

## 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性状 —地下空洞型処分施設性能確認試験による—

(公財)原子力環境整備促進・資金管理センター 正会員 ○矢田 勤 秋山 吉弘  
鹿島建設(株) 正会員 佐々木敏幸 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

### 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認試験が実施されている。ここでは、廃棄体の発熱が廃棄体上部に打設される上部充てん材(高流動コンクリート)の配合選定および諸性状に及ぼす影響について報告する。

### 2. 熱影響を考慮した配合選定試験

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設される高流動コンクリートであり、廃棄体の発熱による熱影響を考慮した配合である高流動モルタル<sup>1)</sup>と同様に、その影響を受けるものである。また、既往の研究<sup>1)</sup>では、コンクリートピットで囲まれた範囲に上部充てん材を打設した後、コンクリートピットと上部充てん材の界面に1~2mm程度の間隙が生じた。そこで、本研究では、①収縮を抑制するための膨張材量を選定し、②高温環境下でのフレッシュ性状経時保持性の比較および③流動性の比較を行い、配合を決定した。使用材料を表-1に、選定した上部充てん材の配合を表-2に示す。

①では、20℃、60℃環境下で拘束膨張試験(JIS A 6202 B 法)、圧縮強度試験を実施し、膨張率を確保した上で、有害なひび割れの発生や強度低下が起こらない膨張材量として、20 kg/m<sup>3</sup>を選定した。②では、表-1に示す混和剤のうち、SP1、SP2、SP3を用いてスランプフロー経時変化試験を実施した。なお、SP3は減水剤遅延型(Ad)と併用した。スランプフローの経時変化試験は、施工時の運搬時間を考慮して、コンクリートの練上りから60分までは20℃環境下で、その後120分までは、温度60℃、湿度60%の恒温室内で実施した。スランプフローの経時変化を図-1に示す。高温環境下で試験を実施した90分以降では、スランプフローが低下する傾向が見られたが、SP3は、練上り直後から120分

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=3,540 cm <sup>2</sup> /g
フライアッシュ	FA	JIS II種, 密度=2.22 g/cm <sup>3</sup> , 比表面積=4,020 cm <sup>2</sup> /g
膨張材	LEX	石灰石系膨張材, 密度=3.05 g/cm <sup>3</sup>
石灰石微粉末	LS	密度=2.67 g/cm <sup>3</sup> , 比表面積=5,120 cm <sup>2</sup> /g
細骨材	S	石灰砕砂: 密度=2.67 g/cm <sup>3</sup> , FM=2.71
粗骨材	G	石灰砕石: 密度=2.70 g/cm <sup>3</sup> , FM=6.67
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
	SP3	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
	Ad	減水剤 遅延型: 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 選定した上部充てん材の配合

スランプ フロー(cm)	空気量 (%)	W/B (%)	W/P (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )							
				W	LPC	FA	LEX	LS	S	G	SP 他
70±5	2.5±1.5	45	28.0	160	229	107	20	215	855	780	※

※本試験でのパラメータ

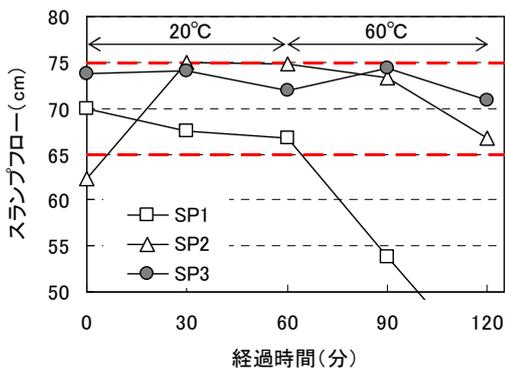


図-1 スランプフローの経時変化

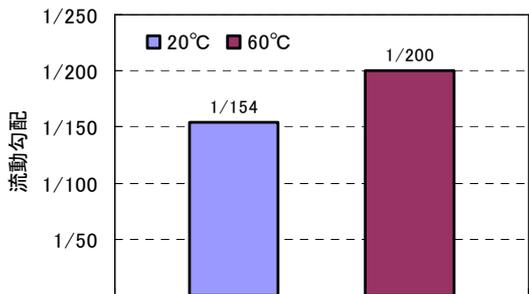


図-2 SP3における流動勾配

キーワード 放射性廃棄物, 地下空洞型処分, 上部充てん材

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 042-489-7536

後まで良好な経時変化を示した。③では、スランプフローの経時変化が良好であった SP3 について、幅 15cm、延長 2m の鋼製型枠の端部からコンクリートを流し込み、流動勾配を測定した。流動勾配を図-2 に示す。試験の結果、温度条件によらず、SP3 を用いたコンクリートの流動勾配は、非常に小さいことが確認された。また、本試験で用いた上部充てん材は、一般的な粉体系高流動コンクリート(目標流動勾配: 1/10~1/20<sup>2</sup>)に比べ、高い流動性を有することが確認された。以上の試験結果から、混和剤は SP3 を選定した。

### 3. 廃棄体の発熱が硬化物性に及ぼす影響

上部充てん材は、発熱した廃棄体の直上に打設されるため、通常の部材と比較して、高温環境下で養生されるため、本研究では、自己収縮試験、長さ変化試験、圧縮強度試験および水和物の定量分析を常温環境および高温環境で実施した。

