

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

長崎大学大学院 学生会員 ○秋元 一郎太 長崎大学大学院 正会員 杉本 知史
 長崎大学大学院 学生会員 白岩 直人 西日本旅客鉄道(株) 非会員 増永 和真
 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静 水資源・環境研究所 非会員 矢野友一郎

1. 研究の背景と目的

石膏ボードは建築物の壁・天井に広く用いられ、生産販売量は年々増加している。また処理した石膏ボード製品から重金属（主にフッ素）が検出され、処分量抑制のための有効利用法の提案が緊急の課題とされている。さらに、リサイクルのため焼成処理した半水石膏（以下、再生石膏と記す）は、セメント系固化材と比べ改良土の強度発現が小さいことが明らかにされている一方、中性を呈することから再生石膏を主体としつつ、強度確保のためセメントを添加した混合固化材を種々作成することで、要求される強度と pH を調整できることが期待される。

これらの固化材の用途の一つに、農業用水路等の底泥を改良して堤体の改修に用いることを想定している。そこで本研究では、混合固化材による改良土の乾湿繰り返しによる強度変化について検討する。

2. 実験概要

本研究では陸成粘土の佐賀市川副町で採取した蓮池粘土を取り扱う。この対象土の物性値を表-1 に示す。液性限界を考慮した上で、蓮池粘土の含水比を 110%、120%、130%に調整し、再生石膏 200kg/m³ と高炉セメントとフライアッシュを 50kg/m³、60kg/m³、75kg/m³

ずつ添加したケース（以下 50:50、60:60、75:75 と記述する）を設定した。フライアッシュ（以下、FA）は粉体改良時の固化材の流動性確保を目的としたため、添加している。高さ 10cm、直径 5cm のモールドで供試体を作製する。ただし、FA とセメントは同量配合する。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 28 日養生行う。恒温恒湿槽において養生(28 日)後の供試体を、恒温恒湿槽での乾燥・屋内での容器中水浸を所定の試験

期間繰返す。以下、これを乾湿繰返し試験と称す。クリーク堤体の改良では、目標強度が一軸圧縮強度で 50kPa と定められていることから、これを基準とした。試験では乾燥と水浸を 2 日おきに行うこととし、この 4 日間の動作を 1 サイクルと設定した。また、水温を一定に保持するため、容器の周囲を断熱材で被覆し、水中に温度調節機を設置して容器中水温を 25℃に維持しながら試験を行った。試験終了後に、一軸圧縮試験を実施した。表-2、表-3 に乾湿繰返し試験の実験ケースを示す。

表-1 改良対象土の物性値

物性試験項目		蓮池粘土
土粒子の密度 (g/cm ³)		2.46
自然含水比 (%)		135.97
粒度分布	砂 (%)	6
	シルト (%)	36
	粘土 (%)	58
液性限界 (%)		115.15
塑性限界 (%)		51.09

表-2 FA : セメント添加量 75 : 75 固定

改良対象土	含水比	再生石膏 添加量 (kg/m ³)	FA添加量 (kg/m ³)	セメント添加量 (kg/m ³)	材齢(日)	乾湿繰返し(サイクル)
蓮池粘土	110%	200	75	75	28	0、1、3、5、10
	120%					
	130%					

表-3 含水比 120%固定

改良対象土	含水比	再生石膏 添加量 (kg/m ³)	FA添加量 (kg/m ³)	セメント添加量 (kg/m ³)	材齢(日)	乾湿繰返し(サイクル)
蓮池粘土	120%	200	50	50	28	0、1、3、5、10
			60	60		
			75	75		

キーワード：石膏、乾湿繰返し、一軸圧縮試験

連絡先：〒852-8521 長崎市文教町 1 番 14 号 長崎大学工学部社会開発工学科 秋元一郎太 TEL095-819-2618

3. 固化材添加量による応力-ひずみ関係の比較

図-1 は乾湿繰り返し前後で比較した応力-ひずみ曲線である。(a)は含水比 120%の FA:セメント添加量 60:60 のケースであり、(b)は含水比 120%の FA:セメント添加量 75:75 のケースを示している。(a)では乾湿繰り返し 0 サイクルと 10 サイクルで破壊ひずみが大きく異なっているのに対し、(b)ではほぼ同じである。また、変形係数 E_{50} に着目すると、(a)の 0 サイクルの E_{50} は 3.4MPa/m^2 、10 サイクルの E_{50} は 7.0MPa/m^2 と約 2 倍上昇しているのに対し、(b)の 0 サイクルの E_{50} は 43.6MPa/m^2 、5 サイクルの E_{50} は 30.7MPa/m^2 と減少している。つまり、添加量が少ない(a)では乾湿繰り返しをすることでさらに固化が進行しているのに対し、相対的に固化材が多い(b)では軟化している。

