

Ⅲ-B244 石灰・セメント系安定材により処理した粘性土の強度特性

山口大学大学院 学 川島洋史

山口大学工学部 正 山本哲朗 正 鈴木素之

岡山市役所

古賀靖規

1. はじめに

本報告では、粘性土に対して石灰・セメント系安定材で安定処理を行い、養生時の圧密圧力と安定材の違いによる一軸圧縮強度および繰返しせん断強度の変化を調べた結果を述べる。また、安定材の添加による水和物の生成を確認するため、走査型電子顕微鏡による観察を行った。

2. 土試料および安定材

土試料は、山口県防府市大道で採取した粘土（以下、大道粘土という）である。その物理定数を表-1に示す。石灰系安定材には生石灰、セメント系安定材には高炉セメントB種を用いた。以下、生石灰で処理した大道粘土をQL処理土、高炉セメントB種で処理した大道粘土をBC処理土という。

表-1 大道粘土の物理定数

G_s	2.588
D_{max} (mm)	0.250
D_{50} (mm)	0.005
w_L (%)	60.1
w_p (%)	25.2
I_p	34.9
F_{clay} (%)	50.9
FC (%)	89.3

3. 供試体作製方法および実験方法

大道粘土に脱気水を加え、液性限界の約2.4倍の含水比をもつスラリー状にし、ミキサーで十分に攪拌する。スラリー状試料中に、添加率 $C=5\%$ （セメント質量/試料の乾燥質量 $\times 100$ ）の安定材を少しずつ混入しながら両者を攪拌する。混合後、大型圧密装置（タンク圧密装置）で圧密して、再構成試料を作製した。この際、養生時の圧密圧力 p_v は段階载荷として、最終段階の養生時圧密圧力 p_{vmax} は、0kPa、49kPa、98kPaの3種類とする。载荷方法は、① $p_v=0$ kPa (28日)、② $p_v=0$ kPa (1日) $\rightarrow$ 19.6kPa (1日) $\rightarrow$ 49kPa (28日)、③ $p_v=0$ kPa (1日) $\rightarrow$ 19.6kPa (1日) $\rightarrow$ 49kPa (1日) $\rightarrow$ 98kPa (28日) の3通りである。括弧内には各段階の圧密（養生）時間を示す。圧密終了後、タンクから試料を抜き取り、直径約5cm、高さ約10cmの供試体に整形し、一軸圧縮試験および繰返し三軸試験を行った。繰返し三軸試験では p_{vmax} と等しい有効拘束圧 σ'_3 （背圧 $\sigma_b=49$ kPa）を供試体に加え、1日間等方圧密を行った。圧密終了を確認後、非排水条件の下で、周期10秒の振幅一定の繰返し軸差応力 σ_d を供試体が破壊するまで作用させた。なお、供試体の破壊は両振幅軸ひずみ DA が5%に達した時点とした。

4. 実験結果および考察

図-1に各供試体の一軸圧縮強度 q_u と p_{vmax} の関係を示す。この図から各処理土の一軸圧縮強度 q_u は p_{vmax} の増加に伴い大きくなっていることがわかる。また、 $p_{vmax}=98$ kPaの各供試体の q_u は、QL処理土で未処理土の約9.2倍、BC処理土で未処理土の約2.3倍になっている。 $p_{vmax}=0$ kPaおよび $p_{vmax}=49$ kPaについても同様に、 q_u はQL処理土、BC処理土および未処理土の順に大きい。このことから、2種類の安定材による安定処理は、土の静的強度に対して有効であるといえる。

図-2には繰返し三軸試験から得られた各供試体の破壊までの繰返し回数 n_L と繰返しせん断応力比 $\sigma_d/2\sigma'_3$ の関係を示す。

図-2からQL処理土およびBC処理土の $\sigma_d/2\sigma'_3 \sim n_L$ 曲線は未

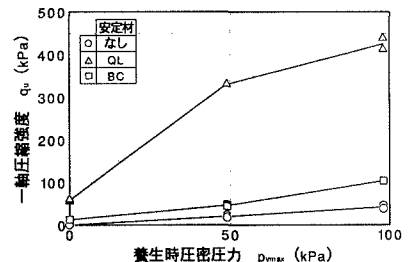


図-1 一軸圧縮強度と養生時圧密圧力の関係

キーワード：繰返しせん断、一軸圧縮強度、石灰、セメント、土質安定処理
連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台2557 山口大学工学部社会建設工学科 山本哲朗
TEL 0836-35-9438 FAX 0836-35-9429

