

再生石膏とベッドアッシュを用いた低アルカリ固化材の
地盤改良材としての力学的特性の評価

長崎大学工学部 学生会員 ○丹田 実花
長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖

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 杉本 知史

1. はじめに

現在、石膏ボードの生産販売量が増加している。一方で、建物の解体などに伴い、今後の排出量の増加が予測され、廃石膏ボードの処理問題が喫緊の課題となっている。また、石炭火力発電所は国のエネルギー基本計画でもベースロード電源として位置づけられ、高稼働率運転が見込まれることから、石炭灰処理は今後とも大きな課題といえる。本研究では、昨年白岩らによって行われた研究¹⁾に基づき、リサイクル材による固化のメカニズムを解明し、石膏ボードと石炭灰のひとつであるベッドアッシュ（以下 BA）の新たな地盤改良材としてのクリーク堤体改良への利用の可能性を明らかにするために力学的特性を実験により評価する。

2. 改良対象土、改良材の概要

本研究では、高含水比粘性土である海成粘土の有明粘土を対象に実験を実施する。有明粘土の物性値を表-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、改良土の初期含水比、再生石膏と BA の配合量に着目し、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%、240%に調整したものを試料として用いる。また、BA は九州電力荏田火力発電所で発生した PFBC 灰を使用する。

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再生石膏と BA、フッ素の溶出を抑制するために焼却下水汚泥を混合攪拌し、高さ 100mm、直径 50mm のモールドで供試体を作製する。供試体作製後、モールドの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 28 日間養生を行う。養生後、モールドから供試体を取り出し、2 日おきに恒温恒湿槽で乾燥と水浸を繰り返す。乾湿繰返し試験²⁾のケースを表-2 に示す。乾燥、湿潤の順で所定の回数乾湿繰返しを行い、湿潤後に一軸圧縮試験を行う。また、各サイクルで供試体の質量を測り、質量変化を考察する。

4. 実験結果および考察

4.1 乾湿繰返し回数と質量変化

一軸圧縮試験を行う供試体の乾湿繰返しの操作回数と初期質量対質量変化の割合の関係を図-1 に示す。図-1 より初期含水比 160%の改良土に再生石膏を添加した場合、他の実験条件のものと比べ、安定した挙動を示した。これは、固化材の量に対し、供試体作製時の水分量が不十分であり、反応しきれなかった固化材の反応が 7 サイクル目までの水浸過程においても進行したためと考えられる。また、どの条件も湿潤状態での大幅な質量変化は見られなかった。このことから、再生石膏を添加し、所定の含水比においてサイクル数を重ねても質量の大幅な変化は生じないことが分かる。

表-1 改良対象土の物性値

土粒子の密度(g/cm ³)		2.70
自然含水比(%)		237.84
粒度分布 (%)	砂	2.0
	シルト	29.5
	粘土	68.5
液性限界(%)		151.95
塑性限界(%)		50.70
塑性指数		101.25

表-2 実験ケース

改良対象土	有明粘土
初期含水比(%)	160 240
ベッドアッシュ(kg/m ³)	200
再生石膏(kg/m ³)	0 200
焼却下水汚泥(kg/m ³)	40
養生日数(日)	28
サイクル数(回)	0,3,7

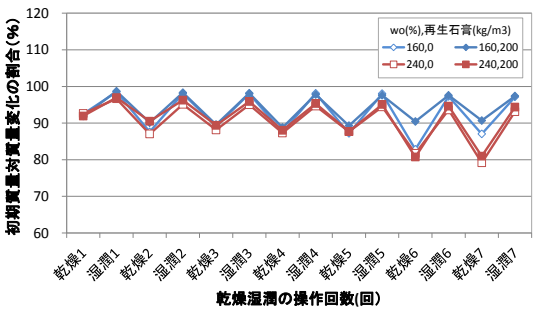


図-1 乾湿繰返しの回数と
初期質量に対する質量変化の割合の関係

4.2 乾湿繰返し回数と一軸圧縮強度の関係

図-2 に一軸圧縮応力とひずみの関係を示す。図-2 より再生石膏の有無により一軸圧縮強度に大きな差が見られた。再生石膏を添加することで一軸圧縮強度は増加し、強度の改善が見られた。

