

フライアッシュの分級とコンクリートへの適用効果について

四国電力株式会社 正会員 ○石井光裕
 四国電力株式会社 正会員 重松俊一
 四国電力株式会社 正会員 藤枝正夫

1. はじめに

フライアッシュは、かつては良質の混和材としてダムをはじめマスコンクリートに多用されていた。一時的に石油価格の低下に伴って、発生量・使用量とも激減したが、いわゆるオイルショックを契機としたエネルギー源の多様化政策により石炭火力が見直され、発生量は飛躍的に増大してきている。しかし、近年のフライアッシュは、環境規制や使用炭の多様化等のため従前のものに比べて品質低下が指摘されている。

そこで、この点を克服することは勿論、コンクリートの品質を積極的に改良するため、フライアッシュの有する大きな利点である粒度特性(ミクロンオーダーの粒径のものが多く含まれていること)および形状特性(ほとんどのものが球形を呈していること)に着目し、これらの特性を損なわずに微粒分を取り出すこととした。この微粒分は気流分級法により効率的に得られることが判明した。

本文は、分級の原理、フライアッシュの分級性を述べると共に、分級により得た“分級フライアッシュ”を混合したコンクリートの品質試験結果の1部について述べたものである。

2. 分級の原理

分級方式には大別して、乾式、湿式があるが、ハンドリング、関連設備などが軽易なため乾式とした。更に、乾式には重力法、慣性法、自由渦遠心法、強制渦遠心法があるが、現在主流となっている強制渦遠心法による分級を行うこととした。

この方法の原理は図-1に示すように、粒子に働く遠心力と空気流による抗力との釣合により説明され、粒子が球形であるとすれば、結果的に①式が成り立つ。

$$D_p = 18 \mu V / (\rho \cdot r \cdot \omega^2) \quad \text{……… ①}$$

ここに、 D_p ：粒子の直径、ここでは理論分級径(μ) μ ；空気の粘性係数 ($\text{g}/\text{cm}\cdot\text{sec}$)

V ；空気の流速 (cm/sec) ρ ；粒子の密度 (g/cm^3) r ；分級場の半径(cm)

ω ；分級ローターの回転角速度 (rad/sec)

①式で表される原理を用いて、フライアッシュをミクロンオーダーで効率的に分級することができる。

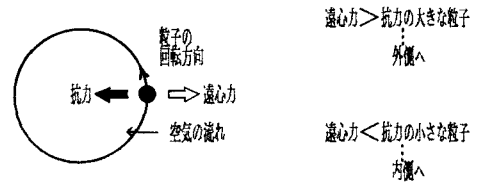


図-1 強制渦遠心分級方法の原理

3. フライアッシュの分級性

ここでは、選定した分級装置の運転条件(前項①式の V 、 ω に相当)を変え、目標最大粒径を2, 3設定して得た分級フライアッシュの製品収率等を述べる。

図-2に原料として発電所電気集塵器の後方部より採取したフライアッシュを用い、目標最大粒径を20 μm 、10 μm 、5 μm で分級した時の結果を示す。製品収率は、それぞれ大凡70%, 35%, 10%である。また捕集率(原料中の微分量に対する回収率)は同じく、90%, 60%, 50%程度であり、比較的高いものと思われる。

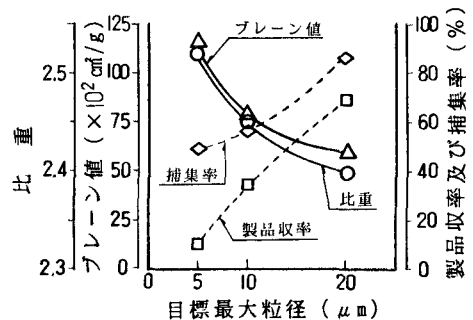


図-2 フライアッシュの分級性

4. 分級フライアッシュ混合コンクリートの品質試験

4.1 試験概要

表-1、表-2、図-3、表-3及び表-4にそれぞれ使用材料
フライアッシュの化学成分、同じく粒度分布、試験項目
と方法及びコンクリートの配合条件を示す。

表-1 使用材料一覧

名 称	主 な 物 性 値	備 考
ア 原粉	比重 2.28, 比表面積 3,550cm ² /g, 平均粒径 17.6μm	市販品, E P (1+2+3) 灰
ア FA20	比重 2.31, 比表面積 5,500cm ² /g, 平均粒径 7.5μm	E P (2+3) 灰
イ FA10	比重 2.46, 比表面積 8,450cm ² /g, 平均粒径 3.3μm	目標分級点10μmとして分級
エ FA5	比重 2.51, 比表面積 12,400cm ² /g, 平均粒径 2.2μm	目標分級点5μmとして分級
セメント	OPC, 比重 3.16, 比表面積 3,150cm ² /g	
細骨材	表乾比重 2.58, 吸水率 1.31%, 粗粒率 2.46	砕 砂
粗骨材	表乾比重 2.60, 吸水率 1.24%, 粗粒率 6.54	砕 石
高圧縮力用	主成分, 高純合芳香族スルホン酸塩, 液体	

