

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

丸 一 俊 雄

志 村 善 男
(九州支店建築部)

高 沢 芳 郎
(大阪支店建築部)

§ 1. はじめに

最近、外壁タイル張りは工期短縮、職人の不足による対策から工法の改良が加えられ、従来工法（だんご張りとも呼ばれている）の欠点を助長するものとして、圧着工法が生まれてきたが、いまだに、混和材、タイルの選択はもちろんのこと、標準施工法についても確信のもてるものはなく、経験により失敗を低減しているのが現状である。

物体の接着に関する研究は非常にむずかしく理論的なものはあまり紹介されていない。とくにタイル張りなどの建築施工において、理論的解析の導入は困難である。

本研究は圧着工法による外壁タイル張りの施工指針を明確にするために行なったものであり、その研究方針を次の2段階に分けて行なった。

- (1) タイルが付着するまでの過程における現象、すなわち、タイルのずれ落ち現象の観察
- (2) タイルの付着後の接着強さの測定

ここに報告した内容はすべて外壁タイル張りの施工法を指針するものではないが、少なくとも、張付けモルタルの練り置きと塗付け後の圧着時期における注意、およびタイルの裏形と混和材の選定が重要であることを示すものである。

なお、この研究は全国タイル工業協会内TSK（タイル施工研究会）委員会によるタイル張り標準仕様書作成研究の一連の研究の一部としても行ない、また、志村善男、高沢芳郎両君の研修論文としてまとめたものである。

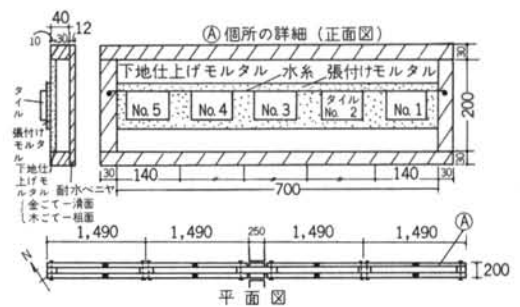
§ 2. 試験体および実験方法

2.1 試験体

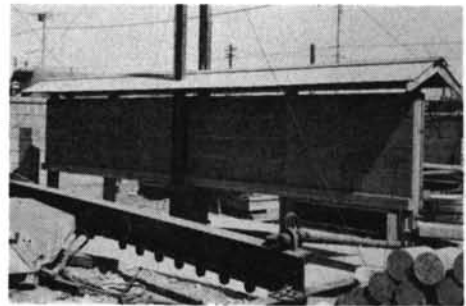
2.1.1 タイル張り下地:

タイル張り下地は図一および写真一に示す大きさの

もので、組合わせ実験の行なえる1度の個数は合計64個である。



図一 タイル張付け下地組み (単位:mm)



写真一 タイル張付け下地

タイルは1個の下地について5個ずつ張付けられるような面積を有している。下地材面の方位は北東側と南西



写真二 金ごて押え下地面



写真-3 木ごて押え下地面

側の2面に配置している。また、下地面は写真-2に示すような平滑面(金ごて押え)と写真-3に示す粗面(木ごて押え)の2面とした。

下地用モルタルは砂2.5mm以下を用いて1:3のモルタルとし、最初型枠を水平に置いて約30mm打込み、硬化をまって、写真-1のように取付けてから型枠表面までモルタルを塗付け、所定の粗面度とした。

2.1.2 材料:

A. タイル

タイルの種類、寸法、裏形、吸水率は表-1に示すとおりであり、その外観は写真-4に示すとおりである。

大きさ (mm)	材質	厚さ (mm)	裏形	吸水率 (%)	製造業者
小口平 (60×110)	磁器	10	滑面	0.41	岩尾磁器
			粗面	0.25	有田製陶
			条線	0.10	伊奈製陶
	陶器	12	滑面	5.79	丸福タイル
			粗面	2.82	昭和陶園
			条線	11.05	丸福タイル

備考) タイルの厚さを20mmとして使用する場合、上記のタイルを2枚張り合わせて用いる。

表-1 試験用タイルの種類

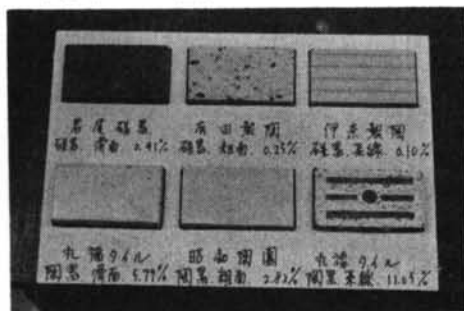


写真-4 使用したタイルの外観(モルタルとの接着面を示す)

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、細骨材

の諸性質は表-2および図-2に示すとおりであり、使用する混和材の種類および混入量については表-3のとおりである。

材料の種類	凝結(時間一分)		曲げ強さ (kg/cm ²)	圧縮強さ (kg/cm ²)			
	始発	終結	28日	28日			
アサノ 普ポセ メント	2-13	3-17	73.4	436			
骨材	産地	最大寸法 (mm)	粗粒率	比重	吸水率 (%)	単位体積重量 (kg/L)	有機不純物
	砂	鬼怒川	1.2	1.77	2.61	2.46	1.55

表-2 セメント・骨材の性質

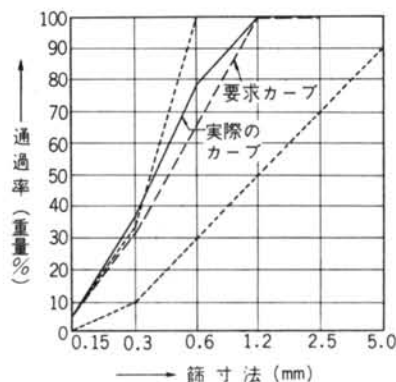


図-2 砂の粒度分布

混和材の種類		使用濃度
記号	主成分	
C ₁	NBR	8倍液として水がわりに混入する
C ₂	酢ビ	10倍液として水がわりに混入する
C ₃	MC	セメントに対して重量で0.4%混入する
C ₄	アクリル	セメント10に対して原液1を混入する。ただし、実際の混入においては4倍液として前記の割合に混入する。
C ₀	—	混和材を使用しないもの

表-3 混和材の種類と使用濃度

C. モルタルの調合と混練

張付けモルタルの調合は重量比で1:2とし、砂は気乾状態のものを用いて、表-3に示す混和材を混入し、フロー値175±5一定になるように水を加えて適当なモルタルを作る。

混練時間は空練り2分間、水を加えてから3分間とする。

2.2 実験方法

2.2.1 張付けモルタルとタイルのずれ落ち実験：

写真-1のタイル張り下地の1個に塗幅100mm一定になるように墨打ちを行ない、定木を張付け、実験計画で割付けたような条件を満足するようにして、張付けモルタルを所定の厚さに塗付ける。塗付け後、下側の定木を取り除いて、直ちに、タイルがそのモルタル面の所定の位置に張付けられるように水平に水糸を張り、タイルを次々に5枚張付けてタイルおよびモルタルのずれ落ち状態を観察する。

ずれ量は水平に張った水糸にタイルの上端を合わせて張り、次に、タイルのずれ落ちが落着いたところを見計らって、スケールで水糸からタイル上端までの最大距離を測定する。

2.2.2 タイルの接着強さ実験：

2.2.1の方法によりずれ落ち実験の終わった試験体をタイル張付け後1ヶ月放置してから型枠台よりはずし、写真-5に示すように剪断試験を行なって接着強さを求める。このときの試験機は30t アムスラー万能試験機を用い、荷重速度は $5\text{kg}/\text{cm}^2\cdot\text{sec}$ とした。

