

高強度ポリマーセメントモルタルの開発 - フレッシュ性状、力学的性質および耐久性 -

太平洋セメント（株） 正会員 ○福田 康昭、 正会員 林 志翔
太平洋セメント（株） 正会員 唐沢 明彦、 正会員 鳥居南 康一
（株）イズコン 山根 光二

1. はじめに

近年、環境負荷低減あるいは省力化の観点から高強度、高耐久といったコンクリートの高性能化が求められている。ポリマーの混和は、曲げ強度および引張り強度の向上の面から、コンクリート製品へ適用した場合、軽量化および施工の合理化が期待できる。著者らは、従来のポリマーを改良し低水セメント比の配合で蒸気養生を行なうことによって高強度を発現するポリマーセメントモルタルの開発を進めてきた¹⁾。本報告では、コンクリート製品への適用を目的として、改良したポリマーを混和した高曲げ強度ポリマーセメントモルタル（以下PMM）のフレッシュ性状、力学的性質および耐久性について検討した。

2. 実験概要

使用材料を表1に、配合を表2に示す。養生は、常圧蒸気養生（前置20 - 2h、昇温20 /h、保持65 - 3h、自然放冷）とした。試験方法はJIS A 1171に準拠した。ただし、フロー試験は0打フローとした。曲げ接着強度試験は、4×4×16cmの供試体を中央で切断し、切断面と反対側の面同士をアセトンで拭いた後、2液型エポキシ接着

表1 使用材料

種類	材料名	記号	主成分・物性
セメント	早強ポルトランドセメント	HC	密度: 3.14g/cm ³
	普通ポルトランドセメント	NPC	密度: 3.16g/cm ³
細骨材	静岡県小笠郡浜岡町産陸砂	S	表乾密度: 2.60g/cm ³ 、吸水率1.5%、FM: 2.75
粗骨材	茨城県岩瀬町産硬質砂岩砕石2005	G	表乾密度: 2.65g/cm ³ 、吸水率0.94%
混和剤	水溶性ポリマー	PAE	ポリ(メタ)アクリル酸エステル、固形分50%
	高性能減水剤(PMM)	SP	ポリカルボン酸エーテル
	高性能減水剤(普通コンクリート)	SP	ナフタリンスルホン酸ホルマリン高縮合物塩
	消泡剤	LG	特殊非イオン界面活性剤

表2 PMMおよび普通コンクリートの配合

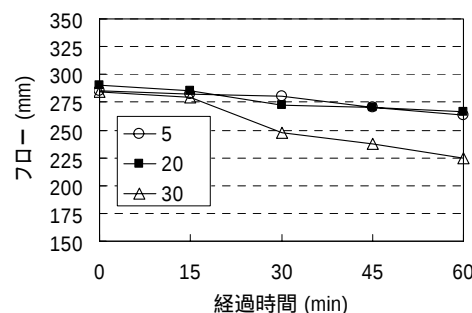
種類	目標値		W/C	PAE/C	s/a	S/C	単位量 (kg/m ³)							
	70-スランフ (cm)	空気量 (%)					W	HC	NC	PAE	S	G	SP	LG
PMM	29.0±1.0	2.0	20.5	11.0	-	1.5	57	801	-	176	1202	-	13.6	5.3
普通コンクリート	8.0±2.5	2.0	44.4	-	45.9	-	168	-	378	-	826	989	1.5	-

剤で接着し再度4×4×16cmとして曲げ試験を実施した。なお、接着層の厚さは1.5mmとした。凍結融解試験の供試体は10×10×40cmとし300サイクルまで実施した。塩化物イオン浸透深さ試験は、3%のNaCl溶液に浸漬3日と乾燥4日を1サイクルとし、4サイクルまで行なった。耐薬品性試験はφ10×20cm供試体を5%の塩酸および10%の硫酸に浸漬した。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状

図1に各環境温度におけるフローの経時変化を示す。PMMのフローは、環境温度に関わらず時間的な変化が小さく、30の場合でも60分で220mm以上であり、実際の製造において十分な可使用時間を有すると思われる。また、PMMはワーカビリティが改善され、ブリーディングがなく十分な自己充填性を有することからコンクリート製品への適用が可能であると考えられる。



