

論文

[1120] 補強材へのポリマーセメントペーストコーティングによる  
フェロセメントの耐久性改善

白井 篤\*1・大濱嘉彦\*2・出村克宣\*3

1. はじめに

フェロセメントは、鉄筋コンクリートと比較して、かぶり厚さが薄く、補強材の比表面積が著しく大きい複合材料である。従って、中性化、アルカリ骨材反応、塩害などの影響によって、鉄筋コンクリート構造物の耐久性が問われている今日、フェロセメントにおいても、鉄筋コンクリートと同様にその耐久性の改善が必要である。耐久性改善策としては、マトリックスであるセメントモルタルの品質改善と補強材である金網の防せい性改善が考えられる。

そこで、本研究では、補強材をポリマーセメントペーストでコーティングすることによって、フェロセメントの耐久性の改善を図る。初めに、3種類のセメント混和用ポリマーについて、各ポリマーセメント比ごとに、補強材に最もコーティングしやすいポリマーセメントペーストの調合を選択する。次に、選択した調合でコーティングした補強材を用いて作製したフェロセメントについて、促進発せい試験を行い、補強材の防せい性改善効果について検討する。

2. 補強材コーティング用ポリマーセメントペーストの調合の検討

2.1 使用材料

(1)セメント

セメントには普通ポルトランドセメントを使用した。

(2)セメント混和用ポリマー

セメント混和用ポリマーには、スチレンブタジエンゴム (SBR) ラテックス, エチレン酢酸ビニル (EVA) エマルジョン及び酢

表-1 セメント混和用ポリマーの性質

酸ビニルカルボン酸ビニル (VA/VeoVa) 再乳化形粉末樹脂を使用した。セメント混和用ポリマーの性質を表1に示す。

Type of Polymeric Admixture	Specific Gravity (20°C)	pH (20°C)	Viscosity (20°C, cP)	Total Solids (%)
SBR	1.018	9.1	48	45.2
EVA	1.050	4.8	1460	44.2
VA/VeoVa	—	—	—	99.0

(3)金網

金網には、JIS G 3551 (溶接金網) に規定されている溶接金網 (線径:2.60mm, 網目寸法:50mm) を使用した。

2.2 試験方法

表2に示す調合のポリマーセメントペーストを練混ぜ、補強材コーティング用ポリマーセメントペーストとした。ポリマーセメントペースト中に寸法6x11cmの補強材を浸せきした後、即座に引上げ、以下の項目について測定した。

\*1 東京家政学院大学助手 家政学部住居学科, 工博 (正会員)

\*2 日本大学教授 工学部建築学科, 工博 (正会員)

\*3 日本大学講師 工学部建築学科, 工博 (正会員)

(1) ポリマーセメントペーストのフロー値

練混ぜ後のポリマーセメントペーストを、JIS K 6741 (硬質塩化ビニル管) に規定してある硬質塩化ビニル管 (寸法, 外径: 48mm, 内径: 40mm, 高さ: 35mm) に入れた後, 硬質塩化ビニル管を引上げ, 1分後にポリマーセメントペーストの広がり最大径とその直角方向について, ノギスを用いて測定し, その平均値をフロー値とした。

(2) ポリマーセメントペーストのワーカビリティ (補強材への付着性)

ポリマーセメントペースト中から補強材を引上げた直後に, その付着状況を目視観察して, 次の3段階の評価を行った。

- ① Excellent: ポリマーセメントペーストが補強材に均一にむらなく付着できる。
- ② Good: 補強材に対するポリマーセメントペーストの付着に若干のむらがあるが, 付着していない箇所がない。
- ③ Bad: 補強材にポリマーセメントペーストが付着していない部分があるか又は付着しているが, 均一ではなく, 補強材の箇所により付着量に著しい差がある。

2.3 試験結果及び考察

図1には, ポリマーセメントペーストの水セメント比とフロー値の関係を示す。水セメント比の増加に伴って, ポリマーセメントペーストのフロー値は増大する傾向にある。いずれのポリマーセメント比に

