

材齢1年を超えた低発熱型セメントを用いたコンクリートの諸性状について
—平成23年度地下空洞型処分施設性能確証試験による—

鹿島建設（株） 正会員 ○高柳 達徳 横関 康祐 武地 真一
大成建設（株） 正会員 木ノ村 幸士 清水建設（株） 正会員 杉橋 直行
（公財）原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 秋山 吉弘 矢田 勤

1. はじめに

放射性廃棄物を対象とした地下空洞型処分施設の施工性の評価や施工時の品質確認方法等の検討を行うために、実大規模の施工となる地下空洞型処分施設性能確証試験が実施されている¹⁾。ここでは、地下空洞型処分施設のうち平成22年度に構築した上部充てん材（高流動コンクリート）の材齢1年を超えた諸特性について報告する。

2. 試験概要

上部充てん材は、廃棄体の間隙に高流動モルタルを充てんした後に廃棄体上部に打ち込まれた高流動コンクリートである。上部充てん材施工時に品質管理用に採取し試験空洞内で水中養生を行った供試体とプラントで標準養生を行った供試体、および室内試験時に採取し標準養生を行った供試体による材齢182日までの諸特性については既報²⁾に示している。本報では、材齢1年を超える（450日）供試体の試験結果を追記し、これらを比較検討した。

3. 試験結果と考察

上部充てん材の圧縮強度試験結果を図-2に、静弾性係数試験結果を図-3に示す。圧縮強度および静弾性係数試験は材齢450日まで増進していることが確認できた。これはフライアッシュのポズラン反応が長期間にわたって進んでいるためと考えられる。1年を超える力学的強度の増進は、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュ、膨張材を使用した既往の研究³⁾で報告されている結果と同様の傾向であり、水中養生（標準養生）した上部充てん材の強度は今後も長期にわたって増進する可能性があると考えられる。

次に、地下空洞型処分施設において上部充てん材と類似配合（同一水結合材比）のコンクリートの材齢1年を超える圧縮強度試験結果を踏まえて、上部充てん材の強度発現性について評価した。評価の対象としたコンクリートは平成18年度に底部・奥部・側部埋戻し材として施工したスランプ18cmのコンクリート、平成20～21年度にコンクリートピットとして施工した高流動コンクリート、平成22年度に上部充てん材として施工した高流動コンクリートである。

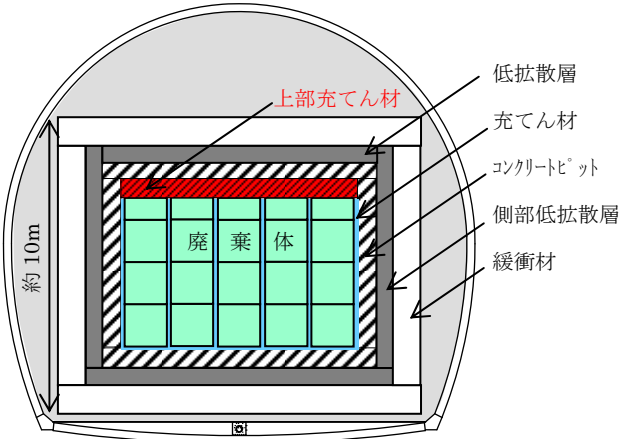


図-1 地下空洞型処分施設の断面模式図

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 ³ 、比表面積=3.520cm ² /g
フライアッシュ	FA	フライアッシュII種、密度=2.15g/cm ³ 、比表面積=3.940cm ² /g
膨張材	LEX	改良型石灰系膨張材、密度=3.05 g/cm ³
細骨材	S	石灰砕砂、密度=2.65g/cm ³ 、FM=2.74
粗骨材	G	石灰砕石、最大骨材寸法=20mm、密度=2.70g/cm ³ 、FM=6.76
石灰石微粉末	LP	密度=2.70g/cm ³ 、比表面積=5.100cm ² /g
混和剤	SP1	高性能AE減水剤：カルボキシル基含有ポリエーテル系化合物
	SP2	高性能AE減水剤：ポリカルボン酸エーテル系化合物と配合ポリマーの複合体
	Ad1	AE減水剤：ポリカルボン酸系化合物
	Ad2	超遅延性減水剤：変性リグニンスルホン酸化合物とオキシカルボン酸化合物の複合体
	As	空気量調整剤：ポリアルキレングリコール誘導体