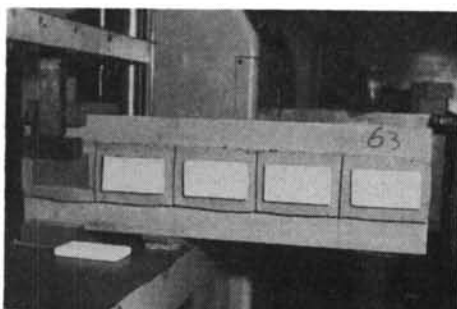


写真-5 タイルの剪断接着力試験

§3. 実験要因の種類と実験計画

張付けモルタルとタイルのずれ落ちおよび接着強さに関する要因として、下地に関し乾燥度と粗面度の2種類、張付けモルタルに関し混和剤の種類、練り置き、塗厚さおよび圧着時期の4種類、タイルに関し厚さ、吸水率および裏形状の3種類を選び、表-4のように水準を決めてこれを組合わせ L_{32} の直交配列に割付けたものである。

要 因		水 準
下 地	A. 下地面の乾燥度	(A ₁) 乾燥 (A ₂) 湿潤
	B. 下地面の粗面度	(B ₁) 粗面(木ごて押え面) (B ₂) 滑面(金ごて押え面)
張 付 け モ ル タ ル	C. 混和材の種類	(C ₀) プレーン (C ₁) NBR (C ₂) 酢ビ (C ₃) MC (C ₄) アクリル
	D. 練り置き時間	(D ₁) 直後 (D ₂) 60分
	E. 塗 厚 さ	(E ₁) 5mm (E ₂) 10mm
	F. 圧 着 時 期	(F ₁) 直後 (F ₂) 20分
タ イ ル	G. 厚 さ	(G ₁) 10mm (G ₂) 20mm
	H. 吸水率(材質)	(H ₁) 磁器 (H ₂) 陶器
	I. 裏 形 状	(I ₁) 滑面 (I ₂) 粗面 (I ₃) 条線

表-4 実験要因と水準

§4. 実験結果と考察

4.1 張付けモルタルの水セメント比、フロー値、針入度および強さ

4.1.1 張付けモルタルの水セメント比とフロー値との関係：

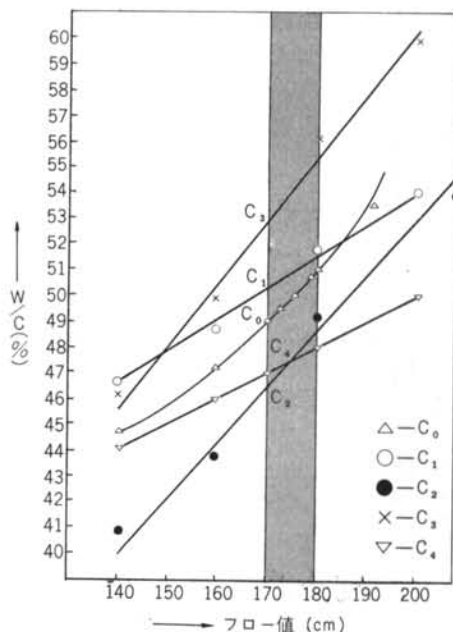


図-3 混和材入モルタルのフロー値と水セメント比との関係

張付けモルタルの水セメント比とフロー値の関係は図-3に示すとおりであり、各混和材によってその傾向は異なる。

本実験でのフロー値は170~180の範囲としたため、使用する混和材が決まればそれに適合する水セメント比を決めることができる。また共通していることは各混和材について水セメント比とフロー値とは直線関係にあることである。ただし、粉末型以外の混和材について、この水セメント比を求めるときの水量は、混和材の稀釈液をもって表わした。

4.1.2 張付けモルタルの針入度と時間との関係：

各モルタルの針入度は JIS R-5201 セメントの物理試験方法の凝結試験に準じ、標準軟度棒(落下総重量 300g)

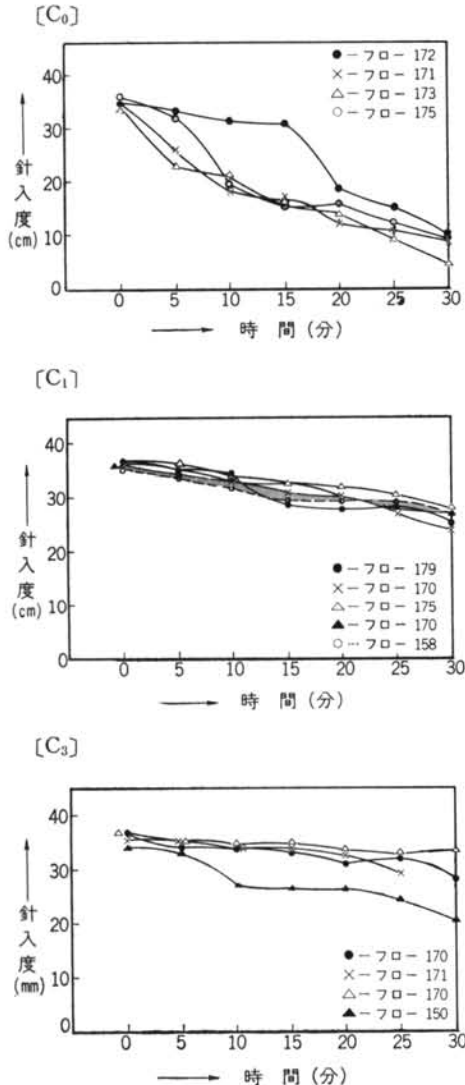


図-4 各混和材入モルタルの経時針入度

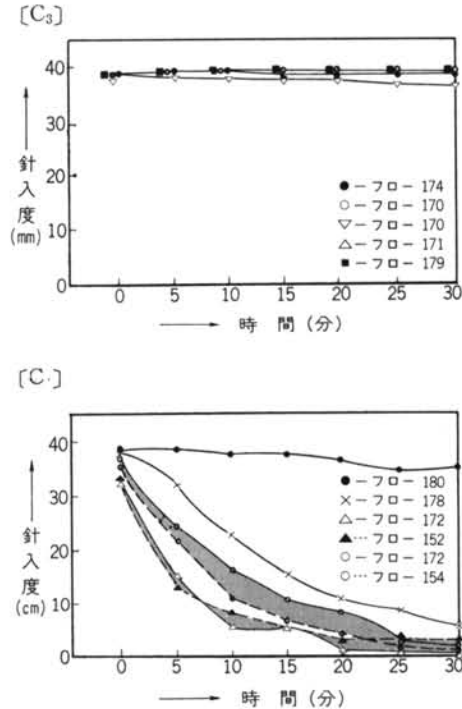
を用いて測定し、型枠にモルタルを充填してから5分間ごとに30分間まで測定を行なった。その結果は図-4に示すとおりである。図-4より C₃ はほとんど経過時間によって変化を示さず張付け作業が長時間にわたってできることを示すが、C₄、および C₀ は急激な硬化曲線を呈し、作業時間をあまり長くとることができないことが解る。

4.1.3 張付けモルタルの単位体積重量および強さ：

張付けモルタルの単位体積重量および曲げ、圧縮強さは表-5に示すとおりである。

モルタルの単位体積重量は混和材を混入することによって一般に小さくなり、また、強さについても強度低下を示す傾向を有する。

当然のことながら、60分間モルタルを練り置いたもの



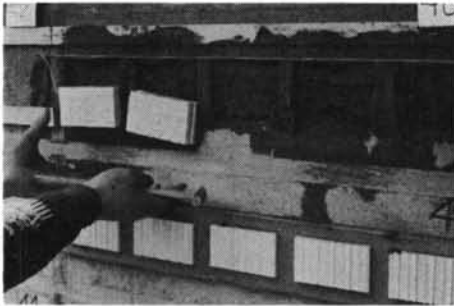
は水の混入を行なってフロー値を調節しない限り、強さ低下を認めなかった。

混和材の種類	単位体積重量 (kg/l)	曲げ強さ (kg/cm ²)	圧縮強さ (kg/cm ²)
C ₀	2.185	77.7±2.0	370±36
C ₁	2.019	60.7±8.6	314±15
C ₂	1.906	57.7±7.1	295±71
C ₃	2.019	57.2±4.6	233±36
C ₄	1.995	66.5±2.5	316±23

表-5 張付けモルタルの単位体積重量と強さ

4.2 張付けモルタルとタイルのずれ落ち

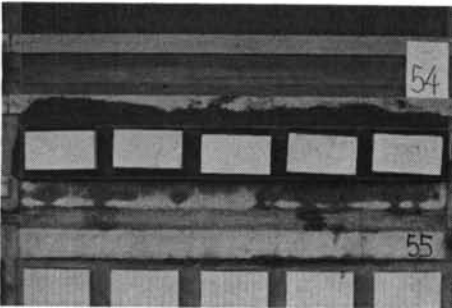
張付けモルタルとタイルのずれ落ちは表-6, 表-7, 表-8, 表-9に示すとおりである. 表中の数字はずれ落し量が2mm以上の場合を1, 2mm未満の場合を0として, 各水準の組合せにおいて5個ずつ実験を行なったために, その数値が0から5までの範囲に記録されている. なお, 実験中のタイルのずれ落ちについて2, 3の例を示せば写真-6に示すとおりである.



