

## 最低成膜温度の異なるポリマーエマルジョンを添加したモルタルの強度向上効果に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○高木智子 橋本 学 渡邊有寿  
(株)日本触媒 森本正和

### 1. はじめに

一般に、ポリマーエマルジョン（以下、ポリマー）は、ガラス転移温度（以下、 $T_g$ ）以下の環境でガラス状態として存在している。一方、 $T_g$ 以上の温度を与えると、ガラス状態からゴム状態に変化し、さらに高温である最低成膜温度（以下、MFT）以上の温度を与えると、連続したフィルムとなる<sup>1)</sup>。また、ポリマー中に含まれる水分（溶媒）を蒸発させることで、より強固なフィルムとなる<sup>1)</sup>。このポリマーをモルタルに添加したポリマーセメントモルタル（以下、PCM）には、曲げ強度の向上や耐摩耗性、耐凍害性の向上といった強度および耐久性の向上が図られる<sup>2)</sup>ことが既往の研究により明らかとなっており、補修材料や表面被覆材料等に用いられている。しかし、養生温度やMFTに着目したPCMの強度発現に関する検討は少ない。そこで本検討では曲げ強度の向上を主目的に、MFTに着目した実験を行った。

### 2. 使用材料

PCMの使用材料を表-1に示す。ポリマーの物性であるMFTに着目した検討を行うため、MFTが $-50^{\circ}\text{C}$ から $120^{\circ}\text{C}$ と幅が広いポリアクリル酸エステルを採用し、本実験では、MFTが約 $58^{\circ}\text{C}$ と $100^{\circ}\text{C}$ の2種類のポリマーを用いた。PCMの配合を表-2に示す。水セメント比は30%とし、ポリマーを使用していない配合をPNとし、空気量が3.5~4.5%となるようにSPとDAを用いてフレッシュ性状を調整した。PCMは、ポリマーの固形分(Ps)を外割とし、Psとセメントの質量比であるポリマーセメント比(Ps/C)を20%とした。なお、いずれの配合においても水セメント比(W/C)が一定となるように、ポリマーを添加した場合は単位水量からポリマーの溶媒（以下、 $W_p$ ）を減ずることとした。

### 3. 実験方法

モルタルの練混ぜには10リットルのモルタルミキサーを使用し、セメント、細骨材を投入した後に30秒間の空練りを行った。その後、水、混和剤、ポリマーを投入し、5分間の練混ぜを行った。供試体は、圧縮強度用を $\phi 50 \times 100\text{mm}$ 、曲げ強度用を $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ とした。供試体は翌日脱型し、表-3に示す養生を行った。実験ケースは、養生条件ごとに「ポリマーの種類-蒸気養生の養生温度-乾燥養生の養生温度」で称し、たとえば、 $T_g$ 以上MFT未満の温度履歴を与える目的で $50^{\circ}\text{C}$ の蒸気養生を行った後に $20^{\circ}\text{C}$ の乾燥養生を行ったケースは「P58-50-20」とした。材齢2日から5日の間に実施した蒸気養生は、P58の $T_g$ 以上の温度履歴を与える目的で $50^{\circ}\text{C}$ 、P100の $T_g$ 以上の温度履歴を与える目的で $80^{\circ}\text{C}$ とした。なお、PNも全て同じ条件で養生を行った。

表-1 使用材料

材料	記号	種類
水	W	上水道水
セメント	C	普通ポルトランドセメント、密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$
細骨材	S	硅砂7号、密度 $2.61\text{g}/\text{cm}^3$ 、粗粒率2.77
混和剤	SP	高性能減水剤、ポリカルボン酸系化合物
	DA	消泡剤、アルコール系
	P58	ポリマーエマルジョン、 $T_g=50^{\circ}\text{C}$ 、MFT=約 $58^{\circ}\text{C}$ 固形分40.3%
	P100	ポリマーエマルジョン、 $T_g=80^{\circ}\text{C}$ 、MFT=約 $100^{\circ}\text{C}$ 固形分40.5%

表-2 モルタルの配合

ケース	W/C (%)	Ps/C (%)	単位量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )						
			W	$W_p$	C	S	SP	DA	Ps
PN	30	0	283	0	943	1038	9.4	9.4	0
P58		20	4	279			0		189
P80			6	277					

表-3 実験ケース（養生条件）

養生条件	1日	2~5日	6日~
P58-50-20	脱型	50°C48h 蒸気	20°C60h 乾燥
P58-50-65			65°C24h 乾燥
P58-80-100 P100-80-100		80°C48h 蒸気	100°C24h 乾燥

キーワード ポリマーセメントモルタル、ガラス転移温度、最低成膜温度、曲げ強度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所土木材料グループ TEL042-489-8008

## 4. 実験結果

### (1) 圧縮強度

P58 を用い、異なる温度履歴を与えた場合の圧縮強度の試験結果を図-1に示す。PN と比較して P58 を添加したケースは圧縮強度が低下する結果となった。これは、ポリマー自体の弾性係数がモルタルよりも低いためであると考えられる。一方、P58 では、養生温度が高くなるほど圧縮強度は向上する結果が得られた。これは、養生温度が高いほどポリマーによって生成されるフィルムの強度が高くなるためである<sup>1)</sup>と考えられる。次に、P58 よりも高いMFTであるP100を用いた場合の圧縮強度を図-2に示す。MFT を超える 100°C の乾燥養生を行った場合、P100 は 94.8 N/mm<sup>2</sup> と図-1 に示した P58 (74.1 N/mm<sup>2</sup>) よりも大きくなり、PN (91.6 N/mm<sup>2</sup>) と同等の値を示した。一般に、ポリマーは T<sub>g</sub> が高いほど弾性係数が高くなるため<sup>3)</sup>、P100 を用いた場合は P58 と比較して圧縮強度が高くなったものと考えられる。

