

メタカオリン含有人工ポゾランを混和したモルタルの アルカリシリカ反応による膨張挙動に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○田中 暁大 山下 祐司
正会員 佐川 康貴 フェロー会員 濱田 秀則

1. はじめに

高強度、高耐久のコンクリートを目指し、メタカオリン含有人工ポゾラン(MKP)が開発された。本研究では、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(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モルタルバーを作製し、JIS および ASTM のモルタルバー法により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 は顕微鏡観察および 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 に対する化学法の結果を、図-2 に JIS A 1146 モルタルバー法による結果を示す。化学法において溶解シリカ量 $Sc=620\text{mmol/l}$ 、アルカリ濃度減少量 $Rc=185\text{mmol/l}$ を示し、ASTM C 289 の判定基準により「潜在的有害」と判定された。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(OPC)(密度 3.16g/cm^3 , $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}=0.52\%$)を、混和材として MKP(密度 2.75g/cm^3 , ブレーン比表面積 $9030\text{cm}^2/\text{g}$) および比較のためフライアッシュ II 種(FA)(密度 2.30g/cm^3 , ブレーン比表面積 $3860\text{cm}^2/\text{g}$)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)」および ASTM C 1260「Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method)」により行った。ASR 反応促進の条件は、前者では温度

表-1 MKP の化学分析の結果

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

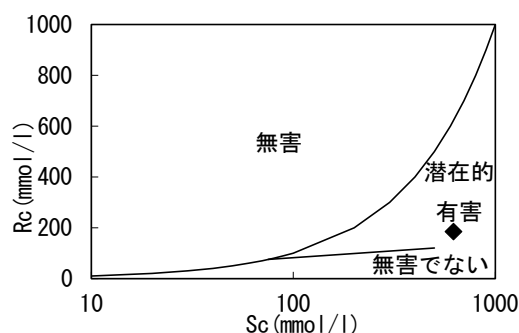


図-1 化学法の結果

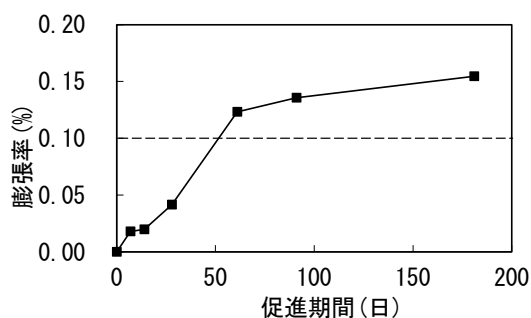


図-2 JIS モルタルバー法の結果

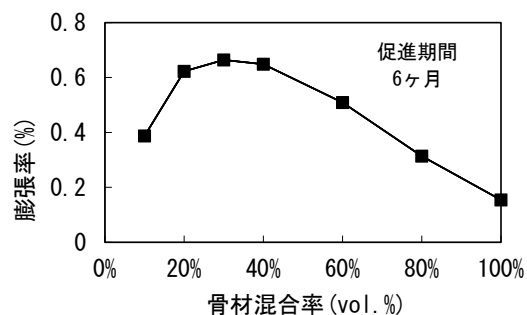


図-3 骨材混合率と膨張率の関係

キーワード：メタカオリン，ASR，モルタルバー法

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学府 建設システム工学専攻 TEL:092-802-3387

40℃、湿度 95%以上、後者では 80℃1 規定 NaOH 溶液への浸漬である。水結合材比 W/B は 50%で一定とし、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。JIS モルタルバー法においては内在 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 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 $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 量は考慮せず、OPC 由来の $\text{Na}_2\text{O}_{\text{eq}}$ 量のみ考慮し補正した。

モルタルの配合は、OPC を 100%で使用した配合を C100 とし、C100 に対し MKP を質量比で 10, 20, および 30%で置換したケースをそれぞれ M10, M20 および M30 とした。また、C100 に対し FA を質量比で 20%置換したケースを F20 とした。

