

再生石膏とベッドアッシュを用いた 地盤改良材の長期強度に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○白岩 直人 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史
長崎大学大学院 正会員 李 博 長崎大学工学部 学生会員 柏山 啓太

1. はじめに

石膏ボードは建築物の壁・天井に広く用いられており、その生産販売量は年々増加している。一方で今後建築物の解体等の増加に伴い排出量の膨大な増加が予測されており、石膏ボードの処理は社会問題化しつつある¹⁾。また近年、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²⁾。ベッドアッシュ(以下、BA)は加圧流動床燃焼方式(Pressurized Fluidized Bed Combustion: PFBC)による火力発電に伴い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、BAの処理問題が顕在化している。本研究では、農業クリーク堤体の改良を想定し、BAと石膏の特徴を活かして固化材として用いた場合の長期的な強度に関する力学的特性および化学的特性について検討する。

2. 改良対象土

本研究では有明海沿岸の高含水比粘性土である海成粘土の有明粘土を取り扱う。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を用いる。今回は石膏量及び初期含水比に着目し、液性限界を考慮した上で、有明粘土の初期含水比を160%、200%、240%に調整したものを試料として用いる。BAは九州電力管内の火力発電所より排出されたものを使用する。

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石膏とBA、フッ素溶出を抑制するために下水汚泥の焼却汚泥である流動床集塵灰を混合攪拌し、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。所定期間養生後、乾湿繰り返し試験を行う。乾湿繰り返し試験は、2日おきの乾燥と湿潤の繰り返しを1サイクルとし、所定の回数乾湿繰り返し試験を行なった後、一軸圧縮試験を行った。実験ケースを表-2に示す。今回は初期含水比による強度変化への影響を考慮するために初期含水比を160%、200%、240%の3ケースに設定する。また、石膏添加量の違いによる強度変化への影響を考慮するために、含水比160%時に石膏添加量200kg/m³と400kg/m³の2ケースを行なうこととする。さらに、BAと石膏を加えた供試体の環境への影響を考慮するため、pH測定試験を行なう。

表-1 改良対象土の物性値

物性試験項目		有明粘土
土粒子の密度(g/cm ³)		2.62
自然含水比(%)		247
粒度組成	砂(%)	19
	シルト(%)	16
	粘土(%)	65
液性限界(%)		184.00
塑性限界(%)		56.30

表-2 乾湿繰り返し試験ケース

改良対象土	含水比 (%)	BA (kg/m ³)	石膏 (kg/m ³)	焼却下水汚泥 (kg/m ³)	養生日数 (日)	サイクル (回)
有明粘土	160	200	200,400	40	28	1
	200		400			3
	240					5 7

4. 実験結果及び考察

4.1 力学的特性

図-1は乾湿繰り返しのサイクル数と一軸圧縮強度の関係を示しており、図-1(a)は添加材を同量にした場合の初期含水比の違いにおける強度の変化を示している。乾湿繰り返し試験開始前の28日養生後での力学的な特徴としては、初期含水比240%の際の一軸圧縮強度が他の2ケースに比べ高く、初期含水比200%と初期含水比160%の一

軸圧縮強度にはそれほど大きな差はない状態であった。サイクル数と一軸圧縮強度の関係に着目すると、初期含水比 240%のケースは 1 サイクル目以降、一軸圧縮強度が低下していくのに対し、他の 2 ケースは一軸圧縮強度が僅かながら上昇している。初期含水比 240%のケースは初期含水比が高く、石膏と BA が反応したため初期で高強度となり、乾湿繰り返し試験による劣化で一軸圧縮強度が低下したものと考えられ、他の 2 ケースに関しては、初期含水比が低いために石膏や BA が全て反応しきれずに供試体内に存在しており、湿潤によって少しずつ反応が進んでいるためにサイクル数が増しても一軸圧縮強度が上昇したと考えられる。図-1(b)は初期含水比 160%の場合における石膏量の違いによる強度の変化を示している。図-1(b)より、石膏 400kg/m³の方が一軸圧縮強度は高いものの、強度の変化に大きな差は見られなかった。また、石膏 200kg/m³においても初期含水比が低いために石膏や BA が全て反応しきれずに供試体内に存在しており、湿潤によって少しずつ反応が進んでいるために一軸圧縮強度の低下が見られなかったと考えられる。既往の研究において、秋元ら³⁾は蓮池粘土に石膏と高炉セメントを用い、初期含水比の違いに着目し、乾湿繰り返し試験を行なったところ、同様に初期含水比の低い供試体においては乾湿繰り返し試験により一軸圧縮強度の上昇が見られた。

