

ポリマー混和剤を使用したモルタルの収縮量低減に関する検討

鹿島建設（株） 正会員 ○向 俊成 渡邊有寿
（株）日本触媒 森本正和

1. 目的

有機物である樹脂と無機物のセメントを複合させたポリマーセメントモルタルは、通常のモルタルに比べ引張強度が高く、耐摩耗性や耐凍害性などの耐久性に優れていることが知られている。筆者らは、これまでにポリマーセメントモルタルに高温と乾燥による養生を行うことで曲げ強度が 20N/mm² まで増大できることを明らかにしているが¹⁾、一方で収縮が大きいことが課題であった。そこで、本実験ではポリマーセメントモルタルの収縮を改善するため、コンクリート用の膨張材と収縮低減剤の適用性について検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1に、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM とする）の配合を表-2に示す。普通ポルトランドセメントと山砂を使用し、ポリマー混和剤（以下、ポリマーとする）として、アクリル系ポリマーを添加することで、PCM を作製した。膨張材（以下、Ex とする）として石灰系膨張材、収縮低減剤（以下、SRA とする）としてアルコール系収縮低減剤を使用した。モルタルの流動性や材料分離抵抗性の調整には、ポリカルボン酸系高性能減水剤と無機系増粘剤を使用し、モルタルフローが 280±20mm となるように添加量を調整した。また、空気量の調整のため、アルコール系消泡剤を使用した。

検討水準はポリマーや Ex, SRA を添加していない P0、ポリマーの固形分（Ps）をセメントの 20%添加した P20、P20 に対しさらに Ex と SRA を添加した P20Ex-SRA の 3 水準とした。PCM はポリマーの固形分を外割とし、ポリマーの分散媒である水を単位水量の一部とすることで、ポリマーを添加しても水セメント比が 31.5%で一定となるようにした。Ex は 20kg/m³をセメントの一部として添加した。SRA は単位セメント量の 2.0%を単位水量の一部として添加した。

2.2 実験方法

測定項目を表-3に示す。上記の配合をモルタルミキサにより練り混ぜ、熱電対内蔵型埋込みひずみ計を設置した□100×400mm の型枠に打ち込んだ。ひずみ計測用の試験体は型枠の内側に樹脂シートを貼り付け、型枠による拘束を低減している。また、φ50×100mm の圧縮強度用試験体および□40×160mm の曲げ強度用試験体を採用し、打込み面を樹脂シートで封緘した。試験体は 20℃の環境下で材齢 1 日まで養生したのち脱型し、90℃の蒸気養生を 48 時間行った。蒸気養生後の試験体はさらに 60℃-30%RH の恒温恒湿槽で乾燥養生を 14 日間実施した。なお、ひずみ計測用の試験体は、拘束低減のために使用した樹脂シートは脱型時に撤去し、試験体表面から水分が自由に出入りできる状態で蒸気養生および乾燥養生を行った。ひずみ計測用の試験体は乾燥養生終了後も 20℃-60% RH の環境でひずみ計測を継続した。強度試験用の試験体は乾燥養生終了後、20℃の環境で 24 時間以上放冷し、圧

表-1 使用材料

材料名	記号	摘要
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：3.16g/cm ³
膨張材	Ex	石灰系膨張材
細骨材	S	山砂 表乾密度：2.61g/cm ³ 粗粒率：1.70
混和剤	SP	ポリカルボン酸系高性能減水剤
	Vis	無機系増粘剤
	DA	アルコール系消泡剤
	SRA	収縮低減剤（低級アルコールアルキレンオキシド付加物）
	Ps	アクリル系ポリマー混和剤（固形分）

表-2 ポリマーセメントモルタルの配合

水準	W/C (%)	Ps/C (%)	単位量 (kg/m ³)				添加量 (kg/m ³)				
			W	C	Ex	S	DA	SRA	Ps	SP	Vis
P0	31.5	0	290	922	0	1047	5	-	-	6	-
P20	31.5	20	290	922	0	1047	5	-	184	-	18
P20Ex-SRA	31.5	20	290	902	20	1047	5	18	184	-	15

表-3 測定項目

測定項目	測定内容
フレッシュ性状	モルタルフロー、空気量、温度
ひずみ	埋込みひずみ計により測定
圧縮強度	φ50×100mm 試験体により測定
曲げ強度	三等分点載荷により測定

