

ポリマーセメント系接着材によるモルタル

塗り継ぎの接着性に関する研究

阿部 宏*¹ 丸一 俊雄*² 平居 孝之*³

*1 大分大学 大学院工学研究科物質生産工学専攻 (〒870-1192 大分県大分市大字旦野原700)

*2 日本化成株式会社 技術開発本部 (〒160-1313 東京都新宿区西新宿6-5-1)

*3 大分大学 工学部福祉環境工学科 (〒870-1192 大分県大分市大字旦野原700)

要旨：コンクリート下地へのセメントモルタル塗りについて、セメント及びエチレン-酢酸ビニルエマルジョンから構成されるポリマーセメント系接着材を用い、ポリマーセメント比とモルタル塗り継ぎまでの工程間隔が接着性に与える影響について検討した。モルタル塗り継ぎ後の接着試験、ポリマーセメント系接着材の表層部及び内部断面の走査型電子顕微鏡による観察を行った結果、従来から指摘されているように、工程間隔を長くすると接着強度が低下すると共に、モルタルとポリマーセメント系接着材の界面破断率が増加した。工程間隔を長くした場合にモルタルの接着性能が低下する原因は、電子顕微鏡による観察の結果よりポリマーセメント系接着材のドライアウトであると考えられた。

キーワード：ポリマーセメント系接着材、エチレン-酢酸ビニルエマルジョン、コンクリート下地、工程間隔、モルタル塗り継ぎ、接着強度、破断状況、ドライアウト

1. はじめに

コンクリート外壁にセメントモルタルを塗り付けて仕上げを施工する場合は、コンクリート下地とモルタルとの接着の信頼性の高い工法を採用することが望まれる。コンクリート下地セメントモルタル塗りでは通常水湿しを行う方法が一般的であるが、水湿しはコンクリートの乾燥状態や離剤などの影響により十分なモルタルの接着強度が得られない場合がある¹⁾。日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS 15 (左官工事) では、モルタルの接着性能を向上する方法として、セメントモルタル塗り用吸水調整材の塗布、ポリマーセメントペースト塗り及びモルタルへのポリマー混入などの方法が用いられている。筆者らが行った研究では、吸水調整材により十分なモルタルの接着強度が得られたが²⁾、吸水調整材の主成分であるエチレン-酢酸ビニル、アクリルなどの有機系高分子がコンクリート下地とモルタルの間に層となって介在し、コンクリートとモルタルが直接接合しないので有機高分子の長期的な劣化が懸念されている。また、モルタル中にエチレン-酢酸ビニル、アクリル及びSBRなどを混入したポリマーセメントモルタルをコンクリート下地に直接塗る方法は、コンクリートとモルタルの接着がポリマーセメント比 (以下、P/Cと表す) に依存し、良好な接着を得るためにはP/C 10%以上のポリマーを混入する必要がある。ポリマーセメントペー

スト塗りは、JASS 15に下地に水湿または吸水調整材を塗布した後にポリマーセメントペーストを塗り、工程間隔2時間以内にその上にモルタル塗りを行うと定められている。この工程間隔の制約の理由は、ポリマーセメントペーストを塗ってから直ちにモルタルを塗り継げば優れた接着性能が得られるが、工程間隔を2時間以上取りモルタルを継ぐとポリマーセメントペーストとモルタルの間に新たに接着界面を生じ、モルタルの接着性能が低下するためである。従って、実施条件に適合可能なようにポリマーセメントペーストと塗り継いだモルタルとの界面破断を防止し、モルタル塗り継ぎまでの工程間隔の制限を24時間程度にして施工できる工法の開発が望まれる。

本研究では、ポリマーセメントペースト塗りの問題点を改善することを目的とし、セメントとエチレン-酢酸ビニルエマルジョン及び骨材としてけい砂を混入しポリマーセメント系接着材を用い、コンクリート下地にポリマーセメント系接着材を塗った後に川砂モルタルを塗り継いで接着試験を行った。また、工程間隔を取った場合のモルタルの接着性低下の原因を走査型電子顕微鏡観察の結果から考察した。

