

東京工業大学 正会員 大 賀 宏 行
東京工業大学 正会員 長 瀧 重 義

1. まえがき

石炭使用量の増大によりフライアッシュの副生量が増大しつつあるが、近年の環境保全による炉内温度の低下および海外炭の使用等により、フライアッシュの品質も従来のものに比して低下してきており、そのためこの種のフライアッシュを混和したコンクリートの諸性質について再度検討する必要がある。本報告は、低品質フライアッシュを有効に利用する目的で、各種フライアッシュの諸特性について検討を加え、フライアッシュを多量に混和したコンクリートの強度特性および耐凍結融解性について検討を加えたものである。

2. 実験概要

用いたフライアッシュは、発電所、石炭の産地、フライアッシュの採取時期を変化させ、強熱減量の値を基準にしてサンプリングした試験用サンプルであり、その物理化学的性質を表1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。配合は、単位結合材量を $450\text{kg}/\text{m}^3$ 、高性能減水剤の添加量を結合材の 0.5% (固形分換算) 一定とし、スランプが $8 \pm 1\text{cm}$ 、空気量が $2 \pm 0.5\%$ 、 $4 \pm 0.5\%$ となるように単位水量およびAE剤量を決定した。養生条件は水中養生 ($20^\circ\text{C}-28\text{日}$) およびオートクレーブ養生 ($180^\circ\text{C}-5\text{h}$: 蒸気養生 ($65^\circ\text{C}-3\text{h}$) 後) とした。凍結融解試験はASTM C 666 A法に準拠した。

3. 結果および考察

フライアッシュはJIS A 6201で物理化学的性質が規格化されているが、本研究で用いたフライアッシュは表1に示すように、種類により SiO_2 量、強熱減量等が大きく異なっており、JISに適合しないものも含まれている。フライアッシュの粒子形状を電子顕微鏡で観察したところ、球形でない粒子が多数含まれているフライアッシュもあり、単位水量比も球形粒子の多いAフライアッシュを除いてすべて 100%以上となっている。しかし、圧縮強度比に関しては規格を満足している。

図1はフライアッシュの強熱減量と所定の空気量を連行するのに必要なAE剤量との関係を示す。空気量2%の場合、強熱減量の増加と共にAE剤量は増大するが、空気量4%の場合には強熱減量の大きなフライアッシュは異なった傾向を示した。また、目標空気量2%でフライアッシュの置換率を増大させた場合も、強熱減量が増大することと同様の傾向を示し、フライアッシュの置換率の増加とともにAE剤量は増大した。

図2は代表的な2種のフライアッシュの置換率と単位水量の関係を示すが、球形粒子を多く含むAフライアッシュは、従来のフライアッシュと同様に減水効果を示し、置換率の増大と共に単位水量は減少するが、球形でない粒子を多数含むDフライアッシュは置換率の増加と共に単位水量は増大した。また、他の4種のフライアッシュもDフライアッシュと同様な傾向を示し、減水効果は示さなかった。

一方、既往の研究^{1) 2)}と同様に、フライアッシュを混和したコンクリートの圧縮強度はオートクレーブ養生を行うことにより置換率が40%において極大値を示すことが本研究においても認められたので、以下フライアッシュの置換率が40%のコンクリートを用いて実験を行った。図3にフライアッシュの種類と圧縮強度の関係を示した。水中養生直後の圧

表1 フライアッシュの物理化学的性質

Fly Ash	比 重	比表面積 (cm^2/g)	単位 水量比 (%)	湿分 (%)	強熱 減量 (%)	SiO_2 (%)	圧縮強度比(%)	
							28 日	91 日
A	2.17	2900	98	0.1	1.5	51.6	77.2	88.0
B	2.07	3890	102	0.1	2.5	68.7	69.1	76.9
C	2.05	3160	100	0.1	3.4	64.9	68.2	75.8
D	2.18	4510	102	0	6.6	41.4	65.7	71.7
E	2.09	4160	102	0	7.2	74.4	72.4	75.8
F	2.10	3000	100	0.1	8.2	54.2	73.3	76.2
JIS	≥ 1.95	≥ 2400	≤ 102	≤ 1	≤ 5	≥ 45.0	≥ 60	≥ 70