表-2 フライアッシュの化学成分 (単位 %)

	g. loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
原粉	2.78	54.6	28.3	6.55	3.97	1.36	1.08	0.92	0.59
FA20	4.37	52.5	30.5	5.77	2.75	1.05	1.07	0.89	0.71
FA10	4.51	53.4	31.6	4.08	2.21	1.01	1.13	0.95	0.84
FA5	5.54	53.8	29.5	4.52	2.03	0.93	0.99	0.81	1.24

表-4 コンクリートの配合条件

水結合材比	細骨材率	単 位 量 (kg/m ³)
W/(C+F)(%)	s/a (%)	結合材* 水
5 5	4 5	3 4 0 1 8 7

*) 結合材=セメント(C)+フライアッシュ(F)

4.2 試験結果

紙面の関係上、ここでは代表的なものとして、スランプ、
圧縮強度、水密性のみについてそれぞれ図-4、図-5、図-6に
示す。これらより次の事項が明かである。

- (1) 分級フライアッシュの混合により単位水量が低減される。その結果は、中～硬練りの場合については分級フライアッシュの中でも比較的粗粒のFA20が大きい。
- (2) 圧縮強度は材令28日までは分級フライアッシュ間に顕著ではないが粒度の細かいほど高い傾向にある。しかも、混合率15%ではセメント単味の場合とほぼ同等以上となる。長期材令では粒度による違いがより顕著となり、混合率30%でもセメント単味と同等あるいはそれ以上となる。
- (3) 水密性については、材令28日では混合率15%の時、粒度が細かいほど高く、セメント単味の場合に比べてもより密実である。混合率30%ではセメント単味に比べて水密性に劣る。しかし、長期材令では混合率が高いほど水密性の向上割合が顕著である。

5. まとめ

本研究の範囲で、分級フライアッシュはコンクリートに混合した場合、強度のみならず他の品質についても顕著に向上することが認められた。今後さらに理論的な根拠などを含めて広く検討する予定である。

末尾ながら、本実験に協力頂いた(株)四電技術コンサルト瀬戸幸彦氏に
深甚の謝意を表する次第である。〈参考文献〉粉体と工業 vol16.No4 p26-29

表-3 試験項目と方法

試験項目	試 験 方 法
スランプ	コンクリートのスランプ試験方法 JIS A 1101
空気量	真空法によるコンクリートの空気量の圧力による試験方法 JIS A 1128
フリージング	コンクリートのフリージング試験方法 JIS A 1123
凝結時間	真空法によるコンクリートの凝結時間試験方法 ASTM C 403
熱膨張率	簡易断熱温度上昇試験
圧縮強度	コンクリートの圧縮強度試験方法 JIS A 1108
曲げ強度	コンクリートの曲げ強度試験方法 JIS A 1106
すべり抵抗	簡易すべり試験
密 実 度	インプット法によるコンクリートの透水試験
乾燥収縮	コンクリートの長さ変化試験方法 JIS A 1129

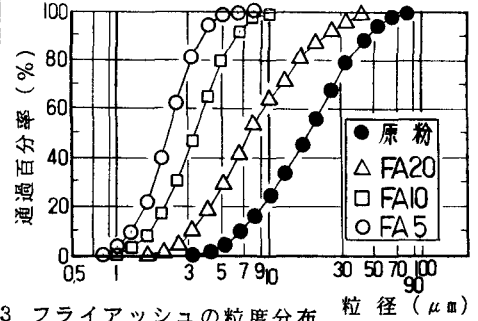


図-3 フライアッシュの粒度分布

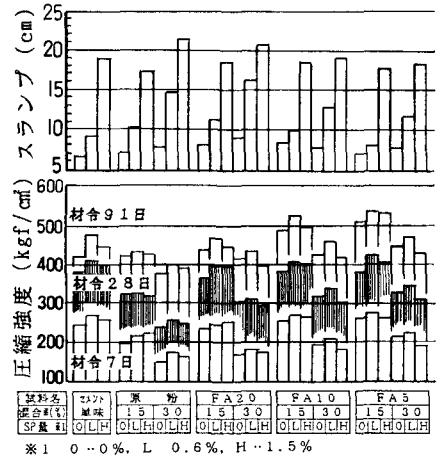


図-4,5 スランプ、圧縮強度試験結果

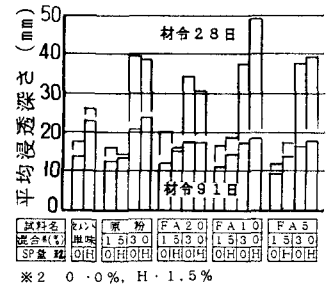


図-6 透水試験結果