

## 10年間曝露した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

海外炭フライアッシュの本格的な実用化に向け、フライアッシュコンクリートの耐久性試験を行い、北海道江別市の曝露試験場に作製した供試体を曝露し、10年が経過したのでその結果を報告する。

### 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、北海道開発局仕様の土木用生コンクリートのRC-aに相当する。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、高炉セメントB種を使用したBB、フライアッシュセメントのうちフライアッシュ置換率15%のFB、フライアッシュ置換率25%のFCとした。また、フライアッシュはフライアッシュの品質および置換率を明確にするため、室内で普通ポルトランドセメントと混合して使用した。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 <sup>3</sup> , 比表面積 3,340cm <sup>2</sup> /g
	高炉B種 密度 3.05g/cm <sup>3</sup> , 比表面積 3,880cm <sup>2</sup> /g
フライアッシュ (JIS II種)	強熱減量 1.2%, SiO <sub>2</sub> 71.4%, MB吸着量 0.47% 密度 2.15g/cm <sup>3</sup> , 比表面積 3,830cm <sup>2</sup> /g 45μmふるい残分 17%, フロー値比 106% 活性度指数28日 86%, 活性度指数91日 95%
細骨材 (陸砂)	表乾密度 2.69g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.71% 単位容積質量 1.78kg/L, 実積率 67.3% 安定性損失量 2.6%, 粗粒率 2.62
粗骨材 (碎石2505)	表乾密度 2.68g/cm <sup>3</sup> , 吸水率 1.90% 単位容積質量 1.62kg/L, 実積率 62.1% 安定性損失量 5.3%, 粗粒率 6.96
混和剤	AE減水剤 リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	AE剤 樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤
練混ぜ水	上水道水

#### 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1, 3, 7, 28, 56, 91 および 182 日で強度を測定した。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°C)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

表-2 配合条件

設計基準強度	配合強度	粗骨材の最大寸法	スランプ	空気量	最大水結合材比	最小単位結合材量
$f'_{ck}$ ※1	$f'_{cr}$	(mm)	(cm)	(%)	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )
(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )					
21	27.9	25	8±1.5	5±0.5	55	280

※1) 設計基準強度の材齢は28日

表-3 配合表

配合ケース	フライアッシュ置換率 F/(C+F) (%)	水結合材比 W/(C+F) (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								フレッシュ性状		
				水 W	結合材 C+F	セメント C	フライアッシュ F	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤		スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
										AE減水剤 (g/m <sup>3</sup> )	AE助剤 (%)			
N	0	52.5	44	147	280	280	—	846	1,072	700 (0.25)	4.48 (0.0016)	9.0	4.7	20.7
BB	0	51.4	44	144	280	280	—	845	1,072	700 (0.25)	5.32 (0.0019)	8.5	4.9	20.0
FB	15	49.6	43	139	280	238	42	828	1,094	700 (0.25)	19.04 (0.0068)	9.0	5.0	20.5
FC	25	48.6	43	136	280	210	70	827	1,092	700 (0.25)	29.40 (0.0105)	8.5	5.0	20.9

キーワード フライアッシュ, 曝露試験, 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

養生(温度 20±2°C)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 150mm、高さ 300mm 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 ±2°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)を測定し基準とした。その後、供試体を北海道江別市(海岸から 20km)の曝露試験場に設置し、自然環境下における曝露を平成 18 年 6 月から実施した。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 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 日では、N が最も高い圧縮強度であり、次いで BB、FB となり、FC が最も低い圧縮強度であった。しかし、材齢が 182 日になると BB が最も高い圧縮強度になるが、N、FB および FC は同程度の圧縮強度になり、フライアッシュのポズラン反応による強度増進効果が認められた。

3.2 凍結融解試験

凍結融解試験結果を図-2 に示す。N および BB の凍結融解 300 サイクル時の相対動弾性係数は 90%程度で、FB および FC は 85%程度と N および BB より若干小さいものの優れた耐久性であった。N および BB の質量減少率は 2%程度で、FB および FC は 3.5%程度と N および BB より若干大きい質量減少率であった。