おいても, ポリマーセメントペーストのフロー値の増加の割合はほとんど同じである。又, SBR混入セメントペーストでは, ポリマーセメント比の増加に伴って, 同一水セメント比におけるフロー値は急激に増加する。例えば, 水セメント比40%の時, 各ポリマーセメント比のフロー値は, 0%で52mm, 5%で107mm, 10%で159mm, 20%で182mmである。EVA混入セメントペーストについても, ポリマーセメント比の増加に伴って, 同一水セメント比におけるフロー値は増加するものの, SBR混入セメントペーストのフロー値程急激な変化は認められない。VA/VeoVa混入セメントペーストでは, ポリマーセメント比の増加に伴って, 同一水セメント比におけるフロー値は増加するものもあれば, 減少するものもあり, その傾向は明確でない。一般に, SBRラテックスやEVAエマルジョンなどのポリマーディスページョンでは, その中に含まれる界面活性剤の分散作用によって, 所定のフロー値を得るのに要する水セメント比が, ポリマーセメント比の増加に伴い低減できるが [1], VA/VeoVa再乳化形粉末樹脂では, ポリマーセメント比の増加に伴って, 粘性が急激に増加するため, 所定のフロー値を得るのに要する水セメント比がほとんど変わらないものと考えられる。

表3には, ポリマーセメントペーストのワーカビリティの評価を示す。SBR混入セメントペーストではフロー値が100から150mm, EVA混入セメントペーストではフロー値が100から120mm, VA/VeoVa混入セメントペーストではフロー値が90から110mmが, それぞれ最も補強材にコーティングしやすく, ワーカビリティに優れている。換言すれば, EVA及びVA/VeoVa混入セメントペーストでは, フロー値のわずかな違いでも補強材へのコーティング状況が大幅に変わるが, SBR混入セメントペーストでは, フロー値が多少変化しても, 補強材へのコーティング状況はほとんど変化しないといえる。

表-2 ポリマーセメントペーストの調査

Polymer-Cement Ratio, P/C (%)	Water-Cement Ratio, W/C (%)
0	3 5
	4 0
	4 5
	5 0
	5 5
5	6 0
	3 0
	3 5
	4 0
	4 5
10	5 0
	5 5
	6 0
	3 0
	3 5
20	4 0
	4 5
	5 0
	5 5
	6 0
	6 5

