

コンクリートのフレッシュ・硬化特性に及ぼす細骨材としてのフライアッシュ IV 種の影響

香川大学工学部 学生会員 松家 武樹
 香川大学工学部 フェロー会員 堺 孝司
 (株)穴吹工務店 李保 政行

1. 目的

近年、あらゆる分野で環境に対する配慮が益々その重要性を増している。電力業界では、石炭火力発電所の増設により石炭灰の処分が課題となり、有効利用の観点から、再びコンクリート材料としての利用に対する期待が大きくなっている。本研究では、海砂代替材としての砕砂を試験製造し、細骨材の一部をフライアッシュ IV 種で置換したコンクリートのフレッシュ・硬化コンクリート特性について検討することにした。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは、普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 、比表面積 $3280\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用した。フライアッシュは、四国の火力発電所から発生したフライアッシュ II 種を直径 $20\mu\text{m}$ 以下となるように風力分級し、フライアッシュ I 種を選別した後の残滓であるフライアッシュ IV 種（密度 2.2g/cm^3 、比表面積 $1720\text{cm}^2/\text{g}$ 、強熱減量 1.9% ）を使用した。粗骨材は、徳島県市場産の砕石 G1（岩種：砂岩、最大寸法 20mm 、密度 2.58g/cm^3 、吸水率 1.48% 、F.M. 7.12）および砕石 G2（岩種：砂岩、最大寸法 15mm 、密度 2.57g/cm^3 、吸水率 1.71% 、F.M. 6.17）の 2 種類を 1:1 の割合で使用した。細骨材は、香川県塩江産の砕砂 S1（岩種：花崗岩・風化花崗岩、密度 2.58g/cm^3 、吸水率 1.97% 、F.M. 2.77）を使用した。

混和剤は、リグニンスルホン酸化合物およびポリアルコール複合体の AE 減水剤および変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤の AE 剤を使用した。

2.2 コンクリートの製造および配合

コンクリートは、温度 20°C 、相対湿度 60% の試験室で容量 55リットル のパン型ミキサーを用いて、練混ぜ量を 40リットル として製造した。練混ぜは、最初にセメントと細骨材を 15秒間 空練りし、次に水と

混和剤を加えて 30秒間 練り混ぜた。最後に粗骨材を加えて 90秒間 練り混ぜた。

コンクリートの配合においては、目標スランブを $8\pm 1.5\text{cm}$ 、目標空気量を $4.5\pm 1.0\%$ とし、水セメント比 W/C として 55 および 45% を考慮した。フライアッシュは、細骨材の容積の 0 、 10 および 15% の混入とした。配合においては、s/a AE 減水剤を一定とし、スランブおよび空気量は単位水量および AE 剤の添加量によって調整した。

2.3 検討項目

フレッシュコンクリートに対してスランブ試験、空気量試験、ブリーディング試験、および凝結試験を行った。また、硬化コンクリートに対して圧縮強度試験、凍結融解試験、および気泡間隔係数の測定を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 配合およびフレッシュ特性

配合およびフレッシュ性状の結果の一覧をそれぞれ表 - 1 および表 - 2 に示す。

単位水量は、水セメント比に拘わらず、フライアッシュ置換率 10% の場合に最小となり、フライアッシュ無混入に比べて $2\sim 3\%$ 程度の減水効果が認められた。

フライアッシュの混入は、その中に含まれる未燃焼炭素の AE 剤への吸着により、所定の空気量を確保するために AE 剤の量を増加させる必要があることが知られている¹⁾が、本実験でも同様の結果が得られた。

ブリーディング量は、水セメント比の減少およびフライアッシュ置換率の増加と共に減少する傾向がある。

凝結時間は、フライアッシュ置換率 10% の場合に他の配合に比べて始発および終結時間が早くなった。これは単位水量の減少および AE 剤とブリーディング

キーワード フライアッシュ IV 種、砕砂、ブリーディング、圧縮強度、耐凍害性

連絡先 〒760-8526 香川県高松市林町 2217-20 TEL 087-864-2152

の複合効果の結果として他の配合と比べて、凝結時間を早めたと考えられる。

3.2 圧縮強度

図 - 1 に、コンクリートの圧縮強度試験結果を示す。

フライアッシュを用いたコンクリートの圧縮強度は、砕砂のみの場合より、材齢 28 日で -4 ~ 11% の増減および材齢 28 ~ 91 日で約 2 ~ 8% の増加となった。材齢 28 ~ 91 日の強度発現は、フライアッシュによるポゾラン反応の寄与と考えられる。水セメント比 55% の場合、フライアッシュ置換率 10% の場合が 15% の場合と比べて圧縮強度が大きくなった。これは、フライアッシュの微粉末充填効果よりも単位水量の減少による影響が大きかったと考えられる。しかし、水セメント比 45% の場合には、フライアッシュ置換率 15% の場合の方が 10% の場合より圧縮強度が大きくなった。これは、単位水量より微粉末充填効果が支配的になったためと思われる。

