

地盤改良材へのフライアッシュの適用性について

九州電力(株)総合研究所 正会員 ○内田 直人

正会員 丸内 進

九州電力(株)土木部

小野 英宏

1. はじめに

現在、当社の石炭火力発電所から年間約 50 万トンの石炭灰が発生している。有効利用用途は、約 70% がセメント原料、コンクリート混和材、人工軽量骨材に有効利用されているが、約 30% は灰捨場に埋立処分されている。このことから、ゼロエミッションを達成するためには、石炭灰有効利用技術の底辺拡大が必要となっているのが現状である。一方、地盤改良工法の一工法である粉体系深層混合処理工法 (DJM 工法) では、地盤改良材として一般的にセメントが用いられている。改良目標強度が低強度の場合でも、改良体強度の均一化を図るために、一定量以上のセメントが使用されることから、材料費は割高となっている。本研究はこの点に着目し、セメントにフライアッシュを混合した地盤改良材の室内試験及び現地試験を実施した。本稿は、これらの試験結果から得られた地盤改良材へのフライアッシュの適用性について述べる。

2. 使用材料

室内配合試験に用いた粘土及び現地配合試験を行う地点の原地盤から採取した粘土の物理試験結果を表-1に示す。地盤改良材として、高炉セメントB種及び当社荅北発電所産フライアッシュ原粉を使用した。

3. 室内配合試験

地盤改良材の強度特性及び安全性を把握するため、セメント量及びフライアッシュ量を変化させ、室内配合試験を実施した。試験結果を表-2に、材齢 28 日における配合量と一軸圧縮強さの関係を図-1に示す。試験結果から得られた知見を以下に示す。

①セメント単味に比べフライアッシュを混合した場合の一軸圧縮強さの低下は殆ど無く、強度はセメント量に支配されている。

②材齢 7 日から材齢 28 日への一軸圧縮強さの伸び (qu_{28}/qu_7) は約 2 倍となった。

③環境庁告示 46 号「土壌汚染に係る環境基準」(以下「土壌基準」)に基づき溶出試験を実施した。試験の結果、基準値を満足しており、安全性に問題が無

表-1 粘土の物理試験結果

項目	単位	GL-1.5m	GL-3.5~4.0m	GL-5.5~6.0m	GL-7.5~8.0m
土粒子密度	g/cm^3	2.633	2.661	2.581	2.656
湿潤密度	g/cm^3	1.615	—	—	—
自然含水比	%	70.6	53.4	58.6	66.7
液性限界	%	52.8	—	—	—
塑性限界	%	37.9	—	—	—
液性指数	%	0.0	0.0	0.0	0.0
砂分	%	32.7	27.0	17.4	48.0
シルト分	%	41.3	41.2	64.8	30.3
粘土分	%	26.0	31.8	17.8	21.7
一軸圧縮強さ	kN/m^2	35.0	—	—	—
摘要		室内配合試験		現地配合試験	

表-2 室内配合試験結果

セメント C	フライアッシュ F	粉体量 C+F	湿潤密度 (g/cm^3)	一軸圧縮強さ (kN/m^2)				強度の伸び qu_{28}/qu_7
				qu_7	平均	qu_{28}	平均	
60	0	60	1.585	402	—	712	—	1.77
	40	100	1.593	383	—	729	—	—
	60	120	1.600	412	402	795	777	1.93
	80	140	1.609	412	—	808	—	—
	100	160	1.613	412	—	812	—	—
80	0	80	1.587	745	—	1,670	—	2.24
	20	100	1.600	912	—	1,784	—	—
	40	120	1.608	941	896	1,886	1,772	1.98
	60	140	1.608	834	—	1,647	—	—
	80	160	1.600	1,589	—	3,042	—	1.91
100	20	120	1.613	1,491	1,565	2,974	2,992	1.91
	40	140	1.620	1,638	—	3,010	—	—
	60	160	1.613	2,177	—	4,242	—	1.95
120	20	140	1.617	2,197	2,153	4,107	4,129	1.92
	40	160	1.620	2,108	—	4,151	—	—

