

## フライアッシュを高置換した水中コンクリートの諸性状と適用性検討

東亜建設工業 正会員 ○田中 亮一  
 中部電力 正会員 加藤 誠司  
 東亜建設工業 正会員 網野 貴彦

## 1. はじめに

一般の水中コンクリートの単位セメント量は  $370\text{kg/m}^3$  以上が標準とされており、比較的セメント量が多いため、大量のフライアッシュに置換できれば脱炭素社会の実現に貢献できると考えられる。また、細骨材の一部をフライアッシュで置換するとコンクリートの粘性は増大するため、水中での材料分離抵抗性の向上も期待することができる。そこで、セメントや細骨材をフライアッシュで高置換した水中コンクリート配合の諸性状を室内試験で確認し、また、水中打設実験で硬化後のコンクリート品質を確認した。

## 2. 室内試験概要

諸性状を確認したコンクリートの配合を表-1に、用いたフライアッシュの物性値を表-2に示す。フライアッシュは JIS A 6201 に規定された II 種に適合したものを使用した。配合は、単位セメント量  $370\text{kg/m}^3$  に対してフライアッシュを 0~70% で置換したセメント置換のみのケース (F0f0~F70f0)、F0f0 の細骨材に対してフライアッシュを 20% 置換したケース (F0f20)、F30f0 を 10~20% 砂置換したケース (F30f10, F30f20)、F30f10 を流動化 (目標スランプフロー45~50cm) したケース (F30f10F) とした。なお、F30f10F 以外のケースは目標スランプを  $18\pm 2.5\text{cm}$  とし、また、同量の AE 剤を添加して空気量の調整は行わなかった。一方、F30f10F は消泡剤を使用した。

表-1 にスランプ・スランプフロー、空気量、標準水中養生供試体による材齢 28 日の圧縮強度を併記する。品質確認項目は、ブリーディング量、凝結時間、圧縮強度 (型枠脱型後から東京湾で採取した海水中で養生) とし、コンクリートの練混ぜ (二軸強制練りミキサ使用) および各種試験は  $20\pm 2^\circ\text{C}$  の恒温室にて行った。

表-2 フライアッシュの物性値

項目	値	
二酸化けい素(%)	56.72	
湿分(%)	0.5 以下	
強熱減量(%)	2.0	
密度( $\text{g/cm}^3$ )	2.33	
粉末度	45 $\mu\text{m}$ ふるい残分(%)	10
	比表面積( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	3,700
フロー値比(%)	106	
活性度指数(%)	材齢 28 日	86
	材齢 91 日	99
メチレンブルー吸着量( $\text{mg/g}$ )	0.31	

## 3. 室内試験結果

JIS A 1123 に基づき実施したブリーディング量の測定結果を図-1 に示す。セメント置換のみの結果を見ると、粉体に対するフライアッシュ置換率が大きくなるほどブリーディング量は多くなる傾向を示し

表-1 コンクリートの配合と基本性状

記号	F/B (%)	f/S (vol.%)	(F+f)/P (%)	W/P (%)	配合計算上の空気量 (%)	単位量( $\text{kg/m}^3$ )					Ad (% vs P)	SP (% vs P)	スランプ・フロー (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )	
						W	B		S							G
							C	F	f	S						
F0f0	0	0	0	48.6	4.5	180	370	0	0	769	977	0.80	—	19.0	4.7	43.7
F0f20		20	27.2	35.4					138	615		—	0.60	18.0	3.1	57.9
F30f0	30	0	30	45.9		170	259	111	0	763		0.80	—	18.5	2.4	42.8
F30f10		10	40.9	38.8					68	687		—	0.65	17.5	4.0	42.8
F30f20		20	48.9	33.5					137	610		—	0.85	17.5	2.9	46.6
F50f0	50	0	50	45.4		168	185	185	0	746		0.80	—	19.5	1.5	31.6
F70f0	70	0	70	44.9		166	111	259	0	730		0.80	—	20.0	1.4	16.3
F30f10F	30	10	42.2	39.1	2.0	175	259	111	78	785	918	—	1.05	46.5	1.5	45.1

※C: 普通ポルトランドセメント, F・f: フライアッシュ II 種, S: 混合砂 (山砂・砕砂), G: 石灰石砕石, Ad: AE 減水剤 (標準形), SP: 高性能 AE 減水剤 (標準形)

キーワード フライアッシュ, 水中コンクリート, 置換, 適用性

連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町 1-3 東亜建設工業(株)技術研究開発センター TEL:045-503-3741

