

現場打ち気泡コンクリートへのモルタル床仕上げに関する研究(第2報)

丸 一 俊 雄
熊 谷 敏 男

§ 1. はじめに

現場打ち気泡コンクリートは軽量性および作業性良好な理由で、床の配管被覆や屋上の防水押え等に、相当量用いられてきている。しかし、気泡コンクリートの欠陥として、乾燥収縮の大きいことおよび強度の弱いことがあり、モルタル仕上げを行なった場合、亀裂や浮上りを生じ床としての性能を果たさなくなる傾向が大きい。

そのため、これらの障害を防ぐための研究を現在まで数回行なってきた。第1報(清水建設研究所報第10号)では、主として第一生命大井町本社新築工事に行なった計3回の現場実験およびその実施施工例について報告した。この第2報では上記実験を基に行なった実験室での現場的実験について報告する。

§ 2. 実験計画

現場打ち気泡コンクリートにモルタル塗り仕上げをした場合に生じる床仕上げ面の障害——モルタルおよび気

泡コンクリートの亀裂、そしてそれに伴う浮上がりや反上がり——を防ぐ対策として、第1報の実験で判明した重要なポイントは次の通りである。

A 気泡コンクリートは一般に強度が弱く、かつ、乾燥収縮が大きいので、それらが床仕上げに生じる障害の主要因になっている。そのため、設計上許される範囲内で気泡コンクリートの比重を大きくしななければならない。それに伴い必然的に強度は大きくなり、収縮量は減少する。

B コンクリートと気泡コンクリートおよび気泡コンクリートとモルタル界面の付着を良くするために、前者においては接着剤 A_M を塗布し、後者においては混和剤 A_U 混入セメント・ペーストのノロ引きを行なう。(接着剤および混和剤の記号については表-1 参照)

記号	通 称	主 成 分	状 態	仕 様
A _M	左官モルタル用接着剤	酢酸ビニール	液体	原液もしくは2倍液を塗布する
A _U	左官モルタル用混和剤	アクリル酸エステル	〃	セメントに対して20%/wt 混入する
N _S	左官用セメント	珪酸・酸化カルシウム・酸化アルミナ	粉末	セメントに対して20%/wt 混入する

表-1 実験に用いた接着剤および混和剤

要因記号	要 因	水 準		
		1	2	3
A	気泡コンクリート打設前の下地コンクリートへの処理	なし※1)	接着剤 A _M 塗布※2)	混和剤 A _U 混入ペーストのノロ引き※1)
B	モルタル塗付けまでの気泡コンクリートの放置日数	3 日	7 日	1 月
C	モルタル塗付け前の気泡コンクリートへの処理※2)	なし※1)	接着剤 A _M 塗布※2)	混和剤 A _U 混入ペーストもしくはモルタル塗り※1)※3)
D	気泡コンクリートえ伏せ込むメッシュ	なし	細メッシュ(JIS 2号)	太メッシュ(JIS 4号)
E	モルタルの調合	セメント：混和材N _S ：砂 1：0.5：4.5	セメント：混和材N _S ：砂 1：0.5：6	セメント：混和材N _S ：砂 1：0.5：7.5
F※3)	モルタル面の養生	なし	3日間散水※4)	2週間散水※4)

※1) A₁, C₁ のなしとは水湿しのみ、A₂, C₂ も上記処理前に水湿しを行なう。

※2) C₁, C₂ は気泡コンクリート打設後、1日目からモルタル塗付け当日まで散水養生を行ない、C₂ は気泡コンクリート打設後1日目に接着剤A_Mの原液を1回塗布し、モルタル塗付け前に上記処理を行なう。

※3) ペーストとモルタルの使い分けはD₁との組合せの時ペーストを用い、D₂ およびD₃との組合せの時1：1モルタルを用いる。

※4) F₂, F₃の散水はモルタル塗付け翌日からの日数。

表-2 要因とその水準

C モルタルは1:4~5の貧調合を用い、仕上げ後約1週間散水養生する。

これらの結論を基にして、表-2に示す要因とその水準を考え、 $L_{27}(3^{13})$ の直交表を用い図-1に示す線点図のように割付けて実験を行なった。実験の組合わせは表-3に示す通りである。

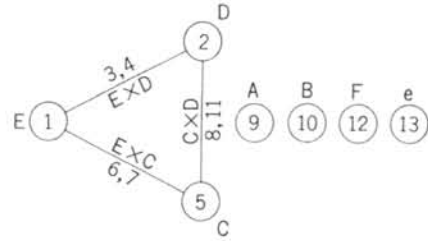


図-1 線点図

要因 No.	A 気泡コンクリート打設前の コンクリートへの処理	B モルタル塗付 けまでの気泡 コンクリート の放置日数	C モルタル塗付け前の気泡コ ンクリートへの処理	D 気泡コンクリ ートへ伏せ込 むメッシュ	E モルタルの調 合(セメント : 混和材 Ns : 砂)	F モルタル面の 養生
1	なし	3日	なし	なし	1:0.5:4.5	なし
2	A _M 塗布	7日	A _M 塗布	〃	〃	3日間散水
3	A _V 混入ペーストのノロ引き	1月	A _V 混入ペーストのノロ引き	〃	〃	2週間散水
4	A _M 塗布	7月	なし	細メッシュ	〃	〃
5	A _V 混入ペーストのノロ引き	1月	A _M 塗布	〃	〃	なし
6	なし	3日	A _V 混入モルタル塗り	〃	〃	3日間散水
7	A _V 混入ペーストのノロ引き	1月	なし	太メッシュ	〃	〃
8	なし	3日	A _M 塗布	〃	〃	2週間散水
9	A _M 塗布	7日	A _V 混入モルタル塗り	〃	〃	なし
10	〃	1月	なし	なし	1:0.5:6	3日間散水
11	A _V 混入ペーストのノロ引き	3日	A _M 塗布	〃	〃	2週間散水
12	なし	7日	A _V 混入ペーストのノロ引き	〃	〃	なし
13	A _V 混入ペーストのノロ引き	3日	なし	細メッシュ	〃	〃
14	なし	7日	A _M 塗布	〃	〃	3日間散水
15	A _M 塗布	1月	A _V 混入モルタル塗り	〃	〃	2週間散水
16	なし	7日	なし	太メッシュ	〃	〃
17	A _M 塗布	1月	A _M 塗布	〃	〃	なし
18	A _V 混入ペーストのノロ引き	3日	A _V 混入モルタル塗り	〃	〃	3日間散水
19	〃	7日	なし	なし	1:0.5:7.5	2週間散水
20	なし	1月	A _M 塗布	〃	〃	なし
21	A _M 塗布	3日	A _V 混入ペーストのノロ引き	〃	〃	3日間散水
22	なし	1月	なし	細メッシュ	〃	〃
23	A _M 塗布	3日	A _M 塗布	〃	〃	2週間散水
24	A _V 混入ペーストのノロ引き	7日	A _V 混入モルタル塗り	〃	〃	なし
25	A _M 塗布	3日	なし	太メッシュ	〃	〃
26	A _V 混入ペーストのノロ引き	7日	A _M 塗布	〃	〃	3日間散水
27	なし	1月	A _V 混入モルタル塗り	〃	〃	2週間散水

