

8. ポリマーセメントモルタルを用いた PCa打込みタイル工法の開発

崎山和隆 宮崎 真 *¹

要 旨

プレキャストコンクリート部材にタイルの打込みを行った場合、現状の製造方法では接着強度の不足、白華現象の発生等種々の不具合が生じている。その解決策としてポリマーセメントモルタルを使用する工法を開発し、実施面でも良好な結果を得た。

本報告は、開発に至るまでに行った実験結果について述べるものである。

キーワード

プレキャスト／タイル打込／ポリマー／接着強度／ホットコンクリート／白華

目 次

1. はじめに
2. 実験方法
3. 実験結果および考察
4. ま と め
5. あとがき

8. DEVELOPMENT OF POLYMER-CEMENT PRECAST TILE CONSTRUCTION METHOD

Kazutaka Sakiyama Makoto Miyazaki

Abstract

When using conventional methods to place tiles on sections of precast concrete, one encounters a number of problems such as a lack of adhesion and the development of efflorescence. As a solution to these problems, we have developed a tile adhesion method that uses polymer cement mortar. Field tests have shown this method to be very effective. This paper examines the results of tests that led up to the development of the new method.

*1 東京本店プレハブ工場

1. はじめに

近年、建築物の外装材は、リシン、吹付けタイル等簡易な仕上げ材から石、陶磁器タイル等グレードの高い仕上げ材が多く使用されるようになってきた。

この傾向は、プレキャスト造建物においても例外ではなく、むしろ工場で同時打込みができる利点を生かし、タイル打込み仕上げとするものが増加している。

一般に、プレキャスト部材にタイルを打込む場合、型枠にタイルを貼りコンクリートを打設する方法がとられているが、この場合、以下に上げる不具合がよく発生する。

- ① タイル表面にセメントペーストが廻り込む。
- ② タイルが剥落し易い。
- ③ 目地部分にピンホールが多くできる。
- ④ 目地に色ムラが生じる。
- ⑤ 白華現象が生じる。

このような不具合を直すのは容易でなく、特に白華現象が建物竣工後に発生したときは、その処理と再発防止のために多大な費用を要している。

このような理由から、上記不具合の発生しない、しかも廉価で接着強度も十分確保できる工法の開発が望まれていた。

このための1方法として、今般、コンクリート打設前に、ポリマーの特殊なエマルジョンをモルタルに添加したポリマーセメントモルタルをタイル面に薄塗りし不具合を解消する打込み工法を開発した。

開発に際しては、プレハブ工場における製造工程に準拠して種々の実験を行った。その結果、上記不具合が解消でき、しかも施工性のよい工法であることが確認できた。

以下、その実験結果について述べる。

2. 実験方法

実験は、プレキャスト部材の製造方法を考慮して、平打ちと豎打ちの2種類について行った。平打ちの場合は、水平に敷込んだタイルの裏面にポリマーセメントモルタルを塗布し、豎打ちの場合は、垂直に立てた鋼製型枠面に貼付けたタイルにポリマーセメントモルタルを吹付け、それぞれにコンクリートを打ち込み供試体を作成し、接着効果その他を調査した。

2.1 ポリマーセメントモルタルの調合別による性能比較

ポリマーセメントモルタルの調合を選定するために、ポリマーの添加量と骨材量を変動要因として、各種調合の性能比較を行った。さらに、工程上のタイムラグが調合に及ぼす影響を調べるために、オープンタイムを1時間と2時間に分けた。なお、供試体の作製方法は平打ちとし、ポリマーセメントモルタルの塗厚は全て1～2mmに固定した。

(1) 使用材料

(a) コンクリート

コンクリートはホットコンクリートを使用した。表-1に調合を、表-2にその性状を示す。

表-1 コンクリートの調合表

設計基準強度 (kg f / cm ²)	W / C (%)	s / a (%)	単 位 量 (kg / m ³)			
			C	W	S	G
350	43.5	40.0	379	165	734	1105