混和材C₃を使用, 練り置き直後

圧着時期直後, 塗厚さ10mm, タイル厚さ20mm

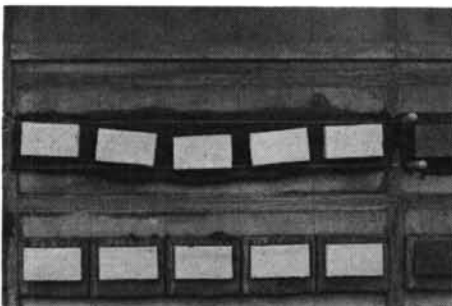
写真-6-a タイルのずれ落ち



混和材C₃を使用, 練り置き直後

圧着時期直後, 塗厚さ5mm, タイル厚さ20mm

写真-6-b タイルのずれ落ち



混和材C₂を使用, 下地は湿潤, 滑面, 練り置き直後
圧着時期20分後, 塗厚さ10mm, タイル厚さ20mm

写真-6-c タイルのずれ落ち (タイルを張付けてから15分後)

この結果より分散分析を行なって要因効果を検定した結果, 総合的に表-10のとおりとなる. したがって, タイルのずれ落ちに影響する主要因について次のことがいえる.

要因	二乗和 S	自由度 φ	不偏分散 V	分散比 ^{*1)} F ₀	寄与率 ρ(%)
E(塗厚さ)	21.73	3	7.24	4.18*	3.50
D(練り置き)	50.10	3	16.70	9.65**	9.51
E(圧着時期)	77.90	3	25.97	15.01**	15.40
I(裏形)	25.73	2	12.87	7.44**	4.72
C(混和材の種類)	54.66	3	18.22	10.53**	10.48
G(厚さ)	5.91	1	5.91	3.42	0.89
H(吸水率)	8.07	1	8.07	4.66*	1.34
D×F	16.41	2	8.21	4.75*	2.74
H×E	5.91	1	5.91	3.42	0.89
C×E	15.34	2	7.67	4.43	2.52
E×B(下地の粗面度)	5.91	1	5.91	3.42	0.89
F×E	9.14	1	9.14	5.28*	1.57
e	175.43	101	1.73		45.5

*1) (**: 危険率1%で有意)
(*: 危険率5%で有意)

表-10 タイルのずれ落ちに関する分散分析

A. タイルの圧着時期

タイルのずれ落ちに最も大きく影響する因子で水準は0分と20分を採ったが, 図-5に示すように結果が20分の方がずれ落ちが小さかった. 実際の施工に際して, ある時間を置いてからタイル張りを行なった方がよいことからもうなづける.

その限度について測定が十分でないが, 10~20分程度と予想される.

B. モルタルの混和材

モルタルの混和材はタイルの圧着張りにとって不可欠のものである. この実験に用いた混和材(C₁, C₂, C₃, C₄)は4種類で図-6に示すようにずれ落ちの傾向を示す.

このうち, C₄はセメントに対し異常凝結性を与える点

から、現場ではやや使い難いように思われる。

無混入モルタルは保水性が悪く、タイルのずれ落ちは少ないが、ほとんどタイルが付着せず落下する傾向が多い。

その反対に、C₃は保水性がよいために長時間流動性を有し、ずれ落ちが大きくなりやすい。

混和材の影響として、この場合、モルタル塗付け後のずれ落ちも考える必要があり、とくに、モルタルの塗厚さと下地の状態に注意しなければならない。

この実験のように塗厚さを5mmとした場合はどの混

和材を用いてもずれ落ちを認めなかったが、10mmとした場合はかなり認められた。とくに、C₃の混和材は前述のように保水性がよいためにずれ落ち現象を生じやすかった。

しかし、全般的には余りいちじるしいずれ落ち量ではなく、この範囲の塗厚さではほとんど問題がないものと思われる。

C. モルタルの練り置き時間

この実験では練り置き時間を0分と60分として行なった。

要因 実験番号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	実験結果	
	下 乾 地 の 燥	下 粗 地 の 度	混 種 和 材 の 類	モ 練 ル リ タ ル の 置 き	塗 厚 mm	圧 着 時 期	タ イ ル の 厚 さ mm	タ イ ル の 率	タ 裏 イ ル の 形	ず れ 落 ち	接 着 さ (kg/cm ²)
1	乾燥	粗面	C ₁	直後	5	直後	10	磁器	滑面	0	4.74
2	乾燥	粗面	C ₂	直後	5	直後	20	陶器	粗面	0	16.94
3	乾燥	粗面	C ₂	60分	5	20分	10	陶器	滑面	0	0
4	乾燥	粗面	C ₁	60分	5	20分	20	磁器	粗面	0	0
5	湿潤	粗面	C ₂	直後	5	20分	10	磁器	粗面	0	0
6	湿潤	粗面	C ₁	直後	5	20分	20	陶器	滑面	0	0
7	湿潤	粗面	C ₁	60分	5	直後	10	陶器	粗面	0	10.94
8	湿潤	粗面	C ₂	60分	5	直後	20	磁器	滑面	0	0
9	乾燥	粗面	C ₁	直後	10	20分	10	磁器	滑面	0	3.22
10	乾燥	粗面	C ₂	直後	10	20分	20	陶器	粗面	0	1.76
11	乾燥	粗面	C ₂	60分	10	直後	10	陶器	滑面	0	2.62
12	乾燥	粗面	C ₁	60分	10	直後	20	磁器	粗面	0	3.80
13	湿潤	粗面	C ₂	直後	10	直後	10	磁器	粗面	0	16.76
14	湿潤	粗面	C ₁	直後	10	直後	20	陶器	滑面	5	5.14
15	湿潤	粗面	C ₁	60分	10	20分	10	陶器	粗面	0	2.03
16	湿潤	粗面	C ₂	60分	10	20分	20	磁器	滑面	0	2.59
17	乾燥	滑面	C ₁	直後	5	20分	10	磁器	滑面	2	0.12
18	乾燥	滑面	C ₂	直後	5	20分	20	陶器	粗面	0	0
19	乾燥	滑面	C ₂	60分	5	直後	10	陶器	滑面	0	0
20	乾燥	滑面	C ₁	60分	5	直後	20	磁器	粗面	0	12.74
21	湿潤	滑面	C ₂	直後	5	直後	10	磁器	粗面	0	16.72
22	湿潤	滑面	C ₁	直後	5	直後	20	陶器	滑面	4	1.30
23	湿潤	滑面	C ₁	60分	5	20分	10	陶器	滑面	0	0.64
24	湿潤	滑面	C ₂	60分	5	20分	20	磁器	粗面	0	0
25	乾燥	滑面	C ₁	直後	10	直後	10	磁器	滑面	5	6.00
26	乾燥	滑面	C ₂	直後	10	直後	20	陶器	粗面	0	11.74
27	乾燥	滑面	C ₂	60分	10	20分	10	陶器	滑面	0	0
28	乾燥	滑面	C ₁	60分	10	20分	20	磁器	粗面	0	0.34
29	湿潤	滑面	C ₂	直後	10	20分	10	磁器	粗面	0	2.03
30	湿潤	滑面	C ₁	直後	10	20分	20	陶器	滑面	4	0.30
31	湿潤	滑面	C ₁	60分	10	直後	10	陶器	粗面	1	6.44
32	湿潤	滑面	C ₂	60分	10	直後	20	磁器	滑面	0	4.36

