

ハイボリュームフライアッシュコンクリートの適正配合の検討

西松建設株式会社 正会員 ○久野高敬
徳島大学工学部 正会員 川口信宏
五洋建設株式会社 正会員 三田正和
徳島大学工学部 正会員 河野 清

1. 目的

近年、石油埋蔵量の問題および生態系への悪影響など原子力発電に歯止めがかかる状況の下で、石炭が見直され石炭火力発電所の建設が進められている。しかし、石炭火力発電所では副産物の石炭灰が多量に発生し、全発生量の半分以上が廃棄されており、その有効利用が望まれている。従来、フライアッシュはコンクリートの混和材として用いられ、長期強度の改善と経済的配合を得ることにポイントがおかれ、ダムコンクリートをはじめとするマスコンクリートに主として利用されてきたが、その使用量はセメント質量に対して15～30%と少なかった。

そこで、本研究はフライアッシュをより積極的に有効に利用することを目的として、セメントに0～60%代替した配合およびセメント量の1.1～1.7倍と多量使用した配合のコンクリートを用いて、ハイボリュームフライアッシュコンクリートの圧縮強度および引張強度に関して調査、研究を行ったものである。

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（比重3.15、28日圧縮強さ42.0MPa）、粗骨材には徳島県那賀川産玉砕石（比重2.64、吸水率1.08%）、細骨材には、徳島県那賀川産川砂（比重2.60、吸水率1.72%）を使用した。混和材として用いた四電フライアッシュの物理的性質を表1に示す。なお、混和剤として高性能減水剤およびAE剤を使用した。

表1 フライアッシュの物理的性質

比重	粉 末 度			単位水量比 (%)	メチルブルー 吸着量 (mg/g)
	比表面積 (cm ² /g)	45 μ 残分 (%)	90 μ 残分 (%)		
2.27	3170	12.9	2.1	95.0	0.36

2. 2 実験

(1) コンクリートの配合

一般土木用を対象に目標スランブ12cm、目標空気量4%とし、結合材量450kg/m³となるような配合で、フライアッシュの混入量をセメントの内割りで0、30、50および60%としたものをⅠシリーズとして表2に示す。

次に、単位セメント量を180、210および240kg/m³に変化させて、それぞれセメント量に対して外割りでフライアッシュ混入率を1.1、1.3、1.5および1.7倍とした合計12種類とフライアッシュを含まないプレーンコンクリート（以下PLと略記）を比較用として用意し、Ⅱシリーズとして表3に示す。なお所要のスランブ、空気量を得るため、高性能減水剤およびAE剤の量で調整した。

(2) 実験方法

コンクリートは容積60ℓの2軸強制練りミキサで、3分間練り混ぜ、供試体を作製し、所定材齢まで20℃標準養生を行い、圧縮強度試験はJIS A 1108、引張強度試験はJIS A 1113に準拠し、静ヤング係数は土木学会規準に、動ヤング係数はJIS A 1127に準拠して測定した。

表2 Ⅰシリーズのコンクリートの配合

種別	G max (mm)	W/(C+F) (%)	s/a (%)	単 位 重 量 (kg/m ³)					SP (%)	AEA (%)
				W	C	F	S	G		
F 0	25	31	42	140	450	0	739	1037	1.6	0.090
F 30					315	135	722	1013	1.5	0.090
F 50					225	225	711	996	1.4	0.090
F 60					180	270	705	988	1.8	0.100

表3 IIシリーズのコンクリートの配合

種別	G _{max} (mm)	W/(C+F) (%)	s/a (%)	単位重量 (kg/m ³)					SP (%)	AEA (%)
				W	C	F	S	G		
PL		50		160	320	0	763	1069	1.9	0.19
C180	1.1	37			180	198	739	1036	1.1	0.090
	1.3	34				234	722	1012	1.4	0.100
	1.5	31				270	705	988	1.8	0.100
	1.7	29				306	688	964	2.0	0.100
	1.1	32				231	713	1000	1.3	0.090
C210	1.3	29			210	273	693	972	1.8	0.100
	1.5	27				315	673	944	1.9	0.120
	1.7	25				357	653	916	2.0	0.130
	1.1	28				264	687	963	1.6	0.160
C240	1.3	25			240	312	664	931	2.0	0.170
	1.5	23				360	641	899	2.6	0.180
	1.7	22				408	619	867	3.1	0.190

3. 実験結果および考察

3. 1 圧縮強度

I, IIシリーズの材齢7日, 28日および91日における圧縮強度を図1, 2に示す。図1より, フライアッシュの混入量が増加するにつれ各材齢の圧縮強度が低下している。しかし, 材齢7日から91日への圧縮強度増加率を求めると, 図中の()内に示したようにフライアッシュを混入したコンクリートの方が明らかに大となっており, 6ヶ月以上の長期材齢での圧縮強度の伸びが期待される。

図2より, フライアッシュを含まないブレンコンクリートの圧縮強度と比較すると, 単位セメント量を 240kg/m^3 とした時にフライアッシュを多量に使用すれば, それぞれの配合において材齢7日, 28日では同等もしくはそれ以上の強度が得られ, 91日ではブレンコンクリートを大きく上回る値が得られた。これはフライアッシュのポゾラン反応による効果であると考えられる。

3. 2 圧縮強度と引張強度との関係

フライアッシュを多量に使用したコンクリートの圧縮強度と引張強度との関係を図3に示す。従来普通コンクリートの引張強度は圧縮強度に比べきわめて小さく, 圧縮強度の約 $1/10 \sim 1/14$ の値といわれている。本実験でも圧縮強度の $1/10 \sim 1/13$ の値となり, これらの関係は普通コンクリートとほぼ同程度であるといえる。また, 圧縮強度と引張強度との関係を一次式で表し, その相関係数を求めると 0.977 と非常に高い相関が得られており, 圧縮強度が求まるとおよそその引張強度を推定することも可能と考えられる。

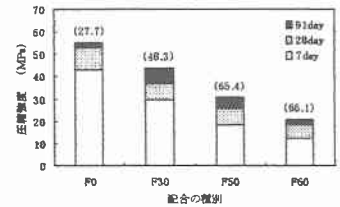


図1 圧縮強度 (Iシリーズ)

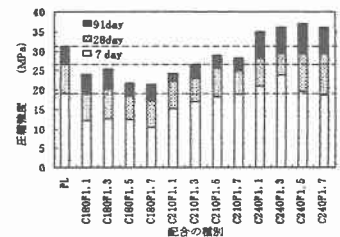


図2 圧縮強度 (IIシリーズ)

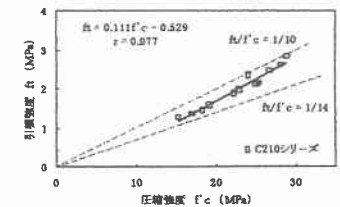


図3 圧縮強度と引張強度との関係

4. 結論

- (1) フライアッシュを混入したコンクリートは, 材齢7日から91日への圧縮強度増進率が高くなる。
- (2) 単位セメント量 240kg/m^3 の時, フライアッシュを多量使用すると材齢28日でブレンコンクリートなみの $28 \sim 30\text{MPa}$, 91日ではブレンコンクリートより高い 35MPa を超える強度が得られる。
- (3) 引張強度と圧縮強度との比は $1/10 \sim 1/13$ の範囲であり, きわめて高い相関がある。