

## フライアッシュコンクリートの曝露試験による耐凍害性について

北海道電力(株) 正会員 ○安藤 睦  
 北電総合設計(株) 正会員 齋藤 敏樹  
 北電興業(株) 今井 和宏

### 1. はじめに

北海道のような積雪寒冷地においては、冬期間の凍結融解作用によってコンクリートに劣化現象が生じる。一般に耐凍害性は、室内での促進凍結融解試験を実施し耐久性指数により評価されている。しかし、室内での促進凍結融解試験における凍結融解作用と実環境における凍結融解作用では、凍結速度が異なったり、時間経過によって強度増進が生じるなど、実環境における性能が室内試験の評価通りとは一概に言い難い事例もある。本報告は、室内における促進凍結融解試験と屋外曝露試験を比較し、フライアッシュコンクリートの耐凍害性について検討した結果をとりまとめたものである。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1に、コンクリートの配合およびフレッシュ性状を表-2に示す。

コンクリートの配合条件は、粗骨材最大寸法25mm, スランプ $8 \pm 1.5$ cm, 空気量 $5 \pm 0.5\%$ , 単位結合材量を $280\text{kg/m}^3$ とし、普通ポルトランドセメント(N280), 高炉セメントB種(BB280), 普通ポルトランドセメントにフライアッシュを15%置換したケース(FB280)および25%置換したケース(FC280)の4ケースとした。

#### 2.2 実験項目および方法

##### (1) 圧縮強度試験

JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠し、材齢1,3,7,28,56,91,182日,1,2,および3年の圧縮強度を測定した。供試体は標準養生とした。

##### (2) 凍結融解試験

JIS A 1148「コンクリートの凍結融解試験方法」A法に準拠し、材齢28日まで標準養生した供試体により凍結融解試験を実施した。

##### (3) 曝露試験

曝露供試体(寸法 $\phi 15\text{cm} \times \text{h}30\text{cm}$ )を、材齢28日まで標準養生し、質量および動弾性係数を測定した後、当社研究所の屋外実験場(北海道江別市)に曝露した。曝露供試体はテーブル(高さ70cm)の上に置き、質量、動弾性係数、供試体中心温度および気温を測定した。

表-1 使用材料

種類		諸元
セメント	普通	密度: $3.16\text{g/cm}^3$ 、比表面積: $3,340\text{cm}^2/\text{g}$
	高炉B種	密度: $3.05\text{g/cm}^3$ 、比表面積: $3,880\text{cm}^2/\text{g}$
フライアッシュ (JIS II種灰)		強熱減量: $1.2\%$ 、 $\text{SiO}_2$ : $71.4\%$ 、MB吸着量: $0.47\%$ 、 湿熱: $0.14\%$ 、密度: $2.15\text{g/cm}^3$ 、比表面積: $3,830\text{cm}^2/\text{g}$ 、 $45\mu\text{m}$ ふるい残分: $17\%$ 、フロー値比: $106\%$ 、 活性度28日: $86\%$ 、活性度91日: $95\%$
細骨材 (陸砂)		粗粒率: $2.62$ 、単位容積質量: $1.781\text{kg/L}$ 、実積率: $67.3\%$ 密度: $2.69\text{g/cm}^3$ 、吸水率: $1.71\%$ 、安定性損失量: $2.6\%$
粗骨材 (砕石2505)		粗粒率: $6.96$ 、単位容積質量: $1.622\text{kg/L}$ 、実積率: $62.1\%$ 密度: $2.68\text{g/cm}^3$ 、吸水率: $1.90\%$ 、安定性損失量: $5.3\%$
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助剤	樹脂酸塩系陰イオン界面活性剤
練混ぜ水		上水道水

表-2 コンクリートの配合およびフレッシュ性状

ケース	粗骨材の最大寸法 (mm)	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 ( $\text{kg/m}^3$ )							フレッシュ性状		
					水 W	セメント C	フライアッシュ F	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 ( $\text{g/m}^3$ )		スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )
										AE減水剤	AE助剤			
N280	25	0	52.5	44	147	280	—	846	1,072	700	4.48	9.0	4.7	20.7
BB280		0	51.4	44	144	280	—	845	1,072	700	5.32	8.5	4.9	20.0
FB280		15	49.6	43	139	238	42	828	1,094	700	19.04	9.0	5.0	20.5
FC280		25	48.6	43	136	210	70	827	1,092	700	29.40	8.5	5.0	20.9

キーワード フライアッシュ, 耐凍害性, 耐久性, 凍結融解, 曝露, 長期強度

連絡先 〒059-1742 北海道勇払郡厚真町字浜厚真 615 番地 北海道電力(株)火力部 TEL 0145-28-2146

### 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。単位結合材量を一定(280kg/m<sup>3</sup>)としたため、材齢28日における圧縮強度はN280(40N/mm<sup>2</sup>)が最も高く、次いでBB280(38N/mm<sup>2</sup>), FB280(34N/mm<sup>2</sup>), FC280(31N/mm<sup>2</sup>)の順であった。しかし材齢3年では、材齢3年まで強度増進したFC280が58N/mm<sup>2</sup>と最も高く、材齢1年まで強度増進したBB280は54N/mm<sup>2</sup>, 材齢2年まで強度増進したFB280は52N/mm<sup>2</sup>, 材齢182日で強度増進が停滞したN280は45N/mm<sup>2</sup>と、試験ケースによって材齢の経過に伴う強度増進が異なり、強度関係が逆転した。

