

(III-56) 石炭灰とセメントを用いた改良土の力学特性

日建設計中瀬土質研究所 正 大石幹太
同上 正 片桐雅明 正 斎藤邦夫
電源開発株式会社 正 東 健一

1. はじめに

近年、日本における産業副産物としての石炭灰の発生量は年々増加の一途をたどり、西暦 2000 年には年間約 1000 万 t を上回ることが予想されている。一部はセメントの材料として再利用されるとはいえ、なお大量の石炭灰が残り、これらを全て廃棄処分することは用地確保の面から、また環境的な面からも問題がある。そのため、石炭灰を再生資源として有効利用するための技術開発が重要な課題となっており、現在その利用技術の一つとして石炭灰を用いた深層混合処理工法の開発が進められている。この工法は、セメントと石炭灰のスラリーを地盤と攪拌混合して安定処理を行うものであり、その利点の一つには低強度の均一地盤改良が行えることが挙げられる。本研究では、このような石炭灰とセメントを用いた低強度の改良土の力学特性を調べるため、一軸圧縮試験および三軸 C $\bar{U}$ 試験を行った。また、改良対象土となる土の再圧密試料を作製し、この実験結果と比較することにより改良効果も調べた。

2. 試料および実験方法

実験では、改良対象土として川崎粘土を用いた。その物理的性質を表-1に示す。改良のための安定材としては、オーストラリア・ブレアソール炭の石炭灰普通およびポルトランドセメントを用いた。それらの物理的性質は表-2に示す。

改良土の供試体は、一軸圧縮強度で約 200 kPa となるように、川崎粘土(初期含水比 69%)に石炭灰(F)とセメント(C)を表-3に示す配合で攪拌混合し、塩ビパイプ内($\phi = 5$ cm、 $H = 12$ cm)に投入後、約 10 日間湿潤養生して作製した。ここで、表-3における添加セメント量は、川崎粘土 1 m³に対するセメントの重量を表している。再圧密試料は川崎粘土(含水比を 80% に調整)を先行荷重 98 kPa で予圧密したものを用い、これを未改良土として考え、改良土に対する比較対象とした。実験は、それぞれ試料に対し一軸圧縮試験と三軸 C $\bar{U}$ 試験を行った。三軸試験の拘束圧条件は、改良土では 49、98、196 kPa、川崎粘土では 98、196 kPa とした。

3. 実験結果と考察

図-1に一軸圧縮試験の結果を示す。改良土の一軸圧縮強度はほぼ目標通りの約 200 kPa であり、約 2% のひずみで脆性的に破壊している。再圧密試料である川崎粘土は、一軸圧縮強度が約 60 kPa で塑性破壊を呈している。

図-2は三軸 C $\bar{U}$ 試験の結果から得られた応力-ひずみ曲線である。改良土は、一軸圧縮試験結果と同様に約 2%の軸ひずみで脆性破壊をしており、非排水せん断強度は拘束圧が 49、98 kPa では約 200 kPa、拘束圧が 196 kPa では約 290 kPa であった。このことから本実験の範囲において、改良土の非排水せん断強度は少なくとも拘束圧が 98 kPa 以下の条件では一軸圧縮強度と同じであり、再圧密粘土と異なり拘束圧に対する依存性

表-1 川崎粘土の物理的性質

比重		2.704
液性限界 W_L (%)		52.8
塑性限界 W_p (%)		29.0
粘土分 (%)		28.0
シルト分 (%)		53.2
砂分 (%)		18.8

表-2 安定材の物理的性質

材料		セメント	石炭灰
比重		3.16	2.14
比表面積 (m ² /g)		3300	2330
SiO ₂ (%)		21.70	61.91
Al ₂ O ₃ (%)		5.30	21.24
Fe ₂ O ₃ (%)		2.70	2.28
CaO (%)		64.20	1.16
SO ₃ (%)		2.00	0.07

