

各種セメントにメタカオリン含有人工ポズランを混合したコンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性について

鹿児島大学 学生会員 里山永光 鹿児島大学大学院 正会員 武若耕司
 鹿児島大学大学院 正会員 山口明伸 鹿児島大学大学院 学生会員 畠中優成

1. はじめに

メタカオリン含有人工ポズラン（以下、MKP と称す）を使用したコンクリートは材齢初期に急速なポズラン反応が生じるためコンクリート内部を緻密化し、遮塩性が向上することが既往の研究により明らかとなっているが¹⁾、近年さらに反応性を高めるなど改良を施した新型のメタカオリン含有人工ポズランが開発された²⁾。しかし、この改良された MKP（以下 N-MKP と称す）の遮塩性に関する検討は行われていない。そこで本研究では、普通、フライアッシュおよび高炉セメントに N-MKP を混合したコンクリート供試体を作製し、電気泳動試験および塩水浸せき試験を実施することで N-MKP を混合したコンクリートの遮塩性効果の評価を試みた。

2. 供試体概要

実験に使用したコンクリート供試体の配合を表-1 に示す。検討を行ったコンクリートの配合は、普通セメント (C) のみを用いた OPC, OPC に対し N-MKP (M) を内割りで 20%, 50% 混合した 2 配合 (M20, M50), 普通セメントの 20% をフライアッシュ (F) で置換し、フライアッシュセメント B 種相当とした FB, FB に対し N-MKP を内割りで 10, 20, 30% 混合した 3 配合 (FB+M10, FB+M20, FB+M30), 普通セメントの 50% を高炉スラグ微粉末 (B) で置換し、高炉セメント B 種相当とした

BB, BB に対し N-MKP を内割りで 10, 20, 30% 混合した 3 配合 (BB+M10, BB+M20, BB+M30) とした。なお、高炉スラグ微粉末を使用した 4 配合は、高炉スラグ微粉末に対して内割り 2% の無水石膏 (g) を添加している。また、いずれの配合も結合材に対して表-1 に示す割合で高性能 AE 減水剤を添加し、目標スランプ 8 ± 2 cm, 目標空気量 $1.5 \pm 1\%$ を満足するよう調整した。なお、いずれも水結合材比 (W/B) は 50%, 細骨材率 (s/a) は 47%, 単位水量 (W) は 175 kg/m^3 とした。

3. 試験概要

電気泳動試験用には $\phi 10 \times 20$ cm の円柱供試体を用い、材齢 56 日まで水中養生を行った。その後、供試体中央部より厚さ 5 cm に切断し、側面をエポキシ樹脂により被覆したものを試験に使用した。電気泳動試験の装置概要を図-1 に示す。陰極側に 0.5 mol/L の NaCl 溶液、陽極側に 0.3 mol/L の NaOH 溶液を用いた。また、直流安定化電源を用いて 15V で印加させた。通電中は、電極間の電圧ならびに、陽極側、陰極側の溶液中の塩化物イオン濃度を定期的に測定した。なお、試験は全て 20°C 一定の室内で行った。塩水浸せき試験に用いた供試体は、ブリーディングの影響を避けるため $\phi 10 \times 20$ cm の円柱供試体中央部 15 cm を残して両端部を切断した $\phi 10 \times 15$ cm の円柱供試体で試験面以外をエポキシ樹脂で被覆したものをを用いた。養生は材齢 56 日まで水中で行ない、10% の NaCl 水溶液に 91 日間浸せき後、試験面から所定の深さごとに全塩化物イオン量を測定した。