処理土のそれより上方にあることがわかる。 $p_{vmax}=98kPa$ の各供試体の繰返しせん断強度 R_{20} (n_L が 20 回の時の $\sigma_d/2\sigma'_{30}$) は QL 処理土で未処理土の約 8.8 倍、BC 処理土で未処理土の約 2.4 倍になっている。同様に $p_{vmax}=49kPa$ の各供試体の R_{20} は、QL 処理土で未処理土の約 12.9 倍、BC 処理土で未処理土の約 3.1 倍になっている。以上のことから 2 種類の安定材による安定処理は動的強度に対しても有効であると判断できる。また、各処理土の R_{20} は未処理土では p_{vmax} の値によらず同程度であるのに対し、QL 処理土および BC 処理土では $p_{vmax}=98kPa$ より $p_{vmax}=49kPa$ の方が大きい。これは各処理土の R_{20} に p_{vmax} および σ'_{30} が影響しているためだと考えられる。

安定材の添加による強度増加の要因として、土粒子構造の変化が考えられる。そこで走査型電子顕微鏡による観察を行った。写真-1(a)～(c)は未処理土、QL 処理土および BC 処理土の観察結果である。写真-1(b)より、QL 処理土は未処理土に比べ土粒子間が密になっていることがわかる。これは水和物の生成によるものと考えられる。また、写真-1(c)より BC 処理土はエトリンガイトが生成していることがわかる。エトリンガイトは針状の結晶であり、これがネット状に絡み合うことにより土粒子の移動を拘束し、また、その反応の過程で多量の水分が固定されるために含水比が低下する^{1), 2)}。以上より、各処理土の強度増加の主要因は、QL 処理土は水和物による土粒子の結合、BC 処理土はエトリンガイトの生成による土粒子の拘束によるものと考えられる。

5. まとめ

得られた結果は以下のようにまとめることができる。

- ①一軸圧縮強度および繰返しせん断強度は、QL 処理土、BC 処理土および未処理土の順に大きい。このことから、石灰およびセメントによる安定処理は土の静的および動的強度の両面においてその効果が確認された。
- ②各処理土の一軸圧縮強度は養生時圧密圧力の増加に伴い大きくなる。
- ③未処理土の繰返しせん断強度 R_{20} は圧密圧力の値によらず同程度であるのに対し、QL 処理土および BC 処理土の R_{20} は p_{vmax} の値によって異なる。
- ④走査型電子顕微鏡を用いて安定材の添加による土粒子構造の変化を観察した結果、QL 処理土では土粒子間の空隙に水和物の生成が見られ、BC 処理土ではエトリンガイトの生成が確認された。

謝辞 実験を進めるにあたり多大なご助力を頂いた宇部興産（株）建設資材事業本部の岡林茂生氏、藤野秀利氏に深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 1) 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[第二版]、技報堂出版株式会社、1994。
- 2) 無機マテリアル学会：セメント・セッコウ・石灰ハンドブック、技報堂出版株式会社、1995。

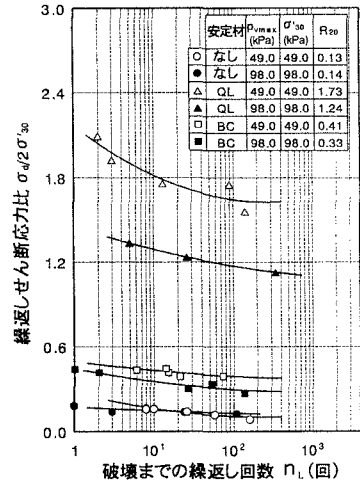
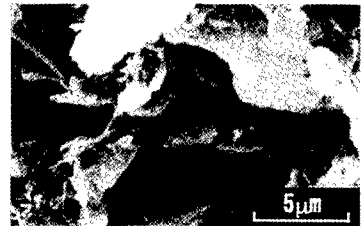
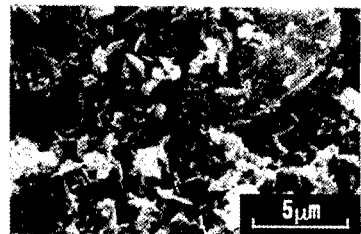


図-2 動的強度曲線



(a) 未処理土



(b) QL 処理土



(c) BC 処理土

写真-1 電子顕微鏡観察