

乾燥環境下における断面修復材の基本物性評価に関する研究

東急建設(株) 正会員 ○伊藤 正憲

東京大学 正会員 加藤 佳孝

東京大学 F 会員 魚本 健人

1. はじめに

一般的に断面修復材としてポリマーセメントモルタル(以下、PCM)が使用される。PCM には初期にセメントの水和反応を期待し、ある程度時間が経過した後は乾燥によるポリマーの被膜化を期待している。これにより優れた接着性と塩分などの劣化因子に対する高い遮断性能が発揮されると考えられている。しかし、これらの優れた性能は、材料の特性を理解したうえで、適切な養生、特に、初期の養生が適切に行われて初めて得られるものであり、実際の補修工事では、適切な養生を確実に行うことが難しい場合も多い。本報では、実現現場の環境を想定し、吹付け直後から試験体に風を当てて乾燥状態とし強度、接着性および中性化抵抗性などの基本物性の変化について空隙構造に着目して検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

表-1 に使用材料を、表-2 に配合表を示す。対象としたモルタルは再乳化型粉末樹脂(以下、ポリマー)を添加した PCM と、比較用の普通モルタル N の 2 種類である。

2.2 養生条件

表-3 に設定した養生条件を示す。なお、強度、中性化などの結果の整理は水のみを各環境に暴露して計測した水分蒸発速度 E_v を用いて行った。

2.3 試験体作製

N は左官工法により、PCM は吹付け工法(吐出量約 $0.1\text{m}^3/\text{h}$ 、ノズル径 8mm)で行った。なお、一部の PCM 試験体は、別容器に材料を吹付けた後、左官工法で試験体を作製した。

2.4 試験方法

(1) 質量変化率試験： $130\times130\times20\text{mm}$ のアクリル製型枠を使用し、底面と側面からの水分の逸脱がないようにして吹付け直後からの質量変化を測定した。

(2) 細孔径分布： $180\times180\times20\text{mm}$ のアクリル製型枠に吹付けたものを 28 日間曝露し、 $2.5\sim5\text{mm}$ に粗粉碎してアセトンで水和を停止した後、D-乾燥してから水銀圧入式ポロシメーターにより細孔径分布を測定した。

(3) 圧縮強度試験： $20\times20\times80\text{mm}$ の小型の試験体(厚さ 20mm の断面を想定)を対象として圧縮強度試験を実施した。

(4) 接着強度試験：JIS A 1171 に準拠し材齢 28 日において建研式接着力試験器を使用して接着強度試験を実施した。

(5) 中性化試験：(2)と同じ試験体を材齢 28 日まで各養生条件に暴露し、その後、28 日間中性化促進装置内(20°C 、 $65\%\text{RH}$ 、 $\text{CO}_2 30\%$)に暴露した。中性化深さはフェノールフタレインを塗布して測定した。

表-1 使用材料

種類	記号	諸元
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度 $3.15\text{g}/\text{cm}^3$
ケイ砂	S	F.M=1.71, 密度 $2.60\text{g}/\text{cm}^3$
ポリマー	P	酢酸ビ・ベ・オハ・アクリル共重合樹脂
混和剤	SP	ポリカルボン酸系粉末高性能減水剤
消泡剤	DA	ポリエーテル系粉末型消泡剤

表-2 配合表

記号	W/C (%)	P/C (%)	単位量(kg/m^3)			
			W	C	P	S
N	38	0	233	614	0	1227
PCM		5			31	1147

* : SP=C $\times$ 0.08%, DA=C $\times$ 0.2%, 空気量10%

表-3 養生条件

環境	条件
封緘	ビニール袋内で養生
気乾	周辺に囲いを建て無風状態とした 水のみ蒸発速度: $0.017\text{kg}/\text{m}^2/\text{h}$
風	風速 $2\text{m}/\text{s}$ (地下鉄坑内で実測した列車通過時の風速測定結果および東京都の平均風速を参考に設定(写真-1)) 水のみ蒸発速度: $0.16\text{kg}/\text{m}^2/\text{h}$
シート	2日間シートで覆い、その後、風環境

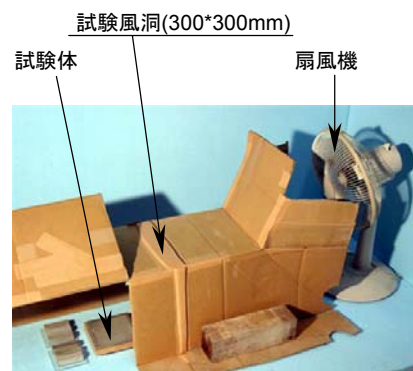


写真-1 風環境の状況

キーワード：補修、乾燥環境、風、水分蒸発速度、強度、中性化、細孔径分布

〒229-1124 神奈川県相模原市田名 3062-1 TEL：042-763-9507 FAX：042-763-9503

3. 試験結果

図-1 に経過時間と質量変化量の関係を示す。乾燥環境下では早期に水分が逸散し、特に風環境では水分の蒸発量が多くなった。また、この環境では PCM は N よりも減少量が少なく、ポリマー添加の効果が現れていた。なお、吹付け後、2 日間だけシートで養生した場合には、その後の質量変化量は比較的少なかった。

