

# コンクリート補修材としてのポリマーセメントモルタル 及びポリマーの性能に関する研究

## A STUDY ON THE PROPERTIES OF POLYMER AND POLYMER-MODIFIED MORTARS AS A CONCRETE REPAIRING MATERIALS

構造及びコンクリート工学分野 岡本典子

Structure and concrete engineering field Noriko OKAMOTO

近年コンクリート構造物への補修材料として必要不可欠となっているポリマーセメント系材料に使用されるポリマーの種類・適用方法に着目して、ポリマー材料をモルタルに適用したときの影響の検討、さらに、補修材料としての性能確認実験を行った。その結果、一部ポリマーを除き、補修材料として十分な性能を保有することが確認出来たが、ポリマーによりモルタルに及ぼす影響は大きく差異があり、補修材料として使用する際は補修方法・環境条件などを考慮して適切に材料を使用する必要がある。

In recent years focusing on the type and application of the polymer used for the polymer cement-based material has become indispensable as a repair material for concrete structure, study of the influence when the polymeric material is applied to a mortar, further repair the performance confirmation experiment of the material was carried out. As a result, except for some polymers, but was confirmed to possess sufficient performance as a repair material, there is a big difference effect on the mortar by the polymer, when used as a repair material repair methods and environmental conditions, such as it is necessary to use an appropriate material in consideration.

### 1. はじめに

現在、高度成長時代に建設された多くのコンクリート構造物の老齢化が深刻な問題となっており、補修・補強が必要なコンクリート構造物は急激に増大している。そのような我国の現状の中、コンクリート構造物の補修に対して最も主流に使用されている材料が、ポリマーセメントモルタル(PCM)である。しかし近年、補修された構造物の再劣化などが問題となっている。現在使用されているポリマー混和剤はプレミックス製品であり、ポリマーの種類や含有量など内容物の詳細は開示されておらず、ポリマーセメントモルタルの性能に大きく影響する材料調合がどのようになっているか不明なのが実態であり<sup>1)</sup>、補修後の劣化予測手法が確立されていないのが現状である。今後、補修後の耐久性を評価するためには、対象となる構造物コンクリートの部位、環境に応じて、材料の持つ特性を理解し適切に補修材料・方法を選択し、製品化された補修材料の耐久性を適切に評価することが重要である。

そこで本研究では、プレミックスされる前の複数種類のポリマーを対象に基本特性を把握、また、ひびわ

れ補修・断面修復補修を想定した実験を行い、補修材料としての適用性検討を行う。

### 2. PCMの基本特性

ポリマーとは広義には有機高分子材料全般を指し、PCMはモルタルの一部をポリマーで代替したもので、硬化において図-2.1のようなポリマーの網状構造(以下ポリマーフィルム)を含む一体化した結合材相、すなわち co-matrix 相が形成され、水密性や気密性が向上する。強度改善効果としては、ポリマーフィルムの架橋効果で曲げおよび引張強さに寄与する<sup>2)</sup>。

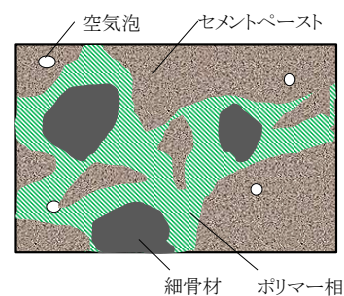


図-2.1 PCM硬化後組織構造

### 3. モルタルにポリマーを適用した影響の検討

#### 3.1 実験概要

実験に使用した PCM のポリマー種類および特性値を表-3.1 に示す。配合は、水セメント比を 40%、セメント砂比（質量比）を 1:2.5 とした。PCM のポリマーセメント比については、通常 5~30% で使用されるため 10% とした。ただし、フレッシュ性状の確保できなかった場合はポリマーセメント比を 2% として再実験を行った。表-3.2 に実験概要を示す。