表-3 安定材の配合比率

添加セメント量 (kg/m ³)	42.5
石炭灰-セメント比 F : C	10 : 2.25
水-安定材比 W / (F+C)	0.6

がないことが分かる。

図-3は三軸CU試験から得られた応力経路図である。破壊線は改良土と川崎粘土に対して、それぞれ直線AB、ADを与えることができる。これよりせん断抵抗角 ϕ' は改良土で 68.6° 、川崎粘土で 38.8° と判断できる。すなわち、改良効果により ϕ' が約1.8倍程度大きくなっていることが分かる。ただし、ここで示した改良土に対する ϕ' は拘束圧が98 kPa以上の値であり、上述のように98 kPa以下の拘束圧条件では破壊強度の変化はなく(一軸圧縮強度と同じ約200 kPa)、破壊点が点Cに収束している。このようにある拘束圧以下の条件(本実験の範囲では98 kPa以下)で、破壊強度に拘束圧依存性がなく、なおかつ破壊時の有効応力状態が一点に収束するような現象も改良効果によるものであり、安定材による土粒子間の固結に起因するものと思われる。さらに、拘束圧が49 kPaでの改良土の応力経路を見ると、その形状は過圧密粘土的な挙動を示しており、安定材による土粒子間の固結力が土に対し過圧密的な影響を与えていることも考えられる。

4. まとめ

石炭灰とセメントを用いて低強度(一軸圧縮強度約200 kPa)の改良を施した川崎粘土とその再圧密試料との比較より、今回の実験からは以下の知見が得られた。

- (1) ある拘束圧以下の条件では(本実験の範囲では98 kPa以下)、改良土の破壊強度は一軸強度とほぼ等しく、強度の拘束圧依存性は見られない。
- (2) 改良土のせん断抵抗角は、再圧密試料に比べ改良効果により約1.8倍程度大きくなった。

これらの改良効果は、改良対象土が異なれば発現の度合いが異なることが予想されるため、今後は実験条件を増やしつつ異なる土においても検討してみたい。

参考文献

- 1) J. Asano et al. (1996) : Deep Mixing Method of soil stabilization using coal, Proc. 2nd Int. Conf. on Ground Improvement Geosystems, IS-TOKYO '96, Balkema, Vol.1, pp393-398.
- 2) K. Ohishi et al. (1997) : An Application of Special Soil Improvement to Excavation Work, 1997 International Conference on Engineering Materials, (投稿中)

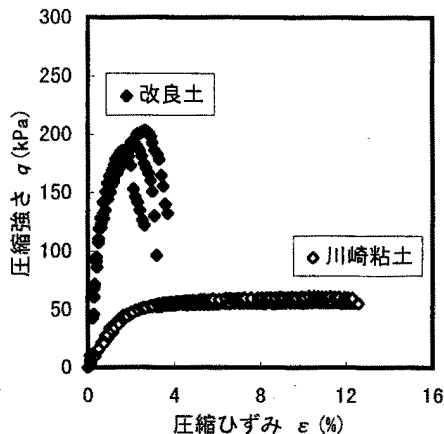


図-1 一軸圧縮試験の結果

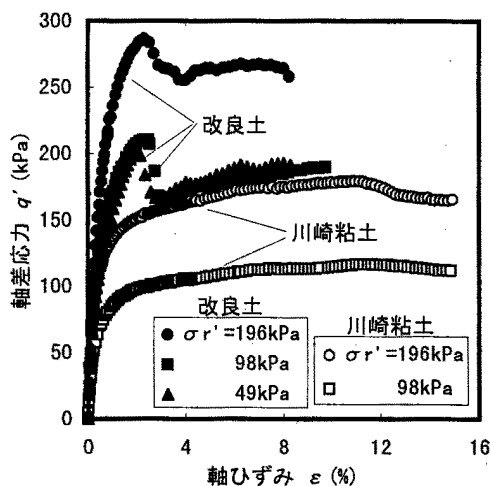


図-2 三軸CU試験の結果

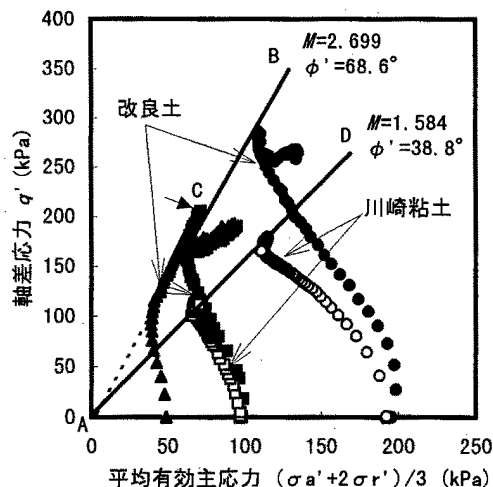


図-3 応力経路の比較