

画像解析による再生モルタルの空隙量評価手法に関する検討

九州大学大学院 学生会員○村上 英明
九州大学大学院 正会員 濱田 秀則
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
(独)港湾空港技術研究所 正会員 川端雄一郎

1. はじめに

再生骨材の使用により、再生コンクリートの強度・耐久性は低下する。筆者らは、これまで再生モルタルの強度は新セメントペースト部の $50\text{nm} \sim 2\mu\text{m}$ の細孔容積(V_{iz})と良好な相関があり¹⁾、モルタルの強度が頭打ちになる領域を再生骨材自身の空隙量を用いて評価できることを示した²⁾。これらは水銀圧入式ポロシメータによる空隙の測定(以下、水銀圧入法)により、強度および物質透過抵抗性との相関関係を検討したものであった。そこで本研究では、空隙の平面的な分布特性を表現できる点で大きなメリットを有する画像解析手法を、水銀圧入法に加えて新たに空隙を評価する手法として適用し、材齢1日の再生モルタルにおいて再生モルタルの空隙量評価手法について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および使用再生細骨材

セメントには普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3 , 比表面積 $3220\text{cm}^2/\text{g}$)を使用し、細骨材には海砂 SS, 遠心締固めにより製造した二次製品から回収した再生細骨材 RP, 橋梁の解体により発生したコンクリート塊から製造した再生細骨材 RM の3種類を使用した。細骨材の物性値を表-1に示す。密度および吸水率から JIS 規格により分類すると、試料 RP は再生細骨材 M に相当し、試料 RM は、再生細骨材 L に相当する。

表-1 使用細骨材の物理的性質

細骨材の種類	海砂	再生細骨材	
	SS	RP	RM
絶乾密度 (g/cm^3)	2.47	2.22	2.04
吸水率 (%)	2.70	6.05	11.93

2.2 モルタルの配合および供試体の作成

配合は水セメント比 $W/C = 50\%$ 、砂セメント比 $S/C = 3.0$ で一定とした。供試体は、 $40 \times 40 \times 160\text{mm}$ の角柱とし、打設後 24 時間で脱型した。蛍光像観察用試料は、長手方向の中心部を精密カッターにより切り出し、 $40 \times 40 \times 20\text{mm}$ の試料とした。試料はエタノールにより水和停止させ、蛍光樹脂を含浸した後、表面を研磨した。また、水銀圧入法用試料として、供試体からコンクリートカッターにより中心部を切り出し、一辺の長さが約 5mm の立方体状のモルタル片を採取した。試料はアセトンにより水和停止させた後、凍結乾燥し水銀圧入法により空隙径分布を測定した。

2.3 実験方法

材齢1日の再生モルタルに対し、曲げおよび圧縮強度試験、蛍光顕微鏡による明視野像および蛍光像観察、水銀圧入法による空隙径分布の測定を行った。なお、蛍光顕微鏡は、観察倍率 20 倍にて1試料につき10枚程度、明視野像と蛍光像を撮影した。

2.3 画像解析方法

蛍光顕微鏡を使用して取り込んだ画像に対して二値化を行い、画像中の 1360×1024 ピクセル中(1ピクセルが約 $10\mu\text{m}$ に相当)の空隙とみなされる白色部のピクセル数よ

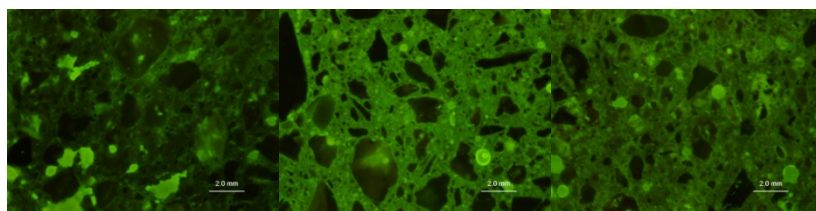


図-1 モルタルの蛍光像(左から SS, RP, RM)

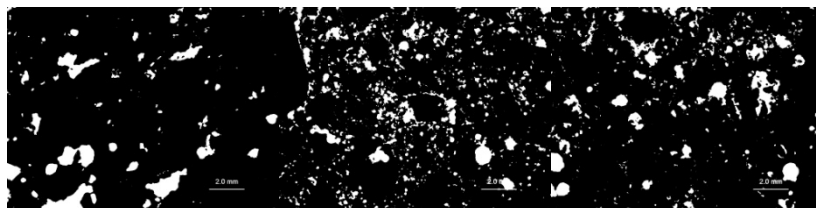


図-2 モルタルの二値化像(左から SS, RP, RM)

キーワード：再生骨材，空隙，細孔容積，蛍光顕微鏡，画像解析

連絡先：福岡市西区元岡 744 番地，TEL：092-802-3387，FAX：092-802-3387

り、空隙の面積率を算定した。それぞれの二値化像から求めた面積率を平均し、それぞれの空隙率とした。

3. 実験結果および考察

3.1 二値化像

図-1、図-2 に、モルタルの蛍光像および二値化像の一例を示す。RP>RM>SS の順で蛍光発光し、空隙が多く存在することがわかる。二値化像から、ペースト中に存在する微細な空隙は RP>RM>SS の順に多い。再生骨材の使用により空隙は増加したことがわかる。なお、画像解析により求めた面積率を 10~100 μm で整理したのは、粗大な空隙は画像間におけるばらつきが大きいのにに対し、10~100 μm の空隙ではばらつきが小さく、均質にペースト中に分散していたためである。

