

V-133

コンクリートへのフライアッシュの適用限界に関する研究

名古屋工業大学 学生員 町 勉
 名古屋工業大学 正会員 上原 匠
 名古屋工業大学 正会員 梅原 秀哲

1. まえがき

近年、石炭火力発電所の増加に伴い、産業副産物であるフライアッシュも増加の一途をたどり、その有効利用が重要な課題となってきた^[1]。ところで、フライアッシュを結合材として用いた場合初期強度が低下することから、セメントに対する置換率は一般的に30%以下としている。また、最近ではフライアッシュを混和材として細骨材の一部と置換することで多量にフライアッシュを使用することが試みられているが、この場合もフライアッシュの増加に伴う空気連行性の低下等の問題が指摘されている^[2]。

そこで本研究では、フライアッシュのより多量の有効利用を目的として、結合材としての使用に加え、混和材として細骨材の一部とも置換したコンクリートに対しての物性試験を行い、フライアッシュの品種、および細骨材との置換方法の違いによる適用限界を検討した。

2. 使用材料

セメントは、3種類の普通ポルトランドセメント（比重3.15）を混合して用いた。細骨材は山砂（F.M.=2.73、表乾比重=2.55）を、粗骨材は碎石（G_{max}=20mm、表乾比重=2.64）を用いた。混和剤には、減水剤およびAE剤を用いた。フライアッシュは、品質が異なるFA1、FA2の2種類を用いた。表-1に各フライアッシュの品質を示す。表より、比表面積はFA1、FA2ともに3500cm²/g程度であり、セメントとほぼ同程度の比表面積であることが分かる。また、品質の違いは主として未燃焼炭素の含有率の指標となる強熱減量であり、FA1の方が2.5倍程度大きいことが分かる。

3. 試験概要および示方配合

フライアッシュを細骨材の一部と置換した場合、コンクリート中の総粉体量が増加し、空気連行性の低下の要因の一つとなることが考えられる。本研究では総粉体量の増加によるデメリットを低減するためには、細骨材中の微粒分量の低減が有効であると考え、2通りの置換方法を採用した。それらは、フライアッシュを無作為に砂の一部と置換する方法（以下、Sシリーズと呼ぶ）と、砂の微粒分と置換する方法（以下、PSシリーズと呼ぶ）である。これらの方法について、スランブ試験、空気量試験、および圧縮強度試験を行った。

示方配合表を表-2に示す。フライアッシュを用いたコンクリートの配合は、AEコンクリートの配合をもとに、フライアッシュをセメントに対してのみ置換（質量比で30%）したコンクリート（以下、Cシリーズと呼ぶ）を基本配合とした。置換率は、セメントに対する置換に加え、砂に対して容積比で5%、15%、25%とした。目標スランブおよび空気量はそれぞれ12cm、4.5%とした。コンクリートの物性に与える影響を置換率を考慮しながら検討するため、単位水量および細骨材率（砂と置換したフライアッシュは細骨材に含む）は一定とし、スランブおよび空気量の補正は混和剤の添加率の調整のみで行った。ただし、混和剤の過剰添加は凝結遅延を伴うため、減水剤の添加率は0.6%を上限とした。PSシリーズについては、0.3mmのふるいを通過する分を砂の微粒分とし、ふるい目の細かなものから順に置換した。また、各置換率におけるSシリーズおよびPSシリーズ

表-1 フライアッシュの品質

項目 品種	強熱減量 (%)	SiO ₂ (%)	比重	比表面積 (cm ² /g)
FA1	2.8	58.5	2.25	3800
FA2	1.1	61.5	2.23	3210

表-2 示方配合表

シリーズ	水結合 材比 (%)	s/a (%)	W (kg/m ³)	C (kg/m ³)	FA (kg/m ³)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)	減水剤 (%)	AE剤 (%)
AE		45	175	292	0	788	998	0.4	0.005
C-FA1-30					88	742		0.3	0.030
S-FA1-05					122	704		0.3	0.025
S-FA1-15					187	630		0.6	0.030
S-FA1-25					252	556		0.6	0.030
C-FA2-30	60	43	175	204	88	740	1016	0.2	0.015
S-FA2-05					121	701		0.2	0.015
S-FA2-15					184	627		0.2	0.015
S-FA2-25					247	553		0.4	0.015

※PSシリーズの配合はSシリーズと同じである

の混和剤の添加率は一定とした。

4. 試験結果および考察

図-1にスランブ試験結果を示す。図に示すように、FA1、FA2はともに置換率の増加に伴い流動性が低下した。この傾向は未燃焼炭素の含有率が多いFA1の方が顕著に現れた。未燃焼炭素の粒形は不定形であるため、流動性の低下に寄与したと思われる。PSシリーズは、Sシリーズに比べ流動性が高くなった。砂の微粒分との置換は細骨材中の微粒分量を低減するため、細骨材の総表面積が減る。その結果、骨材の表面に付着する水が減る分自由水が増加し、流動性を増したと思われる。

