

低アルカリ性セメントの基礎物性評価

(財)電力中央研究所 正会員 ○井元 晴丈
原子力発電環境整備機構 植田 浩義
(財)電力中央研究所 正会員 廣永 道彦
(財)電力中央研究所 正会員 山本 武志

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物を安全に地層処分するためには、人工バリアの長期安定性を示すことが重要であるが、処分場にセメント系材料を用いる場合、セメント系材料から溶出する高アルカリ間隙水による人工バリア材料の機能低下が問題となる。そのため、国内外においてセメントの低アルカリ性化（例えば pH<11）に関する検討が行われている¹⁾。ここでは、現在提案されている低アルカリ性セメントのうち、クリンカ設計型である LAC-S²⁾とアルミナシリケート混和型である SAC²⁾について、初期硬化性状ならびに硬化体基礎物性に関する知見を取得するとともに、普通ポルトランドセメント（OPC）との比較・検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

使用したセメントを表－1 に示した。ここで、SAC は練混ぜ水としてメタケイ酸ナトリウム溶液を使用する。メタケイ酸ナトリウム溶液は、試薬特級のケイ酸ナトリウムと水酸化ナトリウム、イオン交換水で調整した。メタケイ酸ナトリウム溶液の密度を、1.05、1.10 および 1.16g/cm³とした。なお、2. 2において水セメント比あるいは水粉体比が規定される場合、SAC に関してはメタケイ酸ナトリウム溶液に対するセメント比あるいは粉体比とした。また、LAC-S の場合には、凝結時間を制御するためクエン酸を添加して使用した。クエン酸は、試薬特級のクエン酸一水和物を用いた。クエン酸添加量はセメント粉体に対する無水物のクエン酸の質量%で示した。

表－1 本検討で使用したセメントの化学組成値（mass%）

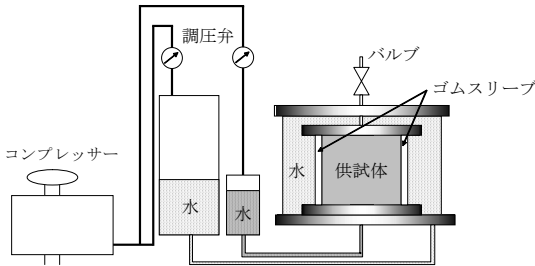
	CaO	SiO2	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO
LAC-S	37.7	18.6	16.8	0.9	22.3	2.4
SAC	41.5	39.1	8.4	1.43	0.6	4.8
OPC	65.5	22.7	4.8	1.7	2.8	1.4

2. 2 試験内容

JIS R5201-2003 に準じて、①凝結時間、②安定性（パット法）、③モルタルフロー、④圧縮強度の測定を行った。また、JIS R5201-2003 に準じて作製したモルタル（以下 JIS モルタル）の⑤ブリージング量、⑥自己収縮量（養生条件：20℃封緘養生、測定は JIS A1129-3-2001 に準じた）、脱型後 38℃水中で 28 日間養生させた JIS モルタル硬化体の⑦乾燥収縮量（測定は JIS A1129-3-2001 に準じた）の測定を実施した。なお、乾燥収縮量は、供試体を 60、80 および 110℃に暴露した場合の乾燥収縮量とし、測定の際はデシケーター中で室温になるまで放冷させた。また、JIS モルタルのφ150×150mm の円柱供試体を作成し⑧透水係数（INPUT 法）で測定した。図－1 に使用した透水試験装置の概略図を示した。透水係数は、次式により求めた。

$$K = \rho \cdot g \cdot \frac{q \cdot l}{t \cdot A \cdot P}$$

ここに、 q ：供試体に圧入された水量（m³） l ：平均浸透深さ（m） t ：試験時間（s） A ：流水に直角な平均面積（m²） P ：水圧（Pa） ρ ：水の密度（kg/m³） g ：重力加速度（m/s²） K ：透水係数（m/s）



図－1 透水試験装置概略図

キーワード 低アルカリ性セメント，初期物性，LAC-S，SAC，放射性廃棄物処分

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 地球工学研究所 TEL04-7182-1181

表－2 低アルカリ性セメントの初期物性試験結果

セメント種類			標準軟度 水量 /%	安定性	凝結時間		フロー値 mm	ブリージング (%)	
					始発 (h-min)	終結 (h-min)		3.5h 後	24h 後
LAC-S	クエン酸 添加量 (mass%)	0	29.0	良	0-30	1-00	130	-	-
		0.1	26.2	良	0-15	1-15	153	-	-
		0.3	24.2	良	0-46	1-15	171	-	-
		0.5	24.4	良	1-12	1-52	167	0.00	0.00
		0.7	24.2	良	3-03	4-03	165		-
SAC	溶液密度 (g/cm ³)	1.05	29.4	良	0-32	2-22	181	0.00	0.00
		1.10	30.0	良	0-22	2-33	166	0.00	0.00
		1.16	30.6	良	0-23	1-13	151	0.00	0.00
OPC			27.6	良	2-00	3-10	178	0.25	0.00
OPC (JIS R5210)			-	良	1-00 以上	10-00 以下	-	-	-

