

FA サンドを使用したコンクリートの ASR 抑制効果の検証

金沢大学 環境デザイン学専攻 学生会員 ○中島 隆甫

清水建設株式会社 正会員 吉田 匠吾

株式会社 安藤・間 正会員 坂本 守

金沢大学 理工研究域 環境デザイン学系 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

石炭火力発電所から産出するフライアッシュは、コンクリートの流動性の改善、耐久性の改善等の効果を有し、コンクリートの性能改善の上で有効な混和材料である。しかし、フライアッシュをコンクリート用混和材として使用する場合、コンクリート製造設備にフライアッシュ専用の貯蔵設備、および計量設備などの新たな設備投資が必要となる。一方、フライアッシュと細骨材を事前混合した FA サンドは、通常の細骨材と同様の要領でコンクリート製造設備に供給、貯蔵、計量することができ、通常の細骨材と同様に扱い、コンクリートを製造することができる^{1), 2)}。このため、FA サンドの使用によりコンクリート製造設備に必要なフライアッシュ専用の貯蔵、輸送、計量設備の設置が不要となる。しかし、フライアッシュをミキサーにて外割配合したものと比較した ASR 抑制効果への影響については、試験データが不足しているのが現状である。

そこで本研究では、FA の添加方法の違いによるコンクリートの ASR 抑制効果への影響を確認することを目的として、コンクリートバー法による促進養生試験を実施した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究で用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。細骨材として兵庫県家島産の乾式砕砂(表乾密度:2.59g/cm³, 吸水率:1.73%)を、粗骨材として常願寺川産の川砂利(表乾密度:2.62g/cm³, 吸水率:0.83%)を使用した。常願寺川産の川砂利は、化学法(JIS A1145)において「無害でない」と判定された骨材であり、化学法(JIS A1145)の結果を表-2 に示す。セメントは普通ポルトランドセメント(密度:3.16 g/cm³, 等価アルカリ量:0.68%)、フライアッシュは舞鶴石炭火力発電所産の JIS II 種灰相当品(密度:2.24 g/cm³, ブレーン値:3780cm²/g)を使用した。また、フライアッシュは細骨材の質量に対する内割置換率を 10%とした。以下、試験体名は、フライアッシュを添加しなかったものを「無添加」、フライアッシュを練り混ぜ時に添加したものを「同時添加」、FA サンドを使用したものを「FA サンド」と表記する。

2.2 試験項目

促進養生試験として、コンクリートバー(75mm×75mm×400mm)に対して CSA 法(CSA A23.2-14A, 温度 40°C, 相対湿度 100%の恒温恒湿槽にて養生)およびデンマーク法(温度 50°Cの飽和 NaCl 溶液へ浸漬)を実施した。なお、デンマーク法はセメントのアルカリのみであるのに対して、CSA 法は ASR を促進させるため、アルカリ量がセメント質量の 1.25%になるように、水酸化ナトリウム溶液(NaOH)を添加して調整した。コンクリートの測定項目は長さ変化と動弾性係数であり、促進養生期間を 1 年間とした。判定基準は、CSA 法は材齢とは無関係に 0.04%以上膨張したものを「有害」とし、0.04%未満を「無害」とする。デンマーク法では、材齢 91 日にて 0.1%未満(無害)、0.1%-0.4%(不明確)、0.4%以上(有害)と判定する。また、デンマーク法の 10 ヶ月材齢の試験体の破断面に 0.1N の硝酸銀水溶液を噴霧し、白色の深さにより塩化物イオンの浸透深さを測定した。

表-1 コンクリートの配合

試験体名	水セメント比(%)	空気量(%)	細骨材率(%)	単位量(kg/m ³)					高性能AE減水剤 SP-8SV
				水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材	
無添加	40.5	4.5	42.0	170	420	0	709	1008	5.04
同時添加 FAサンド	40.5	4.5	42.0	170	420	71	638	1008	5.04

