

石炭灰を用いたコンクリートの諸性質について

金沢大学 正員 川村 満紀 同 正員 鳥居 知之
金沢大学 正員 柳場 重正 同 学員 谷口 公一

1、まえがき NO_x規制にともなう石炭燃焼温度の低下や海外炭使用の増加などの要因により、現在使用されているフライアッシュの品質は未燃炭素分が多く、粒子形状が不規則であるなど従来のものと若干変化してきており、現段階において物理的および化学的性状が低品質なフライアッシュを含めた各種石炭灰のコンクリート混和材としての利用法を再検討しておくことが必要と思われる¹⁾。本研究は石炭専焼火力発電所より得られたフライアッシュ(細粉および粗粉)のコンクリート混和材としての性能を比較することを目的として、使用セメントの50%まで石炭灰で置換したコンクリートのワーカビリティ、空気連行性、強度特性および耐久性について実験的に検討したものである。

2、実験概要 2種類のフライアッシュ(細粉および粗粉)の化学成分および物理的性状を表-1に示す。コンクリート用細骨材および粗骨材はそれぞれ早月川産の川砂(比重:2.61, 吸水率:1.26%, F.M.:2.46)および玉砕石(比重:2.69, 吸水率:0.8%, F.M.:7.13)を使用した。使用したセメントは普通ポルトランドセメント(N社)であり、AE剤はビンゾールレジジン(Y社)を使用した。配合は単位結合材量(C+F, 300または400%)および細骨材率(S/A, 普通コンクリート:0.42, AEコンクリート:0.38)を一定とし、所定のスランプ(5±1cm)および空気量(5±1%)が得られるように試験練りによって単位水量およびAE剤添加量を決定した。石炭灰を使用したコンクリートの配合を表-2に示す。試験項目は圧縮、引張および曲げ強度、乾燥収縮および凍結融解に対する抵抗性などである。

表-1 石炭灰の品質試験結果

	フライアッシュ 細粉	フライアッシュ 粗粉
水分(%)	0.2	0.2
焼熱減量(%)	1.9	3.2
SiO ₂ (%)	54.7	48.5
Al ₂ O ₃ (%)	27.0	26.5
比重	2.27	2.21
比表面積(㎡/g)	3390	3140
20μm以下の割合(%)	0.25	11.42
単位水量比	96	99
圧縮強度比 (JIS 6201)(28日)	87	76
“ (90日)	105	91
ポルトランドセメント 置換率(%)	0.213	0.347

3、石炭灰コンクリートのワーカビリティと空気連行性 フライアッシュ細粉(10~20μmの粒子主体)および粗粉(10~100μm程度)の粒子形状はほとんどがガラス質の球状のものであるが、粗粉中には細粉と比較して大きな粒径の不規則な形状の粒子が多く観察されるのが特徴である(写真-1)。このため、いずれのフライアッシュも石炭灰置換率が増加するに従い単位水量を大きく減少することができるが、粗粉の単位水量の減少効果は細粉と比較して小さいようである。未燃炭素含有分の多いフライアッシュは所定の空

表-2 コンクリートの配合および試験結果

		単位量(%)					W/C+F (%)	AE剤量 (C+F)×%	スランプ (cm)	空気量 (%)
		C	F	W	S	G				
普通 コン クリ ート	0%	300	0	177	783	1116	59.0	—	4.03	5.5
	細粉 10%	270	30	175	783	1114	58.3	—	6.05	4.0
	“ 30%	210	90	165	786	1116	55.0	—	6.64	5.5
	“ 50%	150	150	155	788	1122	51.7	—	6.16	5.0
	粗粉 10%	270	30	170	788	1119	56.7	—	3.65	5.0
	“ 30%	210	90	167	780	1114	55.7	—	5.60	6.0
A E コン クリ ート	0%	300	0	153	694	1170	51.0	0.05	2.51	5.0
	細粉 10%	270	30	152	694	1165	50.7	0.07	3.57	4.5
	“ 30%	210	90	141	697	1170	47.0	0.12	3.81	4.0
	“ 50%	150	150	137	694	1165	45.7	0.18	5.33	4.5
	粗粉 10%	270	30	152	692	1165	50.7	0.09	2.63	5.0
	“ 30%	210	90	146	689	1152	48.7	0.15	2.80	4.0
	“ 50%	150	150	143	686	1151	47.7	0.20	4.91	4.0

