

石炭灰を用いた複合固化処理土の力学特性の改善効果

九州大学大学院 学○溝田 景子
九州大学大学院 F 落合 英俊 正 大嶺 聖
九州大学大学院 正 安福 規之 正 小林 泰三

1. 研究背景

我が国の石炭灰発生量は、平成 17 年度に 1,115 万トンに達しており、引き続き増加の傾向を示している。そのため、石炭灰の有効利用が課題となっている。近年は、セメント原料や肥料として有効利用が進んでいるが、埋立処分されているものも少なくなく、一層の有効利用が求められている。また、セメント固化処理土は固化材の添加量を変化させることで任意の強度に設定出来るが、一般的に引張りによるクラックが生じやすく、脆性的な挙動を示し、破壊後には十分な機能を保持することができない。既設盛土の拡張・拡張等にセメント固化処理土を用いる場合、既設盛土との圧密特性が異なることを考慮しなければならず、不同沈下が生じた場合、セメント固化処理土のひび割れや下面に空洞が生じる。そのため、変形追随性を持ったセメント固化処理土の開発が求められている。そこで、本研究ではリサイクル材の有効利用の観点より、石炭灰を有効利用したセメント固化処理土を地盤材料としての利用することを目的に、破碎したセメント固化材と充填材として浚渫土を用いた、複合固化処理土の力学特性の改善効果を明らかにする。

2. 複合固化処理土について

石炭灰を混入した固化処理土を破碎して粒状材にし、それをスラリー状の固化処理土（充填材）と混合することにより、新たな複合固化処理土を作製するものである。石炭灰を混合したセメント固化処理土は一定期間養生した後に破碎して、9.5mm ふるいを通過し、2.0mm ふるいに残留したものを粒状材として用いる。スラリー状の固化処理土は軟弱な建設発生土または浚渫土にセメントを添加したスラリー状のものをを用いる。図-1 に複合固化処理土の簡単なイメージ図を示す。

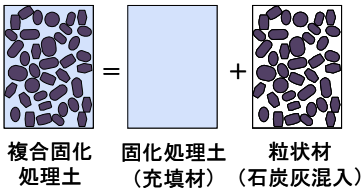


図-1 複合固化処理土イメージ図

表-1 実験条件

資料		有明粘土
固化材		普通ポルトランドセメント
粒状材	石炭灰添加量	$C_F=100\text{kg/m}^3$
	固化材添加量	$C_G=100\text{kg/m}^3$
	粒径	2.0～9.5mm
固化処理土 (充填材)	母材	有明粘土
	固化材添加量	$C_M=50, 100\text{kg/m}^3$
養生条件		20℃、7日間

3. 実験概要

実験条件を表-1 に示す。含水比 250 % の有明粘土に石炭灰を $C_F=100\text{kg/m}^3$ 、セメントを $C_G=100\text{kg/m}^3$ で添加した固化処理土を破碎し粒径を 2.0～9.5mm に調整したものを粒状材とする。その粒状材と $C_M=50, 100\text{kg/m}^3$ とした固化処理土を混合して、密に詰まるように突き固めた供試体を養生させてコーン指数試験・三軸圧縮試験することで力学特性を把握する。粒状材は養生 3 週間を超えたものを使用し、養生 7 日で三軸圧縮試験を行う。三軸圧縮試験では圧密圧力は 98kPa とする。また、 $C_M=50 \cdot 100 \text{ kg/m}^3$ の複合固化処理土、 $C_M=100 \text{ kg/m}^3$ の固化処理土、粒状材の 4 パターンでコーン指数試験を行う。試験は養生日数 1・3・7 日で行う。

4. 実験結果と考察

図-2 に示すコーン指数試験結果では、粒状材を詰めただけではあまり大きな指数は得られなかったが、 $C_M=100\text{kg/m}^3$ としたときの複合固化処理土は大きな指数を示した。同じセメント添加量の場合、固化処理土だけよりも複合固化処理土のほうが指数が増加することが分かった。また、複合固化処理土は固化処理土のセメント添加量の増加にともなって指数も増加している。