3.3 耐凍害性

図 - 2 に、凍結融解試験結果を示す。

水セメント比およびフライアッシュ置換率に関係なく、質量変化および凍結融解抵抗性には有意な差は見られず、十分持久的な挙動を示している。しかし、同図に示す気泡間隔係数の値は比較的大きい値となっている。コンクリートの耐凍害性は、気泡分布とコンクリート強度に支配されるが、本実験結果についての合理的な説明は、本実験の範囲内では困難であり、更なる検討が必要である。

4. まとめ

- (1) 砕砂とフライアッシュを用いたコンクリートは、フライアッシュ置換率 10% の場合、2 ~ 3% 程度の減水効果がある。フライアッシュの混入により、AE 剤の使用量は増大する。また、フライアッシュの使用はブリーディングを抑制する。
- (2) フライアッシュを用いたコンクリートの圧縮強度は、砕砂のみの場合より、材齢 28 日で -4 ~ 11% および材齢 28 ~ 91 日で約 2 ~ 8% の増加となった。
- (3) 砕砂とフライアッシュを用いたコンクリートは、十分な耐凍害性を確保できる。

表 - 1 コンクリートの配合

記号	水セメント比 (%)	フライアッシュ置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)						AE 減水剤	
			水	セメント	細骨材	フライアッシュ	粗骨材		C×0.25%	C×0.001%
			W	C	S1	FA	G1	G2		
A00	55	0	170	309	797	0	488	486	1.00	1.5
A10		10	167	304	722	68	491	490	1.00	7.0
A15		15	170	309	678	102	488	486	1.00	18.0
B00	45	0	175	389	733	0	481	479	1.00	2.0
B10		10	170	378	666	63	488	486	1.00	7.0
B15		15	175	389	623	94	481	479	1.00	16.0

表 - 2 フレッシュコンクリートの特性

記号	スランブ (cm)	空気量 (%)	ブリーディング量 (cm ³ /cm ²)	凝結 (h)	
				始発	終結
A00	8.0	4.3	0.466	6.4	8.3
A10	6.5	3.5	0.283	6.2	8.3
A15	7.0	4.7	0.238	6.4	8.7
B00	8.0	3.8	0.262	5.3	7.2
B10	7.0	4.0	0.183	5.0	7.0
B15	7.0	4.9	0.156	6.0	7.3

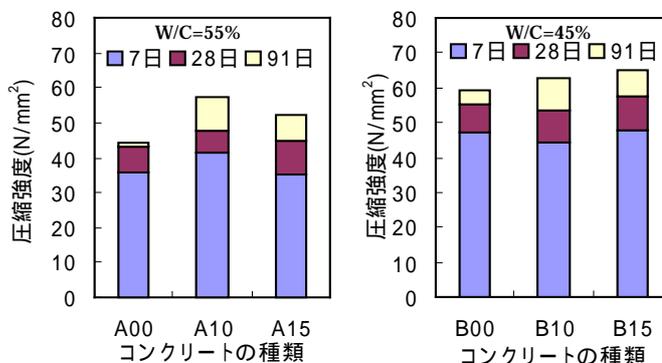


図 - 1 圧縮強度

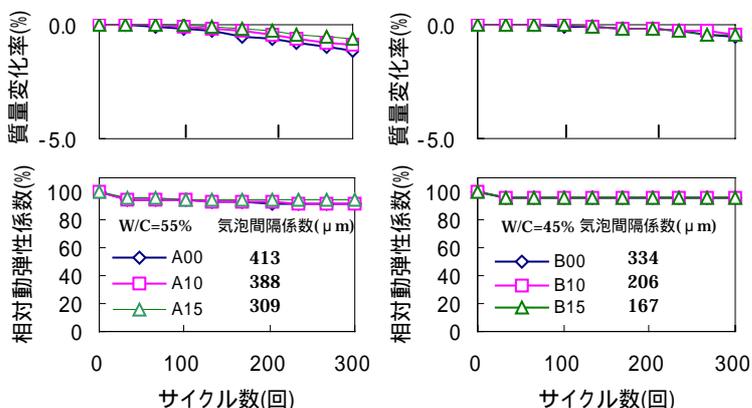


図 - 2 凍結融解

謝辞

本研究を実施するにあたり、(株)穴吹工務店の赤松氏、山形氏、および(株)四電産業の村井氏の協力を得た。ここに深甚の謝意を表す。

参考文献

- 1) 町勉, 他: コンクリート材料としてのフライアッシュの適用限界に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, pp.199-204, 1997.