

石炭灰を多量に用いた高流動コンクリートに関する検討

徳島大学大学院 学生員 ○津村 篤
 徳島大学工学部 フェロー 水口 裕之
 徳島大学工学部 正会員 上田 隆雄

1. はじめに

近年、石炭火力発電が、原子力発電に次ぐベース電源として位置付けられ積極的な開発が行われており、副産物である石炭灰の排出量は、2005年には1000万tを超し、急増することが確実視されている。しかし、現在の有効利用率は約50%で、その他は埋め立て処分されている。また、徳島県においても、阿南市橘湾に石炭火力発電所が建設中であり、年間約100万tの石炭灰の産出が予定されている。

そこで、本研究では、一般の土木工事に使用できる普及型の高流動コンクリートを対象とし、地域性を考慮した石炭灰の有効利用を目的として、フライアッシュを結合材としての使用することに加え、混和材として、さらに、細骨材の一部として、フライアッシュだけでなくクリンカアッシュも使用したコンクリートの物性について調査し、多量の石炭灰を高流動コンクリートへ利用することの可能性について検討する。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントには比重3.14、比表面積 $4520\text{cm}^2/\text{g}$ の早強ポルトランドセメント、粗骨材には最大寸法20mm、表乾比重2.55の徳島県那賀川産玉砕石、細骨材にはF.M.2.75で表乾比重2.62とした徳島県吉野川産川砂と海砂の混合砂、比重2.27、比表面積 $3670\text{cm}^2/\text{g}$ のフライアッシュ、比重1.82、吸水率1.74%のクリンカアッシュおよび混和剤には高性能AE減水剤を用いた。

2.2 コンクリートの配合および実験方法

コンクリートの配合を表1に示す。単位水量、結合材容積、細・粗骨材容積を一定とし、結合材としたフライアッシュの混入率を0, 35, 45および55vol%と変化させ、細骨材としたフライアッシュあるいはクリンカアッシュの混入率を0, 10, および20vol%とした。これらの配合について、スランプフロー試験、ブリーディング試験、凝結時間試験および圧縮強度試験を行った。なお、目標スランプフローは $67.5 \pm 5\text{cm}$ 、目標空気量は $4.5 \pm 1.5\%$ 、目標圧縮強度 f'_{c28} は24MPa以上とした。

表1 コンクリートの配合

配合 番号	VFA / (Vc + VFA) (vol%)	VFA / (Vs + VFA) (vol%)	VCA / (Vs + VCA) (vol%)	Gmax (mm)	s/a (%)	W/B (%)	単位量 (kg/c ³)										G	SP
							結合材			細骨材			G	SP				
							W	C	FA	S	FA	CA						
①	C	C	0	20	51	30	155	567	0	810	0	0	756	15.3				
②	35	C	0			33	156	369	143	810	0	C			13.8			
③		10								728	70	C						
④		20								647	141	C						
⑤		C								728	0	56						
⑥	0	20	647			0	113	13.4										
⑦	0	810	0			0												
⑧	10	C	728			70	0											
⑨	20	0	647			141	0											
⑩	0	10	728			0	56	13.0										
⑪	0	20	647			0	113											
⑫	0	0	810			C	0											
⑬	10	0	728			70	0											
⑭	20	0	647			141	0											
⑮	0	10	728			0	56											
⑯	0	20	647			0	113											

Vc:セメント容積, VFA:フライアッシュ容積, VCA:クリンカアッシュ容積, VS:細骨材容積

3. 実験結果と考察

3.1 スランプフロー

スランプフロー試験結果を図1および図2に示す。図1より、フライアッシュ混入率が増加するにつれて、スランプフローは大きくなる傾向を示し、フライアッシュ混入が流動性を大きくする効果がある。また、図2より、細骨材としたフライアッシュを混入しても、スランプフローはほとん

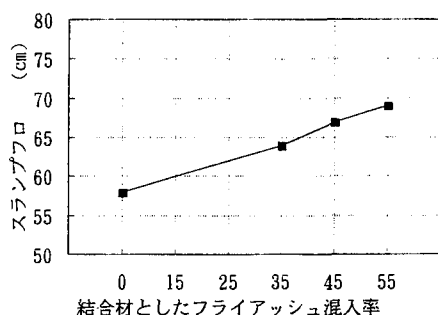


図1 コンクリートのスランプフロー試験

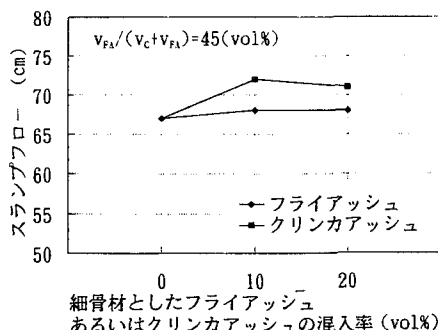


図2 コンクリートのスランプフロー試験

ど変化していないが、クリンカアッシュを混入した場合、フライアッシュと比べて、3~5cm 程度大きくなっている。

3.2 ブリーディング

ブリーディング試験結果を図3および図4に示す。図3より、フライアッシュ混入率が増加するにつれて、ブリーディング率は大きくなる傾向を示し、混入率45 vol%で最大となっているが、値そのものはすべて小さな値となっている[1]。また、図4より、細骨材としたフライアッシュを混入しても、ブリーディング率はほとんど変化していないが、クリンカアッシュを混入した場合は、急激に大きくなり、材料分離が激しく、試験開始直後から表面に水が溜まるような状態となっている。したがって、クリンカアッシュを使用するには、何らかの対策が必要であると考えられる。

