

石炭灰改良材によって改良された軟弱地盤の力学特性

山口大学大学院 学生会員 ○ 林 一智

山口大学工学部 正会員 兵動 正幸

山口大学工学部 正会員 吉本 憲正

日本国土開発(株) 正会員 二宮 康治

沖縄電力(株) 仲本 文範

1. はじめに

現在,石炭火力発電所から発生する石炭灰は膨大な量に上り, その処理が問題となっている.従来,石炭灰は一部セメント分野などで利用されてはきたが,その多くは埋め立て処理されているのが現状であり,今後より一層の有効利用の促進が求められている.そこで本研究では,石炭灰の有効利用の一つとして,石炭灰とセメントを混合した,石炭灰改良材によって改良された軟弱地盤の力学特性を調べることを目的とした.また,重金属溶出試験も行つて環境に対する影響について調べた.

2. 試料および実験概要

表-1 試料の物性値

本研究で用いた試料は,沖縄県中城湾で採取された浚渫土であり,少量の珊瑚れきが混ざつた土である.石炭灰は,オーストラリアのバタングス炭から排出したものである.浚渫土と石炭灰の物性値を表-1 に示す.浚渫土と石炭灰の粒度分布は,粒径で見ると大半がシルト分である.また石炭灰の pH は,アルカリ金属などの酸化物が含まれているため,一般に強いアルカリ性を示すが,今回の石炭灰も pH11.50 と強いアルカリ性を示した.石炭灰改良材とは,石炭灰とセメントを一定の配合比で混合したものである.今回は石炭灰とセメントの重量比で,F/C(石炭灰/セメント)=10/2,10/5 の 2 種類の配合を用意した.浚渫土は,様々な含水比を持つ軟弱地盤に対応可能とするため,含水比 $w=80\%,120\%,180\%$ にそれぞれ調整を行った.配合比 F/C=10/2 の石炭灰改良材においては,3 通りの添加率の改良材をそれぞれの含水比から成る浚渫土に加えた.また,配合比 F/C=10/5 の石炭灰改良材においては,1 通りの添加率の改良材を加えた.ここで,改良材添加率は浚渫土と石炭灰改良材との乾燥重量比と規定している.以上のような条件で,材令 7 日と 28 日の 2 材令で実験を行った.

		浚渫土	石炭灰
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.752	2.204
自然含水比(搬入時) $w_n(\%)$		45.44	0
粒度	れき分 2~75mm(%)	0	0
	砂分 75 μ m~2mm(%)	1.11	30.71
	シルト分 5~75 μ m(%)	63.16	67
	粘土分 5 μ 未満 (%)	35.73	2.29
	最大粒径(mm)	2	0.85
コンスタンシ-特性	液性限界 $w_L(\%)$	66.72	45.8
	塑性限界 $w_p(\%)$	26.12	NP
	塑性指数 $I_p(\%)$	40.59	NP
	コンスタンシ-指数 I_c	0.52	
pH		8.42	11.50

このような条件で配合した供試体と石炭灰について,重金属溶出試験を行った.また,配合比 F/C=10/2 で,含水比 $w=80\%$ では改良材添加率 30%, $w=120\%$ では改良材添加率 60%, $w=180\%$ では改良材添加率 120%,材令 28 日のみで非圧密非排水三軸試験(UU 試験)と割裂引張り試験を行った.UU 試験は JGS0521 に準拠して行った.割裂引張り試験については,供試体形状は直径約 5 cm,厚さ約 2.5 cmとし,载荷速度 0.01mm/s で行った.

表-2 実験条件

含水比 $w(\%)$	改良材添加率(%)	
	F/C=10/2	F/C=10/5
80	30	22
	50	
	70	
120	60	38
	90	
	120	
180	90	50
	120	
	150	

3. 試験結果および考察

3.1UU 試験結果

図-1,2 は,含水比 $w=80\%$,改良材添加率 30%の条件で行つた UU 試験の結果を示している.図-1 は,軸差応力と軸ひずみの関係を示したものである.この図から,せん断初期では軸ひずみの発達とともに急激に軸差応力は増加し,その後ある一定の軸差応力を保つたまま軸ひずみは増加していることがわかる.そして拘束圧の

