

メタカオリン含有人工ポゾランのアルカリシリカ反応抑制効果に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 田中 暁大 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
九州大学 学生会員 山下 祐司 九州大学大学院 正会員 濱田 秀則

1. はじめに

本研究では、メタカオリン含有人工ポゾラン(以下、MKP)をコンクリート用混和材として用いた場合のアルカリシリカ反応(以下、ASR)抑制効果を明らかにするため、MKPをセメントの一部に置換した場合、およびフライアッシュを併用した場合のモルタルバーの促進膨張試験を実施した。

2. 使用材料

本研究では反応性骨材として安山岩砕砂 A を、非反応性骨材として石灰石砕砂を使用した。砕砂 A は顕微鏡観察及び X 線回折試験によりアルカリ反応性鉱物としてクリストバライト、トリディマイトを有すると推定された。図-1 に砕砂 A に対する化学法の試験結果を、図-2 に JIS A 1146 モルタルバー法による試験結果を示す。化学法において溶解シリカ量 $S_c=620\text{mmol/l}$ 、アルカリ濃度減少量 $R_c=185\text{mmol/l}$ を示し、「無害でない」と判定された。これは ASTM C 289 の判定基準では「潜在的有害」と判定される。さらに JIS A 1146 モルタルバー法の結果、促進期間 6 ヶ月の膨張率は 0.15% となり「無害でない」と判定された。

さらに反応性骨材混合率を変化させたモルタル供試体を作製し、促進養生を行い膨張率を測定した。図-3 に促進期間 6 ヶ月の膨張率を示す。この結果、砕砂 A はペシマム現象を生じる骨材であり、反応性骨材と非反応性骨材を 30:70(体積比)の割合とした場合に膨張率が最大となることが分かった。

セメントには、普通ポルトランドセメント(以下、OPC)(密度 3.16g/cm^3 、 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}=0.52\%$)を使用し、混和材として MKP(密度 2.75g/cm^3 、ブレン比表面積 $9030\text{cm}^2/\text{g}$)およびフライアッシュ II 種(以下、FA)(密度 2.30g/cm^3 、ブレン比表面積 $3860\text{cm}^2/\text{g}$)を使用した。表-1 に MKP の蛍光 X 線分析結果を示す。

3. 実験概要

ASR 抑制効果の評価は、JIS A 1146「骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(モルタルバー法)」を基にし、OPC の一部を検討対象の混和材に置換して行った。

図-4 に各配合における結合材の構成割合を示す。(1)OPC を 100% で使用した配合を C100 とした。(2)C100 に対し MKP を質量比で 10, 20, および 30% で置換した配合を M10, M20 および M30 とした。(3)C100 に対し FA を質量比で 20% 置換した配合を F20 とした。(4)FA の置換率を 20% で一定にし、加えて MKP を質量比で 10, 20, および 30% で置換した配合を F20M10, F20M20 および F20M30 とした。(5)MKP の置換率を 20% で一定にし、加

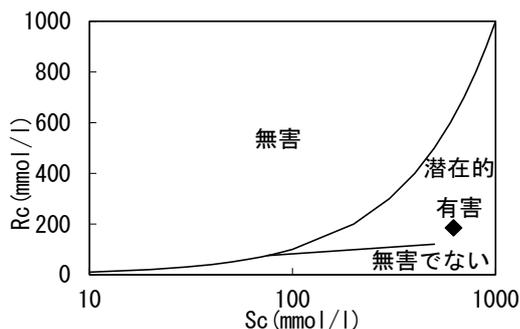


図-1 化学法の結果

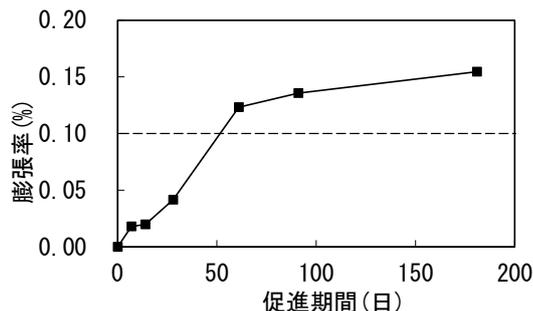


図-2 モルタルバー法の結果

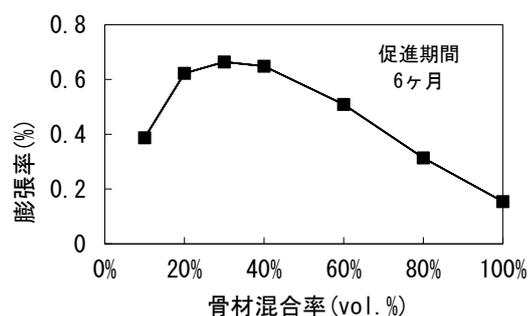


図-3 骨材混合率と膨張率の関係

表-1 MKP の化学分析

Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3
0.00	1.04	14.49	52.37	0.00	7.56
Cl	K_2O	CaO	TiO_2	Mn_2O_3	Fe_2O_3
0.00	1.05	20.90	0.65	0.06	1.88