表-3.1 使用ポリマー特性値

No.	ポリマー種類	主成分	分類	状態	下垂率 (%)	粘度 (mPa·s)	pH	使用実績	
1	アクリル系エマルジョン	アクリル樹脂	PAE	液体状	39.5	54	4.4	あり	
2	アクリル系エマルジョン	アクリル樹脂	PAE	液体状	49.3	97	8.4		
3	アクリル系エマルジョン	アクリル樹脂	PAE	液体状	49.6	672	7.8		
4	ポリシキソサン・ポリウレタン 複合樹脂水性ディスパージョン	ポリシキソサン複合アクリル樹脂	PAE	液体状	35.1	196	8.1		
5	SBR系アクリル	スチレンブタジエンゴム	SBR	液体状	47.2	28	9.8		
6	反応性エポキシ樹脂系ポリマー セルロースナノファイバー	ポリウレタン	-	液体状	100	1350	-		
7	分散エマルジョン	セルロースナノファイバー	-	液体状	20	4300	8.3		
8	超微粒子アクリルエマルジョン	アクリル樹脂	PAE	液体状	40	17	7.5		
9	環状エポキシエマルジョンパウダー	増粘セルロースエチレンの共重合粉末樹脂	EVA	粉末状	100	-	-		なし
10	環状エポキシエマルジョンパウダー	アクリル酸エステル粉末樹脂	PAE	粉末状	100	-	-		なし
11	水性性ポリマー	ポリビニルアルコール	PVA	粉末状	100	-	-		新開発

表-3.2 試験項目

種類	試験項目	試験方法	試験体	試験材齢	
フレッシュ特性	モルタルフロー試験	JIS R 5201	-	-	
	曲げ強度試験	JIS A 1171	40×40×160mm	28日	
硬化特性	圧縮強度試験	JIS A 1171			
	接着強度試験	JIS A 1171			40×40×10mm
	長さ変化率試験	JIS A 1129			40×40×160mm

#### 3.2 実験結果

表-3.3 に実験結果をポリマー分類別に色分けして示した。記号 N はポリマー未混入供試体、P-○ は P:PCM、○:混入ポリマー No. を表わしている。

##### (1) フレッシュ特性に及ぼす影響

同系統のポリマーでもモルタルに及ぼす影響が大きく差異がある。例えば、PAE 系モルタルフローは 136mm~300mm となっており、ポリマー粒子の空気連行作用、併存する界面活性剤による起泡作用によってワーカビリティは変動することが知られているが<sup>2)4)</sup>、本実験では特に大きくフローが出ている P-2、P-5、P-8 は空気連行作用が高いポリマーであるといえる。

##### (2) 力学的特性に及ぼす影響

曲げ・圧縮強度はポリマーを混和することによって、ほとんどのポリマーで強度は低下した。一般的にはポリマーを混和することにより、曲げ強度は改善されるということが知られているが<sup>2)3)</sup>、本実験で使用したポリマーでは異なる結果となった。

ポリマー混入による強度への改質効果は、圧縮よりも曲げおよび引張強さにおいて顕著で現れる。ポリマー自体が曲げ強度に寄与する影響を検討するために、曲げ強度を圧縮強度で除した値、曲げ圧縮比で評価す

る。ポリマー未混入 N と比較して、すべてのポリマーで大きくなり、ポリマーの被膜充填効果は確認出来た。また、接着強度に関しても、P-10 以外で強度は著しく改善し、最大で約 3 倍以上の高い接着効果が確認出来、PCM の特徴が現れている。曲げ圧縮比と、接着強度の相関係数は 0.45 でやや低い値となっており、供試体作製にあたっての打設密実性も強度に影響を及ぼすと考えられるが、ポリマーにより改善効果の度合い、力学的性質に寄与する効果は異なると考えられる。

ポリマーをモルタルに混和することで乾燥収縮は低減するとされているが<sup>2)</sup>、長さ変化率試験結果から乾燥収縮量を見ると、P-1、P-2、P-3、P-10 を除き、乾燥収縮低減効果は確認出来ず、本研究では全てのポリマーには当てはまらなかった。

##### (3) 強度発現性に及ぼす影響要因

ポリマーを混入したことにより全供試体で圧縮強度が低下した原因は、圧縮強度は細孔容量に反比例することが知られており<sup>4)</sup>、ポリマーの空気連行作用により過大に空気が連行されたことでモルタルの細孔容量が増大し、強度発現性が低下したと考えられる。しかし、その度合いはポリマーにより大きく異なる結果となり、以下に同分類のアクリル系ポリマーの実験結果に着目して強度に及ぼす影響を検討した内容を示す。

