

## 石炭灰（フライアッシュ）の建設発生土への混合実験

(財)土木研究センター	正会員	○井上	齊
国土交通省土木研究所	正会員	三木	博史
(財)石炭利用総合センター		小笹	和夫
(財)土木研究センター	フェロー	田村	正秀
(財)土木研究センター	フェロー	阪本	廣行

### 1. はじめに

近年ますます、地球環境保護への世界的な意識の高まりから産業廃棄物の有効利用への重要性が増してきている。

石炭灰も1998年度には電気事業のみでも発生量が500万トンに達し、今後も増大が見込まれている。現在その内の70%、350万トンが主にセメントコンクリート関連に再利用されている。しかし、なお150万トン/年の石炭灰が埋め立て処分されている実情から、より一層の有効利用拡大が望まれているところである。

本実験研究ではフライアッシュを直接建設発生土（泥土）に混入し、土質資材（フライアッシュ混合処理土）として有効活用の可能性を検討したので報告する。

### 2. 石炭灰の種類

石炭灰はその燃焼炉における発生箇所から大きくは2種類に分けられる。表-1に石炭灰の種類を示す。ボトムアッシュは粉碎等の工程を経ることで物理的には砂状多孔質の広い粒度分布を示し、化学的には安定した性状を示す。

表-1 石炭灰の種類

種 類	内 容
フライアッシュ	微粉炭燃焼ボイラーの電気集塵機で収集されたもの
ボトムアッシュ	微粉炭燃焼ボイラーの炉底に落下したものなど

フライアッシュはその発生過程から球形微粉体であり、化学的にも原料石炭の性状を継承する。

### 3. 実験概要

・実験に用いた試料土とフライアッシュの特性を表-2に示す。フライアッシュは、B火力発電所から発生した乾灰で、原料炭はオーストリア炭である。また、試料土は粘土分63%の軟弱な建設発生土である。

・建設発生土とフライアッシュとの混合土の目標コーン指数qc値を400~600kN/m<sup>2</sup>とし、予備配合試験を行った。

予備配合試験の結果、フライアッシュの添加率は土の湿潤重量に対し、重量比で30%の配合とした。

・混合は、二軸リボンスクリュー式連続混合機によって行い、ダンプトラックに積込み・運搬し、バックホウで敷均し、その後3t級ブルドーザによる敷均し・締め・転圧を行った。盛土は5層で行い、1層目は良質土による盛土とし、2層目からフライアッシュ混合処理土で盛土を行った。フライアッシュ混合処理土1層（30cm）ごとにコーン指数測定・密度試験等の土質試験を行った。

・混合時に六価クロム溶出抑制の目的で硫酸バンド(Al<sub>2</sub>(SO)<sub>4</sub>)を添加し、酸性側にpH調整を行った。

表-2 試料土とフライアッシュの土質性

土 質		粘性土	フライアッシュ
粒 度	礫分 (%)	0	0
	砂分 (%)	9	2
特 性	シルト分	28	68
	粘土分	63	30
コンシステンス特性	液性限界	75.4	NP
	塑性限界	33.2	NP
	塑性指数 IP	42.2	NP
土のpH		6	11.1
土の強熱減量		8.5	—
土粒子の密度		2.659	2.283
含水比 wn		67.6	0.2
湿潤密度 ρ <sub>t</sub>		1.562	0.979
コーン指数		99	599

キーワード：フライアッシュ、土質改良、リサイクル、盛土、溶出試験

〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4 (タカラビル) TEL 03-3835-3609 FAX 03-3832-7397

- ・溶出試験項目は As、Cr<sup>6+</sup>、Se とし、pH 及び酸化還元電位を同時に測定した。(環境庁告示 46 号法による)
- ・長期追跡試験として、盛土構築後 7 日と 28 日後に、構築された盛土頂部よりオーガーボーリングを実施し、土質試験および溶出試験を行った。
- ・盛土の概要を図-1 に示す。盛土は頂部が 7 m×6 m の大きさをもつ台形とし、前後に締固め機械の安定を得るための普通土による盛土を行った。

