

セメント系固化材で処理した種々の土の動的強度特性

山口大学工学部 正 山本哲朗 正 鈴木素之  
宇部興産（株） 岡林茂生 正 藤野秀利  
山口大学大学院 学○川島洋史

1. はじめに 近年、安定処理の対象となる地盤の土性も多種多様となり、それに対応できる新しい固化材が開発されている。しかし、これらの固化材による処理土の強度・変形特性は、未解明な部分が多い。とくに、処理土の動的挙動の面から固化材の有効性を調べた例は少ない。そこで、著者らは数種類の固化材で処理した種々の土に対して繰返し三軸試験を行い、動的挙動に対する改良効果を検討した。

2. 土試料および固化材 土試料は、粘質土、有機質粘土、泥炭、有機質火山灰土および火山灰質粘性土の計 5 種類を用いた。また、固化材には、普通ポルトランドセメント（OPC）を標準に、一般軟弱土用固化材（固化材 A）、高有機質土用固化材（固化材 B）および超高有機質土用固化材（固化材 C）を用いた。表－1 に示すように、固化材の添加量はそれぞれの土試料によって異なる。

3. 供試体の作製および実験方法 供試体（φ=50mm、h=100mm）の作製は、セメント協会標準試験方法（JCAS L-01-1990）に準じて行い、7 日間湿空養生した。繰返し三軸試験は、まず有効拘束圧  $\sigma'_{30}=98.0\text{kPa}$ （背圧  $\sigma_b=49.0\text{kPa}$ ）を供試体に加え圧密し、圧密終了時間は 3t 法により決定した。その後、非排水条件で周期 10 秒の振幅一定の繰返し軸差応力  $\sigma_a$  を供試体が破壊するまで作用させた。破壊の定義は両振幅軸ひずみ DA が 5% に達した時点とした。

4. 結果および考察 各種固化材で処理した土の繰返しせん断挙動には、軸ひずみ  $\varepsilon_1$  に関して主に 3 つのパターン①～③がみられた。

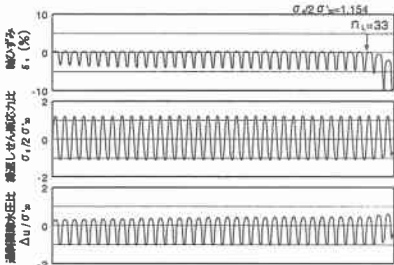
①破壊時に  $\varepsilon_1$  が伸張側で急増するタイプ：この代表例として粘質土（OPC, 50kg/m<sup>3</sup>）の記録波形を図－1 (a) に示す。これと同様の傾向を示したものには、粘質土（固化材 A, 50kg/m<sup>3</sup>）、有機質粘土（固化材 B, 150kg/m<sup>3</sup>）、火山灰質粘性土（固化材 A, 200kg/m<sup>3</sup>）があげられる。破壊は伸張側で供試体の一部が大きく変形することで生じている。これらの試料に共通する性質は、一軸圧縮強度  $q_u$  が 370～590kPa 程度と大きいことである。

②繰返し回数 N の増加に伴い、 $\varepsilon_1$  が主に伸張側に徐々に増加するタイプ：この代表例として泥炭（固化材 C, 180kg/m<sup>3</sup>）の記録波形を図－1 (b) に示す。これと同様の傾向を示したものには、火山灰質粘性土（OPC, 200kg/m<sup>3</sup>）があげられる。これらの試料の  $q_u$  は 180～500kPa で①のタイプと同様に大きい。

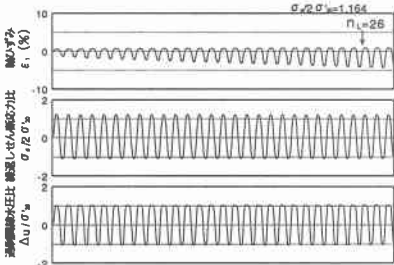
③繰返し回数 N の増加に伴い、 $\varepsilon_1$  が圧縮および伸張側で等しく増加するタイプ：この代表例として有機質火山灰土（OPC, 200kg/m<sup>3</sup>）の記録波形を図－1 (c) に示す。これと同様の傾向を示したものには、有機

表－1 実験ケース

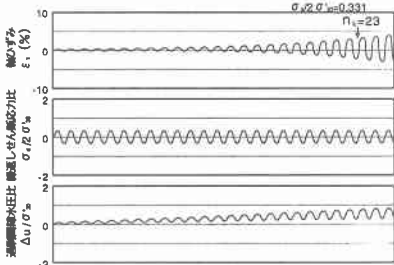
| 土試料     | 固化材   | 添加量<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------|-------|-----------------------------|
| 粘質土     | OPC   | 50                          |
|         | 固化材 A |                             |
| 有機質粘土   | OPC   | 150                         |
|         | 固化材 B |                             |
| 泥炭      | OPC   | 180                         |
|         | 固化材 C |                             |
| 有機質火山灰土 | OPC   | 200                         |
|         | 固化材 B |                             |
| 火山灰質粘性土 | OPC   | 200                         |
|         | 固化材 A |                             |



(a) 粘質土（OPC, 50kg/m<sup>3</sup>）



(b) 泥炭（固化材 C, 180kg/m<sup>3</sup>）



(c) 有機質火山灰土（OPC, 200kg/m<sup>3</sup>）

図－1 記録波形の代表例

質火山灰土（固化材 B,200kg/m<sup>3</sup>）、有機質粘土（OPC,150kg/m<sup>3</sup>）および有機質火山灰土（OPC,200kg/m<sup>3</sup>）があげられる。これらの試料の  $q_u$  は 50~150kPa で①および②のタイプと比較して相当小さい。以上のことから、各種固化材で処理した土の繰返しせん断挙動における 3 パターンは  $q_u$  の値と相関がある。

