

高炉スラグの置換率が高いモルタルの耐硫酸塩性

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○藤原 靖
日本原燃(株) 開発設計部 正会員 庭瀬 一仁
大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 大脇 英司
日本原燃(株) 開発設計部 正会員 工藤 淳

1. はじめに

硫酸塩がセメント系材料の耐久性に影響を与えることは良く知られている[1]．放射性廃棄物処分施設のセメント系材料についても耐硫酸塩性を確認しておくことは重要である．施設で用いられる充てんモルタル（図1：セメント系充てん材）について，飽和硫酸ナトリウム水溶液に浸せきして耐久性を確認した．なお，周囲から拘束を受けている状況を考慮し，一軸方向に拘束した条件で試験を行った．

2. 試験方法

2.1 充てんモルタルの材料と配合

使用材料と配合を表1，表2に示す．充てんモルタル(F-M)は結合材の90%が高炉スラグであり，一般的な高炉セメントであるB種高炉セメントを用いたモルタル(BB-M)と比較した．JIS R 5201 に準拠して混り練ぜ，テーブルバイブレーターを用いてφ5×10cm の型枠に5～6cm の高さまで打設した．樹脂フィルムで密封して20℃の恒温室に静置した．F-Mは72 時間後に脱型した．上下を精密切断機で切除して高さ3cm に成形し，柱面を樹脂で被覆した．BB-M は材齢1 週間で脱型して同様に被覆まで行い，20℃の水中で養生した．

2.2 耐硫酸塩性の評価試験

図2 に示す治具を用いて一軸拘束下での膨張率を測定した．φ5×3cm の供試体3 体の間と端面にポーラスストーンを設置してアクリル製の筒に装てんした．上部から埋設土圧相当の荷重（60kPa [0.6kgf/cm²]）を加えた．ポーラスストーンを介して供試体の開放面（底面）に飽和硫酸ナトリウム水溶液が接触するよう筒の側面から20℃の溶液を循環した．試験は48 週間継続し，載荷板の位置変化から供試体の膨張率を求めた．また，48 週間後に粉末X線回折法による生成

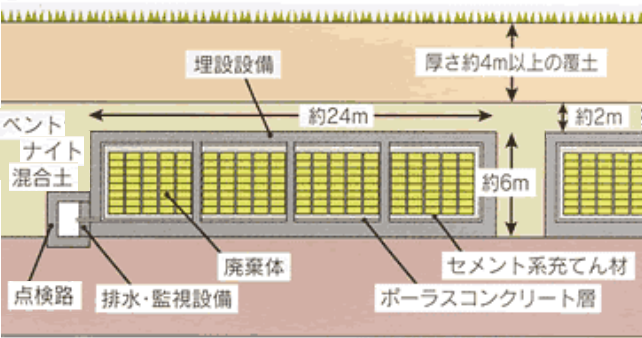


図1 埋設設備の構造と充てんモルタル[2]

表1 使用材料

材料	充てんモルタル(F-M)	高炉セメントモルタル(BB-M)
結合材	中庸熱ポルトランドセメント:MPC 高炉スラグ:S	普通ポルトランドセメント:OPC 高炉スラグ:S
混和材	膨張材:Ex	膨張材:Ex
混和剤	増粘剤:Ad1, AE減水剤:Ad2, 高性能減水剤:Ad3	AE減水剤:Ad

表2 配合

充てんモルタル (F-M)									
W/C (%)	s/C	単位量 (kg/m³)							
		水 W	結合材 : C			細骨材 s	混和剤		
			MPC	S	Ex		Ad1	Ad2	Ad3
67.1	3.46	283	422			1462	1.5	0.42	6.33
			40	357	25				
高炉セメントモルタル (BB-M)									
W/C	s/C	W	OPC	S	Ex	s	Ad		
55.0	3.18	252	460			1464	1.08		
			185	226	49				

キーワード 放射性廃棄物，セメント，コンクリート，硫酸塩劣化，U相，エトリンサイト

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター土木技術研究所 TEL045-814-7226

相の同定，蛍光X線元素分析法による化学組成の分析，ビッカース硬さ測定による劣化深さの判定を行った。

3. 結果および考察

図3に膨張率を，図4に硫酸ナトリウムの成分であるナトリウムとイオウの分析結果を示す。

F-Mは試験材齢48週において約 350μ 収縮した．これには圧縮応力下でのクリープ変形，水和反応による化学収縮，自己収縮，浸せき溶液へのセメント成分の溶解などが関与していることが挙げられるが，硫酸塩溶液に浸せきした場合の変質の特徴である膨張現象は観察されなかった．また，ナトリウムとイオウの浸入範囲は表層部に限られ，その範囲は1～2mm程度であった．ナトリウムとイオウのモル比はおおよそ2:1であり，硫酸ナトリウムの組成比に相当した．この範囲では硫酸塩鉱物の生成が確認できなかった．これらからF-Mは高い硫酸塩抵抗性を有していることと明らかになった．なお，表層近傍ではセメントの成分の溶脱に起因すると思われるビッカース硬さの低下が確認された．