表—6 第1回目の実験の組合わせと実験結果

要因 実験番号	A	B	C	D	E	F	G	H	I	実験結果	
	下 乾 地 の 燥	下 粗 地 の 度	混 種 和 材 の 類	モ 練 ル リ タ ル の 置 き	塗 厚 mm	圧 着 時 期	タ イ ル の 厚 さ mm	タ イ ル の 率	タ 裏 イ ル の 形	ず れ 落 ち	接 着 さ (kg/cm ²)
33	乾燥	粗面	C ₂	直後	5	直後	10	磁器	滑面	0	29.40
34	乾燥	粗面	C ₄	直後	5	直後	20	陶器	粗面	5	0
35	乾燥	粗面	C ₄	60分	5	20分	10	陶器	滑面	0	1.16
36	乾燥	粗面	C ₂	60分	5	20分	20	磁器	粗面	0	4.56
37	湿潤	粗面	C ₄	直後	5	20分	10	磁器	粗面	0	6.68
38	湿潤	粗面	C ₂	直後	5	20分	20	陶器	滑面	2	31.00
39	湿潤	粗面	C ₂	60分	5	直後	10	陶器	粗面	4	11.92
40	湿潤	粗面	C ₄	60分	5	直後	20	磁器	滑面	0	2.96
41	乾燥	粗面	C ₂	直後	10	20分	10	磁器	滑面	2	14.76
42	乾燥	粗面	C ₄	直後	10	20分	20	陶器	粗面	0	20.75
43	乾燥	粗面	C ₄	60分	10	直後	10	陶器	滑面	0	6.52
44	乾燥	粗面	C ₂	60分	10	直後	20	磁器	粗面	5	8.57
45	湿潤	粗面	C ₄	直後	10	直後	10	磁器	粗面	5	28.02
46	湿潤	粗面	C ₂	直後	10	直後	20	陶器	滑面	5	0
47	湿潤	粗面	C ₂	60分	10	20分	10	陶器	粗面	1	6.10
48	湿潤	粗面	C ₄	60分	10	20分	20	磁器	滑面	0	4.56
49	乾燥	滑面	C ₂	直後	5	20分	10	磁器	滑面	0	6.58
50	乾燥	滑面	C ₄	直後	5	20分	20	陶器	粗面	1	23.97
51	乾燥	滑面	C ₄	60分	5	直後	10	陶器	滑面	0	20.40
52	乾燥	滑面	C ₂	60分	5	直後	20	磁器	粗面	1	7.64
53	湿潤	滑面	C ₄	直後	5	直後	10	磁器	粗面	3	30.60
54	湿潤	滑面	C ₂	直後	5	直後	20	陶器	滑面	5	19.78
55	湿潤	滑面	C ₂	60分	5	20分	10	陶器	粗面	0	2.26
56	湿潤	滑面	C ₄	60分	5	20分	20	磁器	滑面	0	0.36
57	乾燥	滑面	C ₂	直後	10	直後	10	磁器	滑面	5	15.50
58	乾燥	滑面	C ₄	直後	10	直後	20	陶器	粗面	5	0
59	乾燥	滑面	C ₄	60分	10	20分	10	陶器	滑面	0	2.17
60	乾燥	滑面	C ₂	60分	10	20分	20	磁器	粗面	5	7.62
61	湿潤	滑面	C ₄	直後	10	20分	10	磁器	粗面	0	22.40
62	湿潤	滑面	C ₂	直後	10	20分	20	陶器	滑面	5	23.92
63	湿潤	滑面	C ₂	60分	10	直後	10	陶器	粗面	4	12.84
64	湿潤	滑面	C ₄	60分	10	直後	20	磁器	滑面	0	5.15

表—7 第2回目の実験の組合わせと実験結果

この結果は図-7に示す通りであって、モルタルは混練後適当な時間放置してから塗付け、タイル張り作業に入った方がタイルのずれ落ちが少ないことを示す。しかし、この場合、タイルとモルタルとの接着強さが問題となり、詳細な実験を行っていないが、作業中、わずかな振動障害でタイルが剥がれ落ちるような現象を示すものが多かった。

各種混和材および施工時期によってモルタルの練り置き可能な時間は異なるが、最も練り置き時間を長くすることのできる混和剤C₃でも60分間以内にとどめ、その

他は30分間以内にすべきではないかと思われる。

D. タイルの裏形

この実験では図-8に示すようにタイルの裏形が滑面粗面、条線の順にずれ落ちが大きくなる傾向を得た。しかし裏形については接着面積が大きくとれるもので、かつ多少モルタル内部にくい込み、接着面に空隙を作らないようなものを選択する必要がありと考えられる。^(付1)

E. モルタルの塗厚さ

この項はB.で述べた通りであるが、とくに混和剤と関係し、保水性の良好な混和材C₃の場合は5mm程度と

実験番号	要因										実験結果	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		ずれ落ち	接着強さ (kg/cm ²)
	下地の乾燥	下粗面の度	混和材の類	練り置き時間	塗厚mm	圧着時期	タイルの厚さmm	吸水率	裏形の形			
65	乾燥	粗面	C ₂	直後	5	直後	10	磁器	滑面	0	7.7	
66	乾燥	粗面	C ₃	直後	5	直後	20	陶器	条線	3	17.5	
67	乾燥	粗面	C ₃	60分	5	20分	10	陶器	条線	0	9.8	
68	乾燥	粗面	C ₂	60分	5	20分	20	磁器	滑面	0	1.0	
69	湿潤	粗面	C ₃	直後	5	20分	10	磁器	条線	0	1.9	
70	湿潤	粗面	C ₂	直後	5	20分	20	陶器	滑面	0	0	
71	湿潤	粗面	C ₂	60分	5	直後	10	陶器	滑面	0	9.2	
72	湿潤	粗面	C ₃	60分	5	直後	20	磁器	条線	2	15.2	
73	乾燥	粗面	C ₂	直後	10	20分	10	磁器	滑面	4	2.7	
74	乾燥	粗面	C ₃	直後	10	20分	20	陶器	条線	0	14.4	
75	乾燥	粗面	C ₃	60分	10	直後	10	陶器	条線	5	21.7	
76	乾燥	粗面	C ₂	60分	10	直後	20	磁器	滑面	4	4.7	
77	湿潤	粗面	C ₃	直後	10	直後	10	磁器	条線	0	19.3	
78	湿潤	粗面	C ₂	直後	10	直後	20	陶器	滑面	0	7.5	
79	湿潤	粗面	C ₂	60分	10	20分	10	陶器	滑面	0	0	
80	湿潤	粗面	C ₃	60分	10	20分	20	磁器	条線	0	7.8	
81	乾燥	滑面	C ₂	直後	5	20分	10	磁器	滑面	0	0	
82	乾燥	滑面	C ₃	直後	5	20分	20	陶器	条線	0	11.3	
83	乾燥	滑面	C ₃	60分	5	直後	10	陶器	条線	0	18.9	
84	乾燥	滑面	C ₂	60分	5	直後	20	磁器	滑面	1	0.7	
85	湿潤	滑面	C ₃	直後	5	直後	10	磁器	条線	1	26.8	
86	湿潤	滑面	C ₂	直後	5	直後	20	陶器	滑面	4	7.4	
87	湿潤	滑面	C ₂	60分	5	20分	10	陶器	滑面	0	0	
88	湿潤	滑面	C ₃	60分	5	20分	20	磁器	条線	0	8.6	
89	乾燥	滑面	C ₂	直後	10	直後	10	磁器	滑面	1	3.9	
90	乾燥	滑面	C ₃	直後	10	直後	20	陶器	条線	5	24.0	
91	乾燥	滑面	C ₃	60分	10	20分	10	陶器	条線	0	10.8	
92	乾燥	滑面	C ₂	60分	10	20分	20	磁器	滑面	0	0.7	
93	湿潤	滑面	C ₃	直後	10	20分	10	磁器	条線	0	4.2	
94	湿潤	滑面	C ₂	直後	10	20分	20	陶器	滑面	0	1.3	
95	湿潤	滑面	C ₂	60分	10	直後	10	陶器	滑面	0	10.6	
96	湿潤	滑面	C ₃	60分	10	直後	20	磁器	条線	0	14.6	

