

高含水比粘土の改良効果に及ぼす固化材添加量と含水比の関係

長崎大学大学院 学生会員 ○張 子晨 長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖

長崎大学大学院 学生会員 フレミイ サムエル オイ

1、はじめに

泥土に分類される高含水比の粘土は、そのままでは地盤材料として活用することが難しく、地盤環境問題の一つとなっている。軟弱粘土の改良工法として、固化材を添加して強度を増加させる方法があるが、できるだけ環境負荷の少ない方法を適用することが望まれている。

本研究の目的は、ため池から採取した高含水比粘土の改良効果に及ぼす固化材の種類・添加量および含水比の関係を明らかにすることである。改良土のコーン指数と pH を測定して改良効果を評価するとともに、粘土の含水比を低下させるための方法についても考察を行い、環境負荷の観点から泥土の有効利用法について検討する。

2、粘土の物理特性と実験方法

2.1 熊本粘土の物理特性

表-1 熊本粘土（サイト A）の粒度組成

粒度組成	砂 (%)	35
	シルト (%)	20
	粘土 (%)	45

熊本粘土は水分を多く含むため池粘性土である。汚泥として使用するのには難しく、処理コストが高い。地盤工学会「土質試験一基本と手引き」に基づき、熊本粘土の密度実験(JISA1202)を行った結果、土粒子の密度 P_s は、熊本粘土で 2.27 g/cm^3 あつた。液性限界・塑性限界試験(JISA1205)を行った。熊本粘土の液性限界 $WL=121.98\%$ 、塑性限界 $Wp=82.12\%$ 、塑性指数 $Ip=39.86$ 。粒度試験(JISA1204)による熊本粘土（サイト A）の試験結果を表-1.1 に示す。測定試験(JGSA1226)を行った結果、熊本粘土（サイト A）の強熱減量 $Li=23.4\%$ 、これでは別に同じため池内のサイト B から粘土を採取した、強熱減量 $Li=19.2\%$ 、有機分を多く含むため、高含水比の場合は改良効果が低くなる。

2.2 実験方法

固化材として、普通ポルトランドセメント、消石灰およびフライアッシュを主成分とするリサイクル材（DF 材¹⁾）を用いた。と熊本粘土を混合砕し、高さ 10 cm 、直径 5 cm のモールドで供試体を作成し、コーン指数試験及び pH 測定試験を行う。供試体を作成した後、モールドから出した後、ビニール袋に入れて、温度 25°C 、湿度 90% の恒温恒湿槽において養生を行う。異なる条件下での強度を比較するため、試験では、熊本粘土の含水比を 160% に調整し、含水比 160% の熊本粘土に 100 、 200 、 300 及び 400 kg/m^3 の固化材（DF 材とセメント）を添加する。熊本粘土の含水量をそれぞれ 100% 、 115% 、 135% に低下させて、 100 g の固化材（DF 材、消石灰とセメント）を添加する。その後、 28 日養生終了後にコーン指数及び pH 値を求めた。

3、実験結果と考察

(i) 添加量とコーン指数の関係（含水比一定）

粘土の含水比を一定とした場合のコーン指数と固化材の添加量の関係を図 1 に示す、固化材混入による強度変化は、2 つの固化材も固化効果が増加した。これは、添加量を多くすることにより、含水比の低下に繋がり、強度が発現したと考えられる。添加量が多いほど固化効果が良く、セメントの固化効果が DF のそれよりも優れていることが分かる。しかしながら、固化材の添加量が 300 kg/m^3 を超える条件は、材料コストおよび環境負荷の観点で問題がある。

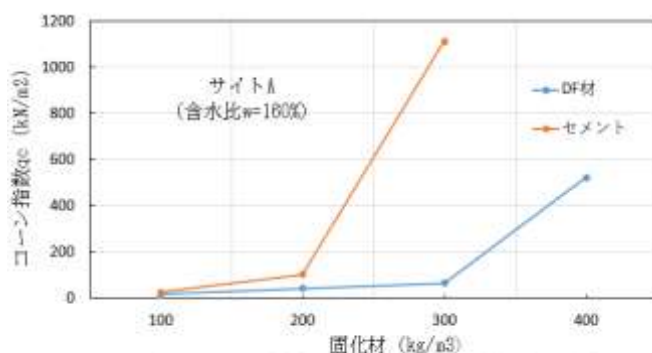


図-1 コーン指数と固化材の添加量の関係(28日養生)

(ii) 添加量と pH 値の関係 (含水比一定)

粘土の含水比を一定とした場合の pH 値と固化材の添加量の関係を図 2 に示す、2 つの材料はいずれも添加量が多くなると pH 値は高くなり、反対に添加量が少なくなると pH 値は低くなる。セメントは pH がかなり高いので、できるだけ中性に近い固化材が望ましい。

