

石炭灰を用いた遮水材料の硬化メカニズムに関する検討

京都大学大学院 学生会員 ○栗原太志
 電源開発(株) 正会員 中嶋周作
 電源開発(株) 正会員 佐藤道生

1. はじめに

フライアッシュモルタル（以下 FAM）とは、フライアッシュ（以下 FA）にセメント、淡水または海水と混合した材料であり、配合設計により強度及び流動性を自由に選定でき、特に狭隘な箇所の充填材料、埋戻し材として高い適応性がある。電源開発(株)では FAM の遮水性能に着目し、管理型廃棄物処分場の遮水材に FAM を適用しており、FAM を用いた遮水構造物を構築する際には、予め圧縮強度と透水係数の関係を把握したうえで、強度管理を通じて遮水工としての透水係数を確保させている。本研究は、材齢に応じた強度、透水係数の変化を把握することを目的に、一軸圧縮強度試験、透水試験、細孔径分布試験、SEM 観察の実施を通してミクロの視点から FAM の硬化メカニズムを把握するものである。

2. 試験概要

2.1 供試体作製 供試体作製に使用した材料は磯子火力発電所 JIS II 種灰、自然海水、普通ポルトランドセメント、硫酸バンドである。供試体作製方法は JIS A 1132-1999「コンクリートの強度試験用供試体の作り方」に準ずる。セメントは粉体に対する重量比で 10%とし、練混ぜ直後のスランプが 20cm となるように水粉体比を決めている。また打設時のワービリティを調整する目的で硫酸バンドを添加している。スランプ試験結果から配合は表-1 に示す値に決定

表-1 供試体配合

した。この値に基づき、FAM 供試体（φ5cm×10cm）を作製した後、水中養生し、供試体の材齢が 7、14、

C/C+F (%)	W/C+F (%)	硫酸バンド (%)	単位量(kg/m ³)			硫酸バンド (kg)	スランプ (cm)
			W	C	F		
10.0	27.9	0.47	396	142	1278	7.098	11.5

28、56、91 日に達した時点で各種試験を実施した。

2.2 試験方法 所定の材例に達した FAM 供試体に対して各種試験を実施した。JIS A 1216「土の一軸圧縮試験方法」に準じ一軸圧縮試験及び JIS A 1218「土の透水試験方法」に準じ三軸変水位透水試験を実施した。供試体を砕き 5～2.5mm に粒度調整し、水和反応を止めるため 1 時間アセトンに浸漬した後、14 日間真空乾燥させたものに対して水銀圧入式ポロシメータを使用し、細孔径分布試験を実施した。供試体を砕き約 1cm 角に成形し、真空脱気、金の蒸着処理を施したものに対して SEM 観察を実施した。

3. 試験結果および考察

3.1 一軸圧縮試験及び透水試験 試験結果を図-1 に示す。FAM は材齢の増加に伴い強度が増加したが、透水係数はばらつきがあるものの、約 1.0×10^{-7} (cm/s)であり、必要とされる遮水性能は十分に満たしている。透水係数がばらついた原因として、供試体の飽和が不十分であった可能性が考えられる。

3.2 細孔径分布試験 総細孔容積と平均径の経時変化を図-2 に示す。FAM の総細孔容積は材齢の増加とともにほとんど変化していないが、細孔の平均径は縮小している。図-3 に差分細孔容積分布を示す。この図からも経時変化とともに半径の小さな細孔の容積が増

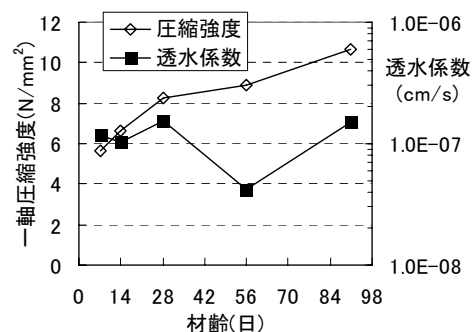


図-1 一軸圧縮強度及び透水係数の経時変化

フライアッシュ、一軸圧縮強度、透水係数、細孔径分布、SEM

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町京都大学大学院地球環境学堂 TEL: 075-753-5752, FAX: 075-753-5116
 : 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 TEL: 0467-88-7854, FAX: 0467-87-1905

加し、半径の大きな細孔の容積が減少していることがわかる。また、材齢 7~28 日は平均径が急激に縮小し、56 日で一旦停滞した後 91 日で再び縮小するという変動の傾向は一軸圧縮強度の変化と一致している。このことからセメント水和物が