表-8 第3回目の実験の組合わせと実験結果

実験番号	要因										実験結果	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		ずれ落ち	接着強さ (kg/cm ²)
	下地の乾燥	下粗面の度	混和材の類	練り置き時間	塗厚mm	圧着時期	タイルの厚さmm	吸水率	裏形の形			
97	乾燥	粗面	C ₀	直後	5	直後	10	磁器	滑面	0	5.9	
98	乾燥	粗面	C ₃	直後	5	直後	20	陶器	条線	1	22.0	
99	乾燥	粗面	C ₃	60分	5	20分	10	陶器	条線	0	13.5	
100	乾燥	粗面	C ₀	60分	5	20分	20	磁器	滑面	0	0	
101	湿潤	粗面	C ₃	直後	5	20分	10	磁器	条線	0	6.3	
102	湿潤	粗面	C ₀	直後	5	20分	20	陶器	滑面	0	0	
103	湿潤	粗面	C ₀	60分	5	直後	10	陶器	滑面	0	4.5	
104	湿潤	粗面	C ₃	60分	5	直後	20	磁器	条線	0	24.7	
105	乾燥	粗面	C ₀	直後	10	20分	10	磁器	滑面	0	0	
106	乾燥	粗面	C ₃	直後	10	20分	20	陶器	条線	0	11.5	
107	乾燥	粗面	C ₃	60分	10	直後	10	陶器	条線	3	20.4	
108	乾燥	粗面	C ₀	60分	10	直後	20	磁器	滑面	3	8.0	
109	湿潤	粗面	C ₃	直後	10	直後	10	磁器	条線	5	21.6	
110	湿潤	粗面	C ₀	直後	10	直後	20	陶器	滑面	0	9.7	
111	湿潤	粗面	C ₀	60分	10	20分	10	陶器	滑面	0	0.5	
112	湿潤	粗面	C ₃	60分	10	20分	20	磁器	条線	0	8.9	
113	乾燥	滑面	C ₀	直後	5	20分	10	磁器	滑面	0	0.2	
114	乾燥	滑面	C ₃	直後	5	20分	20	陶器	条線	2	20.1	
115	乾燥	滑面	C ₃	60分	5	直後	10	陶器	条線	1	26.8	
116	乾燥	滑面	C ₀	60分	5	直後	20	磁器	滑面	2	6.4	
117	湿潤	滑面	C ₃	直後	5	直後	10	磁器	条線	1	21.8	
118	湿潤	滑面	C ₀	直後	5	直後	20	陶器	滑面	0	7.9	
119	湿潤	滑面	C ₀	60分	5	20分	10	陶器	滑面	0	0	
120	湿潤	滑面	C ₃	60分	5	20分	20	磁器	条線	0	6.5	
121	乾燥	滑面	C ₀	直後	10	直後	10	磁器	滑面	0	7.8	
122	乾燥	滑面	C ₃	直後	10	直後	20	陶器	条線	5	25.1	
123	乾燥	滑面	C ₃	60分	10	20分	10	陶器	条線	0	11.2	
124	乾燥	滑面	C ₀	60分	10	20分	20	磁器	滑面	0	0	
125	湿潤	滑面	C ₃	直後	10	20分	10	磁器	条線	0	5.4	
126	湿潤	滑面	C ₀	直後	10	20分	20	陶器	滑面	0	0	
127	湿潤	滑面	C ₀	60分	10	直後	10	陶器	滑面	0	4.9	
128	湿潤	滑面	C ₃	60分	10	直後	20	磁器	条線	5	13.9	

表-9 第4回目の実験の組合わせと実験結果

し、その他の混和材では 10mm よりやや少ない(約 7mm)程度にすればずれ落ちが小さくなるものと考えられる。

F. タイルの吸水率

タイルの吸水率はタイルの材質によって異なるもので 図-9 に示すように、吸水率の少ない磁器質のタイルが吸水率の多い陶器質のタイルよりずれ落ちが少なかった。このことは矛盾するようであるが裏形によること大であって、適当な裏形状と厚さであれば磁器質のタイルでも圧着張りに適するものと考えられる。しかし、この要因効果は余り大きくなく、どの種のタイルを用いてもよいと考えられ、吸水率の大きい陶器質タイルは適当な水湿しを行なって用いるべきであることを示す。

G. 下地の条件

本実験では下地の条件として乾燥度(乾燥および湿潤)ならびに粗面度(木ごて押え面および金ごて押え面)の 2 因子を採ったが、ずれ落ちに関しては下地が乾燥または粗面の方が他の場合よりずれ落ちが少ない。

しかし、この要因効果は余り大きくない。また、本実

験は比較的下地材令の少ない時期(下地モルタル塗付け後 1~2ヶ月程度経過)にタイル張りを行なったために下地がまだ湿潤状態にあって、その影響が少なかったものと考えられる。

下地が乾燥している場合には張付けモルタルの接着層においてドライアウト現象を生じて危険であるため、適度の水湿しを行なった方がよいであろう。

H. タイルの厚さ

タイルの厚さとして 10mm と 20mm の 2 種類を用いたが、ずれ落ちに対しては 10mm 厚さのものの方が良好である。

4.3 張付けモルタルとタイルとの接着強さ

張付けモルタルとタイルとの接着強さは表-6、表-7、表-8、表-9 に示すとおりである。

この結果より分散分析を行なって要因効果を検討した結果、総合的に表-11のとおりとなる。したがって、タイルの接着強さに影響する主要因について次のことがいえる。

A. 混和材の種類

タイルの接着強さに最も大きく影響する因子で、結果では 図-10 に示すように保水性の良い C_3 が他の混和材に比して一ばん接着強さが大であり、次に C_4 となる。 C_1 や C_2 は C_0 と同様に小さい。