2. 実験概要

2.1 試験材料

コンクリート下地は、JIS A 5304 (舗装用コンクリー

ト平板)に規定するコンクリート平板(寸法300×300×60)の表面をJIS R 6252(研磨紙)に規定する研磨紙#150で磨いたものを使用した。ポリマーセメント系接着材は、Table 1に示す性状のエチレン-酢酸ビニル共重合エマルジョン(EVA)を用い、Table 2に示す割合によりP/C 0~9%の範囲で練混ぜて調整した。なお、比較のため試験したP/C 0%のものを以下では無混入

Table 1 Property of EVA emulsion

Property	Measured Value
Total solid [%]	44.8
pH [20℃]	5.4
Viscosity [mPa·s, 20℃]	1140
Density [g/cm ³ , 20℃]	1.06

Table 2 Mix proportions of polymer cement adhesives

Material	Proportion [by mass]
Ordinary portland cement	50
Silica sand	50
Admixture (methyl cellulose)	0.2
EVA emulsion	0 ~ 10
Water	47 ~ 53 (Refer to Table 3)

Table 3 P/C and W/C of polymer cement adhesives and process intervals for bonding mortar

Adhesive No.	P/C and W/C of polymer cement adhesive	Process interval for bonding mortar [h]
1	Unmodified cement adhesive	Within 0.2
2		6
3	P/C= 0 %	24
4	W/C=52.0 %	48
5	Polymer cement adhesive and EVA emulsion	Within 0.2
6		6
7	P/C= 1.8 %	24
8	W/C=52.6 %	48
9	Polymer cement adhesive and EVA emulsion	Within 0.2
10		6
11	P/C= 3.6 %	24
12	W/C=52.4 %	48
13	Polymer cement adhesive and EVA emulsion	Within 0.2
14		6
15	P/C= 5.4 %	24
16	W/C=50.6 %	48
17	Polymer cement adhesive and EVA emulsion	Within 0.2
18		6
19	P/C= 7.2 %	24
20	W/C=48.8 %	48
21	Polymer cement adhesive and EVA emulsion	Within 0.2
22		6
23	P/C= 9.0 %	24
24	W/C=47.0 %	48
Control	Moistened by water	

セメント系接着材と表す。コンクリート下地にポリマーセメント系接着材を塗った後、Table 3に示すように0.2以内~48時間の工程間隔を置いて、Table 4に示す割合のモルタルを塗り継いだ。塗り継ぎモルタルには利根川産川砂を用いた。なお、工程間隔をできるだけ0時間に近づけたものを0.2時間以内と表している。

2. 2 試験体の作製

コンクリート平板に水湿しを行い、Table 2のポリマーセメント系接着材を3 kg/m²の量で金ごてで塗った後、モルタルを塗り継ぐまでの工程間隔を0.2以内、6、24及び48時間とし20℃、60%(RH)で養生後、Table 4のモルタルを塗り継ぎ試験体とした。モルタル塗り継ぎ後の養生は、20℃、80%(RH)以上で2日間、その後20℃、60%(RH)26日間とした。

2. 3 接着試験

養生終了後の試験体について、Fig.1に示す5箇所の位置にコンクリートカッターを用いてコンクリート下地に達するまで40×40の切込みを入れ、鋼製ジグをエポキシ系接着剤で固定した。建研式引張試験機を用いて測定した最大引張荷重より接着強度を算出し、また、破断状況は目視観察により求めた。試験数は5個とした。

2. 4 電子顕微鏡観察

ポリマーセメント系接着材をコンクリート下地に塗り、24時間後にポリマーセメント系接着材の表面部分を取り出し、直ちにアセトンで水和を停止後、真空乾燥したも

Table 4 Mix proportions of bonded mortar

Material	Proportion [by mass]
Ordinary portland cement	100
River sand (2.5 mm under)	250
Admixture (methyl cellulose)	0.2
Water	51.5

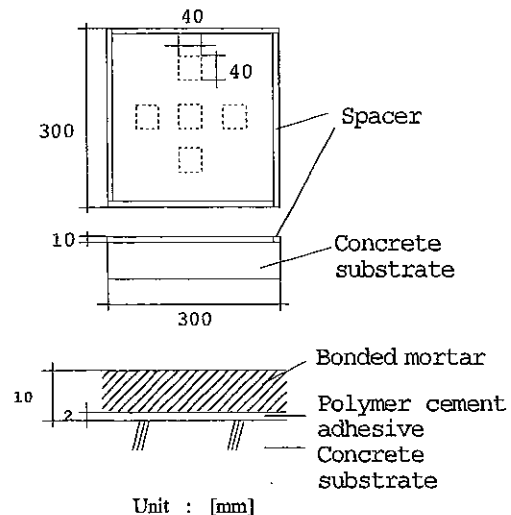


Fig.1 Specimen for adhesion test

Table 5 Result of adhesion test for polymer cement adhesives (Adhesion strength, standard deviation and permissible minimum limit)

