

V-265

フライアッシュの多量使用が粉体系高流動コンクリートの品質に及ぼす影響

大林組技術研究所 正会員 三浦 律彦

大林組技術研究所 正会員 近松 竜一

大林組技術研究所 フェロー 十河 茂幸

1. はじめに

高流動コンクリートの配合は構造物の配筋条件や施工条件によって異なり、使用する粉体材料や骨材の特性の影響も大きく受けるため¹⁾、これまでに多くの配合が報告されている²⁾。近年では、水和熱の低減や流動性状の改善、あるいは環境対策と廃棄物の有効利用などの観点から、フライアッシュの多量使用が検討されるようになってきた³⁾。しかし、50%以上の大量使用ではブリーディングの増加や強度低下などの品質低下が予想される。そこで本研究では、比較的粉体量の少ないマスコン型の高流動コンクリートへの適用を想定し、単位粉体容積やフライアッシュ置換率の異なる配合で比較実験を行い、分離抵抗性や充填性、加圧ブリーディング特性、ブリーディング率、凝結性状などの観点からフライアッシュ置換率の検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料、配合および目標仕様

使用材料を表-1に示す。セメントは普通ポルトランド、フライアッシュ(以下FAと略)はJIS規格品、粗骨材は最大寸法20mmの硬質砂岩碎石、細骨材は君津産山砂、高性能AE減水剤はポリカルボン酸系を使用した。

検討配合を表-2に示す。単位粉体容積が 176 L/m^3 でFA置換率60%の既往配合³⁾(A60)と、 150 L/m^3 でFA置換率が約30%、約50%のマスコン型配合(B30, B50)の3種類とした。目標スランブフローは既往配合A60で65~70cm、マスコン型配合(B30, B50)では55~60cmと若干小さく設定した。目標空気量は何れの配合も $4.5 \pm 1.0\%$ とした。

2.2 練混ぜ条件と各種試験項目

練混ぜは容量60Lの二軸強制練ミキサを用いて1バッチ40Lで2分間とした。フレッシュ試験は練上り後5分で行い、経時変化の計測は30, 60, 90分で実施した。試験項目はスランブフロー、空気量、O漏れ流下時間、U型充填高さ(間隙U1)、ブリーディング率、加圧ブリーディング率、凝結時間である。試験方法は「JIS」、「土木学会規準」、「自己充填型高流動コンクリートの試験方法(案)²⁾」に準拠した。

3. 実験結果と考察

3.1 混和剤添加率や練上り性状に関する検討

各配合の高性能AE減水剤添加率は、A60が粉体総質量の1.65%と最も多く、B50が1.4%、B30が1.3%となり、

表-1 コンクリートの使用材料

種類	略称	名称	比重	その他の特性、主成分
セメント	C	普通ポルトランド	3.16	・比表面積: $3,380 \text{ cm}^2/\text{g}$ ・全7肋量: 0.61%
混和材	FA	フライアッシュ	2.26	・比表面積: $3,920 \text{ cm}^2/\text{g}$ ・SiO ₂ 含有量: 52.3% ・強熱減量: 2.3%
粗骨材	G	硬質砂岩碎石	2.66	・最大寸法: 20mm ・吸水率: 0.63% ・粗粒率: 6.73 ・実積率: 59.0%
細骨材	S	君津産山砂	2.63	・5mm以上: 4% ・吸水率: 1.60% ・粗粒率: 2.80 ・実積率: 69.6%
混和剤	SP	高性能AE減水剤	—	ポリカルボン酸エーテル系+架橋ポリマー
	助剤	空気連行助剤	—	変性アルキルカルボン酸化合物系

表-2 コンクリートの配合

種類	水粉体 質量比 W/P (%)	単位粉 体容積 ρ (L / m ³)	FA 置換率 (%)	細骨材 率 s/a (%)	単位量 [上: (kg/m ³) / 下: (L / m ³)]								添加率 (P%)	
					W	C	FA	S	G	SP	助剤	SP	助剤	
A60	35.1	176	60.0	48.5	158	180	270	792	851	7.43	0.18	1.65	0.04	
					158	57	119	301	320	—	—			
B30	38.8	150	29.4	50.8	165	300	125	855	838	5.53	0.077	1.30	0.018	
					165	95	55	325	315	—	—			
B50	41.6	150	49.6	50.8	165	200	197	855	838	5.56	0.08	1.40	0.02	
					165	63	87	325	315	—	—			

<目標スランブフロー>…… (既往配合A60) 65~70cm、(マスコン配合B30, B50) 55~60cm

<目標空気量>…… (配合A60, B30, B50とも) $4.5 \pm 1.0\%$ (注記) 単位粉体量: $P = C + FA$ (質量), $\rho = c + fa$ (容積)FA置換率 = $FA/P = FA/(C + FA)$ (質量比)

キーワード: 粉体系高流動コンクリート, 粉体容積, フライアッシュ置換率, ブリーディング, 分離抵抗性
連絡先: 〒204 清瀬市下清戸 4-640 TEL:0424-95-0930, FAX:0424-95-0908

単位粉体容積が多いほど、またFA置換率が高いほど多くなった。AE助剤添加率でも、A60が粉体総質量の0.040%と多く、B50が0.020%、B30が0.018%となり、高性能AE減水剤添加率の場合と同じ傾向となった（表-2参照）。これは、一般に言われているようなFA中の未燃焼炭素分への先行吸着の影響と推察される。

