

低アルカリ性セメント場所打ちコンクリートの基礎物性に関する検討

(独) 日本原子力研究開発機構 正会員○野口 聡 中山 雅 正会員 小林 保之
(株) 大林組 正会員 三浦 律彦 正会員 納多 勝 正会員 入矢 桂史郎

1. はじめに

一般的なコンクリートからの浸出水は、水酸化カルシウムなどの水和物の影響を受けるため、その pH は 12.5 程度と強アルカリ性であり、緩衝材（ベントナイト）、オーバーパック（炭素鋼）および岩盤から構成されるバリアシステムの性能に影響を及ぼすことが懸念されている。このため、原子力機構をはじめとする国内外において、浸出水の pH を 11 以下に抑制する低アルカリ性セメントの開発が進められている¹⁾。フライアッシュ高含有シリカフェームセメント（以下、HFSC）²⁾ は、普通ポルトランドセメント（以下、OPC）の含有量を減らし、その代わりにシリカフェーム（以下、SF）およびフライアッシュ（以下、FA）を 50%以上導入することによって、ポゾラン反応により水酸化カルシウムを消費させ、CSH（珪酸カルシウム水和物）のカルシウムシリカモル比の低下を図り、浸出水の pH を低減させるものである。これまで、トンネル支保工として使用することが想定される吹付けコンクリートについて、その適用性を検討し、実用可能であるとの見通しを得ている³⁾。

本報告では、OPC、SF および FA の混合比を 4 : 2 : 4 とした低アルカリ性セメント（以下、HFSC424）について、場所打ちコンクリートである立坑の覆工に使用することを目的として、強度、施工性、断熱温度上昇、寸法安定性などの基礎物性について検討した結果を報告する。なお、配合選定にあたっては、幌延深地層研究計画の地下施設の建設工事仕様⁴⁾を基準に用いた。

2. 選定した配合と強度試験結果

立坑の覆工の仕様を満足する HFSC424 を用いた場所打ちコンクリートの配合を表 1 に示す。また、フレッシュコンクリートの各種試験および強度試験結果を表 2 に示す。配合 1、配合 2 は、それぞれ高強度用および一般用であり、試験結果は、設計基準強度、スランプ、空気量の目標値を満足している。一般用の圧縮強度が設計基準強度に対して大きめの値となっているが、これはセントル脱枠時の初期強度 5N/mm² を確保したためである。

3. 断熱温度上昇特性

選定した配合を用いて実施した断熱温度上昇試験結果と、各種セメントの断熱温度上昇量をコンクリート標準示方書[設計編]⁵⁾(以下示方書)に示されている予測式により求めた結果と比較した。比較に用いたセメントの種類は、OPC、中庸熱ポルトランドセメント(MPC)、低熱ポルトランドセメント(LPC)であり、予測式の単位セメント量は、選定した配合の単位結合材量と同一とした。

結果を図 1、図 2 に示すが、HFSC424 を用いたコンク

表 1 HFSC を用いた覆工コンクリートの配合

配合 No.	粗骨 材の 最大 寸法 (mm)	目 標 スラ ンプ (cm)	目 標 空 気 量 (%)	水 結 合 材 比 W/B (%)	細 骨 材 率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							高性 能AE 減水 剤SP (Bx%)
						水	結 合 材 B	普 通 セ メ ン ト C	シリカ フ ャ ーム SF	フライ ア ッ シュ FA	細 骨 材 S	粗 骨 材 G	
1	20	18	4.5	37.5	42.5	144	384	154	77	154	737	1025	1.10
2		±2.5	±1.5	45.0	44.0	144	320	128	64	128	793	1037	1.00

表 2 試験結果

配合 No.	水結合材比 (W/B) (%)	設計基準強度 $f_{ck}(28)$ (N/mm ²)	フレッシュコンクリートの品質			強度発現性	
			スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	圧縮強度 (N/mm ²)	
1	37.5	40.0	19.0	5.0	20.4	32.2	59.9
2	45.0	24.0	19.0	4.6	20.4	21.2	44.0

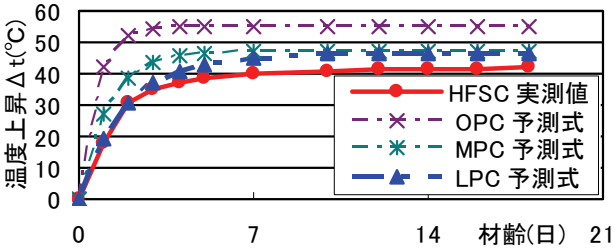


図 1 配合 1 の断熱温度上昇曲線(B=384kg/m³)

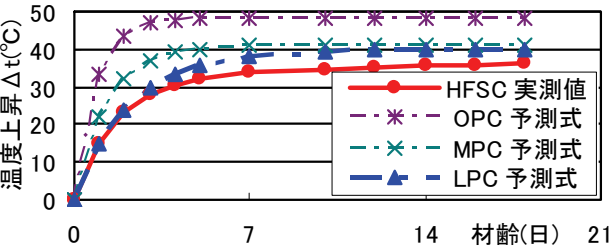


図 2 配合 2 の断熱温度上昇曲線(B=320kg/m³)

リートの断熱温度上昇量は OPC, MPC よりも小さい。打設約 3 日後までは LPC に近い値を示すが、材齢 18 日では LPC の約 90% と低発熱性であった。これは HFSC424 では OPC の含有量を 6 割低減したことが要因と思われる。