図-2に空気量試験結果を示す。図および表-2に示すように、置換率の増加に伴って空気連行性が低下し、目標を得るための混和剤の添加率は増加した。これは、未燃焼炭素がAE剤を吸着したことと総粉体量が増加したことが原因であると思われる。なお、この傾向はFA1の方が顕著であった。これは、FA1の方が未燃焼炭素の含有率が大きいと思われる。また図より、PSシリーズは、Sシリーズに比べて空気連行性が良いことが分かった。PSシリーズは、細骨材中の微粒分量の低減により粗い砂が多く、粗い砂の粒子は空隙を形成しやすいことから、空気量の低下が緩和されたものと思われる。

図-3、図-4に圧縮強度試験結果を示す。Sシリーズについては、FA1、FA2ともに初期強度を含め各材齢においてCシリーズを上回り、また置換率の増加に伴って増進する傾向となった。置換率15%、25%では、91日強度でAEと同等以上となった。ただし、FA1は、砂に対する置換率が15%、25%の場合、材齢3日強度が低くなった。これは混和剤の多量添加による凝結遅延の影響と思われる。PSシリーズは、Sシリーズに比べ強度が低い傾向となった。しかし、これは空気量の増加が原因であり、微粒分量の低減は直接強度に影響しないものと思われる。

5. 結論

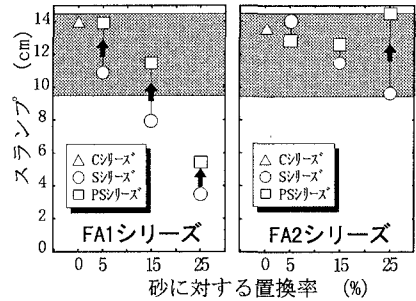
- (1) フライアッシュは、未燃焼炭素の含有率が高い品種ほど、流動性や空気連行性の低下が顕著であることが明らかとなった。
- (2) 砂の微粒分との置換による細骨材中の微粒分量の低減は、圧縮強度に直接的な影響を及ぼすことなく、コンクリートの流動性および空気連行性を向上させることが明らかとなった。

従って、砂の微粒分との置換によりフライアッシュをより多量に適用することが可能であると言えよう。

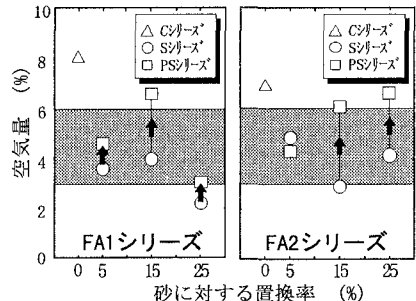
<参考文献>

[1]笠井・小林：改訂版セメント・コンクリート用混和材，技術書院

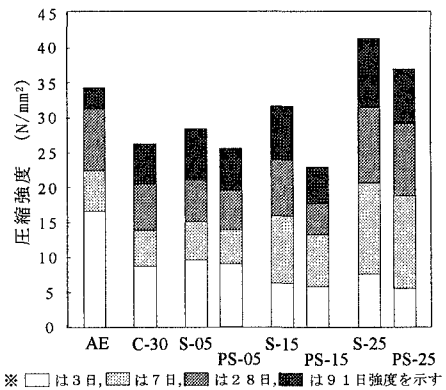
[2]谷川・曾根・加藤・佐藤：石炭灰を多量に混用したコンクリートの諸特性に関する検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.1，1995



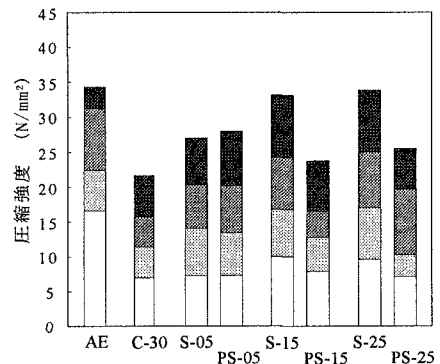
※図中のメッシュは目標スランブの許容範囲を示す
図-1 スランブの比較



※図中のメッシュは目標空気量の許容範囲を示す
図-2 空気量の比較



※ □ は3日，▨ は7日，▤ は28日，■ は91日強度を示す
図-3 圧縮強度の比較（FA1シリーズ）



※ □ は3日，▨ は7日，▤ は28日，■ は91日強度を示す
図-4 圧縮強度の比較（FA2シリーズ）