

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

長崎大学工学部 学生会員 ○中丸 大輔 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性型した建築用内装材料で耐火性、遮音性、断熱性など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、国際的にも最も使いやすい建築資材となっており、石膏ボードの生産販売量は年々増加している。その一方で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（主に、フッ素）が検出され、環境問題が緊急の問題とされている現状において廃石膏ボードの処理も社会問題化しつつある。また、火力発電所から排出されるフライアッシュ(以下、FA)は、主にセメント原料としての有効利用が進んでいるものの、大量利用が期待される地盤改良の分野では全体の約3%にとどまっている現状である。

再生石膏は、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セメントと再生石膏の配合比を種々変えることで、要求される強度と pH を任意に調整できることが期待される。そこで本研究では、深層混合処理工法等で粉体を直接噴射することを想定し、これに流動性を高めるための FA 添加を施した混合改良材について、①強度が比較的小さくとも pH が弱アルカリ性を呈するタイプ、②pH がアルカリ寄りではあるものの盛土材用途のように比較的高い強度（目標強度 300kPa 以上）が発現するタイプ、③その中間型の 3 タイプを開発する事を目的とする。

2. 改良対象土の概要

本研究では有明海沿岸の軟弱地盤の改良を想定し、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、蓮池粘土は佐賀市川副町で採取したものをを用いる。有明粘土の自然含水比が特に高い値を示したため、両者とも 120%に調整したものをを用いる。

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)		2.65	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. 実験概要

改良対象土と固化材として再生石膏、FA、高炉セメント B 種（以下、セメント）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。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養生を行う。改良土は含水比を 120%に下げた改良対象土を準備し、表-2 の配合の固化材を添加したものとする。

所定の養生期間後、一軸圧縮試験、pH 測定試験、重金属測定試験を行い、添加材の配合量、材齢と一軸圧縮強度、pH 値との関係、重金属溶出の状況を明らかにする。重金属試験で用いる供試体は一軸圧縮試験に使用したものをを用いた。

4. 実験結果および考察

図-1 は一軸圧縮強度と材齢の関係を示す。以下、再生石膏 200kg/m³ に対するセメントならびに FA の添加量を 25:25 (単位:kg/m³) のように表記する。図-1(a)より有明粘土では材齢が長くなるのに比例して一軸圧縮強度も大きく

表-2 実験ケース

改良対象土	再生石膏 添加量 (kg/m ³)	F A 添加量 (kg/m ³)	セメント 添加量 (kg/m ³)	材齢 (日)
(a) 有明粘土	200	25	25	7,14,28
		50	50	
(b) 蓮池粘土		75	75	

なることがわかる。25:25 と 50:50 のケースでは強度があまり発現せず、佐賀平野の法面改良に要求される強度 50kPa にも満たない強度となった。75:75 のケースでは、28 日養生後には目標強度 300kPa 以上を発現し、固化材としての効果が現れた。図-1(b)の蓮池粘土においても 28 日養生のデータがまだ得られていないが、75:75 のケースにおいて、蓮池粘土において 7 日程度の短期での強度発現が著しいことが分かる。また、有明粘土においては、材齢に対する強度発現が 28 日かけてほぼ一定の割合で増加しており、飽和状態に至っていない。

図-2 は有明粘土と蓮池粘土それぞれの 7 日、14 日養生の強度を示す。蓮池粘土は全ての添加量に対し、7 日、14 日養生の強度がどちらも有明粘土より大きい値をとり、28 日養生における強度も蓮池粘土が大きい値をとると予測される。また、50:50 に比べ 75:75 の添加量では、添加量の増加割合を超える強度増加が生じたことから、この間に強度増加をもたらす遷移領域が存在するものと考えられる。

図-3 は pH 値と添加量の比との関係を示す。蓮池粘土が、材齢 28 日の分が現在養生中であるため、14 日養生の分の pH 値を検証する。全てのケースにおいて、有明粘土の 25:25 のケースが一番低い値として 9.3 の弱アルカリ性を示した。有明粘土や蓮池粘土のどちらも作製時から養生後にかけての pH 値の変化が極めて小さいことより、両者の粘土における 28 日養生後の pH 値もアルカリ性を示すと予想される。