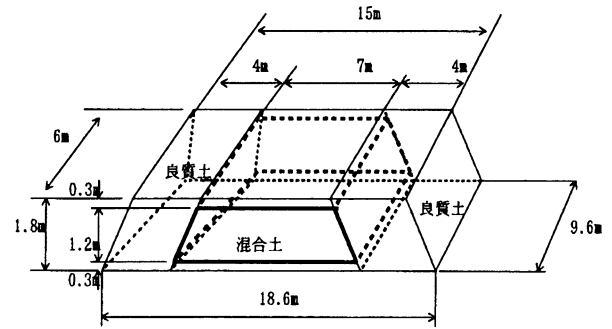


図-1 試験盛土概要

4. 実験結果

4.1 ミキサー排出時の処理土の土質性状

ミキサーから排出された処理土の土質試験結果を表-3 に示す。処理土のコーン指数の平均値は 968kN/m<sup>2</sup> と、予備配合試験結果より強い強度を示した。これは、試料土保管時に屋外で保管したため、含水比が低下したことによるものと推察される。

表-3 ミキサー排出時の土質試験結果(平均値)

項目	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )
処理土の試験結果	968	33	1.660
予備配合試験結果	692	46	1.638

4.2 盛土の追跡試験 (土質試験)

転圧直後、7 日後および 28 日経過後に盛土頂部からハンドオーガーによるボーリングを行い強度と含水比の経時変化を観測した、日数が経過するにしたがって含水比はわずかに増加傾向を示し、コーン指数はばらつきはあるが、低下していない結果が得られた。含水比の変化もばらつきの範囲内と考えられ、締固めにより、盛土の浸潤膨張はほとんど起きなかったと考えられる。

表-4 盛土の追跡試験結果

測定時期	測定深度 (m)	平均コーン 指数(kN/m <sup>2</sup> )	平均含水 比(%)
転圧直後	0.5	645	31
	1.0	595	33
7日経過	0.5	713	32
	1.0	608	34
28日経過	0.5	634	34
	1.0	913	36

4.3 試料土およびフライアッシュの溶出試験

試料土とフライアッシュの溶出試験結果を表-5 に示す。試料土からは土壤環境基準を上回る溶出はなかったが、フライアッシュからは As と Se が土壤環境基準を上回って溶出した。なお、表中 pH と ORP の矢印は、溶出試験前後の値を示している。

表-5 試料土とフライアッシュの化学特性

項目	試料土	フライアッシュ	土壤環境 基準値
Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	<0.005	0.037	0.05
As (mg/l)	0.002	0.014	0.01
Se (mg/l)	0.001	0.031	0.01
pH	6.1→6.1	11.7→12.4	—
ORP (mV)	185→177	-8→28	—

4.4 盛土の溶出試験 (追跡試験)

盛土の追跡調査時における化学物質の溶出試験結果を表-6 に示す。フライアッシュ混合処理土から Cr<sup>6+</sup> の溶出はいずれの場合も定量下限値以下であった。また、

表-6 盛土の化学特性 (追跡調査)

測定時期	測定深度 (m)	Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	As (mg/l)	Se (mg/l)	pH	ORP (mV)
転圧直後	0.5	<0.005	0.006	0.01	4.4→4.7	334→310
	1	<0.005	0.004	0.006	5.0→5.3	305→286
28日経過	0.5	<0.005	0.004	0.003	5.0→5.0	304→311
	1	<0.005	0.004	0.004	5.0→5.1	301→308

\*pHとORPは溶出操作前後の値を示す。

As と Se に関してはわずかな溶出が認められたが、いずれも土壤環境基準値以下であった。

5. おわりに

今回の実験により、フライアッシュを直接的に建設発生土(泥土)と混合することにより盛土可能な良質土が開発できる見通しがついた。現在土質特性と環境特性に関して長期的な追跡試験を継続中である。土質性状および環境特性に対する結論はその後に待ちたい。なお、この実験は経済産業省石炭生産・利用技術振興費補助事業で実施したものである。関係者各位の様々なご支援ご尽力に対して感謝いたします。