一方，BB-Mの試験材齢48週における膨張率は約11,000 μ であり，硫酸塩による変質の特徴を示した．ナトリウムとイオウの浸入について表面近傍の濃度の高い範囲は4～6mm程度であり，F-Mの場合より浸入が顕著であった．また，表面付近ではナトリウムに対するイオウ浸入比率が高かった．この範囲ではエトリンガイト等の硫酸塩鉱物の生成が確認され，ビッカース硬さの増加が確認された．これらから，BB-Mは硫酸イオンの浸入やそれに伴う鉱物相や体積の変化が確認され，F-Mは一般的な高炉セメントであるBB-Mと比較して耐硫酸塩性が優れることが確認できた．なお，BB-MではF-Mと同様なセメントの溶脱とそれによる硬度低下も観察された．

4. まとめ

高炉セメントの置換率を90%にまで高めた充てんモルタル(F-M)について，一般的な高炉セメントモルタル(BB-M)と耐硫酸塩性を比較した．体積変化が小さく，硫酸イオンとの反応性も小さいことなどから優れた抵抗性を持つことが明らかになった．

参考文献

- [1] 例えば，大脇英司：耐硫酸塩性，セメント・コンクリート，No.764，pp.56-57，2010.10.
- [2] 日本原燃 HP：http://www.jnfl.co.jp/business-cycle/2_maisetsu/maisetsu_03/maisetsu_04/maisetsu_04_04.html (2012.4.4)[一部，修整]

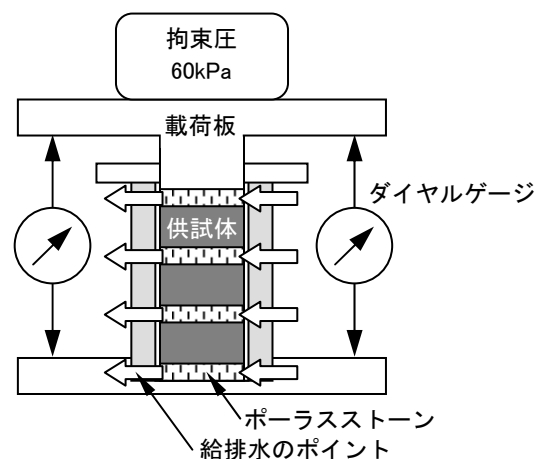


図2 測定治具の概要

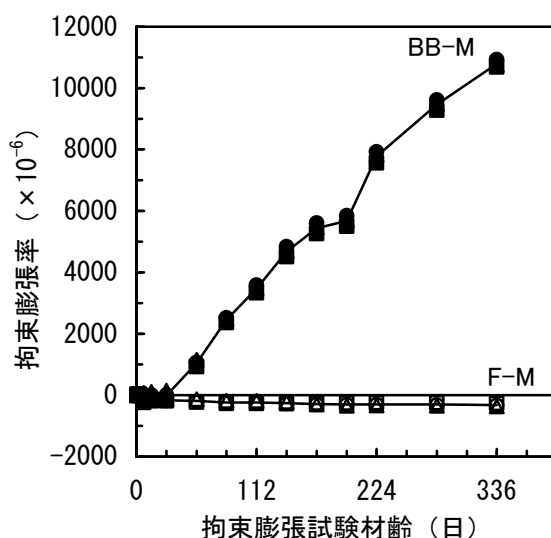


図3 体積変化の様子

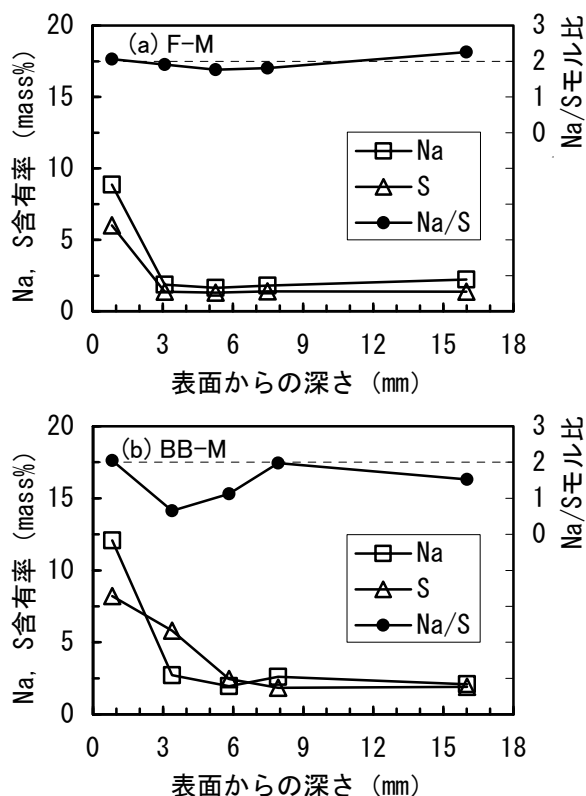


図4 化学組成の変化