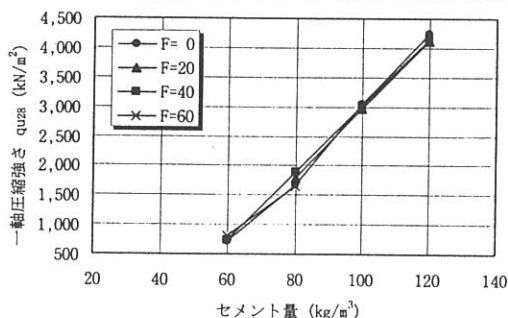


図-1 セメント量と一軸圧縮強さ(材齢28日)の関係

いことを確認した。

4. 現地配合試験

現地における改良体強度及び安全性を確認するため、現地配合試験を実施した。現地目標強度は 300, 400, 700kN/m² とし、これを満足する配合を基本配合試験結果を踏まえ、ケース 1～3 に設定した。粉体量（セメント量とフライアッシュ量の合計）は現地配合試験を行う地点の周辺の地盤改良工事で使用されているセメント量の実績に合わせて 140kg/m³ とした。ケース 4 は、粉体量と改良体強度の均一性の関係を確認するために粉体量 120kg/m³ とした。改良体強度は一軸圧縮強度試験及び針貫入試験¹⁾により確認した。一軸圧縮強度試験結果を表-3 に、ケース 2, 4 の針貫入試験結果を図-2 に示す。試験結果から得られた知見を以下に示す。

①一軸圧縮強さは、最小値でも現地目標強度を満足しており、配合量の選定に問題が無いことを確認した。

②ケース 2（粉体量 140kg/m³）、4（粉体量 120kg/m³）一軸圧縮強さの変動係数は各々 29%, 36% となり、文献²⁾に示された変動係数の範囲 25～35% と同等の値が得られている。ケース 2, 4 の一軸圧縮強さの平均値はほぼ同等の値が得られていることから、粉体量は 140kg/m³ とした方が望ましいと考えられる。

③針貫入試験による換算一軸圧縮強さと一軸圧縮強さは比較的良好に一致していることから、針貫入試験は連続的な改良体強度を把握できる調査方法として期待できる。

④原地盤から改良体のサンプリングを行い、溶出試験を実施した結果、「土壌基準」を満足しており、安全性に問題が無いことを確認した。

5. まとめ

改良目標強度が低強度の場合、必要最低限のセメント量で目標強度を満足し、かつ、改良体強度の均一性を確保するための増量材としてフライアッシュが有効であることが確認できた。

6. おわりに

循環型社会の形成を推進するためには、産業廃棄物の削減・再資源化に積極的に取り組む必要があり、石炭灰の有効利用は当社の義務である。本研究において、地盤改良材へのフライアッシュの適用性が確認できたことから、地盤改良材の材料費低減が可能となり、公共工事のコスト削減にも貢献できるものと考えられる。

参考文献

- 1) 軟岩の調査・試験の指針（案）-1991 年版- 土木学会
- 2) 地盤改良効果の予測と実際 社団法人地盤工学会

表-3 現地配合試験結果

ケース No.	現地目標強度 (kN/m ²)	単位量 (kg/m ³)			湿潤密度 (g/cm ³)	一軸圧縮強さ q_{u28} (kN/m ²)		
		セメント C	フライアッシュ F	粉体量 C+F		最小値	最大値	平均
1	300	70	70	140	1.600	340	893	505
2	400	90	50	140	1.595	423 (409)	898 (2,039)	686 (925)
3	700	110	30	140	1.592	1,110	3,349	1,698
4	300	90	30	120	1.575	498 (160)	1367 (2,400)	754 (1,030)

() 内の数字は針貫入試験による換算一軸圧縮強さ

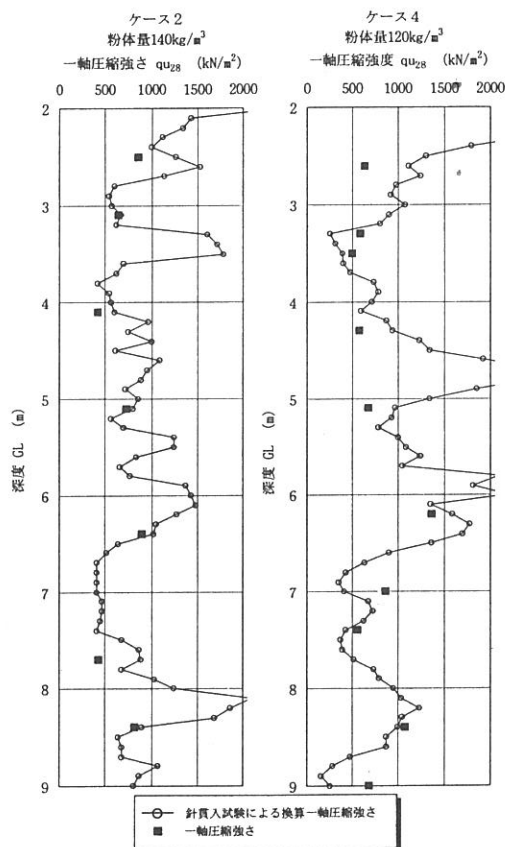


図-2 針貫入試験結果