

改良型メタカオリン含有人工ポゾランを用いたコンクリートの耐久性について

鹿児島大学

学生会員 ○中山圭吾

鹿児島大学

正会員 山口明伸, 審良善和, 小池賢太郎

株式会社柏木興産

八丁一英

1. はじめに

既往の研究により, メタカオリン含有人工ポゾラン (MKP) を高炉セメントやフライアッシュセメントと併用することで, 塩化物イオン浸透抵抗性や硫酸に対する抵抗性の向上等, 様々な効果が得られることが確認されている. しかし, フライアッシュセメントと MKP を同時に使用した場合, 強度改善効果が得られなかったこと, 中性化の進行を早める等の問題が存在することも確認された. そこで, 新たに粒度調整, 化学的調整等により, より反応性を高め改良が施された MKP (以下, 改 MKP) が開発された. 昨年度の検討では改 MKP を使用したコンクリートの物性や耐久性を評価した. しかし, 実環境下での改 MKP の耐塩害性の評価が出来ておらず, 耐酸性については供試体の改 MKP 置換率が低かったことで耐酸性の向上効果が確認されなかったなどの課題も残った. そこで, 本研究では, 課題に対する検討を行い, 改 MKP を使用したコンクリートの耐久性の評価を試みた.

2. 実験概要

2. 1 供試体概要

塩化物イオンの浸透試験に用いるコンクリートの配合と材料の密度, 吸水率を表 1 に示す. セメントには高炉セメント B 種 (以下, BB) を用い, 改 MKP の置換率を 0~30%とした. 水結合材比 (以下, W/B) は 40%および 50%とした. また細骨材には, 海砂

表 1 コンクリートの配合と材料の密度・吸水率

ベース セメント	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						高性能 AE減水剤 (B+%)	AE剤 (B+%)	材料の密度 g/cm ³	吸水率 (%)		
			W	C	MKP	砕砂	海砂	砂利						
BB	40	45.6	160	400	0	647	162	982	0.4	0.3	MKP	2.65	砕砂	0.7
				360	40	645	161	979	0.6	0.5	砕砂	2.68	海砂	1.7
				320	80	644	161	976	0.6	0.6	砕砂	2.68	石灰石	0.2
				280	120	642	160	973	0.9	0.5	海砂	2.56		
				320	0	667	167	1020	0.4	0.7	砕砂	2.7		
	50			288	32	671	168	1018	0.3	0.5				
				256	64	664	166	1016	0.3	0.6				
				224	96	668	167	1014	0.3	0.5				

表 2 MKP 高置換のコンクリートの配合と材料の密度・吸水率

ベース セメント	W/B (%)	s/a (%)	MKP 置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)						高性能 AE減水剤 (B+%)	AE剤 (B+%)	消泡剤 (B+%)	材料の密度 g/cm ³	吸水率 (%)
				W	C	MKP	海砂	砕石						
OPC	40	45.6	0	400	0	786	963	0.5	0	0.2			セメント	3.16
			30	280	120	778	953	0.55	0	0			MKP	2.65
			50	200	200	772	946	0.65	0.25	0			海砂	2.56
			70	120	280	766	939	0.8	0.33	0			砕石	2.63

と砕砂 (石灰石) の混合砂を, 粗骨材には砕石 (石灰石) を用いた. いずれの配合も単位水量を 160kg/m³, s/a を 45.6%とした. 目標スランプ値を 8cm, 目標空気量を 4.0%として混和剤を用いて調整を行った. また耐酸試験 (5%硫酸浸漬試験) に用いるコンクリートの配合と材料の密度, 吸水率を表 2 に示す. 普通ポルトランドセメント (以下, OPC) を用い, 改 MKP 置換率を 0, 30, 50, 70%の高置換で試験を行った. また, 細骨材には海砂を, 粗骨材には砕石 (砂岩) を用いた.

2. 2 試験項目および方法

2. 2. 1 塩化物イオン浸透試験

改 MKP を混和したコンクリートにおける塩化物イオンの浸透特性を評価するため, 10%塩水浸漬試験および谷山暴露試験場干満帯での暴露試験を実施した. 暴露期間は 1 年である. 供試体は, ブリーディングの影響を除去するために Φ10×20cm の円柱供試体の上部 5cm をカットし, 側面および底面をエポキシ樹脂で被覆したものをを用いた. 暴露後, 塩化物イオン量の測定を行い, 見掛けの拡散係数を算出した. なお, 試験は, JIS A 1154:2012 に準拠した.

