

再生石膏を中心とした混合固化材による改良土の乾湿繰返しによる強度変化

長崎大学工学部 学生会員 松本 峻 長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋 由彦
 長崎大学工学部 フェロー会員 蔣 宇静 長崎大学工学部 正会員 杉本 知史
 長崎大学大学院 学生会員 吉田 友則 長崎大学大学院 学生会員 増永 和真

1. はじめに

石膏ボードは石膏を芯材として両面を石膏ボード用原紙で被覆成型した建築用内装材料で耐火性、遮音性、断熱性等の特徴を有しており、経済的にも低廉なことから建築物の壁・天井に広く用いられている。そのため、今後建築物の解体等の増加に伴って排出量の膨大な増加が予測されている。また処理した石膏ボード製品から重金属が検出され、環境問題が緊急の問題とされている現在において廃石膏ボードの処理も社会問題化しつつある。筆者らは、火力発電所から排出されるフライアッシュや製紙工場から排出されるPS灰といった他の廃棄物との種々の組み合わせにより得られる混合固化材を用いた軟弱粘性土の改良土について、力学的・化学的特性を検証している。¹⁾²⁾

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、2種類の混合固化材による改良土の乾湿繰返しによる強度変化について検討する。

2. 改良地盤に関わる各種材料特性

石膏を焼却処理し乾燥させると、水分と水和反応する性質を持つようになり、この再生石膏と土とを混ぜることによって固化材としての役割を担うことができる。表-1に本研究で使用した高含水比粘性土である有明粘土、蓮池粘土の物性値を示す。また表-2に重金属溶出試験結果を示す。表-2から窺えるように、重金属は対象土からは環境基準値を超える値が検出されなかったが、再生石膏と廃石膏ではフッ素が環境基準値を超える値が検出された。

表-1 対象粘土の物性値

物性試験項目		有明粘土	蓮池粘土
土粒子の密度(g/m ³)		2.65	2.79
自然含水比(%)		264	122
粒度分布	砂(%)	16	11
	シルト(%)	40	25
	粘土(%)	44	64
液性限界(%)		141.80	107.00
塑性限界(%)		59.64	52.78
塩化物イオン濃度(mg/kg)		23100	43.5

3. 改良土の乾湿繰返しに伴う強度変化

3.1 石膏・セメント・FAを添加した改良土に関する強度変化

本試験では、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において繰り返す。以下、これを乾湿繰返し試験と称す。対象土(有明粘土、蓮池粘土)の含水比を自然乾燥によって120%に調整したものをを用い、再生石膏とFA(フライアッシュ)および高炉セメントB種を発生土と混合攪拌し、高さ10cm、直径5cmのモールドで供試体を作成して、温度25℃、湿度90%の恒温恒湿槽において28日養生を行った後、乾湿繰返し試験を行う。試験では、クリーク底部と法面の改良を目的としているので、試験後の一軸圧縮強度が50kPa以下とならないよう目標値を定めた。また、石膏・セメント・FAを添加した場合(表-3)、石膏・PS灰を添加した場合(表-4)と配合を設定し、乾湿繰返し試験前後において一軸圧縮試験を実施し、改良土の強度変化につ

表-2 重金属溶出試験結果(単位:mg/l、N.D.:検出せず)

	Cd	Cr6+	Pb	As	Se	T-Hg	F	B
環境基準値	0.01	0.05	0.01	0.01	0.01	0.0005	0.8	1.0
有明粘土	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.38	0.68
蓮池粘土	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.03
再生石膏	0.005	N.D	0.028	N.D	0.004	N.D	*6.4	0.06

*:環境基準値を超えた値(F)

表-3 石膏・セメント・FAを添加した改良土の試験ケース

発生土	再生石膏 (kg/m ³)	FA (kg/m ³)	セメント (kg/m ³)	材 齢 (日)	劣化試験 期間(日)
有明粘土	200	25	25	28	4, 12, 20, 40
蓮池粘土		50	50		
		75	75		

いて比較検討を行う。試験では乾燥・水浸を2日おきに行うこととし、この1サイクルを4日と設定した。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(サーモスタッド)を設置して容器中水温を25に調節し試験を行う。この試験の終了後に、一軸圧縮試験を実施する。今回は、有明粘土における乾湿繰返し試験期間4日(1サイクル)での試験結果を示している。表-3の石膏・セメント・FAを添加した試験ケースでの一軸圧縮試験結果を図-1に示す。図-1から添加量を増やすにつれ強度発現が大きくなるのが分かる。特にFAとセメントの添加量50:50から