縮強度は水結合材比に大きく影響を受けるが、オートクレーブ養生の場合には水熱反応が起こるため、圧縮強度は水結合材比だけでなく SiO_2 量等の化学的性質にも影響を受けるものと考えられる。そこで、圧縮強度の増大を目的として、分級することによって品質を改善したフライアッシュを使用したコンクリートおよび高性能減水剤の多量添加によって水結合材比を低減させたコンクリートの圧縮強度について検討を加えた。ふるいにより $25\mu\text{m}$ 以下に分級したフライアッシュは、粒子形状の改善による水結合材比の低減および化学組成の改善によりオートクレーブ養生したコンクリートの圧縮強度は未分級のものに比べAフライアッシュで7.5%、Eフライアッシュで13.3%増加した。高性能減水剤を多量に添加したものはAフライアッシュで18.2%圧縮強度が増大した。

図4はオートクレーブ養生したコンクリートの300サイクルにおける耐久性指数を示す。空気量が2%の場合、Fフライアッシュ以外は耐久性指数が20%を下回っているが、空気量を4%連行することにより耐久性は著しく向上することが認められた。空気量2%の場合、Fフライアッシュを混和したコンクリートは、圧縮強度が小さいにも係わらず他のフライアッシュに比べ耐久性指数が大きいことから、圧縮強度、空気量以外に気泡組織についても検討を加える必要がある。図5は、空気量を2%および4%連行したコンクリートの気泡間隔係数を示す。フライアッシュの種類により値は異なるが、気泡間隔係数は空気量の増加と共に減少するだけでなく、フライアッシュを混和することにより減少することが明らかとなり、そのためFフライアッシュを混和したコンクリートの耐凍結融解性が向上したものと思われる。

4. まとめ

最近のフライアッシュはその品質に大きな差が生じる可能性があり、特に強熱減量の大きいフライアッシュを用いる場合、空気連行性に関し注意が必要である。さらに、コンクリートの圧縮強度はフライアッシュの種類により大きく異なるが、フライアッシュを分級することにより圧縮強度の改善は可能である。また、フライアッシュを混和することにより、コンクリートの気泡間隔係数は無混和に比べて減少することが明らかになったが、この機構については今後継続して検討を加えたい。

本研究に対し、昭和58年度吉田研究奨励金が授与されたことを記し、ここに深く感謝致します。

◎参考文献

- 1) 長滝、坂井、大賀、セメント技術年報、36、(1982)
- 2) 長滝、大賀、三宅、セメント技術年報、37、(1983)

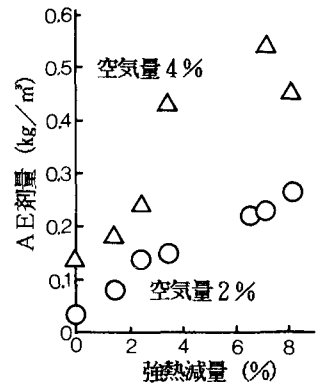


図1 強熱減量とAE剂量

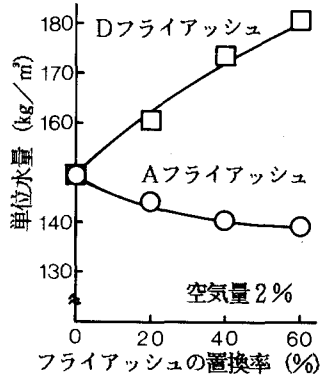


図2 置換率と単位水量

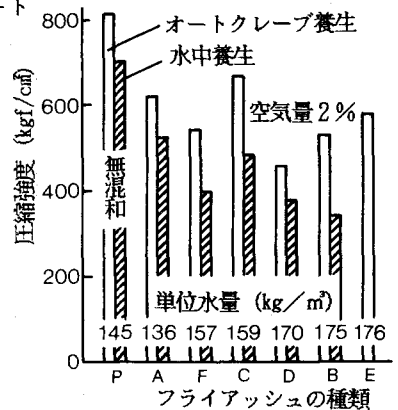


図3 圧縮強度

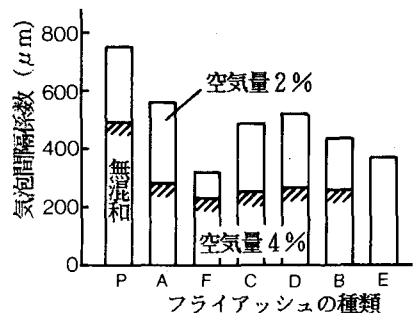


図5 気泡間隔係数

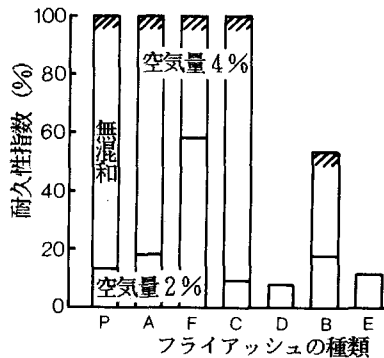


図4 耐久性指数