図-3.1 は各種ポリマーが及ぼすモルタルへの影響度合いを比較するために、P-1~P-11 のモルタルフロー値、圧縮強度、長さ変化率をポリマー未混入 N の値で除した強度比の結果を示している。P-2 と P-8 は同程度の空気連行性であり実験結果よりポリマー相形成は問題なく形成されていると考えられるが、P-8 では著しく乾燥収縮量が大きくなった。乾燥収縮は同程度の細孔容量であっても、気泡が連続か独立状態で存在しているかにより大きく変動する<sup>5)</sup>。ポリマー及びポリマーに併存する界面活性剤はフレッシュ時の気泡安定性に影響を及ぼすため<sup>6)</sup>、その影響で気泡組織が変化することで乾燥収縮に大きく差異が生じたと考えられる。

P-4 と P-11 に関してもフロー結果より、連行空気は同程度であると考えられるが、P-11 では著しく圧縮強度が低い。ポリマー相の形成速度がセメントの水和反応より速い場合、セメントの水和反応を阻害することが知られており<sup>7)</sup>、その影響で P-11 では発現強度性が著しく低下したと考えられる。

以上の結果より、各種ポリマー特性による①ポリマー相形成速度、ポリマーに併存する界面活性剤の空気連行作用・気泡安定作用による②細孔容量③気泡組織の形態が複合的に作用することで強度発現に及ぼす影響は大きく異なると考えられる。ポリマーの空気連行

作用による強度低下は消泡剤を添加することで強度改善が期待出来る。また、ポリマー相形成速度とセメント水和速度の不均衡が原因であれば、今回の場合、セメント配合量を増やす、もしくはポリマー添加量を減らすことで強度の低下は防ぐことが出来ると考えられる。

表-3.3 試験結果一覧

名称	ポリマー分類	モルタルフロー (mm)	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ圧縮比	接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	長さ変化率 (μ)
N	-	172.0	10.5	69.0	0.15	0.78	1239
P-1	PAE	155.5	11.1	43.4	0.26	2.96	544
P-2	PAE	275.0	9.2	26.0	0.35	3.21	154
P-3	PAE	227.0	11.9	46.3	0.26	2.93	136
P-4	PAE	136.0	9.7	43.3	0.22	-	1280
P-5	SBR	276.0	8.2	34.5	0.24	2.57	2051
P-6	-	103.0	5.9	38.1	0.16	-	-
P-7	-	124.5	8.0	52.5	0.15	1.17	1455
P-8	PAE	300.0	9.5	29.6	0.32	3.18	2032
P-9	EVA	199.5	10.5	50.6	0.21	3.18	1627
P-10	PAE	153.0	10.2	46.0	0.22	0.69	1096
P-11	PVA	144.0	6.5	19.8	0.33	2.41	1782

(赤字：ポリマー未混入 N より強度発現性及び性能が低い値)

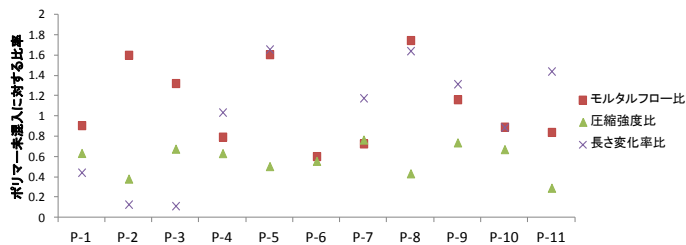


図-3.1 PCM のポリマー未混入 N に対する強度比

#### 4. 断面修復補修材としての性能確認試験

##### 4.1 実験概要

断面修復工法は、劣化により欠損したコンクリートの修復目的とし、修復材を欠損、撤去部に充填する工法である。材料は PCM が主流に使用されており、図-4.1 に示すように、表面含浸材(下地強化剤、塗布型防錆剤等)、プライマー材(吸水調整剤)、養生剤などがコンクリートの劣化状況に応じて用いられる場合がある<sup>8)</sup>。

プライマー材は断面修復材との界面にドライアウト現象が生じることを防ぐために既存コンクリートに塗布するものであり、エマルジョンの希釈液やポリマーセメントペーストが使用されている。断面修復材と既設コンクリートとの確実な一体化は特に重要であり、本実験では力学的基本特性として圧縮及び曲げ試験、断面修復に特有な性能として接着強度試験耐久性能としては中性化促進試験、透水量試験を行った。

図-4.2 は本実験での補修イメージを示したものである。既往研究において、図-4.2(a)の工法での補修材としての適用性の検討は行われているが、本研究では付着性向上を目指し、図-4.2(b)のようにプライマーとしてポリマーを使用したときの効果を確認する。また、断面修復補修においては補修モルタルと既設コンクリートの付着界面で補修モルタルから既設コン