表-1 供試体配合

供試体名	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)								sp (%)	
			W	C	FA	GGBS	MKP	g	S	G		
OPC	50	47	175	350	-	-	-	-	-	861	949	0.1
M20				280	-	-	70	-	-	855	943	0.27
M50				175	-	-	175	-	-	847	933	0.45
FB				280	70	-	-	-	-	850	937	0.1
FB+M10				252	63	-	35	-	-	848	935	0.18
FB+M20				224	56	-	70	-	-	847	933	0.23
FB+M30				196	49	-	105	-	-	845	931	0.28
BB				175	-	172	-	4	-	855	942	0.2
BB+M10				158	-	154	35	3	-	853	940	0.27
BB+M20				140	-	137	70	3	-	851	937	0.32
BB+M30				123	-	120	105	2	-	848	935	0.48

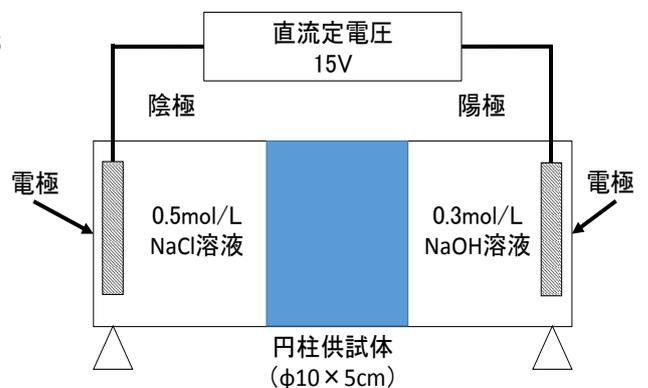


図-1 試験装置概要

4. 考察および結果

図-2 に陽極側の塩化物イオン濃度の経時変化を示す。試験期間 50 日程度において全ての供試体で、塩化物イオンの陽極側への泳動が確認された。また、OPC, FB, BB のいずれも N-MKP の混合割合の増加に伴い塩化物イオンの泳動が確認され始める期間が長くなり、定常状態時の勾配も小さくなった。

