

石灰系安定材により処理した神戸粘土の繰返しせん断特性

山口大学工学部 正会員 山本哲朗
山口大学大学院 学生会員 ○廖 峰
山口大学大学院 学生会員 小林正

1. はじめに

近年、多様な社会的あるいは建設工学的要請に対応して、さまざまな特徴をもつ新しい安定材が数多く開発されている。セメント、石灰、石膏などの従来の安定材は、路床、路盤の強度増加や盛土の安定処理といった比較的に限られた範疇において利用されてきた^{1),2),3)}。著者らの研究室では、すでに砂質土の液状化対策として、セメント系安定材の効果はかなり有効であるが、石灰系安定材についてはそれほど高くないことを明らかにしている⁴⁾。本研究では、飽和神戸粘土に2種類の石灰系安定材を加えて安定処理土を作り、その繰返しせん断強度を求める試験を行い、石灰系安定材の粘土地盤に対する動的安定処理の効果を調べた。

2. 土試料および安定材

実験に用いた土試料は、神戸市北区淡河付近の山陽自動車道工事現場における溜池底盤から採取した粘土試料（以下、神戸粘土と称す）である。この粘土は自然含水比が89.3%と高く、腐植分を多く含む。その物理定数を表-1に示す。また安定材として(株)カルシードのQuick Lime(生石灰)とGreen Lime（石灰:セメント:石膏=6:3:1）と呼ばれる石灰系安定材を使用した。

3. 供試体の作製および実験方法

現場より採取した試料をスラリー状としてミキサーで十分に攪拌した後、3分割しておく。その一つは安定材添加率0%の未処理土とし、残りの二つにそれぞれQuick LimeとGreen Limeを乾燥質量比5%の割合で徐々に投下しながら、ミキサーで均等になるように20分間攪拌した。その後、試料と安定材がなじむように1日静置した後、さらに30分間、真空脱気を行った。その後、スラリー状の試料を圧密タンクに詰め、圧密圧98kPaの下で圧密した。このように作製した供試体をそれぞれ未処理、QL5およびGL5供試体という。これらの供試体に対して拘束圧98kPaの下で繰返し三軸試験を行った。破壊は両振幅軸ひずみDA=5%に達した時と定義した。

4. 実験結果および考察

図-1に繰返し三軸試験から得られた応力比 $\sigma_d/2\sigma'_{30}$ と破壊までの繰返し回数 n_L の関係を示している。この図から含水比が未処理供試体のそれよりも高いQL5、GL5両供試体の $\sigma_d/2\sigma'_{30} \sim n_L$ の曲線は未処理土供試体の上位にあり、安定材の添加によって供試体の応力比が大きくなっていることが分かる。その増加は未処理供試体に比べて4割から8割強となっている。

一方、QL5とGL5供試体との間では、応力比にはそれほど大きな差が認められず、繰返し回数20回での応力比、すなわち繰返しせん断強度は両者とも未処理供試体に比べて約1.9大きい。本実験では処理土供試体の作製では初期含水比を大きくしており、このことを考慮すると石灰系安定材で安定処理した神戸粘土の繰返しせん断強度はかなり大きくなるということが出来る。

表1 神戸粘土の物理定数

Gs	2.614
D _{max} (mm)	0.850
D ₅₀ (mm)	0.005
w _L (%)	56.0
w _P (%)	22.9
I _P	33.1
F _{clay} (%)	50.0
FC(%)	98.0