* セメントは普通ポルトランドセメント

細骨材は川砂、粗骨材は碎石、川砂利50 : 50の混合

表-2 コンクリートの性状

スラブ (cm)	空気量 (%)	温 度 (℃)	圧縮強度 (kg f / cm ²)			ヤング係数 ($\times 10^5$ kg f / cm ²)	
			1 日	7 日	28 日	7 日	28 日
17.0	1.3	39	255	331	395	2.86	2.86

(b) ポリマーセメントモルタル

ポリマーセメントモルタルの調合を表-3に、その性状を表-4に示す。なお、NBとNCについては性状試験を省略した。

表-3 ポリマーセメントモルタルの調合表

(kg)

種類	セメント (普通ポルトランドセメント)	骨材の種類			ポリマー量			水	合計	W/C (%)
		イ	ロ	ハ	X P/C=10%	Y P/C=8%	Z P/C=6%			
NA	40		30	30	9			11	120	40
NB	40	30		60	9			14	153	48
NC	40		60	30	9			14	153	48
ND	40		30	30		9		10	119	39
NE	40		30	30			9	10	119	41
NF	1 : 2	モルタル								

* P/Cはセメント量に対する有効成分量の比

表－4 ポリマーセメントの性状

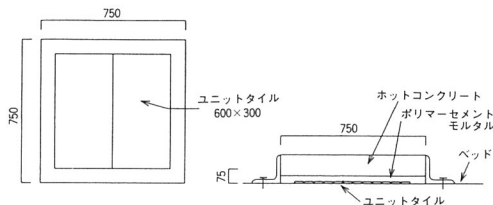
種類	スランブ (cm)	振動フロー (cm×cm)	比重	圧縮強度 (kg f /cm ²)			ヤング係数 (×10 ⁴ kg f /cm ²)			曲げ強度 (kg f /cm ²)		
				1 日	7 日	28 日	1 日	7 日	28 日	1 日	7 日	28 日
NA	12.0	19.0×19.0	2.0	86	186	204	0.85	1.32	1.71	33	41	63
ND	11.2	17.5×17.5	1.9	99	143	187	1.25	1.64	1.71	36	41	71
NE	17.0	18.7×18.7	1.9	99	139	198	1.12	1.59	1.75	—	—	—
NF	3.8	13.0×13.0	2.2	289	477	559	2.44	2.76	2.96	—	—	—

* 圧縮強度、ヤング係数用供試体はφ 5×10cm
 曲げ強度用供試体は 4 cm× 4 cm×16cm
 供試体の養生は標準養生

(2) 供試体

(a) 供試体の形状寸法

タイルは45角二丁掛タイルをビニールフィルムで裏打ちした600mm×300mmのユニット状のものであり、タイル表面はゆず肌のものを使用した。図－1 に作成した供試体の形状寸法を示す。



図－1 供試体の形状寸法

(b) 供試体の種類

供試体は、ポリマーセメントモルタルの種類毎に、混練からコンクリート打設までの時間（オープンタイム）が1時間のものをA、2時間のものをBと区分して作成した。

表－5 に供試体の種類を示す。なお、表中6－Bの供試体は、通常の製造工法により、タイルに直接コンクリートを打設した供試体である。

(3) 接着試験方法

コンクリート硬化後、タイル目地にダイヤモンドカッターで深さ25mm程度の切込みを入れ、45mm×95mmの接着試験用アタッチメントをエポキシ系接着剤で貼付けた。接着剤の硬化後、建研式接着試験機を用いて接着力を測定した。

表－5 供試体の種類

供試体 番 号 No.	細区分	オープン タイム (H)	ポリマーセメント モルタルの種類	塗 厚 (mm)
1	A	1	NA	
	B	2		
2	A	1	NB	
	B	2		
3	A	1	NC	1～2
	B	2		
4	A	1	ND	
	B	2		
5	A	1	NE	
	B	2		
6	A	1	NF	直接打設
	B	—		