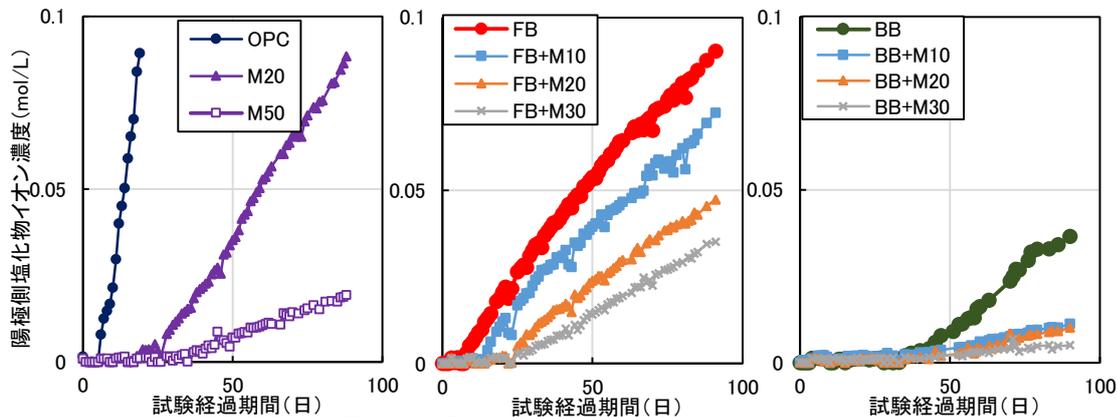


図-2 陽極側の塩化物イオンの経時変化

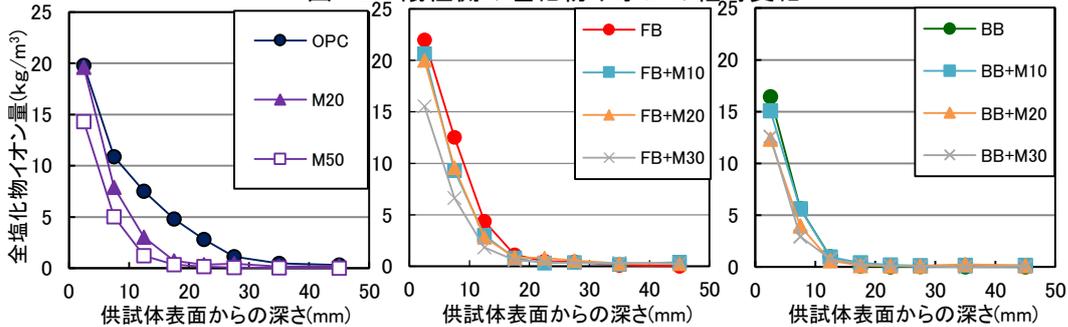


図-3 全塩化物イオン量分布

図-3 に塩水浸せき試験から得られた全塩化物イオン量分布を示す。OPC に対し M20, M50 は塩分の浸透を大きく抑制していることが分かる。また、FB, BB の場合も同様に N-MKP を混合した供試体は若干であるが塩化物イオンの浸透を抑制していることが確認できる。図-2 および図-3 の結果から塩化物イオンの実行拡散係数および見かけの拡散係数を算出した。

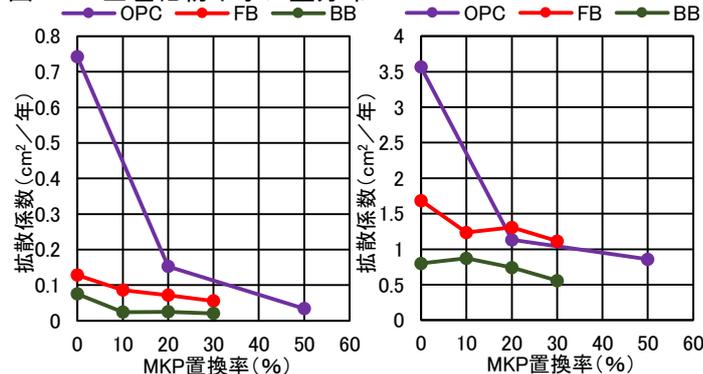


図-4 実行拡散係数

図-5 見掛けの拡散係数

図-4 に実効拡散係数と N-MKP 置換率の関係、図-5 に見掛けの拡散係数と N-MKP 置換率の関係をそれぞれ示す。

実行拡散係数と見かけの拡散係数に差はあるものの、いずれも同様な傾向を示した。いずれのセメントに N-MKP を混和した場合もその置換率が高くなるにしたがって拡散係数は小さくなる傾向を示し、特に、OPC に N-MKP を混和した場合の拡散係数は急激に低減し、FB や BB を用いた場合と同程度の拡散係数となった。一方で、FB や BB に N-MKP を用いた場合は、拡散係数の低減量は小さいものの、概ね置換率の増加に伴って線形的に拡散係数は減少する傾向が認められた。以上の結果から、いずれのベースセメントを使用した場合も N-MKP を混和させることで塩化物イオンの浸透に対する抵抗性は向上することが明らかとなった。

5. まとめ

MKP コンクリートの電気泳動試験および塩水浸せき試験により以下の結果を得た。

- 1) いずれのセメントに N-MKP を混和した場合でも置換率の増加に伴い遮塩性が向上する。
- 2) OPC に N-MKP を FB および BB と同程度の混和材率で置換すると、FB および BB と同程度の遮塩性を示す。

謝辞：本研究で得られた成果はメタカオリン含有人工ポズラン実用化研究会で実施した検討の一部である。関係各位に心より感謝いたします。

参考文献

- 1) ブイキャンハオほか：フライアッシュセメントにメタカオリン含有人工ポズランを混合したコンクリートの海洋環境下での耐久性に関する基礎的検討，土木学会第 70 回年次学術講演会 V-298, pp.595-596, 2015
- 2) 畠中優成ほか：改良されたメタカオリン含有人工ポズランの反応性に関する基礎的研究，土木学会第 69 回年次学術講演会 V-206, pp.411-412, 2014