4. 寸法安定性

次に、自己収縮試験および乾燥収縮試験(乾燥開始材齢 28 日)を実施し、その結果を示方書に示されている OPC の自己収縮量予測式および乾燥収縮量予測式の詳細式より算定した収縮量と比較した。なお、式に用いた水セメント比、単位水量および設計基準強度は、選定した配合の水結合材比等と同一とし、それぞれ OPC1, OPC2 とする。図 3, 図 4 には、それぞれ自己収縮と乾燥収縮、図 5 には両者をあわせた全収縮量の比較結果を示した。

図 3 より、両配合とも OPC の自己収縮量より大きい傾向を示している。これは、HFSC424 では超微粒子である SF を含んでいるためと考えられる。しかし、単位結合材量の多い配合 1 の材齢 28 日での自己収縮量は、OPC とほぼ同等となっている。

一方、図 4 に示した乾燥収縮量は、両配合とも OPC より小さく、乾燥試験開始 56 日後には OPC の約 80% となる。これは、SF や FA のポゾラン反応による水和組織の緻密化が影響していると推察される。また、図 5 の全収縮量を見ると、両配合の材齢 84 日の実測値は、OPC とほぼ同等であり、寸法安定性の観点からは実用上、大きな問題はないと判断される。

5. まとめ

低アルカリ性セメントである HFSC424 を覆工に用いることを想定した場所打ちコンクリートの基礎物性に関する試験を実施し、以下のことが明らかになった。

- 1) HFSC424 を用いたコンクリートは、適切な配合を選定することで、幌延深地層研究計画の地下施設の建設工事仕様を満足することが可能である。
- 2) HFSC424 の断熱温度上昇量は、予測式による LPC の算定結果とほぼ同等であり、低発熱性に優れている。
- 3) HFSC424 の自己収縮量は、予測式にて評価した OPC より若干大きいものの、乾燥収縮量は予測式により評価した OPC の値よりも小さく、全収縮量では、OPC とほぼ同等の寸法安定性を有している。

本検討を通じて、HFSC424 を用いた低アルカリ性コンクリートは、適切な配合を選定することで、強度、施工性および、ひび割れ等の初期欠陥の発生要因に対して大きな問題は無く、実用が可能との見通しを得た。今後は、原位置での施工試験により、バッチャープラントでの材料製造を通じて、強度、施工性を確認するとともに、施工後の初期段階において、ひび割れ等の初期欠陥が生じないことを確認していくことが重要である。

参考文献

- 1) 例えば, Maud CODINA et al.: Hydration and durability of low-alkalinity cements, R&D on LOW-pH CEMENT FOR A GEOLOGICAL REPOSITORY 3rd WORKSHOP, pp.41-47, 2007.
- 2) 核燃料サイクル開発機構: 高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る知識基盤の構築 平成 17 年取りまとめ 一分冊 2:工学技術の開発一, 2005.9.
- 3) 佐藤 他: 低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの実用性検討(4)「幌延 URL における深度 140m 水平坑道での原位置試験計画」, 2009.3.
- 4) 松永 他: 幌延深地層研究計画 地下施設実施設計一設計報告書一, JNC TJ5410 2005-002, pp.3.2-1 - 3.2-2, 2005.3.
- 5) 土木学会編: 2007 年制定コンクリート標準示方書[設計編], 土木学会, 2007.

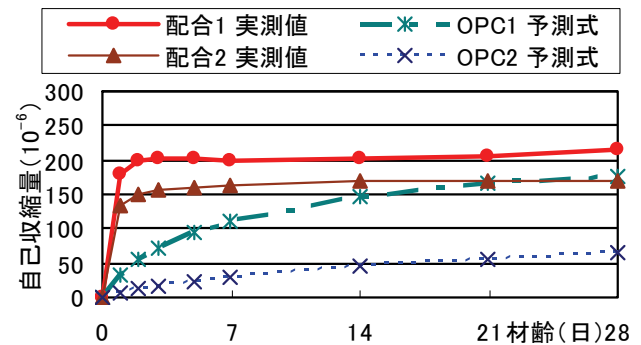


図 3 自己収縮量の比較

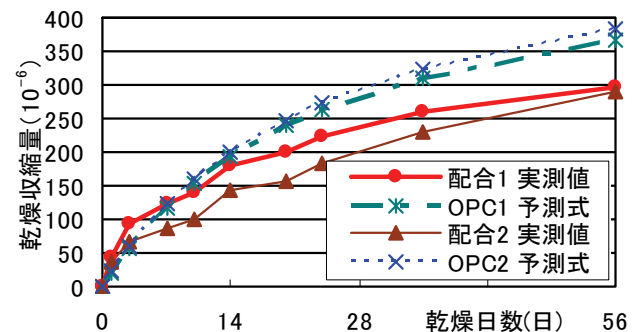


図 4 乾燥収縮量の比較

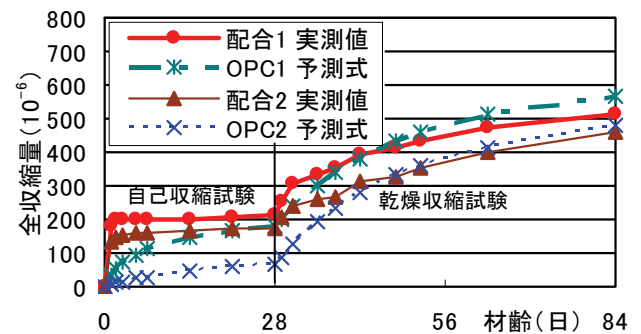


図 5 全収縮量の比較