5. おわりに

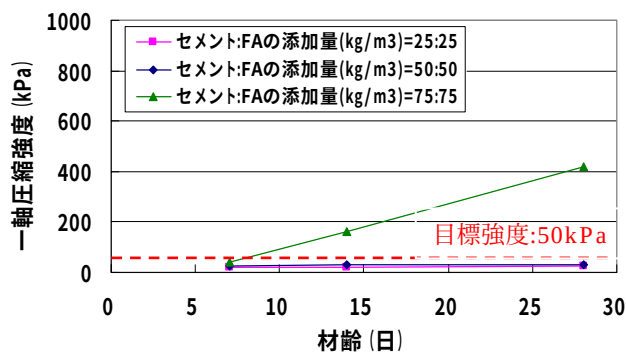
力学的特性の評価を行うため一軸圧縮試験を行った結果、セメントの量の増加に伴って強度も発現することを明らかにした。しかしながら、これに比例して pH 値も増加し、アルカリ性に近い値を示した。地盤改良材として利用するためには今回の三つの添加量の比のケースだけでなく、目標とする強度と pH 値を満足する添加量の比を検討していく必要がある。

今後は、蓮池粘土の 28 日養生のデータを集計し、化学的特性の評価を行うために重金属溶出試験を行う予定である。

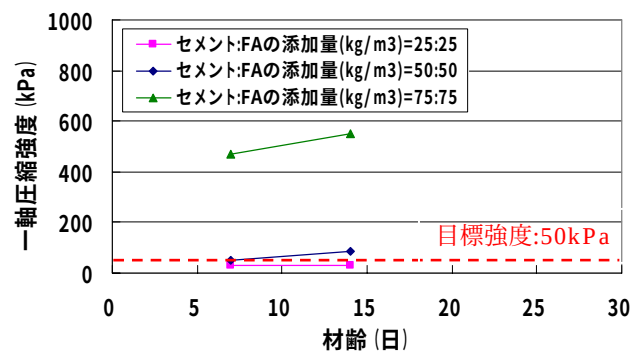
謝辞：本研究を行うに当たり、九電産業(株)資源リサイクル部ならびに(株)三和興業より試料提供をいただいたことに謝意を申し上げます。

【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) 増永和真、棚橋由彦、蔣宇静、杉本知史、吉田友則：再生石膏中性固化材と廃石膏の地盤改良材としての適用性評価



(a)有明粘土試験結果



(b)蓮池粘土試験結果

図-1 一軸圧縮強度と材齢の関係

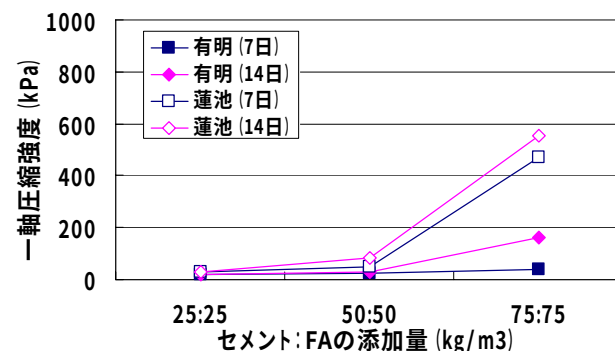


図-2 一軸圧縮強度と添加量の比の関係

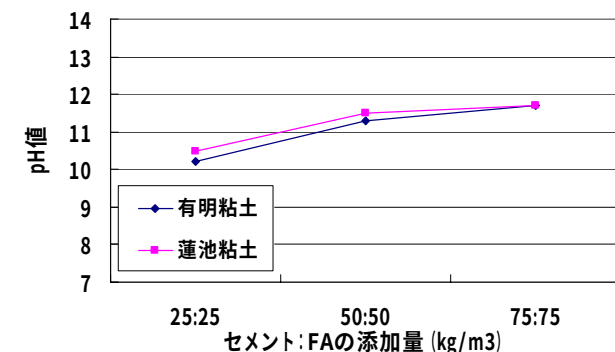


図-3 pH 値と添加量の関係