表-3 実験の組合わせ

§ 3. 実験方法

実験を行なった場所は清水建設研究所塩浜分室の室内実験室である。塗付け試験体（各試験体No.）の配置は図-2に示す通りであり、各実験体は無作意的に配置した。試験体の塗付け面積は約8.5m²（2×4.25m）であり、床仕上げの詳細は図-3に示す通りである。まず、既設の土間コンクリートの上にコンクリートを10cm厚に打設し、これを下地コンクリートとした。コンクリートは打設後2～3日間散水養生を行なった。使用したコンクリートの諸性質は表-4に示す通りである。



図-2 実験の配置

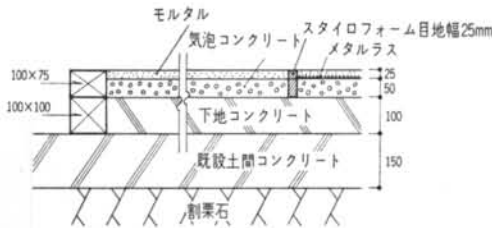


図-3 床仕上げの詳細

調 合							所要4週圧縮強さ (kg/cm ²)	4週圧縮強さ (kg/cm ²)	スランプ (cm)	所要空気量 (%)
セメント	※1) 細骨材	※2) 粗骨材	水	AE剤 (ブロックテック)	W/C	砂率				
kg/m ³	kg/m ³	kg/m ³	ℓ/m ³	cc/m ³	%	%	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(cm)	(%)
306	813	980	191	91.8	62.5	45.2	180	245	21	3~4

※1) 神流川、鬼怒川産、粗粒率2.74、粒大5mm以下、比重2.64

※2) 鬼怒川産、粗粒率6.80、粒大25mm以下、比重2.62

表-4 コンクリートの諸性質

下地コンクリートは気泡コンクリートを打設する1週間前にワイヤー・ブラシでこすり清掃した。下地コンクリートへの処理（要因A）を行ない、セメント：砂=1：1、生比重1.0の気泡コンクリートを5cm厚に打設し、その表面に特殊処理（第1報、§4 4.4参照）を施した。使用した気泡コンクリートの諸性質は表-5に示す通りである。

気泡コンクリートへのモルタル塗付けまでの養生方法は、次の通りとした。気泡コンクリートへの処理要因C)の内、C₁およびC₃は気泡コンクリート打設後、1日目からモルタルを塗付ける日まで散水を行ない、常に湿潤状態に保った。この内で気泡コンクリートの放置材令が1ヵ月のもの（C₃）については、ウレタン・フォームをかぶせて前記状態に保った。また、C₂のものは気泡コンクリート打設後、2日目に接着剤A_Mの原液を1回塗布して放置した。気泡コンクリートにはモルタル塗付けまでの間、亀裂や浮上りは生じていなかった。

モルタルの塗付けはモルタル調合（要因E）に従って施工した。モルタルの混練は容量8切の平型モルタル・ミキサーに入れ空練りを行ない、加水してから約5分間混練した。モルタル塗付け前に気泡コンクリートへの処理（要因C）および気泡コンクリートへ伏せ込むメッシュ（要因D）の両処理を行なった上で、モルタルを塗付けた。メッシュは気泡コンクリートの表面に伏せ、ステップで数箇所止めた。C₃の混和剤A_V混入ペーストとモルタルの使い分けは、次の通りとした。D₁との組み合わせの場合はペーストを、D₂およびD₃との組み合わせの場合はモルタル（調合比1：1）を用いた。このモルタルはメッシュを通して気泡コンクリート面に良く回るように、写真-1に示すタッピングを行なった。使用したモルタルの諸性質は表-6に示す通りである。また、モルタルに用いたセメントおよび砂の諸性質は、表-7および表-8に示す通りである。

モルタル塗付け後はモルタル面の養生（要因F）に従って養生を行なった。F₁の3日間散水養生のものは1日

生比重 kg/ℓ	水中養生 (20±3°C)						現場雰囲気養生						収縮量 (10 ⁻⁴)
	圧縮強さ (kg/cm ²)			試験時の比重※1) (kg/ℓ)			圧縮強さ (kg/cm ²)			試験時の比重 (kg/ℓ)			
	3日	7日	1月	3日	7日	1月	3日	7日	1月	3日	7日	1月	
平均0.99 範囲 0.88~1.13	4.7	6.5	16.4	1.09	1.06	1.12	6.1	11.1	12.8	0.99	0.98	0.93	28.82

※1) キャッピング用のセメント・ペーストも含む

備考：試験体は打設後2日目に脱型した。試験体寸法は10φ×20である。

表-5 気泡コンクリートの諸性質

モルタルの種類	W/C %	針入量(mm)			スラ ブ 値 (cm)	フロ ー 値 (mm)	4週強さ (kg/cm ²)		収縮量 (10 ⁻⁴) 20週
		0分	5分	10分			曲げ	圧縮	
混和剤 A ₀ 混入ベ ースト	51.8	—	—	—	—	—	33.3	338	—
混和剤 A ₀ 混入1 :1モルタル	33.1	36.7	35.9	35.2	9.5	166	53.4	362	—
1:0.5:4.5モルタル	51.0	25.3	13.1	9.5	2.5	163	32.7	164	12.55
1:0.5:6モルタル	63.4	24.6	11.4	6.3	2.9	164	28.5	108	10.82
1:0.5:7.5モルタル	75.2	21.9	9.1	5.3	2.4	156	23.6	84	9.74

表—6 モルタルの諸性質

セメントの 種類	凝結(時間:分)		フロ ー 値 (mm)	曲げ強さ (kg/cm ²)		圧縮強さ (kg/cm ²)		異常凝 結性	
	W/C (%)	始発		終結	7日	28日	7日		28日
普通ポルト ランドセメ ント	29.0	1:48	4:20	217	45.1	51.9	221	388	正常

表—7 セメントの諸性質

産地	通過率(%)							粗粒率 (mm以下)	粒大 (mm以下)	比重
	5.0 mm	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15	0.075			
神流川	97	82	62	36	11	3	0	3.09	5.0	2.60

表—8 砂の諸性質



写真—1.A 実験の様子、気泡コンクリートの打込み



写真—1.B 混和剤 A_M 混入モルタルのタッピング



C 接着剤 A_M 塗布



D モルタルの塗付け

1回[※]じょろ、で散水し、F₂の2週間散水養生のものはモルタル表面にウレタン・フォームをかぶせ、その上から散水を行ない、常にモルタル面を湿潤状態に保った。散水養生終了後は自然に乾燥させた。モルタル塗付け期間の温度は5~22℃、湿度は43~100%であった。

モルタル面の観察および各種測定は次の通りとした。

A 浮上がりおよび亀裂の状態の観察は、モルタル材令20週(4.6ヵ月)まで行なった。浮上がりの観察における付着部と浮上がり部との判別は、テスト・ハンマーでモルタル表面をたたき、その反発音の感じで判別した。この浮上がり率および亀裂長さを特性値にして、分散分析を行なった。

B モルタル水分率の測定は放置材令1ヵ月の気泡コンクリートの上に塗付けたモルタルについて、高周波水分計(三和電気科学研究所製・KETT MOISTURE METER・TYPE CH-2)で測定した。

