国内製造されたメタカオリン含有人工ポゾランを混和したコンクリートの耐久性向上効果

鹿児島大学大学院　学生会員　○後藤将斗
鹿児島大学学術研究院　正会員　武若耕司，山口明伸，審良善和，小池賢太郎
株式会社柏木興産　原田克己

1. はじめに

メタカオリン含有人口ポゾラン（以下，MKP）は，SiO_2・Al_2O_3 を含んでおり，これがセメント中の水酸化カルシウムと水和初期にポゾラン反応を生じ，内部を緻密化することでコンクリートの初期強度改善効果が見込まれるものである [1]．また，塩化物イオンの浸透抵抗性や硫酸に対する抵抗性等の耐久性向上が期待される材料である．近年，石炭脈石を主原料とし，フライアッシュや高炉スラグ等の産業副産物を利用した国内製造が開始され，新たな高耐久コンクリート混和材としての利用が期待されている．なお，ブレーン値を 9000cm^2/g 以上とすることで反応性を高めている．本稿では，国内で製造された MKP を使用したコンクリートの圧縮強度，塩化物イオンの見掛けの拡散係数，水分浸透速度係数について報告する．

2. 実験概要

2. 1　供試体概要

表 1 にコンクリート配合を示す．セメントには普通ポルトランドセメント（以下，OPC），高炉セメント B 種（以下，BB）を用い，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．いずれの配合も単位水量を 160kg/m^3，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%として高性能 AE 減水剤および AE 剤を用いて調整を行った．

表 1　コンクリートの配合

ベースセメント	MKP置換率(%)	W/B(%)	s/a(%)	単位量(kg/m^3)					
				W	C	MKP	砕砂	海砂	G
OPC	0	40	46	160	400	0	652	163	989
	10				360	40	650	162	986
	20				320	80	647	162	982
	30				280	120	645	162	978
	0	50			320	0	677	169	1026
	10				288	32	675	169	1023
	20				256	64	673	168	1021
	30				224	96	671	168	1018
BB	0	40			400	0	647	162	982
	10				360	40	645	161	979
	20				320	80	644	161	976
	30				280	120	642	160	973

2. 2　試験項目および方法

2. 2. 1　圧縮強度試験

MKP を混和したコンクリートにおける強度特性を評価するため，圧縮強度試験を行った．試験は，JIS A 1108 に準拠し，3，7，14，28，91，182，365 日水中養生を行った後，実施した．

2. 2. 2　10%塩水浸漬試験

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%塩水浸漬試験を実施し，見掛けの拡散係数を算出した．試験は，JIS A 1154:2012 に準拠した．なお，浸漬日数は 91 日とした．

2. 2. 3　水分浸透速度係数試験

MKP を混和したコンクリートにおける水分浸透特性を評価するため，BB ベースに対して，水分浸透速度係数試験を行った．試験は，JSCE-G 582-2018 に準拠した．

3. 試験結果および考察

3. 1　圧縮強度試験

図 1(a)，**(b)** に，OPC ベースの試験結果を，**図 1(c)** に BB ベースの試験結果を示す．ポゾラン材料の一つであるフライアッシュは長期にわたって反応が進むため，初期強度が小さくなる傾向にある．しかし，ポゾラン材料である MKP を OPC に混和したコンクリートの場合では，材齢初期から MKP が反応を起こすことにより，OPC のみの配合（MKP0）と同程度の強度を示すことが確認された．また，182 日以降の長期材齢に関しては，MKP が

キーワード：メタカオリン含有人工ポゾラン，混和材，強度特性，塩害抵抗性，水分浸透抵抗性
連絡先：〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-24　鹿児島大学工学部海洋土木工学科　TEL 099-285-8480

