

フライアッシュのエアモルタル砂代替材としての適用性について

九州電力株式会社 総合研究所 正会員 ○樺山圭輔

正会員 丸内 進

正会員 内田直人

1. はじめに

当社では「環境憲章」を制定して廃棄物の削減・再資源化に取り組み、循環社会の形成を推進している。中でも当社の産業廃棄物の約 80%を占める石炭灰のリサイクル率は約 70%で、残り約 30%については灰捨場に埋立処分されており一層の有効利用技術の確立が求められている。本稿は石炭灰の土木分野での利用拡大策の一つとして、山岳地や軟弱地盤での拡幅盛土・橋台・擁壁の裏込め材などの用途があるエアモルタルの砂代替材にフライアッシュを利用したときの強度特性、溶出特性について報告する。

2. 使用材料

配合試験に用いた材料を表-1 に示す。またセメント、フライアッシュ(以下 FA)の成分を表-2 に示す。

3. 配合試験結果と考察

(1) 強度特性

配合ケース及び試験結果を表-3 に示す。なお、単位水量は粉体量(セメント量+FA 量)から設定し、フロー値が $180 \pm 20 \text{ mm}$ となるように決定している。

図-1 にセメント量と一軸圧縮強度(材齢 28 日)の関係を示す。この図より砂添加よりも FA 添加の方が強度発現への寄与が大きいことを確認した。

図-2 に材齢 28 日の単位体積質量と一軸圧縮強度の関係を示す。同じ強度で比較すると砂添加よりも FA 添加のほうが軽量化を図れることを確認した。

表-1 材料特性

材料	仕 様	密度 (g/cm^3)
セメント	普通ポルトランドセメント	3.13
FA	発電所：峇北発電所 炭 種：ドレイトン原粉	2.33
砂	海砂	2.59 (絶乾)
起泡剤	動物性蛋白質起泡 標準希釈倍率 25 倍、標準発泡倍率 20 倍	1.16

表-2 成分表

項目	セメント	FA
SiO_2 (%)	(21.5) ※	58.8
強熱減量 (%)	1.80	0.70
比表面積 (cm^2/g)	3,230	2,610

※ () 内は一般的な数値

表-3 配合ケース及び試験結果

CASE	単位量 (kg/m^3)					フレッシュ性状	単位容積質量 (28 日, g/cm^3)	圧縮強度 (N/mm^2) 材齢 28 日
	セメント	FA	砂	水	気泡 (%)	フロー値 (mm)		
1	100	100	0	195	730	194	0.363	0.122
2		200	0	197	685	199	0.490	0.199
3		300	0	199	640	198	0.604	0.287
4	150	150	0	228	660	195	0.525	0.367
5		300	0	238	585	196	0.699	0.842
6		450	0	259	500	185	0.843	0.895
7		0	150	154	740	169	0.446	0.203
8		0	300	171	665	174	0.602	0.294
9		0	450	178	600	187	0.779	0.514
10	200	200	0	210	640	184	0.604	0.952
11		400	0	244	520	177	0.864	1.820
12		600	0	303	375	172	1.108	2.480
13		0	200	164	695	170	0.580	0.497
14		0	400	172	610	182	0.779	0.863
15		0	600	179	525	184	0.995	1.370

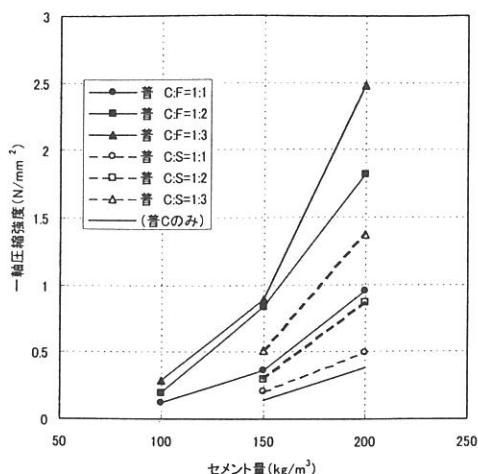


図-1 セメント量と一軸圧縮強度(材齢28日)

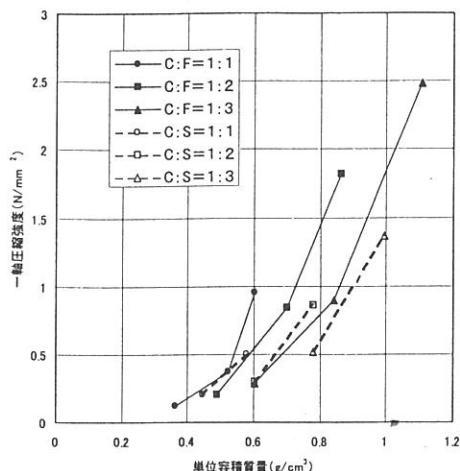


図-2 単位容積質量と一軸圧縮強度の関係(材齢28日)

FA 添加, 砂添加それぞれのケースについて圧縮強度 σ_{28} (N/mm²) を目的変数, セメント量: C (kg/m³) および FA 量: F (あるいは砂量: S, kg/m³) を説明変数として(1)式により重回帰分析を行った。

$\sigma_{28} = a_0 + a_1 \cdot C + a_2 \cdot F$ (あるいは S) $\cdots (1)$ ただし a_i ($i=0 \sim 2$) は偏回帰係数である。なお説明変数をセメント量と FA 量 (あるいは砂量) としたのは FA を添加したケースについて表-4 に示すように変数選択のための重回帰分析を行った結果, この 2 変数を用いた場合に自由度調整済み決定係数: R'^2 が最も大きく, 十分な精度で σ_{28} を推定できると判断したことによる。

(1) 式による重回帰分析の結果を表-5 に示す。FA 添加のケースの偏回帰係数 a_1, a_2 はともに砂添加のケースよりも大きく, FA の強度発現への寄与が推察される。

配合設計例を表-6 に示す。FA をエアモルタルの砂代替材として用いれば, 単位セメント量及び気泡量を減らすことができコスト削減につながるものと考えられる。

(2) 溶出特性

溶出試験については「環境庁告示 46 号溶出試験」(平成 13 年 8 月 23 日付)に準拠して行った。その結果, FA を用いた配合は土壌環境基準を満足することを確認した。

3. 今後の予定

炭種の異なる FA を添加したエアモルタルの強度特性, 溶出特性を把握し, 合理的配合設計手法を提案する予定である。

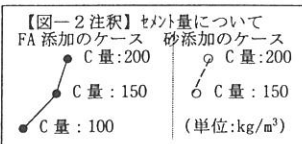


表-4 重回帰分析における変数選択

材種	C 量	FA 量	水量	R' ²
FA	○	○	○	0.88
	○	○		0.90
	○			0.66

表-5 重回帰分析結果

材種	偏回帰係数	R' ²
FA (変数数: 9)	a_0	-1.437
	a_1	0.0099
	a_2	0.0028
砂 (変数数: 6)	a_0	-1.382
	a_1	0.0079
	a_2	0.0018

表-6 エアモルタル配合設計例 (FA 添加と砂添加の比較)

単位容積 質量 (g/cm ³)	一軸圧縮 強度 (N/mm ²)	材種	単位量 (kg/m ³) 【C: セメント, FA: フライアッシュ, S: 砂】				
			C 量	FA 量 (S 量)	C:F (C:S)	単位水量	空気量 (%)
0.6	0.5	FA	125	255	1:2	219	631
		S	178	265	1:1.5	166	674
0.8	1.0	FA	150	400	1:2.7	248	532
		S	210	420	1:2	175	596