図一 2 に繰返し三軸試験による各処理土の繰返しせん断応力比  $\sigma_d/2\sigma'_{30}$  と破壊までの繰返し回数  $n_L$  の関係を示す。すべての土試料において、固化材 A、B または C による処理土の  $\sigma_d/2\sigma'_{30} \sim n_L$  曲線の方が OPC によるそれよりも上方にあり、動的挙動に対する安定処理効果は OPC よりも固化材 A、B または C の方が大きい。粘質土および有機質火山灰土は、固化材の種類による  $\sigma_d/2\sigma'_{30} \sim n_L$  曲線の差異があまりみられない。繰返しせん断強度  $R_{20}$  ( $n_L=20$  のときの  $\sigma_d/2\sigma'_{30}$  の値) に着目し、固化材による処理土と OPC による処理土の  $R_{20}$  の比として  $r_{R20}$  を定義すると、粘質土の場合では  $r_{R20}=1.02$ 、有機質火山灰土の場合では  $r_{R20}=1.09$  と非常に小さい。一方、有機質粘土、泥炭および火山灰質粘性土は固化材の種類による  $\sigma_d/2\sigma'_{30} \sim n_L$  曲線の差異が顕著であり、有機質粘土の場合では  $r_{R20}=1.80$ 、泥炭の場合では  $r_{R20}=1.74$ 、火山灰質粘性土の場合  $r_{R20}=1.32$  と比較的大きな値であった。

次に、図一 3 に示す各土試料の  $R_{20}$  と  $q_u$  の関係を次式のような関数で近似した。図から実測値と近似曲線の適合性は良好であることがわかる。

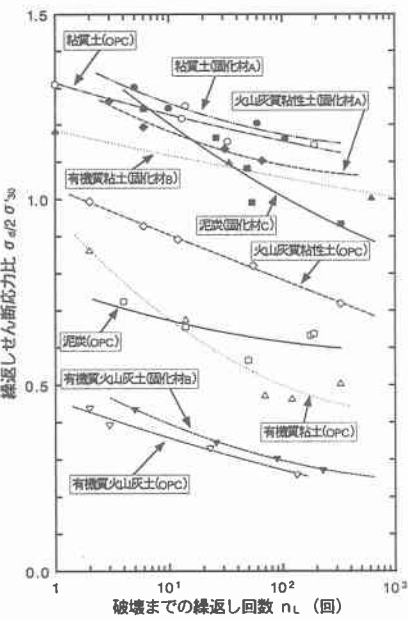
$$R_{20} = \frac{7.21 \times 10^{-3} q_u}{4.14 \times 10^{-3} q_u + 1} \quad (q_u: \text{kPa}) \quad (1)$$

山本ら<sup>1)</sup>は、300kPa 程度以下の  $q_u$  と繰返しせん断強度  $R_{20}$  との間に直線関係があることを示している。このことをふまえて、本研究においても図一 3 中の  $q_u=200\text{kPa}$  程度以下の実測値を 1 次式で近似することが十分可能である。なお、これらの繰返しせん断挙動は前述した②および③のタイプである。一方、 $q_u=200\text{kPa}$  程度以上の実測値は、式 (1) で良好に近似でき、これらのせん断挙動は前述した①のタイプである。上記の考察から、安定処理土の繰返しせん断挙動ならびに繰返しせん断強度は、それぞれ静的強度としての一軸圧縮強度より概略分類でき、推定できることが示唆された。

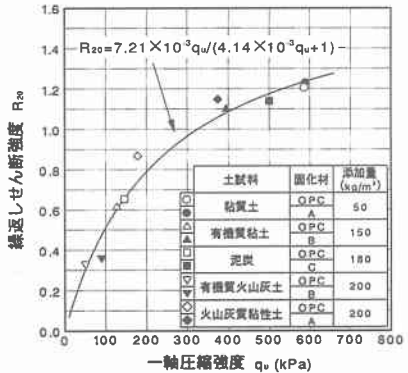
**5. まとめ** 数種の固化材で処理した種々の土に対して繰返し三軸試験を行い、動的挙動に対する改良効果を検討した。その結果は以下のように要約できる。

- 1) セメント安定処理土の繰返しせん断挙動は一軸圧縮強度の値により概略分類できるようである。
- 2) 今回用いたすべての土試料において、一般軟弱土用固化材、有機質土用固化材および超有機質土用固化材による処理土の繰返しせん断強度の方が普通ポルトランドセメントによるそれよりも大きいことが確認された。
- 3) 繰返しせん断強度と一軸圧縮強度の関係は、土性および固化材の種類によらず、式 (1) で表すことができるようである。

**謝辞** 実験を進めるにあたり多大なご助力を頂いた本研究室の古賀靖規氏に深甚なる謝意を表します。  
**参考文献** 1) 山本ほか：石灰およびセメント安定処理した粘土の繰返しせん断強度，第 3 回地盤改良シンポジウム発表論文集Ⅱ-6，pp.103-108，1998。



図一 2  $\sigma_d/2\sigma'_{30}$  と  $n_L$  の関係



図一 3  $R_{20}$  と  $q_u$  の関係