© Japan Society of Civil Engineers

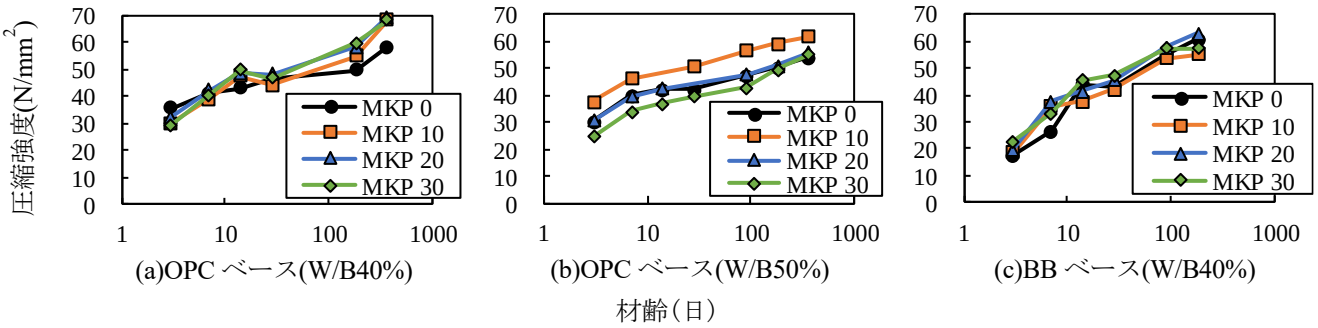

図 1　圧縮強度試験結果

継続的にポゾラン反応を起こすことによって，OPC のみの配合（MKP0）よりも圧縮強度が大きくなる傾向があることも確認された．W/B40%の場合，単位 OPC 量も多いことから，ポゾラン反応に必要な水酸化カルシウムが多く生成されるため，この傾向が顕著になったと予想される．一方で，W/B50%の場合には，MKP を 30%混和したコンクリートの材齢 91 日までの圧縮強度は OPC に比べ低下した．このことから，初期強度を確保するためには，MKP の置換率に上限があることが予想される．次に，BB ベースのコンクリート（W/B40%）の場合，MKP を混和することによって，初期強度が大きくなることが確認された．ただし，材齢 28 日以降の強度に関しては，BB も元来長期強度の増進効果を有していることもあり，MKP の混和による差はあまり見られなかった．

3．2　10%塩水浸漬試験

図 2 に OPC ベースと BB ベースの W/B40%における全塩化物イオン量分布を示す．OPC ベースの場合，MKP0 の表面塩化物イオン量が最も多く，MKP 置換率の増加に伴い表面塩化物イオン量は低下する傾向にあった．BB ベースに関しては，全配合において概ね同様な傾向を示した．**図 3** に見掛けの拡散係数と MKP 置換率の関係を示す．OPC ベースの W/B50%は，MKP 置換率の増加に伴い，見掛けの拡散係数が小さくなる傾向が得られた．一方で，W/B40%の場合は，ばらつく結果であり，明確な傾向は得られなかった．BB ベースに関しては，MKP を混和することによって，見掛けの拡散係数は若干低下する傾向にあった．全体的な傾向では，MKP を混和することで見掛けの拡散係数は低下することが予想される．しかし，遮塩性の高い材料であり，91 日間の浸漬試験結果であることから，長期的な結果により再確認が必要であると考えている．

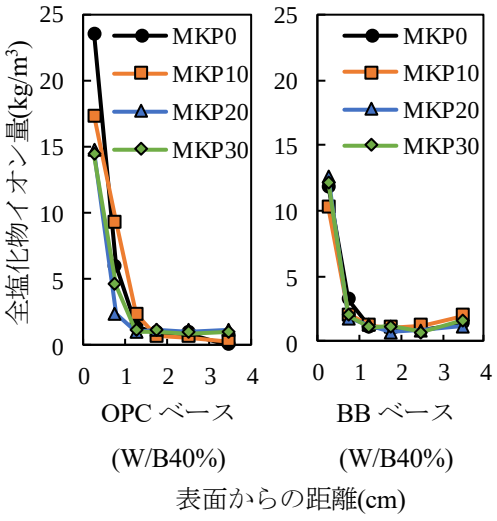

図 2　全塩化物イオン量の分布

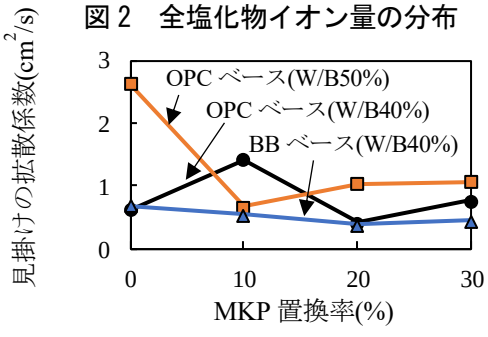

図 3　各配合の見掛けの拡散係数

3．3　水分浸透速度係数試験

図 4 に水分浸透速度係数と MKP 置換率の関係を示す．MKP 置換率の増加に伴い，水分浸透速度係数が小さくなる傾向が確認された．これは，MKP がポゾラン反応を起こし，コンクリート内部を緻密化したため，水分浸透抵抗性が向上したものであると考えられる．

4．結論

材齢初期の反応性が高い MKP を混和することで，コンクリートの初期強度改善効果が得られることが確認された．また，MKP のポゾラン反応により，コンクリートが緻密化され，塩化物イオンの浸透抵抗性や水分浸透抵抗性が向上することも確認された．

参考文献：1)沼田晋一：多機能特殊ポゾランを使用したコンクリートの施工ガイドマニュアル（私案），pp.1-21.2007.

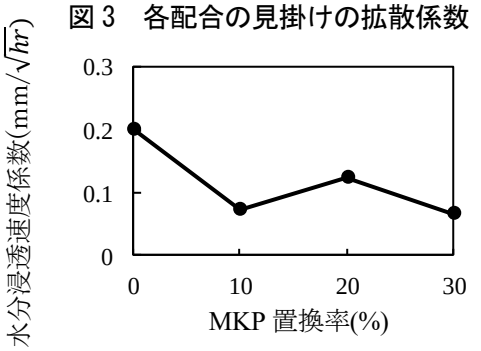

図 4　水分浸透速度係数試験結果

© Japan Society of Civil Engineers