

ボゾランを高含有した低アルカリ性吹付けコンクリートの性状

(株)大林組 正会員 入矢桂史郎
核燃料サイクル開発機構 栗原 雄二
核燃料サイクル開発機構 藤島 敦

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の処分施設は、オーバパックや緩衝材などで構成される人工バリアと天然の岩盤で構成する天然バリアの組み合わせにより、深部岩盤内に建設される。岩盤内空洞建設時の支保工には、吹付けコンクリートとロックボルトによる支保工が候補として検討されている。一方、コンクリートが数千年以上の長期にわたり岩盤と接触すると、その浸出水が示す高い pH (12.5 以上) の影響を受け、岩盤を変質させることが懸念されている¹⁾。核燃料サイクル開発機構幌延深地層研究センターでは、セメント系材料の岩盤への影響評価に関する研究として、「低アルカリ性セメント (HFSC)」²⁾を使用した実証試験が計画されているが、HFSC はボゾランを 50% 以上含有しており、吹付けコンクリートには適用が困難であると考えられている。

本研究では HFSC を用いた吹付けコンクリートの浸出水の pH、強度特性および水密性について、室内試験および吹付け施工試験から得られた結果を報告する。

2. 使用材料およびコンクリートの配合

HFSC は普通ポルトランドセメント (OPC) の一部をシリカフェーム (SF) とフライアッシュ (FA) で置換したもので、既往の研究²⁾によると低アルカリ性を確保するために、OPC の 50% 以上をボゾランで置換することが有効とされている。ボゾランの置換量が多いほど浸出水の pH は低下するが、強度特性等は低下することが推定される。本研究ではボゾランの置換量が吹付けコンクリートに与える影響を検討するために、SF は 20% 一定とし、OPC と FA の割合を変化させて実験を行った。使用した材料を表-1 に、HFSC における OPC とボゾランの組み合わせを表-2 に示す。

配合の選定においては、HFSC では吹付け可能な範囲で水結合材比を小さくし、50% とした。HFSC と比較するために、NATM 工法で通常使用される OPC を使用した吹付けコンクリートについても試験を行った。吹付けコンクリートは急結剤を使用するものとし、HFSC のシリーズには高強度タイプの急結剤を、OPC 配合では普通タイプの急結剤を使用した。吹付けコンクリートの配合を表-3 に示す。

3. 試験方法

3.1 浸出液の pH 水結合材比 30% のペーストを混練後、 20 ± 3 で 28 日間水中養生を行った。養生後、余剰の水分を取り除くために 7 日間真空乾燥を行い、次いで粒径が 0.5mm 以下となるように粉碎し、ポリ容器に粉碎したセメント硬化体 20g とイオン交換水 40g を入れ (液固比 2.0)、pH を測定する期間まで浸漬を行った。ポリ容器は 20 で炭酸ガスの影響を排除したボックス内に保管した。

表-1 使用材料

材料名	メーカーまたは産地	規格または仕様
OPC	T社製 普通ポルトランドセメント	JISR5210
SF	ノルウェー産	JISA6207
FA	北電厚真発電所産	JISA6201 種 相当品
細骨材	姫川川砂	密度 2.62g/cm ²
粗骨材	糸魚川砕石	密度 2.62g/cm ³
高性能 AE 減水	S社製ポリカルボン酸系	
急結剤	カルシウムサルフォネート系	

表-2 材料の組み合わせ

試験ケース	混合割合 (%)		
	OPC	SF	FA
OPC	100	-	-
HFSC226	20	20	60
HFSC424	40	20	40

表-3 吹付けコンクリートの配合

試験ケース	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
						W	P	S	G	AD	急結剤
OPC	10	10	4.5	60	60	216	360	1053	708	-	P×7%
HFSC	10	20	4.5	50	60	200	400	1053	676	P×1.6%	P×10%

キーワード 低アルカリ性、ボゾラン、シリカフェーム、フライアッシュ、吹付けコンクリート

連絡先: 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所土木材料研究室 TEL0424-95-0938

3.2 吹付け施工試験 コンクリートは生コン工場で混練し、アジテータ車で模擬トンネルまで運搬した。ベースコンクリートにおいて、スランプおよび空気量試験を行い、同時に7日、28日圧縮強度確認用供試体采取了。吹付け施工試験ではノズル先端で急結剤を混入し、各配合 2m³ のコンクリートを吹付けた。吹き付けコンクリートにおいて実施した試験項目を表-4 に示す。吹付け供試体は、コアボーリングにより、所定材齢にてトンネル側壁から採取した。

