

III-A 88 粘性土の非排水繰返し強度、静的強度およびせん断剛性率の相関

横浜国立大学工学部 正会員 プラダン テージ  
 横浜国立大学大学院 学生員 ○川野 祥弘

1. はじめに

今まで地震のような動的荷重による地盤破壊の研究は、液状化という劇的な変化を起こす砂地盤が先行し、粘性土地盤に関しては粘着力があり液状化しないので安定であるとみられ、あまり進んでいないのが現状である。しかし、粘性土地盤も液状化破壊には至らないが繰返しせん断破壊を起こすことが報告されている。そこで、本研究では種々の粘性土について非排水繰返し三軸試験を行い、初期せん断剛性率と非排水繰返し強度を求め、その結果を静的非排水三軸圧縮試験より求めた静的非排水せん断強度と比較しそれらの相関について調べた。

2. 試料

実験には2種類の再構成粘性土と3種類の不攪乱粘性土を用いた。再構成粘性土は東扇島から採取された粘性土を74 $\mu$ mのふるいで振ったもの（以下YNU2）と藤の森粘性土を2mmのふるいで振ったもの（以下Fujinomori2）であり、不攪乱粘性土は笠岡市、石巻市、横浜市からそれぞれ採取されたもの（以下Kasaoka、Ishinomaki、Yokohama）である。各試料の物性値を表-1に示す。

表-1 各試料の物性値

Clay	$G_s$ ( $g/cm^3$ )	$w_L$ (%)	$w_p$ (%)	$I_p$	$F_s$ (%)	$F_c$ (%)
YNU2	2.69	80	35	45	100	70
Fujinomori2	2.72	54	44	10	87	31
Kasaoka	2.68	75	27	48	97	57
Ishinomaki	2.58	92	36	56	99	22
Yokohama	2.60	141	102	39	97	67

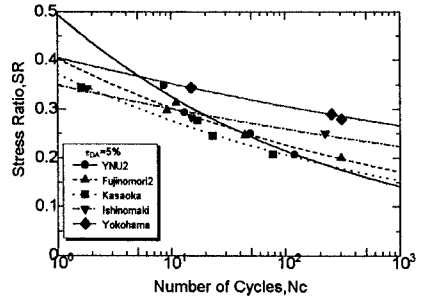


図-1 繰返し回数と繰返し応力比の関係

3. 実験方法

再構成試料についてはYNU2は上載圧力0.5kgf/cm<sup>2</sup>、Fujinomori2は上載圧力0.7kgf/cm<sup>2</sup>で予圧密を行った。供試体はすべて直径5cm、高さ10cmの円筒型としYNU2、Kasaoka、Ishinomakiについては $\sigma_c = 1.0kgf/cm^2$ 、Fujinomori2、Yokohamaについては $\sigma_c = 2.0kgf/cm^2$ で24時間等方圧密を行った。非排水繰返し試験は圧密後、周波数0.1Hzの正弦波を用い圧縮側からの両振り载荷を行った。実験手順はまず最初にひずみレベルが10<sup>-5</sup>程度の繰返し载荷を10波行い、同じ供試体を用いて両振幅ひずみが10%もしくは载荷回数が300波になるまで所定の応力比 $SR(=\sigma_d/2\sigma_c')$ で繰返し载荷を行った。静的非排水圧縮試験は圧密後、軸ひずみ速度0.1%で行った。

4. 実験結果

- ①微小ひずみ試験：鉛直応力と軸ひずみからヤング率Eを求め、ポアソン比を0.5として初期せん断剛性率 $G(=E/3)$ を求めた。試料の間隙比eおよび有効拘束圧 $\sigma_c'$ が異なっているためHardin<sup>1)</sup>らの式 $G=AF(e)(\sigma_c')^{1/2}$ に基づき正規化した値 $G/F(e)/(\sigma_c')^{1/2}$ をせん断剛性率の代表値として用いた。ここで、 $F(e)=(2.97-e)^2/(1+e)$ である。
- ②非排水繰返し試験：図-1に両振幅軸ひずみ5%の時の繰返し回数と繰返し応力比の関係を示す。これより繰返し回数が20回の時の繰返し応力比を繰返し強度 $SR_{20,5}$ とした。
- ③静的非排水圧縮試験：最大軸差応力の1/2の値をせん断強度 $S_u$ とした。その値を有効拘束圧 $\sigma_c'$ で除した値 $S_u/\sigma_c'$ を正規化静的強度とした。