C コンクリート、気泡コンクリートおよびモルタル相互間の付着強さを調べるために、モルタル材令約8ヵ月の時、コンクリート・コア切抜用ダイヤモンドカッターでモルタル表面から下地コンクリートまで、直径150mmの切込みを入れ、油圧ジャッキ(最大容量2トン)を用い

て引張付着強さを求めた。

D 浮上がった部分について、どこで浮上がっているかを調べるためにモルタル材令約9ヵ月の時、青色染料を混入した酢酸ビニール接着剤を浮上がっている箇所に入し、後日、斫り取り浮上がり箇所を確認した。

なお、実験の様子は写真-1に示す通りである。

No.	浮 上 が り 率 (%)								
	1週	2	3	4	6	9	12	15	20
1	2	9	72	100	100	100	100	100	100
2	2	0	0	6	10	19	21	26	28
3	0	0	0	0	11	24	33	36	43
4	0	0	1	3	5	7	9	13	18
5	8	27	29	34	41	44	47	47	50
6	0	3	22	27	35	47	54	60	73
7	0	2	9	15	29	35	48	49	52
8	0	1	5	13	23	49	72	80	93
9	1	7	8	10	11	14	14	15	17
10	6	6	16	20	56	68	72	75	75
11	0	0	0	2	5	19	33	38	52
12	0	0	1	10	41	63	83	85	92
13	1	4	10	15	30	51	61	64	73
14	0	3	7	19	31	40	51	61	72
15	0	0	0	1	5	17	27	32	35
16	0	0	1	1	2	30	54	74	16
17	2	2	3	4	5	5	7	7	7
18	0	3	8	12	16	27	30	31	38
19	0	0	0	0	2	4	5	10	13
20	2	11	22	31	48	60	66	69	70
21	0	0	0	1	2	5	9	12	18
22	0	1	6	14	26	36	42	52	56
23	0	0	1	2	4	5	5	6	8
24	0	1	2	3	6	10	15	15	21
25	0	4	43	35	68	76	89	92	95
26	1	2	2	3	7	16	24	30	34
27	0	0	0	3	23	33	42	46	49
平均	1	3	10	15	23	34	41	45	50

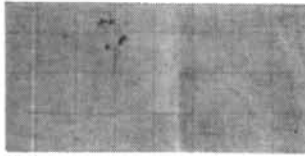
表-9 浮上がり率

§ 4. 実験結果

モルタル材令経過による浮上がり率と亀裂長さの結果は、表-9および表-10に示す通りである。モルタル材令20週における浮上がりおよび亀裂の状態は、写真-2に示す通りである。

No.	亀 裂 長 さ (mm/cm ²)								
	1週	2	3	4	6	9	12	15	20
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0.9	1.4	2.3	2.8	3.7	4.3
3	0	0	0	0	0.7	4.5	6.6	7.7	9.1
4	0	0	0	0	0.3	0.7	1.0	2.5	4.5
5	0.3	2.0	2.9	3.3	4.8	6.2	7.4	7.9	9.0
6	0	0	1.2	2.5	3.8	7.9	9.7	10.9	16.2
7	0	0	1.0	2.8	5.4	6.9	10.0	10.7	11.4
8	0	0	0	0.7	1.3	4.8	9.0	11.0	14.1
9	0	0	0	0.1	0.2	1.3	1.6	2.3	3.0
10	0	0	0	0.4	7.8	9.3	9.8	10.8	10.8
11	0	0	0	0	0.9	6.7	9.5	11.2	13.6
12	0	0	0	0.4	5.0	7.5	8.8	9.7	10.6
13	0	0	1.4	2.7	6.3	12.1	13.3	14.9	19.9
14	0	0	0	0.9	1.9	2.9	4.4	7.4	11.2
15	0	0	0	0	0.3	4.0	5.7	6.9	7.5
16	0	0	0	0	0	3.2	7.1	9.2	10.7
17	0	0	0.1	0.3	0.3	0.5	0.9	0.9	0.9
18	0	0	0.5	0.7	2.9	5.7	6.9	7.9	10.6
19	0	0	0	0	0	0.2	0.6	1.5	1.3
20	0	1.7	3.3	4.4	6.4	9.2	10.8	10.9	10.9
21	0	0	0	0.2	0.5	1.4	0.3	4.5	5.6
22	0	0	0.2	0.6	2.0	4.9	6.2	7.3	7.6
23	0	0	0	0	0.2	0.4	0.4	0.5	1.1
24	0	0	0	0	0	0.9	1.5	1.9	3.4
25	0	0	4.6	5.1	6.5	7.3	8.5	8.6	8.9
26	0	0	0	0.1	1.8	2.8	3.8	5.8	7.1
27	0	0	0	0	2.4	7.1	10.0	12.2	12.6
平均	0.0	0.2	0.9	1.1	2.2	3.8	5.0	5.9	6.6

表-10 亀裂長さ



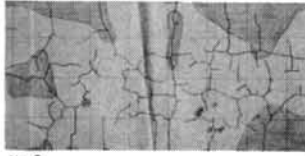
No. 1



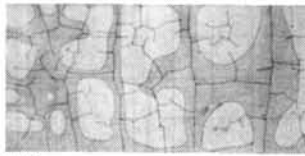
No.10



No.19



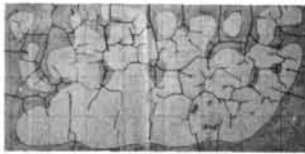
No. 2



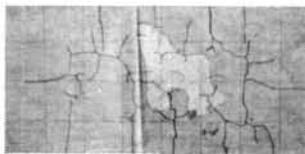
No.11



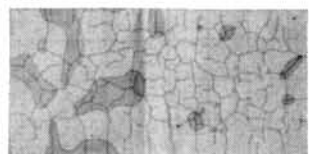
No.20



No. 3



No.12



No.21



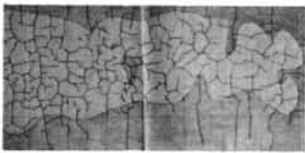
No. 4



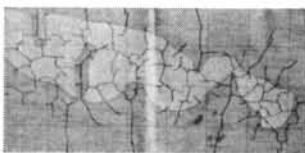
No.13



No.22



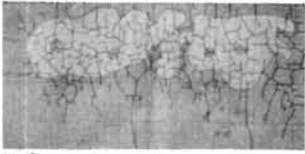
No. 5



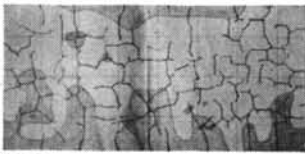
No.14



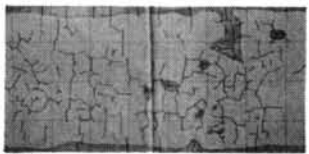
No.23



No. 6



No.15



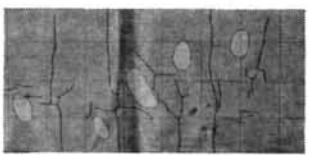
No.24



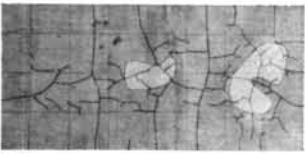
No. 7



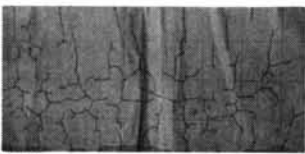
No.16



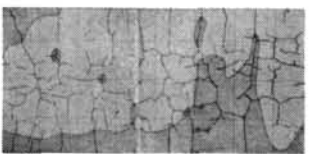
No.25



No. 8



No.17



No.26



No. 9



No.18



No.27

写真一2 浮上がりおよび亀裂の状態 (モルタル材令20週)