図-3 に豊浦砂と粒状材の軸差応力と軸ひずみの関係を示す。粒状材は初期剛性が小さく、ひずみの増加とともに応力が徐々に

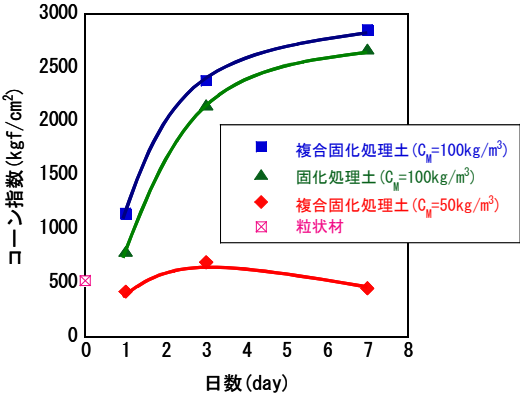


図-2 コーン指数試験結果

増している。これは体積が収縮しており、粒状材がつぶれて圧縮性が増したと考えられる。豊浦砂は初期剛性が大きくピークを示した後に応力が下がっている。最大強度 50% の位置における割線変形係数を E_{50} とすると、豊浦砂は $E_{50}=47.55\text{MPa}$ であるが、粒状材は $E_{50}=1.914\text{MPa}$ とかなり小さな値を示し、粒状材は剛性が小さく圧縮性が高いことが分かる。次に $C_M=50\cdot 100\text{kg/m}^3$ の複合固化処理土における軸差応力および間隙水圧と軸ひずみの関係を図-4 に示す。 $C_M=50\text{kg/m}^3$ の場合、軸差応力は約 150kPa だが、 $C_M=100\text{kg/m}^3$ の場合、約 350kPa で倍以上の強度を持っている。また、いずれも正の間隙水圧が発生している。ここで、図-5 に示す応力経路を見てみると、全応力経路は添加量に関わらず同様の挙動を示す。有効応力経路は、一度平均主応力が減少した後に増加する傾向を示す。また、各材料の軸差応力と軸ひずみの関係を図-6 に示す。同じ添加量の複合固化処理土と固化処理土を比べると、破壊時のひずみが大きく異なる。固化処理土は小さなひずみで破壊に至るが、複合固化処理土はひずみが大きくなっても軸差応力は増加傾向を示している。そして、複合固化処理土と固化処理土の割線変形係数 E_{50} を比較すると $C_M=50\text{kg/m}^3$ では、複合固化処理土は固化処理土の約 1/5 だが、 $C_M=100\text{kg/m}^3$ では、約 2/3 と剛性の差もあまり見られない。セメントの添加量に関わらず複合固化処理土の E_{50} は粒状材に比べると大きな値をとる。

この様なことから、低品質の粒状材と固化処理土を混合させて複合固化処理土にすることで、大きな剛性と破壊ひずみを持ち、変形追随性を持つ材料を作製することが出来る。

5. まとめ

- 1) 粒状材を混合した複合固化処理土は、低品質の粒状材に比べ大きな剛性を持ち、固化処理土に比べ大きな破壊ひずみを持つことが分かり、変形追随性を持つ新しい処理土である。
- 2) 破碎後のセメント固化材や軟弱な建設発生土を用いて新しい処理土を作製できるため、リサイクル材としての活用が期待できる。

参考文献

高山英作・落合英俊・安福規之・大嶺聖・小林泰三：気泡軽量土を粒状材として活用した複合固化処理土の力学特性, 第 41 回地盤工学研究発表論文集 p799~800, 2006

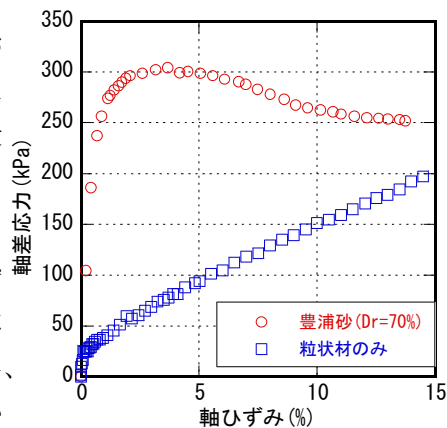


図-3 豊浦砂と粒状体の軸差応力と軸ひずみの関係の比較

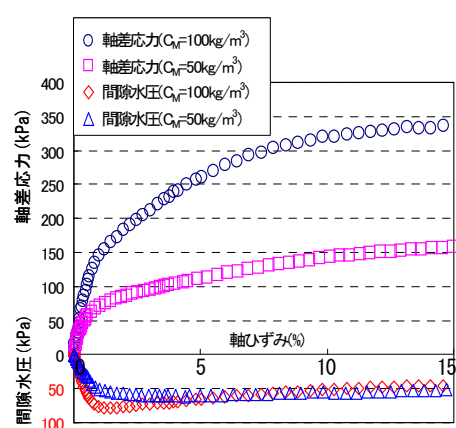


図-4 複合固化処理土の軸差応力・間隙水圧と軸ひずみの関係

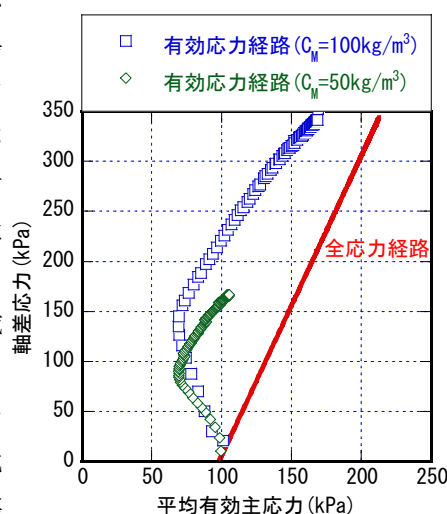


図-5 複合固化処理土の応力経路図

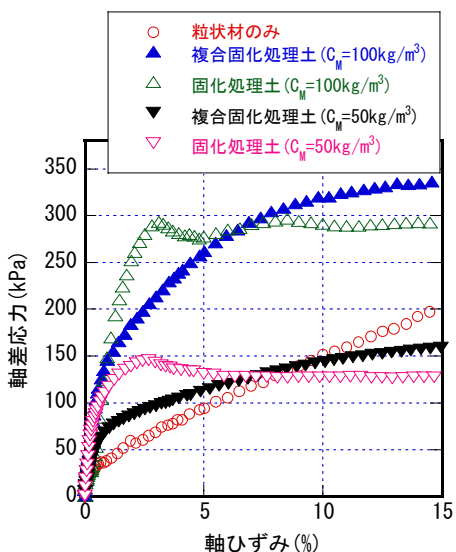


図-6 各材料の軸差応力と軸ひずみ関係

表-2 三軸試験結果

	セメント添加量 $C_M(\text{kg/m}^3)$	ピーク値 (kPa)	破壊時の ひずみ(%)	割線変形係数 E_{50} (Mpa)
複合固化処理土	50	159	15.0	5.676
	100	337	15.1	11.22
固化処理土	50	146	2.68	25.56
	100	293	3.10	15.42
粒状材		201	15.0	1.914
豊浦砂		304	3.68	47.55