3.3 曝露試験

曝露試験結果を図-3 に、供試体中心温度と気温の測定結果の一例を図-4 に示す。供試体中心温度が+1°C以上から-1°C以下になりその後+1°C以上になった時を凍結融解回数 1 回とし曝露期間中の凍結融解回数を数えた。10 年間で約 800 回の凍結融解作用を受けたと考えられた。10 年間経過した結果、室内試験結果と異なり、相対動弾性係数は N が 85%程度と最も小さく、次いで BB が 90%程度であった。FB は 98%程度、FC は 100%程度と非常に高い耐久性を示した。これは、フライアッシュのポズラン反応は長期間ゆっくりと継続し、冬期の劣化が夏期に修復される作用(自己修復)が生じているものと推察される。

4. まとめ

同一単位結合材量の配合において、N、BB、FB および FC を 10 年間曝露した結果、室内試験とは異なり FB および FC の耐久性は N および BB より非常に高いことが分かった。

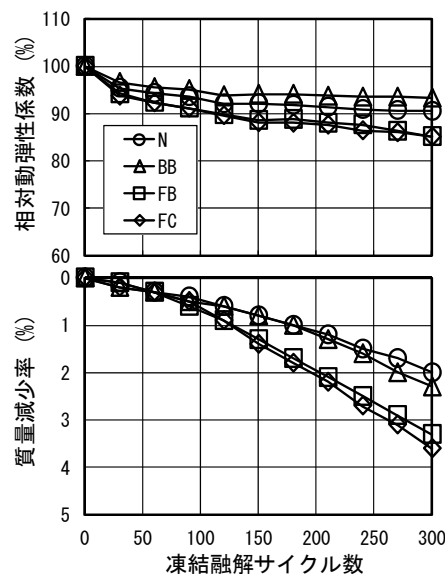


図-2 凍結融解試験結果

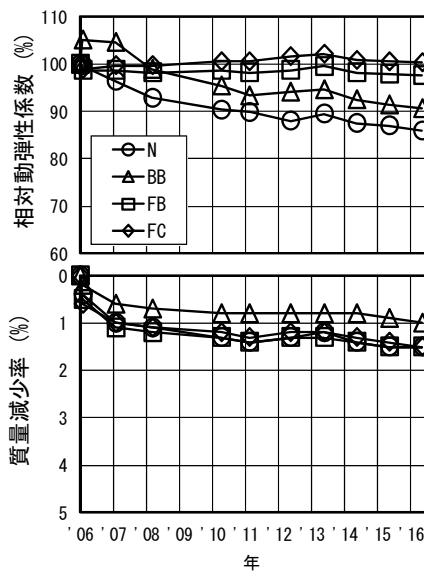


図-3 曝露試験結果

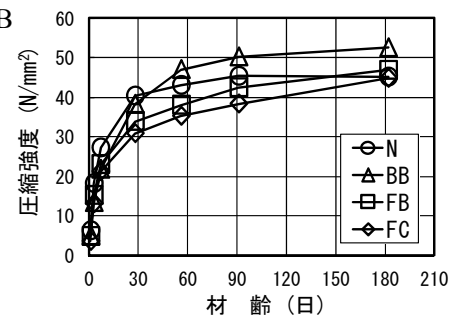


図-1 材齢と圧縮強度

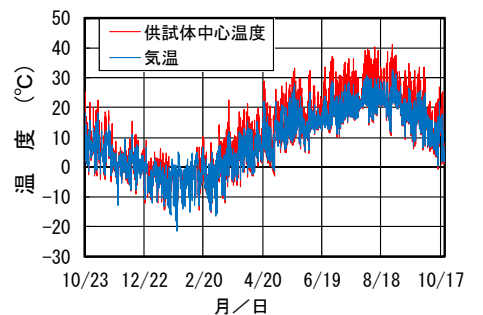


図-4 供試体温度と気温の測定例