Adhesive No.	P/C [%]	Process interval [h]	Adhesion strength [N/mm ²]	Standard deviation [N/mm ²]	Permissible minimum limit [N/mm ²]	Adhesive No.	P/C [%]	Process interval [h]	Adhesion strength [N/mm ²]	Standard deviation [N/mm ²]	Permissible minimum limit [N/mm ²]
1	unmodified 0	0.2	1.58	0.22	0.87	13	5.4	0.2	2.55	0.27	0.98
2		6	1.68	0.30	1.04	14		6	2.19	0.30	1.04
3		24	2.03	0.31	1.06	15		24	1.83	0.57	1.62
4		48	1.62	0.40	1.25	16		48	1.80	0.58	1.64
5	1.8	0.2	2.02	0.42	1.30	17	7.2	0.2	2.11	0.27	0.98
6		6	1.62	0.11	0.63	18		6	1.62	0.45	1.36
7		24	1.59	0.26	0.95	19		24	1.63	0.63	1.74
8		48	2.24	0.81	2.13	20		48	1.58	0.44	1.34
9	3.6	0.2	2.02	0.29	1.02	21	9.0	0.2	2.17	0.54	1.55
10		6	1.29	0.45	1.36	22		6	2.38	0.33	1.10
11		24	1.34	0.23	0.89	23		24	1.54	0.44	1.34
12		48	1.67	0.51	1.49	24		48	1.92	0.36	1.17
Control	Moistened by water		0.14	Mortar detached	uncalculated	Permissible minimum limits of average adhesion strength \bar{x} satisfy the following formula. $\bar{x} - t(n-1, 2\alpha) \sigma_{n-1} > 0.4$ (Insecurity rate $\alpha=0.05$)					

のを表面状態観察用試料とした。また、2.2の試験体からポリマーセメント系接着材周辺部分を取り出したものを断面観察用試料とした。試料は白金-パラジウムを蒸着し、加速電圧は20kVとして、走査型電子顕微鏡で観察した。

3. 結果及び考察

3.1 モルタル塗り継ぎまでの工程間隔の影響

Fig.2は、ポリマーセメント系接着材の各P/Cにおけるモルタルの塗り継ぎまでの工程間隔と接着強度、標準偏差の関係及び破断状況を示す。

(1) 無混入セメント系接着材 (P/C=0%) の場合

接着強度の平均値は1.5~2.0N/mm²の範囲にあり、工程間隔が24時間の場合がやや大きい。全体的には工程間隔の影響は少ない。破断状況は、工程間隔が0.2時間以内の場合には、コンクリート下地と無混入セメント系接着材との界面破断率が多いが、工程間隔が6時間以上になると、モルタル内部及びコンクリート下地内部の破断率が増加した。

(2) ポリマーセメント系接着材 (P/C=1.8~9%) の場合

接着強度は、工程間隔が0.2時間以内では無混入セメント系接着材の接着強度が1.58N/mm²であるのに対して、ポリマーを混入したすべてのP/Cのポリマーセメント系接着材で2.0N/mm²以上に増加した。工程間隔0.2時間以内と比較して工程間隔6時間以上では、接着強度が低下し、ポリマーセメント系接着材と塗り継ぎモルタルの界面破断率が増加するものが多く接着性能が低下する。更に、工程間隔48時間では、6及び24時間と比べてモル

タルとポリマーセメント系接着材との界面破断率が減少した。また、EVAエマルジョンを混入することによりコンクリート下地とポリマーセメント系接着材の界面破断率は減少しており、ポリマーセメントとしたことによりコンクリート下地からのはく離を防止することができると考えられる。

