

無機系泥土改良材を添加した軟弱土の改良

九州産業大学 学生会員 高尾隆太郎
ワールド・リンク 非会員 藤 龍一

九州産業大学 正会員 林 泰弘
九州産業大学 正会員 松尾 雄治

1. はじめに

泥土は流動性が高く、運搬が困難であるため土質改良が必要となるが、災害発生時など一度に大量に軟弱な泥土が発生した場合にはセメント系固化材では対応が困難である。東日本大震災以来、添加・混合攪拌することで、短期間で流動性を低下させ運搬が可能になるような泥土改質材のニーズが高まっている。筆者らは、これまでにセメント系固化材などの固化材の補助材として無機系泥土改良材を開発し、泥土の改良に取り組んできた¹⁾が、固化材に代わって無機系泥土改良材に珪藻土を配合することで短時間に泥土の性状を改質することが見込まれた。本研究では、コーン指数が 150kN/m^2 程度の 9 種類の土に対して改良材を添加し、短時間でのコーン指数が要求値を満足するための添加量を検討した。

2. 試料の特性

対象試料の粒度組成と塑性図を図 1、図 2 に、含水比を表 1 に示す。シルト B、砂 E、砂 F は福岡県久留米市で採取した建設発生土である。シルト B は細粒分が多く、砂 E、砂 F は細粒分が少ない。黒ぼく、赤ぼく、赤ぼく II は熊本県大津町で採取した火山灰質粘性土で、高含水比で塑性指数が高く、液性限界も高いが塑性図では A 線よりかなり下方にある。国頭マージは沖縄県恩納村で採取した赤土で、細粒分が多い。浚渫土は北九州市の新門司土砂処分場より採取した関門航路の浚渫土で、自然含水比が高く、塑性指数が高い粘土質である。脱水ケーキは、花崗岩破碎土の洗浄泥水を加圧脱水した土で、細粒分が多いが塑性指数と液性限界は低い。

3. 改良土の作製方法

対象の試料をコーン指数が 150kN/m^2 程度の泥土となるように表 1 に示す含水比に調整し、ボウル内で改良材を加えてハンドミキサーで攪拌混合したものを実験材料とした。

改良材は無機系泥土改良材に珪藻土を 1:2 の割合で混合した改良材 A と改良材 B を用いた。改良材 B は改良材 A の 2 倍のポリマーを含んでいる。珪藻土は乾燥品（含水比 3.2%）と焼成品（含水比 2.7%）を使用した。特に記載しない場合は乾燥品を用いている。珪藻土は多孔質であるため水分を吸収し、保持することができる。写真 1 に珪藻土の SEM（走査型電子顕微鏡）画像を示す。焼成品の方が大きい粒子が多いことが分かる。また、可溶性シリカの量は乾燥品のほうが多い。

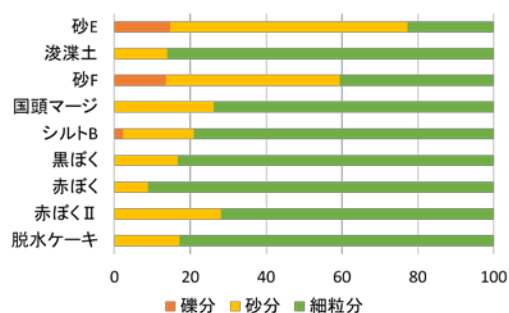


図 1 粒度組成

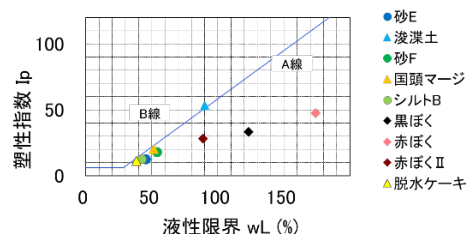
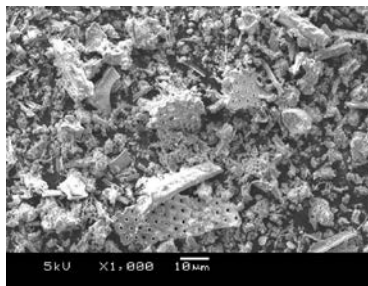


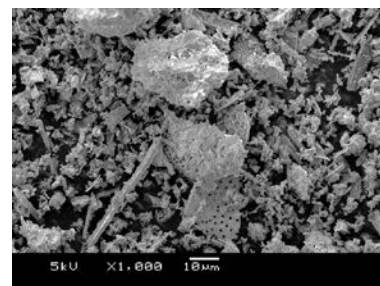
図 2 塑性図

表 1 自然含水比と調整含水比

	砂E	砂F	赤ぼくII	黒ぼく	シルトB	脱水ケーキ	赤ぼく	国頭マージ	浚渫土
自然含水比(%)	14	20.1	68.2	99.7	27.2	32.6	153.7	19.4	102.2
調整含水比(%)	30.7	25	66	114	41	37	168	36	52.5



珪藻土 乾燥品



珪藻土 焼成品

写真 1 SEM 画像

4. コーン指数

改良効果の確認のためコーン指数を「締固めた土のコーン指数試験の方法 (JIS A 1228:2009)」に従い求めた。コーン指数 q_c の目標値は養生なしで第 3 種建設発生土に相当する $q_c \geq 400 \text{ kN/m}^2$ またはダンプトラックが走行可能な $q_c \geq 1200 \text{ kN/m}^2$ とした。