リートへの水分移動が生じることによって、補修モルタルのセメント水和反応が阻害される現象(ドライアウト現象)が生じることが再劣化の原因にもなっている。よって、ポリマー被膜による遮水効果を併せて検討することで吸水調整剤としての性能を確認する。

また、ポリマーをモルタルに混和して使用されるのが主流であり、その高い耐久性は既往研究で明らかになっているが、図-4.2(b)に示すようにポリマー表面被覆材として適用するだけでも、耐久性がどの程度向上するかを確認する。

なお、複数のポリマーを使用し、各種ポリマーが硬化特性に及ぼす影響をより明確に把握するため、混和剤を用いてフレッシュ性状を統一し、硬化特性の比較検討を行うこととする。目標モルタルフローは、170 ± 10mm とし、フローの小さいものは AE 減水剤、フローの大きいものは増粘剤を用いて調整した。また、空気量に関しては目標空気量を 10% 以下としている。

表-4.1 使用ポリマー特性値

ポリマーNo.	ポリマー種類	主成分	分類	状態	不揮発分 (%)	粘度 (mPa·s)	pH
1	アクリル系エマルジョン	アクリル樹脂	PAE	液体状	39.5	54	4.4
3	アクリル系エマルジョン	アクリル樹脂	PAE	液体状	40.6	672	7.8
12	接粘剤・アクリル系エマルジョン	-	-	液体状	15~17	1~10	10~12.5

表-4.2 試験項目

種類	試験項目	試験方法	試験体
フレッシュ性状	モルタルフロー試験	JIS A 1171	-
	空気量試験	JIS A 1128	-
硬化特性	曲げ強度試験	JIS A 1171	40×40×160mm
	圧縮強度試験	JIS A 1171	
	接着強度試験	JIS A 1171	
耐久性	中性化促進試験	JIS A 1153	100×100×400mm
	透水量試験	JIS A 6909	100×100×400mm

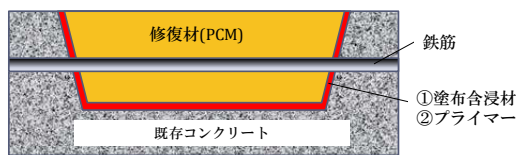
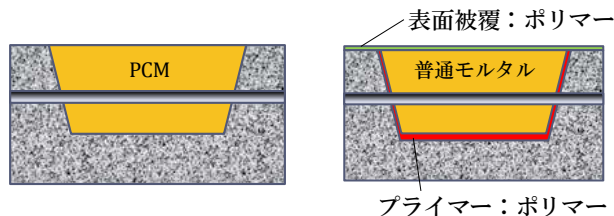


図-4.1 一般的な断面修復図



(a) 修復材 PCM

(b) 修復材 NCM

図-4.2 本実験でのポリマー適用イメージ

#### 4.2 基本特性試験結果

表-4.3 はモルタルフロー・空気量・曲げ・圧縮強度を示している。セメント混和用ポリマーディスパージ

ョンの JIS A 6203 による品質規定値では曲げ強度が 8.0N/mm<sup>2</sup>, 圧縮強度が 24.0N/mm<sup>2</sup> となっており, ポリマーNo.1 を使用したモルタルは規準値を満たしている. P-1 及び P-3 の空気量は顕著な違いはなく, 曲げ圧縮比からもポリマーのモルタル性質改善効果は確認出来る. しかし, No.3 のポリマーを混和したことで強度は著しく低下した. その要因の一つ目は気泡組織の影響であると考えられる. 硬化後供試体表面を見ると, P-1 供試体表面(写真-4.1)より, No.3 のポリマーを混和した供試体表面(写真-4.2)には多数の気泡が顕在していた. ポリマーNo.3 では, ポリマーに併存する界面活性剤の影響で気泡組織が安定化し, さらに増粘剤添加による影響で気泡が粗大化することが確認されており<sup>9)</sup>, その影響で圧縮強度が低下したと考えられる. つまり, 消泡剤を添加することで連行空気は調整出来たが, 増粘剤添加による気泡組織粗大化で強度が低減したと考えられる. No.3 のようなポリマーを補修材として使用する際は, 増粘剤添加は望ましくなく, PCM の場合, 他混和剤を併用するには十分な検討が必要であると考えられる.