以上のうち、ポリマーセメント系接着材のモルタル塗り継ぎまでの工程間隔を長くすることにより接着強度が低下することは、JASS 15の制限事項及びS.N. Pareek、大濱らの研究結果とも一致した³⁾。しかしながら、コンクリート下地にモルタル塗りを行った場合、所定の耐用年数の間にモルタルがはく離しないだけの性能を要求される。その性能はJIS A 6916 (建築仕上塗材用下地調整塗材)では標準時が1.0N/mm²以上、また、JASS 19 (陶磁器質タイル張り工事)ではすべての接着強度において0.4N/mm²以上を満たすために、接着試験の平均値が標準偏差から求めた許容下限値以上であると定めている。Table 5は、JASS 19で要求される許容下限値の計算結果を示している。Table 5より工程間隔0.2時間以内及び48時間のとき、すべてのP/Cの範囲において1.0N/mm²以上、かつ、許容下限値を満たす接着強度が得られたが、6及び24時間のときには、P/Cによっては、わずかに許容下限値を下回る接着強度のものがあつた。

3.2 電子顕微鏡観察の結果

(1) ポリマーセメント系接着材の表面状態

a) 無混入セメント系接着材(P/C=0%)の表面状態

Fig.3は、無混入セメント系接着材をコンクリート下地に塗り、20℃、60%(RH)で24時間経過したときの無

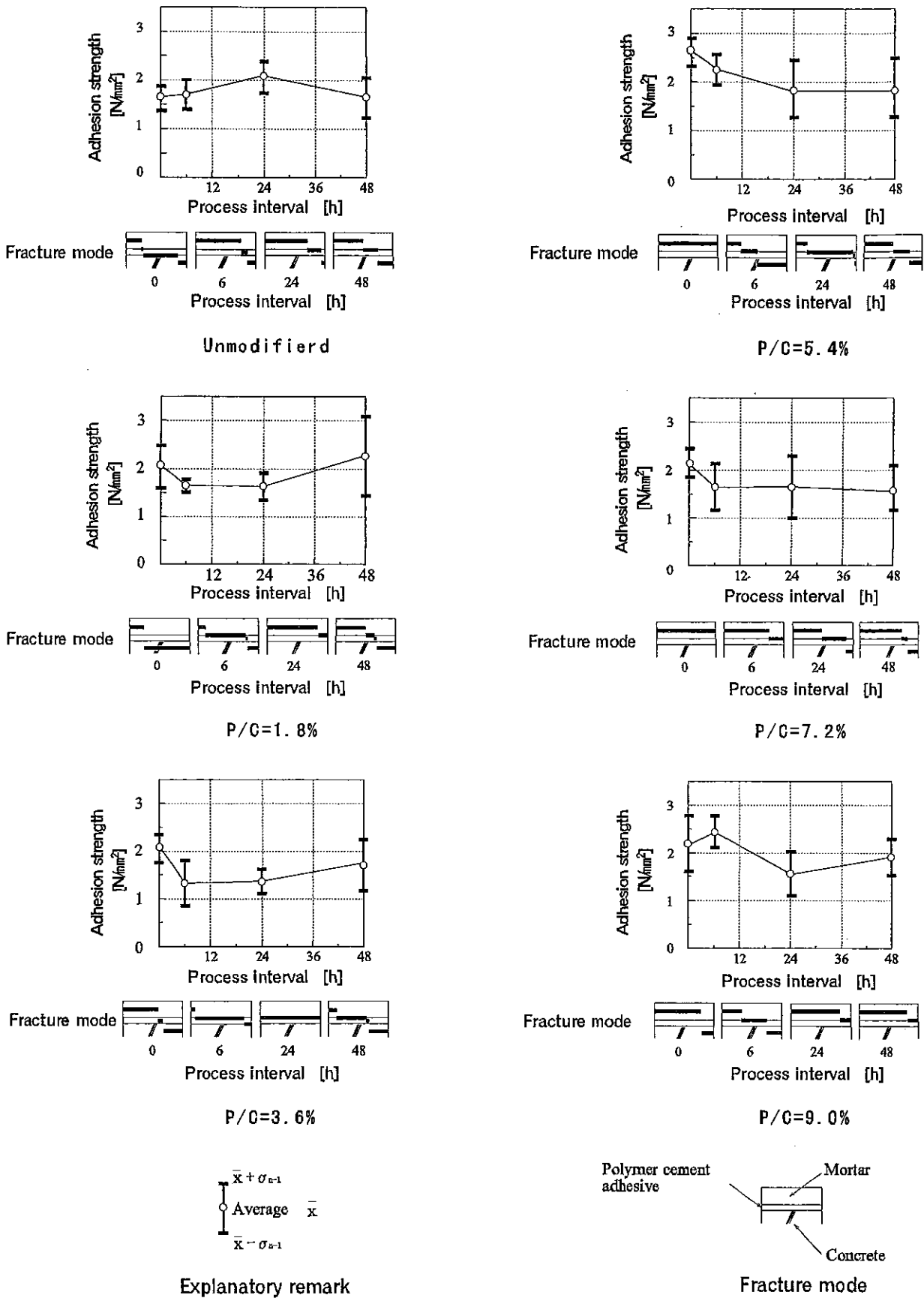


Fig.2 Adhesion strength and fracture modes of polymer cement adhesives with various polymer-cement ratio and process intervals

混入セメント系接着材の表層を、走査型電子顕微鏡で倍率500及び2000倍で観察した写真及び倍率2000倍の写真的説明図である。倍率500倍では、無混入セメント系接着材の表層は空隙が多くポーラスな構造であることが確認される。更に、倍率2000倍で観察すると、セメントの水和によってセメント粒子の周囲に生成した水和物層が形成されており、一部には針状結晶の水和物も確認される。これは、セメント系接着材の水分が蒸発または下地に吸収されたため、比較的水和初期でドライアウト現象を生じ、セメントの水和が不十分な状態であると考えられる。