違いに着目すると、拘束圧が増加しても最大軸差応力は増加せず、ほぼ一定の大きさであることが分かる。

図-2はモールの応力円を示している。この図から、内部摩擦角 $\phi=0^\circ$ であり、粘着力 $c \equiv q_u/2$ となることが分かった。表-3で示すように、他の条件でも同様の傾向を示している。従って、石炭灰改良材によって改良された地盤においては、粘着力 c は一軸圧縮強度の1/2程度になると考えられる。

3.2 割裂引張り試験結果

図-3は、含水比 $w=80\%$ 、改良材添加率30%の条件で行った割裂引張り強度と一軸圧縮強度の関係を示したものである。この図から、割裂引張り強度は $\sigma_t=0.21\sim0.35 q_u$ の範囲にあることが分かった。

3.3 重金属溶出試験結果

土壤環境基準（環境庁告示第46号）にしたがい、環境に与える影響を把握するために重金属等の溶出試験を行った。その結果を表-4に示す。石炭灰はヒ素に関してのみ土壤環境基準値を超える値をわずかに超える値を示している。しかし、すべての含水比・配合比・添加率および材齢の改良土において重金属の溶出量が基準値以下であることから、環境に与える負荷が小さいことを確認できた。

4.まとめ

- 1.石炭灰改良材で改良された浚渫土地盤は、内部摩擦角 $\phi=0$ であり、粘着力 $c \equiv q_u/2$ となることが確認できた。
- 2.割裂引張り強度と一軸圧縮強度は $\sigma_t=0.21\sim0.35 q_u$ の範囲にあることがわかった。
- 3.石炭灰改良材で改良された地盤からの重金属の溶出量は、土壤環境基準値以下であることから、環境に与える負荷が小さいことを確認することができた。

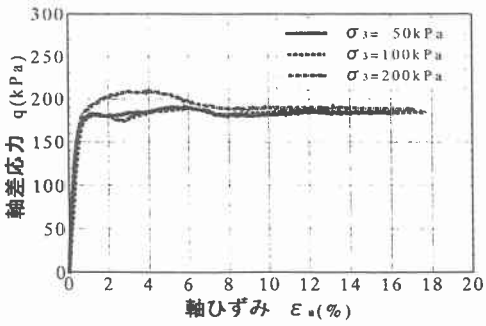


図-1 軸差応力・軸ひずみ関係

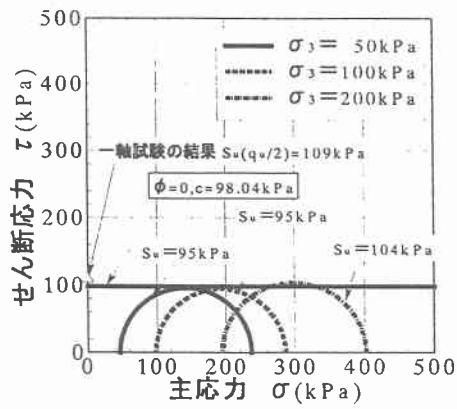


図-2 モールの応力円

表-3 UU 試験結果

含水比 w(%)	強度定数		qu /2 (kPa)
	φ(°)	c(kPa)	
80	0	98.04	109.33
120	0	129.41	99.92
180	0	135.08	148.33

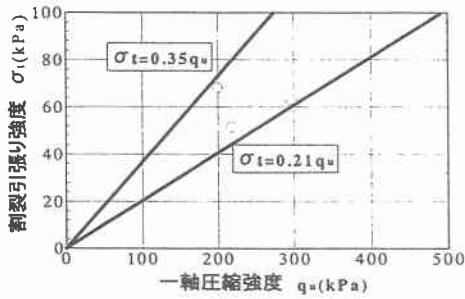


図-3 割裂引張り強度・一軸圧縮強度関係

表-4 重金属溶出試験結果

試験項目	ｶﾞﾙﾐｳﾑ	鉛	六価ｸﾛﾑ	総水銀	ヒ素	全ｼﾞﾝ	ｾﾚﾝ
土壤環境基準値	0.01 以下	0.01 以下	0.05 以下	0.0005 以下	0.01 以下	不検出	0.01 以下
石炭灰	0.001 未満	0.001 未満	0.036	0.0003 未満	0.013	不検出	0.001 未満
試験結果	0.001 未満	0.001 未満 ～0.008	0.005 未満 ～0.020	0.0003 未満	0.001 未満 ～0.004	不検出	0.001 未満

参考文献

1)斎藤直,樋野和俊,浜田純夫,松尾栄治,田中敦之: 石炭灰を使った地盤改良材の改良特性,第 34 回地盤工学研究発表会,pp931-932(199)