(iii) 含水比とコーン指数の関係 (添加量一定)

固化材の添加量を一定とした場合のコーン指数と含水比の関係を図 3 に示す、固化材添加量を一定 ($100\text{kg}/\text{m}^3$) として、コーン指数と含水比の関係を求めた (28 日養生)。他の固化材の中から比較的效果が見られた一つを選んで比較を行った。セメントの固化効果は、DF 材と消石灰の固化効果より強い。実験において、改良土の pH 値を表-2 に示す。

4、粘土の含水比を低下させる方法について

(1) 高圧プレス機械式脱水

機械脱水処理工法は、粘性土を機械的に圧密脱水させるものである。通常、機械脱水処理工法は加水した粘性土に $1\sim 4\text{MPa}$ という高い圧密圧力を作用させて脱水するものであり、その結果として、高い強度 (コーン指数 $q_c \geq 400\sim 600\text{kN}/\text{m}^2$) を得ることが出来る。

(2) サイフォンによる脱水²⁾

この試験では、装置の水頭差による圧力を利用し、装置内に負圧をかけ続け、装置の中にある土の水分を排出した。この試験により、粘土の含水比が試験初期の 300% から 115% に降下した。しかしながら、サイフォンが長時間作用しないため、効果が限定的である。

(3) 繊維素材を用いた脱水³⁾

高含水比の粘性土を紐または布を用いて粘土内の水を吸水する方法で脱水実験を行い、1 週間で含水比 100% 近くまで顕著に下げることができた。時間をかけることにより、さらに脱水させることが可能である。

これらの方法により含水比を低下させることにより、少ない固化材の添加で泥土を改良することが可能であると考えられる。

5、まとめ

高含水比の泥土は、通常の固化材の添加量では固まらないため、実際に改良を行う場合にはある程度含水比を低下させる必要がある。使用した粘土で含水比を 100% 程度まで低下させた条件では、セメントおよびリサイクル材のいずれの場合も $100\text{kg}/\text{m}^3$ の少ない添加量でも十分改良効果があることが示された。また、フライアッシュを原料としたリサイクル材を用いた改良土の pH 値は 8.4 と中性に近い値を示している。したがって、リサイクル材の固化材を用いることによって、環境面に配慮した泥土の改良が可能である。今後は、できるだけ環境負荷の小さい粘土の脱水方法と組み合わせて改良を行う方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) レストム工法研究会 : <http://rstm.business-hp.com/index.html>
- 2) 敷田大輝ほか: 「サイフォンによる泥土の脱水効果と地盤材料としての有効利用」平成 28 年度土木学会西部 支部研究発表会, pp281-282, 2017
- 3) 田島優也ほか: 繊維素材を用いた高含水比粘土の簡易的脱水法の検討, 平成 30 年度土木学会西部 支部研究発表会 (投稿中)

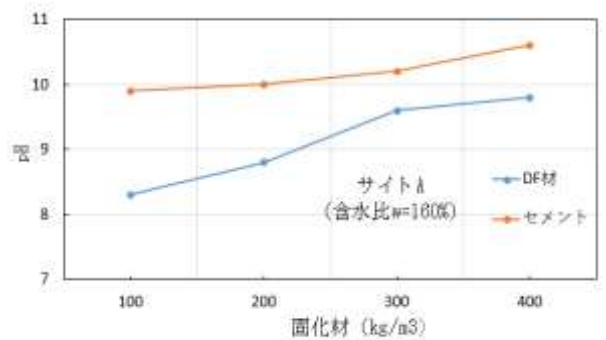


図-2 pH値と固化材の添加量の関係

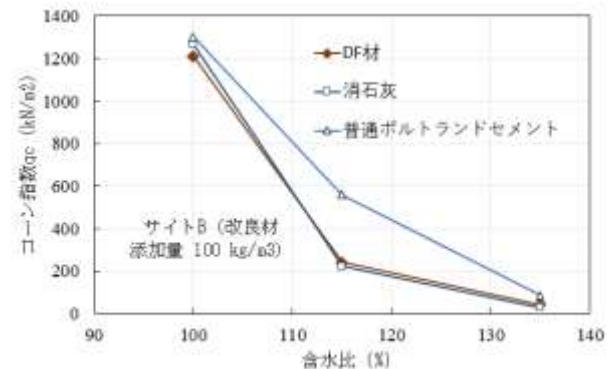


図-3 コーン指数と含水比の関係

表-2 サイトB pH試験の結果 (28日養生)

セメント	10.4
消石灰	11.4
リサイクル材 (DF材)	8.4