b) ポリマーセメント系接着材(P/C=9%)の表面状態

Fig.4は、同様にP/C 9%のポリマーセメント系接着材の表層を走査型電子顕微鏡で倍率500及び2000倍で観察した写真及び倍率2000倍の写真的説明図である。倍率500倍でポリマーセメント系接着材の表面を観察すると、無混入の場合と同様ポーラスな状態である。更に、倍率2000倍で観察すると、セメントの水和によりセメント粒子の周囲に水和物層が形成され、セメント水和物層の周囲及び内部にEVAエマルジョンのポリマー粒子が確認できる。ポリマーセメント系接着材の表層部には連続したポリマーフィルム層が存在するとの報告があるが⁴⁾、本研究の範囲で検討したP/C 1.8~9%の範囲のポリマーセメント系接着材表層部にはポリマーフィルム層は確認されなかった。表層部にはセメント水和物層周囲にポリマー粒子が確認され、ポリマー粒子はセメント水和物層に沿って海綿状に分布し存在している。これは、EVAエマルジョンのポリマー粒子が練混ぜ時にセメント粒子に吸着した後に、セメント水和物層が形成されたと考えられ、落合、大濱らの研究とも一致する⁵⁾。ポリマーセメント系接着材の組織構造は、無混入と同様にセメントの水和物層が形成された水和初期の状態であり、針状結晶も見られず、空隙が多く存在している。これは、EVAエマルジョンを混入しても、水分の蒸発や下地への吸水による水分の移行は抑制されず、セメントがドライアウトしたためと考えられる。

(2) ポリマーセメント系接着材内部の状態

a) 工程間隔0.2時間以内のポリマーセメント系接着材

Fig.5(1)の写真は、モルタル塗り継ぎまでの工程間隔0.2時間以内でモルタルを塗り継ぎ、28日間養生を行った場合におけるポリマーセメント系接着材(P/C=3.6%)内部の断面を走査型電子顕微鏡によって倍率300倍で観察した写真である。モルタルを塗り継ぎ、養生したポリマーセメント系接着材内部の組織構造は、セメントの水和が進行しており、十分に密な状態になっている。これは、モルタルを短時間のうちに塗り継いだことにより、

