

低品質なフライアッシュのコンクリートへ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 梅原 秀哲
名古屋工業大学 正会員 吉田 彌智

1. はじめに

近年、フライアッシュの量が年々増加し、その有効利用が求められているが、我が国では海外炭の使用が中心であるため、フライアッシュの品質は低下している。そこで本研究では、フライアッシュ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することで低品質なフライアッシュを多量に混入したコンクリートについて物性試験を行い、細骨材との置換方法の違いや混和剤の種類によるフライアッシュの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.=2.76、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AE減水剤または高性能AE減水剤（ポリカルボン酸塩系）を用い、それぞれAE助剤を併用した。フライアッシュは品質の異なる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、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、FA2はダム規格外品で低品質であることが分かる。

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	1.1	61.5	2.23	3210
FA2	3.8	51.4	2.16	3750
JIS規格	5以下	45以上	1.95以上	2400以上
ダム規格	3.5以下	47以上	2.08以上	3000以上

表-2 示方配合表

シリーズ	混和剤 の種類	本配合 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	AE 減水剤	60	45	165	275	0	806	1022	0.20	0.003
C-FA1-30			43	165	192	83	760	1038	0.12	0.009
C-FA2-30				165	192	83	757	1040	0.20	0.016
S-FA2-05				165	192	115	719	1040	0.20	0.016
PS-FA2-05				165	192	115	719	1040	0.20	0.016
S-FA2-15				165	192	180	643	1040	0.40	0.016
PS-FA2-15				165	192	180	643	1040	0.40	0.016
S-FA2-25				165	192	243	569	1040	0.40	0.020
PS-FA2-25				165	192	243	569	1040	0.40	0.020
H-S-FA1-15	高性能 AE 減水剤	60	43	165	192	181	643	1040	0.50	0.008
H-PS-FA1-15				165	192	181	643	1040	0.50	0.008
H-S-FA1-45				165	192	375	416	1040	0.65	0.007
H-PS-FA1-45				165	192	375	416	1040	0.65	0.007

※AE減水剤を使用したシリーズはその添加率を、高性能AE減水剤を使用したシリーズはその添加率を示す。

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、置換率の増加に伴いフレッシュ性状の低下を招く。しかし、フライアッシュを砂の微粒分と置換することで細骨材中の微粒分量を低減するとフレッシュ性状が改善でき、より多量の混入が可能となる。^[1] そこで本研究では、低品質なフライ

アッシュの混入に際して置換方法の有効性を明らかにするため、フライアッシュを無作為に砂の一部と置換する方法（Sシリーズ）と砂の微粒分と置換する方法（PSシリーズ）の2通りの置換方法について、スランブ試験、空気量試験、圧縮強度試験を行った。また、混和剤としてAE減水剤と最近使用が高まりつつある高性能AE減水剤の2種類について同様に検討した。

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シリーズと称す）を基本配合とした。AE減水剤を用いた場合の砂に対する置換率（以下、対砂置換率と称す）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。高性能AE減水剤を用いた場合の対砂置換率は、AE減水剤を使用した場合に限界が見られた15%とそれをはるかに上回る45%を設定した。目標スランブおよび空気量は、一般的な土木用コンクリートを対象としてそれぞれ12cm、4.5%とした。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、AE減水剤の添加率は0.4%（標準使用量の上限）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にスランプ試験結果を、図-2に空気量試験結果を示す。図より、AE減水剤を用いた場合は、どの置換率においても流動性・空気連行性ともにPSシリーズがSシリーズを上回った。特に流動性の向上が顕著に現れ、砂に対する置換率が15%のときにはSシリーズが流動性の面で適用の限界を超えたのに対し、PSシリーズは土木用コンクリートとしては打設可能なワーカビリティを有した。このことから、AE減水剤を用いた場合、砂の微粒分と置換し細骨材中の微粒分量を低減すれば、低品質なフライアッシュをセメントと同等程度多量に混入できるといえる。

高性能AE減水剤を用いた場合は、対砂置換率15%のときは流動性・空気連行性ともに向上したが、対砂置換率45%を見ても明らかにSシリーズでも混和剤の添加率の調整によって目標のスランプ・空気量が得られた。ただし、45%置換のコンクリートは著しく粘性が高く一般的な土木用コンクリートとしては打設困難なコンクリートとなった。これは、コンクリート中の粉体量が大幅に増加したため、粉体粒子の凝集により著しく粘性が高くなったと思われる。このことから、高性能AE減水剤を用いた場合は混和剤の添加率の調整により目標のスランプ・空気量を有したコンクリートが得られるが、置換率の大幅な増加はコンクリートの粘性を著しく高めることが明らかとなった。

図-3に圧縮強度試験結果を示す。AE減水剤、高性能AE減水剤を用いた場合ともに、すべて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。また、PSシリーズは、Sシリーズとほぼ同等の強度が得られた。このことから、低品質なフライアッシュを多量に混入しても、AE減水剤、高性能AE減水剤のどちらを使用しても良好な強度が得られるといえる。

5. 結論

- (1) AE減水剤を用いた場合は砂の微粒分と置換することで低品質なフライアッシュを多量に混入でき、一般的な土木用コンクリートとしての適用が可能となることが明らかとなった。
- (2) 高性能AE減水剤を用いた場合は混和剤の添加率の調整によりフライアッシュを多量に混入できるが、大幅に置換率を増加させた場合は粘性が著しく高くなることが明らかとなった。

【参考文献】

[1] 町・上原・梅原：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、土木学会第51回年次学術講演会、V-133、平成8年9月

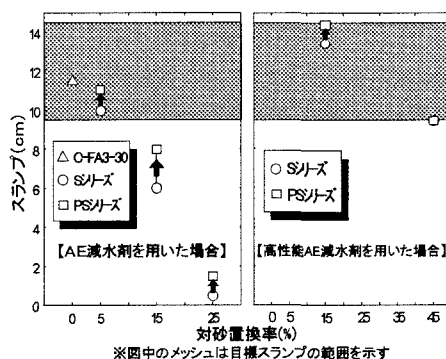


図-1 スランプの比較

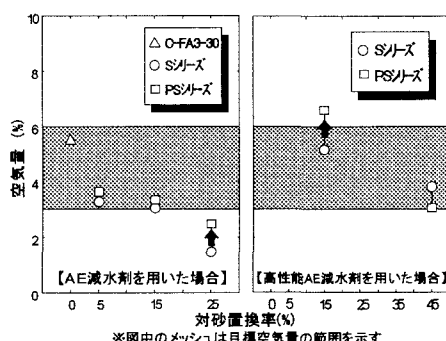


図-2 空気量の比較

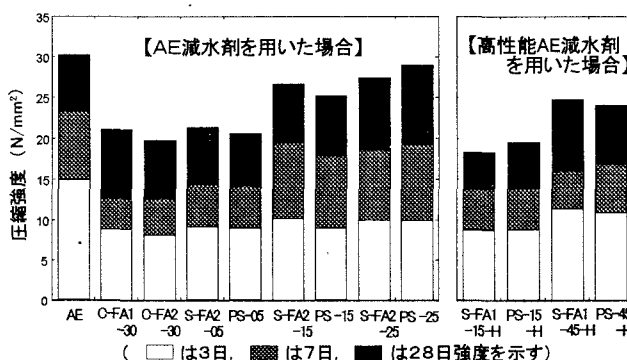


図-3 圧縮強度の比較