

廃瓦微粉末によるアルカリシリカ反応の抑制効果

金沢大学大学院 学生員○坂本一樹 (株)ホクコン 正会員 友竹博一
金沢大学工学部 正会員 山戸博晃 金沢大学工学部 正会員 鳥居和之

1. はじめに

屋根瓦廃材から再生骨材を製造する過程で発生する微粉末は、焼成カオリン鉱物を多く含有し、良好なポゾラン反応性を有するので、鉱物質混和材としての利用が期待されている¹⁾。本研究では、鉱物質混和材（廃瓦微粉末、フライアッシュおよび珪石微粉末）の添加によるコンクリートのアルカリシリカ反応の抑制効果を調べるために、それらの微粉末を添加したモルタルバーを作製し、促進養生条件（デンマーク法およびカナダ法（ASTM C1260 法））でのモルタルの膨張挙動を比較検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び試験体の作製 使用セメントは普通ポルトランドセメント（密度:3.16 g/cm³、比表面積:3330cm²/g、等価アルカリ量:0.57%）である。反応性骨材は実構造物での ASR 損傷が確認されている、石川県能登産の安山岩碎石（反応性鉱物:火山ガラス、クリストバライト、（化学法 Rc:223mmol/l、Sc:609mmol/l））と富山県常願寺川産の川砂利（安山岩の含有率:20~30%、反応性鉱物:火山ガラス、クリストバライト、（化学法 Rc:99mmol/l、Sc:252mmol/l））である。鉱物質混和材は、廃瓦微粉末（略号 TP、越前瓦廃材微粉末（75μm以下）、密度:2.62 g/cm³、比表面積:1650cm²/g）、フライアッシュ（略号 FA、敦賀火力発電所産Ⅱ種灰、密度:2.20 g/cm³、比表面積:3700cm²/g）、および珪石微粉末（略号 SP、福井県南条産珪石微粉末、密度:2.65 g/cm³、比表面積:10000cm²/g）である。鉱物質混和材の化学成分を表-1 に示す。セメントに対する鉱物質混和材の重量置換率（外割）は 5%、10%、15%および 20%である。

表-1 鉱物質混和材の化学成分

略号	Ig.Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
TP	1.20	71.80	15.7	7.6	2.2	0.7	—	—	0.200
FA	4.20	67.56	19.5	3.5	1.0	0.7	0.38	1.08	0.175
SP	0.30	97.60	0.8	0.7	—	—	—	—	—

2.2 実験方法 デンマーク法は、水:セメント:骨材=0.5:1:2 の配合でモルタルバー（40×40×160mm）を作製し、脱型時（打設後 24 時間）の長さを基長とし、温度 50℃の飽和 NaCl 溶液に浸漬した条件下で長さ変化を 3 ヶ月間計測した。デンマーク法では、91 日材齢にて膨張量が 0.1%以下（無害）、0.1~0.4%（不明確）、0.4%以上（有害）と判定する。一方、カナダ法は水:セメント:骨材=0.5:1:2.25 の配合でモルタルバー（25×25×285mm）を作製し、打設後 24 時間で脱型、さらに温度 80℃の水中養生を 24 時間実施し、その時点での長さを基長とした。その後、温度 80℃の 1N・NaOH 溶液に浸漬した条件下で長さ変化を 1 ヶ月間計測した。カナダ法（ASTM C1260）では、14 日材齢にて膨張量が 0.1%以下（無害）、0.1~0.2%（無害と有害の両者が存在する）、0.2%以上（有害）と判定する。また試験終了後、デンマーク法では 0.1N の硝酸銀溶液の噴霧により塩分浸透深さを測定するとともに、反応性骨材の周囲に生成した ASR ゲルの形態とその化学組成を SEM-EDX により調べた。