ポリマーセメント系接着材の水分の蒸発が抑制されたと共に、塗り継いだモルタル側からも水分が供給され、セメントの水和が進むためである。従って、ポリマーセメント系接着材はドライアウトを生じることがなく、接着強度を発現したものと考えられる。なお、塗り継ぎモルタルとポリマーセメント系接着材の界面近傍を電子顕微鏡で観察したが、ポリマーセメント系接着材と塗り継ぎモルタルの界面は明確ではなかった。これは、まだ固まらないポリマーセメント系接着剤とモルタルが混じり合い、界面が形成されずに一体化し硬化したことを示している。

b) 工程間隔24時間のポリマーセメント系接着材

Fig.5(2)の写真は、モルタル塗り継ぎまでの工程間隔が24時間の場合のポリマーセメント系接着材(P/C=3.6%)内部の写真である。工程間隔0.2時間以内の写真と比較して、ポリマーセメント系接着材の組織はち密ではなく、ポーラスな組織構造となっている。これは、モルタルを塗り継ぐまで工程間隔をより長く取ったために、ポリマーセメント系接着材中の水分がコンクリート下地による吸収及び水分の蒸発によって、ポリマーセメント系接着材がドライアウトしてセメントの水和が十分に進行しない状態になり、更に後から塗り継いだモルタル中の水分では、ポリマーセメント系接着材のセメントの水和を再び進行させることができなかつたものと考えられる。

(3) 接着試験の破断位置の考察

接着試験で工程間隔を6時間以上取った場合、ポリマーセメント系接着材と塗り継いだモルタルとの界面破断率が多い理由は、接着強度値及び電子顕微鏡観察の結果から以下のように考察する。

まだ固まらないポリマーセメント系接着材にモルタルを塗り継ぐと明確な界面は形成されず一体化し硬化するが、ポリマーセメント系接着材が硬化乾燥後にモルタルを塗り継ぐと、モルタルとポリマーセメント系接着材の間に接着界面が新たに形成される。

P/C 1.8~9%の範囲のポリマーセメント系接着材は、ポリマーがセメントの水和初期の段階で形成された水和物層周辺部に分布して存在しており、ポリマーセメント系接着材表層には連続なフィルム層は形成されず、その表面はポーラスな構造である。

硬化乾燥しポーラスな構造のポリマーセメント系接着材の上にモルタルを塗り継ぐと、モルタル内部の水分が一部はポリマーセメント系接着材内部に移行するが、ポリマーセメント系接着材中のセメントの水和は進まない。また、ポリマーセメント系接着材自体がポーラスなため、吸水調整材のような吸水防止作用は得られず、塗り継いだモルタルが界面近傍でドライアウトする。

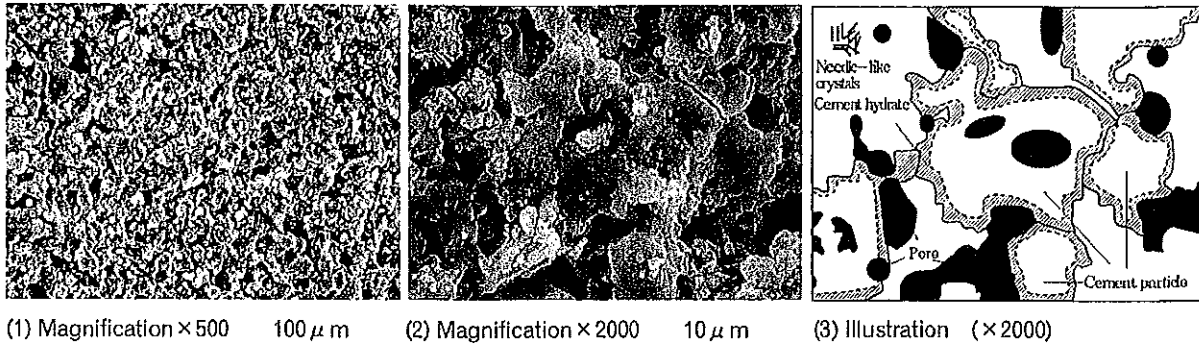


Fig.3 Photographs of scanning electron microscope on surface of unmodified cement adhesive after curing in 20°C and 60%(RH) for 24h