図-2 に E_v と圧縮強度、接着強度および中性化深さを示す。圧縮強度は E_v が速くなるに従い低下する傾向にあった。PCM と N の圧縮強度はそれほど大きな差はなく、シート養生すると若干強度は改善する傾向にあった。次に接着強度であるが、接着強度も圧縮強度と同じように E_v が速くなるに従い低下する傾向にあった。しかし、N と PCM との傾向は圧縮強度と異なり、 E_v が最も速くなる風環境下において N は接着性が急激に低下しているのに対し、PCM はそれほど低下せず、さらに、シート養生した場合には、封緘と同等の接着強度となった。最後に中性化についてであるが、乾燥環境から受ける影響は接着強度と同様であり、 E_v が速くなる風環境下において PCM の中性化の進行が N よりも抑制される傾向にあった。このように E_v をひとつの指標とし圧縮強度、接着強度および中性化に及ぼす影響について検討した結果、初期材齢から急激な乾燥を受けるような環境においてはポリマーの添加により性能低下をある程度抑制でき、特に、PCM の特徴である接着性や劣化因子の遮断性能の低下は添加しないものに比べて大きく改善できることが確認できた。

4. 細孔径分布と物性値に関する考察

図-3 に各条件別の細孔径分布を示す。乾燥条件が厳しくなるに従い水分が逸散しセメントの水和反応が阻害され、ゲル空隙¹⁾といわれる $0.01 \mu\text{m}$ 以下の空隙が減少し、空隙構造は粗大化していた。しかし、このような環境においても PCM は N よりも $0.01 \mu\text{m}$ 以下の空隙が増加し、 $1 \mu\text{m}$ 以上の空隙が減少し、組織は緻密な方へシフトしていた。これらはポリマーの被膜化と、これによるセメントの水和反応の保護効果であると考えられ、特に、N-風の中性化の進行は、比較的連続していると考えられる $1 \mu\text{m}$ 以上の大きな空隙が増大したことが影響していたと考えられる。なお、PCM をシート養生した場合、空隙構造は封緘とほぼ同等となり接着性、劣化因子遮断性能などの観点から 2 日間程度の初期養生が有効であることが確認できた。

図-4 に $0.01 \mu\text{m}$ 以上の細孔量と圧縮強度の関係を示す。既往の研究に示されているように¹⁾、本研究においても圧縮強度はある大きさ以上の細孔とある程度の相間(Ryshkewitch 式)があることが確認できた。

5. まとめ

PCM は N よりも乾燥の影響を受けにくい、初期の乾燥により空隙構造は粗大化する傾向にある。そのため、長期的な性能を考慮すると施工直後から養生を確実にすることが重要であると考えられる。

参考文献 1)羽原俊祐, 硬化コンクリートの組織及び空隙構造と物性の関係に関する研究(慶大学位論文)

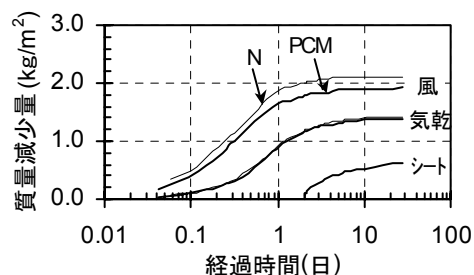


図-1 経過時間と質量減少量の関係

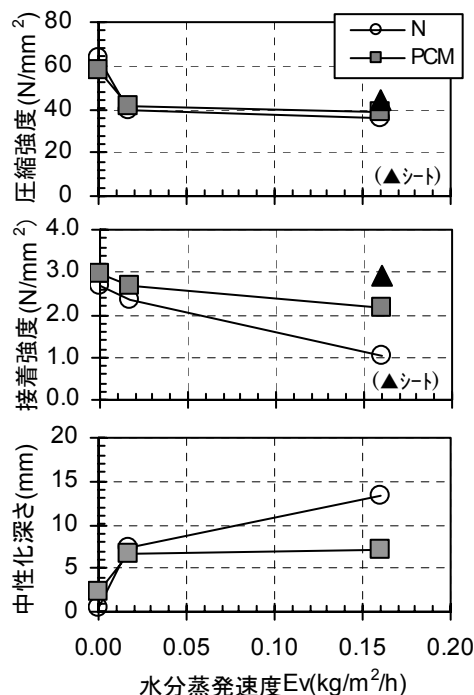


図-2 水分蒸発速度と各物性値の関係

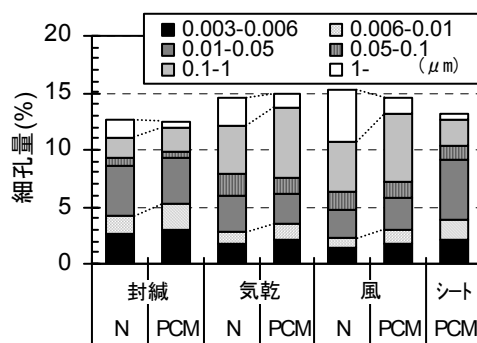


図-3 各条件別の細孔径分布 (28d)

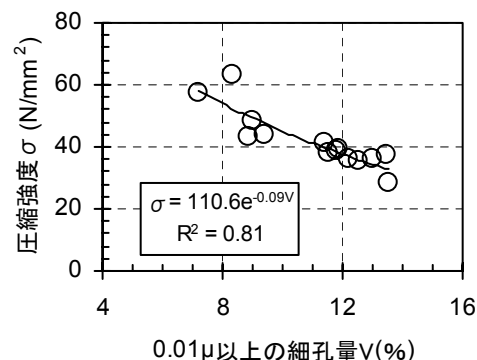


図-4 細孔量と圧縮強度の関係