

メタカオリン含有人工ポゾラン混和によるセメントペーストの緻密化の定量的評価

九州大学大学院 学生会員 ○梅山 寛崇 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
 (株) 柏木興産 柏木 武春 九州大学大学院 正会員 山本 大介

1. はじめに

メタカオリン含有人工ポゾラン (以下, MKP) は, 石炭脈石サンプルを炭酸カルシウムと混合し, 焼成したものに高炉スラグ微粉末, フライアッシュ等を加えて微粉碎し, 人工的に製造した混和材である。既往の研究により, 強度の増進, 塩分浸透抵抗性の向上¹⁾などコンクリートの種々の性能向上に寄与することが確認され, 今後の普及が期待されている。本研究ではコンクリート中での MKP の反応について詳細に検討を行うため, MKP を混和したペースト供試体を作製し, 細孔径分布および水酸化カルシウム量 (CH 量) を測定した。

2. 試験概要

2.1 使用材料およびセメントペーストの配合

表-1 に本研究で用いた使用材料を示す。また表-2 にペーストの配合を示す。セメントペーストは水結合材比 40% で一定とした。ベースセメントとして普通ポルトランドセメントおよび高炉セメント B 種を使用し, MKP の混和率を変化させた 70×45×40mm の供試体を作製した。配合名については, C は普通ポルトランドセメント, BB は高炉セメント B 種, M は MKP を表しており, 記号に続く数字は, それぞれの結合材混合比率 (%) を示す。すべての供試体は, 作製後 24 時間で脱型し, 所定の材齢 (3, 7, 14 日) まで 20°C 水中養生を行った。

2.2 水酸化カルシウム量 (CH 量) の測定

所定の材齢にて供試体を粗粉碎し, 水和反応を停止させるためアセトンに 24 時間以上浸漬を行った。その後, D-dry にて 1 週間乾燥させた後メノウ製の乳鉢にて微粉碎を行い分析用試料とした。CH 量の測定は, 熱重量示差熱分析計 (TG-DTA) を用いて行い, 450°C 付近における重量減少量から CH 量の算出を行った。

2.3 細孔径分布の測定

2.2 と同様に所定の材齢にて水和反応を停止させた後, 5mm 角の試料を採取し, D-dry にて 2 日間乾燥させ分析用試料とした。細孔径分布の分析は, 水銀圧入式ポロシメーターを用いて測定を行った。

3. 試験結果および考察

3.1 水酸化カルシウム量 (CH 量) の測定

図-1 に各材齢において求めたセメントペースト 1g 当たりの CH 量を示す。図より, いずれの材齢においても MKP を混和することで CH 量が低下することが確認された。これは, ポゾラン反応により CH が消費されたことに起因すると考えられる。また, MKP の混和率の増加に伴い, CH 量が低下することも確認できる。また, MKP を混和した供試体はベースセメントに比べ, 材齢 3 日の時点で CH が消費され, 早期材齢時からポゾラン反応が生じていると考えられる。また, 既往の研究¹⁾より, MKP を混和

表-1 使用材料

材料	種類	品質
セメント	普通ポルトランドセメント(C)	密度:3.16g/cm ³ 比表面積:3220cm ² /g
	高炉セメント B種(BB)	密度:3.04g/cm ³ 比表面積:3780cm ² /g
混和材	メタカオリン含有人工ポゾラン(M)	密度:2.75g/cm ³ 比表面積:9030cm ² /g

表-2 ペースト供試体の配合

配合	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)			
		W	C	BB	MKP
C100	40	558	1396	0	0
C80M20		551	1102	0	276
BB100		549	0	1372	0
BB90M10		546	0	1229	137
BB80M20		544	0	1087	272
BB70M30		541	0	947	406

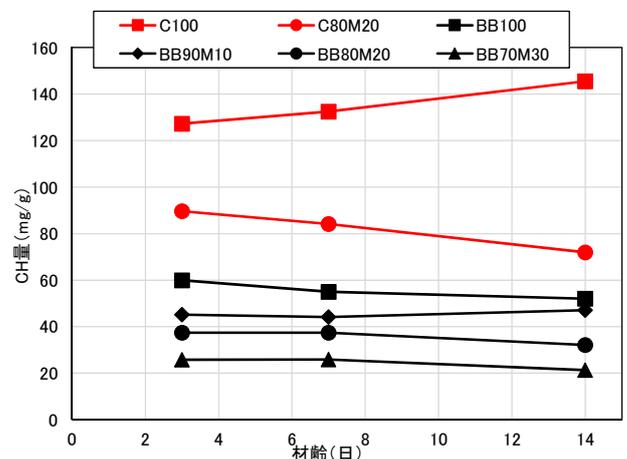


図-1 CH 量測定結果

することで特に早期強度が増進することが確認されており、初期材齢時からポズラン反応が発生することで、コンクリートが緻密化し早期強度の増進が起こったと考えられる。今後、長期材齢時の CH 量の測定を行い、詳細な検討を行う予定である。