表-4.3 基本特性試験結果

モルタル種類	使用ポリマー No.	W/C (%)	フロー (mm)	空気量 (%)	曲げ強さ (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強さ (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ圧縮比
NCM	-	50	179.5	5.2	10.49	48.9	0.21
PCM	1	50	176.5	13.5	10.38	26.0	0.40
	3	50	179.5	12.0	6.96	16.5	0.42



写真-4.1 P-1 表面



写真-4.2 P-3 表面

### 4.3 接着試験

#### (1) 試験概要

接着試験供試体の種類は表-4.4 に示しており全 12 ケースで試験を行った. ポリマーの種類・使用用途を変え, 実験を行った. なお, ポリマーをプライマーとして使用した供試体に関しては, 工期短縮を図るためにプライマー塗布～打設時間を変えて行った. プライマーは企業指定使用量で実験を行い, 発現強度が悪かった供試体では塗布量を増加させたケースや, 補修モルタルの水セメント比を低くしたケースで再実験した. No.12 のポリマーに関しては表面含浸材として使用実績があるため, PCM としては試験を行っていない. 調査は水セメント比 40% 及び 50%, セメント砂比を 1:2.5 とした. ポリマーセメントモルタルのポリマーセメント比は 10% としている.

#### (2) 試験結果

PCM とコンクリート界面の付着は, PCM 自身の化学的付着作用と既設コンクリート処理表面の幾何学的な形状による機械的付着作用からなると考えられている<sup>10)</sup>. 本実験で使用する基盤コンクリートは凹凸が少ないため機械的付着による作用はないものとして, ポリマーをモルタルに混和した場合の接着強度に及ぼす影響は①各種ポリマーがもたらす化学的作用と②セメント組織の水和状態から評価する. また, プライマーとしてポリマーを適用している供試体に関しては①ポリマーの物性②ポリマーの成膜状態③セメント組織の水和状態から評価する.

図-4.3 は接着試験結果を示したグラフであり, 接着強度に関してはポリマーNo.12 を除き, ポリマーの使用用途によらず補修材としての規準強度を満たしており, 補修材としては十分な強度を保有していることが確認出来た.

プライマーとして使用する場合, 高い接着強度発現性が確認でき, プライマー塗布 1 時間後でも断面修復材としての規準強度<sup>2)</sup>1.0N/mm<sup>2</sup> を満たしており, 早期でも付着強度は確保できていることが確認出来た. しかし, PAE 系ポリマーNo.1, No.3 で比較すると, ポリマーNo.3 の方が強度発現性は悪くなった. 既往研究により, プライマーとしてポリマーを使用する場合, のポリマーエマルション自体の粘度が強度に影響を及ぼし, 粘度が高いものほどコンクリート表層部への浸透が不十分となり強度が低下するとしている<sup>12)</sup>. 本研究においても, 粘度が高いポリマーNo.3 の方が強度発現性は悪くなり, ポリマー自体の粘度が接着強度に影響した可能性があると考えられる. No.12 は有機系物質に対する表面含浸材として実績のあるポリマーであるが, 強度発現性が著しく悪く, 無機系のモルタルには不向きであると考えられる.

ポリマーをモルタルに混入した供試体に関しては, 無処理の供試体 No.1 より強度は改善しているものの, プライマーとしてポリマーを使用した供試体ほど改善されなかった. この結果に対して考えられる要因は, モルタルフローが小さかったため密実に打設出来ていなかったこと, また, 本研究で定めていた消泡剤の使用限界では空気量を調整しきれず, 空気量が多くなり, ポリマーの持つ化学的接着効果が抑制され, 強度低下につながったと考えられる. また, ポリマーの使用用途によりポリマーNo.1 では約 2 倍の差が生じており, これはモルタルのセメント水和反応も要因となっていると考えられる. プライマーを使用することで, モルタル中の水分が基盤コンクリートに吸収されることを抑制し, 水和反応が阻害されることなく, 強度を発揮できたためだと考えられる.

表-4.4 接着強度供試体ケースおよび結果

供試体 No.	モルタル種類 (W/C)	No.	使用方法	使用ポリマー		接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	
				プライマー塗布 ~ 打設時間	プライマー塗布量 (g/m <sup>2</sup> )		
1	NCM(W/C:50%)	なし	-	-	-	0.57	
2	NCM(W/C:50%)	1	プライマー	1時間	300	1.25	
3	NCM(W/C:50%)			1日	300	1.64	
4	NCM(W/C:40%)			1日	300	2.32	
5	PCM(W/C:50%)			混和剤	-	-	1.01
6	NCM(W/C:50%)	3	プライマー	1時間	300	1.16	
7	NCM(W/C:50%)			1日	300	1.21	
8	NCM(W/C:50%)			1日	450	1.34	
9	NCM(W/C:40%)			1日	300	1.81	
10	PCM(W/C:50%)			混和剤	-	-	1.34
11	NCM(W/C:50%)			1日	300	0.49	
12	NCM(W/C:50%)	12	プライマー	1日	300	0.85	

