

トンネル模擬曝露条件でのフライアッシュコンクリートの耐久性について

北海道電力(株) 正会員 ○開 洋介
 北海道電力(株) 正会員 関谷 美智
 北電総合設計(株) 正会員 齋藤 敏樹

1. はじめに

フライアッシュコンクリートのトンネル覆工コンクリートへの適用性を把握するため、自然環境とトンネル模擬環境での曝露による耐久性を、普通コンクリートと比較し、5年が経過したので結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および実験ケース

本実験で使用した材料を表-1に、配合条件を表-2に示す。配合条件は、トンネル覆工コンクリート配合と同等とした。コンクリートの配合ケースは4ケースとし、普通ポルトランドセメントを使用したN、フライアッシュセメントB種を使用したFBとした。また、空気量の違いによる耐久性への影響を明確にするため、目標空気量を4.5%および5.5%の2水準とした。配合表を表-3に示す。

表-1 使用材料

種 類	諸 元
セメント	普通 密度:3.16g/cm ³ 、比表面積:3,310cm ² /g
	フライアッシュB種 密度:2.96g/cm ³ 、比表面積:3,370cm ² /g
細 骨 材	砕砂 粗粒率:3.13、密度:2.65g/cm ³ 、吸水率:1.06%、安定性損失量:0.7%
	陸砂 粗粒率:2.60、密度:2.60g/cm ³ 、吸水率:2.08%、安定性損失量:2.7%
粗 骨 材	粗粒率:7.92、密度:2.70g/cm ³ 、吸水率:0.54%、安定性損失量:1.0%
	粗粒率:6.61、密度:2.70g/cm ³ 、吸水率:0.47%、安定性損失量:0.8%
混和剤	AE減水剤 主成分:リグニンスルホン酸塩とナリルホン酸塩
	AE剤 主成分:樹脂酸塩
	消泡剤 主成分:ポリオキシアルキルエーテル
練混ぜ水	地下水

表-2 配合条件

呼び強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)
24	40	15±2.5	4.5±1.5 5.5±1.5

2.2 実験項目および方法

(1) フレッシュ性状

コンクリートの練混ぜはJIS A 1138に準拠した。スランプはJIS A 1101、空気量はJIS A 1128に準拠した。

(2) 圧縮強度試験

圧縮強度試験はJIS A 1108に準拠し、材齢15、18時間、1、3、7、28、56、91日で強度を測定した。材齢1日までの供試体は室内養生とし、材齢3日以降の供試体は、打込み後材齢1日で脱型し所定材齢まで水中養生(温度20±2℃)した。

(3) 凍結融解試験

凍結融解試験はJIS A 1148のA法に準拠した。供試体は、打込み後材齢1日で脱型し材齢28日まで水中養生(温度20±2℃)した。測定は凍結融解30サイクル毎に300サイクルまで実施した。

(4) 曝露試験

曝露試験の供試体は、直径125mm、高さ250mmの円柱とし、供試体中心温度が測定できるようにサーミス

表-3 配合表

供試体種類	セメント 種 類	呼び強度 (N/mm ²)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)										フ レ ッ シ ュ 性 状		
						水 W	セメント C	細骨材		粗骨材		混 和 剤			スランプ (cm)	空 気 量 (%)	温 度 (°C)	
								砕砂 S1	陸砂 S2	20-5mm G1	40-20mm G2	AE減水剤 (g/m ³)	消泡剤 (g/m ³)	AE助剤 (g/m ³)				
N 4.5	普 通 フライアッシュ B種	24	40	57.8	46.7	158	274	352	515	613	410	2.74 (1.0%)	5.48 (0.002%)	5.48 (0.002%)	17.0	5.3	17	
N 5.5				55.6	46.2	153	276	344	508	613	410	2.76 (1.0%)	5.52 (0.002%)	13.80 (0.005%)	17.0	6.3	18	
FB4.5				54.6	46.7	154	282	350	512	718	300	2.82 (1.0%)	0.00	11.28 (0.004%)	16.5	5.2	17	
FB5.5				52.8	45.8	149	282	340	498	718	308	2.82 (1.0%)	0.00	21.43 (0.0076%)	16.5	6.6	18	

キーワード フライアッシュ、曝露試験、トンネル模擬、耐久性、凍結融解、相対動弾性係数

連絡先 〒059-1742 勇払郡厚真町字浜厚真 615 北海道電力(株)火力部石炭灰リサイクル推進室 TEL 0145-28-2146

タを埋め込んだ供試体を別に作製した。供試体は、打込み後材齢 1 日で脱型し材齢 28 日まで水中養生(温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$)した。養生終了後、供試体の質量および縦振動の一次共鳴振動による動弾性係数(JIS A 1127)を測定し初期値とし、室内(平均温度 10°C 程度)に 3 週～4 週間放置した後、北海道江別市(海岸から 20km)の曝露試験場に設置し、自然環境(日向)およびトンネル模擬環境(日陰)の 2 条件で曝露試験を開始した(曝露開始日:平成 24 年 1 月 18 日)。なお、曝露供試体は、含水状態による変動を考慮し、測定前に 48 時間程度水浸させた。供試体中心温度および気温は 1 時間間隔で測定し、供試体の経年変化は質量および縦振動の一次共鳴振動による動弾性係数を 2 回/年(平成 29 年度は 1 回/年)測定した。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度試験