2.2 セメントの種類とポリマーセメント

モルタルの塗厚の違いによる性能比較

PCa板の製造は、時間を短縮するために2サイクル工程で行う場合がある。2サイクルで本工法を適用する場合、ポリマーセメントモルタルにも早期強度が求められ、セメントも早強ポルトランドの使用が予想される。本実験では、セメントに早強ポルトランドを使用して、セメントの違いが接着力に及ぼす効果を比較すると共に、前回、固定要因とした塗厚を変動させてその影響を調べた。なお、供試体の作成は、前回と同様に平打ちとした。

(1) 使用材料

(a) コンクリート

コンクリートは前記と同じ調合のものを使用した。その性状を表－6 に示す。

(b) ポリマーセメントモルタル

ポリマーセメントモルタルの調合を表－7 に、性状

を表-8に示す。

表中、SAは早強セメントを使用したP/C=10%の調査を、SBは早強セメントを使用したP/C=8%の調査を示す。

表-6 コンクリートの性状

スランブ (cm)	空気量 (%)	温 度 (℃)	圧縮強度 (kg f/cm ²)			ヤング係数 (×10 ⁵ kg f/cm ²)	
			1 日	7 日	28 日	7 日	28 日
8.0	1.9	38	186	404	423	2.76	3.11

表-8 ポリマーセメントモルタルの性状

種類	スランブ (cm)	振動フロー (cm×cm)	比重	圧縮強度 (kg f/cm ²)			ヤング係数 (×10 ⁵ kg f/cm ²)			曲げ強度 (kg f/cm ²)		
				1 日	7 日	28 日	1 日	7 日	28 日	1 日	7 日	28 日
SA	10.8	17.3×17.0	1.9	140	189	241	1.33	1.55	1.72	49	46	64
SD	10.6	17.0×17.0	1.9	153	233	294	1.43	1.61	1.68	48	56	73

(2) 供試体

供試体の種類を表-9に示す。なお、表中に示すNAは表-3に示すNAと同等であり、SFは早強セメントを使用した1:2モルタルである。

表-9 供試体の種類

供試体 番 号 No.	ポリマーセメント モルタル の種類	細区分	オープン タイム (H)	塗 厚 (mm)	備 考
7	SA	A	1	1~2	
		B	2		
8	SD	A	1	1~2	
		B	2		
9	NA	A	0	0.5	
		B	0.5		
10	NA	A	1	5	
		B	2		
11	NA	A	0	0.5	
		B	0.5		
12	SF	A	0	1	6-B は直に打込み
	—	B	1		

2.3 堅打ちにおけるポリマーセメントモルタルの

保水剤量の影響調査

堅打ちの場合は、モルタルを吹付けた際に発生するダレが問題となる。ダレの防止には、ダレ防止剤と保水剤の種類と適量の選定が必要である。本実験により保水剤量の多少による影響と適量の調査実験を行った。なお、予備実験により、ダレ防止材の種類と適量および保水剤の種類については決定している。

(1) 使用材料

(a) コンクリート

コンクリートは普通ポルトランドセメントを使用したレデーミクストコンクリートである。その条件を表-10に、性状を表-11に示す。

表-7 ポリマーセメントモルタルの調査表 (kg)

種類	セメント (早強 ポルトランド)	骨材		ポリマー		水	合計	W/C (%)
		ロ	ハ	X P/C=10%	Y P/C=8%			
SA	40	30	30	9		11	120	40
SD	40	30	30		9	10	119	39
SF	1:2 モルタル							