## 5. 考察

図-2 に塑性指数と繰返し強度の関係を示す。図中の黒い点が今回の実験結果でありその他の値は原田ら<sup>2)</sup>、安原ら<sup>3)</sup>、プラダン<sup>4)</sup>の値である。全体のデータで見る限り、繰返し強度は塑性指数に依存せずほぼ一定の範囲(0.2~0.3)に収まることがわかる。また、再構成粘性土と不攪乱粘性土の違いによる繰返し強度への影響は顕著に出なかった。塑性指数は土を再構成して求める値なので、土の構造の違いを表すことはできないが、構造が違うと強度も変わると考えられるので塑性指数から強度を求めることは難しいと思われる。

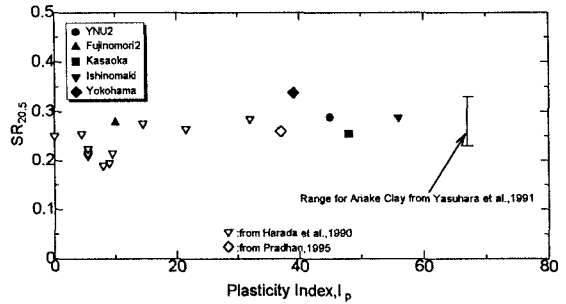


図-2 繰返し強度と塑性指数の関係

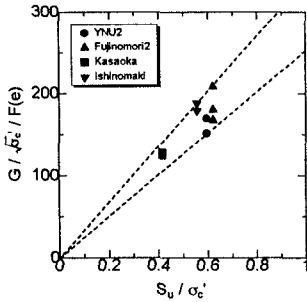


図-3 静的強度とせん断剛性率の関係

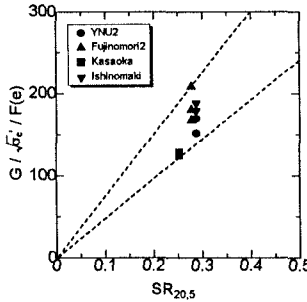


図-4 繰返し強度とせん断剛性率の関係

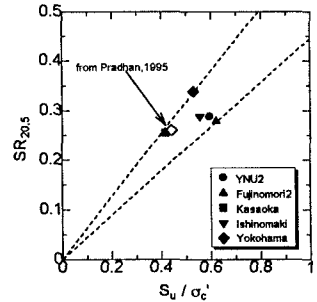


図-5 繰返し強度と静的強度の関係

図-3 に静的強度とせん断剛性率の関係、図-4 に繰返し強度とせん断剛性率の関係を示す。静的強度とせん断剛性率に比例関係があるとするとき  $G/F(e)/(\sigma'_c)^{1/2} = (254 \sim 338) S_u / \sigma'_c$  の間にあり、平均すると定数は 296 である。繰返し強度とせん断剛性率の間にははっきりとした傾向はないようであるが仮に比例関係とすると  $G/F(e)/(\sigma'_c)^{1/2} = (488 \sim 748) SR_{20.5}$  となり係数の幅が大きい。これは、非排水繰返し試験が構造を乱す試験であるのに対し、微小ひずみ試験とが構造を乱さない試験であるので、繰返し強度とせん断剛性率の相関が低いものと考えられる。図-5 に繰返し強度と静的強度の関係を示す。繰返し強度と静的強度の関係は  $SR_{20.5} = (0.45 \sim 0.64) S_u / \sigma'_c$  となり、平均すると定数は 0.54 となる。この定数の関しては 0.58 であるという報告もある<sup>4)</sup>。これらの式の妥当性を確認するためには、もっとたくさんのデータの蓄積が必要である。

## 6. 結論

次のような結論が得られた。

- ① 繰返し強度は塑性指数に依存せず、非排水繰返し強度はある一定の範囲にある。
- ② 静的強度とせん断剛性率の間に比例関係があるとするとき平均的に  $G/F(e)/(\sigma'_c)^{1/2} = 298 S_u / \sigma'_c$  となる。
- ③ 繰返し強度と静的強度の間に比例関係があるとするとき平均的に  $SR_{20.5} = 0.54 S_u / \sigma'_c$  となる。

## 参考文献

- 1) Hardin, B.O. and Black, W.L.: Vibration Modulus of Normally Consolidated Clay, Proc. of SMFD, ASCE, Vol.94, No.SM 2, pp.353~369, 1968
- 2) 原田、浦沢、白井：細粒分を含む砂によって造成された海岸埋立地盤の液状化強度特性（塑性指数と液状化強度との関係）、土と基礎、vol.38, No.6, pp.21~26, 1990
- 3) 安原、兵動、藤原、平尾、梅崎：繰返し再構成粘土の動的強度に関する一斉試験、第26回土質工学研究発表会、pp.805~808, 1991
- 4) プラダン：「粘性土の繰返し強度特性に関する全国一斉試験」の実施及び試験結果、土と基礎、vol.43, No.5, pp.79~82, 1995