3.2 細孔径分布の測定

図-2 から図-4 に各材齢時における累積細孔径量を示す。図-2 より、MKP を混和したものは無混和に対して、20nm 以下の微小空隙が増加していることが確認できる。図-3 より、ベースセメント C に MKP を混和した場合、20nm 以下の微小な空隙が増加し、50nm 以上の粗大な空隙が減少していることが確認できる。また、総細孔量も減少していることが確認された。一方でベースセメント BB に MKP を混和した場合、20nm 以下の微小空隙は減少している。しかしながら、50nm 以下のゲル空隙の量を比較すると MKP の混和によりゲル空隙の量が増加していることが確認できる。

図-4 より、ベースセメント C に MKP を混和した場合は、材齢 7 日時と同様の傾向を示した。一方、ベースセメント BB に MKP を混和した場合は、材齢 7 日時に比べ、BB100 は 20nm 以下の微小空隙の量はほとんど変化がないが、MKP を混和することで、微小空隙量が増加していることが確認され、BB80M20 は BB100 よりも微小空隙の量が増加している。以上の結果より、MKP を混和することで、粗大な空隙が減少し、微小空隙量が増加することにより、緻密化が起こっていることが確認された。今後、長期材齢時の細孔径分布を測定し、詳細な検討を行う予定である。

4. 結論

本研究により得られた知見を以下に示す。

- (1) MKP の混和により、初期材齢時からポズラン反応により CH が消費される。
- (2) ベースセメント C においては、MKP の混和により、20nm 以下の微小空隙量が増加し、総細孔量が減少し緻密化が起こる。また、ベースセメント BB においては、MKP の混和により、粗大な空隙が減少し、50nm 以下の微小空隙量が増加することにより、緻密化が起こる。

謝辞 本研究における水酸化カルシウム量の測定においては、福岡大学工学部社会デザイン工学科、櫛原弘貴助教のご指導を頂き、同大学コンクリート実験室の熱重量示差熱分析装置にて測定を行いました。この場を借りて謝意を表します。

参考文献

1) 山本大介, 佐川康貴, 坂口伸也, 柏木武春: メタカオリン含有人工ポズランを用いたコンクリートの強度発現性および塩分浸透抵抗性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.1, pp.1933-1938, 2015.7

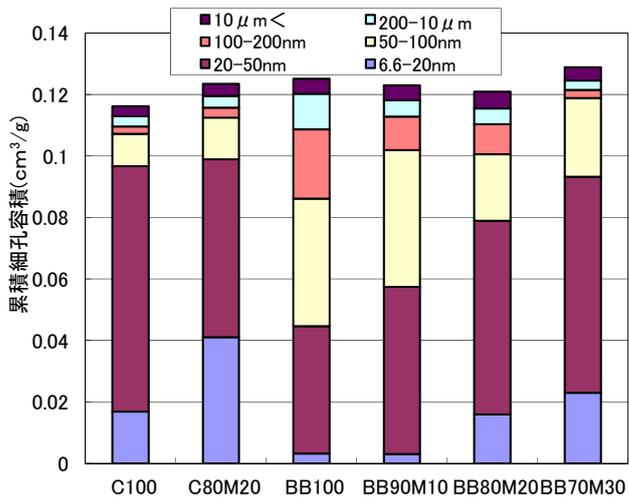


図-2 累積細孔量 (材齢 3 日)

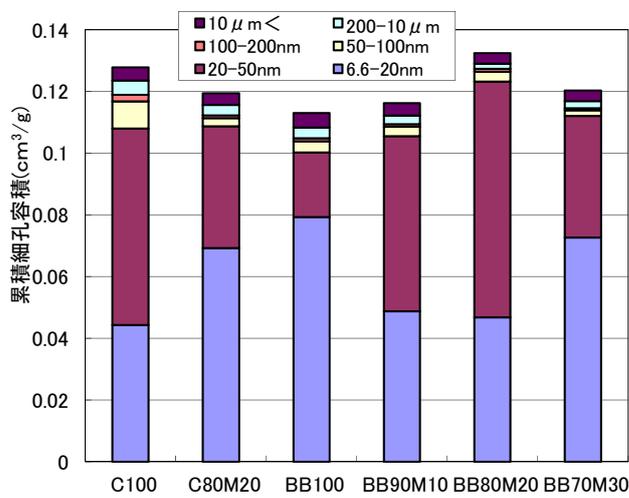


図-3 累積細孔量 (材齢 7 日)

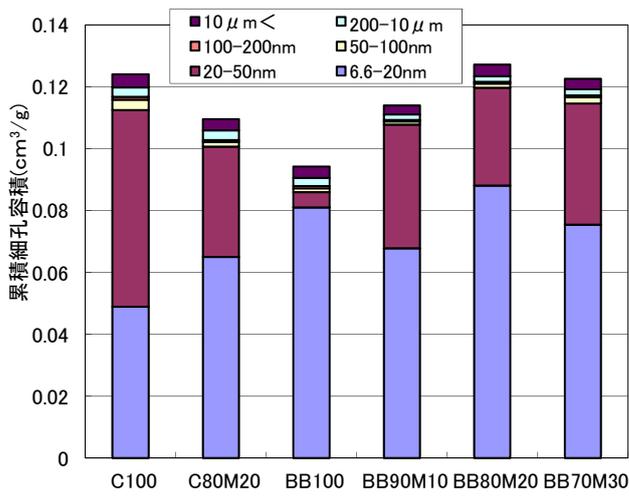


図-4 累積細孔量 (材齢 14 日)