## Type of Polymer-Modified Paste

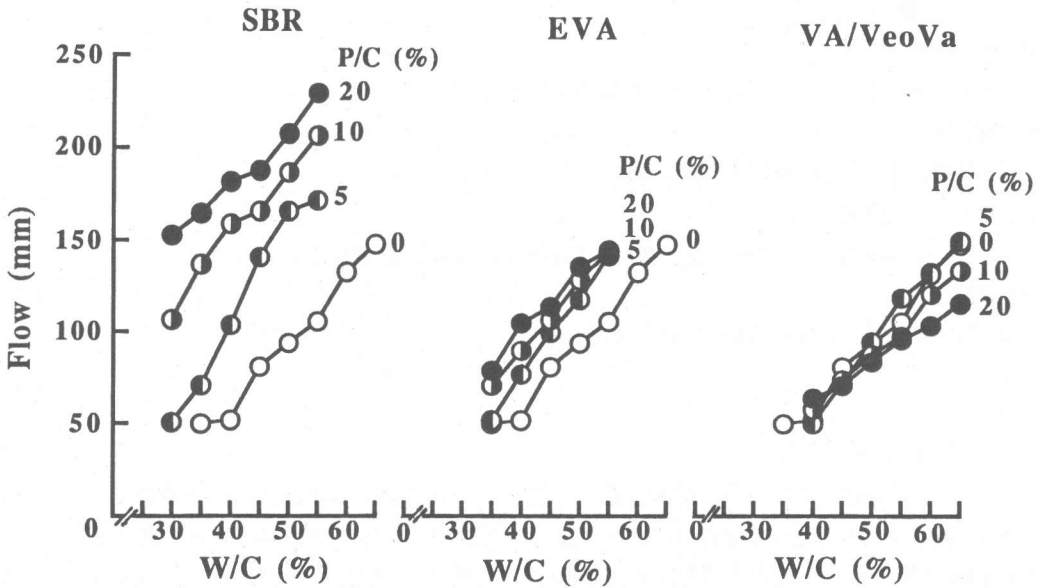


図-1 ポリマーセメントペーストの水セメント比とフロー値の関係

表-3 ポリマーセメントペーストのワーカビリティの評価

P/C (%)	W/C (%)	Workability		
		SBR	EVA	VA/VeoVa
0	3 5		x	
	4 0		x	
	4 5		○	
	5 0		○	
	5 5		○	
	6 0			x
5	3 0	○	-	-
	3 5	○	x	-
	4 0	○	○	x
	4 5	○	○	○
	5 0	x	○	○
	5 5	-	x	○
6 0	-	x	x	
10	3 0	○	-	-
	3 5	○	x	-
	4 0	○	○	x
	4 5	x	○	x
	5 0	x	○	○
	5 5	-	x	○
6 0	-	-	○	
20	3 0	○	-	-
	3 5	○	○	-
	4 0	○	○	x
	4 5	x	○	x
	5 0	x	○	x
	5 5	-	x	○
6 0	-	-	○	
6 5	-	-	○	

Note, ◎ - excellent, ○ - good, x - bad

表4には、補強材に最もコーティングしやすく、ワーカビリティに優れているポリマーセメントペーストの調査を示す。この表から明らかなように、同一ポリマーセメント比でも、ポリマーの種類によって、最適調査を得るための水セメント比は大きく異なる。又、SBR及びEVA混入セメントペーストは、ポリマーセメント比の増加に伴って、最適ワーカビリティを得るための水セメント比が小さくなるのに対して、VA/VeoVa混入セメントペーストでは、水セメント比が逆に大きくなる。

表-4 ポリマーセメントペーストの最適調査

Type of Polymer-Modified Paste	P/C (%)	W/C (%)
Unmodified Paste	0	5 0
SBR-Modified Paste	5	4 0
	1 0	3 5
	2 0	3 0
EVA-Modified Paste	5	4 5
	1 0	4 5
	2 0	4 0
VA/VeoVa-Modified Paste	5	5 0
	1 0	5 5
	2 0	6 0

### 3. ポリマーセメントペーストコーティングを施した補強材を用いたフェロセメントの耐久性

#### 3.1 使用材料

##### (1)セメント

セメントには、2.1(1)と同じものを使用した。

##### (2)細骨材

細骨材には、粒径5mm以下の阿武隈川産川砂を使用した。

##### (3)セメント混和用ポリマー

セメント混和用ポリマーには、2.1(2)と同じものを使用した。

##### (4)金網

金網には、2.1(3)と同じものを使用した。

#### 3.2 試験方法

##### (1)供試体の作製

JIS R 5201 (セメントの物理試験方法)に従って、セメント:細骨材=1:2(重量比)、水セメント比40%、フロー値182の調合の供試モルタルを練混ぜ、あらかじめ補強材を設置した寸法20x70x120mmの型枠中に打込み、成形した。成形後、2日湿空(20℃,80%R.H.)、5日乾燥(20℃,50%R.H.)養生を行い、供試体とした。なお、補強材については、供試モルタル打込み前に、表4に示す調合のセメントペーストでコーティングを施し、1,6及び24時間湿空(20℃,80%R.H.)養生を行ったものを使用した。

##### (2)促進発せい試験

日本コンクリート工学協会の「ポリマーセメントモルタル試験方法規準(案)」に定められているポリマーセメントモルタル防せい性試験方法(案)に準じて、供試体の促進発せい試験を行った。24時間、10kgf/cm<sup>2</sup>の圧力下で、二酸化炭素による促進中性化、引続き、24時間、10kgf/cm<sup>2</sup>の圧力下で、2.5%塩化ナトリウム溶液の含浸という前処理を供試体に施した。前処理後、供試体をポリエチレン袋に入れて24時間80℃で加熱、袋から取出し、24時間30℃で乾燥、次いで、24時間、2.5%塩化ナトリウム溶液への浸せきを1サイクルとする乾湿繰返しを0,3,5及び7サイクル行った。各乾湿繰返しサイクル後の供試体から補強材を取出し、ノギスを用いて補強材の表面積に対する発せい率を測定した。なお、補強材の発せい率は、次式より算出した。

$$R_{cr} = (l_c / l) \times 100$$

ここに、 $R_{cr}$  : 補強材の発せい率 (%)

