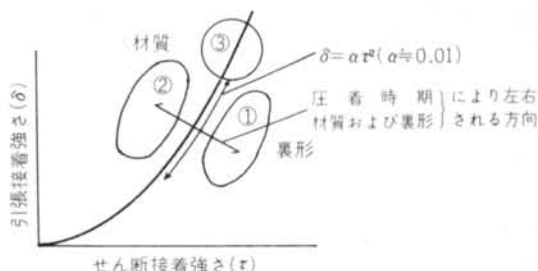


図-22 タイル材質および裏形による影響

7.4.2 タイルの改良

裏足のないタイルで接着性の良い材質であれば、引張り接着強さは5kg/cm²以上が期待できるが、 $\sigma = 0.01\tau^2$ で計算すると、その時のせん断接着強さは22.5kg/cm² となり、裏足のないタイルではその値を期待できないしかしせん断接着強さは裏足をつけることにより簡単に解決できるが、材質は今後の研究によりさらに開発し、信頼できるものを開発する必要がある。

7.5 押え方および養生の影響

タイル張りの押え方はタイルが粗面の場合手圧押えより木ヅチの方が良好であった。これは木ヅチでたたくことよりモルタルが細部まで回るためと思われる。いずれにしても実際の施工に際しては、手で1個1個丁寧にのみ込むようにして押えた上で、木ヅチで固着させることが良い方法である。

タイル張付け後の養生はタイルの吸水率が大きい場合

には湿潤養生にすることによりその効果が得られる。

7.6 混和剤

本実験で3種の混和剤を混入した張付けモルタルを用いた圧着タイルの接着強さを比較すると

アクリル系>メチルセルローズ系>酢酸ビニール系の順であったが、いずれの混和剤も圧着時期の延長には不十分でさらに改良しなければならない。

7.7 張付け工法

タイルの裏面にセメントペーストあるいは圧着モルタルを塗布し、圧着モルタルを塗った面に張りつける工法は、本研究での圧着時期の範囲(0~40分)では大きな接着強さを示し十分期待できる工法である。その圧着時期をどのくらいに延長できるかは今後の実験により確かめたい。

<参考文献>

- 1) 丸一俊雄, 松村勝実: “陶磁器タイルの圧着工法に関する研究” 清水建設研究所報第11号
- 2) 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” 清水建設研究所報第9号

付録 外壁タイルの圧着時期実態調査

圧着工法による外壁タイル張りの実態調査を行なった。調査の対象としたのは、ある建物の塔屋増築のA現場と、学校のB現場2カ所である。次にその結果を示す。

§1. A現場

1.1 タイル張り概要

現場は塔屋増築にともなう外壁部分で、構造は鉄骨造りで、壁面は軽量コンクリートブロックである。タイル張り下地はブロックの上にモルタル塗り木ごて押えである。張り付けに使用したモルタルにはMC系混和剤を

張付面	区分	張付面積 (m ²)	タイル張りに 要した時間 (分) a	モルタル塗り 付け時間 (分) b	最大圧着時期 (分)	作業人数 (人)
西面	1	2.7	21	5	26	2*
	2	4.6	17	4	21	"
	3	3.1	25	4	29	"
	4	2.7	12	5	17	"
	5	2.7	18	6	24	"
	6	3.0	16	4	20	"
	7	1.9	22	5	27	"
	8	2.8	24	5	29	"
	9	4.2	28	9	37	"
南面	1	3.5	22	7	29	"
	2	3.5	18	6	24	"
	3	3.5	21	7	28	"
	4	3.5	17	6	23	"
	5	3.5	20	6	26	"
	6	2.7	15	6	21	"
北面	1	3.6	23	5	28	"
	2	3.6	23	5	28	"
	3	4.1	24	7	31	"
	4	4.6	23	6	29	"
	5	4.6	31	7	38	"

- 注) 1) タイル張付に要した時間は段取りの時間も含まれる。
 2) 最大圧着時期 = a + b
 すなわち一番最初にモルタルを塗った部分に、一番最後にタイルを張った場合の時間をいう。
 3) 2*人の作業員の他に手元1人を含む。

表-1 タイル張りの圧着時期実態 (A現場)

混入した。タイルは磁器質の二丁掛タイルを張り付けた。タイルを張り付けた面は南北および西面の3面である。施工は屋上床面が作業床となり、直接鋼製枠組足場1段にて行ない、作業条件としては良好である。

作業はすべて手元1人を含む3人が1組となり、同一グループで行なった。3人のうち実際タイルを張ったのは2人であった。施工時期は昭和43年5月下旬である。

1.2 調査の結果

調査の結果、圧着時期の実態は表-1に示す通りである。

§2. B現場

2.1 タイル張り概要

建物は地上10階の鉄筋コンクリート造であり、調査部分は柱と柱にはさまれた6,7階の窓下の腰部分である。張り付けに使用したモルタルはMC系混和剤混入のモルタルである。タイルは磁器質の小口平を張り付けた。期日は昭和41年10月初旬である。

2.2 調査の結果

調査の結果圧着時期の実態は表-2に示す通りである。

張付面	区分	張付面積 (m ²)	タイル張りに 要した時間 (分) a	モルタル塗り 付け時間 (分) b	最大圧着時期 (分)	作業人数 (人)
南面	1	4.8	46	11	57	1
	2	"	49	4	53	1
	3	"	49	6	55	1
	4	"	21	4	25	2
	5	"	25	4	29	2
	6	"	23	4	27	2

- 注) 1) タイル張りに要した時間は段取りの時間も含まれる。
 2) 最大圧着時期 = a + b

表-2 タイル張りの圧着時期実態 (B現場)

§3. まとめ

タイルを張り終るまでに要する時間は作業の環境や、

作業員の技能の程度、人数によっても異なることはもちろんである。今回の2つの調査から全体に敷衍することはできないが、おおよその傾向を示しているものと思われる。

A現場において、その最大圧着時期は約20～40分の範囲にわたっている。B現場では作業員1人の場合約50分、2人では約25分となっている。したがってこの現場では2人1組にすることによって25分以内にタイルを張り終ることになる。しかしいずれにしてもこの

実情と、実験の結果の圧着時期10分以内とはかけはなれている。

ということは圧着工法を現在のまま行なうとすれば、タイルの浮きや剥落は絶えないことになる。これを解決するためには、モルタルに付着性の良いタイルの材質の研究や、モルタルの圧着時期を延長させることのできる混和剤の開発等が必要であるが、一方現段階では適正人員の配置や1回の張り付け面積の検討等の圧着時期を短かくする対策が必要である。