4. 実験結果及び考察

図-4 に JIS モルタルバー法の膨張率の経時変化を示す。C100 の膨張率 0.431%と比較すると、M10, M20 および M30 の全てのケースで ASR 抑制効果が認められ、また置換率を増加することにより抑制効果が高まることが分かった。しかし、M10 および M20 の膨張率はそれぞれ 0.382%および 0.206%となり、26 週養生でのモルタルバー法の判定基準である 0.100%を超えているため抑制効果は不十分であると判定できる。M30 においては膨張率が 0.041%となり十分な抑制効果が得られることが認められた。同一の置換率である F20 と M20 を比較すると、MKP の抑制効果は FA より小さいことが分かった。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のに対し、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。

図-5 に ASTM モルタルバー法の膨張率の経時変化を示す。14 日養生において、0.200%を基準とすると、JIS モルタルバー法と同様に M10 および M20 は抑制効果が不十分であると判定でき、M30 は十分な抑制効果があると判定できる。また、14 日以降も試験を続けた結果、M30 の抑制効果が F20 の抑制効果よりやや大きい結果となった。

図-6 に JIS モルタルバー法（26 週養生）と ASTM モルタルバー法（14 日養生）の膨張率の関係を示す。それぞれ規定の期間における膨張は、相関が高いことが認められた。

5. まとめ

本研究で用いた安山岩砕砂 A に対して、MKP 置換率が高いほど膨張率が小さい、または膨張開始までの期間が短く、ASR 抑制効果が得られた。しかし FA を 20%置換した場合と同等の効果を得るためには、MKP 置換率を 30%とする必要があることが明らかとなった。

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。

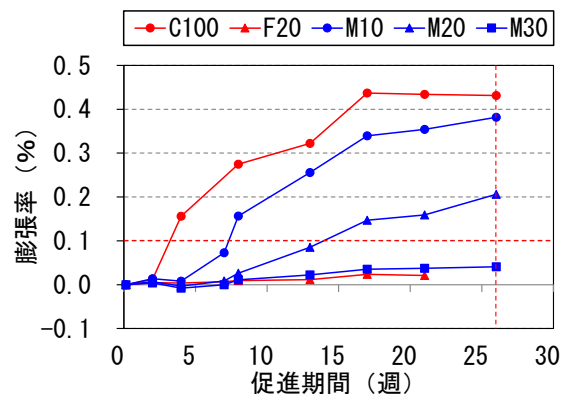


図-4 膨張率経時変化 (JIS モルタルバー法)

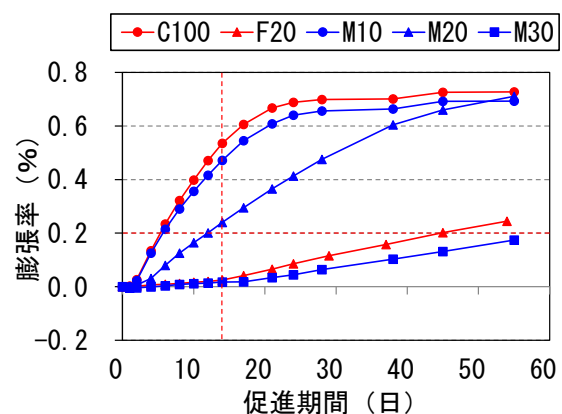


図-5 膨張率経時変化 (ASTM モルタルバー法)

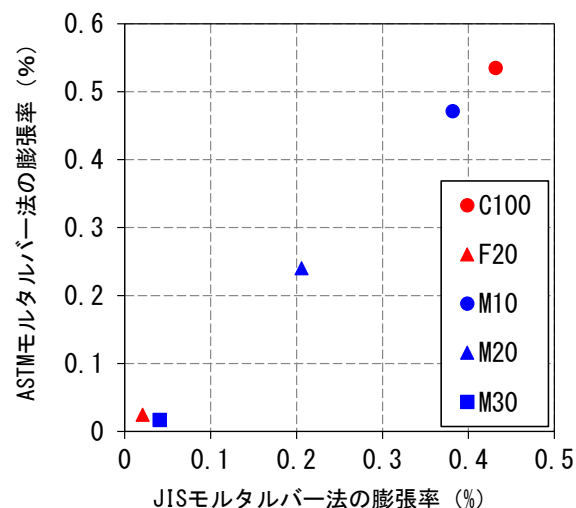


図-6 JIS モルタルバー法（26 週）と ASTM モルタルバー法（14 日）の膨張率の関係