$l_c$  : 発せい部の補強材の長さの合計 (mm)

$l$  : 補強材の全長 (mm)

#### 3.3 試験結果及び考察

図2には、ポリマーセメントペーストコーティングを施したフェロセメントの補強材の発せい率と乾湿繰返しサイクル数の関係を示す。ポリマーの種類及びポリマーセメント比にかかわらず、ポリマーセメントペーストでコーティングした補強材の湿空養生時間の増加に伴って、各乾湿繰返しサイクル後の補強材の発せい率は減少する。特に、この傾向は、湿空養生時間を1時間から6時間に増加した時に顕著となる。これは、湿空養生1時間では、ポリマーセメントペーストの硬化

## Curing Period of Polymer-Modified Paste Coating

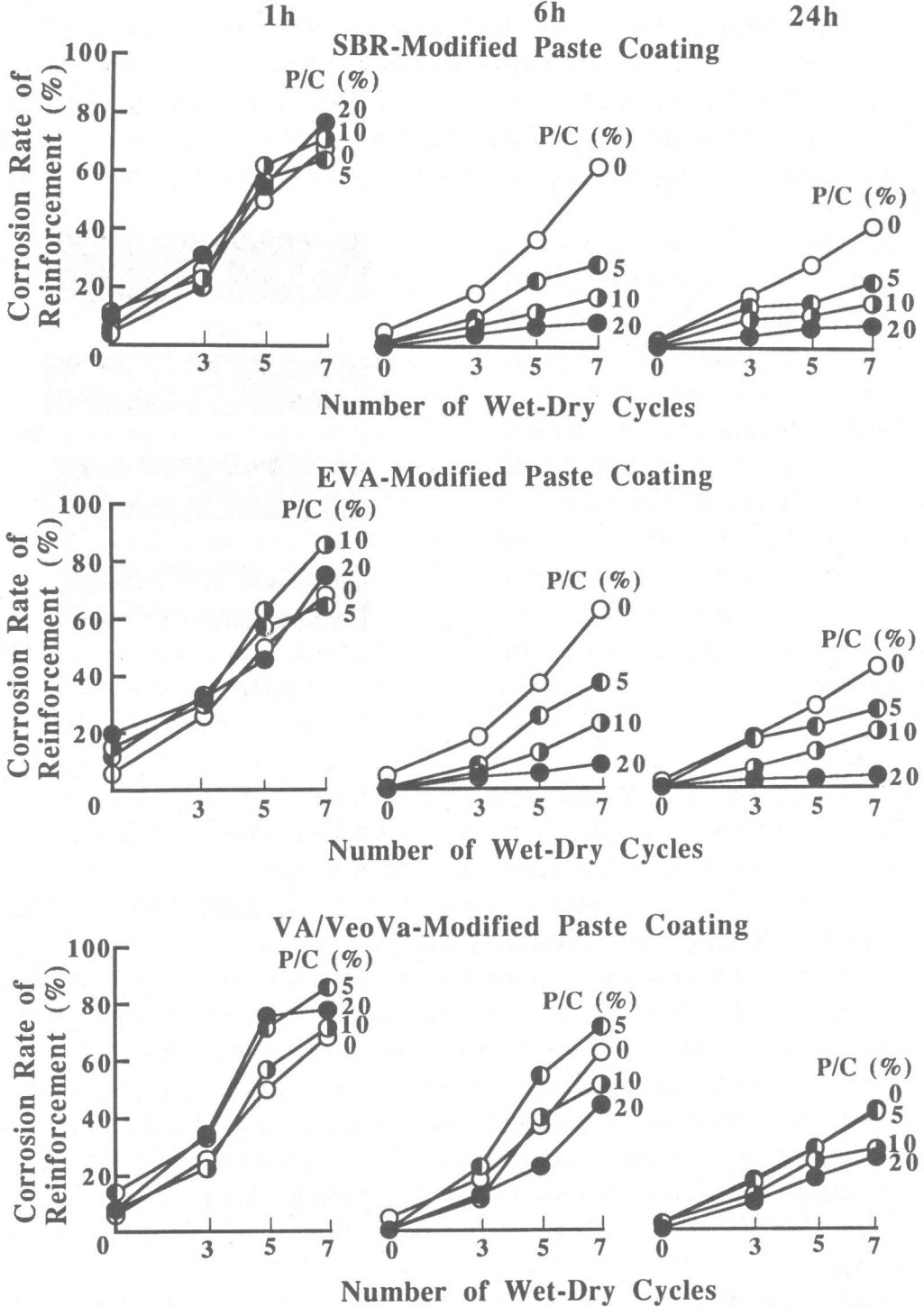


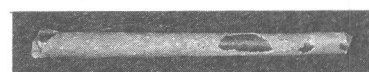
図-2 ポリマーセメントペーストコーティングを施したフェロセメントの補強材の  
発せい率と乾湿繰返しサイクル数の関係

が始まっていないのに対して、湿空養生6時間では、ポリマーセメントペーストの硬化が進んでおり、その違いが影響しているものと考えられる。又、いずれのポリマーの種類においても、湿空養生1時間のものを除けば、ポリマーセメント比の増加に伴って、補強材の発せい率は減少する傾向にある。同一ポリマーセメント比では、補強材の発せい率は、SBR混入セメントペースト<EVA混入セメントペースト<VA/VeoVa混入セメントペーストの順になる。すなわち、SBR混入セメントペーストでコーティングした補強材の発せい率は、EVA混入セメントペーストでコーティングしたもののその約2/3であり、VA/VeoVa混入セメントペーストでコーティングしたもののその約1/2である。

写真1には、ポリマーセメントペーストでコーティングを施した補強材の湿空養生時間を24時間とした時の乾湿繰返し7サイクル後のフェロセメントの補強材の腐食状況を示す。ポリマーセメントペーストでコーティングした場合には、乾湿繰返し7サイクル後も補強材にポリマーセメントペーストが強固に付着しており、腐食の発生及び進展を抑制していることが伺える。一方、普通セメントペーストでコーティングしたものは、乾湿繰返し7サイクル後には、補強材の周辺にコーティング材料は全くなく、補強材表面に赤さびの発生が認められる。