* P/Cはセメント量に対する有効成分量の比

表-10 レデーミクストコンクリートの条件

呼び強度 (kg f/cm ²)	スランブ (cm)	粗骨材 (碎石) (mm)
270	18	20

表-11 コンクリートの性状

スランブ (cm)	空気量 (%)	温 度 (℃)	圧縮強度 (kg f/cm ²)		ヤング係数(×10 ⁵ kg f/cm ²)	
			7 日	28 日	7 日	28 日
17.7	7	10	191	271	2.10	2.53

(b) ポリマーセメントモルタル

3.1および3.2の実験結果から、ポリマーセメントモルタルのW/Cは41.25%、P/Cは8%に固定した。その調査を表-12に、性状を表-13に示す。

表-12 ポリマーセメントモルタルの調査表 (kg)

No.	セメント 普通ポルト	骨材		水	ポリマー	保水剤	ダレ防止材
		ロ	ハ				
1	40	30	30	11	9	—	0.04
2	40	30	30	11	9	0.02	0.04
3	40	30	30	11	9	0.04	0.04

(2) 供試体

供試体の形状寸法を図-2に示す。

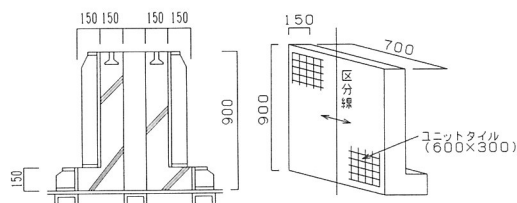


図-2 供試体の形状寸法

表-13 ポリマーセメントモルタルの性状

種類	スランプ (cm)	フロー (cm×cm)	温度 (℃)	圧縮強度(kgf/cm ²)		ヤング係数(×10 ⁴ kgf/cm ²)		ポアソン比		曲げ強度(kgf/cm ²)	
				7日	28日	7日	28日	7日	28日	7日	28日
1	9.5	16.0×16.3	26	202	247	1.47	1.82	0.288	0.214	63.7	80.3
2	11.1	18.4×18.6	26	180	251	1.24	1.52	0.241	0.161	61.9	76.8
3	10.1	15.8×16.0	27	205	275	1.45	1.62	0.243	0.218	65.9	87.2

2.4 白華促進試験

白華防止は本工法開発の大きな目的である。白華試験は、白華水溶液に供試体を浸漬して白華を促進させ、析出状態を目視観察する本試験と、P/Ca製造工程に則って作成した供試体での屋外暴露試験を行った。

なお、予備実験により、普通モルタルおよびポリマーセメントモルタルに白華防止剤を添加した場合、タイルの接着力には影響がないことを確認している。

(a) 使用材料と供試体

使用材料は普通モルタル、ポリマーセメントモルタルおよびこれらに市販品で使用頻度の高い白華防止剤を添加したものを使用した。

供試体は4cm×4cm×16cmの立方形状とし、上下面を無処理、側面をエポキシ樹脂でシールして、防水処理を行った。

供試体種類とその調査を表-14に示す。

表-14 供試体種類と調査表 (kg)

No.	セメント 普通モルタル	川砂	骨材		ポリマー (Y) P/C=8%	水	白華防止剤
			ロ	ハ			
1	40	80				16	—
2	40		30	30	9	10	—
3	40	80				16	A
4	40		30	30	9	10	A
5	40	80					B
6	40		30	30	9	10	B
7	40	80					C
8	40		30	30	9	10	C