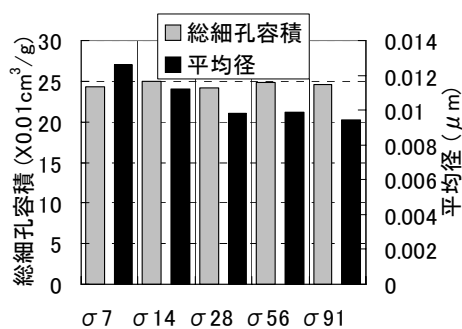


図-2 総細孔容積と平均径の経時変化

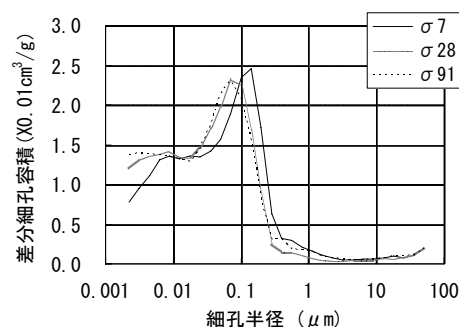


図-3 差分細孔容積分布

細分化することで供試体の間隙を埋めていき、強度が増加すると考えられる。

3.3 SEM 観察 SEM で撮影した写真 (2 万倍に拡大) を写真-1~6 に示す。材齢 7 日ではセメントの水和反応は見られないが、14, 28 日では太い網目状の構造を持つⅡ型ケイ酸カルシウム水和物などのセメント水和物が発達し FA 間の空隙を埋めている様子が確認できた。特に材齢 7 日~14 日間での反応が顕著であり、この 7 日間でセメント水和物が急激に成長した。材齢 56 日以降ではⅡ型ケイ酸カルシウム水和物は減少し、密で一般的な水和物および FA から放射状に広がる比較的細かい結晶が見られた。この結晶は FA から放射状に発生していることからボゾラン反応相¹⁾であると考えられる。

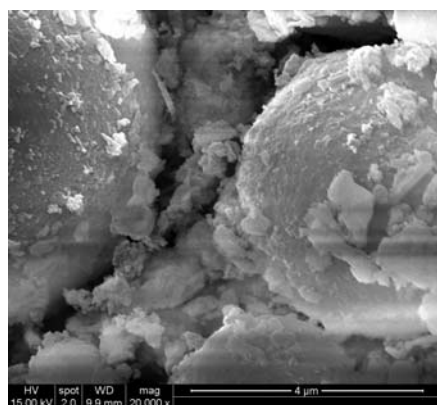


写真-1 材齢 7 日 FAM

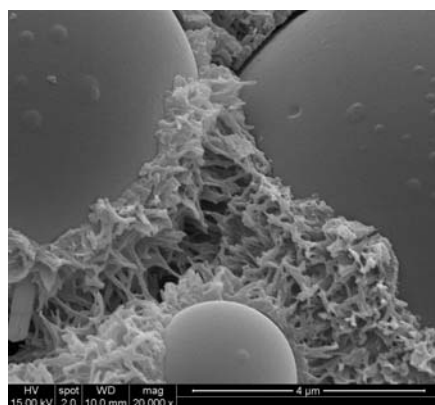


写真-2 材齢 14 日 FAM

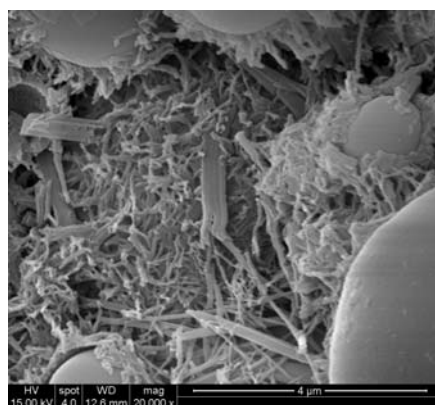


写真-3 材齢 28 日 FAM

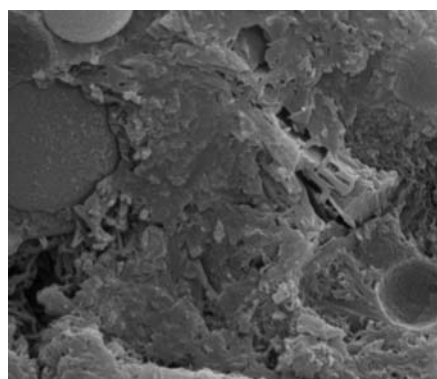


写真-4 材齢 56 日 FAM①

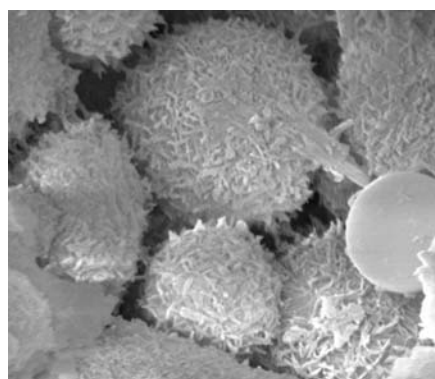


写真-5 材齢 56 日 FAM②



写真-6 材齢 91 日 FAM

4. まとめ

本研究では、管理型廃棄物処分場の遮水材に使用される FAM を対象とし、ミクロの視点から FAM の硬化メカニズムについて検討した。その結果、FAM は時間経過に伴い FA 粒子間の空隙にセメント水和物及びボゾラン反応生成物が充填されることで硬化し、遮水性能を発揮し維持されることが解明された。

【参考文献】1) 山本武志, 金津勉: フライアッシュのボゾラン反応に伴う組織緻密化と強度発現メカニズムの実験的考察, 土木学会論文集 E Vol.63(2007), No.1 pp.52-65