

# 尼谷地地区から採取した粘性土材料の非排水繰返し載荷時の過剰間隙水圧の挙動 その2

粘性土 非排水繰返し 間隙水圧

(独) 土木研究所

丸山清輝

基礎地盤コンサルタンツ(株)

正会員 ○山田眞一 若杉 護

## 1. まえがき

斜面の地震時の安定問題を取り扱う場合地震時の繰返し載荷により生じる過剰間隙水圧 ( $\Delta u$ ) を求め、有効拘束圧の減少が強度低下をもたらすことを考慮した解析手法が用いられている。そこで、繰返し載荷時の過剰間隙水圧  $\Delta u$  の検討のための基礎資料を得るため H16 年中越地震により地すべり現象を起こした尼谷地地区より採取した粘性土試料を用いて非排水繰返し三軸試験を実施し過剰間隙水圧の挙動について把握しその定式化の検討を行ったので報告する。

## 2. 試験方法

- 1) 試料：尼谷地地区から採取した乱した粘性土試料、物理特性を表-1 に示す。
- 2) 試験装置：繰返し三軸試験装置を用いた。
- 3) 試料の作成：スラリー状態の試料を圧密容器に入れ  $\sigma_v = 50 \text{ kN/m}^2$  で予圧密し作成した。なお、供試体寸法は  $H=10 \text{ cm}$ ,  $D=5 \text{ cm}$  とした。
- 4) 飽和化  $\text{CO}_2$ 、脱気水により飽和化、背圧を  $200 \text{ kPa}$  加え  $B=0.95$  を確認した。
- 5) 応力条件：図-1(a)の斜面の土要素の応力状態を考慮し、圧密時平均有効主応力  $\sigma_{mc}' = 200 \text{ kPa}$ 、圧密時主応力比  $\sigma_{vc}' / \sigma_{hc}' = 1.0, 1.5, 2.0$  と設定した。試験の応力条件一覧表を表-2 に示す。
- 6) 圧密 表-2 の応力条件で圧密し、3t 法で圧密終了を確認した。なお、圧密の促進等のためペーパードレーンを施した。
- 7) 繰返し載荷 図-1(b)で示した径路で初期せん断力載荷、非排水繰返し載荷を行った。なお、載荷周波数は  $0.1 \text{ Hz}$ 、載荷波形は Sin 波を用いた。

表-1 物理試験結果一覧表

| 試料番号                                | 尼谷地            |
|-------------------------------------|----------------|
| 土粒子の密度 $\rho_s$ ( $\text{g/cm}^3$ ) | 2.710          |
| 自然含水比 $w_n$ (%)                     | 25.4           |
| 礫分 (2~75mm) (%)                     | 0.0            |
| 砂分 (0.075~2mm) (%)                  | 5.7            |
| シルト分 (0.005~0.075mm) (%)            | 46.6           |
| 粘土分 (0.005mm未満) (%)                 | 47.7           |
| 最大粒径 (mm)                           | 0.425          |
| 50%粒径 $D_{50}$ (mm)                 | 0.0056         |
| 液性限界 $w_L$ (%)                      | 78.7           |
| 塑性限界 $w_P$ (%)                      | 19.9           |
| 塑性指数 $IP$                           | 58.8           |
| 地盤材料の分類名                            | 砂まじり粘土 (高液性限界) |

表-2 応力条件一覧表

| $\sigma_{vc}'$ ( $\text{kN/m}^2$ ) | $\sigma_{hc}'$ ( $\text{kN/m}^2$ ) | $\sigma_{vc}' / \sigma_{hc}'$ |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 200                                | 200                                | 1.0                           |
| 340                                | 170                                | 1.5                           |
| 300                                | 150                                | 2.0                           |

## 3. 試験結果

図-2 は、様々な試験の有効応力径路を併記したものである。特徴的なこととして図からわかるように圧密時主応力比  $\sigma_{vc}' / \sigma_{hc}' = 2.0$  の非排水繰返し試験の応力径路が破壊線に到達してから繰返しに伴って有効応力が低下し、繰返し軸差応力の圧縮時のピークが破壊線に沿って低下していることが伺える。

図-3, 4, 5 はそれぞれ圧密有効主応力比  $\sigma_{vc}' / \sigma_{hc}' = 1.0, 1.5, 2.0$  の条件における繰返し載荷時の応力比の相違による繰返し回数～過剰間隙水圧関係である。

図から繰返し載荷時の応力比が大きいほど、繰返し載荷に伴う過剰間隙水圧が大きく発生しており、その挙動は粘性土の応力～ひずみ関係に類似した上に凸な形状を示していることがわかる。ところで、実務で扱う場合任意の条件の過剰間隙水圧を算出できるように、この関係をなんらかの式で表現しておくとう便利である。

そこで、次ページに示すように(1)式を用いて図-3, 4, 5 に示した関係の定式化を行った。

まず、図-1(b)に示すように静的な初期せん断力の位置から破壊線までの過剰間隙水圧の値を繰返し載荷時に発生する過剰間隙水圧の最大値  $\Delta u_f$  とし、係数  $n$  は圧密有効主応力比  $\sigma_{vc}' / \sigma_{hc}' = 1.0, 1.5, 2.0$  の条件で固定として  $n=0.68$  と設定した。また、係数  $m$  は試験データに推定値ができるだけ適合するようにカイ二乗値が最小となるように設定し、データとの整合性のバランスを考慮し多少修正を行った。

