

低アルカリ性セメントを用いたコンクリートの強度特性に関する研究

電力中央研究所	正会員	○西内 達雄
電力中央研究所	正会員	廣永 道彦
電力中央研究所	正会員	山本 武志
原子力発電環境整備機構	正会員	植田 浩義

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分施設におけるコンクリート構造部材(支保、プラグ等)を設計する上で、ベントナイトを主とした緩衝材や周辺岩盤に対して悪影響を及ぼさないことが求められている。このため、セメントの低 pH 化やコンクリートへのひび割れ発生の抑制などの観点から種々の検討を実施している。本報告では、低アルカリ性セメントを用いたコンクリートの強度特性のうち、圧縮強度、ヤング係数、引張強度の材齢 28 日値を基準とした相対的な経時変化について報告する。

2. 配合選定

2.1 配合条件

配合条件は、配合強度(材令 28 日の圧縮強度)を 40N/mm^2 以上、目標スランプを $10 \pm 2.5\text{cm}$ (HFSC は $10 \pm 2.0\text{cm}$)とした。配合強度は既往研究¹⁾を参考に定めた。スランプは一般的なコンクリートの値として定めた。空気量は特に条件として定めなかった。その理由は、処分施設が地下構造物であり、コンクリートが凍結融解による劣化を受けないと想定されるためである。また、混和剤については処分場の長期安全性に与える有機物の影響が検討中であることを勘案して、添加しない配合を基本とした。

2.2 使用材料

セメントは普通ポルトランドセメント(OPC)と3種類の低アルカリ性セメント(LAC、HFSC、SAC)である。LAC は電力中央研究所と太平洋コンサルタントが開発したセメントで、クリンカーの材料設計に変更を加え、生成される主要水和物の特性を改良したものである。HFSC は日本原子力研究開発機構と大林組が開発したセメントであり、市販セメントにシリカフュームとフライアッシュを添加して製造したものである。本実験では、OPC とシリカフューム、フライアッシュを重量比で 4 : 2 : 4 に混合した「HFSC 424」²⁾を使用した。シリカフュームはノルウェー産エルケム社製 983U(密度 2.20g/cm^3)を、フライアッシュは四国電力製ファイナッシュ(JIS 種灰、密度 1.95g/cm^3)を使用した。SAC はウクライナのキエフ建築大学が開発したセメントである。セメント作製時に焼成過程がなく、練り混ぜ時に水とともにメタ珪酸ナトリウムを添加するものである。粗骨材は、栃木県佐野市仙波町産の砕石(石灰岩、最大寸法 13mm、密度 2.73g/cm^3)を、細骨材は、栃木県葛生町羽鶴鉾山産の水洗砕砂(石灰岩、密度 2.68g/cm^3)を使用した。練り混ぜ水には水道水を使用した。LAC の練り混ぜ水には凝結時間を調整(遅延)する目的で 0.5%濃度のクエン酸添加溶液を使用した。SAC の練り混ぜ水には比重 1.1 となるメタ珪酸ナトリウム添加溶液を使用した。

表-1 コンクリートの配合

配合名	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m^3)						
			結合材				細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE減水剤
			水 W	セメント C	シリカフューム SF	フライアッシュ FA			
OPC	58	43	195	336	-	-	748	1007	-
LAC	45	43	180	400	-	-	740	1002	-
SAC	40	43	220	550	-	-	640	864	-
HFSC	40	43	180	180	90	180	723	976	1.62

キーワード 低アルカリ性セメント、コンクリート、材料物性、配合試験、地層処分

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電話 04-7182-1181、FAX 04-7183-2962

HFSC を用いたコンクリートでは、練り混ぜにおいて所定のスランプを確保することが困難であったことから、高性能 AE 減水剤を使用した。

2.3 選定結果

セメント水比と材齢 28 日圧縮強度の関係に基づき、配合強度 40N/mm^2 以上を満足するコンクリートの配合として表-1 を定めた。

3 圧縮強度とヤング係数の経時変化

3.1 試験概要

配合に基づき強度試験体（圧縮用：直径 $10\text{cm} \times$ 高さ 20cm 、引張用：直径 $15\text{cm} \times$ 高さ 20cm ）を作製し、圧縮試験によりコンクリートの圧縮強度とヤング係数を、割裂試験によりコンクリートの引張強度を把握した。試験体は打設後、材齢 28 日までは水中養生とし、その後、恒温槽（温度 20°C 、湿度約 50% ）にて気中養生とした。なお、処分場ではより高温高湿の環境であることも想定されるが、コンクリートの乾燥収縮やひび割れ発生等に対する安全側の観点から、材齢 28 日以降は気中養生を採用した。

