

## フライアッシュのプレキャストコンクリートへの適用性に関する研究

北海道電力(株) 正会員 ○遠藤 勉  
北電総合設計(株) 正会員 齋藤 敏樹

## 1. はじめに

当社石炭火力発電所で排出されるフライアッシュの多くはセメント製造用原料や土木材料などに有効利用されているが、いまだ全量の有効利用には至らず、残分は灰捨地に陸上埋立されている。

本研究は、フライアッシュのプレキャストコンクリート（以下、二次製品という）への適用に向けて、コンクリート二次製品の主要な養生方法である蒸気養生を行った場合の強度および耐久性について検討したものである。

## 2. 実験概要

## 2.1 使用材料, 配合および養生条件

使用材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。コンクリートの配合は、フライアッシュ置換方法を内割および外割の2水準、置換率を20および30%の2水準で行った。目標スランプおよび目標空気量は、 $8 \pm 1.5\text{cm}$  および  $4.5 \pm 0.5\%$  とした。蒸気養生条件は、供試体作製後、図-1 に示す養生サイクル

で養生を行った後、脱型し所定材齢まで気中養生(温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , 相対湿度  $60 \pm 5\%$ )した。ただし、凍結融解試験の供試体については、実験開始3日前より水中養生(温度  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ )した。

表-1 使用材料

種類	品質
セメント	早強セメント 密度: $3.14\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積: $4,430\text{cm}^2/\text{g}$
フライアッシュ	JISII種 強熱減量: 1.4%、密度: $2.17\text{g}/\text{cm}^3$ 、比表面積: $3,970\text{cm}^2/\text{g}$ フロー値比: 106%、MB吸着量: $0.52\text{mg}/\text{g}$ 、 $\text{SiO}_2$ : 72.0% 活性度指数(材齢28日): 83%、活性度指数(材齢91日): 96%
細骨材	勇払産陸砂 粗粒率: 2.73、密度: $2.68\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率: 1.74% 単質: $1.85\text{kg}/\text{L}$ 、実積率: 70.0%
粗骨材	手稲産 砕石2005 粗粒率: 6.87、密度: $2.67\text{g}/\text{cm}^3$ 、吸水率: 1.71% 単質: $1.61\text{kg}/\text{L}$ 、実積率: 61.4%
混和剤	AE減水剤 主成分: リグニンスルホン酸塩 AE剤 主成分: ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸ナトリウム
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

記号	フライアッシュ置換率		水結合材比 W/B※ (%)	水セメント比 W/C (%)	水粉体比 W/P (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )						フレッシュ性状			
	内割 F/(C+F) (%)	外割 F/C (%)					水 W	セメント C	フライアッシュ F	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤 (g/m <sup>3</sup> ) (%)	AE助剤 (g/m <sup>3</sup> ) (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
早強	—	—	60.0	60.0	60.0	43.0	150	250	—	836	1,104	1,000 (0.40)	6.3 (0.0025)	8.0	4.8	20.2
FA内20	20	—	56.8	71.0	56.8	43.0	142	200	50	837	1,105	1,000 (0.40)	16.3 (0.0065)	8.0	4.7	20.1
FA内30	30	—	55.6	79.4	55.6	43.0	139	175	75	836	1,104	1,000 (0.40)	20.0 (0.0080)	8.5	4.7	20.1
FA外20	—	20	58.8	58.8	49.0	43.0	147	250	50	813	1,073	1,000 (0.40)	15.0 (0.0060)	8.0	4.0	20.2
FA外30	—	30	60.0	60.0	46.2	43.0	150	250	75	796	1,051	1,000 (0.40)	20.0 (0.0080)	8.5	4.0	20.1

※フライアッシュ置換率が内割の場合:  $B = C + F$ 、外割の場合:  $B = C$  とした。

## 2.2 実験項目および実験方法

## (1) 圧縮強度試験

圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠し、供試体は  $\phi 10\text{cm} \times h20\text{cm}$  とし、試験材齢は材齢1日(蒸気養生), 7, 28, 91日(蒸気養生1日+気中養生)とした。

## (2) 凍結融解試験

凍結融解試験は JIS A 1148 に準拠し、凍結水は蒸留水とした。供試体は  $\square 10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 40\text{cm}$  とし、材齢28日(蒸気養生1日+気中養生24日+水中養生3日)から開始した。

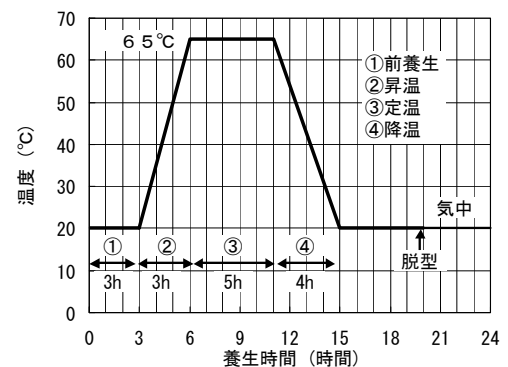


図-1 蒸気養生の温度サイクル

キーワード フライアッシュ, プレキャストコンクリート, 蒸気養生, 圧縮強度, 耐久性指数

連絡先 〒067-0033 江別市対雁 2-1 北海道電力(株)総合研究所 TEL 011-343-8007 FAX 011-385-7553

### 3. 実験結果

#### 3.1 強度試験

圧縮強度試験結果を表-3 および図-2 に、材齢 28 日を基準とした強度発現率を図-3 に示す。

圧縮強度は、普通コンクリートとフライアッシュコンクリートを比較すると、フライアッシュ内割のケースの場合、内割 20%では約 20%、内割 30%では約 30%低下する結果となった。フライアッシュ外割のケースの場合、材齢 28 日までは普通コンクリートと同程度か 5%程度圧縮強度は高くなり、材齢 91 日では 5~10%程度圧縮強度は高くなる結果であった。これは、フライアッシュ内割のケースの場合、水結合材比は普通コンクリートより 5%程度小さくなるものの、水セメント比では 10~20%程度大きくなるため圧縮強度が小さくなったものと推察される。