(b) 試験方法

供試体を白華水溶液に浸漬し、一定の温湿度環境下のもとで白華成分の析出の程度を比較する。さらに、建物環境を想定し、析出を促進するために朝夕蒸留水を霧吹きした。

なお、白華水溶液は析出状態の違いを比較するため

に2種類を使用した。

白華水溶液

1. Ca(OH)₂飽和水溶液

2. Ca(OH)₂飽和水+Na₂SO₄ 2.5%水溶液

環境設定 7℃, 60%RH, 14日間浸漬

試験の概要を図-3に示す。

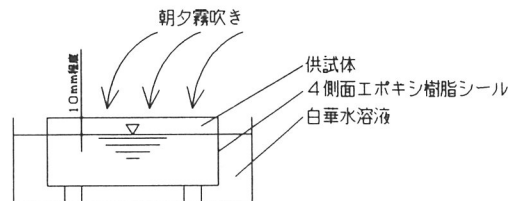


図-3 白華促進試験の概要図

3. 実験結果および考察

3.1 ポリマーセメントモルタルの種類別による性能比較

供試体のタイル接着力試験結果を表-15に示す。

ポリマーの含有量による比較を図-4に、骨材量の差による比較を図-5に、オープンタイムの違いによる比較を図-6に示す。

ポリマーセメントモルタルを使用したタイルの接着強度はいずれも15kgf/cm²以上と高く、安定した接着力を示している。ポリマーの含有量(P/C 6%~10%)や骨材量の差による接着力の差異も小さい。

オープンタイムの違いも、1~2時間では有意差はなく、影響はないものと考えられる。

1:2モルタルの接着力はポリマーセメントモルタルと同程度であり、安定した接着力を示している。一方、コンクリートを直接打設する通常の工法は、漸次接着力が低下する傾向にあり、長期においては、ポリマーセメントモルタルに比べかなり低い値を示している。

表-15 タイル接着力試験結果

番号	細区分	1 D	1 W	4 W	3 M	6 M	1 Y
1	A	11	15.2	17.2	15.7	24	15.6
	B	13.2	21.6	22.9	17	21.4	19.6
2	A	10.8	17.8	19.7	18.1	20.4	17
	B	14.1	24.9	20.3	18.1	17	12
3	A	12.1	20.9	17.7	17.3	18.6	23.9
	B	11.1	17	16.2	18.7	19.3	19.2
4	A	13.6	25.3	21.8	21.1	24.2	17.7
	B	12.8	27.7	22.1	22	21.7	28.1
5	A	14.3	21.9	21.8	18.2	20.3	19.5
	B	18.6	16.6	23.7	16.7	21.4	21.8
6	A	22.2	23.3	24	20.6	16.5	17.8
	B	15.4	23.8	15.4	10.5	12.1	9.8

