

ベッドアッシュの地盤改良材としての強度発現に関する基礎的研究

長崎大学工学部 学生会員 尾崎 博和 長崎大学大学院 正会員 ○ 杉本 知史
学生会員 白岩 直人 正会員 大嶺 聖 水資源・環境研究所 非会員 矢野 友一郎

1. はじめに

近年、東日本大震災の発生による原発事故の影響を受け、火力発電所の稼働率が増している¹⁾。ベッドアッシュは加圧流動床燃焼方式(Pressurized Fluidized Bed Combustion: PFBC)の火力発電により発生する産業副産物であり、火力発電所の稼働率増加に伴い排出量が増加しているため、ベッドアッシュの処理問題が顕在化している。ベッドアッシュは石炭灰の一種で、Ca、Al、Siなどの反応性物質が多く含まれており、自硬性を持つことが明らかになっている²⁾。本研究では、佐賀平野のクリーク堤体の改良を想定し、ベッドアッシュ単体を固化材として用いた場合の改良土の力学的特性および化学的特性の評価を行う。

2.改良対象土、改良材の概要

本研究では有明海沿岸の軟弱地盤の改良を想定し、高含水比粘性土である海成粘土の有明粘土、陸成粘土の蓮池粘土を取り扱う。この改良対象土の物性値を表-1に示す。有明粘土は、佐賀県鹿島市七浦海岸沖で採取したものを、蓮池粘土は佐賀市川副町で採取したものをを用いる。今回は水とベッドアッシュ(以下BA)の量の比に着目し、液性限界と自然含水比を考慮した上で、有明粘土の初期含水比を160%、200%、240%に、蓮池粘土の初期含水比を120%、160%、200%に調整したものを試料として用いる。また、BAはK発電所で発生したものを使用する。

3. 実験概要

所定の含水比に調整した改良対象土に固化材としてベッドアッシュを混合攪拌し、高さ10cm、直径5cmのモールドで供試体を作製する。供試体作製後モールド上端部をプラスチックフィルムで覆い温度25℃、湿度90%の恒温恒湿槽において養生を行う。表-2は実験ケースを示す。所定の養生期間後、一軸圧縮試験とpH測定試験を行い、BAと改良対象土の含水量の比(以下B/W)と一軸圧縮強度、pHとの関係を明らかにする。また、石炭灰には重金属類の溶出の懸念があるので、BA単体での溶出試験も行う。溶出試験は長崎大学産官学連携戦略本部共同研究支援部門環境安全支援室の田平泰広教務職員に依頼した。

4. 実験結果及び考察

図-1(a)と(b)はそれぞれ有明粘土及び蓮池粘土を用いた改良土の一軸圧縮強度とB/Wの関係を示している。これらからB/Wが高いほど一軸圧縮強度が高く、養生期間が長いほど強度が上昇することが分かる。これはBAに多く含まれているCaが反応するのに、最適な改良対象土中の水の量が存在するためと考えられる。また、養生日数が長いほど強度が上昇するのは、強度の発現において、Caの反応に数週間の時間を要する性質を有しているためと考えられる。図-1(a)と(b)を比較すると、一軸圧縮強度は有明粘土の場合が最大で800kPa程度であるのに対して、蓮池粘土の場合は1200kPaで1.5倍近い一軸圧縮強度が発現していることが分かる。粘土試料の改良においては、有機物の含有量が増えることにより、一軸圧縮強度が低下することが明らかになっているので、これは有機物を多く含む有明粘土が、固化による強度の

表-1 改良対象土の物性値

物性試験項目		有明粘土	蓮池粘土
土粒子の密度(g/cm ³)		2.58	2.62
自然含水比(%)		223.49	122.04
粒度組成	砂(%)	16	2
	シルト(%)	9	40
	粘土(%)	75	58
液性限界(%)		166.51	146.47
塑性限界(%)		58.64	50.68
pH		8.4	4.2
強熱減量率(%)		11.7	9.35

表-2 実験ケース

改良対象土	含水比(%)	BA添加量(kg/m ³)	材齢(日)
有明粘土	160	50, 100 150, 200, 250	7,14,28,56
	200	150, 200, 250	
	240	200, 250, 300	
蓮池粘土	120	50, 100 150, 200, 250	7,14,28,56
	160	150, 200, 250	
	200	200, 250, 300	

キーワード ベッドアッシュ, 有明粘土, 蓮池粘土

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学・工学部・社会開発工学科・地盤環境研究室

T E L 095-819-2618

発現を妨げる性質を有していることが原因として考えられる³⁾。また、図-1(a)と(b)より、BA の固化作用が発生するには、どちらの粘土においても B/W が約 0.15 程度の最低限の BA の添加量が存在することも分かる。佐賀平野のクリーク堤体に求められる一軸圧縮強度は 50kPa であることから、有明粘土ならば B/W が 0.17 程度、蓮池粘土ならば B/W が 0.14 程度での BA の添加によって、養生期間 7 日から所要の強度を満たすことができると考えられる。図-2(a)と(b)は有明粘土及び蓮池粘土の pH と、BA と試料の乾燥質量の比 (以下 BA 添加率) との関係を示す。図-2(a)と(b)を見ると BA 添加率が高いほど pH が高く、養生期間が長いほど pH が若干低下していることが分かる。これは BA に多く含まれている Ca が、BA 添加率が高くなるほど多くなり、アルカリ性物質の溶出量が増えることによるものと考えられる。また、養生期間が長いほど pH が低下するのは、Ca の化学反応により粘土の固化が進むことによって、溶出するアルカリ性物質の量が低下したためと考えられる。結果として BA を添加した試料は佐賀平野のクリーク堤体に求められる一軸圧縮強度である 50kPa を発現する際に pH が 10.2~10.6 程度となっている。しかしながら、実際は塊状で改良土が在置されることから、弱アルカリ程度の溶出が見込まれる。また BA の重金属測定試験の結果は、表-3 のようになり、土壤環境基準に定められた基準値をすべての物質において下回っている (N.D.: 不検出) ことが分かった。