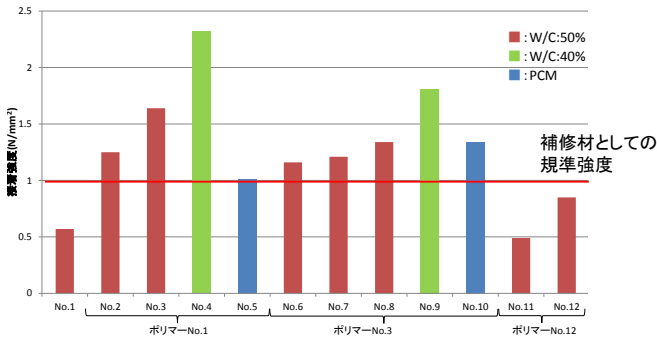


図-4.3 接着試験結果

#### 4.4 中性化促進試験

##### (1) 試験概要

試験供試体の種類は表-4.5に示しており、ポリマーの種類・使用用途を変えて、全12ケースで試験を行った。促進条件は温度20℃、相対湿度60℃、二酸化炭素濃度5%で行い、所定期間で中性化深さを計測した。

表-4.5 作製供試体ケース

ケース No.	供試体名	モルタル種類	使用ポリマー	
			No.	使用方法
1	N	NCM	-	-
2	N-C-1		1	表面被覆材
3	N-C-3		3	
4	N-C-12		12	
5	P-1	PCM	1	セメント混和剤
6	P-3		3	

##### (2) 試験結果

ポリマーを混和することでモルタル中にポリマーフィルムが形成されるため、細孔構造が緻密になり、中性化抵抗性は向上することが既往研究で明らかになっている<sup>2)</sup>。図-4.4は中性化深さを示したグラフであり、P-3を除き、ポリマーをモルタルに被覆及び混入することで高い中性化抵抗性があることが確認出来た。P-2に関してはポリマー未混入に対し中性化深さが約2/3程度に低減され、高い中性化抑制効果が確認出来、既往研究の認識と一致する結果となった。P-3の耐中性化性が著しく低下した要因は、透気係数は空隙直径に密接な関係があるとの報告<sup>11)</sup>があり、増粘剤添加に伴う気泡組織の粗大化が直接的原因と考えられる。既往

研究<sup>2)</sup>により、ポリマーを混和することで細孔構造が緻密になり、中性化抵抗性は向上することが明らかになっており、P-3の曲げ圧縮比はポリマー未混入Nより向上しており、ポリマーフィルム形成により被膜充填効果は発揮されていると考えられる。換言すると、ポリマーを混和することで細孔構造が緻密に改質されたとしても、粗大な空隙径を有する場合、気泡組織が中性化抵抗性に対して支配的に作用するといえる。また、モルタル表面に被覆するだけでもモルタルに混和する場合と同等の中性化抵抗効果が得られた。

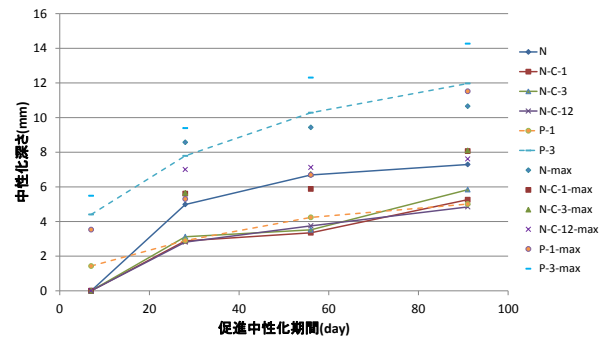


図-4.4 中性化促進試験結果

#### 4.5 透水量試験

##### (1) 試験概要

供試体ケースに関しては、表-4.5の中性化促進試験と同様ポリマーの種類・適用方法を変えて作製し、表面被覆供試体に関しては養生期間によるポリマー膜の発現効果を確認するため塗布後1日・14日で試験を行い、試験開始後1日・7日後に透水量を計測した。

##### (2) 試験結果

透水量試験結果を図-4.5に示す。透水量規準値は透水試験B法では3mL以下で、N-C-3(2day), N-C-12(2day)を除き規準値を満たしており遮水効果が確認出来た。