4.2 化学的特性

図-2 は湿潤課程において使用した水の pH 値とサイクル数の関係を示している。図-2 より、どの実験ケースにおいてもサイクル数が増加する度に pH 値が増加していることが分かる。これは、乾湿繰り返し試験により供試体が崩れ、湿潤に使用した水にアルカリ分が少しずつ溶け出しているからであると考えられる。しかしながら、これらの値はセメント系固化材による改良土の pH と比べ概ね 1 程度小さいものであり、また、供試体表面に接する単位面積当たりの水の量は、農業用クリークの表面に接すると想定される単位面積当たりの水の量に比べ非常に大きいことから、作物栽培に利用される農業用水路の水の pH 値としては、希釈等の効果から問題のない範囲に収まるものと予想される。

5. おわりに

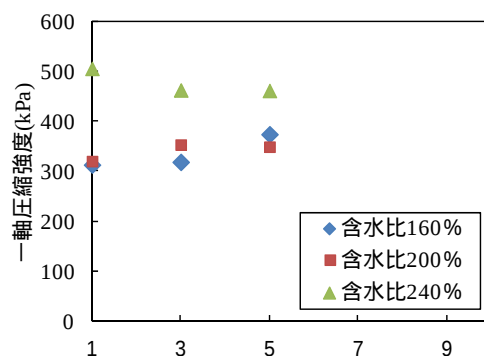
石膏を添加することで、乾湿繰り返しを行なった際の強度変化への影響を明らかにした。また、供試体表面の劣化によって湿潤で使用した水の pH 値が上昇することが確認された。今後は、石膏添加量と初期含水比の関係、石膏を添加した際のより長期的な強度への影響について検討していく必要がある。

参考文献

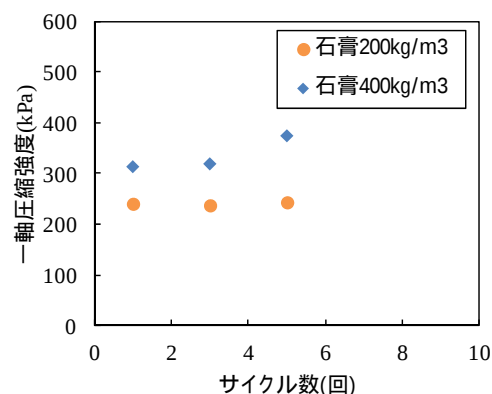
- 1) (株) 真人, 再生石膏中性固化材エコパ, 2004
- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁: 電力調査統計, 平成 15 年度～平成 24 年度
- 3) 秋元 一郎太: 再生石膏中性固化材と高炉セメントによる地盤改良における乾湿繰り返しに伴う強度変化に関する研究, 長崎大学工学部社会環境開発工学科卒業論文

謝辞

本研究を進めるにあたり試料を提供して下さい了三和興業(株)ならびに九州電力(株), ハラサングョウ(株), 佐賀県有明海沿岸道路整備事務所の方々に謝意を表します。



(a) 粘土試料の初期含水比の違いによる比較



(b) 再生石膏添加量の違いによる比較

図-1 乾湿繰り返し回数と一軸圧縮強度の関係

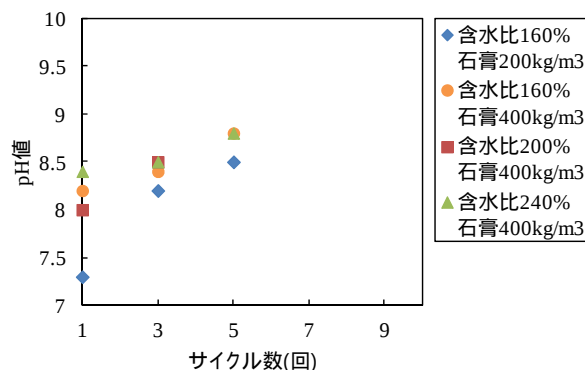


図-2 湿潤課程に使用した水の pH 値の推移