表-3 圧縮強度試験結果

記号	水結合材比 W/B (%)	水セメント比 W/C (%)	水粉体比 W/P (%)	圧縮強度試験							
				圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) (強度発現率 %)				供試体密度 (g/cm <sup>3</sup> )			
				材齢 (日)							
				1	7	28	91	1	7	28	91
早強	60.0	60.0	60.0	22.7 (64.1)	30.7 (86.7)	35.4 (100.0)	35.4 (100.0)	2.383	2.347	2.343	2.327
FA内20	56.8	71.0	56.8	17.3 (59.7)	25.0 (86.2)	29.0 (100.0)	29.2 (100.7)	2.362	2.330	2.327	2.318
FA内30	55.6	79.4	55.6	13.8 (56.3)	20.5 (83.7)	24.5 (100.0)	24.2 (98.8)	2.349	2.311	2.308	2.306
FA外20	58.8	58.8	49.0	24.9 (66.8)	33.0 (88.5)	37.3 (100.0)	38.6 (103.5)	2.367	2.349	2.338	2.321
FA外30	60.0	60.0	46.2	24.0 (65.9)	31.4 (86.3)	36.4 (100.0)	37.5 (103.0)	2.362	2.322	2.320	2.319

#### 3.2 凍結融解試験

凍結融解試験結果を図-4 および図-5 に示す。

凍結融解試験結果は、フライアッシュコンクリートのケースでは、耐久性指数 65~97%、質量変化率 2~7%となり、早強のケースとフライアッシュ内割のケースを比較すると、内割 20%のケースは早強のケースより若干低い耐久性指数を示した。また、早強のケースとフライアッシュ外割のケースを比較すると、外割のケースは、300 サイクル終了時には耐久性指数が 95~97%を示し、早強のケースより優れた耐凍害性を示した。

#### 4. まとめ

今回行った実験の範囲内において、以下の知見を得た。

- 1) 圧縮強度は、無置換の配合とフライアッシュ置換の配合を比較すると、フライアッシュにより内割置換した配合（単位結合材量一定）では低下し、フライアッシュにより外割置換した配合（単位セメント量一定）では高くなる傾向を示した。
- 2) 凍結融解抵抗性は、無置換の配合とフライアッシュ置換の配合を比較すると、フライアッシュにより内割置換した配合（単位結合材量一定）では低下し、フライアッシュにより外割置換した配合（単位セメント量一定）では向上する傾向を示した。

今後、耐塩害性、気泡間隔係数および細孔構造について検討を行う予定である。

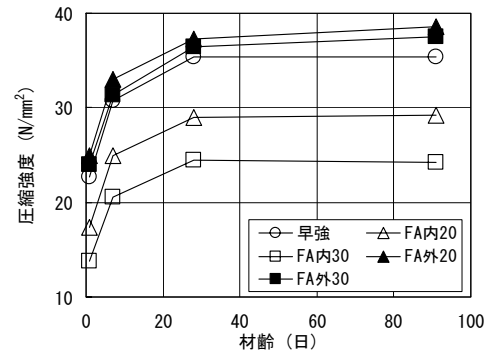


図-2 圧縮強度試験結果 1

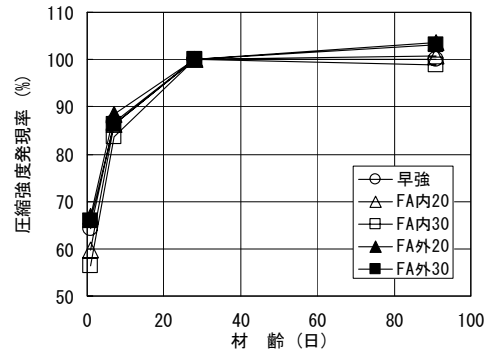


図-3 圧縮強度試験結果 2

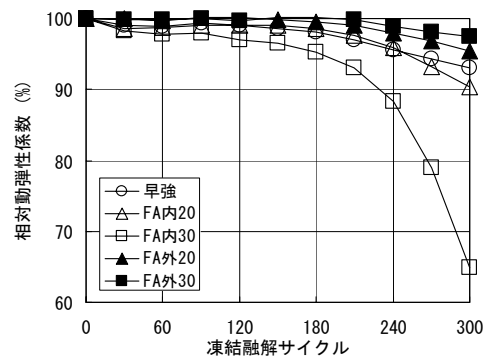


図-4 凍結融解試験結果 1

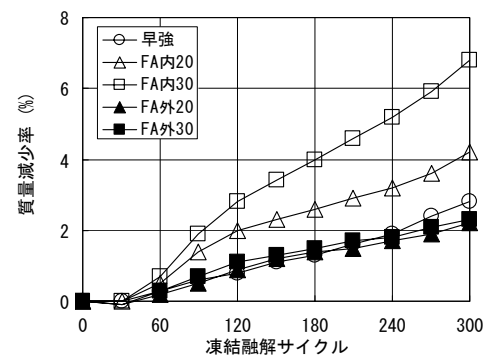


図-5 凍結融解試験結果 2