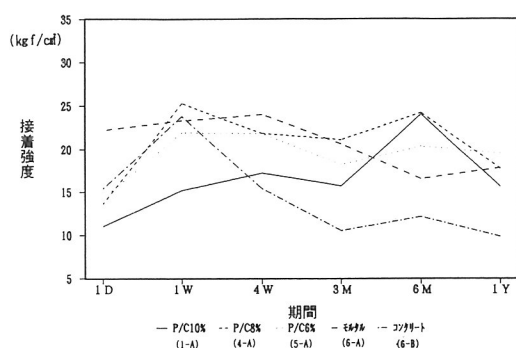


図-4 ポリマーの含有量の差による接着強度の比較

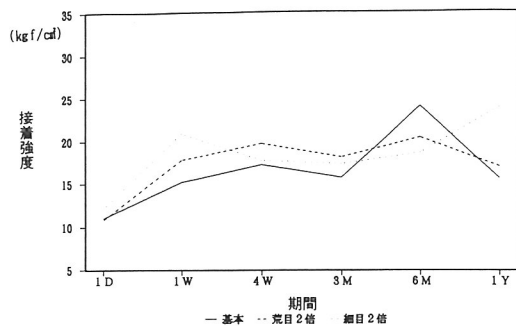


図-5 骨材量の差による接着強度の比較

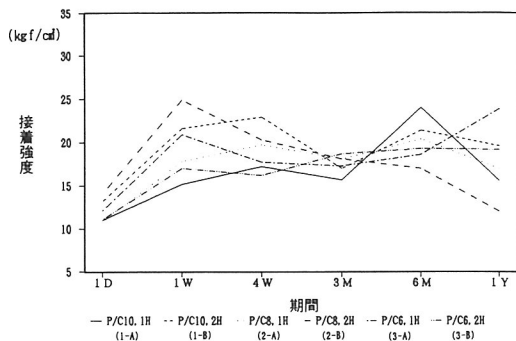


図-6 オープンタイムの違いによる接着強度の比較

3.2 セメント種別の効果とポリマーセメント

モルタルの塗厚の違いによる性能比較

タイル接着力試験結果を図-16に示す。

ポリマーの含有量による比較を図-7に、セメントの種類別の比較を図-8に、オープンタイムを0時間から2時間まで変化させた場合の比較を図-9に、塗厚を変化させた影響の比較を図-10に示す。

早強セメントを使用した場合、普通セメント使用のものに比べて1日目の接着強度は高かったが、1週以降はほとんど変わらず、また、オープンタイムによる影響もそれほど見られなかった。同様に、塗厚の違いによる接着力の差異も小さい。

また、コンクリートを直接打設する通常の工法は、前回の実験と同様に低い値を示した。

表-16 タイル接着力試験結果

番号	細区分	1 D	1 W	4 W	3 M	6 M	1 Y
7	A	21.6	15.0	19.1	19.9	21.6	32.2
	B	17.1	19.6	22.9	22.8	22	32.8
8	A	26.7	21.8	17.9	19.7	15.1	23.2
	B	16.2	19.0	22.3	22.2	25	27
9	A	18.5	18.9	22.5	19.9	26.5	30.7
	B	21.8	17.3	22.2	22.1	26.7	28.3
10	A	12.2	16.1	20.0	23.9	18.8	29.7
	B	20.6	18.7	17.3	20.1	26.3	26.3
11	A	17.8	15.5	20.2	26	23.8	30.6
	B	10.4	17.0	17.4	31.6	21.7	23.1
12	A	22.3	21.0	17.6	16.2	11.8	20.4
	B	23.5	20.0	22.7	12.9	13.4	16.8