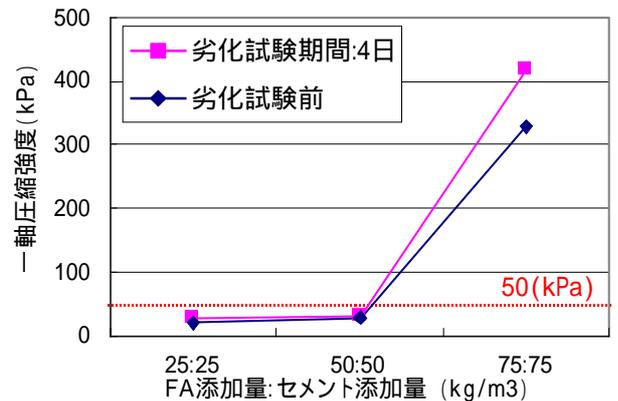


図-1 劣化試験前後の一軸圧縮強度の比較

75:75にかけては急激な変化が確認できる。乾湿繰返し試験後の目標強度は50kPa以下としないようにと定めたが、添加量75:75の場合のみしか目標強度を達成していない。また、乾湿繰返し試験前後を比較してみると、試験期間4日では、大きな変化はみられない。添加量75:75の場合では試験後の方が一軸圧縮強度を大きく示している。これは、28日養生後に乾湿繰返し試験を4日繰り返したことで供試体中のセメントが水浸時に水と反応して養生期間をさらに与えたこととなり、発現強度が大きくなったと考えられる。

3.2 石膏・PS灰を添加した改良土に関する強度変化

図-2に石膏・PS灰を添加した表-4の試験ケースでの乾湿繰返し試験後の一軸圧縮試験結果を示す。試験の流れは、上記3.1と同様である。再生石膏とPS灰の添加率20:80でセメント添加がない場合については、現在乾湿繰返し試験中であるので記載していない。再生石膏とPS灰の添加率において、セメント添加率0%と1%の場合をそれぞれ比較すると、セメント添加率1%の場合が高い強度を得た。これも先述と同様セメントの固化作用によるものであると考えられる。目標強度については、セメントの有無ともに添加率80:20で添加量50kg/m³の場合のみが目標強度を満たさない結果となった。

表-4 石膏・PS灰を添加した改良土の試験ケース

発生土	再生石膏添加率 (%)	PS灰 (%)	固化材添加量 (kg/m³)	セメント添加率 (%)	材 齢 (日)	劣化試験期間 (日)
有明粘土	80	20	50, 100, 200	0, 1	28	4, 12, 20, 40
	50	50				
蓮池粘土	20	80				

ント添加がない場合については、現在乾湿繰返し試験中であるので記載していない。再生石膏とPS灰の添加率において、セメント添加率0%と1%の場合をそれぞれ比較すると、セメント添加率1%の場合が高い強度を得た。これも先述と同様セメントの固化作用によるものであると考えられる。目標強度については、セメントの有無ともに添加率80:20で添加量50kg/m³の場合のみが目標強度を満たさない結果となった。

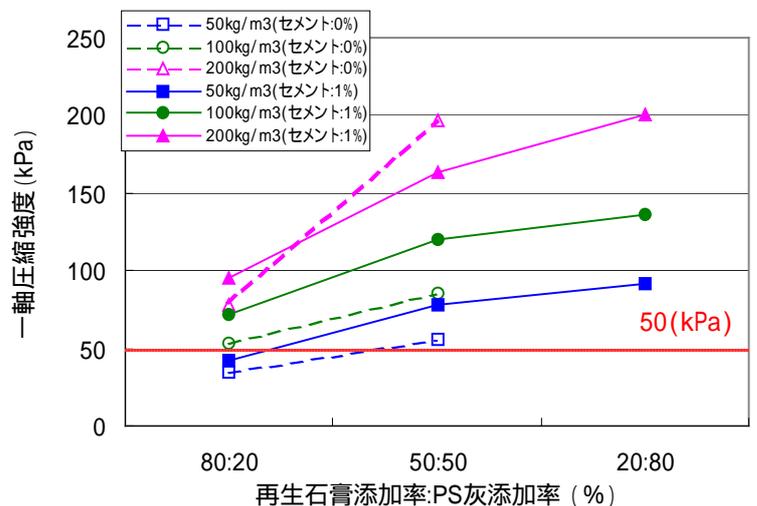


図-2 劣化期間4日でのセメント添加率と強度の関係

4. おわりに

力学的評価を行うために供試体養生後に乾湿繰返し試験を行い、試験前後における一軸圧縮試験によって結果を得たが、試験期間4日間では供試体に大きな強度変化はみられなかった。今後は、乾湿繰返し試験4日間以外の規定の試験期間においても試験を実施し、農業用水路等での環境下においてどれほど強度変化に影響があるか比較、検討を行う予定である。

- 【参考文献】
- 1) 川口 玄太：再生石膏・PS灰混合固化材を添加した改良土の力学的・化学的特性の評価
 - 2) 中丸 大輔：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
 - 3) (社)石膏ボード協会：石膏工業会資料, <http://www.gypsumboard-a.or.jp/>