これはタイルのモルタル内への押し込みやすさによるものであって、モルタルの保水性に關係するものと考えられる。

B. タイルの圧着時期

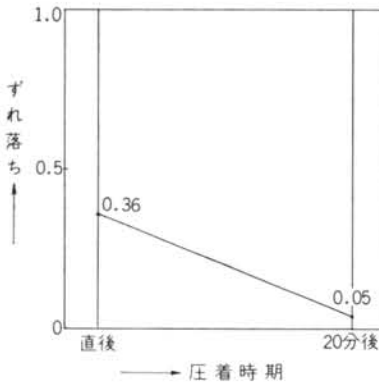


図-5 タイルのずれ落ちに及ぼすタイルの圧着時期の影響

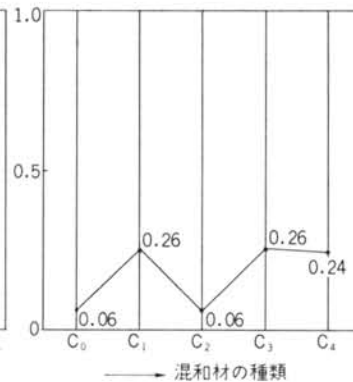


図-6 タイルのずれ落ちに及ぼす混和材の種類の影響

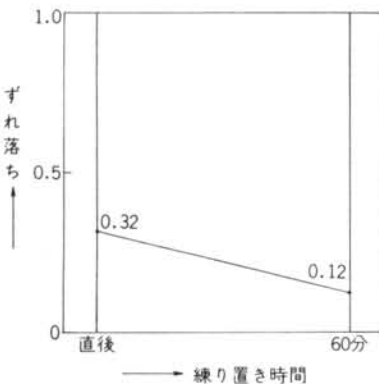


図-7 タイルのずれ落ちに及ぼすモルタルの練り置き時間の影響

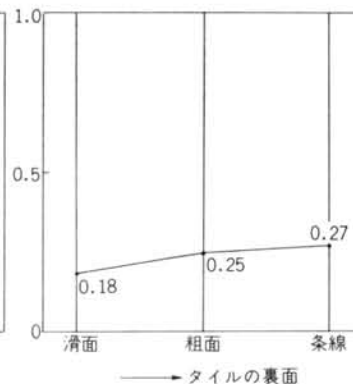


図-8 タイルのずれ落ちに及ぼすタイルの裏形状の影響

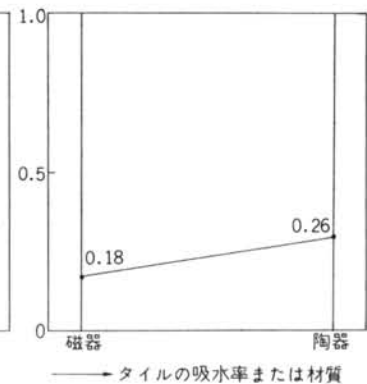


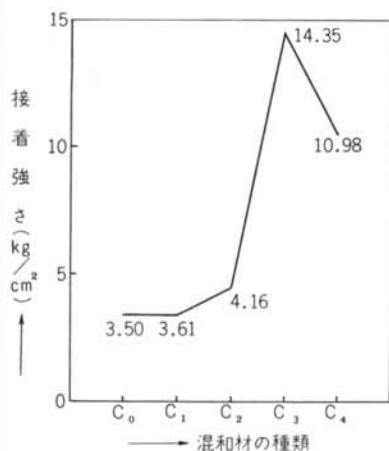
図-9 タイルのずれ落ちに及ぼすタイルの吸水率の影響

要因	二乗和 S	自由度 ϕ	不偏分散 V	分散比 ^{*1} F ₀	寄与率 P(%)
E(塗厚さ)	880.0	1	880	36.10 ^{**}	10.47
F×E	161.15	1	161.15	6.61 [*]	1.63
D×F	212.87	2	106.44	4.37 [*]	2.01
D(練り置き)	50.68	1	50.68	2.08	0.32
I	164.21	1	164.21	6.74 [*]	1.71
I×E	30.32	1	30.32	1.24	0.05
F(圧着時期)	1617.44	3	539.15	22.11 ^{**}	20.12
A×F	46.08	1	46.08	1.89	0.27
H(吸水率)	113.93	2	56.97	2.34	0.69
C (混和材の種類)	2195.99	2	1098.00	45.04 ^{**}	26.27
A (下地の乾燥度)	55.92	1	55.92	2.29	0.39
A×B (下地の粗面度)	32.20	1	32.20	1.32	0.10
C×E	27.57	1	27.57	1.13	0.04
e'	2584.00	106	24.38		45.93

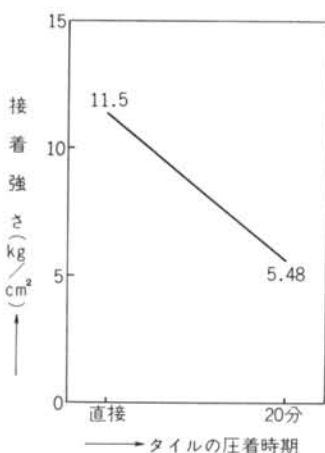
^{*1}) (**:危険率1%で有意)
*:危険率5%で有意

表一 11 タイルの接着強さに関する分散分析

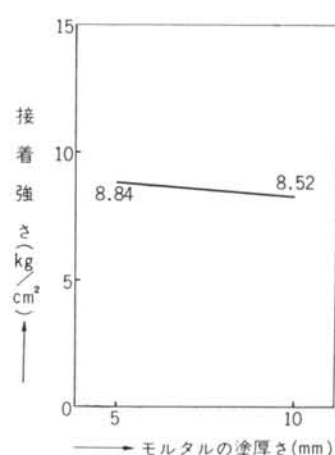
次にタイルの接着強さに大きく影響を与えるもので、
図一 11 に示すようにタイルの圧着時期は直後が20分後よ



図一 10 タイルの接着強さに及ぼす混和材の種類の影響



図一 11 タイルの接着強さに及ぼす圧着時期の影響



図一 12 タイルの接着強さに及ぼすモルタルの塗厚さの影響

りも倍以上の強度がでている。

各タイルの圧着時期の限界時間を決めれば現場調査結果¹⁾より1回の塗付け面積を決めることができる。すなわち、その限界時間を20分とすれば大略2m²を1回の塗付け面積としなければ最後のタイルの圧着時期がその限界時間を越えるものと思われる。

C. モルタルの塗厚さ

タイルの接着強さは図一 12 に示すように、塗厚さ5mmの方が10mmよりやや大きくなっているが、これはモルタルの保水性の良否によるものであろうと考えられる。いずれにしても、タイルの圧着張りには保水性の良好なモルタルを用いることが必要であり、この塗厚さも5mm前後が適当であることを示すものである。

D. タイルの裏形

図一 13 に示すように粗面が滑面、条線に比べて最も良い。これはタイルを張付けたとき、タイルの接着面にエアポケットができて有効接着面積が少なくなる度合によるものと考えられる。

タイルの裏形形状の選定にはとくに注意が必要であることを示すものである。^{付1)}

E. モルタルの練り置き

タイルのずれ落ちの場合ほど大きな影響を示さないことができるだけ早く使用した方がタイルのくい込みやすさが大きくなるため良好である。

F. タイルの厚さ

タイルの厚さの影響は図一 14 に示すように10mmの方が20mmより接着強さが大きくなるが、この効果は余り大きくない。

G. タイルの吸水率

タイルの接着強さは図一 15 のように吸水率の大きなも

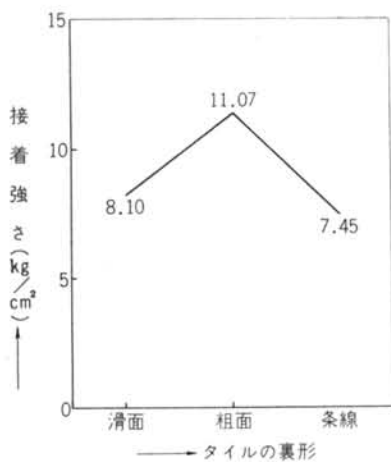


図-13 タイルの接着強さに及ぼす
タイルの裏形の影響

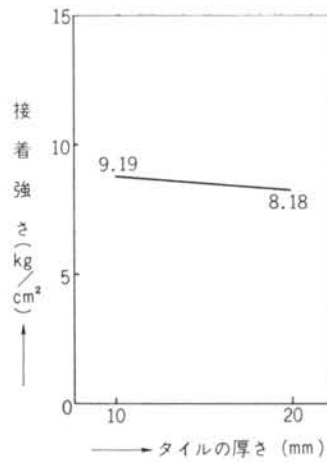


図-14 タイルの接着強さに及ぼす
タイルの厚さの影響

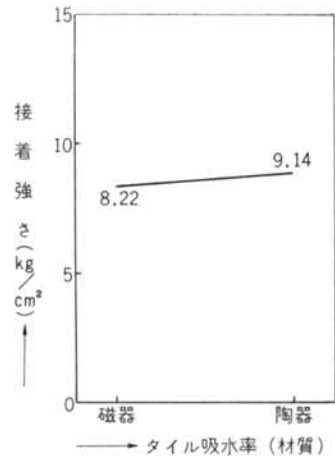


図-15 タイルの接着強さに及ぼす
タイルの吸水率の影響

の、すなわち陶器質の方が磁器質より大きい。しかし、この効果はあまり大きいものでなく、むしろ、その選定には耐久性を考慮して磁器質のものを選ぶべきものと思われる。また、この場合は同時にタイルの裏形形状について十分検討すべきである。^{付2)}

