

曲げひび割れ発生強度を向上させたポリマーセメントモルタルの
耐硫酸性に関する基礎的検討

鹿島建設(株) 正会員 ○倉田和英 高木智子 渡邊有寿
(株)日本触媒 森本正和 富永喜一郎

1. はじめに

ポリマーセメントモルタル（以下、PCM とする）は、セメントの水和と同時に進行するポリマーフィルム の形成により、曲げ強度をはじめとする力学特性や化学薬品等に対する耐久性が向上することが一般的に知られている。筆者らは、アクリル系ポリマーを使用し、ポリマーの最低造膜温度以上の温度履歴を与えながら乾燥養生を行うことで、曲げひび割れ発生強度 20N/mm² を有する PCM を開発している¹⁾。また、これを活用したひび割れ抵抗性に優れた埋設型枠の検討も行ってきた²⁾。本稿では、本 PCM の化学的侵食に対する抵抗性のうち、耐硫酸性について検討した内容について報告する。

2. 実験概要

2.1 配合および養生方法

PCM の使用材料を表-1 に、配合を表-2 に示す。本 PCM は早強ポルトランドセメントと山砂のモルタルに、ポリアクリル酸エステル のポリマーディスパーションを添加することを基本とした。W/C は 31.5%、セメントに対するポリマー中の固形分 (Ps) の重量比であるポリマーセメント比 (Ps/C) は 20%とした（以下、P20 とする）。なお、Ps はモルタルに対して外割とした。養生方法は、気温 20℃、湿度 60%の環境で 24 時間の前養生を行ったのち、80℃の乾燥炉にて 72 時間の高温乾燥養生を行い、その後、材齢 28 日まで気中養生とした。比較用のポリマーを使用しないモルタルの配合も W/C を 31.5%とし（以下、P0 とする）、材齢 28 日まで標準水中養生を行った。耐久性試験に先立ち、JIS R 5201 に準じて強度試験を行った結果、材齢 28 日の P20 圧縮強度は 95.3 N/mm²、曲げ強度は 23.9 N/mm²であった。これにより、高温乾燥養生によってポリマーフィルムが良好に形成されているものと判断した。

2.2 硫酸水溶液浸せき試験の概要

硫酸水溶液浸せき試験は、JIS 原案 コンクリートの溶液浸せきによる耐薬品性試験方法（案）に準拠した。φ100×h200 mm の円柱供試体を、濃度が 5mass%となるように硫酸の一級試薬を水と混合した水溶液に浸せきした。浸せき溶液は一週間ごとに交換を行った。所定の浸せき期間に達した時点で供試体を取り出し、水道水で洗浄したのち、表面の水分を拭き取って、質量を計測し、質量変化率を算出した。

3. 実験結果

硫酸水溶液浸せき試験後の質量変化率の計測結果を図-1 に示す。P0 は質量が大幅に減少したのに対し、P20 は浸せき 1 週後にわずかに質量減少が確認されるものの、それ以降は、緩やかな増加傾向であった。ここで、日本下水道事業団によるモルタルライニング工法の品質規格（B 種および C 種）では、112 日間浸せきした時の質量変化率が±10%以内とされている³⁾。P20 は浸せき 196 日間において質量変化率が+8%であり、質量変化率の観点からは同規格を満足すること

表-1 PCM の使用材料

材料	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	早強ポルトランドセメント、密度:3.14g/cm ³
細骨材	S	千葉県君津産、山砂、密度 2.61g/cm ³
混和材	P	PAE 系ポリマーディスパーション、固形分 53% Wp: 溶媒,Ps: 溶質（固形分）
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

表-2 PCM の配合

Case	W/C (%)	Ps/C (%)	単位量(kg/m³)							Ps (kg/m³)
			W	Wp	C	S	SP	DA		
P0	31.5	—	289	—	919	1039	5.51	—	—	
P20	31.5	20	126	163	919	1039	—	9.19	184	

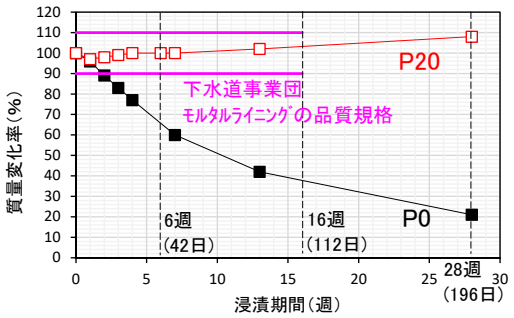


図-1 浸せき試験による質量変化率

キーワード ポリマーセメントモルタル、曲げ強度、耐硫酸性、下水道施設

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 042-485-1111

を確認した。ただし、浸せき後の試験体を観察すると図-2に示すように浸せき6週および28週後のP20は体積膨張が生じており、硬質の生成物が析出していることを確認した。

