

石炭灰の建設材料としての有効利用に関する検討

佐賀大学 理工学部 学生員 ○江口 仁志
同 低平地研究センター 正会員 柴 錦春

1. はじめに

産業廃棄物は近年増加しており、その処理・処分は深刻な問題である。主に電力事業から出るフライアッシュ（以下石炭灰と記す）

はその一つである。大量の石炭灰を有効に利用する方法の一つは、石炭灰を建設

材料（盛土材、地盤改良材等）として使うことである。本研究では、パッチ溶出試験により石炭灰を有明粘土に混合する場合に環境にどのような影響があるかを検討した。また、石炭灰を地盤改良材として利用する場合、その強度特性を一軸圧縮試験により調べた。

2. 試験材料

本研究に使用した石炭灰の組成は測定しなかったが、同じ銘柄の組成を表1に示す¹⁾。主にSiO₂とAl₂O₃で構成され、セメント効果がある成分CaOの含有量が0.7%である。粘土試料は、佐賀県川副町から採取した有明粘土である。その物性値を表2に示す。

3. パッチ溶出試験及び結果

① 試験方法：本研究で行なった溶出試験は、環境庁告示第46号に基づくものであるが、溶液の攪拌については回転数30回/分の装置を用いて2日間溶液を攪拌した。使用した容器は1ℓのガラス瓶であった。試験は粘土と石炭灰を混ぜ、石炭灰単体あるいは石炭灰に5%のセメント混合したものの割合を20%~100%と変化させていき、カドミウム、鉛、六価クロムの溶出を調べた。溶液のpH値、電気伝導率も測定した。

② 溶液のpH値と電気伝導率の変化：図1に示すように石炭灰の混入割合の増加に伴い、溶液がアルカリ度を増すことがわかる。セメント混入によりpH値がさらに増加した。また、混合率の増加に伴って電気伝導率が減少する結果を得た。

③ 重金属の濃度：溶出した重金属の濃度と石炭灰単体または石炭灰+5%セメント混合率の関係を図2に示す。図中の点線は六価クロムの環境基準値(0.05mg/l)、実線はカドミウムと鉛の環境基準値(0.01mg/l)である。カドミウムはすべての場合で検出されなかった。石炭灰単体混入80%を越えたところから六価クロムが基準値を越えて溶出した。鉛について、試験した条件では環境基準をクリアしている。この結果より、石炭灰単体でも60%まで有明粘土に混合する場合、重金属の濃度は環境基準を満たすこと

表1 石炭灰の組成 (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
62.6	26.6	5.8	1.4	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3