3.3 凝結時間

凝結時間試験結果を図5に示す。フライアッシュの混入率が増加するにつれて、凝結時間が遅くなる傾向を示している。混入率55 vol%では、無混入のものより、2倍近くの時間がかかっている。これは、フライアッシュを多量に混入することにより、セメント量が少なくなることや、高性能AE減水剤を多量に使用するためと考えられる。

3.4 圧縮強度

材齢28日における圧縮強度試験結果を図6および図7に示す。図6より、フライアッシュ混入率が増加するにつれて、圧縮強度は低下する傾向を示す。さらに、混入率が55 vol%になると急激に低下する。これは混入率50 vol%程度までのフライアッシュは結合材としての強度発現に寄与するが、それ以上の混入は、材齢28日までではその寄与率が小さいためと考えられるが、混入率55 vol%の場合でも35MPa以上であり、目標とした強度以上となっている。また、図7より、細骨材としたフライアッシュを混入しても、圧縮強度はほとんど変化していないが、クリンカアッシュを混入した場合は低下し、混入率55 vol%の場合では、目標強度の24MPaを下回っている。

4. まとめ

- (1) 結合材としたフライアッシュを多量に混入する場合、良好な流動性、十分な材料分離抵抗性を有している。また、材齢28日での圧縮強度は小さくなるが、目標強度を超えており、長期材齢では強度促進も期待できることから優れた結合材として利用が可能である。
- (2) 細骨材としたフライアッシュを混入する場合には、フレッシュ時の性状や強度発現に大きな影響を与えず、本研究の混入率では、細骨材としての替わりを十分果たしており、利用が可能である。
- (3) 細骨材としてクリンカアッシュを使用する場合、材料分離抵抗性を満足することが難しく、フレッシュ時の性状に問題がある場合がある。また、圧縮強度も低くなるので、粒度調整、表面形状の改善、混和材の使用などの対策を行えば、低強度用コンクリートに用いる可能性が考えられる。

【参考文献】

[1] 高流動コンクリートの材料・調合・製造・施工指針(案)・同解説, 日本建築学会, 1997, pp. 26~27.

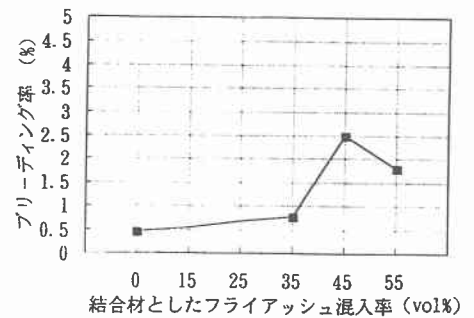


図3 コンクリートのブリーディング試験

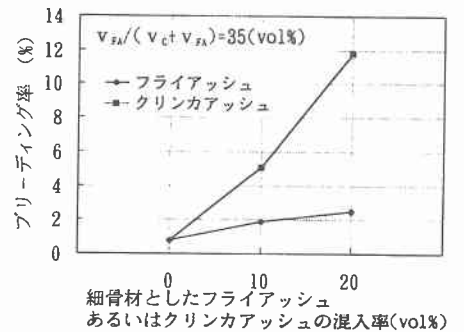


図4 コンクリートのブリーディング試験

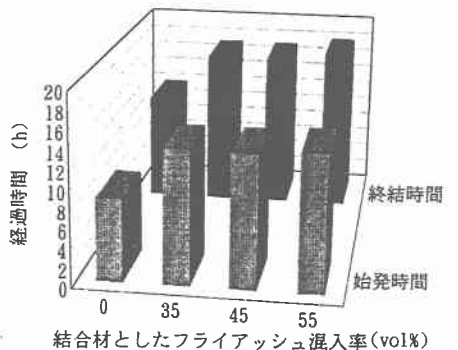


図5 コンクリートの凝結時間試験

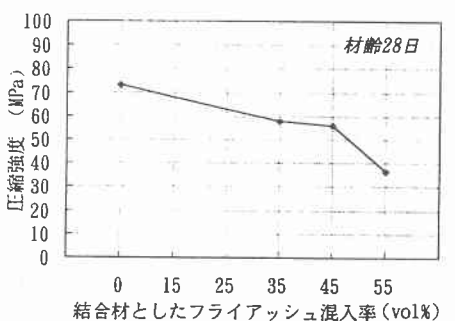


図6 コンクリートの圧縮強度試験

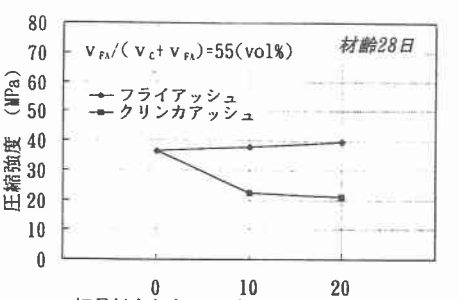


図7 コンクリートの圧縮強度試験