

## 低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ、膨張材を使用した コンクリートおよびモルタルの諸特性

清水建設株式会社      正会員 ○杉橋直行   西川洋二   田中博一  
日本原燃株式会社      正会員   庭瀬一仁  
株式会社ニュージェック   正会員   平川芳明

### 1. はじめに

放射性廃棄物の余裕深度処分施設におけるセメント系人工バリアの材料として低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ、膨張材を適用したコンクリートおよびモルタルの使用が検討されている。ここでは、人工バリアのセメント系材料に関する今後の検討に資することを目的とし、使用が検討されているコンクリートおよびモルタルの諸特性を明らかにした。

### 2. 使用材料と配合、試験方法

使用材料を表-1 に示す。使用材料や基本となる配合は、長期力学安定性や水や核種のバリア性能、ひび割れ制御効果、流動性・材料分離抵抗性の確保などの観点から文献調査、室内試験<sup>[1]</sup>などを行って決定した。配合はフレッシュ性状確認のためにスランプフロー、空気量、漏斗流下時間、間隙通過性について試験を行い、土木学会コンクリート標準示方書〔施工編〕（以下コ示とする）に示される自己充てん性レベルランク 2 の性能を満足するように表-2 の通り決定した。また、コ示に示される収縮補償用コンクリートとして必要な膨張ひずみ材齢 7 日で 0.015~0.025%（拘束膨張試験）となるように膨張材を改良して用いることとした。

表-1 使用材料

材料	記号	概要
セメント	LPC	低熱ポルトランドセメント 密度=3.22 g/cm <sup>3</sup> 、比表面積=3,470 cm <sup>2</sup> /g
細骨材	S	石灰砕砂：密度=2.68g/cm <sup>3</sup> 、FM=2.68
粗骨材	G	石灰砕石：最大骨材寸法=20mm 密度=2.70g/cm <sup>3</sup> 、FM=6.69
石灰石微粉末	LS	密度=2.71 g/cm <sup>3</sup> 比表面積=4,970 cm <sup>2</sup> /g
フライアッシュ	FA	Ⅱ種：密度=2.25 g/cm <sup>3</sup> 比表面積=3,730 cm <sup>2</sup> /g
膨張材	LEX	改良型石灰系膨張材 密度=3.15 g/cm <sup>3</sup>
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤： ポリカルボン酸エーテル系化合物 と分子内架橋ポリマーの複合体
	AS	空気量調整剤： ポリアルキレングリコール誘導体

表-2 配合表

配合	W/B (%)	W/P (%)	s/a (%)	目標 スランプ <sup>o</sup> フロー (cm)	空気量 (%)	使用材料および単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
						W	LPC	FA	LEX	LS	S	G	SP (P×%)
コンクリート	45.0	26.4	51.5	65±5	2.5	160	229	107	20	249	832	786	0.91
モルタル	45.0	28.1	—	65±5	2.5	230	338	153	20	307	1223	—	0.69

ミキサは、容量 100 リットルの強制 2 軸型ミキサを用い、1 バッチの練混ぜ量は 60ℓ とした。コンクリートおよびモルタルの練混ぜ方法は、水と混和剤以外の材料を一括投入した後に空練りを 15 秒、水と混和剤を投入して本練り（コンクリートは 90 秒、モルタルは 180 秒）、5 分間静置して排出した。

試験は、圧縮強度（JIS A 1108）、自己収縮（JCI SAS2）、透水性能（インプット法）、空隙構造（水銀圧入法）、トリチウムをトレーサとした拡散試験（透過型拡散試験法）について行った。なお、供試体の養生は標準養生とした。

### 3. 試験結果と考察

#### 3.1 圧縮強度特性

圧縮強度試験結果を積算温度で整理した結果を図-1, 2 に示す。図-1 には同配合を用いた実規模試験における標準養生、現場水中養生（コンクリート平均 16.3℃、モルタル平均 12.3℃）のデータ<sup>[2]</sup>も併記した。既往

キーワード 余裕深度処分施設、人工バリア、セメント系材料、低拡散、モルタル

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 シーバンス S 館 清水建設株式会社土木技術本部 TEL 03-5441-0594

の研究<sup>[3]</sup>では低熱ポルトランドセメントを使用した場合、積算温度と圧縮強度には高い相関が得られない場合があることが示されている。しかしながら本研究の両配合とも、積算温度で整理した場合に対数関数で比較的良好に回帰できることが分かる。石灰石微粉末の強度増進効果<sup>[4]</sup>やフライアッシュのポゾラン反応などが強度の温度依存性に影響を与えた可能性が考えられるが、そのメカニズムを解明するには至らなかった。

**3.2 収縮特性**

自己収縮試験結果を図-3に示す。図-3には表-2の配合から膨張材を除いて低熱ポルトランドセメントと置換えた配合の試験結果も併記する。膨張材の混入によって試験結果は収縮側から膨張側となっており、自己収縮が大幅に抑制できることが確認された。

