

フライアッシュ原粉を多量に用いたコンクリートのRC構造物への適用

東北電力（株） 正会員 ○内海 博
東北電力（株） 大村 佳之

1. はじめに

フライアッシュ（以下、FA という）のコンクリートへの利用は、JIS II 種灰のセメント内割配合が一般的である¹⁾。最近では、JIS II 種もしくはIV種灰の細骨材代替としての利用、いわゆる外割利用も提案されているが、強熱減量などの品質が均一なものを使用することとされている²⁾。

ここでは、FA の更なる有効活用を図るため、品質変動のある分級しない FA 原粉をセメントの内割および細骨材代替として機械基礎コンクリートに適用した。利用するにあたっては、FA の品質変動を考慮した配合設計と品質管理を行うとともに、強度、耐久性、施工性といったコンクリートに要求される性能照査を行い、所要の性能を満足したので報告する。

2. FA 原粉の品質と配合設計

表-1 S火力産フライアッシュ原粉品質試験結果概要値（H16.4～H16.10）

	二酸化 けい素	湿分	強熱減量	密度	粉末度		フロー値比	活性度指数	
					45 μ m ふるい残 分	比表面積		材齢28日	材齢91日
単位	%	%	%	g/cm ³	%	cm ² /g	%	%	
平均値	51.3	0.21	4.42	2.28	16.0	4198	98	77.4	89.7
最大値	55.4	0.28	5.31	2.32	23.9	4490	102	84.7	100.1
最小値	48.4	0.14	3.10	2.21	7.6	4060	93	71.9	82.0
JIS規格	I種	45.0以上	1.0以下	1.95以上	10以下	5000以上	105以上	90以上	100以上
	II種				40以下	2500以上	95以上	80以上	90以上
	III種						85以上		
	IV種				70以下	1500以上	75以上	60以上	70以上

表-1 に今回用いた S 火力産 FA 原粉の品質試験結果のうち概要値を示す。FA 原粉は、JIS 分類のIV種灰を中心にII、III種および一部、規格外品を使用した。規格外品は強熱減量がIII種規格値、その他の品質値はIV種規格値を満足するものであり、この規格外 FA を基本に配合設計を行った。

表-2 に FA 原粉コンクリートの配合設計結果を示す。これは、試験練りおよび試験施工を実施した結果に基づく配合である。FA 原粉の混和量は、容積比でセメントの内割 20%、細骨材代替 20%とし、全体で 182kg/m³となった。また、FA 原粉の品質変動に対する措置として、設計基準強度 21N/mm² に対して配合強度を 30N/mm² としている。同工場の設計基準強度 21N/mm² に対する普通コンクリートの配合強度は 26N/mm² であるが、今回、細骨材代替として使用したことにより強度増加が確認され、結合材量を増加させることなく配合強度を増やすことができた。

表-2 FA原粉を用いたコンクリートの配合表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水結合材 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
					水 W	結合材 C		細骨材 S		粗骨材 G	AE減水剤
						c	FA	s	FA		
25	12	4.5	55.0	38.5	155	226	56	560	126	1,154	0.881

3. コンクリートの品質管理

今回の対象構造物は、火力発電所用変圧器基礎、熱交換機基礎等の機械基礎であり、コンクリート量は全体で約 700m³、工事期間は約 6 ヶ月間である。

FA の品質管理は月 1 回の JIS 品質項目の検査に加え、運搬車 1 台毎(15t 程度)に強熱減量を検査し、配合設計時の範囲内に収まっていることを確認した。また、荷卸時のスランプ(±2.5cm)、空気量(±1.5%)については、30m³ 毎に性状確認を実施したが、AE 減水剤の混入量を調整することなく所定の範囲内に収まった。さらに、圧縮強度については、配合強度を高めに設定していることもあり、後述のとおり要求性能を満足した。

キーワード フライアッシュ原粉、細骨材代替、性能照査、品質管理、副産物利用

連絡先 〒957-0101 新潟県北蒲原郡聖籠町東港 1-1-155 東北電力（株）東新潟火力発電所建設所 TEL025-256-3120

4. コンクリートの性能照査

(1) 強度の照査

圧縮強度試験結果を踏まえ、コンクリート標準示方書の照査式に基づき照査すると右記のとおりとなり、強度の性能を満足する。また、初期強度の発現も問題なかった。ここで、変動係数は同工場における普通コンクリートの実績より高めであり、FA 原粉の品質変動の影響とも考えられる。一方、照査結果には余裕があるため、配合強度を下げるのが可能であるものと考えられる。