表2 粘土の物性

W _L (%)	W _p (%)	粘土分 (%)	シルト分 (%)	砂礫分 (%)
116.60	57.46	31.0	67.8	1.2

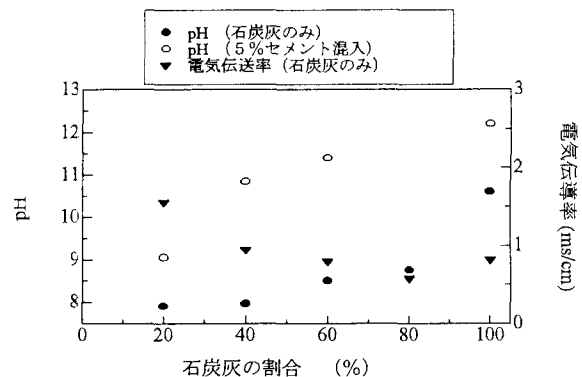


図1 pH・電気伝導率のグラフ

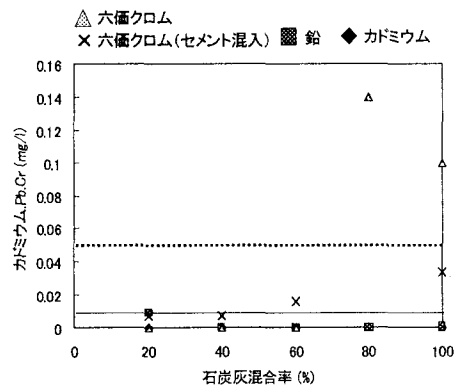


図2 成分結果

ができることがわかった。その場合の pH 値は約 8.5 であった。また、石炭灰に 5 %セメント混入した場合、 Cr^{6+} 濃度の基準値を大きく下回った。

4. 一軸圧縮試験及び結果

① 試験方法：一軸圧縮試験は JIS A 1216 に基づいて行なった。試験の供試体は、石炭灰の含水比を 22.5%にして直径 5 cm、高さ 10 cm のモールドに、質量 $M=1339\text{g}$ 、落下高さ $H=11.2\text{cm}$ のランマーを用いて 4 層に分け 12 回/層で締め固め作成した。試料の乾燥密度は最大乾燥密度の約 90%であった。時間の経過と一軸圧縮強さの変化を調べるため、供試体を湿度が一定に保てる容器に保管し、作成当日、2 日、7 日、14 日、28 日後と試験を行なった。石炭灰にセメント 5 %混入の場合も同じ方法で試験を行なった。また、石炭灰の締め固め試験は JIS A 1210 B-a 法で行い、その結果を図 3 に示す。比較するために図中に他の締め固め曲線²⁾も入れている。本研究に用いた石炭灰の乾燥密度は中間ぐらいであることがわかる。

② 一軸圧縮強さ - 時間の関係：一軸圧縮試験の結果は図 4 に示す。時間の経過に伴い q_u が增加することがわかるが石炭灰のみの場合、7 日の q_u 値は約 100 kPa、28 日の q_u 値は約 130 kPa であった。石炭灰に 5 %のセメントを入れた場合、7 日の q_u 値は約 850 kPa で石炭灰のみの約 8.5 倍であった。この文章作成時点で 28 日後の値は出ていない。

③ 他の結果との比較：図 5 では、文献²⁾による石炭灰 28 日の q_u 値と石炭灰の CaO (Free Lime) 含有率の関係を示している。本研究に使用した石炭灰の CaO = 0.7%での q_u 値は他のデータより低いことがわかる。原因はまだ不明であるが、試料の養生条件が違うのではないかと考える(文献²⁾に養生条件を明記していない)。

5. まとめ

石炭灰の有効利用を想定し、バッチ溶出試験と一軸圧縮試験を実施した。今回の石炭灰のバッチ試験の結果では、石炭灰単体を 60%まで有明粘土と混合した場合、または、セメント 5%添加した場合には、重金属の溶出量は環境基準を満たすことができた。一軸圧縮試験の結果から、試験に適用した条件で、石炭灰のみの場合は 7 日、28 日の q_u 値がそれぞれ約 100 kPa、約 130 kPa、5 %のセメントを混入する場合は 7 日の q_u 値が石炭灰のみの約 8.5 倍であった。

<参考文献> 1) 石炭灰ハンドブック：日本フライアッシュ協会 2) Yudhbir Y.Honjo:APPLICATIONS OF GEOTECHNICAL ENGINEERING TO ENVIRONMENTAL CONTROL:Eleventh Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering,Hong et al.(Eds.):2001 Swets & Zeitlinger,Lisse,ISBN 90 5809 053 1

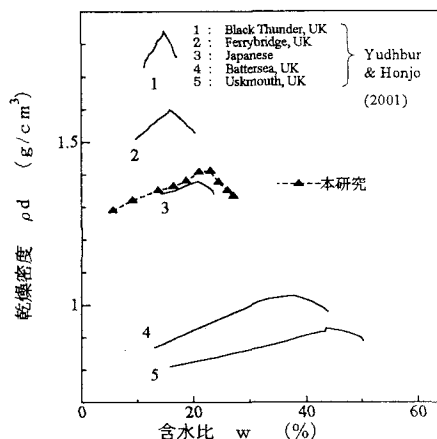


図 3 締め固め曲線

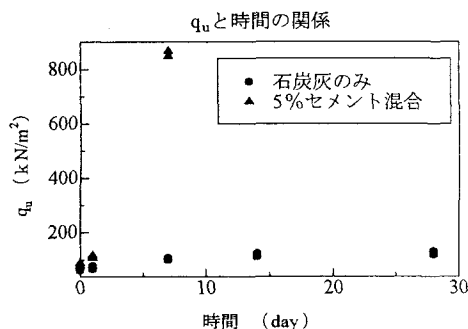


図 4 一軸圧縮強さの変化

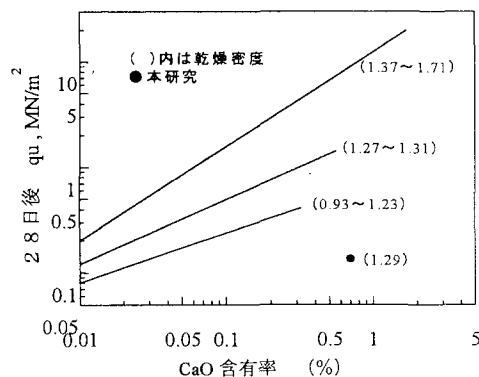


図 5 q_u -CaO 含有率の関係