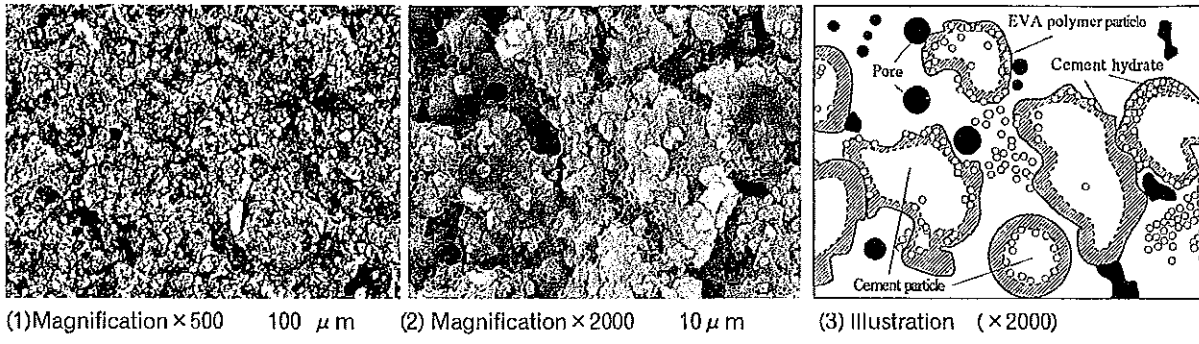


Fig.4 Photographs of scanning electron microscope on surface of polymer cement adhesive with P/C of 9% after curing in 20°C and 60%(RH) for 24h

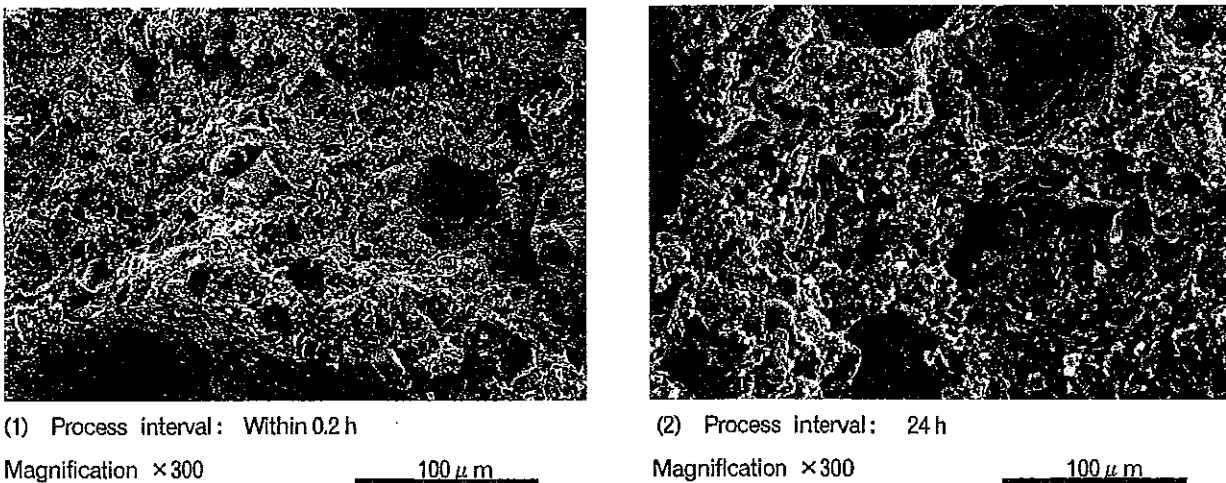


Fig.5 Photographs of scanning electron microscope on profiles of polymer cement adhesives (P/C of 3.6%) between concrete substrate and bonded mortar after curing in 20°C and 60%(RH) for 28 days

ポリマーセメント系接着材のドライアウトにより表層及び内部が脆弱なため、接着試験を行うと、ポリマーセメント系接着材とモルタルとの界面近傍で破断しやすい、接着強度も低下する。

4. まとめ

ポリマーセメント系接着材によるセメントモルタルの塗り継ぎについて接着試験及び電子顕微鏡観察を行った結果、以下のことが分かった。

- (1) ポリマーセメント系接着材を塗ってからモルタルを塗り継ぐまでの工程間隔が0.2時間以内の場合は、モルタルの接着は良好であった。また、無混入セメント系接着材と比較して、ポリマーセメント系接着材は下地コンクリートとの接着性が改善された。
- (2) 走査型電子顕微鏡によりポリマーセメント系接着材の内部の状態を観察すると、工程間隔0.2時間以内の場合は、ポリマーセメント系接着材中のセメントがドライアウトすることなく水和が進み、ポリマーセメント系接着材及び塗り継いだモルタルはち密である。工程間隔を6時間以上取るとポリマーセメント系接着材中の水分の下地への吸収及び蒸発により、ポリマーセメント系接着材自体はドライアウトの状態となりセメントの水和が十分進行せずにポーラスな構造であった。
- (3) ポリマーセメント系接着材の表層は、P/C 1.8～9%の範囲では、ポーラスな構造で、ポリマーはセメントの水和によって生成した水和物層周辺に海綿状に存在し、ポリマーセメント系接着材の表層部に連続したポリマー層は確認されなかった。
- (4) 工程間隔を6時間から24時間取った場合、モルタルとポリマーセメント系接着材との界面破断率が増加し

