

第V部門

ASRに対して無害でない砕石粉の高炉スラグによるASR膨張抑制に関する研究

京都大学工学部 学生員 ○宮田 佳和
 京都大学工学研究科 正会員 大島 義信
 京都大学工学研究科 正会員 服部 篤史
 京都大学工学研究科 正会員 河野 広隆

1. はじめに

現在コンクリート用骨材の供給は多くを砕石砕砂に頼っているが、砕石砕砂を製造する際に副産される粒径 0.15mm 以下の砕石粉は年間 1200 万トン¹⁾発生しており、その処理の問題はいまだに解決されていない。

砕石粉の有効利用のためにコンクリート混和材としての利用が研究されており、近々JIS で標準化される予定であるが、今回の規格では ASR に「無害」な原石の砕石粉のみ使用を認めており、ASR に「無害でない」原石の砕石粉は使用できないことになっている。しかし、ASR に「無害でない」骨材であってもセメント中のアルカリ総量を制限したり、混和材を使用したりすれば ASR に「無害」な骨材と同様に使用することができるため、ASR に「無害でない」原石の砕石粉も大量に副産されており、その処理の問題は未だに解決されていないということになる。

したがって、本研究では ASR に「無害でない」原石の砕石粉を用いた場合でも、セメントに高炉スラグ微粉末を加えることで十分な ASR 膨張抑制が可能かどうかを調べた。

2. 実験概要

本研究では ASR に「無害でない」原石の砕石粉を添加した場合でも、高炉スラグ微粉末で ASR 膨張抑制ができることを調べるため、反応性骨材の配合率が 100% または 50% のモルタル供試体と、その細骨材のうちの 5% を原石が「無害でない」砕石粉で置換したもの、砕石粉に加えてセメントの 43% を高炉スラグ微粉末で置換したものを作り、JIS A 1146(モルタルバー法)と JIS A 1129-3(ダイヤルゲージ法)に準じてそれぞれの膨張を所定の材齢時に計測した。

2.1 使用材料

セメントはアルカリシリカ反応性試験用普通ポルトランドセメントを使用した。骨材は非反応性骨材の細骨材

と北海道産の反応性骨材(安山岩)の細骨材および砕石粉、長崎県産の反応性骨材(安山岩)の砕石粉を用いた。北海道産骨材を JIS A 1145(化学法)により試験した結果、溶解シリカ量(S_C)が 592mmol/l、アルカリ濃度減少量(R_C)が 142mmol/l となり、ASR に「無害でない」となった。なお、北海道産骨材をモルタルバー法で試験した結果、26 週後に 0.173% の膨張を示し、ASR に「無害でない」となった。また、北海道産および長崎県産骨材を X 線回折分析した結果を表 1 に示す。

表 1 使用骨材の X 線回折分析

骨材	珪酸塩鉱物		シリカ鉱物		
	長石	輝石	クリストバライト	トリディマイト	石英
北海道産	◎	○		○	○
長崎県産	◎	○	○		

◎: 多い, ○: 少ない

2.2 実験方法

本実験に使用したモルタルの配合は、モルタルバー法に準じ水量(W)を 300g、セメント量(C)を 600g、細骨材量(S)を 1350g とし、等価アルカリ量(Na_2O_{eq})は 1.2% となるよう水酸化ナトリウム(NaOH)で調整した。モルタル供試体の寸法は 40mm×40mm×160mm とし、練混ぜ方法や初期養生などもモルタルバー法に従った。

細骨材は北海道産の反応性骨材と非反応性骨材を使用して反応性骨材の混合割合が 100% のものと 50% のものの 2 種類を打設した。細骨材の粒度分布はモルタルバー法に準じて定めた。砕石粉を加えるものについては細骨材全体の 5% を北海道産または長崎産の砕石粉で置換した。その際には砕石粉以外の粒径はそれぞれ 5% ずつを差し引いた量を用いた。

高炉スラグ微粉末を加えたものは 43% セメント置換とし、粉末度は 4000 と 8000 の 2 種類を用い、粉末度 8000 の高炉スラグ微粉末は反応性骨材の混合割合が 50% のもののみ打設した。

したがって打設した供試体は次頁の表 2 の通りである。

表 2 供試体一覧

細骨材	混和材			
	砕石粉 北海道	砕石粉 長崎産	高炉スラグ 粉末度4000	高炉スラグ 粉末度8000
北海道産の 反応性骨材 100%	×	×	×	×
	○	×	×	×
	○	×	○	×
	×	○	×	×
	×	○	○	×
北海道産の 反応性骨材と 非反応性骨材 50:50	×	×	×	×
	○	×	×	×
	○	×	○	×
	○	×	×	○
	×	○	×	×
	×	○	○	×