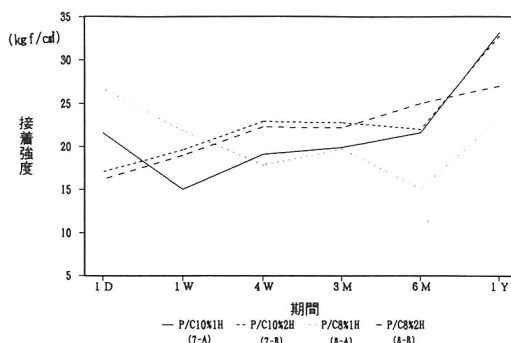


図-7 ポリマーの含有量の差による接着強度の比較

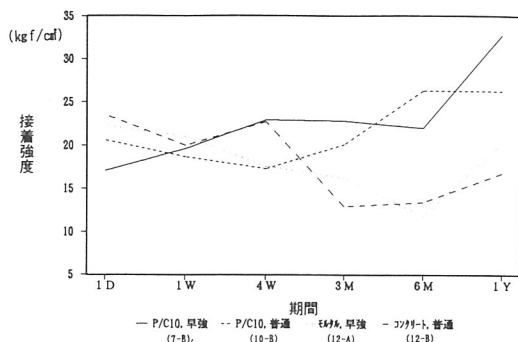


図-8 早強セメントを使用した効果

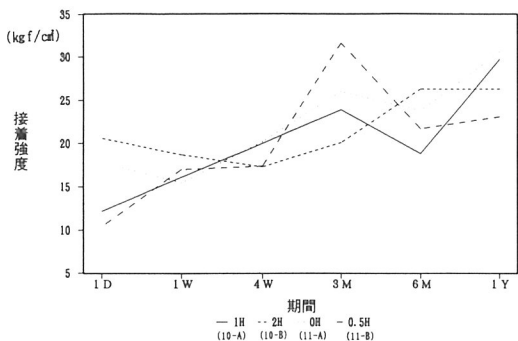


図-9 オープンタイムの違いによる接着強度の比較

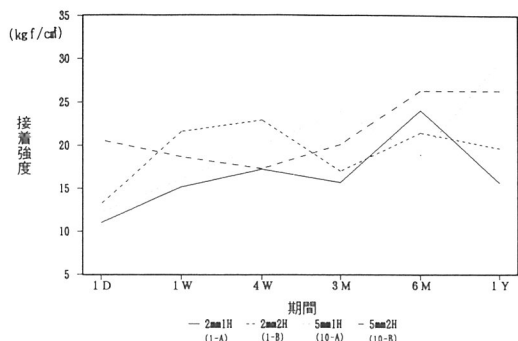


図-10 塗厚の違いによる接着強度の比較

3.3 ポリマーセメントモルタルの保水剤量の影響調査

タイル接着力試験結果を表-17に示す。保水剤の添加による効果は顕著であり、添加量の違いによる接着力の差は小さい。

コンクリートにレデーミクストコンクリートを使用し蒸気養生も省いたことで、プレハブ工場の製造工程・仕様と異なるため、平打ち用の実験結果とは直接比較はできないが、直接コンクリートを打設する工法は低い値を示す傾向にある。

また、コンクリート天端に近い部位の接着力も、下部に比べて大きな差ではないが低い値を示す傾向にあ

る。

堅打ち用供試体の型枠脱型直後の表面状態を写真-1、写真-2に示す。ポリマーセメントモルタルを施工したものに比べて、直接打設したものはペーストの廻り込みが多い。

表-17 タイル接着力試験結果

(単位 kg/cm²)

試験時期 位置 調査種類	1 週					4 週				
	h=125	h=375	h=625	h=825	平均	h=125	h=375	h=625	h=825	平均
Na.1	9.4	9.4	7.0	8.9	8.7	17.8	6.1	8.8	14.0	11.7
Na.3	6.1	9.4	7.5	5.8	7.2	8.7	9.4	8.9	8.2	8.8
Na.4	6.5	6.3	8.2	9.1	7.5	6.3	4.7	8.9	12.9	8.2
直コンクリ	7.5	9.4	8.2	9.1	8.5	7.5	5.9	4.2	7.0	6.1

3.4 白華促進試験

白華水溶液に14日間浸漬させた供試体を、常温で5日間風乾の後、白華の発生状態を目視観察した。普通モルタルの白華発生が著しいのに対して、ポリマーセメントモルタルは白華の発生がみられなかった。

白華防止剤の効果はいずれの種類も同程度と判断されるが、顕著な効果はみられなかった。

また、2種類の白華水溶液の内、Ca(OH)₂飽和水溶液よりも、NaSO₄混和水溶液の方が、白華成分の析出が早期にみられ比較が容易にできた。

白華成分の析出状態を写真-3～6に示す。

4. まとめ

本実験結果より、以下のことが分かった。

- 1) ポリマーセメントモルタルを用いたタイル接着強度は長期にわたって高い値を維持もしくは漸増の傾向にあり、15kgf/cm²以上の値を確保している。
- 2) P/C の差による接着力の差は小さく、いずれも同等の値を示した。コスト面から考慮したとき、P/C 8%でも十分な性能を維持できると判断される。
- 3) オープンタイムの差による接着力の影響はほとんど無く、製造工程上発生するであろうタイムラグにも十分対応できる。
- 4) 早強セメントの効果は早期において顕著であるが、長期においては普通セメントのものと同等な値を示し有利性は少ない。
- 5) 塗厚による接着力の差異は小さく、施工上柔軟性があることを示している。
- 6) コンクリート直接打設はタイルの接着力に有利と

