

放射性廃棄物処分施設の埋戻し材（セメント系材料）の特性について（その1）

日本原燃 正会員 尾崎 充弘  
 日本原燃 正会員 庭瀬 一仁  
 ニュージェック 正会員 ○枝松 良展  
 大林組 正会員 武内 邦文

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設のうち余裕深度処分施設の施設概念案では、核種の移行を長期にわたって抑制できる安全なバリアシステムとして、図-1に示すような低透水バリアとしてのベントナイト層と低拡散バリアとしてのセメント系材料と、覆工コンクリートとベントナイト層との間に位置する埋戻し材の組合せが考えられている。余裕深度処分施設の埋戻し材の要件としては、施設建設・操業時における空間の確保および自重・外力に対する安全性確保、施設閉鎖後における人間侵入防止、地下水移動の抑制が考えられる。本研究では、これらの要件を満たすセメント系埋戻し材について、そのフレッシュ特性および強度特性を検討した。

2. セメント系埋戻し材に求められる要件

セメント系埋戻し材の要件を表-1に示す。余裕深度処分施設の建設・操業中に求められる要件として、底部埋戻し材には上載荷重を支持できる強度特性、および上部構造物構築のための表面仕上げ性が要求される。側部埋戻し材は覆工コンクリートを背面とした狭隘部において高さのある部材としての施工となり、覆工コンクリートや低透水層の施工方法により要件は少し異なる。例えば二次覆工と同時施工の場合には、二次覆工コンクリートと同じ強度特性が要求される。一方、埋戻し材の単独施工の場合には自立できる強度があればよい。上部埋戻しは容積が大きく、最後の閉塞充てんとなるため、自己充てん性が高く、沈下・収縮等が少ないことが要求される。また、何れの部位もマスコンクリートとなることから低熱性が要求される。

施設閉鎖後に求められる要件は、ベントナイトの膨潤を拘束するだけの力学性能を保持し、処分施設内に地下水の卓越流路を形成しないようにベントナイトの低透水性を確保することである。

3. 埋戻し材のフレッシュ、強度特性

3.1 使用材料および検討配合

使用材料を表-3に示す。埋戻し部はマスコンクリートとなること、および隣接するベントナイトの化学変質の影響を考慮して、本研究では結合材として低熱ポルトランドセメントにフライアッシュを30%混合したもの（以下Lと略）と、低熱ポルトランドセメントにフライアッシュを40%、シリカフュームを20%混合したもの（以下Hと略）を用いた。また比較のために普通ポルトランドセメント(OPC)を用いた。検討配合の概要を表-2に示す。粗骨材最大寸法は底部や側部埋戻しの施工条件に応じて選定できるように40mmまたは20mmとした。スランプは12±2.5cm、スランプフローはGmax20mm(以下20mm)の場合65±5cm、Gmax40mm(以下40mm)の場合、粗骨材とモルタルの材料分離を抑制する目的で20mmの場合より小さい55±5cmとした。単位水量は40mmの締固め配合で136kg/m<sup>3</sup>、高流動で142~145kg/m<sup>3</sup>、20mmの締固め配合で146

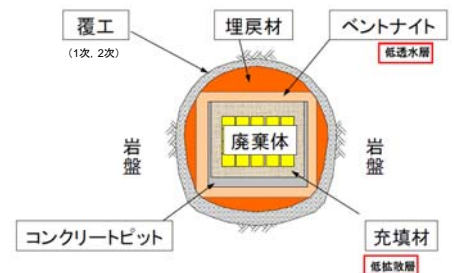


図-1 余裕深度処分施設の検討例<sup>1)</sup>

表-1 セメント系埋戻し材の要件

区分	部位	要件			
		寸法・形状 安定性	支持性	施工性	透水性
建設・ 操業時	底部	低ブリーディング 低収縮 低熱	強度 剛性	仕上げ性 平滑性	-
	側部		強度 剛性	初期強度 充てん性	
			自立性	充てん性	
	上部		-	狭隘部充てん	
閉鎖後	底部、側部、上部	-	剛性	-	母岩並み

