

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

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利用する方法の一つは、建設材料（盛土材、地盤改良材等）として使用することである。本研究では、バッチ溶出試験、コラム浸透試験、タンクリーチング試験により、石炭灰単体及び、石炭灰・セメント・有明粘土の混合体からの Cr^{6+} の溶出量を検討した。また、その強度特性を一軸圧縮試験により検討した。

2. Cr^{6+} の溶出量に関する試験検討

1) 試験材料：本研究に使用した石炭灰の成分は測定しなかったが、同じ銘柄の成分を表1に示す¹⁾。粘土試料は、佐賀県川副町から採取した有明粘土で、その物性値を表2に示す。セメントはポルトランドセメント（US10）を使用した。

2) Cr^{6+} の溶出量を検討する試験方法：地盤材料から Cr^{6+} の溶出量を測定する試験法として、バッチ溶出試験、コラム浸透試験、タンクリーチング試験がある。本研究では、この3つの試験方法を用いて、総合的に検討した。コラム浸透試験、バッチ溶出試験の試験パターンを表3に示す。タンクリーチング試験は石炭灰単体の塊を用いておこなった。

a) コラム浸透試験：直径15cm、高さ30cmのコラム浸透試験機に、高さ2cmの締固めた試料をセットし、上部から蒸留水を浸透させ、浸出液を採取し、 Cr^{6+} の濃度変化を測定した。

b) バッチ溶出試験：環境庁告示第46号に基づくバッチ溶出試験を行った。使用した固液比は1:10で、使用した容器は1Lのガラス瓶であった。溶液の Cr^{6+} 、pH値を測定した。

c) タンクリーチング試験：建設省技調発第48号に基づいて試験を行った。使用した固液比は1:10であった。

3) Cr^{6+} の溶出量の試験結果及び比較検討：バッチ溶出試験、タンクリーチング試験における溶液中の Cr^{6+} の濃度と、石炭灰混合率の関係を図1に、溶液のpH値を図2に示す。データのばらつきがあるが、これらの図から次のこ

とがわかる。①石炭灰の混合率の増加に伴い、pH値が高くなり、溶液中の Cr^{6+} 濃度が増加する。有明粘土の混合によって Cr^{6+} 濃度が低下した原因として、石炭灰と有明粘土との相互反応によって、溶液中の Cr^{6+} が Cr^{3+} に変化し、粘土表面に吸着したと考えている。有明粘土の Cr^{6+} を Cr^{3+} に変化・吸着する能力は、溶液のpH値に依存し、pH値が低いほど吸着能力が高い²⁾。②セメントの混合によって、 Cr^{6+} 濃度は低下した。石炭灰単体に5%セメント添加した場合、環境基準値以下となった。しかし、セメントの混合で、溶液のpH値

表1 石炭灰の成分 (%)

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	P_2O_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

表3 試験パターン

石炭灰:粘土 (混合比)	セメント添加率 (%)	
	溶出試験	コラム浸透試験
100:0	0, 2, 5	2, 5
80:20	0, 2, 5	2, 5
60:40	0, 2, 5	2, 5
40:60	0, 2, 5	
20:80	0, 2, 5	

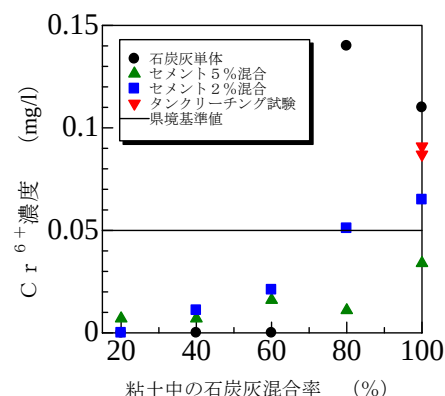
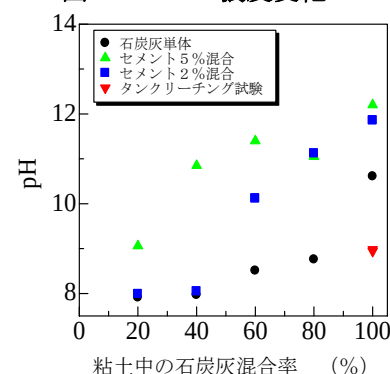
図1 Cr^{6+} 濃度変化

図2 溶液のpHの変化

キーワード：石炭灰、バッチ溶出試験、コラム浸透試験、タンクリーチング試験、一軸圧縮試験

〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地 低平地研究センター TEL0952-28-8582 FAX0952-28-8189

は高くなる傾向を示し、環境に悪影響を与える恐れがある。また、セメント混合により Cr^{6+} 濃度が減少するメカニズムは固結作用と考える。③タンクリーチング試験結果と溶出試験結果を比較すると、タンクリーチング試験の Cr^{6+} 濃度は低い（図1）。