4. 2 改良土の乾湿繰り返しに伴う強度変化

図-2 は一軸圧縮強度と乾湿繰り返しのサイクル数の関係を示している。(a)は FA:セメントの添加量 75:75 に着目し、(b)は含水比 120%に着目したものである。(a)では 28 日養生後(0 サイクル)の強度に比べ、1 サイクルでの強度はどのケースも低下している。これは養生していた供試体に乾燥と水浸をすることで、供試体が劣化し、強度が下がったのではないかと考えられる。(b)の添加量 75:75 では、28 日養生後(0 サイクル)の強度に比べ、1 サイクルでの強度は低い値を示し、その後もほぼ一定の値を示しているが、添加量 50:50、60:60 は 5 サイクルまでは強度が伸びている。これは初め石膏によってセメントの固化作用が阻害されていたが、乾燥収縮と湿潤膨張の繰り返しで、石膏が溶脱してセメントの反応が遅れて生じているためと考えられる。その後 10 サイクルまで強度が低下しているのは、セメントの固化作用が終わり、乾燥と水浸により供試体の劣化が進行したためと考えられる。

5. おわりに

乾湿繰り返しをすることで、強度が減少するばかりでなく、一定程度の強度が維持されることが明らかとなった。本研究で想定している農業用水路の改修使用において、中・長期的な安定性が期待される。今後は、改良工の劣化メカニズムや固化材添加の影響を検討したい。

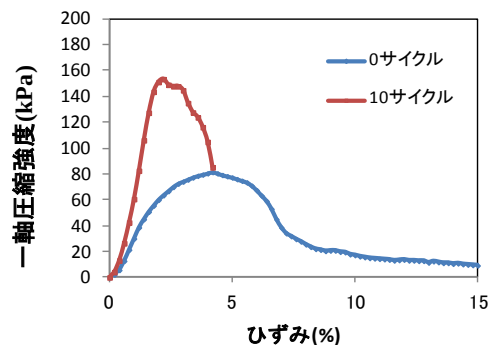
[謝辞]: 本研究を行うに当たり、佐賀県中部農林事務所、九電産業(株)資源リサイクル部ならびに(株)三和興業

より試料提供をいただいたことに謝意を申し上げます。

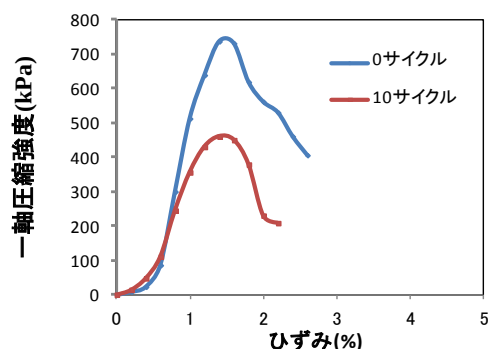
[参考文献]

1) (社)石膏ボード協会: 石膏工業会資料, <http://www.gypsumboard-a.or.jp/>

2) 中丸大輔ほか: 再生石膏中性固化材とフライアッシュの地盤改良材による強度発現の検証、土木学会西部支部研究発表会講演集(CD-ROM), III-027, pp.357-358, 2011

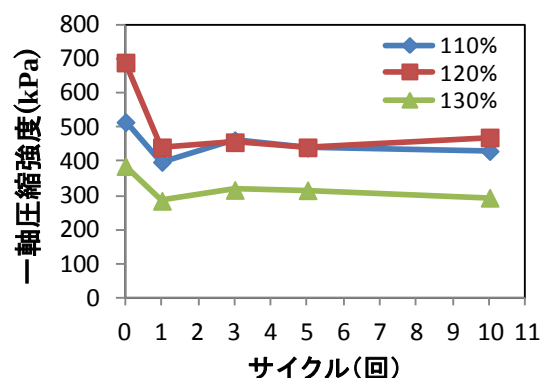


(a) 含水比 120% FA:セメント添加量 60:60

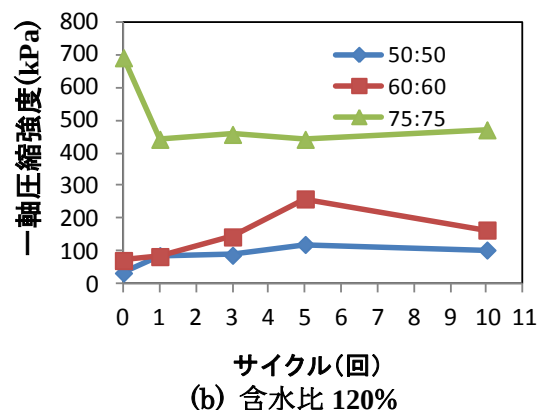


(b) 含水比 120% FA:セメント添加量 75:75

図-1 応力ひずみ曲線



(a) FA:セメントの添加量 75:75



(b) 含水比 120%

図-2 一軸圧縮強度とサイクルの関係