3.2 力学的性質

表3にPMMと普通コンクリートの養生材齢14日における力学的性質の比較を示す。PMMは、普通コンクリートと比較して、曲げ強度が3倍、引張強度が2倍となり、高い強度を示した。さらに、高強度に関わらず、PMMの曲げ/圧縮の比が普通コンクリートの2倍となり、脆性が改善された。また、PMMの曲げ接着強度は、母材の曲げ強度の約75%で11.6N/mm²と高い曲げ強度を示した。これは、PMMの母材強度が高いことと、母材にポリマーを使用し

表3 力学的性質の比較

項目	PMM	普通コンクリート
圧縮強度(N/mm ²)	78.0	42.7
曲げ強度(N/mm ²)	15.3	4.9
引張強度(N/mm ²)	6.7	3.2
せん断強度(N/mm ²)	11.4	-
曲げ接着強度(N/mm ²)	11.6	4.4
静弾性係数(N/mm ²)	25930	30390
ポアソン比	0.22	0.17
曲げ強度/圧縮強度	0.20	0.11
引張強度/圧縮強度	0.09	0.07

図1 フローの経時変化

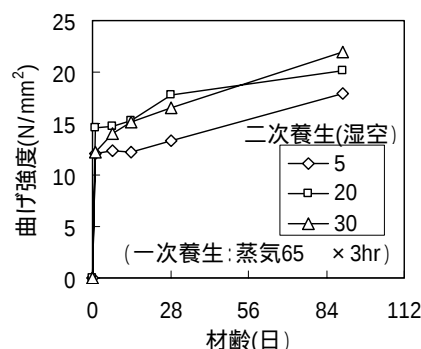


図2 曲げ強度の変化

〔キーワード〕 ポリマーセメントモルタル、高強度、蒸気養生、耐久性、コンクリート製品

〔連絡先〕 〒104-8518 東京都中央区明石町 8-1 太平洋セメント（株） 技術営業部 TEL 03-6226-9073

たためPMMと接着剤との接着性が改善されたことによる効果と思われる。図2に各環境温度における曲げ強度の変化を示す。各環境温度における曲げ強度は、脱型時においては20が 14.5N/mm^2 と最も高く、材齢14日においては、20と30の場合共に 15N/mm^2 以上となった。5の場合、脱型時の曲げ強度は、30と同じであったが、脱型後の低温（5）養生でセメントの水和反応が遅くなるため材齢に伴う曲げ強度発現は20および30と比べると小さかった。しかし、長期にわたって強度増加が認められ、コンクリート製品としての実用上問題ないと考えられる。

3.3 耐久性

(1) 凍結融解抵抗性

PMMの空気量は3.4%であるが、PMMの相対動弾性係数は300サイクルにおいて95%以上で、スケーリングも見られず、十分な凍結融解抵抗性が認められた。これは、PMMが低水セメント比であることと、ポリマーが細孔を充填したためと考えられる。一方、空気量が2.0%の普通コンクリートは50サイクルまでで相対動弾性が60%以下となった。

(2) 中性化および塩化物イオン浸透

PMMの中性化深さおよび塩化物イオン深さは0mmであり、物質の浸透に対する抵抗性が認められた。一方、普通コンクリートの場合、中性化深さが5.3mm、塩化物イオン浸透深さが12.5mmであり、PMMがこれらの抵抗性に対し普通コンクリートより優れた性能を有することがわかった。

(3) 耐薬品性

セメント水和物を含むことから、塩酸および硫酸に対する抵抗性を確認した。図3および図4に耐薬品性試験結果を示す。濃度5%の塩酸の場合、PMMと普通コンクリートの質量減少率は同じ傾向であった。しかし、普通コンクリートの表面は細骨材が剥がれ落ちるほど侵食されていたが、PMMの表面は極わずかの侵食であった。また、強度残存率は普通コンクリートが36.8%であるのに対し、PMMは73.3%であった。濃度10%の硫酸の場合、普通コンクリートの質量減少率が著しく、表面の侵食は粗骨材が露出するほどであった。一方、PMMは供試体の周囲に白い腐食層が付着し質量が増加した。X線回析の結果、これは石膏であり、セメント水和物の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が H_2SO_4 と反応して生成し、ポリマーに包まれて腐食層が付着したものと考えられる。これらの結果から、PMMは普通コンクリートと比較して塩酸および硫酸に対する抵抗性の改善が認められた。