そこで、浸せき6週（42日）および28週（196日）のP20試験体から採取した試料について、X線回析（以下、XRD）による同定分析を行った。試料は、図-3に示すように、フェノールフタレイン水溶液を噴霧して未呈色であった反応部と呈色した未反応部から採取した。なお、試料はアセトンに浸せきさせた後に真空乾燥し、水和停止処理を行った。XRDによる分析結果の一部を図-4に示す。まず、未反応部の代表として浸せき6週後から採取した試料では、水酸化カルシウム（以下、CH）が確認された。一方で、浸せき6週および28週後の反応部から採取した試料には、二水石膏（以下、Gyp）が確認され、CHや他のセメント水和物は確認されなかった。以上より、P20においても通常の硫酸劣化と同様に、CHの消失に伴ってC-S-Hの骨格構造も破壊され、脆弱なGyp層が形成されたものと考えられた。すなわち、本PCMにおいても一般的なセメント系材料で硫酸劣化が生じた場合と同様の化学組成となることがわかった。

次に、ポリマーフィルムの働きを分析する目的で、電子走査顕微鏡（以下、SEM）により、浸せき28週後の試験体を割裂した破断面を観察した。観察された反射電子像を図-5に示す。まず、浸せき28週後の未反応部では、既報のとおりに、網状構造のポリマーフィルム（図中、黄色枠）がセメント水和物や骨材の隙間を埋めている様子が確認された。一方、浸せき28週の反応部ではポリマーフィルムに加えて六角柱状のGypが確認され、ポリマーフィルムがGypを囲い込むような状態が確認された。このことから、一般的なセメント系材料の硫酸劣化では、脆弱なGyp層は剥落し、体積が減少するが、PCMでは、C-S-Hの骨格構造がなくなった後もポリマーフィルムによる拘束効果を発揮して硬化体の崩壊を抑制したものと推察した。なお、SEMによる観察においても、一般的なセメント系材料の硫酸劣化で生じる生成物と同様であることを確認した。

4. まとめ

高い曲げひび割れ強度特性を有するPCMの化学的侵食に対する抵抗性を評価するために、硫酸水溶液浸せき試験を行った。その結果、PCMの質量変化率が小さいことを確認した。一般的なセメント材料と同様に硫酸とセメント水和物の反応によりC-S-Hの骨格構造が消失し、脆弱な二水石膏層が析出したが、ポリマーフィルムの拘束効果によって崩壊を留めていることが示唆された。今後、この特性の活かした使用方法について、さらに検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 高木智子ほか：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.1235-1240，2019.6
- 2) 高木智子ほか：高い曲げひび割れ発生強度を有するポリマーセメントモルタルを用いた埋設型枠の製作に関する検討，土木学会第76回年次学術講演会公演概要集，V-290，2021
- 3) 日本下水道事業団：下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル，2017

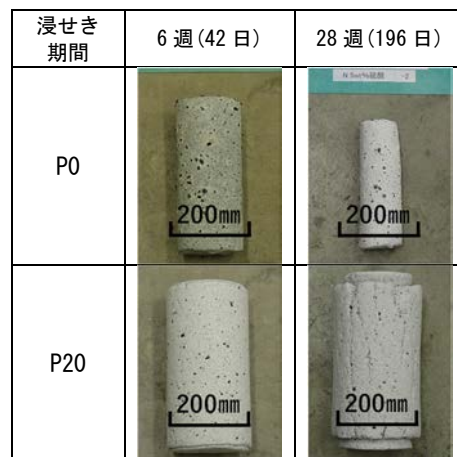


図-2 浸せき後の試験体の外観

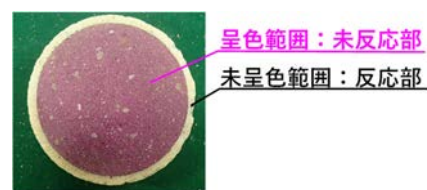


図-3 XRDの測定範囲（浸せき6週後）

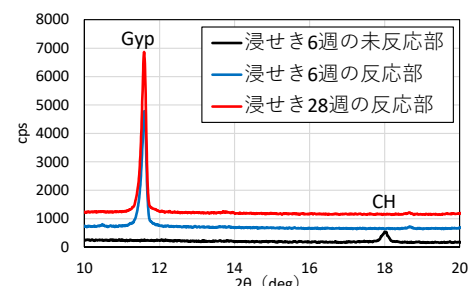


図-4 XRD分析結果

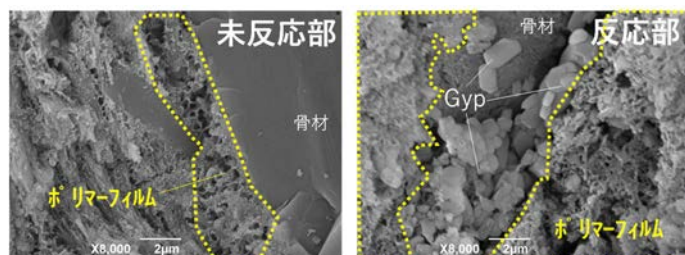


図-5 浸せき28週後の反射電子像(SEM)