5.おわりに

BA を固化材として使用した場合、B/W と一軸圧縮強度、pH の間に直線的な関係が成り立つことが分かり、任意の所要強度に必要な BA の添加量を求められることが分かった。

今後の展望として、石膏と配合する際の添加量を決定し、強度と pH の関係から配合設計手法の提案を行う予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、試料を提供してくださった佐賀中部農林事務所の方々、九州電力㈱の方々、重金属溶出試験をしてくださった長崎大学共同研究交流センター田平泰広氏のご協力に謝意を表します。

参考文献

(1) 経済産業省 資源エネルギー庁：電力調査統計，平成 15 年度～平成 24 年度。(2) 中下明文ほか：高温履歴を受けた加圧流動床灰混入コンクリートの強度発現性，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，No.1，pp.347-352，2003.7。(3) 鬼塚克忠ほか：有明粘土の生石灰による改良効果に及ぼす有機物と塩分の影響，土と基礎，50(11)，pp.33-35，2002.11

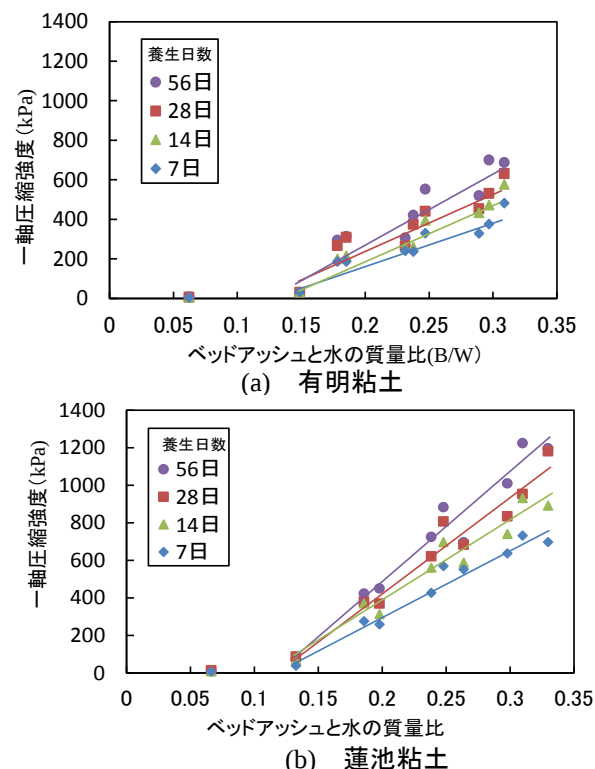


図-1 改良土の一軸圧縮強度と BA/W の関係

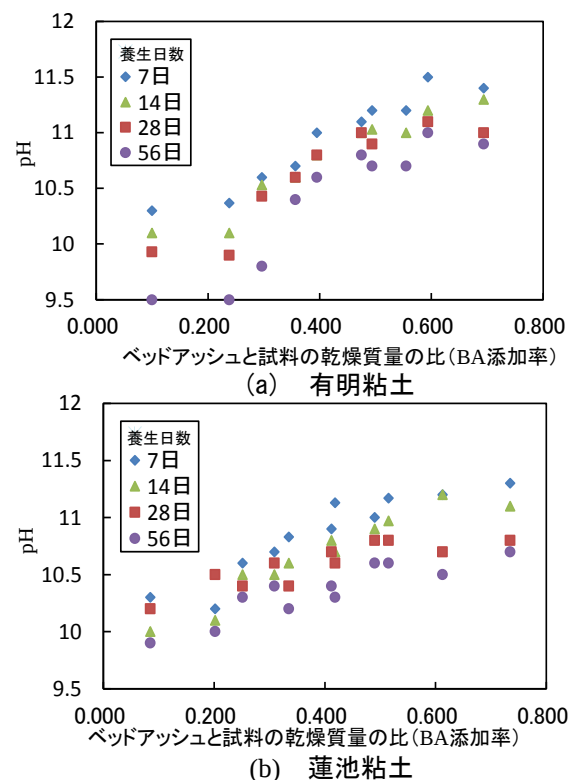


図-2 改良土の pH と BA と試料の乾燥質量の比 (BA 添加率) の関係

表-3 BA の重金属溶出試験の結果と土壤環境基準

項目	検出量	土壤環境基準	単位	結果
六価クロム	<0.01	0.05以下	mg/L	N.D.
カドミウム	<0.005	0.01以下	mg/L	N.D.
鉛	<0.005	0.01以下	mg/L	N.D.
ヒ素	<0.005	0.01以下	mg/L	N.D.
セレン	<0.005	0.01以下	mg/L	N.D.
水銀	<0.0005	0.0005以下	mg/L	N.D.
フッ素	<0.1	0.8以下	mg/L	N.D.