H. 下地の乾燥度

タイルの接着強さにはあまり大きな影響を示さないようである。これは保水性の良好なモルタルを用いたためと4.2. Gに記したように、張付けモルタルを塗付けるまでの下地の材令が比較的短かったためであるとも考えられる。実際の施工においては適度の水湿しを行なうべきであろう。

I. 下地の粗面度

タイルの接着強さは下地が粗面の方がやや大きくなっているが、大した影響を示さない。しかし、実際の施工では下地面を木ゴてで押えとすべきであろう。^{付3)}

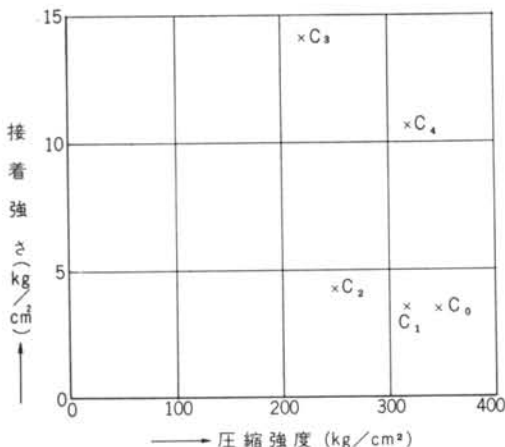


図-16 モルタルの圧縮強さと接着強さとの関係

4.4 張付けモルタルの強さとタイルの接着強さ

本実験で使用した混和材入りモルタルの強さとタイルの接着強さは図-16に示す通りであるが、その関係はほとんど認められない。これは張付けモルタルの圧縮強さが200~350kg/cm²の範囲にあるためであって、この範囲ではタイルの接着強さはモルタルの強さよりもむしろタイルの押し込みやすさの程度(モルタルの保水性)に大きく影響されるものと考えられる。

§5. 総括

以上の実験結果、および考察から次のことが総括できる。

(1) 外壁タイルの圧着工法においてタイルのずれ落ち現象からの作業性の良否と接着強さに影響する要因の効果を調べ、その施工指針を得ようとしたものであるが、そのタイルのずれ落ちおよび接着強さに影響する重要な事項は次のとおりである。

- A. 適当な混和材の選択
- B. タイルの圧着時期に注意
- C. 適当な張付けモルタルの塗厚さの決定
- D. タイルの裏形の選定
- E. 張付けモルタルの練り置き時間に注意
- F. タイルの吸水率に注意

これらの要因による影響はタイルのずれ落ちと接着強さに関してC. D. 以外は逆の関係にある。したがって、実際の施工にあたっては、その中庸を選定して行なう以外にないよう考えられる。

- (2) 本実験において最良と思われる要因とその水準を

一覧すれば表—12に示す通りとなり、この条件ではタイルのずれ落ちはほとんど生ぜず、かつ、タイルの接着強さの95%信頼限界は $13.1 \pm 3.0 \text{ kg/cm}^2$ になるものと推定される。

要 因	水 準
A. 下地の乾燥度	湿 潤
B. 下地の粗面度	粗 面
C. 混和材の種類	C ₃
D. モルタルの練り置き	直 後
E. モルタルの塗厚さ	5mm
F. 圧着時期	直 後
G. タイルの厚さ	10mm
H. タイルの吸水率	陶 器
I. タイルの裏形	粗 面

表—12 タイルの圧着張りにおける最良条件

なお、実際の外壁タイルの圧着張りによる標準施工規準³⁾として推定し、その概要を列記すれば次のとおりとなる。

- A. タイルの品質
吸水率4%以下の磁器質または炻器質とする。
- B. タイルの裏形
粗面またはタイル裏面の表面積が大きいものを用いる
- C. 圧着張りに適するタイルの大きさ
二丁掛けまでとし、タイルの厚さは10mm程度とする。
小口平程度が最も適当である。
- D. 下地の粗面度
木ごて押え程度の粗面とする。
- E. 下地の乾燥度
下地面が乾燥している場合は塗付け前日から適当に水

を噴霧器で与える。

F. 張付けモルタルの塗厚さ
5~7mm程度とする。ただし、混和材の種類によってはその塗厚さを変えなければならない。とくに、その種類によって10mm程度にしなければタイルの接着強さが低下する場合も生ずるので注意する必要がある。

G. 塗付け面積およびタイルの圧着時期
張付けモルタルの塗付け面積は作業能率から2m²程度とし、張付けモルタルを塗付け後、最初にモルタルを塗った箇所からタイルを張付ける。この場合、タイルの張付け完了時間は最大20分間とする。

H. 張付けモルタルの練り置き
タイルのずれ落ちから考えると60分間程度までよいと考えられるが、タイルの接着強さからは40分間以内とすべきであろう。

I. 混和材の種類
タイルの圧着張りに最も影響するものであって、メチルセルローズ系のC₃が最も良好のように思われる。その他の混和材を用いる場合はモルタルの塗厚さ、タイルの圧着時期、モルタルの練り置き、モルタルの塗付け面積を適当にかえる必要があると考えられる。

(3) 混和材の種類について、張付けモルタルのフロー値と水セメント比の関係は実際のタイル張付け作業に適する張付けモルタルのフロー値170~180の範囲では直線関係にある。

(4) 張付けモルタルの強さとタイルの接着強さとの関係は必ずしもこの実験の範囲では相関関係がなく、むしろタイルの張付けモルタル内へのくい込み量によるものと考えられ、タイルの裏形形状およびモルタルの保水性の影響が大きいものと思われる。

<参考文献>

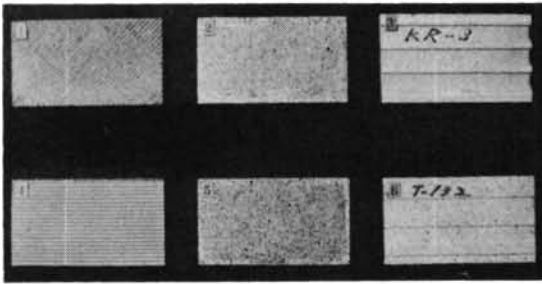
- 1) 森 一：日本陶業連盟TSK委員会報告資料，No. 25-2
- 2) 丸一俊雄，松村勝実：“タイルの吸水率が張付けモルタルの接着に及ぼす影響”清水建設研究所研究報告，昭和41年10月30日，p.49
- 3) 技術室月報 No. 11 (1963.11) p.10
- 4) 丸一俊雄：“圧着工法による外壁タイル貼り，建築材料”1963.3，p.51

付録.1 接着強さに及ぼすタイルの裏形の影響

写真—7に示すような裏形を有する小口平磁器タイル6種類を用いて、2.2.1に準じ、表—13の条件でタイル張りを行ない、2.2.2の方法に準じてタイルの接着強さを求めた。

タイルを張付けてから接着強さを求めるまでの期間は2週間である。

試験結果は表—14の通りであり、タイル裏面の表面積を求めて、タイルの接着強さと比較した結果は図—17のとおりである。



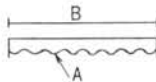
写真一七 試験タイルの裏形状

要因	水準
下地の粗面度	粗面
下地の乾燥度	湿潤
混和材の種類	なし
モルタルの練り置き	直後
モルタルの塗厚さ	5mm
タイルの圧着時期	直後
タイルの厚さ	一定
タイルの裏形	六種類

表一三 試験条件

タイル No.	供試体数	タイルの接着面積 (cm ²)	接着力 (kg/cm ²)	標準偏差 (kg/cm ²)	タイルの裏形係数			
					A(mm) ^{*1}	B(mm) ^{*1}	A/B (%)	比率
1	9	65.4	7.72	2.61	117.5	104.5	112	1.11
2	8	63.13	6.87	2.90	106.5	103	103.4	1.024
3	8	64.8	14.76	4.26	122	105	116.2	1.15
4	10	66.0	8.42	3.70	109.3	101.5	107.7	1.066
5	9	64.8	5.02	1.32	104.7	103.7	101	1.0
6	8	64.8	4.89	1.45	108.5	104.5	104	1.03