図-3 に乾湿繰返しサイクル数と、一軸圧縮強度の関係を示す。図-3 より初期含水比 240%の改良土に再生石膏を添加すると高い強度を示し、サイクル数が増えても大きな強度低下はみられなかった。これは、添加材が固化するために、所定の水分量を必要とし、再生石膏の固化後も BA の固化反応が続き、大きな強度の低下が生じず安定的な強度を維持したものと考えられる。添加材が BA のみの場合、0 サイクルから 3 サイクルにかけて大きく強度が低下したが、3 サイクル以降の一軸圧縮強度の変化は少なかった。このことから、ある程度固化反応が進むと、サイクルが増えても BA の固化反応が強度が持続していることが伺える。また、供試体作製時の含水比が高い場合、初期に高い一軸圧縮強度を示したが、3 サイクルから 7 サイクルにかけて若干の強度低下がみられた。供試体作製時の含水比が低い場合、乾湿繰返し試験の初期では強度が低下するが、ある程度サイクル数を重ねると強度が増加する傾向がみられた。初期強度を見込める条件はより高含水比のほうである。長期安定性を考えると低含水比の方が強度増加を見込め、強度の維持が期待される。

図-4 は変形係数とサイクル数の関係を示す。図-4 より、再生石膏を添加したほうが 7 サイクルでの変形係数は大きく、同じ含水比同士では、サイクル数を重ねても BA のみよりも変化の少ない試料であることが分かる。また、全ての条件で 3 サイクルでは変形係数が低下したが 7 サイクルで増加した。これはサイクル数を重ねることで未反応の BA の固化反応が進み、剛性が増大したためと考えられる。

5. おわりに

供試体作製時の含水比を低くした場合、サイクル数を重ねても大幅な質量変化は見られず、再生石膏を添加すると他の実験条件に比べ、乾燥状態の質量も安定した挙動を示した。このことから、固化するためには所定の水分が必要である中、サイクル数を重ねることで固化反応が進み強度の改善が期待される。また、再生石膏を添加したほうが強度を持続することができた。自然状態の高含水比の粘土に再生石膏と BA を添加すると、養生期間に添加材が反応し、初期から強度が発揮され十分にサイクル材として活用できるが、低含水比の改良土に添加材を添加すると力学的により長期的な安定が見込まれることを確認した。

謝 辞： 試料をご提供いただいた九電産業㈱のご担当のみなさまのご協力に、この場をお借りして謝意を申し上げます。

【参考文献】 1) 白岩ら: 再生石膏とベッドアッシュを用いた地盤改良材の力学的・化学的特性に関する研究, 第 49 回地盤工学研究発表会講演概要集(CD-ROM), pp533~534, 2014.

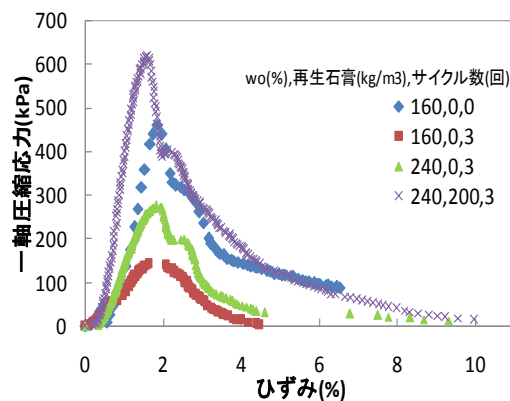


図-2 一軸圧縮応力とひずみの関係

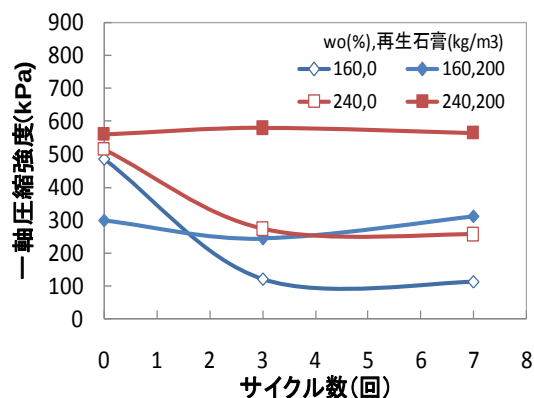


図-3 一軸圧縮強度とサイクル数の関係

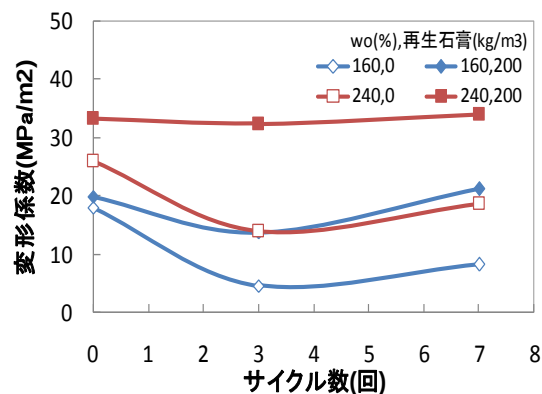


図-4 変形係数とサイクル数の関係