

フライアッシュの置換率がコンクリートの基本性状に及ぼす影響

東洋大学 学生会員 ○櫻井 駿 北島 大輔 蘇原 勇輝
東洋建設 正会員 森田 浩史 竹中 寛 末岡 英二
東洋大学 フェロー 福手 勤

1. 目的

フライアッシュは、環境負荷低減や耐久性向上の効果が認められるとともに、水和熱抑制効果も期待できる。一般的に、セメントに対するフライアッシュの置換率は20～30%であり既往の知見も多くあるが、フライアッシュを大量に置換したコンクリートに対する知見は少ない。著者らは、フライアッシュを大量に用いたコンクリートをマスコンクリートの水和熱抑制対策として活用することを指向し、置換率を変化させ、コンクリートの諸性状について検討を進めている。本報ではそのうちコンクリートの基本性状について検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料とコンクリートの配合

使用材料を表1に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は山砂および砕砂、粗骨材は砕石2005を使用した。化学混和剤はAE減水剤(Ad1)とAE剤2種類(Ad2, Ad3)を使用した。コンクリートの配合を表2に示す。スランプは12±2.5cm、空気量は4.5±1.5%とし、コンクリートの練上がり温度と室温は20℃とした。コンクリートの水結合材比は50%とし、粗骨材量は一定とした。フライアッシュの置換率は0, 20, 40, 60, 80%の5水準とした。また、高炉セメントB種を用いた配合(BB)を比較用とした。なお、フライアッシュを60, 80%置換した場合においても所要の空気量は確保できた。

2. 2 試験項目および方法

フライアッシュの置換率がコンクリートの基本性状に及ぼす影響を把握するため、圧縮強度試験および静弾性係数試験を行った。また、収縮ひび割れ抵抗性を把握するために、長さ変化率試験を行った。圧縮強度試験はJIS A 1108に、静弾性係数はJIS A 1149に準拠して行った。また、長さ変化率試験はJIS A 1129-3に準拠して行った。なお、φ100×200mmの円柱供試体およびL:400×B:100×H:100mmの角柱供試体はJIS A 1132に準拠して作製した。供試体は試験材齢まで標準水中養生した。

3. 実験結果および考察

圧縮強度の結果を図1に示す。図より、フライアッシュの置換率が大きくなるとともに圧縮強度が小さくなる傾向が認められた。特に置換率80%では材齢91日においてもほとんど強度発現が認められなかった。フライアッシュを大量置換した場合、ポズラン反応を促すだけの水酸化カルシウムの生成が不足したためと考えられる。

表1 使用材料

使用材料		種類・備考
セメント:C	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm ³
セメント:BB	高炉セメントB種	密度3.04g/cm ³
フライアッシュ:FA	フライアッシュⅡ種	密度2.29g/cm ³ , 強熱減量1.3% 比表面積4040cm ² /g
細骨材:S1	山砂	茨城県神栖市産, 表乾密度2.59g/cm ³ 粗粒率1.85
細骨材:S2	砕砂	栃木県佐野市産, 表乾密度2.63g/cm ³ 粗粒率3.15
粗骨材:G	砕石2005	茨城県土浦市産, 表乾密度2.68g/cm ³ 実積率60%
混和剤:Ad1	AE減水剤	リグニンスルホン酸
混和剤:Ad2	AE剤(Ⅰ種)	アルキルエーテル系陰イオン界面活性剤
混和剤:Ad3	AE剤(Ⅰ種)	高いアルキルカルボン酸系陰イオン界面活性剤と非イオン界面活性剤の複合体

表2 コンクリートの配合

No.	FA置換率 (%)	W/B (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)								
					W	C	FA	S1	S2	G	Ad1	Ad2	Ad3
N	0	50	50.0	44.9	162	324	0	321	489	1018	3.2	0.008	—
FA20	20		62.5	44.6	160	256	64	317	483		2.6	0.023	—
FA40	40		83.5	44.4	157	188	126	315	480		1.9	—	0.19
FA60	60		125.0	44.1	155	124	186	311	473		1.2	—	0.32
FA80	80		250.0	44.2	150	60	240	312	475		0.6	—	0.36
BB	0		50.0	44.6	162	324	0	317	483		3.4	0.013	—

キーワード フライアッシュ, 大量置換, 圧縮強度, 静弾性係数, 乾燥収縮

連絡先 〒350-0815 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 TEL : 049-239-1300

静弾性係数の結果を図2に示す。図より、フライアッシュの置換率が20%~60%までの範囲であれば、静弾性係数の低下は緩やかであり、圧縮強度の低下に比べるとその影響は小さかった。

圧縮強度と静弾性係数の関係を図3に示す。示方書²⁾より、普通コンクリートの静弾性係数を赤線で示した。図より、示方書の曲線と同様の傾向となることが認められた。このことから、フライアッシュの置換率が静弾性係数に及ぼす影響は小さいと考えられる。