えてFAを質量比で10および30%で置換した配合をF10M20およびF30M20とした。

細骨材は2の結果より、砕砂Aと石灰石砕砂をペシマム現象を引き起こす30:70の割合で混合したものを使用した。Na₂O_{eq}量が結合材量に対し1.20%となるように1規定NaOH水溶液を用いて調節した。その際、MKPおよびFAのNa₂O_{eq}量は考慮せず、OPC由来のNa₂O_{eq}量のみ考慮し補正した。

4. 実験結果及び考察

図-5および図-6に膨張率の経時変化を示す。C100の膨張率0.250%と比較し、混和材を置換した全ての配合において膨張率が小さく、抑制効果が認められた。

C100, M10, M20およびM30を比較すると、MKP置換率を10~30%の間で大きくするにつれ抑制効果が高まることが分かる。しかし、M10およびM20においては膨張率がそれぞれ0.199%および0.066%となりモルタルバー法の促進期間3ヶ月における判定基準である0.050%を超えており十分な抑制効果は得られていない。M30においては膨張率が0.017%となり十分な抑制効果が得られることが分かった。またC100は促進期間が2週を過ぎたあたりから膨張挙動が認められる。それに対し、M10およびM20はそれぞれ促進期間4週および8週以降に膨張を開始しており、MKP使用により膨張開始時期を遅らせる効果も認められた。

F20およびFAとMKPを混合置換した配合においては全ての配合で膨張率が0.020%以下となり抑制効果が認められた。しかし置換率の変化による明確な抑制効果の差は明確ではなく、今後も継続して測定する必要がある。

既往の研究では、同様の反応性骨材および試験法を用い、製造方法の異なるカオリン系ポゾランを20%質量置換した場合のASR抑制効果が促進期間3ヶ月において0.032%であった。本研究によるM20の膨張率は0.066%であり、本研究のMKPの方が相対的にASR抑制効果が小さい結果となった。

5. まとめ

本研究で用いた砕砂Aに対して、MKPを30%以上の置換率で使用することで促進期間3ヶ月における膨張抑制効果が得られることが分かった。またFAを20%で使用した配合と、FAおよびMKPを使用した配合では全て抑制効果が認められた。

謝辞 本研究は「メタカオリン含有人工ポゾラン(MKP)実用化共同研究会」における研究成果の一部である。

関係者各位に謝辞を表す。

参考文献

- 1) 峯健介, 内村中, 佐川泰貴, 濱田秀則: カオリン鉱物系人工ポゾランのアルカリシリカ反応抑制効果に関する基礎的研究, 平成23年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.807-808, 2013.3

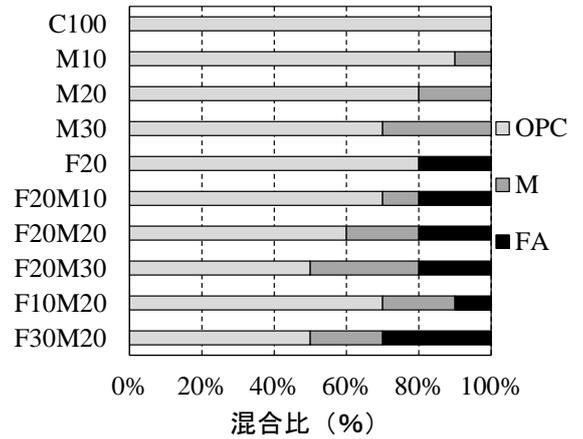


図-4 結合材の混合比

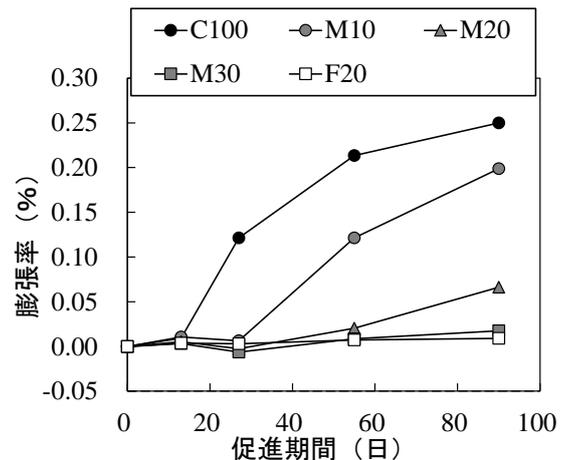


図-5 単一の混和材を置換した配合の膨張率経時変化

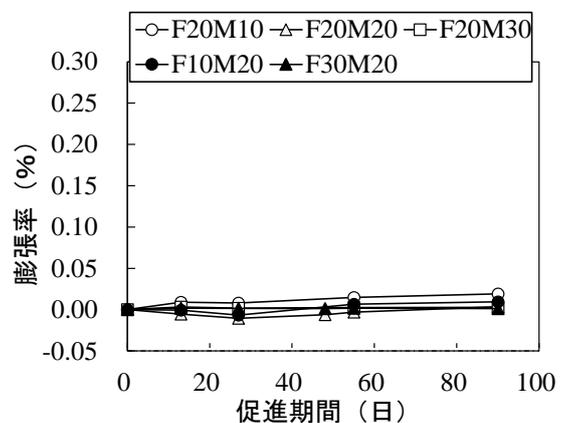


図-6 FAとMKPを混合置換した配合の膨張率経時変化