No.	高周波水分計のメーター値(%)									
	1週	2週	3週	4週	7週	9週	12週	15週	20週	20週
3	>10	>10	>10	>9.9	>9.1	7.5	8.6	6.8	6.8	
5	>9.0	6.7	7.0	6.0	5.2	5.7	6.3	5.5	5.4	
7	>10	<10	>9.6	8.0	7.6	6.9	8.2	6.5	6.7	
10	>10	>10	>9.9	>8.7	>7.4	6.1	7.3	5.9	6.1	
15	>10	>10	>10	>10	>9.6	6.6	7.7	5.8	5.8	
71	>8.5	5.7	5.9	5.5	5.3	5.1	5.5	4.8	4.7	
02	>9.6	6.0	6.3	5.3	5.2	5.0	5.4	4.6	4.5	
22	>10	>9.4	>8.3	6.3	5.9	5.2	6.6	5.1	5.0	
72	>10	>10	>10	>9.2	6.8	5.5	6.8	5.2	5.4	
平均	>9.7	>8.6	>8.6	>7.7	>6.9	6.0	6.9	5.6	5.6	

※1) >の記号のあるものはスケール・オーバー(10%越えるもの)の値を含む

備考:測定結果は6定点の平均である

表-11 モルタルの水分率

No.	浮上り箇所		
	コンクリートと気泡コンクリート間	気泡コンクリートと母材間	気泡コンクリートとモルタル間
2	○	—	—
3	—	○	—
4	○	○	—
6	—	○	—
7	—	—	○
8	○	—	○
9	—	○	—
10	○	—	—
11	—	○	—
12	○	—	—
13	—	○	○
14	—	—	○
15	—	—	○
16	○	—	—
17	—	○	○
18	○	○	—
20	○	—	—
23	—	—	○
24	—	○	○
25	—	—	○
26	—	○	○
27	—	—	○
合計	8	10	11

備考:他のNo.は不明

表-13 浮上り箇所

モルタル材令経過によるモルタル通の水分率の測定結果は、表-11に示す通りである。

引張付着強さ試験の結果は表-12に示し、浮上り箇所の確認結果は表-13に示す通りである。

No.	試料数	付着強さ(kg/cm ²)	標準偏差(kg/cm ²)	変動係数(%)	剝離率(%)		
					A	B	C
2	11	1.40	0.16	11.4	32	29	39
3	11	4.27	0.42	9.8	—	100	—
4	11	2.40	0.86	35.8	45	50	5
5	11	1.79	0.33	18.4	—	51	49
6	6	2.73	0.42	15.4	—	100	—
7	11	2.76	0.92	33.3	—	74	26
9	11	2.20	0.54	24.5	43	57	—
10	6	1.62	0.56	34.6	23	77	—
11	11	1.83	0.89	48.6	—	36	64
13	6	2.26	0.63	27.9	—	70	30
14	11	1.27	0.39	30.7	—	7	93
15	11	2.59	0.77	29.7	—	65	35
16	6	2.65	0.69	26.0	12	82	6
17	11	1.38	0.31	22.5	6	38	56
18	11	3.21	0.45	14.0	—	98	2
19	11	3.94	0.45	11.4	—	97	3
20	6	1.37	0.39	28.5	28	52	20
21	10	2.47	0.92	37.2	76	84	—
22	11	3.02	0.73	24.2	11	15	74
23	11	2.19	0.40	18.3	53	36	11
24	11	3.28	0.56	17.1	—	100	—
26	11	1.54	0.36	23.4	—	32	68
27	10	3.25	0.87	26.8	—	96	4
平均		2.41		24.8	12	63	25

備考:No. で欠けているものは浮上りが大きく試験体が取れなかったもの(No.1, 8, 12, 25)

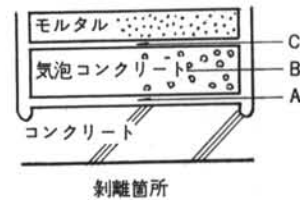


表-12 引張付着強さ

§ 5. 実験の考察

5.1 浮上り

各モルタル材令の浮上り率の分散分析結果は表-14に示す通りである。この表から判ることは浮上りがモルタルおよび気泡コンクリートの乾燥とともに、進行しているということである。すなわち、モルタル初期材令においてはモルタル面の養生が、浮上りに関して重要

な要因となっているが、材令経過とともにモルタル表面層から乾燥が進み、気泡コンクリートへの処理(要因C)、さらに、その下のコンクリートへの処理(要因A)が、次第に重要な要因になっている。

浮上がり率(材令20週)に関する要因効果の推定値は、図-4に示す通りである。しかし、ここで用いた浮上がり率はモルタル面をテスト・ハンマーでたたいて、その反発音の感で判別しているの、どこで浮上がっているか判らない。浮上がる箇所はコンクリートと気泡コンクリートとの付着界面、気泡コンクリートの母材および気泡コンクリートとモルタルとの付着界面の箇所あるため、これらの分散分析結果を鵜呑みにしてよいかどうか、多少の疑問で残る。

モルタル材令20週において、浮上がりに大きな影響を与える要因から次に説明する。

要因	不偏分散比				寄与率(%)			
	4週	9週	15週	20週	4週	9週	15週	20週
E モルタルの調合	3.26	1.55	1.79	2.58	5.5	1.2	2.1	4.0
D メッシュ	—	1.97	—	—	—	2.2	—	—
ED	1.64	2.93	2.69	2.85	3.1	8.7	9.0	9.3
C 気泡コンクリートへの処理	※ 4.93	※ 4.92	※ 4.23	3.41	9.6	8.9	8.6	6.1
EC	—	—	—	—	—	—	—	—
DC	2.36	—	—	—	6.6	—	—	—
A コンクリートへの処理	4.07	※※ 11.62	※※ 14.28	※※ 16.41	7.5	24.0	35.6	69.3
B 気泡コンクリートの放置日数	※ 5.79	※ 4.58	2.73	3.43	11.7	8.1	4.6	6.1
F モルタル面の養生	※※ 11.00	※※ 8.74	2.95	2.02	34.3	17.5	5.1	2.6
Se プールされた誤差					31.7	29.4	35.0	32.9

備考: ※※ 危険率1%で有無

※ " 5 "

