

加熱養生した繊維補強ポリマーセメントモルタルの強度特性

阿南工業高等専門学校 正 会 員 ○堀井克章
徳島大学工学部 正 会 員 河野 清
徳島大学大学院 学生会員 筒崎 卓

1. はじめに

型枠としての機能後も部材表層部に残し、ガスやイオンなどの腐食因子を遮へいしてRC構造物の耐久性を高める永久型枠は、使い捨て合板型枠の代替使用による熱帯雨林の保護、型枠工や養生の簡素化による合理化施工、色や模様が付加による構造物の景観改善などに役立つ製品としても注目されている。筆者らは現場打ちコンクリートとの相性や経済性を考えて、セメント混和用ポリマー改質材と連続繊維補強材を用いたセメントモルタル製の永久型枠製品の開発・研究を続けている。しかし、ポリマーセメントモルタル(PCMと略記)では、ポリマー粒子やポリマーディスパーション中の界面活性剤がセメントの水和を阻害するため、工場製品で重視される初期強度発現性を悪化させ、また、ポリマーの使用効果で、モルタルの遮へい、接着、ひびわれ抵抗性などを高めるには、セメントの水和がある程度進行した後、ポリマーによる造膜のための乾燥養生が必要となるなど、概してPCMでは早期材齢での性状に問題がある。

本研究では、永久型枠製品を製造する際に問題となるPCMの早期強度に着目し、高価なポリマーを有効に使用するため、加熱による2種の促進養生がPCMの強度発現性に及ぼす影響を検討するとともに、モルタルの強度性状に対する連続繊維メッシュ補強材やフェロニッケルスラグ砂などの使用効果についても調査した。

2. 実験概要

PCM用のポリマー(P:不揮発分量45%, 粒子径 $0.15\mu\text{m}$, 最低造膜温度 50°C)は、SA系のディスパーションで、一般的なPAE系、EVA系、SBR系などで弱点の湿潤下や圧縮時の強度発現性も良好である。また、補強用メッシュは、平面格子状のからめ織り耐アルカリガラス繊維($\phi 13\mu\text{m} \times 2000$ 本, 格子間隔12mm)を、アクリル系ポリマーディスパーションで浸漬乾燥処理して耐アルカリ性や結合力を高めた。その他、早強セメント、けい岩砕砂(比重2.60, FM2.37), フェロニッケルスラグ砂(比重3.13, FM2.38), 界面活性型消泡剤などを用いた。PCMの配合は、ポリマーの使用効果やコスト、メッシュ積層薄肉板の成形性などを考慮し、P/(P+C):ポリマーセメント比10%, 空気量1%以下およびPCグラウト用JA漏斗流下時間60秒程度で、W/(P+C):水結合材比を砕砂PCM45%(W317 kg/m^3)とスラグ砂PCM45%(W316 kg/m^3)の2種とした。

PCM供試体は、材齢7日まで湿潤養生の後、試験材齢まで乾燥養生(20°C , 60%RH)を行った。採用した加熱促進養生は、蒸気養生と熱乾燥処理の2種である。前者は、型枠に流し込んだPCMを、蒸気養生槽に 20°C で3時間静置後 $15^{\circ}\text{C}/\text{時}$ で加熱し、 65°C 等温養生を3時間行って徐冷した。また、後者は、材齢14日の供試体を電気乾燥炉に移し、1時間の温度上昇期間後に3時間等温養生($80\sim 160^{\circ}\text{C}$)し、1時間で冷却した。

PCMの曲げ強度試験は、 $4 \times 4 \times 16\text{cm}$ 角柱供試体でJIS R 5201に従って行った。また、 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ 円柱供試体で、圧縮応力-ひずみ関係を単調増加载荷により測定し、静弾性係数を求めた。PCMの引張試験は、 $1 \times 5 \times 40\text{cm}$ 平板供試体の両端に粗面処理した1mm厚アルミ板タブ($5 \times 7.5\text{cm}$)を接着し、その中央部に変位計を取り付けてひずみ制御法で直接引張载荷し、応力-ひずみ関係を求めた。なお、導電性を与えるために白金-パラジウムで蒸着したPCM試料の走査電子顕微鏡観察(SEM)も行った。

3. 実験結果および考察

PCMのSEM像を示した写真-1および-2より、熱処理なしでは、ポリマーの粒子やフィルムがみられるが、熱処理ありでは、ポリマー粒子が確認できず、連続したポリマー相のみとなることがわかる。これは、通常のセメント混和用ポリマーで $0\sim 20^{\circ}\text{C}$ となる最低造膜温度が、今回使ったSA系のものでは 50°C と高いことによるといえる。したがって、本実験では、ポリマーの造膜効果を期待して2種の加熱養生を取り上げた。

