

廃棄ガラス粉末によるアルカリシリカ反応抑制効果

金沢大学大学院 学生会員 ○佐野 主典
旭硝子 (株) 高原 雅行
金沢大学工学部 フェロー 川村 満紀

1. まえがき

近年、産業廃棄物量の低減および再資源化の一環として、ガラス瓶や自動車フロントガラスのリサイクル利用が重要な課題となっている。特に、車のフロントガラスは、2002 年におけるリサイクル法の制定に伴い、その有効利用法の開発が求められている。廃棄ガラスのコンクリート用材料としての有効利用法の 1 つとしてガラス粉末の混和材としての利用が考えられる。本報告は種々の廃棄ガラス粉末の ASR 抑制効果について実験的検討を行ったものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料: セメントは等価 Na_2O 量が 0.6% の普通セメントを使用し、反応性骨材および非反応性骨材として、それぞれ焼成フリント (C.F.) および石灰岩碎石を使用した。また、混和材として瓶ガラス (G ガラス) 粉末、フロントガラス粉末 (F ガラス) およびフライアッシュ (FA) を使用した。G ガラス、F ガラスおよび FA の化学組成を表 1 に示す。G および F ガラス粉末は原材料を 0.074mm を通過するように粉砕したものである。

表 1 ガラスおよびフライアッシュの化学組成

	SiO_2	CaO	Na_2O	Al_2O_3	MgO	K_2O	Fe_2O_3	SO_3	Cr_2O_3	BaO	B_2O_3
G ガラス	71.9	10.3	13.3	2.0	0.7	1.0	0.2	0.1	0.1	0.1	—
F ガラス	68.3	7.47	11.6	1.92	3.99	0.30	3.25	—	0.26	0.02	—
FA	66.0	1.65	0.36	23.5	0.28	1.31	3.21	—	—	—	—

(2) 配合: モルタルの配合は、セメント: 骨材: 水 = 1: 2: 0.5 とし、セメントに対する混和材の置換率は 10%, 20% および 30% とした。また、全骨材量に対する反応性骨材 (C.F.) の置換率は質量百分率で 30% とした。

(3) 実験方法: a) 膨張試験: 脱型時 (打設後 24 時間) の供試体の長さを基長とし、38℃ において材齢に伴う供試体長さの変化を測定した。b) 細孔溶液の分析: モルタルの配合は膨張測定用供試体と同じであり、 $\Phi 40 \times 100\text{mm}$ の細孔溶液抽出用モルタル円柱供試体を作製した。細孔溶液の抽出材齢は 1、7、35 日とした。所定材齢に達した供試体を細孔溶液抽出装置に入れ、400MPa ~ 500MPa の高圧下にて細孔溶液を抽出し、直ちに所定の倍率 (100 倍) に希釈した後、原子吸光分析法によって分析を行った。c) SEM 像観察および BSE・EDX の組み合わせによる分析: 所定材齢において、膨張試験に用いたものと同じモルタル供試体の中心部から厚さ 5mm 程度の薄い板状のモルタル片を切り出し、SEM 観察用試料を作製した。

3. 実験結果および考察

(1) 膨張量試験結果: 図 1 および図 2 は各ガラス粉末添加モルタルの膨張曲線を示したものである。これらの図より、20% 以上のフライアッシュ (FA) を添加することによって ASR による膨張を抑制することができるが、G ガラス粉末および F ガラス粉末添加モルタルにおいては無添加モルタルよりも膨張量が多いことがわかる。すなわち、G および F ガラス粉末は、いずれも ASR 膨張抑制効果はないといえる。また、いずれのガラス粉末添加モルタルにおいても、20% においてもっとも膨張量が小さく、F ガラス粉末 30% 添加モルタルは 10% 添加モルタルとほぼ同程度の膨張量を示した。F ガラス粉末添加モルタルにおいては、添加率 30% においても無添加モルタルよりはるかに大きな膨張量を示したのは、F ガラス粉末から

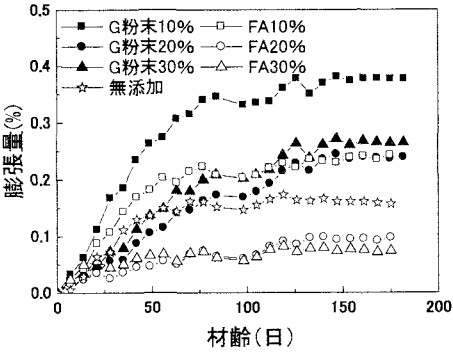


図 1 G ガラス粉末添加モルタルの膨張曲線

キーワード: 廃棄ガラス粉末、リサイクル、アルカリシリカ反応

金沢大学工学部 〒920-8667 石川県金沢市小立野 2-40-20 TEL.076-234-4622 FAX.076-234-4632

アルカリが溶出することが挙げられる。すなわち、F ガラス粉末は ASR 抑制を発揮するポゾランの役割も果たすが、それよりも添加率 30% では、ガラス粉末から溶出するアルカリ量が多いために、逆に ASR を促進してしまったと推察される。ガラス粉末の ASR 抑制効果は使用する反応性骨材によって異なると考えられる¹⁾²⁾。