*1) 右図のように
A : 曲線幅, B : 直線幅とする

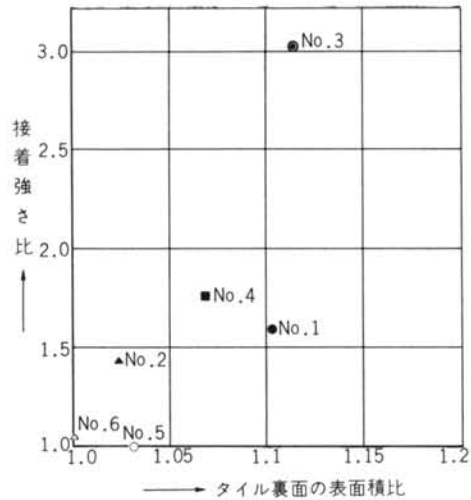


表一四 試験結果

項目 タイル記号	投影面積 (A ₀) cm ²	有効接着面積率 %	有効接着面積 (A ₁) cm ²	(A ₁) × 1.12 = (A ₂) cm ²	剪断力 (S) kg	S/A ₀ kg/cm ²	S/A ₁ kg/cm ²	S/A ₂ kg/cm ²
A	65.4	89.46	58.5	65.5	508	7.77	8.68	7.76
B	"	64.52	42.2	47.3	388	5.93	9.19	8.20
C	"	76.62	50.1	56.1	446	6.82	8.90	7.95
D	"	57.77	37.8	42.3	348	5.32	9.21	8.23
平均	"	72.09	47.1	52.8	422	6.47	8.99	8.04

備考) No.1のタイルを4種類選び、有効接着面積を求めた。

表一五 タイルの有効接着面積と接着強さ



図一七 タイル裏面の表面積比と接着強さ比との関係

この結果よりタイル裏面の表面積が増加するにしたがって、タイルの接着強さは増加することが解る。また、No. 1のタイルについて実際にモルタルと接着している有効面積を測定して表一15の結果を得た。この結果よりタイルの接着有効面積が増加するとタイルの接着強さが増加するが、接着有効面積に対する接着強さはわずかに低下する傾向を示す点が特色である。

実際のタイル張りにおいて、磁器タイルの接着有効面積は50~90% (平均70%)程度と考えられ、この値をできるだけ大きくできる裏面形状を有するタイルが最も良好といえる。

粗面と条線の裏形を比較した場合、表面積の増加においては条線の方がすぐれているが、その形状によって、その面積の相異が大きく、また、タイルの接着強さも異なる。その点、粗面はタイルの接着強さは余り大きくないが平均した値が得られている。

したがって、この条線裏形のタイルはNo. 3のようなかぎ付きの条線が最もよく、No. 6のような条線のは劣るものと判断でき、4.3. D.の結果と一致する。

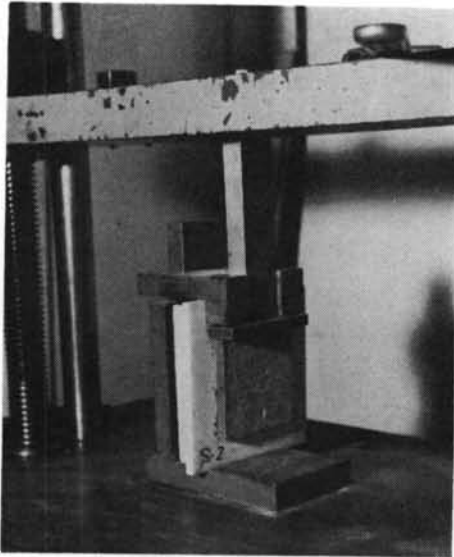
付録2 タイルの吸水率と接着強さとの関係²⁾

写真一八に示すように、下地として表一16の4種類の吸水率の異なる陶磁器タイルを用い、表一17の条件にて張付けモルタルの接着強さ(タイルの接着強さ)を求めた。

張付けモルタル塗付け後、接着強さ試験を行なうまでの材令は2週間である。

結果は図一18に示すとおりとなり、この接着強さに及ぼす分散分析の結果は表一18のとおりである。

この結果より、タイルの吸水率の影響は非常に大きく、吸水率4%前後のものが最も接着強さが大きくなる傾向を有し、吸水率の大きいタイルは水湿しを行なわなければならないことを示す。



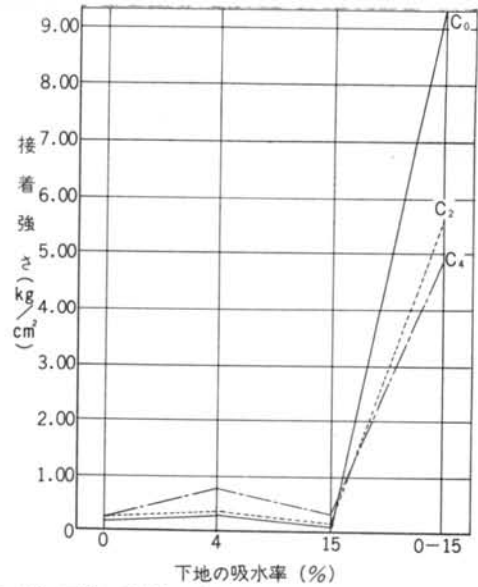
写真—8 下地の形状と接着強さ試験方法

公称吸水率 (%)	実質吸水率 (%)	寸法 (mm)	裏形
0	0.1	150×150×10	平滑面
4	5.4	145×145×11	〃
8	6.4	146×146×10	〃
15	13.4	152×152×11	〃

表—16 陶磁器製下地の種類

要因	水準
1. 下地の種類	陶磁器
2. 下地の粗面度	平滑面
3. 施工方法	水平塗付け
4. 施工後の養生	空中2週(温度20°C湿度80%)
5. 下地の吸水率(%)	0, 4, 15, 0-15 (吸水率15%の下地を24時間水中に浸漬して吸水させたもの)
6. 貼付モルタル割合	1:0 1:2
7. 混和剤	C ₀ C _a (0.2%/wt) C _a (調合比1:0は6倍液) (調合比1:2は10倍液)

表—17 試験条件



図—18 下地の吸水率と接着強さとの関係

要因	二乗和 S	自由度 φ	不偏分散 V	分散比 F ₀ * ¹⁾	寄与率 ρ (%)
A. 貼付モルタル割合	286,558	1	286,558	5.68*	0.9
B. 混和剤	307,629	2	153,815	3.05*	0.8
C. 下地の吸水率	11,516,024	3	3,838,675	76.00**	41.4
D. グループ	7,183	1	7,183	—	—
A×B	599,984	2	299,992	5.94**	1.8
A×C	1,483,855	3	494,618	9.80**	4.9
A×D	46,287	1	46,287	—	—
B×C	1,298,369	6	216,395	4.30**	3.6
B×D	726,660	2	363,330	7.20**	2.3
C×D	163,576	3	54,525	—	—
e ₁ 誤差	10,991,782	215	51,125		
e ₂ プール誤差	11,099,777	220	50,454		44.3

*¹⁾ (**: 危険率1%で有意)
*: 危険率5%で有意)

表—18 接着強さに関する分散分析

また、吸水率の小さい磁器質タイルは接着強さが小さく、このために裏形形状の工夫を行なうと同時に、タイルを小さくし、目地モルタルの付着強さによって補強するなどの考慮が必要である。

**付録. 3 下地モルタル面における張付けモルタルの接着
強さ**

タイルの接着強さを測定した試験体を用いて下地モルタル面における張付けモルタルの接着強さを 2.2.2 に準じて試験した。

その結果は下地を木ごて押えとした場合、 8.15 ± 1.96 kg/cm^2 、金ごて押えとした場合、 5.95 ± 2.30 kg/cm^2 であって、下地を木ごて押えの粗面とした方が約40%程度接着強さが大きくなること解る。この場合の試験体個数は各々について13個ずつである。