3.2 試験結果

材齢 6 ヶ月までの圧縮強度比の経時変化を図-1 に示す。図から、材齢 28 日までの強度増加の傾向は、いずれのコンクリートにおいても大差ないことがわかる。材齢 28 日以降は、OPC と LAC を使用したコンクリートの強度増加が大きく、LAC については材齢 6 ヶ月以降も増加傾向にあると推測される。HFSC については材齢 28 日以降、気中養生とした影響でポゾラン反応の進行が十分ではないが、材齢 28 日時点の強度は保持されており、さらに強度増加の傾向も認められる。なお、水中養生の場合には、圧縮強度の増加は本実験結果より大きいことが確認されている¹⁾。SAC については材齢 28 日以降の強度増加はほとんど認められないことがわかる。

材齢 6 ヶ月までのヤング係数比の経時変化を図-2 に、引張強度比の経時変化を図-3 に示す。図から、両者とも経時変化の傾向は同じであり、材齢 28 日以降、OPC と LAC を使用したコンクリートのヤング係数比、引張強度比は漸増し、一定値に収束する傾向が認められる。これに対して、HFSC と SAC を使用したコンクリートでは、材齢 28 日以降、ヤング係数比と引張強度比は低下傾向にある。乾燥収縮による微細ひび割れの発生や、それに伴うモルタル部分の脆弱化などが原因として推測される。

4 おわりに

現在、クリープ、乾燥収縮特性、引張軟化特性等の試験を実施中である。これら試験結果と併せて、低アルカリ性セメントを用いたコンクリートの諸性状に関して総合的に評価する予定である。

参考文献

- 1) 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技術に関する知識基盤の構築-工学技術の開発-、JNC TN1400 2005-004、2005。
- 2) 核燃料サイクル開発機構：低アルカリ性コンクリートの実用性試験及び変質評価、JNC TJ8400 2002-038、2002。

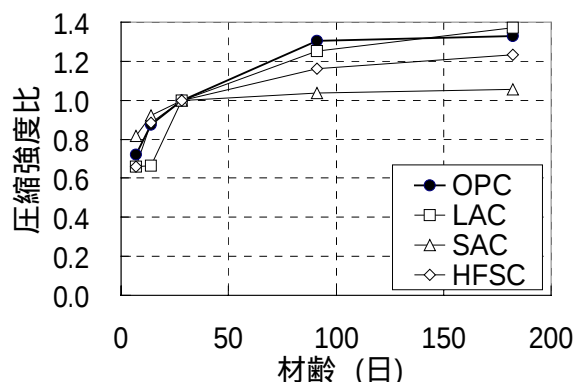


図-1 コンクリートの圧縮強度比の経時変化

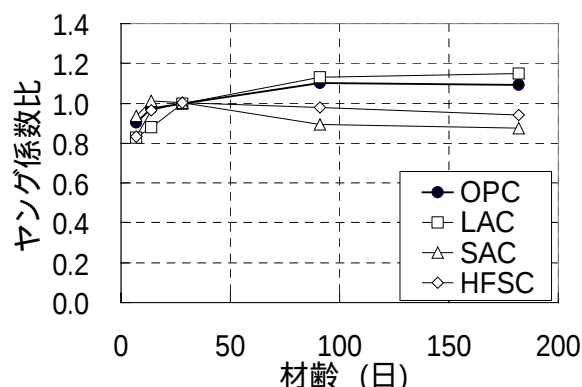


図-2 コンクリートのヤング係数比の経時変化

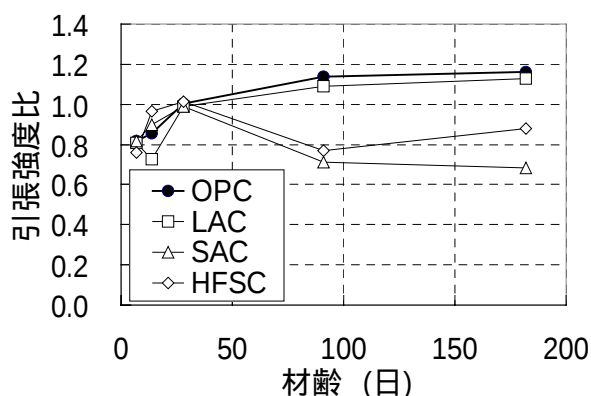


図-3 コンクリートの引張強度比の経時変化