コラム浸透試験の Cr^{6+} 溶出量を石炭灰単体とセメントを混合した場合を図3（a）に、石炭灰・有明粘土・セメントを混合した場合を図3（b）に示す。図中の間隙体積数（以下Nと記す）は、溶出した溶液の量を、それぞれの試料の間隙体積で割ったものである。図3より、 Cr^{6+} 濃度は、Nの増加に伴って減少した。また、セメントの混合により、 Cr^{6+} 濃度が減少した。これは、セメントの固結作用であると考えられる。全体的にコラム浸透試験の Cr^{6+} 濃度は、溶出試験結果より高い。図3（b）より、有明粘土を20%混合すると、 Cr^{6+} 濃度を抑える効果が高く、2%セメント混合 Cr^{6+} 濃度の最大値は、バッチ溶出試験の結果と近い。

3. 一軸圧縮試験及び結果

1) 試験方法：JIS A 1216に基づいておこなった。直径5 cm、高さ10 cmのモールドを用いて最適含水比で締め固め、供試体を作製し、作製当日、2日、7日、14日、28日後と試験をおこなった。供試体は湿度を一定に保つことができる容器に養生した。

2) 試験結果：一軸圧縮強さ q_u -経過時間 t の関係を図4に示す。すべてのケースで時間の経過に伴い q_u 値は増加した。28日の q_u 値は、石炭灰単体では約100 kPa、セメント2%、5%混合した場合、それぞれ、約500 kPa、約1300 kPaとなった。また、石炭灰にセメント2%、5%と有明粘土20%を混合した場合、28日の q_u 値はそれぞれ、約120 kPa、150 kPaとなり、石炭灰単体 q_u 値より高いが、石炭灰単体にセメントを混合した場合よりかなり小さくなった。

4. まとめ

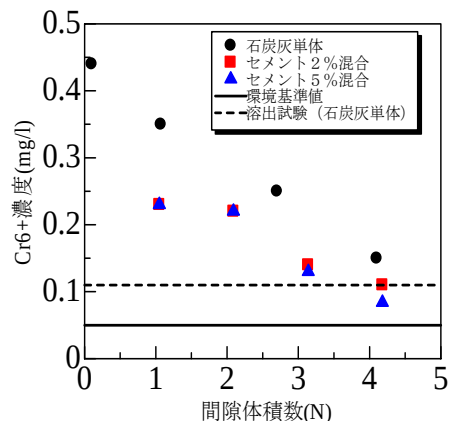
本研究では、1種の石炭灰を建設材料として利用する場合の Cr^{6+} の溶出量、及び強度特性を試験検討した。バッチ溶出試験、コラム浸透試験、タンクリーチング試験結果より次のことがわかった。

1) 石炭灰単体では、溶液中の Cr^{6+} 濃度は環境基準値を超える。有明粘土混合により Cr^{6+} の溶出量を大きく抑制できる。セメントを混合すると、 Cr^{6+} の溶出量を抑制できる一方、溶液のpH値が高くなる。

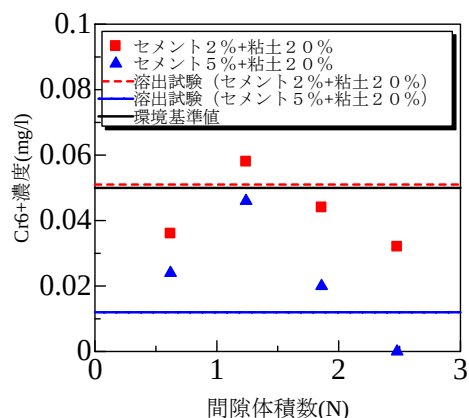
2) バッチ溶出試験からの Cr^{6+} の濃度は、コラム浸透試験の結果より高い場合と低い場合があり、双方の試験を行って総合的に検討する必要がある。

一軸圧縮試験の結果より、石炭灰単体にセメントを混合することにより、その強度は大きく増加する。5%セメントを混合すると、28日の一軸圧縮強さ（ q_u ）は約1300 kPaであり、石炭灰単体の約13倍となった。有明粘土の混合により強度は減少する。石炭灰・セメント5%・有明粘土20%の混合体での28日後の q_u 値は、約150 kPa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) Chai, J.-C., Miura, N. and Onitsuka K. (2004). Adsorption characteristics of Ariake clays to chromium and the effect of pH-value. Proc. 9th Australia New Zealand Conference on Geomechanics. Auckland, pp.467-472.



(a) 石炭灰単体、石炭灰・セメント



(b) 石炭灰・セメント・粘土

図3 コラム浸透試験結果

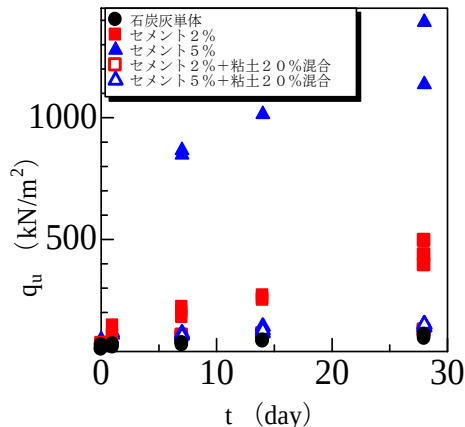


図4 q_u - t の関係