されているが、長期において低減する傾向にあり見直しが必要である。

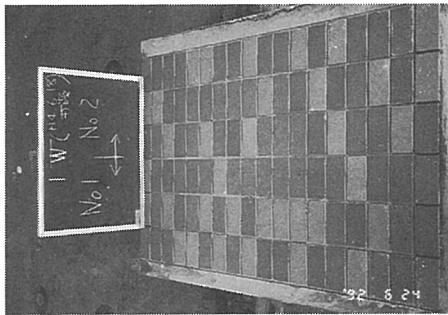


写真-1 堅打供試体のペースト漏れ
No.1 ポリマーセメントモルタル No.2 ポリマー+保水剤

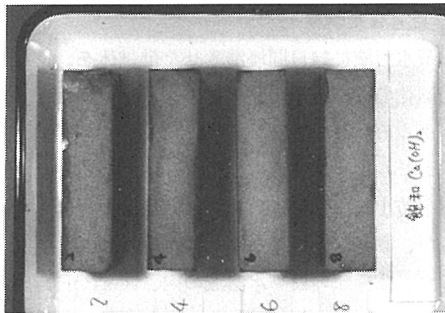


写真-3 白華促進試験（ポリマーセメントモルタル）
白華水溶液：Ca(OH)₂飽和溶液

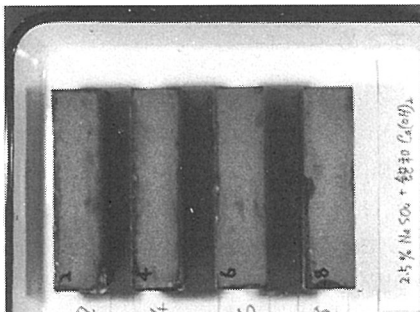


写真-5 白華促進試験（ポリマーセメントモルタル）
白華水溶液：2.5%NaSO₄+Ca(OH)₂飽和

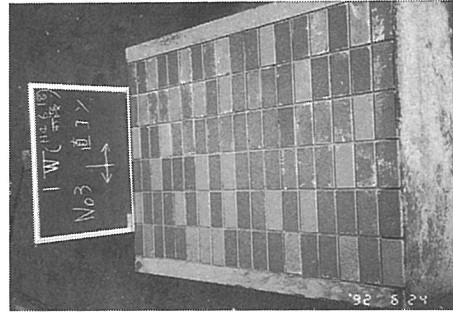


写真-2 同 左
No.3 ポリマー+保水剤2倍量 直コン 直接打設

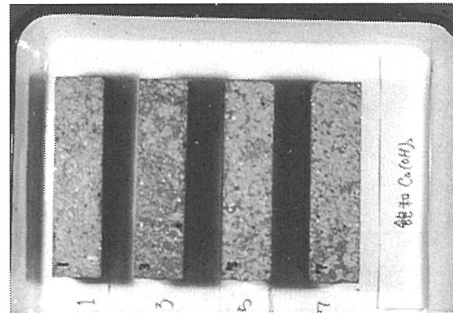


写真-4 同 左（1：2モルタル）
白華水溶液：同 左

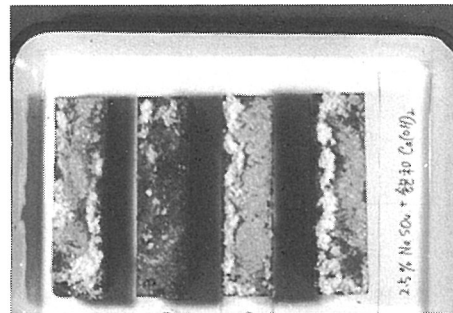


写真-6 同 左（1：2モルタル）
白華水溶液：同 左

5. あとがき

以上、一連の実験結果から、当工法により、従来工法でみられた問題点をほぼ解消することができたと考える。今後、さらに実証をかさねながらタイル打込み工法としての指標としたい。

最後に、同工法を共同開発し、協力頂いたJ. C. コンポジット株式会社の各位に対してお礼申し上げます。