3.2 10~100 μm の空隙径分布の評価

図-3 に、水銀圧入法により求めた材齢 1 日における新セメントペースト部の細孔径分布測定結果を示す。材齢 1 日において既に空隙が海砂と比較し粗大である。図-4 に水銀圧入法により求めた 50nm~2 μm の空隙量 V_{itz} と圧縮強度の関係を示す。圧縮強度は遷移帯に存在するとされる 50nm~2 μm の空隙量と相関があることから、再生モルタルの強度低下は再生骨材の界面構造が影響しているといえる。

図-5 に画像解析し求めた新セメントペースト部 10~100 μm の空隙率分布を示す。RP>RM>SS の順に空隙率は大きいという結果となった。

3.3 画像解析による空隙率と強度の関係

得られた 10~100 μm の空隙と圧縮強度との関係を図-6 に示す。空隙量が大きくなるに従って強度が低下する傾向を示している。すなわち、再生骨材の強度低下は、画像解析手法で求めた空隙においてもある程度評価可能であると結論付けられる。再生骨材の強度低下は骨材界面に存在する遷移帯部の脆弱さによるものが妥当であるという結果¹⁾を検討していくためにも今後、画像解析手法および水銀圧入法の空隙量評価手法の相関性について検討を行っていく必要がある。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた知見を以下に示す。

- 1) 蛍光顕微鏡を画像解析し求めた空隙率分布において、再生細骨材の使用により空隙が増加することを確認できた。
- 2) 画像解析で求めた 10~100 μm の空隙は、RP>RM>SS の順に大きくなった。また、空隙率とモルタルの強度にはある程度の相関性がみられ、空隙量が大きくなるに従って強度が低下する傾向を示した。

参考文献 1) 松下博通, 佐川康貴, 川端雄一郎: 再生細骨材を用いたモルタルの細孔構造の粗大化と強度及び耐久性の低下, 土木学会論文集, Vol.62, No.1, pp.230-242, 2006

2) 佐川康貴, 松下博通, 川端雄一郎: 再生コンクリートの品質が細孔容積と強度の関係に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.385-390, 2007

謝辞: 本研究は、科学研究費補助金若手研究 B(研究代表者: 九州大学 佐川康貴 No.19760305)の一環として行ったものである。

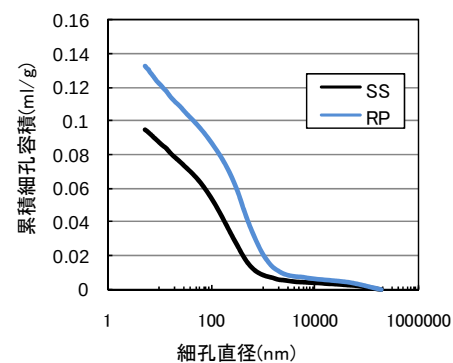


図-3 新セメントペースト部の細孔径分布 (材齢 1 日)

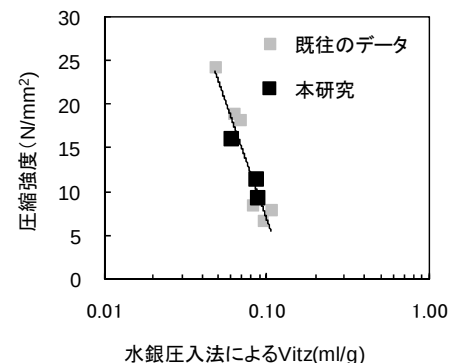


図-4 水銀圧入法による 50nm~2 μm の空隙量と圧縮強度

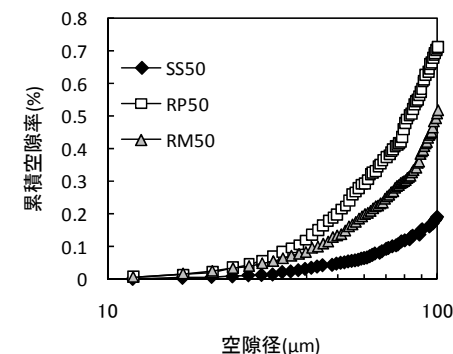


図-5 新セメントペースト部 10~100 μm の空隙率分布

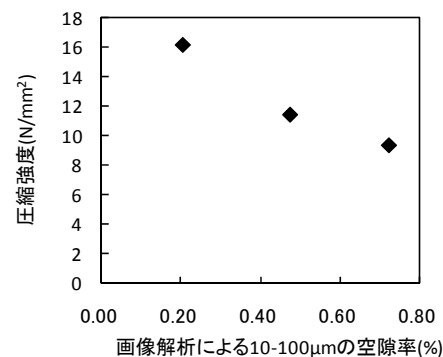


図-6 画像解析による 10~100 μm の空隙と圧縮強度