表-14 浮上がり率の分散分析

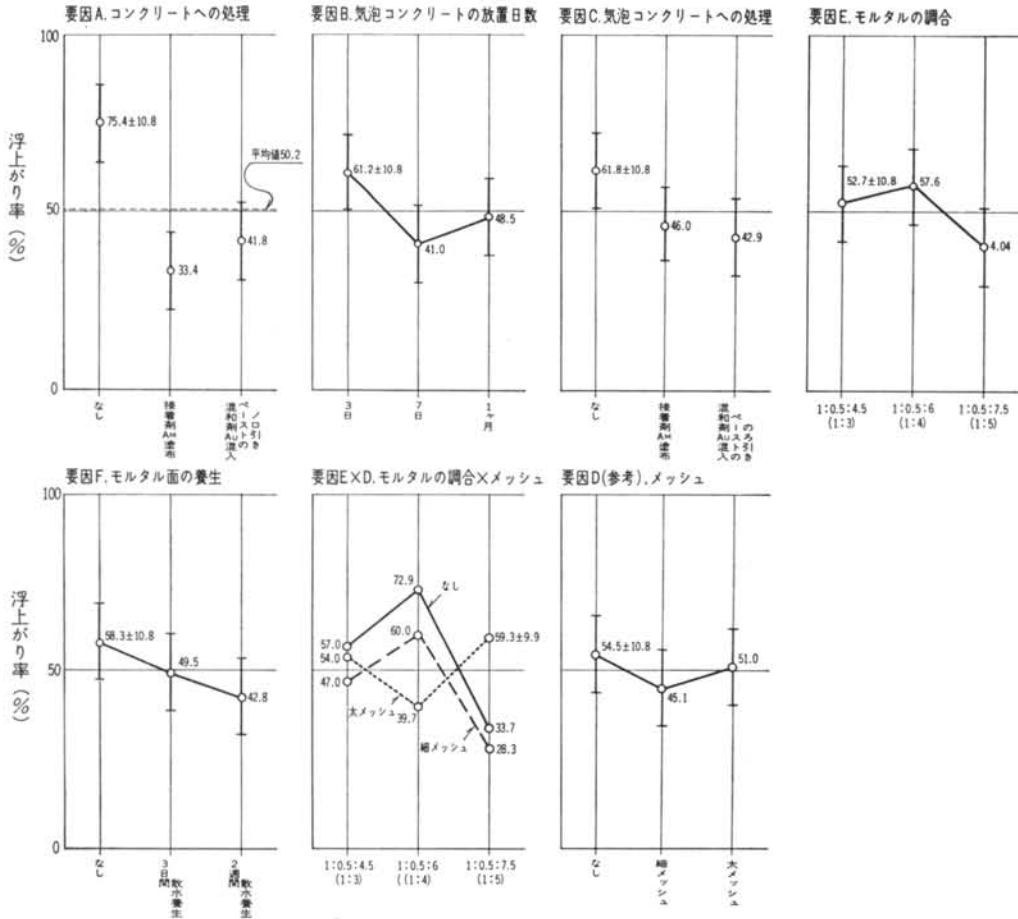


図-4 浮上がり率(材令20週)の要因効果の推定値

A コンクリートへの処理 (要因A)

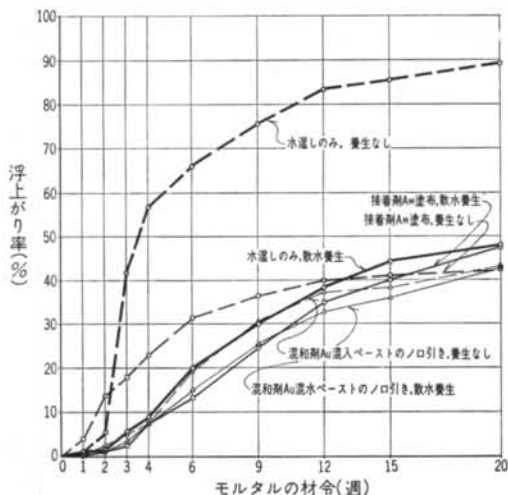
接着剤 A_M 塗布処理が最も良好で、次に混和剤 A_U 混入ペーストのノロ引き処理で、水湿しのみ処理が最も悪かった。接着剤 A_M 塗布処理の良好な理由としては、一応次のことが考えられる。すなわち、この処理の上にくる気泡コンクリートの収縮変形が大きいため、この収縮歪を接着剤 A_M の塗布によってできる酢酸ビニールのエラスチックな膜が、緩和吸収するのではないかということである。しかし、後記するように (§5. 5.4. 5.5) 引張接着強さ試験とその破断箇所および浮上がり箇所の確認からは、混和剤 A_U 混入ペーストのノロ引きの方が良好な処理のように解釈でき、現段階ではどちらが良いか判断できない。

B 気泡コンクリートの放置日数 (要因B)

気泡コンクリートを打設してからモルタル塗付までの期間は、7日間放置が最も良好であるが、その理由は判らない。しかし、気泡コンクリートの強度発現の点から考えると、気泡コンクリート打設後3日間放置では人が上に乗った時、気泡コンクリートの表層が荒される恐れがあり適当でない。また、1ヵ月間の放置では長時間の湿潤養生が困難である上に、重量物の運搬に制約を与え好ましくない。これらから考えれば7日間ぐらいの放置期間が適当のようである。

C 気泡コンクリートへの処理 (要因C)

要因Aのコンクリートへの処理とは多少異なり、混和剤 A_U 混入ペーストのノロ引き処理が最も良好であり、次に接着剤 A_M 塗布処理、水湿しのみ処理であった。水準 C_3 と C_2 が要因Aの場合に比べて逆転した理由は、次のように考えられる。要因Cの3つの処理ごとに、散

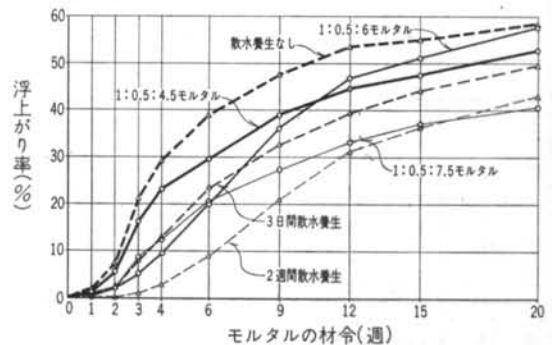


図—5 気泡コンクリートへの処理に関して、モルタル面に散水養生したものおよびしないものと浮上がり率との関係

水養生したものおよびしないものと浮上がり率との関係を示した図—5 から判るように、接着剤塗布処理のみが散水養生したものの浮上がりが大きくなっている。これは酢酸ビニールの塗膜が水分によって劣下したと考えられる。

D モルタル調合 (要因E)

調合比による傾向が現われず 1 : 5 モルタルが最も良く、1 : 4 モルタルが最も悪かった。(図—6 参照) モルタルはその収縮量および水分の乾燥速度と、モルタルの乾燥に伴ない気泡コンクリートから上がってくる水分の抑制などが重要である。望ましいモルタルの考え方は次の通りである。モルタルの収縮は水分の発散によるところが多いので、自由水および毛細管水を飛ばにくいものとしなければならない。そのためにはセメント量を増し、水分の吸着表面積を増すと同時に早く硬化させ、(急結剤の使用) 毛細管を細くしなければならない。モルタルの水分が発散しにくくなれば、必然的に気泡コンクリートの水分も抑制され、収縮しにくいものとなる。このような高含水状態のものが、エアー・コンディショニングによって高温ないし低温になった場合、急激に水分の発散が起こる心配があるが、文献2の現場施工例によると水分発散による障害は生じなかったと報告されている。これ等の点については実験を進行中であるので、次回に報告する。