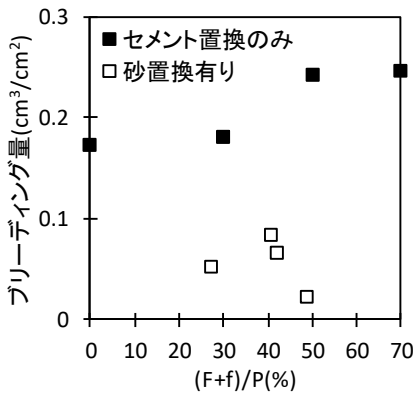


図-1 ブリーディング量

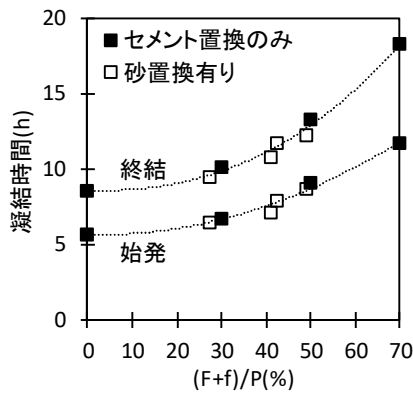


図-2 凝結時間

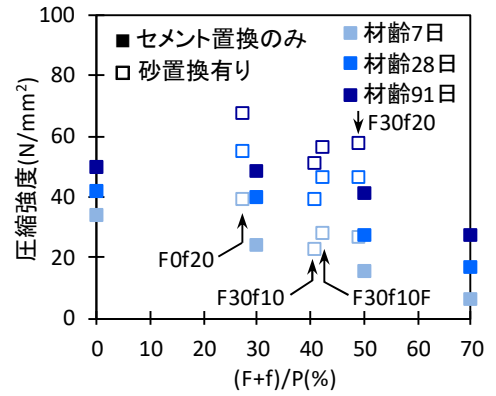


図-3 圧縮強度

た。砂置換有りのケースにおけるブリーディング量は、セメント置換のみに比べて、大幅に低減できる結果であった。

JIS A 1147 に基づき実施した凝結時間の測定結果を図-2 に示す。セメント置換、砂置換に係わらず、粉体に対するフライアッシュ置換率が大きくなるほど凝結時間は遅くなる傾向が見られた。

圧縮強度を図-3 に示す。セメント置換のみの結果を見ると、材齢 7 日では粉体に対するフライアッシュ置換率が大きくなるほど圧縮強度は小さくなるが、材齢 28 日における置換率 30%の圧縮強度は置換率 0%と同程度であった。また、置換率 50%以上の圧縮強度は材齢 28 日から材齢 91 日にかけての増加割合が大きい様子が伺えた。単位セメント量 370kg/m³ のケースの圧縮強度を比較すると、砂置換有りの F0f20 の方が大幅に大きい、単位セメント量 259kg/m³ のケースでは F30f0 ≒ F30f10 < F30f20 であり、F30f10 < F30f10F であった。これには空気量の違いも影響していると考えられる。

#### 4. 水中打設実験

F0f0, F30f10 および F30f10F を用いて、水深 1m で水を張った型枠（延長 2m, 幅 0.62m）内にコンクリートバケットを用いてトレミー方式でコンクリートを打ち込み、硬化後にコンクリート表面と採取コアの圧縮強度を確認した。

F30f10 および F30f10F の硬化後のコンクリート表面と採取したコアの圧縮強度（3 体平均）を図-4 に、配合ごとのコアの圧縮強度の平均値および標準偏差を図-5 に示す。すべてのケースで大きな不具合は見られず、流動化した F30f10F でも他のケースとあまり変わらないコンクリート表面が確認された。また、圧縮強度のばらつきは小さかった。

#### 5. まとめ

室内試験および水中打設実験により、フライアッシュを高置換した水中コンクリートを特に問題なく適用できることが確認できた。粉体に対するフライアッシュ置換率が大きいほど凝結や強度発現は遅くなり、圧縮強度は小さくなるが、高い強度を必要としない構造物であればフライアッシュを高置換したコンクリートの使用は、低炭素化、産業副産物の有効活用の観点から有用と考えられる。

参考文献 1) 土木学会:2017年制定コンクリート標準示方書[施工編], pp.283

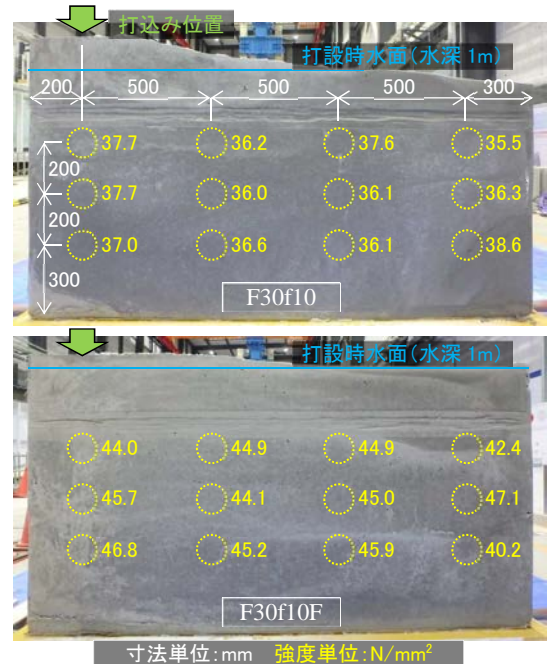


図-4 表面状況とコアの圧縮強度

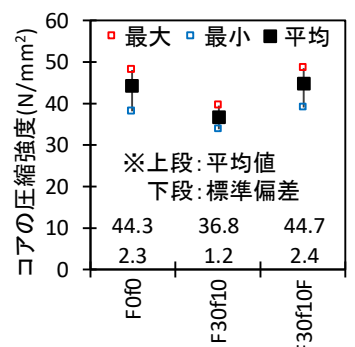


図-5 コアの圧縮強度