ポリマー使用方法の違いが透水量に及ぼす影響を、試験開始7日後に計測した透水量で比較すると、ポリマーNo.1では被覆材として使用するより、モルタルの混和剤として使用する方が2倍以上の遮水効果が確認できた。ポリマーNo.3では被覆材としては効果が得られなかったが、混和材としては高い遮水効果が確認出来た。P-3は気泡組織の影響で強度発現性が悪く、中性化抵抗効果もなかったが、遮水効果は高くなった。つまり、ポリマーをモルタルに混和した供試体では、気泡組織が粗大化しても水粒子レベルであれば、遮水性に寄与する影響は小さく、ポリマーフィルムを形成が遮水性に対しての支配的要因になると考えられる。ポリマーを被覆材として使用した場合、各種ポリマー自体の遮水性により透水量は変動すると考えられる。ポリマーの粘度が大きければ基盤コンクリートへの浸

透が悪くなり、ポリマーが発揮する効果は低減する事が確認されており<sup>12)</sup>、ポリマーNo.3は粘度が高く、透水に関しても効果は得られなかった。

表面被覆ポリマー塗布から試験開始期間の違いに着目すると、ポリマー塗布後14日で試験を行った供試体は塗布後2日で行った供試体に比べ約2割程度遮水効果が向上した。塗布後のポリマーからの水分蒸発により、ポリマー粒子が均等に分散・浸透し、密実な成膜を形成すると考えられる。

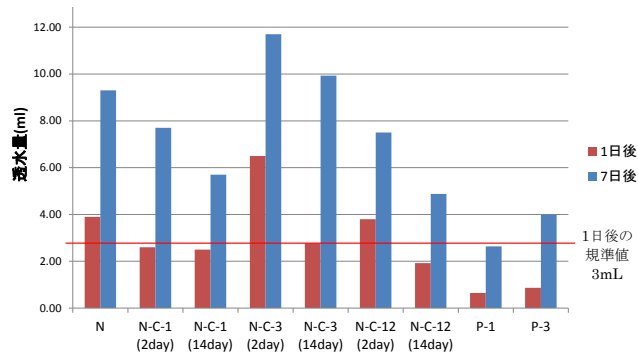


図 4.5 透水量試験結果

## 5. まとめ

モルタルにポリマーを適用した影響に関して本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 一部ポリマーを除き、ほとんどのポリマーで接着強度及び曲げ圧縮比は向上し、ポリマーによる被膜充填効果が確認出来た。
- (2) 同分類のポリマーでもフレッシュ特性及び硬化特性に及ぼす影響には大きく差異があり、ポリマーの種類だけでなく、併存する界面活性剤系によってモルタルの性質は改質されると考えられる。
- (3) ポリマーの空気連行作用、ポリマー相の形成速度によるセメントの水和反応阻害作用などが複合的に作用することで曲げおよび圧縮強度は低下した。
- (4) ポリマー混和剤と増粘剤を併用する場合、ポリマーの種類によっては気泡組織が粗大化し、硬化特性に悪影響を及ぼすため、増粘剤を使用する際は検討を行う必要がある。

断面修復材としての適用性確認実験を行った実験結果から得られた成果を以下に示す。

- (1) 接着強度に関しては一部ポリマーを除き、ポリマーの使用用途によらず、補修材としての規準強度を満たしていたが、プライマーとして使用する場合、高い接着強度発現性が確認できた。
- (2) 耐久性はポリマーの種類及び使用方法によって発揮する効果は大きく異なる
- (3) ポリマーをモルタルに混入した時の中性化抵抗性は、耐中性化されないポリマーもあり、増粘剤