表-2 上部充てん材の配合（平成22年度施工）

W/B (%)	W/P (%)	単位量 (kg/m ³)							SP2 P×%	Ad2 P×%	As P×%
		W	粉体P				S	G			
			結合材B			LP					
			LPC	FA	LEX						
45	28	160	229	107	20	215	847	780	1.1	0.2	0.02

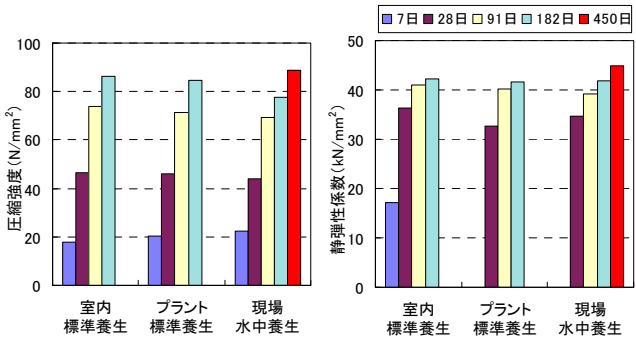


図-2 圧縮強度

図-3 静弾性係数

キーワード 余裕深度処分、上部充てん材、高流動コンクリート、長期材齢
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 042-489-6760

表-3 各部位に用いたコンクリートの配合

部位	W/B (%)	W/P (%)	s/a (%)	スランプ [°] (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)							混和剤 添加率 P×%
						W	粉体P				S	G	
							結合材B			LP			
							LPC	FA	LEX				
底部・奥部・側部埋戻し材	45.0	32.0	50.0	18±2.5	2.5±1.5	175	272	117	—	150 ^{※1}	812	819	Ad1:0.85
コンクリートピット(底部・奥部・側部)	45.0	26.4	51.6	65±5.0	2.5±1.5	160	229	107	20	249 ^{※2}	815	780	SP1:0.80
コンクリートピット(手前部)	45.0	30.0	53.6	65±5.0	2.5±1.5	160	229	107	20	178 ^{※3}	891	780	SP1:0.95
上部充てん材(H22年度施工)	45.0	28.0	52.6	70±5.0	2.5±1.5	160	229	107	20	215 ^{※4}	847	780	SP2:1.1, Ad2:0.2

※1～4は表-4 参照

各部位に用いたコンクリートの配合を表-3に示す。なお、表-3に示す配合のうち、石灰石微粉末(LP)は部位によって単位量が異なっている。使用したLPの仕様を表-4に示す。

評価の対象とした部位における圧縮強度と積算温度の関係を図-4に示す。積算温度Mは、 $M = \Sigma (\theta + 10) \Delta t$ 式により計算した。ここで、 Δt : 材齢(日), θ : 養生温度(°C)である。各部位の圧縮強度は積算温度と高い相関が見られ、材齢1年を超えても圧縮強度を積算温度の関数で評価することが可能である。また、各部位に用いたコンクリートは、配合によらず、ほぼ同等の強度発現性を示していると考えられる。

次に、各部位における室内標準養生した供試体を用いて計測した積算温度と空隙率¹⁾の関係を図-5に示す。積算温度が増加すると空隙率は減少しており、また、水結合材比が一定である各部位の空隙率と積算温度の関係はほぼ同一直線上にある。すなわち、同じ積算温度が与えられれば、空隙率は今回の配合では同等になると考えられる。空隙率によって物質移行性は変化する⁴⁾ことが知られていることから、水結合材比が一定の条件で同じ積算温度が与えられれば、今回の配合における各部位の物質移行性は同程度となる可能性が示唆された。