乾燥材齢と長さ変化率の関係を図4に示す。乾燥材齢56日の時点ではフライアッシュの置換率による長さ変化率の差は小さかった。既往の知見によれば¹³⁾、セメントをフライアッシュに置換した場合、単位水量の減少に伴い、長さ変化率も小さくなる傾向を示すが、本試験の範囲においては、試験期間が短く、乾燥材齢において十分な期間が確保できなかったためフライアッシュ置換率との関係性に明確な差が認められなかったものと推察される。

乾燥材齢と質量変化率の関係を図5に示す。図より、フライアッシュ置換率が大きくなると、質量変化率が大きくなることがわかった。これは、フライアッシュの置換率が大きいほどセメントの水和反応に消費される水分量が減って未反応の水が残り、その残された水分の逸散により、質量変化率が大きくなったものと考えられる。

4. 結論

本研究の結果から以下の知見が得られた。(1)普通ポルトランドセメントや高炉セメントB種を用いたものと比較して、フライアッシュの置換率の増加に伴い単位水量を削減できた。(2)フライアッシュ置換率が大きいほど圧縮強度及び静弾性係数は小さくなった。(3)本実験の範囲内では、フライアッシュの置換率による長さ変化率の明確な違いは認められなかったが、置換率の増加に伴い、質量変化率は大きくなる傾向を示した。

参考文献

- 1) フライアッシュを用いたコンクリートの施工指針(案), コンクリートライブラリー94, 土木学会, 1999
- 2) コンクリート標準示方書[設計編], 土木学会, 2017
- 3) 菅田 紀之・相澤 義徳: フライアッシュを用いた高強度コンクリートの強度および収縮特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp1205-1210, 2006

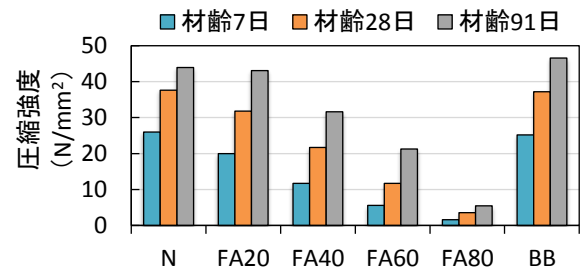


図1 圧縮強度の結果

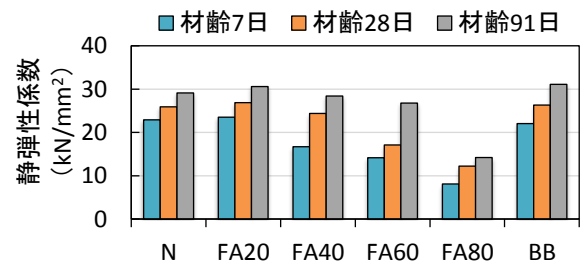


図2 静弾性係数の結果

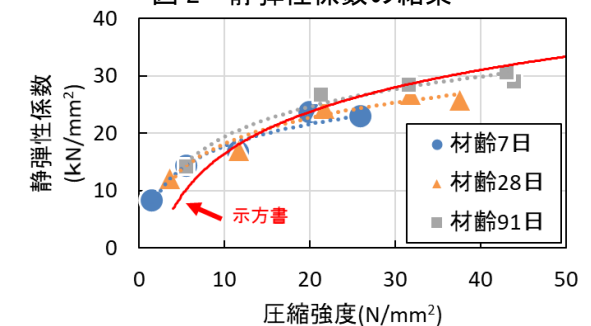


図3 圧縮強度と静弾性係数の関係

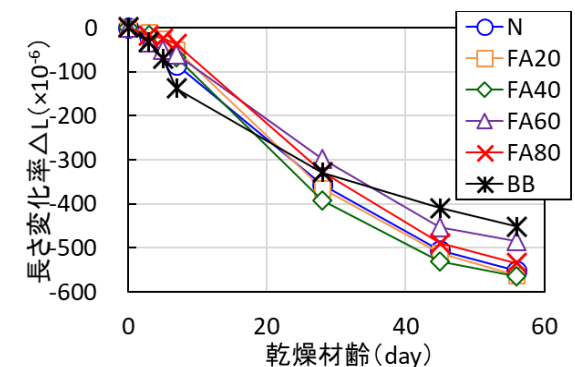


図4 乾燥材齢と長さ変化率の関係

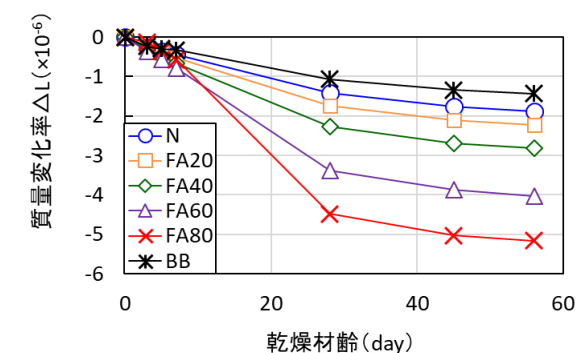


図5 乾燥材齢と質量変化率の関係