添加、界面活性剤などによる複合的要因による気泡径の粗大化が支配的要因になる。遮水性は、ポリマーフィルムの形成が遮水性に対しての支配的要因になる。

- (4) ポリマーをモルタル表面に被覆した場合は、ポリマーの種類によらず高い中性化抑制効果が確認できたが、遮水性は使用ポリマーの粘度が結果に大きく寄与する。

## 参考文献

- 1) 一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部 建築術開発委員会 コンクリート品質専門部会 かぶり厚さ確保研究会：RC建築物のかぶり厚さの信頼性向上に関する研究，pp8-30
- 2) 大濱嘉彦：よくわかるポリマーセメントコンクリート/ポリマーコンクリートの基本と応用，2007
- 3) 出村克宣：セメント混和用ポリマー，コンクリート工学，最近のコンクリート用混和剤，vol.26, No.3, pp85-90, 1988
- 4) 槇島修：断面修復材の材料特性の違いが耐久性に与える影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.26, No.1, 2004
- 5) 伊藤正憲，加藤佳孝，魚本健人：実環境下におけるポリマーセメント系断面修復材の性能評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.29, No.2, 2007
- 6) 橋本寛，大濱嘉彦：ポリマーセメントコンクリートの調合設計に関する基礎的研究その3:空気連行性と消泡剤の添加効果，日本建築学会東北支部研究報告集 No.30, p.45, 1977
- 7) 向井毅：ポリマーセメントコンクリートの強度および乾燥収縮に関する基礎的研究，学術講演梗概集構造系 Vol.51(構造系)，pp.251-252, 1976
- 8) セメント協会：セメント系補修・補強材料の基礎知識，pp29-36, 2011
- 9) 谷口円，須藤由美子ら：増粘剤系高流動コンクリートの気泡組織と耐凍害性，学術講演梗概集 A-1, 材料施工，Vol.1995, pp.311-312, 1995
- 10) 古内仁，酒井亮，上田多門：ポリマーセメントモルタルの付着特性に与える界面粗度および粗骨材寸法の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.28, No.2, 2006
- 11) 千葉一雄：モルタルコンクリートの透気性を透気性が中性化に及ぼす影響，セメント技術年報，pp347-350
- 12) 沢出稔：ポリマーエマルジョン散布打継工法を適用した若材令コンクリート打継目の接着強度，日本材料学会論文集，第40巻，第456号

## 討議

討議 [ 木内龍彦 先生 ]

鉄筋が腐食してコンクリートが剥落している時どのポリマーが最適か、また、下地コンクリートの特性による接着強度や耐久性に関する影響はないのか。

回答

鉄筋の腐食原因には二酸化炭素・水・塩素等の浸透が挙げられ、それら全てにおいての耐久性を考慮して適切なポリマーを使用する必要があるが、本実験で行った中性化促進試験・透水量試験結果から判断すると、No.1 のポリマーを表面被覆材として使用した場合が最適であると考えられる。本実験結果より、ポリマーの適用方法の違いによっても耐久性・付着特性は差異があることが確認出来た。No.1 のポリマーは混和剤・表面被覆材共に補修材として高い耐久性を示したが、接着強度に関しては被覆材として使用した方が更に高い接着改善効果を有するため最も効果的であると考えられる。

下地コンクリートの特性が接着特性に及ぼす影響は既往研究でも検討されており、下地コンクリートの界面粗度や基盤コンクリートの透水量に依存する。界面粗度が小さい場合は機械的付着性能が低下するため付着強度は低下する。また、基盤コンクリートの透水量が大きい場合は付着界面でドライアウト現象が生じることにより強度低下の原因となる。

討議 [ 山口隆司 先生 ]

接着強度基準値 1N/mm<sup>2</sup> はどういう意味があり、要求される性能も含めて、何をもとに決められているのか。

回答

JIS A 6203 セメント混和用ポリマーディスパージョン及び再乳化形粉末樹脂では PCM としての品質規格が定められており、断面修復においてはこの要求性能に基づいて補修材料が使用される。基準値は JIS A 1171 の 7.3 接着強さ試験に基づき、補修後に躯体コンクリートから剥離しない程度の強度として定められている。

討議 [ 角掛久雄 先生 ]

プライマーはドライアウト現象に対応出来ないのか。

回答

ドライアウト現象は、基盤コンクリートが乾燥状態もしくは透水量が大きい細孔構造の場合、補修モルタルの水分が基盤コンクリートに吸収され、界面における補修モルタルのセメント水和反応を妨げる現象である。本実験結果より、ポリマーをプライマーとして使用した場合、No.1, No.12 のポリマーはプライマー処理していない供試体に比べ約 1/2 に低減され、補修モルタルからの透水を遮断することによりドライ

アウト現象を防止する効果は期待出来ると考えられる。

討議 [ 鬼頭宏明 先生 ]

ポリマー混入することによる強度発現の影響は既往のデータでは、どのくらいで強度が発現するのか。

回答

ポリマーフィルム形成による水密・気密性の組織構造となるため、長期間にわたる良好な保水性と強度増進効果があり、若干、硬化が遅れる場合があるが、実用上差し支えるほどではないとされている。