改良材 A の添加量とコーン指数の関係を図 3 に示す。この図より目標のコーン指数を得るために必要な泥土改良材添加量を求め、表 2 に示した。青、赤、黄の 3 つのグループに分け

ることができた。表 2 に示した目標コーン指数に必要な改良材 A の添加量と評価指標の重相関係数を表 3 に示す。最も相関性の高い指標は塑性指数/液性限界であり、コーン指数 400 kN/m^2 となる添加量の関係を表したのが図 4 である。

表 2 で示された各グループより、砂 F、国頭マージ、浚渫土を代表とし、改良材 A を改良材 B に、珪藻土を乾燥品から焼成品に変えて、コーン指数を求めたものが図 5 である。改良材 A から改良材 B に変えることで同じ添加量に対してコーン指数が高くなった。水溶性ポリマーの量が影響していると考えられる。珪藻土を焼成品に変えた場合は、添加量が少ない範囲では違いが見られないが、浚渫土に対して乾燥品を使用した場合は少量の添加量でコーン指数が 400 kN/m^2 に達し、細粒分が多い土に少量を添加する場合は乾燥品の方が適している可能性がある。乾燥品は粒度が小さいため、水と接触する面積が広いことが影響していると考えられる。養生なしでコーン指数が 1200 kN/m^2 を越えた配合の 7 日間養生後のコーン指数を求めたものを図 6 に示す。添加した珪藻土の種類に着目すると、国頭マージに焼成品を添加したものはコーン指数が養生によって約 500 kN/m^2 、浚渫土に乾燥品を添加したものは同約 100 kN/m^2 、焼成品を添加したものは約 300 kN/m^2 高くなった。焼成品のほうがコーン指数増加に時間を要することが分かる。

5. まとめ

対象土の塑性指数/液性限界が大きいほど必要なコーン指数を得るための改良材添加量が多いことが分かった。珪藻土の種類については、少量添加するのであれば、乾燥品は細粒分が多い土に向いており、焼成品は養生によって効果が高くなることが分かった。

参考文献：1) 林泰弘ほか：締固めた粒状固化処理底泥の力学特性，材料，Vol.45，No.1，pp.68-73，2016.1.

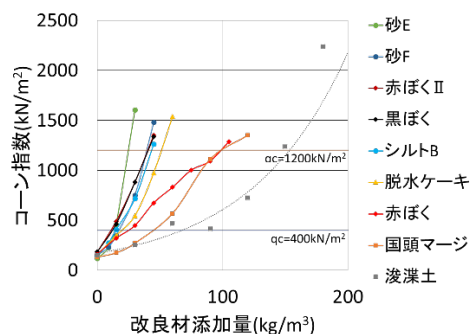


図 3 コーン指数と改良材 A の添加量

表 2 所定のコーン指数に必要な改良材 A の添加量

目標コーン指数(kN/m²)	砂E	砂F	赤ぼくII	黒ぼく	シルトB	脱水ケーキ	赤ぼく	国頭マージ	浚渫土
400	14	17	11	13	15	20	25	45	67
1200	25	40	41	42	43	52	98	98	153

表 3 目標コーン指数と評価指標の重相関係数

評価指標	目標コーン指数	400	1200
	塑性指数	0.327	0.574
	塑性指数/液性限界	0.861	0.696
	細粒分含有率	0.114	0.291
	調整含水比	0.0084	0.0463
	コンシステンシー指数 $[I_c=(WL-W_n)/IP]$	0.197	0.392
	調整含水比のコンシステンシー指数	0.0002	0.0322

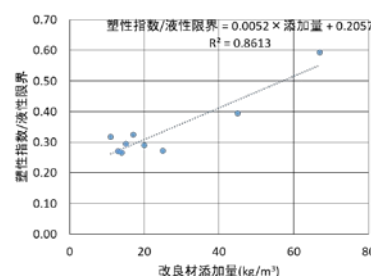


図 4 塑性指数/液性限界と改良材添加量の関係

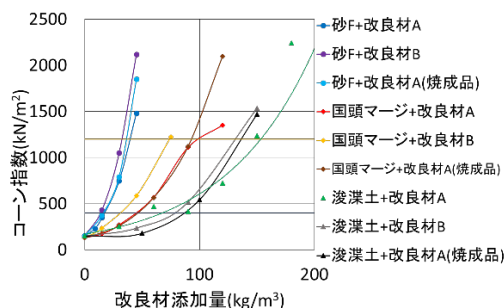


図 5 コーン指数と改良材の添加量

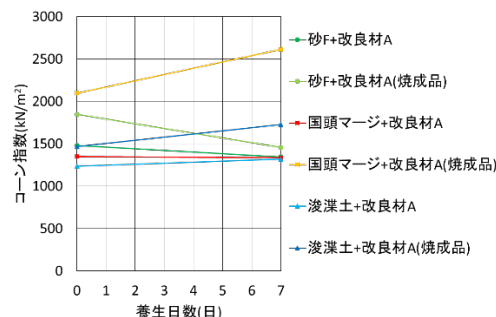


図 6 養生日数によるコーン指数の変化