表-2 検討配合の概要

セメント系埋戻し材 の要件	仕上げ性 平滑性 充てん性		低ブリーディング、低収縮、低熱 強度、剛性（底部、側部） 自立性（側部、2次覆工と分割施工） 透水性（閉鎖後）				
	Gmax (mm)	施工 区分	W/B (%)	セメント種類			
部位				OPC	L	H	
底部	20	締固め	45	-	⑥	⑦	
			55	-	⑤	-	
		40	高流動	45	-	③	-
				55	①	②	④
側部	20	締固め	45	-	⑥	⑦	
			55	-	⑤	-	
		高流動	45	-	⑨	⑩	
			55	-	⑧	-	
	40	締固め	45	-	③	-	
			55	①	②	④	
		高流動	75	-	⑪	⑫	
			55	-	⑭	-	
上部	40	高流動	55	-	⑭	-	
			75	-	⑬	⑮	
			95	-	⑯	⑰	

数字は配合 No. を示す

キーワード：余裕深度処分, 埋戻し材, 低熱セメント, ブリーディング, 凝結時間, 強度特性

連絡先：〒135-0007 東京都江東区新大橋1-12-13 (株)ニュージェック TEL03-5625-1859

kg/m<sup>3</sup>、高流動で148kg/m<sup>3</sup>とした。水結合材比は、上部埋戻しでは建設・作業時における強度・剛性を要求されないことから、比較的高い範囲まで検討した。なお、石灰石微粉末は細骨材に置換して使用した。

3.2 フレッシュコンクリートの特性

(1) 所要の混和剤量(図-2): 所要の流動性を得るのに必要な高性能AE減水剤量は、超微粒子のシリカフュームを含むHの方が多くなった。この傾向は、締固め配合において顕著に表れた。

(2) ブリーディング特性(図-3、図-4): ブリーディング率は、シリカフュームを含むHに比べて、Lの方が大きくなった。また、Lの場合、ブリーディング率の低減には石灰石微粉末の使用が有効であった。

これらの傾向は、微粉末の混合による粉体全体の充てん率増大の効果や、微粉末の比表面積の影響によるものと考えられる。なお、水粉体比は結合材に石灰石微粉末を加えたものを粉体として計算したものである。

(3) 凝結時間(図-5、図-6): 凝結始発時間は、含まれるセメント量の影響によりHの方が遅くなった。また、締固め配合の場合、水粉体比が大きいほど始発時間は遅くなった。

3.3 硬化コンクリートの強度特性

(1) 圧縮強度(図-7): 圧縮強度の発現特性の一例(40mm高流動)を図-7に示す。HはLに比べて凝結時間が遅延したため、初期材齢における圧縮強度は低くなった、これは、含有するポゾラン量の影響と考えられる。一方、材齢28日以降では、W/Bが95%の場合にはLと同等になった。

(2) 静弾性係数(図-8): 同一圧縮強度における静弾性係数は、LよりHを用いた方が小さくなる傾向を示した。これは、Hを用いたコンクリートの単位容積質量がLより小さいためと考えられる。

4. まとめ

本研究では、45~95%の比較的高水結合材比において、低熱セメントを用いた埋戻し材のフレッシュ特性および強度特性を把握した。

なお、本研究は電力9社および日本原子力発電(株)、電源開発(株)、日本原燃(株)による電力共通研究の一部として実施したものである。

[参考文献] 1) 日本原燃(株): 低レベル放射性廃棄物処分の次期埋設施設の検討状況、原子力安全委員会放射性廃棄物・廃止措置専門部会低レベル放射性廃棄物埋設分科会、p-13、2005.9

表-3 セメント系埋戻し材の配合試験の使用材料

分類	記号	種類	物性
結合材	B	L	LPC+FA 密度 2.85g/cm <sup>3</sup> (LPC70wt.%, FA30wt.%)
		H	HFSO 密度 2.55g/cm <sup>3</sup> (LPC40wt.%, SF20wt.%, FA30wt.%)
		OPC	普通ポルトランドセメント 密度 3.16g/cm <sup>3</sup> 、比表面積 3260cm <sup>2</sup> /g
		LPC	低熱ポルトランドセメント 密度 3.22g/cm <sup>3</sup> 、比表面積 3430cm <sup>2</sup> /g
		SF	シリカフューム 密度 2.22g/cm <sup>3</sup> 、比表面積 20000cm <sup>2</sup> /g
混和剤	FA	フライアッシュ 密度 2.25g/cm <sup>3</sup> 、比表面積 3750cm <sup>2</sup> /g	
	LP	石灰石微粉末 密度 2.71g/cm <sup>3</sup> 、比表面積 4500cm <sup>2</sup> /g	
細骨材	S	石灰砕砂 密度 2.63g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 1.62%、粗粒率 2.79、実積率 70.9%	
粗骨材	G	石灰砕石(2005)	密度 2.70g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.32%、粗粒率 6.60、実積率 60.5%
		石灰砕石(4020)	密度 2.72g/cm <sup>3</sup> 、吸水率 0.38%、粗粒率 7.94
混和剤	SP	高性能AE減水剤	標準形I種、ホリカホリ酸系
	AE	AE剤	I種、変形7メチルホリ酸系