**3.3 バリア性能**

空隙率と透水係数の関係を図-4に、空隙率とトリチウムの実効拡散係数の関係を図-5に示す。本研究で得られたコンクリートおよびモルタルの透水係数と実効拡散係数の空隙率との関係は、図-4、5に示される既往の研究<sup>[5]</sup>のフライアッシュで置換したセメントを用いた場合と同等の結果が得られた。

**4. まとめ**

- 本研究の範囲でコンクリート、モルタルの以下の特性が確認された。
- (1) 圧縮強度は積算温度の対数関数で比較的良好に近似できる。
- (2) 膨張材を用いることにより、自己収縮を大幅に抑制できる。
- (3) 空隙率と透水係数およびトリチウムの実効拡散係数の関係は既往の研究<sup>[5]</sup>で示される一部をフライアッシュで置換したセメントを用いた場合と同等である。

なお、本研究は電力共通研究として実施したものである。

**参考文献**

[1] 田中博一ほか:低熱ポルトランドセメントと混和材を併用したコンクリートの諸物性, コンクリート工学年次論文報告集, 2007, 投稿中

[2] 田中博一ほか:余裕深度処分におけるセメント系人工バリアの現場施工に関する検討(その1) 運搬および打込みがコンクリートおよびモルタルの諸物性に及ぼす影響の検討, 土木学会第62回年次学術講演会講演概要集, 2007, 投稿中

[3] 小山宣幸ほか:低熱ポルトランドセメントを用いたコンクリートの積算温度に関する一考察, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 19, No. 1, 1997, pp523-528

[4] 岩城一郎ほか:石灰石微粉末混和コンクリートの強度発現に及ぼす養生温度の影響, 石灰石微粉末の特性とコンクリートへの利用に関するシンポジウム論文集, 1998, pp169-176

[5] 安田和弘ほか:カルシウム溶出に伴うコンクリートの物理性能及び物質移行性能の変化に関する検討, セメントコンクリート論文集, No.56, 2002, pp492-498

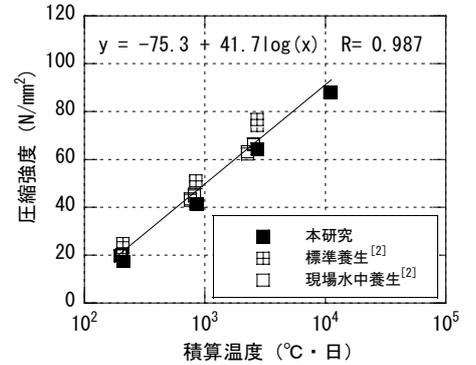


図-1 コンクリートの圧縮強度

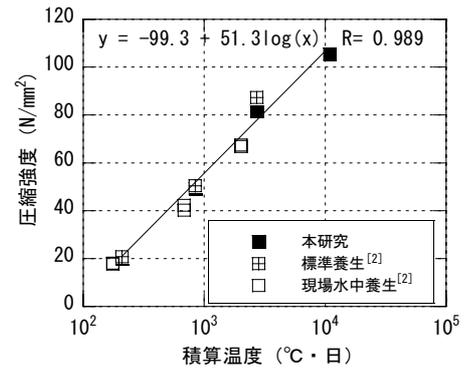


図-2 モルタルの圧縮強度

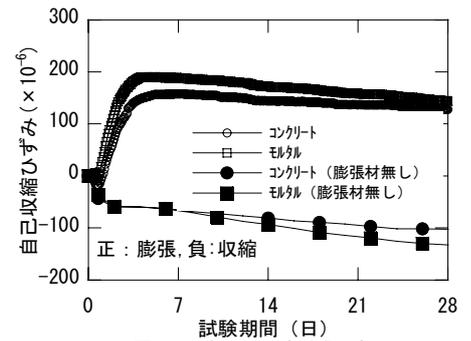


図-3 自己収縮試験結果

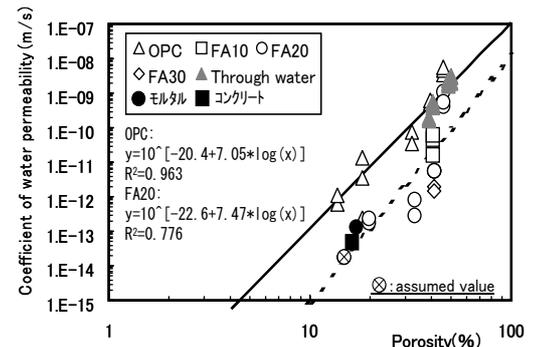


図-4 空隙率と透水係数の関係

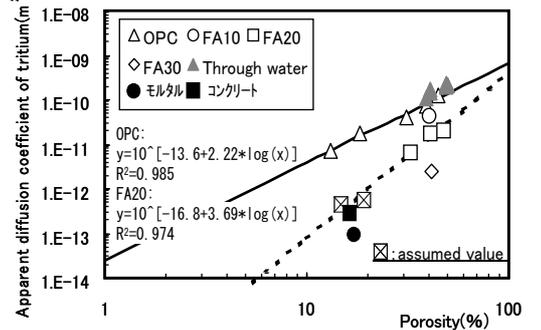


図-5 空隙率とトリチウムの実効拡散係数の関係