キーワード：ポリマーセメントモルタル、ポリマー混和剤、乾燥、収縮ひずみ、膨張材、収縮低減剤

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 TEL 042-489-6749

縮強度試験および3等分点载荷による曲げ強度試験を行った。

3. 実験結果

3.1 強度試験

圧縮強度および曲げ強度を表-4に示す。P0に比べP20およびP20Ex-SRAは圧縮強度および静弾性係数が小さくなった。これはセメントのマトリクスに比べてポリマーの微粒子の圧縮強度や静弾性係数が低いことによるものと考えられる。P20に比べP20Ex-SRAはさらに圧縮強度が低下しているが、これはSRAの影響で水和反応が遅延したことや、セメントのマトリクスの空隙構造が変化し、粗大な空隙が増加したことが原因であると考えられる²⁾。

曲げ強度はP0が12.6N/mm²であったのに対し、P20とP20Ex-SRAは19.5N/mm²であり、ポリマーの使用により曲げ強度が向上した。これはポリマーを使用し、かつ高温履歴と乾燥を与えたことで、ポリマーの粒子同士が融着し、ポリマーのネットワーク構造が遷移帯等の空隙に形成されたためであると考えられる¹⁾。また、P20

とP20Ex-SRAの曲げ強度は同じ値を示した。ExおよびSRAの使用により圧縮強度は低下したのに対し、曲げ強度が影響を受けなかった原因については不明な点が多いため、今後さらなる検討が必要である。

3.2 ひずみ計測

ひずみの測定結果を図-1に示す。打込みから蒸気養生終了までは、試験体は封緘または外部から水分が供給される状態であるため、自己収縮が卓越しているものと考えられる。P0と比較してP20は打込みから蒸気養生開始前までの期間で大きな収縮ひずみを示し、蒸気養生中も収縮が認められた。これはポリマーの微粒子の静弾性係数が小さく、セメントの水和に伴う自己収縮応力に対して、十分に抵抗できなかったためと考えられる。一方、P20Ex-SRAでは、蒸気養生開始前までの収縮量はP0と同程度であったが、蒸気養生の開始後にP0より大きな膨張ひずみが現れた。これは試験体の加温によってExの反応が促進されたため、試験体が膨張したと考えられる。

乾燥養生開始時点では、蒸気養生によりセメントやExの水和の大部分が終了しているため、以降は乾燥収縮が卓越すると考えられる。乾燥養生前後のひずみの差分はポリマーを使用していないP0が-262 μ であったのに対し、ポリマーを使用したP20およびP20Ex-SRAは-174 μ 、-126 μ と小さくなった。この乾燥養生期間中のひずみの抑制は、SRAおよびポリマー中に含まれる界面活性剤が細孔水の表面張力を低下させた効果であると考えられる。

収縮が収束したと思われる材齢28日でのひずみは、P0は-616 μ 、P20が-760 μ であったのに対し、P20Ex-SRAは-156 μ であった。以上の結果から、初期の水和による自己収縮量をExにより補い、Exの反応の大部分が終了した後の乾燥養生中の収縮をSRAにより抑制することで、PCMの収縮を大幅に抑制できることを確認した。しかし、ポリマー中の界面活性剤やポリマーのネットワーク構造が収縮に与える影響については、不明な点が多いためさらなる検討を実施予定である。

4. まとめ

ポリマーセメントモルタルに膨張材および収縮低減剤を併用したモルタルのひずみを計測した結果、ポリマー混和剤を単独で使った場合と比較して大幅に収縮を抑制可能であることを確認した。また、膨張材および収縮低減剤の使用は、曲げ強度に悪影響を与えなかった。

参考文献

- 1) 高木智子, 橋本学, 渡邊有寿, 森本正和: 養生方法の違いによるポリマーセメントコンクリートの強度および 耐久性向上効果に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 41, No. 1, pp.1235-1240, 2019
- 2) 福島浩樹, 中江理, 胡桃沢清文, 名和豊春: 乾燥収縮低減剤を用いたモルタルの強度低下メカニズムの一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp.589-594, 2009

表-4 強度試験結果(材齢21日)

水準	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
P0	1.6	103.5	30.1	12.6
P20	3.4	79.7	17.4	19.5
P20Ex-SRA	2.7	63.8	14.6	19.5

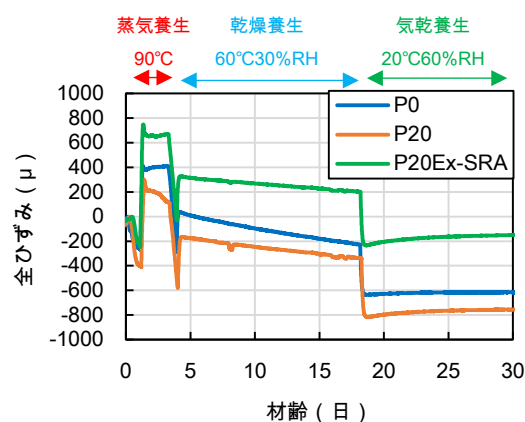


図-1 ひずみ測定結果