図—6 モルタル面の養生およびモルタル調合と浮上がり率との関係

E モルタル面の養生 (要因F)

浮上りを防ぐには散水養生の期間が長いほど、良いという結果になっている。モルタル面の散水養生処理と浮上がり率との関係は、図—6 に示す通りである。散水養生を行なわないものは、材令1週以後から急激に浮上りを生じているが、3日間および2週間の散水養生を行なったものは、その散水養生期間に応じて徐々に浮上りが進行している。散水養生したものとしないものの浮上りの差は、材令6週ぐらいよ最も大きい、それ

以降は差が少なくなっている。

実際の現場作業においては無制限に散水養生ができない。床プラスチック・タイルを張る場合には、それまでにモルタルが平衡含水状態に達していることが望ましい。一般にモルタルを塗付けてからプラスチック・タイルを張るまでの期間は、建物の規模や工期など種々の要因により異なるが、2～3カ月が最も多いようである。

(ただし気泡コンクリートへのモルタル仕上げの場合)モルタル水分の乾燥曲線を示した図-10からは、3日と2週間の間で大体、平衡状態に達している。

F 気泡コンクリートへ伏せ込むメッシュ(要因D)

メッシュを挿入したものとしないものの差は少なく、メッシュ挿入の効果はほとんど無かった。その理由としてはメッシュの挿入箇所が、気泡コンクリート面に伏せ込んだため、モルタルの収縮を拘束するという役割も果さず、逆に気泡コンクリート面へのモルタルの回りを悪くしてしまった。モルタルの中間へ挿入すれば、収縮拘束の効果が期待できると思われるが、技術的に施工が難しい。

以上、各要因効果の推定値について記した。これ等の内で良好な水準の組み合わせは、表-15に示す通りである。この組み合わせで施工した場合(他の条件はこの実験と同じ)浮上がり率の推定値は危険率5%で、次式の範囲内に入る。浮上がり率(%) $=-0.4 \pm 22.9$

すなわち、最も多く浮上がったとしても、22.5%は越

要因	水準
コンクリートへの処理	A ₂ 接着剤 A _M 塗布
気泡コンクリートの放置日数	B ₂ 7日
気泡コンクリートへの処理	C ₃ 接着剤 A _V 混入ペーストのノロ引き
モルタルの調合	E ₃ 1:0.5:7.5
モルタル面の養生	F ₃ 2週間散水養生

表-15 良好な水準の組み合わせ

えないということである。しかし、この結果は塗付面積が8.5m²という小さな面積で行なった実験であるので、実際の現場で大面積に塗付けた場合、そのまま、この値が適用できるとは考えられない。また、この浮上がり率は約1/4もあり、まだ改良しなければならないことを物語っている。

5.2 モルタル面の亀裂

モルタル材令経過によるモルタル面の亀裂長さの分散分析結果は、表-16に示す通りである。この亀裂長さは浮上がった部分に生じた亀裂の集計で、その亀裂によっ

て浮上がりを生じさせると考えられる亀裂幅の大きい亀裂の他に、浮上がりに直接影響しない亀裂幅の小さいヘヤー・クラックも含まれているので、特性値としては好ましくないかも知れない。

要因	不偏分散比				寄与率(%)			
	4週	9週	15週	20週	4週	9週	15週	20週
E モルタルの調合	—	2.78	※※ 6.51	※※ 5.66	—	5.1	8.2	9.1
D メッシュ	—	—	—	—	—	—	—	—
ED	2.57	※※ 4.07	※※※ 8.09	※※ 5.80	9.8	17.7	21.2	18.8
C 気泡コンクリートへの処理	1.34	—	—	—	3.8	—	—	—
EC	—	2.48	※ 4.21	2.68	—	8.5	9.6	5.7
DC	※ 3.53	2.11	※ 4.72	3.05	15.8	6.4	11.1	8.1
A コンクリートへの処理	—	3.48	※※ 13.11	※※ 12.13	—	7.1	18.1	21.8
B 気泡コンクリートの放置材数	※ 3.88	※ 7.20	※※ 9.29	4.87	9.0	17.8	12.4	7.6
F モルタル面の養生	※※ 7.77	—	—	1.82	18.0	—	—	2.5
Se プールされた誤差					43.6	37.4	19.4	26.4

備考：※※ 危険率1%で有意

※ 危険率5%で有意

表-16 亀裂長さの分散分析

亀裂長さに関する要因効果の推定値は、図-7に示す通りである。浮上がり率のそれと比較すると、多くの要因ではほぼ一致しているが要因Fのモルタル面の養生では異なり、亀裂を防ぐには散水養生をしない方が良好になっている。他の要因の傾向は浮上がりの傾向と同じであるので、説明は省略する。

亀裂長さと浮上がり率との関係は、図-8に示すように極めて相関性が強く、亀裂長さと浮上がりは比例関係にある。図-9は第1報の同様な図(31ページの図-6)とは、全く逆になっている。その理由は亀裂の集計方法が異なったためである。すなわち、第1報の図-6では亀裂幅が0.06mm以上の亀裂を、浮上がり部および付着部の総てについて集計した。

モルタル面に生じた亀裂のタイプを分散亀裂(亀裂幅の小さいヘヤー・クラック)、集中亀裂(亀裂幅の大きいもの)およびその中間の3つに分け、この亀裂のタイプと浮上がり率との関係を示したのが図-9である。モルタルに亀裂は不可避であるので、亀裂が生じても浮上がりを生じさせないためには、発生する亀裂を分散亀裂にすれば良いことが判る。分散亀裂を生じさせるには、どのようなモルタル調合、下地処理および養生等を行なえば良いか、現在まだ良く判っていない。