自己収縮試験、長さ変化試験の結果を図-3 に示す。なお、図-3 には、長さ変化試験の結果を自己収縮試験の材齢 7 日におけるひずみを基点として表示した。20℃環境下では、収縮側にひずみが生じた後に膨張側に移行している一方で、60℃環境では、打設直後から大きく膨張し、凝結の始発前までの材齢数時間で 400 $\mu$  程度まで膨張している。これは、高温環境下で膨張材の反応が活性化したことが原因であると考えられる。また、材齢 7 日以降の自己収縮試験結果と長さ変化試験結果の差が乾燥収縮ひずみに相当するが、60℃では、乾燥収縮ひずみが非常に小さいことがわかった。これは、高温環境下では、材齢初期に自由水が逸散したためであると推察される。

積算温度と圧縮強度試験の関係を図-4 に示す。60℃水中養生、105℃気中養生を行った場合には、標準養生と比較して圧縮強度が低下した。60℃水中養生では、図-3 に示すように材齢のごく初期に膨張材の反応が活性化し大きく膨張すること、105℃では、膨張材の影響に加え、水和に必要な水が不足することが強度低下の原因であると考えられる。ただし、60℃水中養生を行った場合においても、材齢 91 日で圧縮強度は 45N/mm<sup>2</sup> 程度が得られており、一般的なコンクリート構造物と同等以上の強度は確保できる。また、図-4 に示すように、高温環境下で養生した場合を除くと、積算温度と圧縮強度には高い相関が見られ、圧縮強度を積算温度の関数として評価可能である。

水和物の定量分析は、材齢 91 日まで養生した供試体を鈴木らが提案するコンクリートの分析方法<sup>3)</sup>を用いて行った。分析結果を図-5 に示す。これによると、高温水中環境下で養生した場合には、水和反応とポズラン反応が促進され、化学的に安定な C-S-H が多く生成し、フライアッシュの反応率が高くなることがわかった。

### 4. おわりに

上部充てん材が廃棄体の発熱により硬化前から高温環境下で養生されることを考慮した配合選定を実施した。高温環境下で養生することで圧縮強度は低下するものの、60℃までの範囲であれば一般的なコンクリートと同等以上の強度は確保できることを確認した。なお、本報告は経済産業省からの委託による「管理型処分技術調査等委託費(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 21 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, 2010. 2) 土木学会：コンクリートライブラリー93 高流動コンクリート施工指針, 1998. 3) 鈴木一考他：コンクリートの耐久性評価を目的とした水和組成の分析手法に関する研究, コンクリート工学論文集, 34, pp.39-49, 1990.

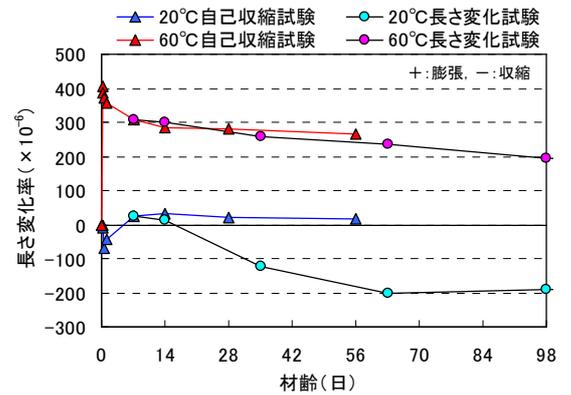


図-3 自己収縮・長さ変化試験結果

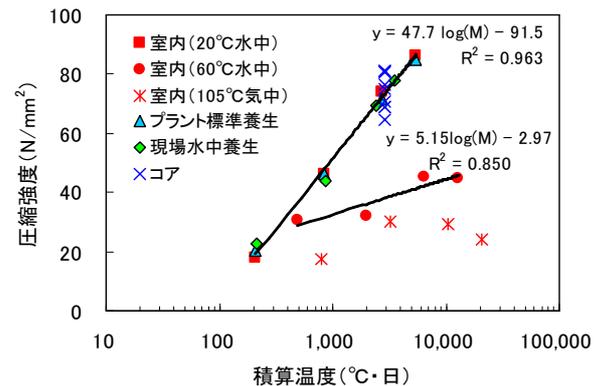


図-4 圧縮強度と積算温度の関係

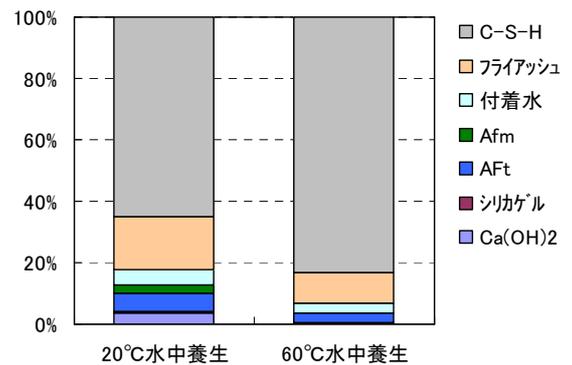


図-5 水和物の定量分析結果