2～3パッチの試験結果における○漏斗流下時間はA60が7.3～7.7秒、B30が6.2～6.5秒、B50が4.0～4.6秒となり、水粉体質量比が大きいくほど短く、また同じ粉体容積ではFA置換率が高いほど短くなり、FA置換率の増加で粘性が低下する結果となった。

（後述の経時変化（図-1）ではB30のスランブフローが小さく、混和剤を少し後添加させた結果、流下時間は1秒程度低下した。）

U型充填高さの結果では、A60が35～35.5cmと最も良好で、B50が33.5～35.5cm、B30が33～34.5cmとなり、スランブフローが大きいくほど、FA置換率が高いものほど良好な自己充填性を示した。

3.2 流動性や自己充填性の経時変化に関する検討

A60とB30の2配合について、スランブフロー、○漏斗流下時間、U型充填高さの経時変化を図-1に示す。約1時間後のスランブフローの変化は、B30で-3cm、A60で+0.5cmと比較的少なく、どちらも安定した結果が得られた。○漏斗流下時間の増加も1時間程度までは比較的少なく、90分でやや大きくなったものの実用上問題ない範囲と思われる。U型充填高さにおいても、1時間までの範囲であればA60で32.5cm以上、B30で30cm以上であり、実用上十分な自己充填性があると言える。両者の若干の差は、単位粉体容積や設定スランブフローの違いの影響と思われる。

3.3 加圧ブリーディング、ブリーディング、凝結性状の検討

図-2に示す加圧ブリーディング試験結果では、単位粉体容積が少ない配合（B30、B50）でやや大きくなったが、ポンプ圧送が可能な範囲（上限）にあり、施工上は問題ない程度と思われる。

ブリーディング試験結果を図-2に示す。ブリーディング曲線の初期の直線部の勾配で示されるブリーディング速度は、水粉体質量比にほぼ比例して大きくなった。また、ブリーディングの継続時間はFA置換率が高いほど長くなった。また、同じ粉体量でも、FA置換率が高いほど最終ブリーディング率が増大した。

凝結の「始発～終結」時間はB30が最も早く11.3～13.0時間、次いでA60が14.8～17.0時間、B50が16.1～18.9時間と遅くなり、凝結が早いものほど最終ブリーディング率は小さくなった。

4. まとめ

FA置換率が50%以上では粘性が低下してブリーディングの増加や凝結遅延が著しくなるため、特に粉体量の少ないマスコン型ではFA置換率の選定時にあらかじめ十分な検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 三浦他：粉体系高流動コンの粉体量の選定における骨材品質の影響，土木学会第52回講演会V-432，
- 2) 土木学会「高流動コンクリートの技術の現状と課題」1996年，
- 3) 例えば 土田他：石炭灰を主材とする高流動コンの開発と施工，電力土木 No. 247，1993年

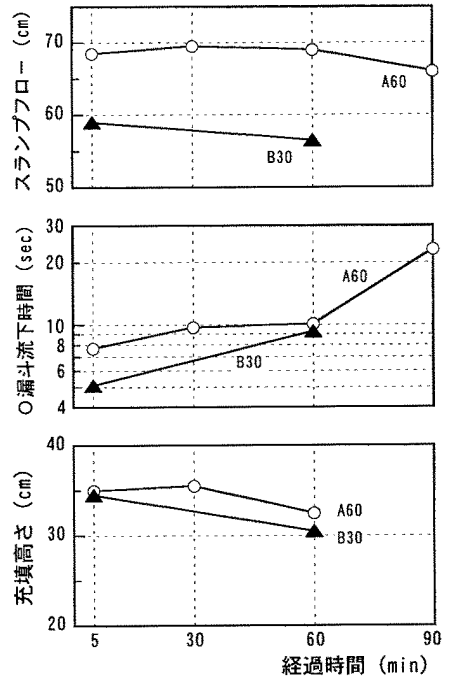


図-1 フレッシュ性状の経時変化

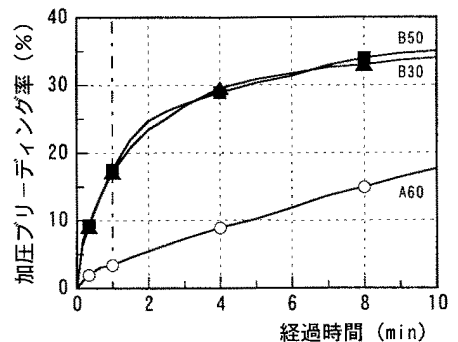


図-2 加圧ブリーディング試験結果

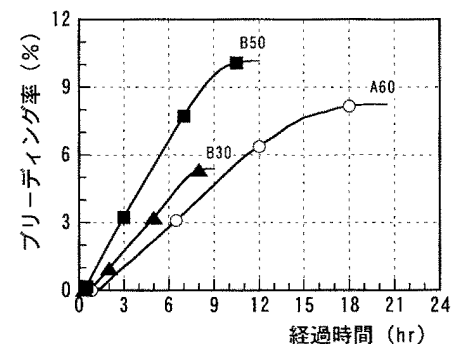


図-3 ブリーディング試験結果