2. 2. 2 5%硫酸浸漬試験

供試体はブリーディングの影響を除去するために Φ10×20cm の円柱供試体の上部 5cm をカットした Φ10×15cm の円柱供試体とした. 供試体を 28 日間水中養生させた後, 初期質量を測り, 5mass%の硫酸溶液に 28 日間浸漬させた. その後, 化学的浸食を受けた部分をブラシ等で除去後, 質量を測り, 初期質量との比で質

量減少率を算出した。

3. 試験結果および考察

3. 1 塩化物イオン浸透試験

図 1 に 10%塩水浸漬試験の全塩化物イオン量分布を、図 2 に干満帯暴露の全塩化物イオン量分布を示す。いずれの試験においても、表面塩化物イオン量は、W/C50%, MKP10%のコンクリートを除いて、改 MKP 置換率の増加に伴い低下する傾向にあった。また、塩化物イオンのコンクリート内部への浸透も抑制しているようである。これは、MKP のポズランの効果によって、細孔を緻密にすることで遮塩効果を高めたものと推察される。そもそも高炉スラグ微粉末を用いた BB による遮塩効果が見込めるコンクリートに対して、MKP を混和させることで 3 成分系の混合セメントとなり、遮塩性が向上したものと推察される。

図 3 に見掛けの拡散係数と改 MKP 置換率の関係を示す。10%塩水浸漬試験、暴露試験ともに概ね同様の傾向を示し、W/B40%のコンクリートの場合は、改 MKP の置換率が 20%程度までは同程度の見掛けの拡散係数を示し、置換率を 30%とした場合に低下する傾向を示した。一方、W/B50%の場合は、改 MKP 置換率の増加に伴い見掛けの拡散係数が減少する傾向を示した。このことから、適切な量を混和することで、より高い遮塩性を持つ高耐久なコンクリートになると考えられる。

3. 2 5%硫酸浸漬試験

図 4 に OPC ベースの W/B40%における質量変化率と改 MKP 置換率の関係を示す。また、写真 1 に浸漬後の外観を示す。改 MKP 置換率の増加に伴い、明らかに質量変化率は減少する傾向にあった。また、外観から改 MKP 無混和のコンクリートは粗骨材が露出するほどの侵食を受けていたが、70%置換のコンクリートはそれほど侵食を受けていないことが分かる。これはポズラン反応による水酸化カルシウムの消費および細孔構造の緻密化によるものであると考えられる。このことから、改 MKP を耐化学的侵食対策として利用する場合は、高置換のセメントとする方が望ましいと考えられる。

4. まとめ

BB ベースのコンクリートに対しても、改 MKP を適量混和させることで遮塩性を向上させることができる。また、耐硫酸性を向上させるためには、70%程度の高置換のセメントを用いたほうが望ましいと考えられる。

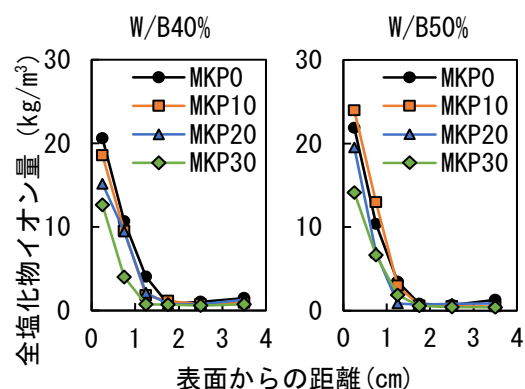


図 1 全塩化物イオン量の分布

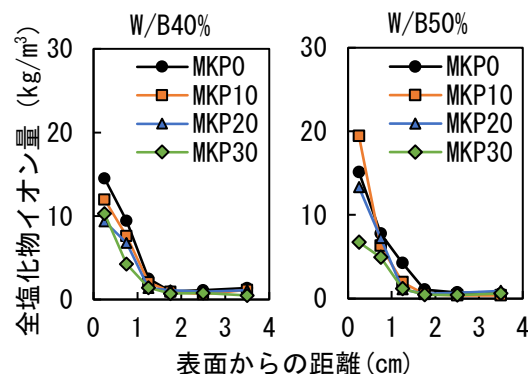


図 2 全塩化物イオン量の分布 (干満帯)

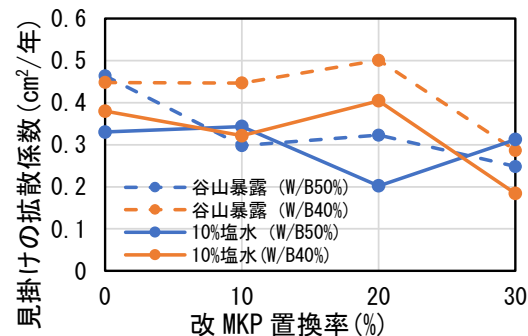


図 3 各配合の見掛けの拡散係数

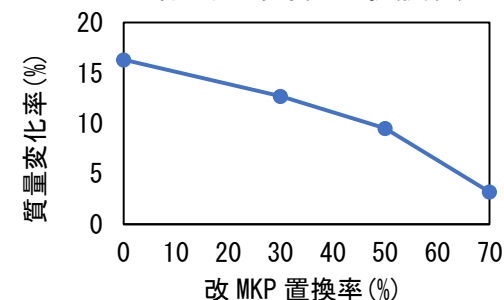


図 4 質量変化率の分布

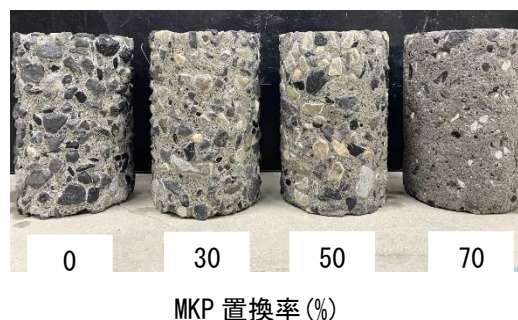


写真 1 外観写真 (OPC ベース W/B40%)