圧縮強度試験結果を図-1 に示す。材齢 28 日における圧縮強度は全ケース 34N/mm^2 以上となり呼び強度を満足する結果であった。セメント種類の比較では、材齢 18 時間までは N が FB より若干高い強度であったが、材齢 3 日で同程度となり、材齢 56 日以降は FB の方が高い強度となりフライアッシュの反応による強度増進が認められた。

3.2 凍結融解試験

凍結融解試験結果を図-2 に示す。養生 28 日の耐久性は、セメントの種類に拘わらず空気量 4.5%の場合耐久性指数 78 程度、空気量 5.5%の場合耐久性指数 83 程度であった。すなわち、空気量が確保され、気泡間隔係数がある値以下となっていれば、セメントの種類に拘わらず十分な耐久性が得られると考えられる。

3.3 曝露試験

曝露試験結果のうち自然環境(日向)を図-3 に、トンネル模擬環境(日陰)を図-4 に示す。平成 24 年 1 月から約 5 年 9 ヶ月曝露した供試体の表面劣化は、配合の種類および曝露条件による相違は明瞭ではなく、質量変化率は有意な差とは言い難いものであった。強度の指標とされる相対動弾性係数の変化は、フライアッシュセメントを使用した FB4.5 および FB5.5 の変化が小さく、普通ポルトランドセメントを使用した N4.5 および N5.5 の変化が大きい傾向であった。これは、材齢 28 日の呼び強度および空気量が同一の場合、フライアッシュセメントの耐凍害性が普通ポルトランドセメントより優れていることを示していると考えられる。他方、曝露条件による相違は、自然環境(日向)の方がトンネル模擬環境(日陰)より劣化が小さい傾向であった。これは、自然環境の方が雨などにより水分が供給され、マイクロクラックなどが修復されたためと考えられる。

4. まとめ

同一呼び強度の配合において、自然環境およびトンネル模擬環境に 5 年間曝露した結果、N に比べ FB の耐久性は高く、フライアッシュコンクリートはトンネル覆工コンクリートに十分適用可能であることがわかった。

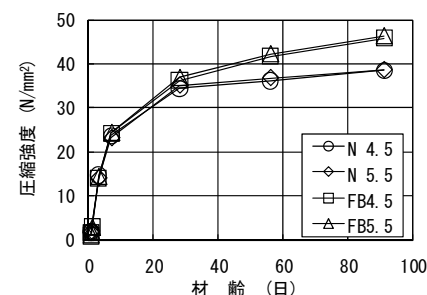


図-1 材齢と圧縮強度

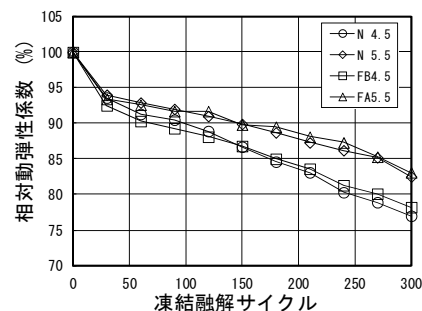


図-2 凍結融解試験結果

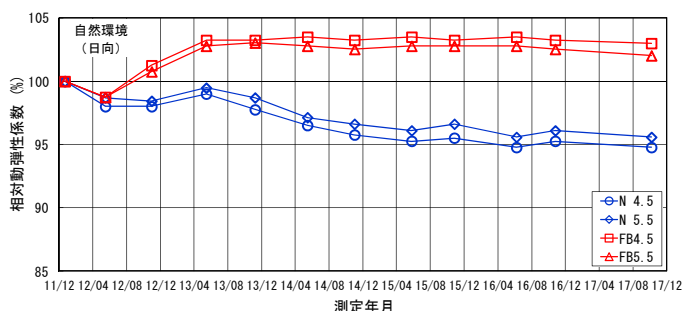


図-3 曝露試験結果(自然環境)

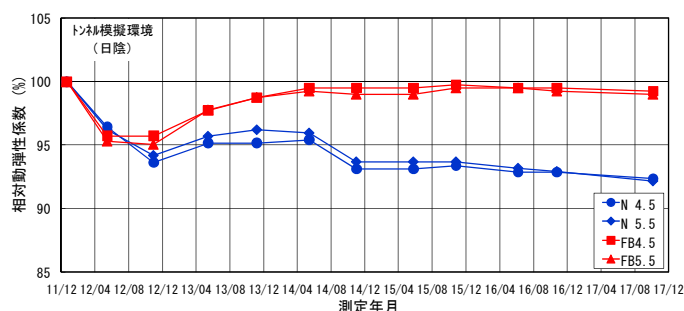


図-4 曝露試験結果(トンネル模擬環境)