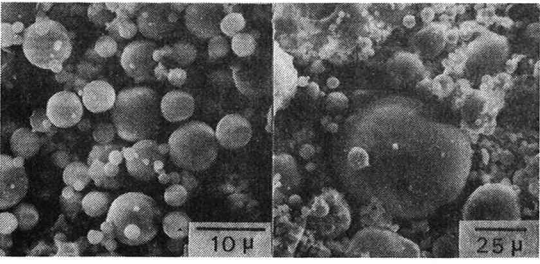


写真-1 (a) フライアッシュ細粉 (b) フライアッシュ粗粉

気量を得るのに一般にA E剤の使用量を増加する必要があるが、石炭灰を使用したコンクリートのA E剤量は石炭灰置換率の増加とともにほぼ直線的に増加する傾向を示し、強熱減量およびメチレンブルー吸着量(表-1)の結果にも示されているようにフライアッシュ細粉よりも粗粉の方が10~30%程度A E剤量を多く必要とする。また石炭灰を使用したコンクリートのブリージングに関してはフライアッシュ細粉と粗粉とで大きな差異は認められないが、石炭灰置換率の増加にともないブリージング率は増大する(表-2)。

4. 石炭灰コンクリートの強度特性

石炭灰を混和材として使用したコンクリート(non-AE)の圧縮強度は初期材令ではセメント単味のコンクリートの強度を下回るが、長期材令では石炭灰のポズラン反応が進行することから石炭灰置換率の大きなものほど強度増加が著しく、90日材令以後では石炭灰置換率50%の場合でもセメント単味の85%以上の強度が得られる(図-1)。一方、A Eコンクリートとした場合には全体として材令にともなう強度増加がnon-AEの場合と比較して幾分小さくなるようである(図-2)。石炭灰を混和材として使用したコンクリートにおける強度特性の改善効果は単位結合材量が多いものほど著しく、さらに圧縮強度よりも引張強度および曲げ強度において顕著に認められる(図-3,4,5,6)。石炭灰の化学組成および物理的性状の相違により、粗粉を使用したコンクリートの強度発現は細粉を使用したものと比較して初期材令では若干劣っているようであるが、長期材令になると両者の差は小さくなるようである。したがって、フライアッシュ粗粉に代表されるような比較的低品質な石炭灰でも、適切に用途を選択することと養生期間を十分に確保することによってコンクリート混和材として有効に利用することが可能であると考えられる。

参考文献 1) 鳥居, 川村, 初島: 石炭灰モルタルの微視的構造と強度発現性, 第2回 複合材料連合研究委員会講演文集, 昭59

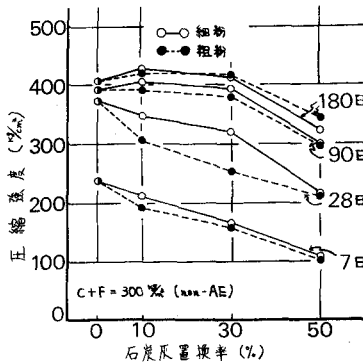


図-1 圧縮強度試験結果

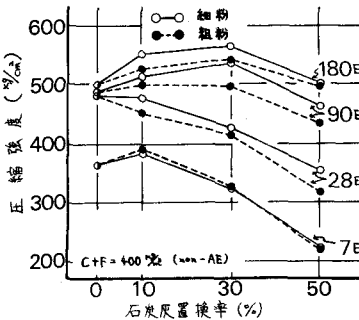


図-3 圧縮強度試験結果

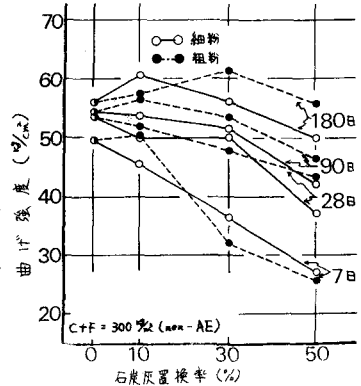


図-5 曲げ強度試験結果

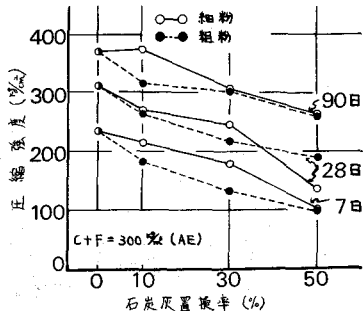


図-2 圧縮強度試験結果

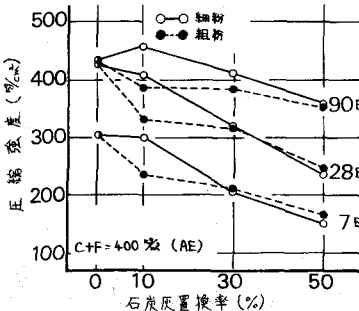


図-4 圧縮強度試験結果

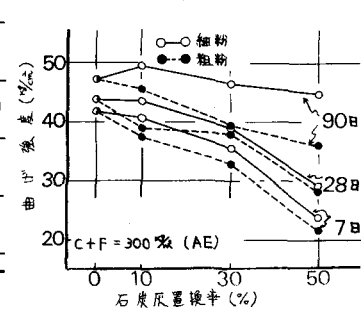


図-6 曲げ強度試験結果