Unmodified Paste



SBR-Modified Cement Paste(P/C=20%)



EVA-Modified Cement Paste(P/C=20%)



VA/VeoVa-Modified Cement Paste(P/C=20%)

写真-1 乾湿繰返し7サイクル後のフェロセメントの補強材の腐食状況

#### 4. 結 論

- (1) ポリマーの種類によって、補強材に最もコーティングしやすく、ワーカビリティに優れているポリマーセメントペーストの調合は大きく異なる。本研究の範囲では、補強材コーティング用ポリマーセメントペーストの最適調合は、表4に示す通りである。
- (2) ポリマーセメントペーストで補強材をコーティングした後の湿空養生時間が長い程、各乾湿繰返し7サイクル後の補強材の発せい率は減少する傾向にある。
- (3) ポリマーセメント比の増加に伴って、ポリマーセメントペーストでコーティングした補強材の発せい率は減少し、同一ポリマーセメント比では、VA/VeoVa混入セメントペースト>EVA混入セメントペースト>SBR混入セメントペーストでコーティングした補強材の順になる。
- (4) ポリマーセメント比10%及び20%のSBR及びEVA混入セメントペーストをコーティング材料として用いて、更に、補強材の湿空養生時間を6時間以上とすることにより、乾湿繰返し7サイクル後も、補強材の発せい率を15%以下に抑制できる。従って、フェロセメントの耐久性改善策として、補強材へのポリマーセメントペーストコーティングが有効であるといえる。

#### 参考文献

- 1) 大濱嘉彦：講座／特殊な材料を用いたコンクリート（その22），ポリマー材料を用いたコンクリート，V-1 ポリマー混和剤，コンクリート工学，Vol. 25, No. 12, pp. 75-86, 1987. 12