た。これは、ポリマーセメント系接着材の強度が発現するまでの間にモルタルを塗ったが、モルタルの水分だけではポリマーセメント系接着材中のセメントの水和が再び進行しなかったためと考えられる。

- (5) 工程間隔が6時間と24時間の場合は一部のものがJASS 19で要求される許容下限値よりわずかに小さく、また、工程間隔48時間の場合は接着強度は許容下限値より大きかった。JASS 15の工程間隔2時間以内という条件を外して使える可能性があるが、そのためには(2)で述べたドライアウトを抑制するなどの施工方法を開発する必要があると考えられる。

参考文献：

- 1) 日本仕上建築学会編：外壁仕上げ損傷事例 原因と対策、技術書院(1996)
- 2) 阿部宏、平居孝之、本橋健司：モルタル塗り用吸水調整材の接着機構に関する研究、セメント・コンクリート論文集、No.51、pp.62-67(1997)
- 3) S.N. Pareek, Y. Ohama and K. Demura : ADHESION OF BONDED MORTAR TO POLYMER-CEMENT PASTE COATED MORTAR SUBSTRATE, Interface in Cement Composite, RILEM, pp.9-98(1992)
- 4) 坂井悦郎 他：ポリマーセメントの複合化機構、セメント・コンクリート論文集、No.47、pp.70-75(1993)
- 5) 落合香織 他：初期材齢におけるEVA混入ポリマーセメントモルタルの組織構造、日本建築学会大会梗概集A、pp.685-686(1997)

STUDY ON ADHESION PROPERTY OF POLYMER CEMENT ADHESIVES FOR FINISH COAT MORTARS

Hiroshi ABE*¹, Toshio MARUICHI*² and Takayuki HIRAI*³

* 1 OITA UNIV., Dept. of Material Production Technology, Graduate School of Engineering (700, Tannohara, Oita-shi, Oita 870-1192, Japan)

* 2 NIHONKASEI CO., LTD., Head Office of Technology & Development (6-5-1, Nishishinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160-1313, Japan)

* 3 OITA UNIV., Dept. of Human Welfare Engineering, Faculty of Engineering (700, Tannohara, Oita-shi, Oita 870-1192, Japan)

ABSTRACT : The adhesion performance of the polymer cement adhesives composed of cement, silica sand and ethylene-vinyl acetate copolymer dispersion was investigated experimentally. The polymer cement adhesives were applied on the surfaces of concrete substrates to improve the adhesion strength of finish coat mortar. The adhesion strength of the polymer cement adhesives increased as the polymer cement-ratio of the polymer cement adhesives increased. When the process interval between the application of the polymer cement adhesives and the troweling of the finish coat mortar was within 0.2 hours, the adhesion strength was satisfactory. Meanwhile, when the process intervals was 6, 24 or 48 hours , the adhesion strength decreased and the exfoliation on the interfaces between the finish coat mortar and polymer cement adhesives increased. It was considered that a decrease in the adhesion strength at process intervals of over 6 hours was caused by the dry-out of the polymer cement adhesives. It was reported that the adhesion strength of finish coat mortar would decrease in the long term by the deterioration of hardened polymer when the polymer formed a thin layer on the interface between the finish coat mortar and concrete substrate. However, the layer of the hardened ethylene-evinyl acetate copolymer was not observed on the interfaces between the polymer cement adhesives and finish coat mortar in the specimens. Accordingly, there was not an apprehension of the adhesion strength decrease caused by the deterioration of the hardened ethylene-vinyl acetate copolymer.

KEY WORDS : Polymer cement adhesive, Ethylene-vinyl acetate copolymer emulsion, Concrete substrate, Process interval, Cement mortar bonding by troweling, Adhesion strength, Fracture mode, Dry-out