表-2 常願寺産川砂利の化学法の結果

骨材の種類	化学法(JIS A1145)	
	溶解シリカ量 Sc:242mmol/L	アルカリ濃度減少量 Rc:72mmol/L
常願寺川産川砂利	無害でない	

キーワード：アルカリシリカ反応, FA サンド, フライアッシュ, 促進養生試験, 硝酸銀噴霧法

連絡先:金沢大学理工研究域環境デザイン学系 〒920-1192 金沢市角間町 Tel & Fax 076-264-6365

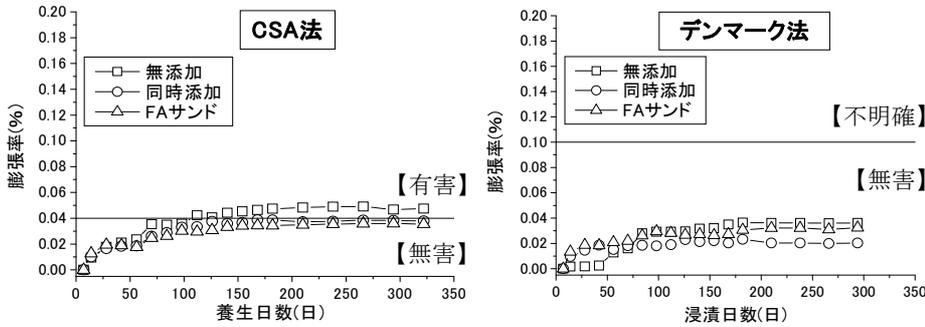


図-1 CSA法およびデンマーク法による
コンクリートバーの膨張挙動



無添加



FA サンド

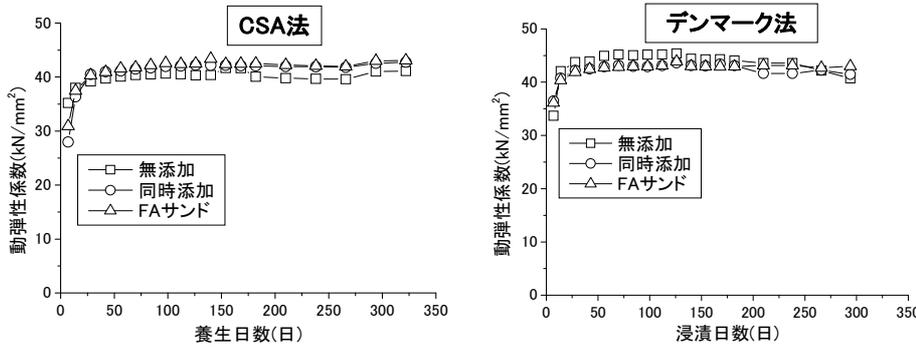


図-2 CSA法およびデンマーク法による
コンクリートバーの動弾性係数の変化

写真-1 硝酸銀噴霧法による
塩分浸透状況 (75mm×75mm)

3. 実験結果及び考察

CSA 法およびデンマーク法におけるコンクリートバーの膨張挙動を図-1 に、動弾性係数の変化を図-2 にそれぞれ示す。CSA 法では無添加のみが「有害」と判定され、FA を添加した同時添加と FA サンドは「無害」と判定された。一方、デンマーク法ではいずれの試験体も「無害」と判定されたが、FA を添加した両試験体は無添加よりも膨張が抑制されており、両試験体の動弾性係数も低下の傾向は認められなかった。従って、FA の添加方法による ASR 膨張の抑制効果の相違は認められなかった。無添加および FA サンドのデンマーク法による、10 ヶ月材齢の試験体に対する硝酸銀噴霧法による塩分浸透状況を写真-1 に示す。無添加では破断面全域への塩分浸透が確認された。その一方で、同時添加および FA サンドでは塩分浸透の抑制効果が確認された。同時添加では破断面の縁から約 8mm、FA サンドでは破断面の縁から約 10mm の塩分浸透が確認され、塩分浸透の抑制効果もほぼ同程度であった。塩分浸透の抑制効果については、フライアッシュのポゾラン反応の進行にともなうコンクリートの組織の緻密化によるものと考えられた。

4. まとめ

本研究で得られた主要な結果をまとめると、以下のとおりである。

- (1) CSA 法およびデンマーク法の両試験法において、フライアッシュを添加した試験体は無添加よりも ASR による膨張を抑制しており、動弾性係数の低下も認められなかった。また、フライアッシュの添加方法による ASR 膨張の抑制効果の相違も認められなかった。
- (2) 硝酸銀噴霧法によるコンクリートへの塩分浸透長さの測定において、無添加では破断面全域への塩分浸透が確認された。その一方で、同時添加および FA サンドの両試験体は、塩分の浸透が同程度に抑制されていた。これはフライアッシュのポゾラン反応の進行にともなう、コンクリートの組織の緻密化によるものと考えられた。

参考文献

- 1) (財)土木研究センター：建設技術審査証明報告書-細骨材とフライアッシュを事前に混合したコンクリート用材料「FA サンド」-, 2010
- 2) 北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会報告書-コンクリート構造物の長寿命化と環境負荷低減を目指して-富山・石川・福井版, 2013