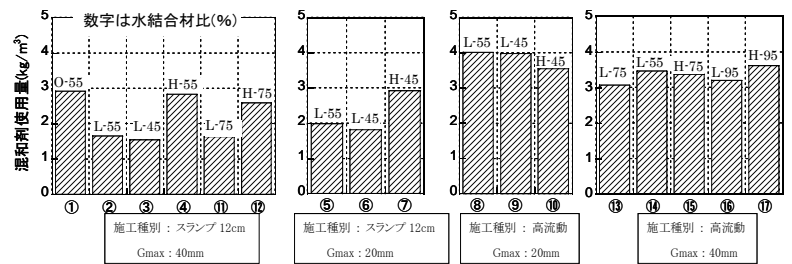


図-2 高性能AE減水剤の使用量

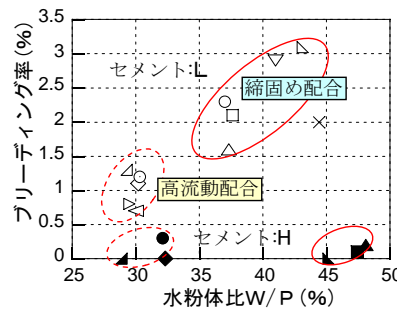


図-3 水粉体比とブリーディング率

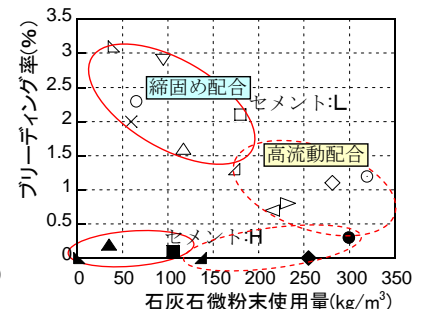


図-4 微粉末量とブリーディング率

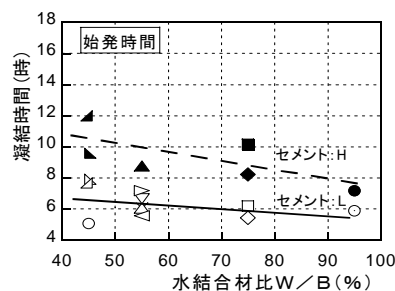


図-5 水結合材比と始発時間

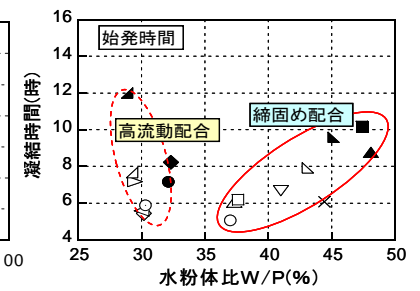


図-6 水粉体比と始発時間

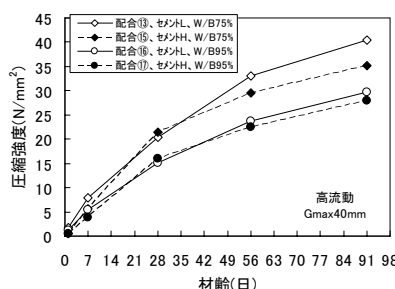


図-7 圧縮強度発現(40mm高流動)

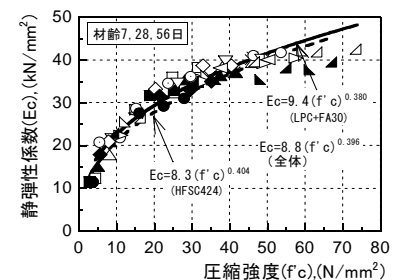


図-8 圧縮強度と静弾性係数