65℃で蒸気養生を行ったPCMの曲げ強度を示した図-1より、材齢1日強度は、常温養生より蒸気養生の方が高く、蒸気養生はPCMの初期強度発現に有効といえる。しかし、その後の強度増進は常温養生の方が高く、高強度を要する場合、蒸気養生は不適当といえる。また、

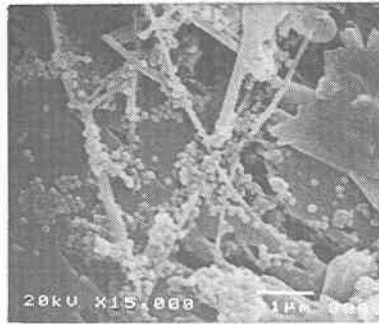


写真-1 熱処理なし PCMのSEM

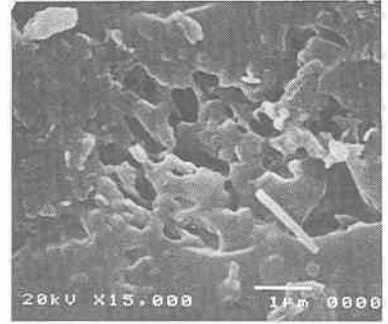


写真-2 熱処理あり PCMのSEM

砕砂よりスラグ砂の方がモルタルの強度発現性が良いこともわかる。

一方、80℃で熱乾燥処理したPCMの曲げ強度を示した図-2より、加熱時の最高温度が高いほど、またその保持時間が長いほど、高強度となることがわかる。これは、ポリマーの造膜効果によると思われるが、最高温度が100℃を越えると強度増進に頭打ちの傾向もみられる。ここでも、砕砂よりスラグ砂の方が、強度発現に優れることがわかる。

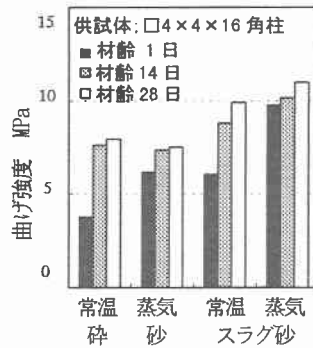


図-1 蒸気養生の影響

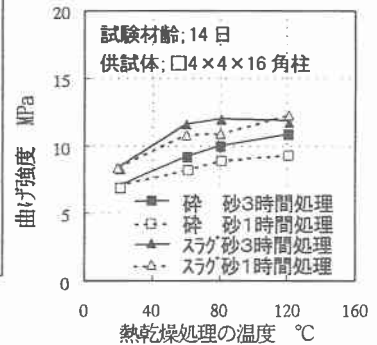


図-2 熱乾燥処理の影響

PCMの弾性係数と圧縮強度との関係を示した図-3より、熱処理で、圧縮強度は増加するものの弾性係数が低下することがわかる。これは、モルタル中の水の蒸発などによると思われる。

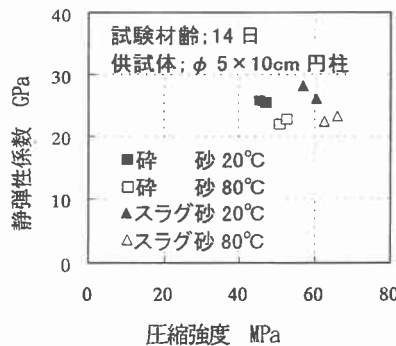


図-3 圧縮強度と静弾性係数との関係

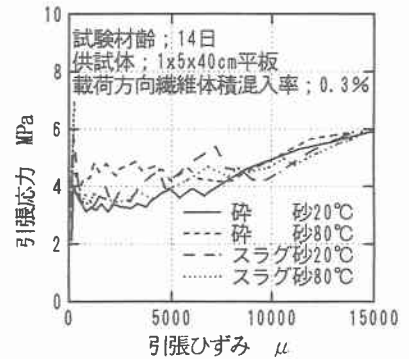


図-4 引張応力-ひずみ関係

メッシュを使ったPCMの引張応力-ひずみ関係

を図-4に示す。これより、この関係が、ひびわれ発生までの直線区間、ひびわれ多発の凹凸区間およびその後のひびわれ間隔増大区間に分かれ、0.3%と少ない繊維混入率のメッシュにも高い靱性改善効果のあることがわかる。また、熱処理やスラグ砂の利用でひびわれ発生強度が大きくなることもわかる。

4. まとめ

永久型枠への適用を考えたPCMに対する加熱養生の影響を調査した本研究より、①蒸気養生は初期強度発現に有効だがその後の強度増進は小さい、②熱乾燥処理は曲げおよび圧縮強度の増進に有効だが弾性係数を低下させる、③メッシュは引張強度の改善に有効である、④砕砂に比べてフェロニッケルスラグ砂は強度発現性が良い、などの結果が得られた。

最後に、本研究が研究活動助成金(B)を受けたことを付記し、土木学会四国支部に対し謝意を表します。