3. 結果と考察

表－2に低アルカリ性セメントおよび OPC の初期物性試験結果を示した。OPC に比べ、低アルカリ性セメントである LAC-S および SAC はいずれも材料分離抵抗性に優れている。凝結時間は、SAC の場合いずれの溶液密度においても始発が早く、作業時間を確保する観点から凝結制御方法についての検討が必要であることが明らかとなった。図－2に圧縮強度測定結果を示した。LAC-S の場合は、OPC と同等の強度発現性状を示した。一方、SAC の場合には、溶液密度が高いものほど初期から良好な強度発現を示し、材齢 28 日においても、溶液密度が高いものほど圧縮強度は高い値を示した。自己収縮特性に関しては、SAC は OPC と同等の傾向を示したが、LAC-S は膨張傾向が見られた（表－3）。これは、LAC-S がアウィン系クリンカ²⁾であることによると思われる、寸法安定性やひび割れ発生等についての詳細な検討が必要であると思われる。一方、乾燥収縮特性では、LAC-S は、OPC や SAC に比べて温度が 60℃や 80℃の場合では小さいことが明らかとなった。今後、硬化体相組成分析等により、温度による相組成変化について検討していく必要があると思われる。図－3に透水係数と水銀圧入法で測定した空隙量の関係を示した。透水係数は、今回の結果では空隙率に依存し、空隙分布との相関は見られなかった。このことについては、アウトプット法などのほかの試験により得られた透水係数などとの比較による更なる検討が必要である。

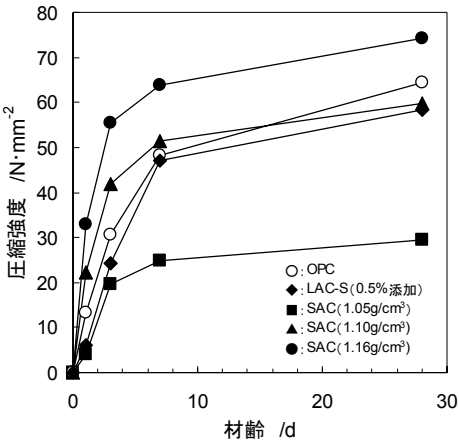
4. まとめ

LAC-S、SAC はいずれも凝結の始発は早い。LAC-S の場合は、クエン酸の添加により制御可能である。SAC は溶液密度により強度発現性状が異なる。LAC-S は SAC や OPC に比べ乾燥時の寸法安定性に優れる。処分場への適用性評価に関する今後の課題としては、構造部材としての性能や耐久性の評価を行う必要がある。

参考文献

1) 核燃料サイクル開発機構,わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性－地層処分研究開発第2次取りまとめ－, 分冊2 地層処分の技術開発, JNC TN1400 99-022, 1999

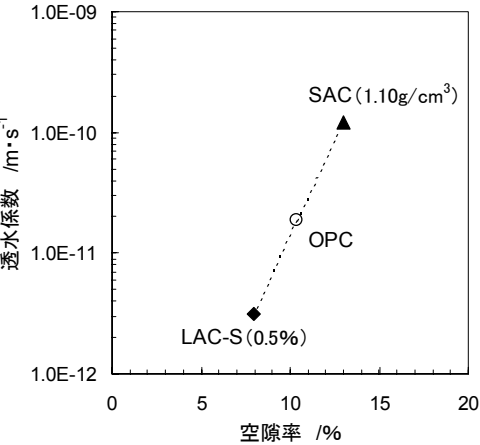
2) 土木学会 原子力土木委員会 地下環境部会, 高レベル放射性廃棄物地層処分技術の現状とさらなる信頼性向上にむけて－土木工学に係わる技術を中心として－, 2004



図－2 圧縮強度測定結果

表－3 収縮ひずみ測定結果 (×10⁻⁶)

	自己収縮ひずみ(28d)	乾燥収縮ひずみ (乾燥後 28d)		
		60℃	80℃	110℃
LAC-S(0.5%添加)	130	-407	-520	-1018
SAC (1.10g/cm ³)	-59	-836	-811	-895
OPC	-66	-926	-962	-917



図－3 透水係数と空隙率の関係