#### 3.2 凍結融解・曝露試験

室内での凍結融解試験結果および曝露試験結果を図-2に、曝露試験における供試体中心温度と気温の測定一例を図-3に示す。材齢28日から凍結融解試験を実施した結果は、強度の発現途中であるFB280およびFC280の相対動弾性係数は85%程度と強度発現がほぼ終了しているN280およびBB280の90%程度より小さくなった。

曝露試験は、材齢28日(平成18年6月)から曝露を開始した。曝露供試体の中心温度が+1℃以上から-1℃以下になりその後+1℃以上になった時を凍結融解サイクル1回とすると、曝露供試体は11月から翌4月まで凍結融解作用を受け、年間に約100回の凍結融解作用を受けたと考えられた。4年間経過した曝露試験結果は、室内での凍結融解試験結果と異なり、N280の相対動弾性係数が90%程度と最も小さくなり、FB280およびFC280は98%程度と相対動弾性係数に顕著な変化は認められなかった。これは、フライアッシュの反応が長期間継続することで冬期の劣化が夏期に修復される作用(自己修復<sup>1)</sup>)が生じていることが影響したものと推察される。

### 4. まとめ

単位結合材量が一定の条件では、室内での凍結融解試験において試験開始時の圧縮強度が低いフライアッシュコンクリートの耐凍害性は低く評価されることが多い。しかし、平成18年6月から実際に曝露した状況下ではフライアッシュコンクリートの耐凍害性は、非常に高いことを確認した。

今後は、さらにデータを蓄積していく予定である。

#### 参考文献

- 1) 藤原佑美, 濱幸雄, 山城洋一, 齋藤敏樹: フライアッシュを用いたコンクリートの耐凍害性と自己修復効果の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, pp.873-877, 2008

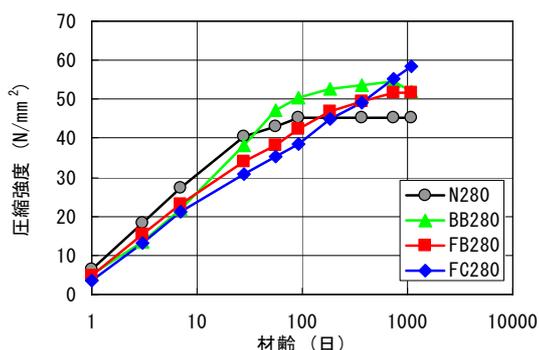


図-1 圧縮強度試験結果

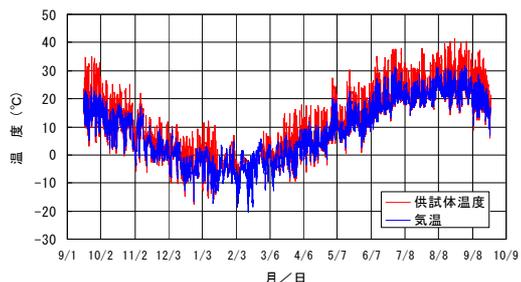


図-3 曝露供試体の温度変化の一例

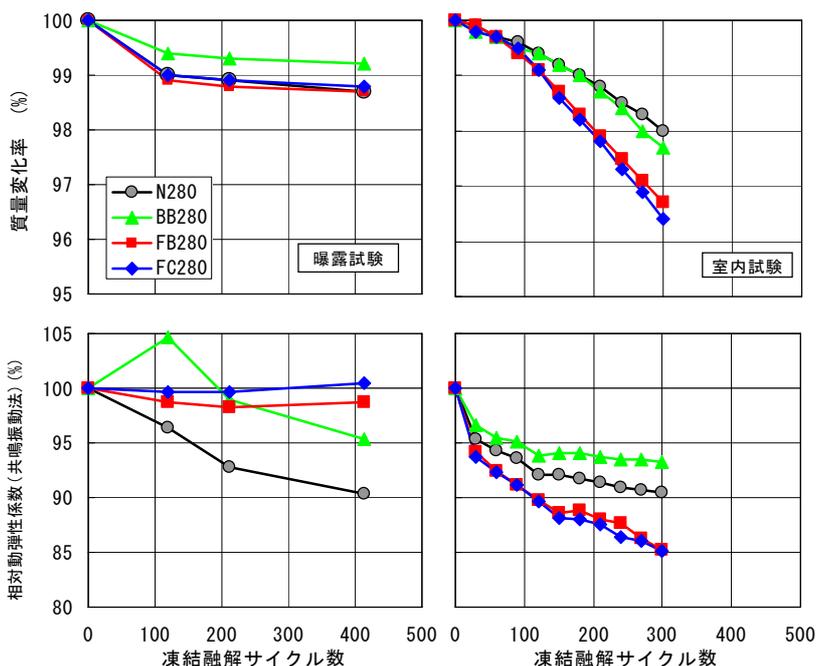


図-2 凍結融解試験・曝露試験結果