貯蔵はモルタルバー法に準じ貯蔵槽は槽内温度 40℃、湿度 95%以上となるように保った。供試体は立てて保存し計測を1回するごとに上下を逆にした。

測定は脱型後、2, 4, 8, 13 週後にダイヤルゲージ法に準じて行った。

3. 実験結果

図 1, 2 には個々のモルタル供試体のそれぞれの材齢時における膨張率を示した。

細骨材の種類によっては砕石粉を加えることによって膨張が増加した場合と、少なからず膨張が抑制された場合があったが、これは反応生成物中の $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ の値が大きいほど膨張が大きくなること²⁾等が原因であると考えられる。膨張が増加したものは反応性骨材が 100%であり、表面積が大きいため激しく反応が起こる砕石粉周辺でもシリカが十分に供給され、膨張が抑制されたものは反応性骨材が 50%であったため砕石粉周辺では細孔溶液中にシリカが不足し膨張が小さくなったものと考えられる。しかし砕石粉からもシリカは供給されたため、膨張の抑制効果は小さなものになったと考えられる。

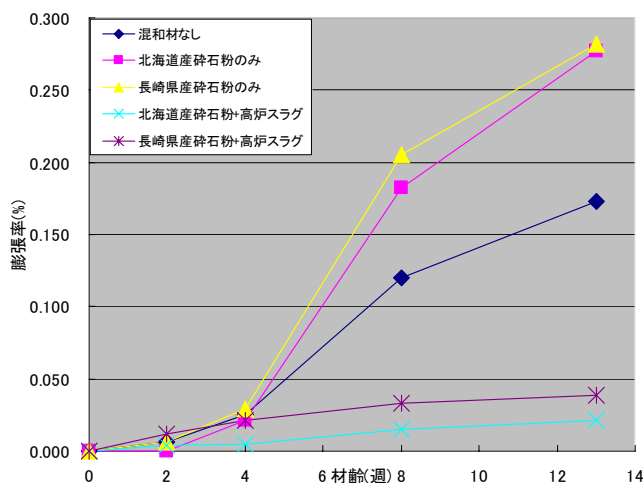


図 1 モルタルバーの膨張量

(反応性骨材 100%, 高炉スラグ粉末度:4000)

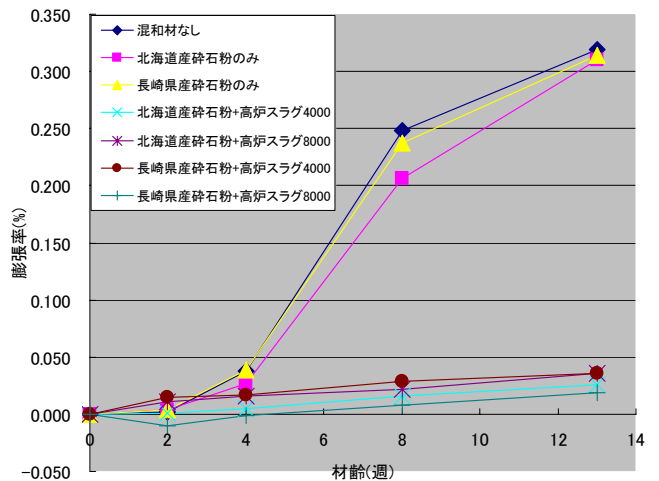


図 2 モルタルバーの膨張量

(反応性骨材 50%, 高炉スラグ粉末度:4000/8000)

長崎県産の砕石粉と粉末度 8000 の高炉スラグ微粉末を加えた供試体が始め収縮しているのは、高炉スラグの自己収縮のためと考えられる。いずれの場合も高炉スラグ微粉末を加えることによってモルタルバー法の判定基準の範囲内に膨張を抑制することができた。

4. まとめ

本研究の目的は、砕石粉の有効利用に関して ASR に「無害でない」原石の砕石粉を混和材として使用しても既往の ASR 対策を施せば ASR 膨張抑制ができるかどうかを調べることであった。以下に 13 週までの測定で得られた知見をまとめる。

1. ASR に「無害でない」原石の砕石粉をモルタルバーに加えた場合は膨張を抑制する効果は少なく、場合によっては更なる膨張を引き起こした。
2. ASR に「無害でない」原石の砕石粉をモルタルバーに加えた場合でも、通常の「無害でない」骨材を用いたときと同様に、高炉スラグ微粉末を加えることによって十分に ASR 膨張が抑制できる。
3. 今回の実験では高炉スラグ微粉末の粉末度による抑制効果の違いは見られなかった。

参考文献

- 1) 日本砕石協会：JIS A 50**「コンクリート用砕石粉」解説原案。
- 2) 森野奎二，春野淳介：種々のアルカリ反応性物質を使用したモルタルの膨張とひび割れ，コンクリート工学年次論文集，Vol.13，No.1，pp.735-740，1991 年。