### (2) 曲げ強度

P58 を用いた曲げ強度の試験結果を図-3に示す。P58 を用いて、異なる養生温度を与えた場合、圧縮強度と同様に養生温度を高くするほど曲げ強度も向上する結果となった。これは、圧縮強度と同様に、養生温度が高いほどポリマーによって生成されるフィルムの強度が高くなるためであると考えられる。P100 を用いた曲げ強度の試験結果を図-4に示す。100°C の乾燥養生を行った場合、P58 は 20.9 N/mm<sup>2</sup> (図-3)、P100 は 19.9 N/mm<sup>2</sup> となり、圧縮強度の場合とは異なり P58 と P100 の曲げ強度は同等となった。これは、曲げ強度にはポリマー自体が有する弾性係数よりも MFT 以上の温度を与えることによって生成されるポリマーのフィルムの強固さが影響するためと考えられる。ここで、P58-80-100 の供試体の中心部を走査型電子顕微鏡 (以下、SEM) にて観察した結果を図-5に示す。図より、骨材とセメントペーストの界面に生じる遷移帯がポリマーの融着によって充填されている状態が確認された。このことから、ポリマーによる曲げ強度向上のメカニズムは、破壊の要因となる遷移帯がポリマーの融着によって充填され、強固になるためであると考えられる。

## 5. まとめ

最低成膜温度および養生条件に着目してポリマーの強度発現を確認した結果、圧縮強度および曲げ強度は養生温度が高いほど向上することが確認された。ただし、圧縮強度はポリマーの弾性係数に依存するため、最低成膜温度が高いほど向上する。一方、曲げ強度は養生温度が高いほど向上する。これは、破壊の要因となる遷移帯がポリマーの融着によって充填されるためであると考えられる。

## 参考文献

- 1) 室井宗一：建築塗料における高分子ラテックスの効用，工文社，1893
- 2) 大濱嘉彦，出村克宣：ポリマーセメントコンクリート／ポリマーコンクリート，株式会社シーエムシー出版，1984
- 3) L. E. Nielsen：高分子と複合材料の力学的性質，化学同人，1976

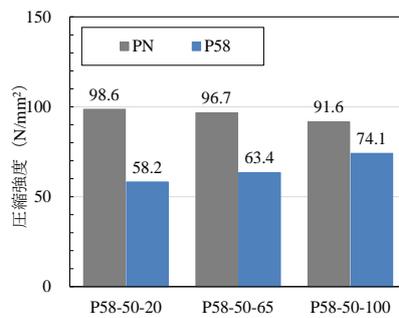


図-1 P58 の圧縮強度試験結果

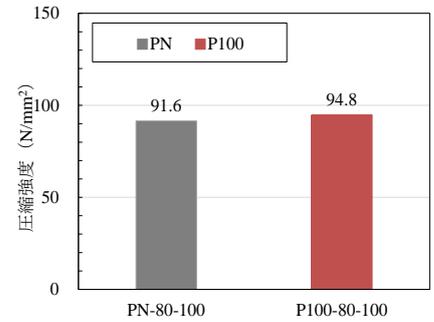


図-2 P100 の圧縮強度試験結果

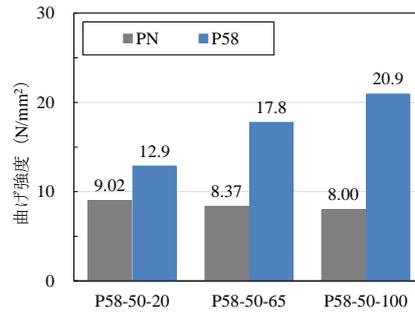


図-3 P58 の曲げ強度試験結果

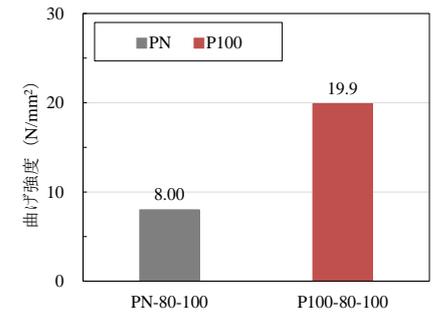


図-4 P100 の曲げ強度試験結果

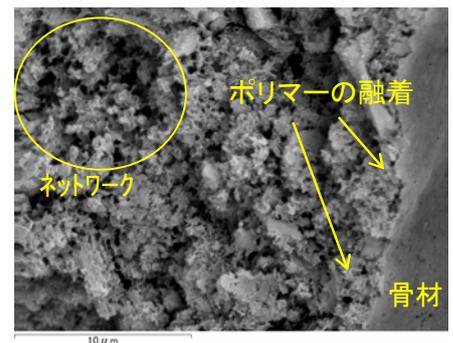


図-5 P58-50-100 の SEM 観察写真