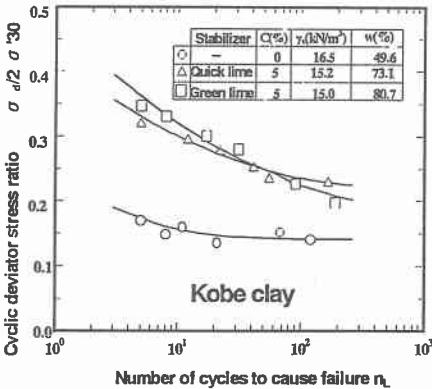
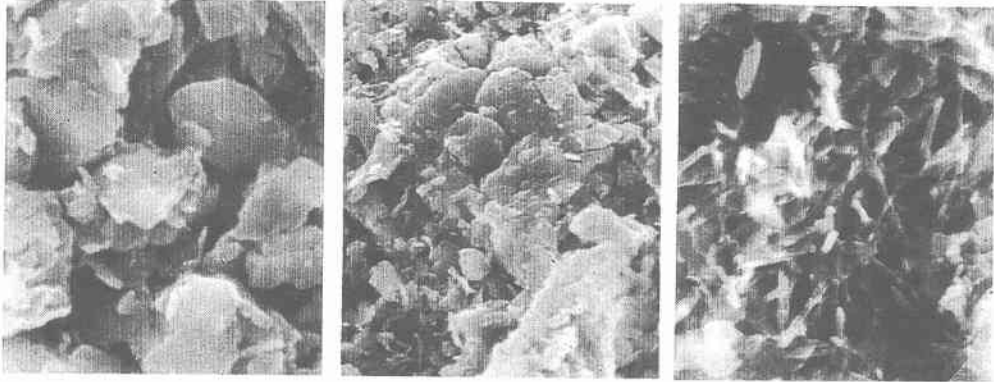


図-1 繰返し応力比と繰返し回数の関係

走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて石灰系安定処理土および未処理土の土粒子構造を観察し、写真-1に示す



(a) 未処理土

(b) QL5 処理土

(c) GL5 処理土

写真-1 各試料の SEM 写真(倍率 10000 倍)

ような結果を得た。写真-1(a)に示す未処理土の場合、土粒子同士は互いに接触しているものの、かなりの空隙が見られる。これに対して、写真-1(b)の QL5 処理土では、土粒子間には珪酸石灰水和反応物が固結していて、土粒子同士はより強く結合されていることが分かる。写真-1(c)の GL5 処理土では、土粒子の周りに珪酸石灰水和反応物が生成し、また針状のアルミン酸硫酸石灰水和物(以下、エトリンサイトと言う)が土粒子同士を結合させている様子が見られる。このようなエトリン

表-2 三軸圧縮試験結果

Stabilizer	γ_s (KN/m ³)	W(%)	c'(kPa)	ϕ' (°)	τ_u (kPa)
—	16.5	46.9	12.2	25.2	58.4
Quick lime	15.0	74.3	13.1	30.9	65.3
Green lime	14.6	81.4	24.2	25.9	75.7

サイトの生成によって、土粒子が三次元的に結合され、その上、珪酸石灰水和反応物の生成によって土粒子間の結合が堅固な土粒子構造を形成された結果、繰返しせん断強度が増加したと考えられる。

表-2 に各供試体の三軸圧縮試験結果を示す。粘着力について見ると、未処理供試体は $c'=12.2\text{kPa}$ で、QL5 供試体は $c'=13.1\text{kPa}$ 、GL5 供試体では $c'=24.2\text{kPa}$ となり、特に GL5 供試体の粘着力が未処理供試体に比べて大きい。内部摩擦角については、QL5 供試体は未処理供試体よりも 5.7 度大きい。

5. おわりに

2 種類の石灰系安定材を用いて、高含水比の神戸粘土を動的安定処理した場合の繰返しせん断強度および静的強度を測定した。得られた結果を以下にまとめる。

1)石灰系安定材により処理した神戸粘土の繰返しせん断強度は未処理土に比べて約 1.9 倍大きくなった。今回の実験では、石灰系安定処理の供試体の作製では未処理土の供試体の作製に比べて初期含水比を高くしたが、初期含水比が同じであれば、石灰系安定処理土の繰返しせん断強度および静的強度はさらに大きくなると考えられる。

2)石灰系安定材による処理によって、とくに Green lime を用いた場合には土粒子同士がより堅固に結合を生じており、このことが繰返しせん断強度および静的強度を高めたと考えられた。

参考文献

- 1)日本石灰協会石灰安定処理委員会:石灰による軟弱地盤の安定処理工法、鹿島出版会、1983。
- 2)社団法人セメント協会:セメント系固化材による地盤改良マニュアル〔第2版〕、技報堂出版、1994。
- 3)寺師昌明他:石灰安定処理土の基本的特性に関する研究(第1報)、港湾技術研究所報告 Vol.16、No.1、3-21、1977。
- 4)山内智也:セメント系石灰系安定材による砂質土の液状化対策、山口大学大学院修士論文、1996。