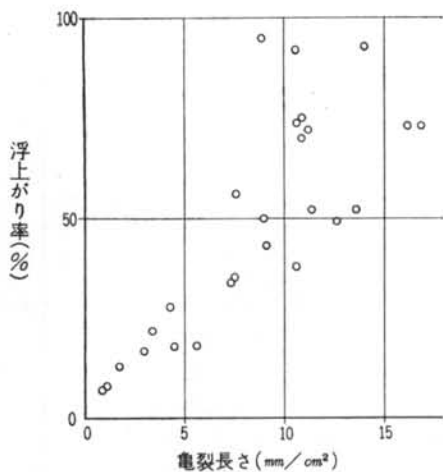


図-8 浮上がり率と亀裂長さとの関係

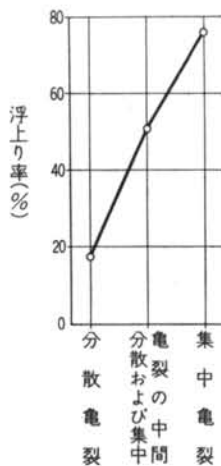


図-9 亀裂のタイプと浮上がり率の関係

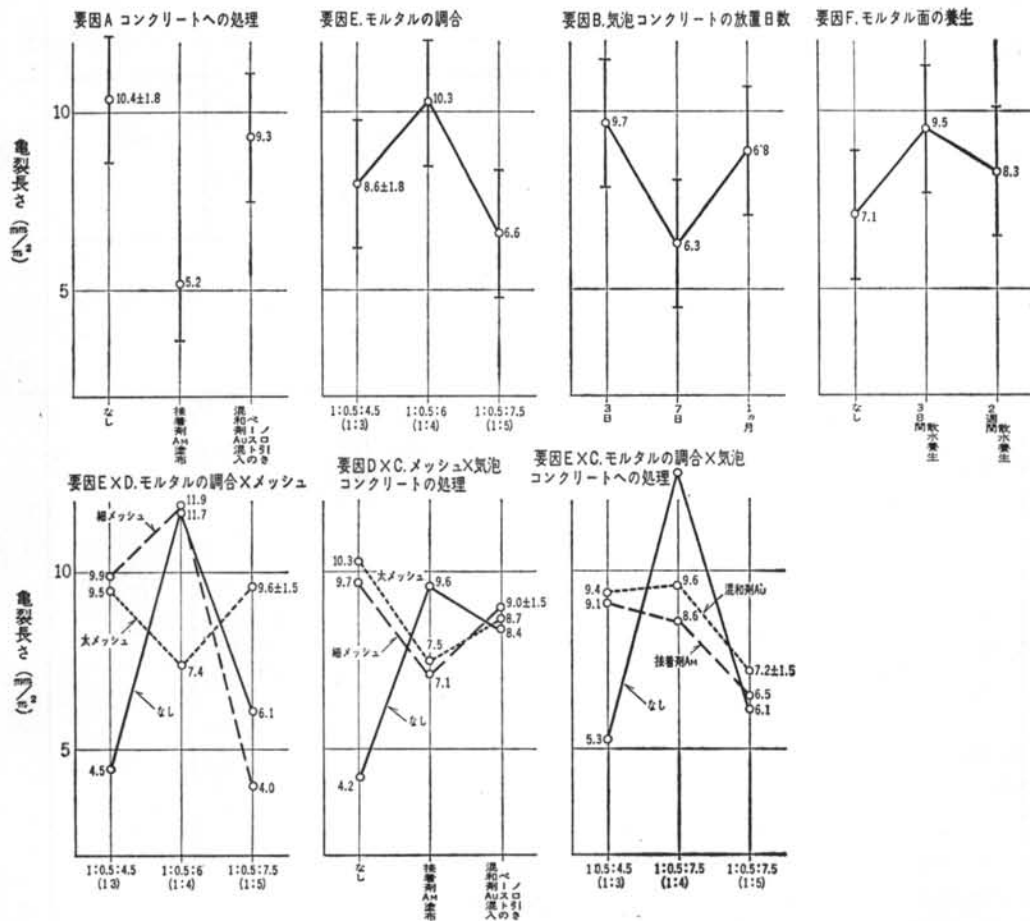


図-7 亀裂長さ(材令20週)の要因効果の推定値

5.3 モルタルの乾燥

モルタル調合およびモルタル面の養生とモルタルの水
分率との関係は、図-10に示す通りである。モルタルの
調合別にみると、乾燥の傾向はほぼ同じであるが平衡状
態になった時の含水率が異なり、富調合モルタルほど大
きいことが判る。モルタル面の養生別にみると、散水養
生しないものは急激に乾燥してしまうのに対して、散水
養生をしたものはその期間に応じて徐々に乾燥し、散水
養生したものの方が平衡含水率が大きくなっている。こ
れからも、ある期間の散水養生の必要性が判る。

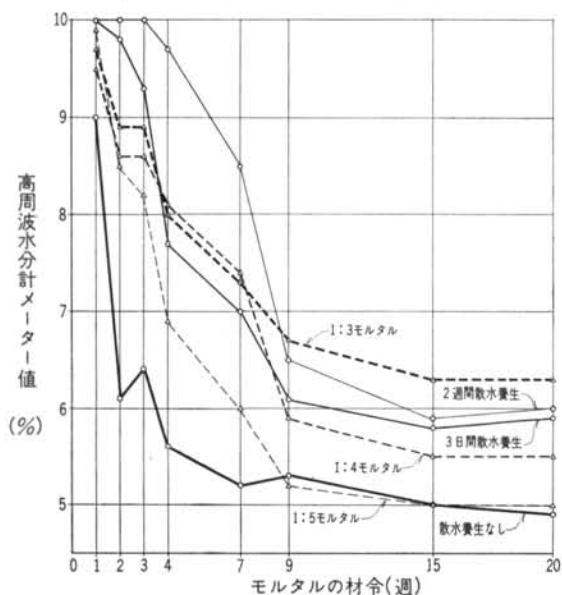


図-10 モルタル材令経過による水分率変化

5.4 引張付着強さとその被断箇所

引張付着強さ試験の破断箇所は、先に記したように3
カ所あるので、破断箇所と付着界面の処理別の付着強さ
について検討しなければ意味がない。そこで、引張付着
強さ試験体の破断箇所の占る割合が70%以上の所を、そ
の破断箇所の付着強さとして算出した結果は、表-17に
表示す通りである。気泡コンクリートの母材破断が破断
率61.2%と最も多く、付着強さも2.93kg/cm²と最も強か
った。付着界面の付着強さは混和剤 A_U 混入ペーストの
ノロ引き処理以外、気泡コンクリート母材のそれより弱
かった。

コンクリートと気泡コンクリートおよび気泡コンク
リートおよび気泡コンクリートと、モルタルとの付着界面
の処理と破断率の関係は、表-18に示す通りである。こ
れから判るように付着界面で破断するものは、主に接着
剤 A_M 塗布処理である。気泡コンクリートが母材破断す

る場合は、上下界面の付着が強い時に起こり、混和剤
A_U 混入ペーストのノロ引き処理の場合は、すべて気泡
コンクリートの母材で破断している。

引張付着強さ試験を行なった時の破断箇所が、浮上
る所であるということが類推できるとするならば、気泡
コンクリートの母材が6割、気泡コンクリートとモルタル
の付着界面が2割5分、コンクリートと気泡コンク
リートの付着界面が1割5分位浮上るといえる。また、
付着界面の処理では接着剤 A_M 塗布の浮上りが多く
良くないと推定される。しかし、この点は分散材の
結果とは相違している。接着剤 A_M 塗布処理は明らか
に引張りに対して弱い。けれども、弱い付着力でも一様
に付着していれば良く、前に記したように酢酸ビニール
の膜が、収縮歪を緩和する効果があるならむしろ好ま
しい。

破断箇所と処理		引張付着強さ (kg/cm ²)	破断率 (%)
付着界面	水湿しのみ	2.63	7.8
	接着剤 A _M 塗布	1.59	30.7
	混和剤 A _U 混入ペーストのノロ引き	— ※1)	0.3
気泡コンクリートの母材		2.93	61.2