4. おわりに

本試験結果から、材齢1年を超えるコンクリートにおいて以下の特性が確認された。

- (1) 圧縮強度は材齢450日まで増進し、積算温度の関数で表すことが可能である。
- (2) 底部・奥部・側部埋戻し材、コンクリートピットおよび上部充てん材における圧縮強度の発現性はほぼ同等であり、低熱ポルトランドセメントとフライアッシュを結合材とした配合において水結合材比が一定であれば、石灰石微粉末の単位量や産地以外にも膨張材(標準添加量)の有無、単位水量、スランプ(ワーカビリティ)などが異なっても、圧縮強度の発現性はほぼ同等である。
- (3) 水結合材比が一定で同じ積算温度が与えられれば、各部位の物質移行性は同程度となる可能性が示唆された。

なお、本報告は経済産業省からの委託による「管理型処分技術等事業(地下空洞型処分施設性能確認試験)」の成果の一部である。

参考文献 1)(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター：平成19～22年度管理型処分技術調査等委託費 地下空洞型処分施設性能確認試験報告書、2008～2011 2)矢田ほか：廃棄体発熱の影響を考慮した上部充てん材の配合選定および諸特性—地下空洞型処分施設性能確認試験による—、土木学会第66回年次学術講演会、2011 3)庭瀬一仁ほか：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材齢2年までの諸特性(その1)、土木学会第64回年次学術講演会、2009 4)安田ほか：カルシウム溶出に伴うコンクリートの物理性質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、2002

表-4 使用した石灰石微粉末の仕様

石灰石微粉末 LP	※1	青森県産、密度=2.70 g/cm ³ 、比表面積=3,850cm ² /g
	※2	埼玉県産、密度=2.71 g/cm ³ 、比表面積=5,390cm ² /g
	※3	宮城県産、密度=2.73 g/cm ³ 、比表面積=5,990cm ² /g
	※4	宮城県産、密度=2.70 g/cm ³ 、比表面積=5,100cm ² /g

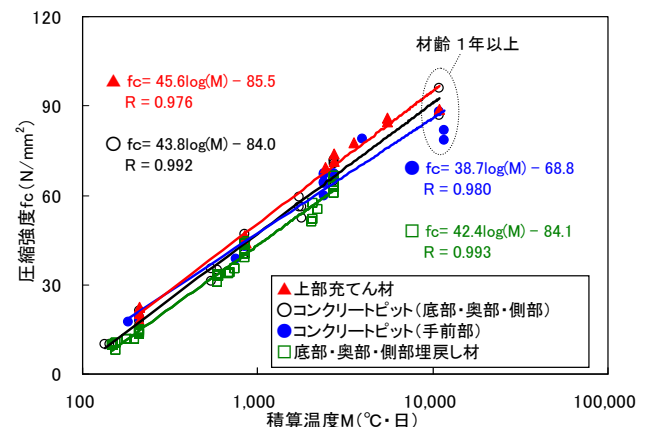


図-4 積算温度と圧縮強度の関係

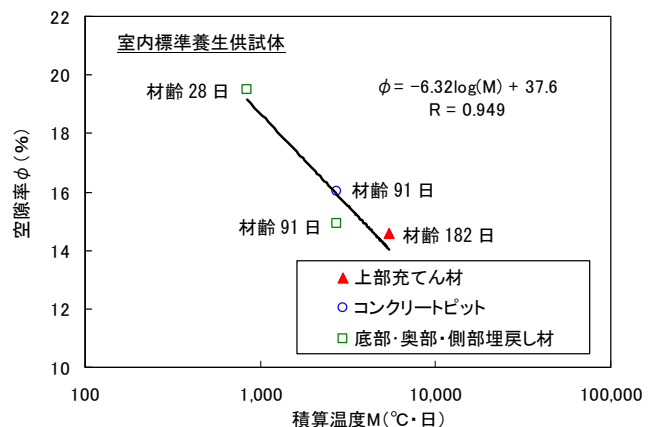


図-5 積算温度と空隙率の関係