

液性限界に着目した高有機分粘土の改良効果について

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 Flemmy Samuel Oye

1.はじめに

ため池改修や底泥浚渫事業により、大量に発生する底泥の処理が必要となっている。有機分を多く含む軟弱な底泥は、固化材の添加量が多くなり、コストの増加や地盤の pH を上昇させてしまう問題等が顕在化している。セメントの含有量、浚渫土の含水比を把握できた場合、一軸圧縮強度を推定することができる¹⁾。しかしながら、高有機分ため池粘土における、改良効果の研究事例は極めて少ない。このような粘土を改良した発生土は、盛土材、路盤材、客土材などとして用いられている例もあるが、十分に再利用されていないのが現状である。その原因として、高含水比で採取地点によって性質の差が大きく、統一した方法による処理が行えないことが挙げられる。

本研究では、異なる地点から採取したため池粘土について、初期含水比および固化材添加量を変えた改良土のコーン指数試験を行い、改良効果に及ぼす物理特性について考察および液性限界に着目した粘土の改良効果の評価を行う。

表-1 実験粘土の強熱減量実験結果

2. 実験粘土の物理特性

実験中は含水比と固化材添加量はさまざまな物理特性の高有機分粘土に対するの影響を理解するために、熊本県のため池から採集した 3 種類の試料（サイト A,B,C）及び久留米粘土を用いる。土の強熱減量試験（JIS A 1226）の結果を表-1 に示す。液性限界・塑性限界試験（JIS A 1205）の結果を表-2 に示す。

試料	熊本粘土（サイト A）	熊本粘土（サイト B）	熊本粘土（サイト C）	久留米粘土
$L_i(\%)$	23.4	19.2	17.3	12.1

表-2 実験粘土の強熱減量実験結果

粘土	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_p (%)	塑性指数 I_p
熊本粘土（サイト A）	121.98	82.12	39.86
熊本粘土（サイト B）	142.00	93.68	48.32
熊本粘土（サイト C）	158.00	96.92	61.08
久留米粘土	94.00	51.10	42.90

3. 実験内容

実験中の固化材として、リサイクル固化材（本文で DF 材と呼ばれる）と普通ポルトランドセメントを用いた。リサイクル固化材の成分は、酸化ケイ素 (SiO_2)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化カルシウム (CaO) を主成分とするフライアッシュの粉末に、カルシウム他、無機の金属塩類で構成されている。これらの固化材と粘土（久留米粘土と熊本粘土）を混合し、コーン指数試験を行う。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、温度 25℃、湿度 90%の恒温恒湿槽において養生を行う。異なる添加量条件での強度を比較するため、実験では、熊本粘土（サイト A とサイト B）の含水比を 160%に調整し、サイト C は液性限界が高いので、サイト C の含水比を 200%に調整し、久留米粘土の含水比を 110%に調整し、粘土に 100~400kg/m³の固材を添加する。粘土の含水比をそれぞれ 60~160%に低下させて、100 kg/m³の固化材を添加する。その後、28 日養生終了後にコーン指数を求めた。

4. 実験結果

高有機分粘土に対する室内試験に基づいて含水比の影響を調べたその結果²⁾、コーン指数 q_c の指数関数に導出しコーン指数が指数関数 (exp) で表されるということになる。

$q_c=aexp(bK)$

表-3 式 K 中 d の最も高い相関値

粘土	固化材	d	R^2
熊本粘土（サイト A）	DF 材	3.4	0.898
	セメント	2.5	0.921
熊本粘土（サイト B）	DF 材	3.0	0.982
	セメント	2.3	0.909
熊本粘土（サイト C）	DF 材	2.8	0.915
	セメント	2.3	0.910
久留米粘土	DF 材	0.7	0.891
	セメント	0.8	0.934

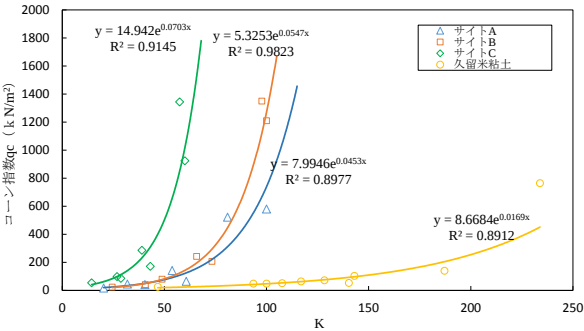


図-1 DF で改良の場合の K と qc の関係

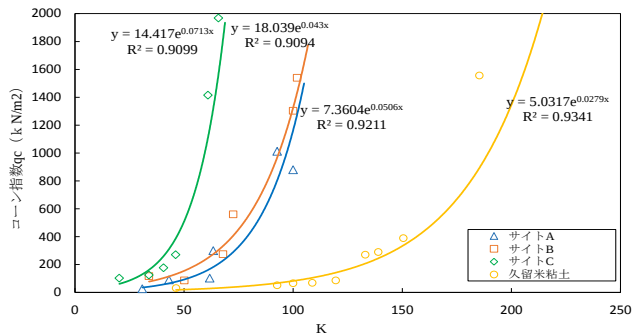


図-2 セメントで改良の場合の K と qc の関係

$$K = \frac{C}{(w/100)^d}$$

ここに、K は固化材添加量と含水比の係数で、C は固化材添加量 (kg/m³)、w (%) は粘土の含水比、d は C の変化に伴い含水比 w の変化係数である。a と b は K に対応する定数である。式中指数 d と qc の最大相関係数 R² を表-3 に示す。d がそれぞれの粘土の最も高い相関値である場合、異なる固化材を用いた場合の推算式 K と強度 qc の関係を図 1 と図 2 に示す。