※1) 70%以上の試験体なし

表-17 破断箇所と引張付着強さおよび破断率との関係

処 理	コンクリートと気泡 コンクリートの界面		気泡コンクリート母 材		気泡コンクリートと モルタルの界面	
	破断率 (%)	破断率 (%)	破断率 (%)	破断率 (%)	破断率 (%)	
A ₁ 水湿しのみ	1.6	A ₁ C ₁	2.9	C ₁ 水湿しのみ	6.2	
A ₂ 接着剤 A _M 塗布	11.7	A ₂ C ₂	5.0	C ₂ 接着剤 A _M 塗布	19.0	
A ₃ 混和剤 A _U 混入 ペーストの ノロ引き	0	A ₃ C ₃	14.5	C ₃ 混和剤 A _U 混入 ペーストの ノロ引き	0.3	
		A ₁ C ₂	1.7			
		A ₁ C ₃	6.9			
		A ₂ C ₁	4.5			
		A ₂ C ₃	9.7			
		A ₃ C ₁	10.2			
		A ₃ C ₂	5.8			
計	13.3		61.2		25.5	

表-18 付着界面の処理とその破断率

5.5 浮上がり箇所

確認した浮上がり箇所は表-13に示した通りである。各試験体について2~3ヵ所の調査であるので、全体を表わしているとはいえないが、コンクリートと気泡コンクリートの界面、気泡コンクリートの母材および気泡コンクリートとモルタルの界面の3ヵ所が、同じ程度、浮上っているという結果になっている。浮上がり箇所と付着界面の処理を対比してみると、コンクリートと気泡コンクリートの付着界面では、水湿しのみが $4/8$ 、接着剤A_M塗布が $3/8$ 、混和剤A_V混入ペーストのノロ引きが $1/8$ であり、気泡コンクリートとモルタルの付着界面では、接着剤A_M塗布が $5/11$ 、水湿しのみが $3/11$ 、混和剤A_V混入ペーストのノロ引きが $3/11$ であった。ここでも接着剤A_M塗布処理があまり好ましい処理ではないことを示している。気泡コンクリートとモルタルの界面で浮上りが確認されたものは、すべてメッシュを挿入したものである。これからも、この実験のようなメッシュの使い方は悪いことが判る。

§ 6. 総括

以上、実験室で行なった現場の実験について記した。第1報および本報告を総合すると次のことが結論できる。

A 下地コンクリートへの処理

分散分析の結果からは接着剤A_M塗布処理が良好であったが、引張付着張さ試験とその破断箇所および浮上がり箇所の確認からはむしろ悪く、混和剤A_V混入ペーストのノロ引き処理の方が良好であった。どちらが良好な処理か判断しにくく、今後の研究にまたれる。

B 気泡コンクリートの放置日数とその強度

モルタル塗付けまでの放置日数は、1週間くらいが適当である。気泡コンクリート打設翌日から散水養生し、湿潤状態に保たなければならない。今回用いた気泡コンクリートは気泡比重が0.9~1.0で、4週圧縮強さが15kg/cm²と非常に弱いものであった。そのため、コンクリートおよびモルタルへの付着界面の処理が良好で強い場合には、気泡コンクリート母材が収縮応力等によって、破断し浮上りを生じた。その対策としては気泡コンクリートの比重を大きくすることである。これにより強さは増し、収縮は少なくなる。また、人工軽量骨材の収縮低減剤などの混入によって、さらに強さおよび収縮の改善が成される。^{3),4),5)}

現在まで数回の実験を重ねてきたが、同じ調査、同じ

比重で気泡コンクリート業者に要求しても、10~50kg/cm²(気乾比重0.8の時)の範囲で変動しており、厳重な品質管理が望まれる。

C 気泡コンクリートへの処理

混和剤A_V混入ペーストのノロ引きが良好な処理である。気泡コンクリートは打設翌日から散水養生を行なっているため、乾燥度はあまり問題にしないで良いが、充分含水させていなければならない。

D モルタルの割合

調査による傾向がつかめず、富調査モルタルが良いのか、貧調査モルタルが良いのか結論しがたい。塗付けモルタルは当初、収縮量を少なくするという考えから貧調査モルタルにした。しかし、1:4~5モルタルではモルタル表面の仕上がりが悪いので、混和材(フライアッシュや左官用セメント等)を混入した。このモルタルは塗付けのまま乾燥させると、非常に弱いモルタルになってしまうので、散水養生が必ず必要になった。しかしながら、この方針で進めてきたモルタルは、富調査モルタルに比べてポーラスなためにモルタル水分の発散が早い。それに伴ない気泡コンクリートの水分もたやすく発散してしまう。そのため、乾燥収縮が急激に生じ亀裂が入り、良好な床仕上げ面が得られなかった。

そこで、モルタルおよび気泡コンクリートの乾燥収縮を小さくするという方針は同じであるが、含有する水分の発散を除々にし、しかも、できるだけ発散を少なくしモルタル自体を不透水性なものに近づけなければならないという考えに至った。そして、これに関する実験を現在進行中であるので次回に報告したい。

E モルタルの養生

モルタル塗付け後の散水養生は必ず行なわなければならない。その時期はモルタルが平衡含水率に至る日数および床プラスチック・タイル張りまでの日数などを考慮すると、1週間くらいが適当である。散水養生によって水分の発散が除々になるばかりでなく、モルタル強度の発現にも役立つ。

F 床プラスチック・タイル張り

現在までに床プラスチック・タイル張りまで関連づけた実験は行なっていないが、たとえ、モルタルに多少の亀裂や浮上がりがあっても、タイル張りによって平坦な床仕上げ面が得られ、タイルの剥れ事故等が生じなければ良いのではないかと考えられる。タイル張りによってモルタル面は、外気の雰囲気の影響が受けにくくなるので、有利になると思われる。

§ 7. まとめ

現在、気泡コンクリートの強度および打設厚みを変化させた実験を進めている。また、前に記したようにモルタル調合と水分抑制に関する実験も進めているので、次回に報告したい。実験が進む内に重要なポイントの幾つかは究められてきているが、難しい問題も新しく生じてきている。したがって、第1報に記載した表—20「気泡コンクリートへのモルタル床仕上げの仕様案、の(2)気泡コンクリート打設前のコンクリート面への処理と(6)モル

タル（モルタルの調合に関してのみ）については、なお、研究を要し前記仕様案は現在のところ不十分である。この2点についても次回に報告する予定である。

この研究に取組んだからには、単に気泡コンクリートへのモルタル仕上げという狭い問題にとどまらず、変形の大きい強度の弱い気泡コンクリートのようなものと、コンクリートおよびモルタルのような強度の強いものとの組合せ接着というテーマで結論が出せれば幸いと考えている。

<参考文献>

- 1) 丸一, 熊谷, 松村: “現場打ち気泡コンクリートへのモルタル床仕上げに関する研究 (第1報)” 清水建設研究所報・第10号・昭和42年10月
- 2) H. Lange, K. Buttke: “Verkürzung der Austrocknungszeiten von Betonestrichen” Bauzeitung 1966.10
- 3) 仕入, 川瀬: “軽量骨材の使用による気泡コンクリートの強度性状の改善に関する研究” コンクリート・ジャーナル, Vol. 5, No. 8. Aug. 1967
- 4) 仕入, 川瀬: “気泡コンクリートの乾燥収縮性状の改善に関する研究” コンクリート・ジャーナル, Vol. 5, No. 11, Nov. 1967
- 5) 一家, 広瀬: “現場打ち発泡コンクリートにたいする収縮亀裂防止材の効果” 建築技術・1967年5月号 No. 189