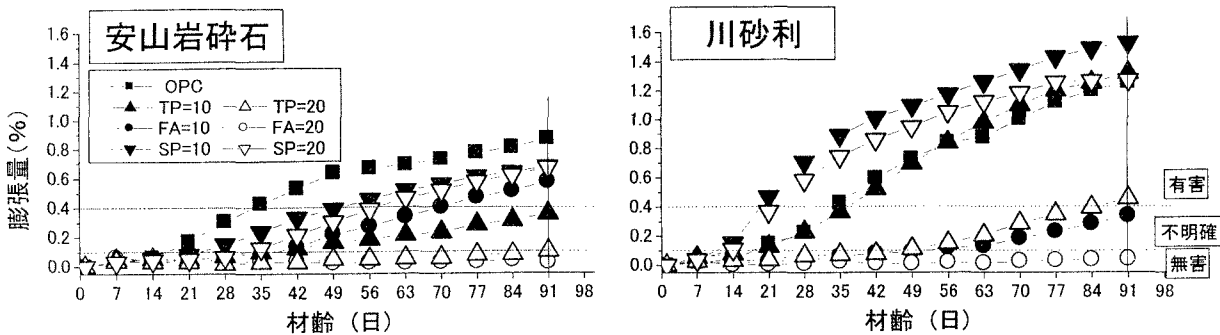


図-1 デンマーク法結果

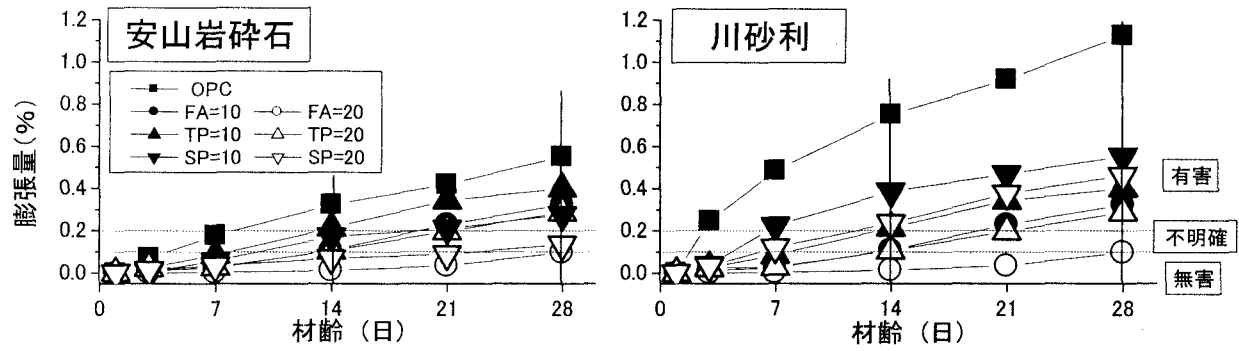


図-2 カナダ法結果

3. 実験結果及び考察

3.1 デンマーク法およびカナダ法におけるモルタルの膨張挙動

デンマーク法におけるモルタルの膨張挙動および試験終了後の塩分浸透深さを図-1および表-2に示す。デンマーク法では、NaCl 溶液がモルタル内部に浸透するとともに ASR が発生し、モルタルの膨張が始まる。この際に、酢酸ウラニル蛍光法による観察により、ASR ゲルの生成は塩分浸透領域に限定されているのが判明している。したがって、ポゾラン反応の進行により緻密なモルタル組織が形成されるものほど塩分の浸透が抑制されるので、同時に ASR 膨張も大きく低減されることになる。廃瓦微粉末やフライアッシュを添加したものでは添加率とともに膨張量が大きく減少しており、添加率 15%以上になると長期にわたり膨張の抑制効果が認められた。一方、珪石微粉末（原石（チャート）は微晶質シリカおよび玉髄を含有する）はそれ自身もアルカリシリカ反応性があることが確認されているが、ポゾラン反応性が小さいので、添加率にかかわらずアルカリシリカ反応による膨張の抑制効果が小さかった。次にカナダ法におけるモルタルの膨張挙動を図-2に示す。カナダ法では試験体が 25×25mm と小さいのですべての試験体にて中心部までアルカリ溶液が浸透していた。このため、カナダ法では浸漬直後から ASR による膨張が開始され、早期に大きな膨張量を示した。カナダ法は早期判定の点でデンマーク法と比べて有利であるが、カナダ法におけるモルタルの膨張挙動はデンマーク法とは必ずしも一致しなかった。鉱物質混和材を添加したモルタルの膨張挙動は、安山岩碎石と川砂利とで類似していたが、モルタルの膨張量は川砂利の方が安山岩碎石よりも大きくなった。これは川砂利中の反応性骨材の含有率がベシマム混合率に近かったことによるものであった。

表-2 塩分浸透深さ(mm)

	添加率	TP	FA	SP
安山岩	0	※	※	※
	5	※	※	※
	10	※	※	※
	15	※	※	※
	20	11	8	※
川砂利	0	※	※	※
	5	※	※	※
	10	※	12	※
	15	※	5	※
	20	17	3	※

※：試験体断面(40×40mm)に塩分が完全に浸透

3.2 鉱物質混和材による ASR 膨張の抑制効果

鉱物質混和材による ASR 膨張の抑制効果を表-3に示す。デンマーク法では安山岩の場合、廃瓦微粉末やフライアッシュは添加率 20%以上になると「無害」と判定されたが、珪石微粉末は添加率にかかわらず「無害」と判定されなかった。一方、カナダ法では安山岩の場合、フライアッシュ・珪石微粉末は添加率 15%以上にて「無害」と判定されたが、廃瓦微粉末は 15%以上で「不明確」であった。

表-3 鉱物混和材料の ASR 抑制効果

	添加率	デンマーク法			カナダ法		
		TP	FA	SP	TP	FA	SP
安山岩	0	×			×		
	5	×	×	×	×	△	×
	10	△	×	×	×	△	△
	15	△	△	×	△	○	○
	20	○	○	×	△	○	○
川砂利	0	×			×		
	5	×	×	×	×	×	×
	10	×	△	×	×	×	×
	15	×	○	×	×	○	×
	20	×	○	×	△	○	×

○：有り △：不明 ×：無し

4. まとめ

- (1) 廃瓦微粉末にはフライアッシュと同様に ASR の抑制効果が確認されたが、珪石微粉末には抑制効果は認められなかった。
- (2) 外部からアルカリが供給されるデンマーク法およびカナダ法は鉱物質混和材の ASR 抑制効果の早期判定に有効であったが、珪石微粉末のように両方で判定結果が相違するものがあった。

【参考文献】 友竹博一ほか：建設廃材微粉末のコンクリート混和材としての有効利用、セメントコンクリート論文集、No56, 2002