異なる固化材で粘土の液性限界 W_L と指数 d の関係を図-3 に示す、このとき係数 d に対応した a、b の定数を図-4 と図-5 に示す。導出式に基づいて、含水比と固化材添加量から異なる採取地粘土の改良効果に評価できる。qc と K の公式から、粘土含水比が液体限界に達したとき、第 3 種 ($qc=400\text{kN/m}^2$) と第 4 種 ($qc=200\text{kN/m}^2$) の建設発生土に到達するために必要な固化材の添加量を表-4 と表-5 に示す。すなわち、液性限界のときに必要なコーン指数を得るために必要な固化材添加量を比較することができる。今回の粘土では、熊本粘土 (サイト C) が固化材添加量が比較的少なく、熊本粘土 (サイト B) が比較的多いことがわかる。

5. 結論

異なる地点から採取した粘土について、いずれの場合も、固化材添加量と含水比を用いた相関性高い指数関数で表される算定式によって、それぞれの粘土の改良効果を評価できることが示された。

図 3~5 の式に基づいて、qc をパラメータ a、b および d から導出できることがわかる。したがって、液性限界がわかっている条件下では、いずれの粘土の改良効果を統一的に評価できる可能性を示した。

6. 参考文献

- (1) 湯 怡新・宮崎良彦ほか (2002) : セメント混合処理した浚渫土の固化強度に関する品質評価, 九州大学工学集報, 第 75 巻, 第 1 号.
- (2) 張 子晨・大嶺 聖・フレミイ サムエル オイ (2021) : 初期含水比と固化材添加量を考慮した高有機分ため池粘土の改良効果の評価, 第 62 回地盤工学シンポジウム論文集 2-4.

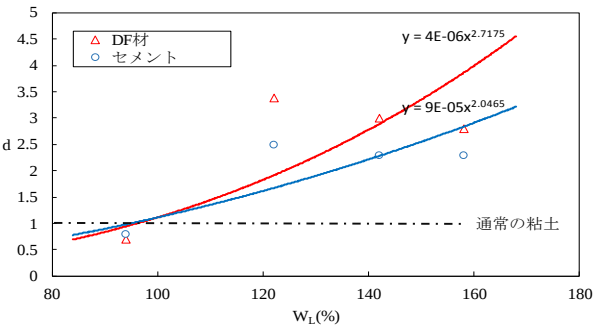


図-3 液性限界 W_L と最大相関係数 d の関係

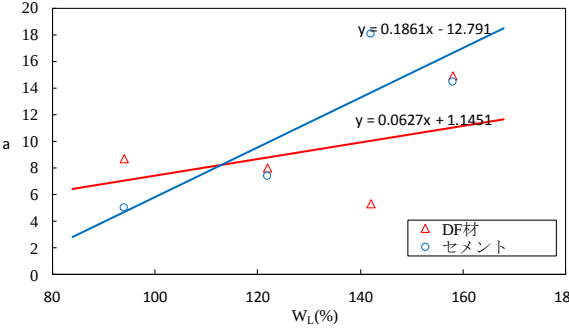


図-4 液性限界 W_L と最大相関係数 d に対応した a の関係

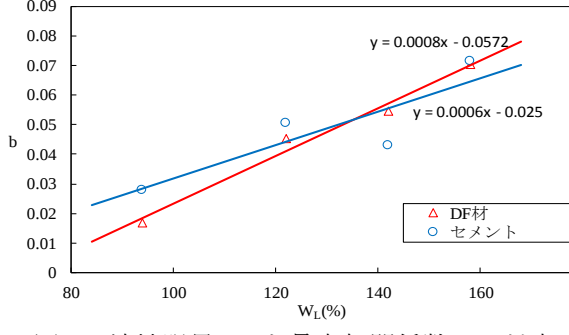


図-5 液性限界 W_L と最大相関係数 d に対応した b の関係

表-4 $w=w_L$ ときに建設発生土の基準に達するときの DF 材の添加量

粘土	第 4 種建設発生土時の固化材添加量 (kg/m³)	第 3 種建設発生土時の固化材添加量 (kg/m³)
熊本粘土 (サイト A)	140	170
熊本粘土 (サイト B)	190	226
熊本粘土 (サイト C)	133	168
久留米粘土	178	217

表-5 $w=w_L$ ときに建設発生土の基準に達するときのセメントの添加量

粘土	第 4 種建設発生土時の固化材添加量 (kg/m³)	第 3 種建設発生土時の固化材添加量 (kg/m³)
熊本粘土 (サイト A)	107	130
熊本粘土 (サイト B)	125	161
熊本粘土 (サイト C)	106	133
久留米粘土	126	149