(2) 細孔溶液の分析: 上述のように、F ガラス粉末添加モルタルは、無添加モルタルよりも大きな膨張量を示したのでモルタル中でガラス粉末から細孔溶液中に溶出するアルカリ量を明らかにするために反応性骨材を含有しないガラス粉末およびフライアッシュ 20% 添加モルタルに対して種々の材齢における細孔溶液分析を行った。材齢に伴う細孔溶液中のアルカリイオン濃度の変化を示すと図 3 のようである。図 3 より、FA 添加モルタルおよび混和材無添加モルタルでは、アルカリイオン濃度が材齢とともに減少しているが、ガラス粉末添加モルタル中のアルカリイオン濃度は、1 日から 7 日の間で急激に上昇していることより、ガラス粉末含有モルタルでは、多量のアルカリが細孔溶液中に溶出していることがわかる。

(3) SEM 像観察および EDX 分析: ガラス粉末、FA 添加モルタルおよび混和材無添加モルタル(材齢 150 日)に対して SEM 像観察および EDX 分析を行った。写真 1 は C.F. 粒子の BSE 像である。写真 2 は C.F. 粒子中のひび割れ部分を拡大したものである。写真 2 より、ひび割れ中にマッシュな ASR ゲルが生成されていることがわかる。このような ASR ゲルは G ガラス粉末、F ガラス粉末および FA 添加モルタル、混和材無添加モルタルのいずれにおいても見られた。これらの ASR ゲルに対する EDX 点分析結果を図 4 に示す。図 4 より明らかなように、混和材無添加モルタルおよびガラス粉末添加モルタル中に生成される ASR ゲルのアルカリ含有量にほとんど差が見られない。

4. まとめ

焼成フリントモルタルにおいては、廃棄ガラス粉末は ASR 抑制効果がなく、逆に膨張を助長することが判明した。また、細孔溶液の分析結果より、廃棄ガラス粉末が ASR 抑制効果を有しないのは、ガラス粉末から多量のアルカリが溶出するためであることがわかった。このように、焼成フリントを使用したモルタルでは、アルカリを多く含む廃棄ガラス粉末は、ASR 膨張抑制材としての効果を発揮することができない。しかし、ガラス粉末の ASR 膨張抑制効果は、使用する反応性骨材によって異なると考えられるので、種々の反応性骨材を使用したモルタルやコンクリートにおけるガラス粉末の ASR 膨張抑制効果を検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 春田健作 他: 廃ガラスビン粉末を用いたモルタルの膨張特性に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.22、No.1、pp.37-42、2000
- 2) 廣瀬哲 他: ガラス粉末を混合したポルトランドセメントの硬化特性、セメント・コンクリート論文集、No.50、pp.80-85、1996

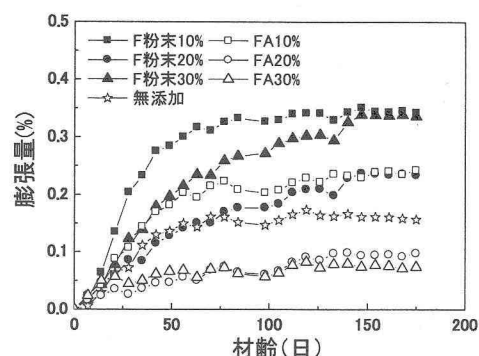


図 2 F ガラス粉末添加モルタルの膨張曲線

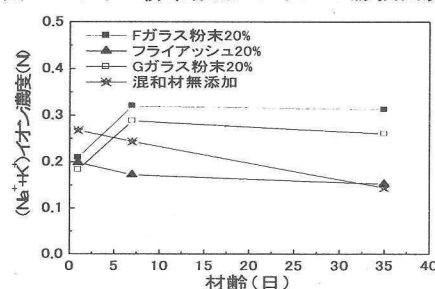


図 3 材齢に伴うアルカリイオン濃度変化

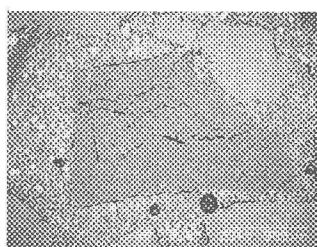


写真 1 C.F.粒子

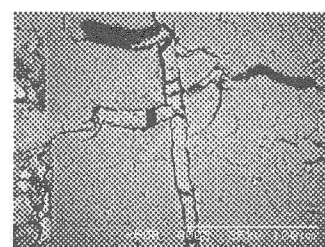


写真 2 粒子内部の ASR ゲル

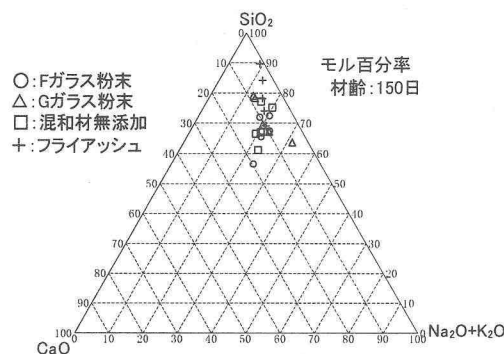


図 4 C.F.粒子中の ASR ゲル組成