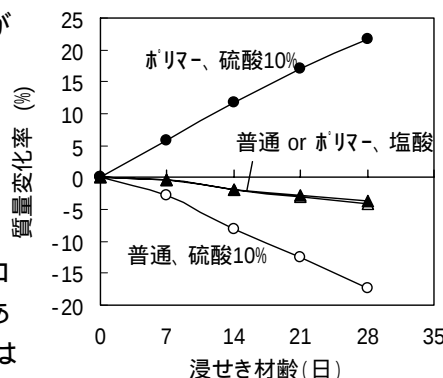


図3 質量変化率

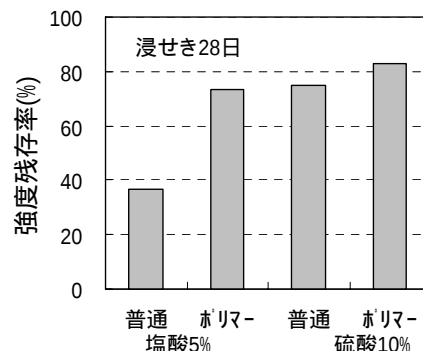


図4 強度残存率

また、強度残存率は普通コンクリートが36.8%であるのに対し、PMMは73.3%であった。濃度10%の硫酸の場合、普通コンクリートの質量減少率が著しく、表面の侵食は粗骨材が露出するほどであった。

一方、PMMは供試体の周囲に白い腐食層が付着し質量が増加した。X線回析の結果、これは石膏であり、セメント水和物の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が H_2SO_4 と反応して生成し、ポリマーに包まれて腐食層が付着したものと考えられる。これらの結果から、PMMは普通コンクリートと比較して塩酸および硫酸に対する抵抗性の改善が認められた。

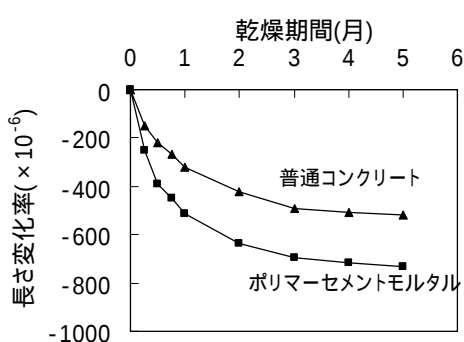


図5 長さ変化率

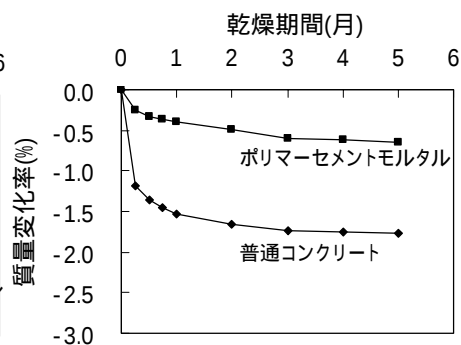


図6 質量変化率

(4) 乾燥収縮

図5および図6に長さ変化率の試験結果を示す。PMMの質量変化率は普通コンクリートより小さいが、長さ変化率は大きくなった。一般に、ポリマーを添加すると水分の蒸発を防ぎ乾燥収縮が小さくなるが、PMMは粗骨材を使用していないため、普通コンクリートより大きくなったと考えられる。現在、自己収縮についても検討中であり、実際のコンクリート製品への適用も考慮した乾燥収縮の影響を検討しなければならないと考えている。

4. まとめ

本報告で検討したPMMは、改良したポリマーと高性能減水剤の併用により低水セメント比とし、早期強度発現を図るため早強セメントを使用して常圧蒸気養生を行なうことを特徴とするものである。検討の結果、PMMが、十分な可使時間と自己充填性を有し、コンクリート製品に適用可能であることを確認した。また、PMMは普通コンクリートと比較して3倍の曲げ強度を有し、脆性が改善されることがわかった。耐久性についても、PMMは普通コンクリートより大幅に向上し、特に凍結融解抵抗性および物質の浸透性については十分な抵抗性を有することがわかった。

[参考文献]

- 1) 林他：高強度ポリマーセメントモルタルの開発 - 配合、材料および養生条件 - ，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集