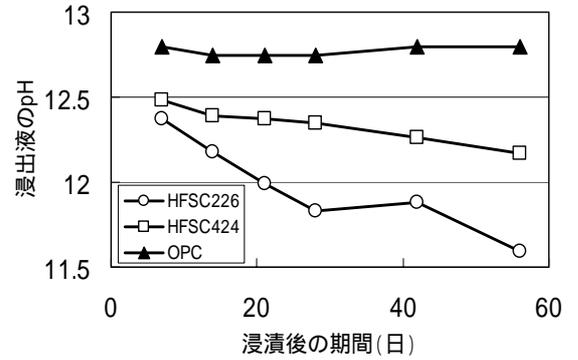


図-1 浸出液の pH の変化

表-4 吹付け試験方法

試験項目	試験時間	試験方法
圧縮強度	24時間まで	JSCE-G-561-1999引抜きによるコンクリートの初期強度試験方法に準拠し、材齢3時間、6時間、24時間で実施。
	24時間以降	吹付けたコンクリートから 50mm x H100mmのコアを採取し、JISA1108に基づき材齢7日、28日で実施。
透水係数	28日	吹付けコンクリートから 150mm x H150mmのコアを採取し、アウトプット法による透水試験を実施。

表-5 圧縮強度の経時変化 (N/mm²)

供試体の種類	材齢試験ケース	材齢				
		3時間	6時間	1日	7日	28日
ベースコンクリートから採取した標準養生供試体	OPC				22.7	37.3
	HFSC226				4.6	22.8
	HFSC424				12.9	31.2
側壁から採取したコア供試体	OPC	2.0	3.0	9.0	19.6	33.9
	HFSC226	2.0	2.7	3.3	7.1	16.5
	HFSC424	2.6	2.8	8.4	21.2	40.3

4. 試験結果と考察

4.1 pH の低下挙動 浸出液の pH の測定結果を図-1 に示す。OPC の浸出液の pH は 12.8 程度で、ほとんど変化が見られないが、HFSC においては pH が低下することが認められ、ポゾラン反応が進行していると考えられる。また、FA の置換量が多いものほど pH の低下速度が大きいことが認められた。

4.2 強度特性 ベースコンクリートおよび吹付けコンクリートコアの圧縮強度試験結果を表 5 に示す。ベースコンクリートでは HFSC226 の材齢 7 日の強度は小さいが、材齢 28 日になると 22N/mm² となり、この期間で大きな伸びが認められた。コア供試体については 3 時間強度では急結剤の効果により、いずれのケースも支保工として要求される 2N/mm² 以上となったが、HFSC226 では、28 日強度が他の 1/2 以下になった。一方 HFSC424 の圧縮強度は全ての材齢で OPC のみを用いた場合と同等以上の圧縮強度が得られた。

HFSC226 では、ポゾランに対して OPC の量が少なく、ポゾランが十分に反応していないものと考えられ、強度面から見ると OPC を 40% 含む HFSC424 が実用的であると考えられる。

4.3 透水係数 透水試験結果を表-6 に示す。透水係数においても圧縮強度と同じ傾向が見られ、HFSC226 の透水係数は OPC のみの配合に比べ 3 オーダー大きい結果となった。一方 HFSC424 では OPC のみの配合と比べほぼ同じ透水係数となった。

表-6 透水試験結果

試験ケース	水圧 (N/mm ²)	透水係数 (cm/sec)
OPC	10.0	2.65 × 10 ⁻⁸
HFSC226	5.0	1.44 × 10 ⁻⁵
HFSC424	10.0	1.80 × 10 ⁻⁸

6 まとめ

ポゾランを高含有したコンクリートの吹付けコンクリートへの適用に関して次の結論を得た。

- (1)ポゾランを 60%以上含有した吹付けコンクリートにおいても、急結剤の効果により 3 時間強度で 2.0N/mm² 以上を確保できる。
- (2)ポゾランを 60% (内フライアッシュを 40%) 混入した場合には、長期的には低アルカリ性が期待でき、かつ吹付けコンクリートとしての圧縮強度や水密性も通常の吹付けコンクリートと同等である。

参考文献

- 1)大和田仁他：アルカリ溶液中での花崗岩の変質挙動，JNC TN8400 2000-027，2000.8
- 2)入矢桂史郎他：ポゾランを高含有した低アルカリ性コンクリートの開発，大林組技術研究所報 No.65，2003.1