(2) 中性化速度係数の照査

コンクリート標準示方書の照査式に基づき照査すると右記のとおりとなり、中性化速度の性能を満足する。

FA コンクリートの中性化抵抗性は、ポゾラン反応による自己中性化により低下すると言われている³⁾。一方、組織が密実になるため抵抗性が高まるという報告もある。そこで、コンクリート打設後 6 ヶ月の構造物において、中性化深さを実測し中性化速度係数を求めた。中性化速度係数の実測値は 0.8mm/√(年)であり、コンクリート標準示方書に基づく予測値 2.6mm/√(年)を下回った。また、同様に実測した普通コンクリートの中性化速度係数 2.0mm/√(年)に対しても優位な性能を示した。このことは、前述のとおり FA を多量に用いたことが組織を密実にさせ、中性化抵抗性を高めた結果と考えられる。

(3) 凍結融解作用に関する照査

今回対象とする地点付近において、凍害は確認されていないため、凍結融解試験を実施し、普通コンクリートと比較することで照査するものとする。図-1 に凍結融解試験(JIS A 1148)の実施結果を示す。250 サイクル以上では今回の FA 原粉コンクリートが普通コンクリートを上回っているなど、凍結融解について、普通コンクリートと同等以上の性能を満足することが確認された。

(4) 施工性能の照査

FA を多量に用いたコンクリートは、既往の研究と同様²⁾に、粉体量の増加により、コンクリートの粘性増加や、ブリーディング水の減少が確認されたが、ポンプ圧送性、表面の仕上げ性に影響を及ぼすことはなく、ワーカビリティは良好であった。

4.(1)強度の照査

$$\gamma_p \frac{f'_{ck}}{f'_{cp}} = 1.22 \cdot \frac{21}{30} = 0.854 \leq 1.0$$

f'_{ck} : 設計基準強度 (N/mm²)

f'_{cp} : 圧縮強度の予測値 (N/mm²)

γ_p : f'_{cp} の精度に関する安全係数

$$\gamma_p = \frac{1}{1 - \frac{1.645V}{100}}$$

V : 圧縮強度の変動係数

(72 の実測データより, V=10.8%)

4.(2)中性化速度係数の照査

$$\gamma_p \frac{\alpha_p}{\alpha_k} = 1.1 \cdot \frac{2.6}{10.3} = 0.278 \leq 1.0$$

α_p : 中性化速度係数の予測値

(今回の配合の場合, 2.6 mm/√(年))

α_k : 中性化速度係数の特性値

(かぶり 75mm, 耐用年数 30 年とすると, 10.3 mm/√(年))

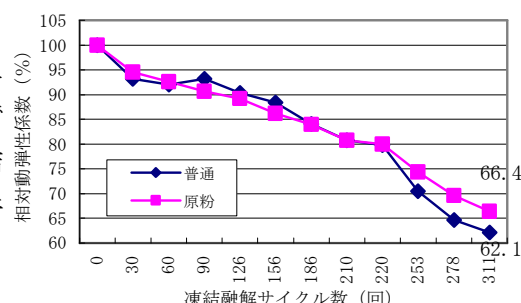


図-1 凍結融解試験結果

5. おわりに

FA の品質に変動のある原粉をセメントおよび細骨材にそれぞれ2割代替したコンクリートを実構造物に適用した。配合強度の割増しや施工時の綿密な品質管理により、強度、耐久性、施工性は普通コンクリートと同等以上の性能が確認できた。これにより、従来、セメント原料等に産業廃棄物として処理されていた安価な FA 原粉を有効利用することが可能になり、産業廃棄物の削減ならびにコンクリート工事費を低減することができた。

【参考文献】

- 1)フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案), 土木学会, 1999.
- 2)フライアッシュを細骨材補充混和材として用いたコンクリートの施工指針(案), 土木学会四国支部, 2003.
- 3)黄他:フライアッシュを外割混合使用したコンクリートの中性化特性,コンクリート工学年次論文報告集,1998.