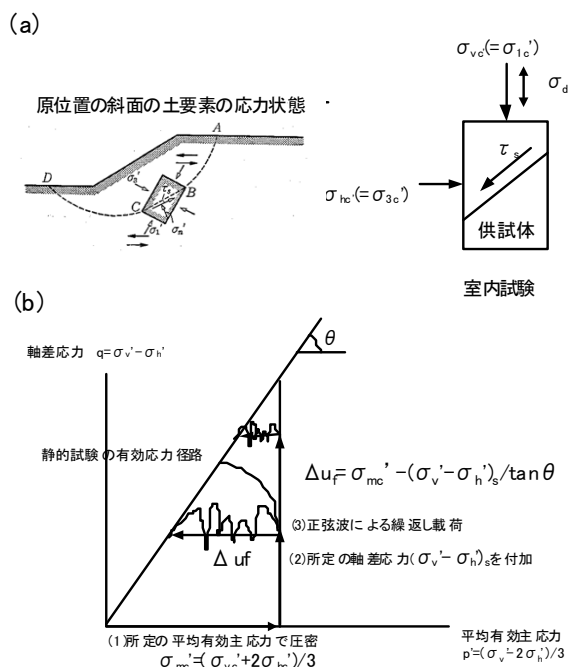


図-1 試験の模式図

$$\Delta u = \Delta u_f (1 - 1 / (1 + (N_c / m)^n) \cdot \dots \cdot (1)$$

$$\Delta u_f = \sigma_{mc}' - (\sigma_v - \sigma_h)' / \tan \theta \cdot \dots \cdot (2)$$

$\tan \theta$ : 破壊線の傾き (図-1(b)),  $n=0.68$

各試験条件で得られたパラメータ  $n$  を試験条件と併記し表-3 に示す。図-3, 4, 5 に定式化曲線を破線で併記した。図からわかるように、試験データとの整合性は比較的良いと思われる。また、係数  $n$  については繰返し载荷時の軸差応力  $\sigma_d$  との関係を求め図-6 に示す。図-6 からわかるように相関関係が認められる。

#### 4. まとめ

今後、平均有効主応力の相違など  $N_c \sim \Delta u$  関係に関する(1)式の一般化、係数  $n$  の検討、地震波との対応等実施する予定である。

#### 5. 参考文献

1) 尼谷地地区から採取した粘性土材料の非排水繰返し载荷時の過剰間隙水圧の挙動: 第46回地盤工学会講演論文集

表-3 試験結果一覧表

|                                                    |       |       |       |       |       |      |       |      |      |      |      |  |
|----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|--|
| $\sigma_{vc}'$ (kN/m <sup>2</sup> )                | 200   |       |       |       | 255   |      |       |      | 300  |      |      |  |
| $\sigma_{hc}'$ (kN/m <sup>2</sup> )                | 200   |       |       |       | 170   |      |       |      | 150  |      |      |  |
| $\sigma_{mc}'$ (kN/m <sup>2</sup> )                | 200   |       |       |       | 198   |      |       |      | 200  |      |      |  |
| $\sigma_{vc}' / \sigma_{hc}'$                      | 1.0   |       |       |       | 1.5   |      |       |      | 2.0  |      |      |  |
| $\sigma_{vc}' - \sigma_{hc}'$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 0     |       |       |       | 85    |      |       |      | 150  |      |      |  |
| $\sigma_d$ (kN/m <sup>2</sup> )                    | 87.0  | 106.6 | 138.7 | 161.1 | 80.6  | 87.3 | 119.9 | 75.7 | 80.4 | 85.6 | 99.2 |  |
| $\Delta u_f$ (kN/m <sup>2</sup> )                  | 200   |       |       |       | 129.2 |      |       |      | 75   |      |      |  |
| $m$                                                | 103.3 | 21.1  | 16.4  | 11.5  | 44.2  | 18.8 | 11.2  | 41.6 | 25.0 | 21.1 | 18.0 |  |

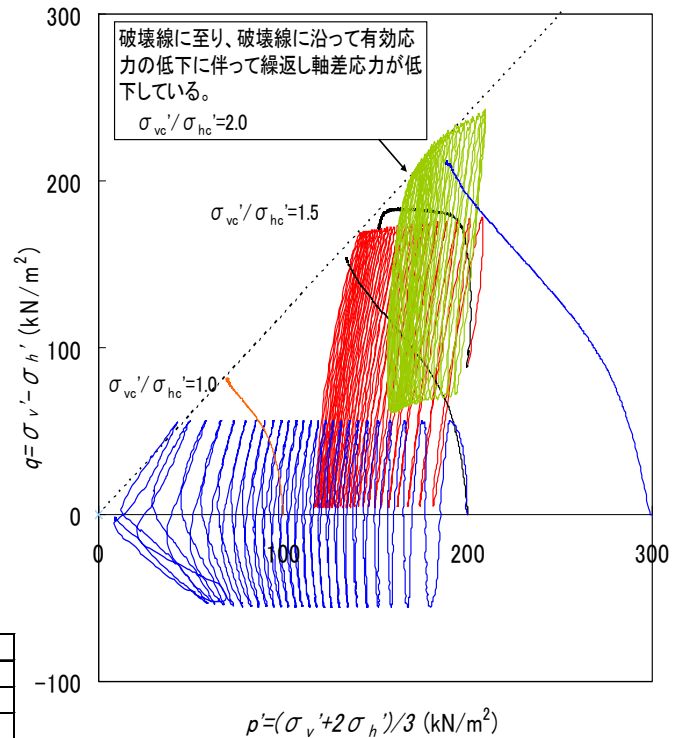


図-2 尼谷地(粘性土)の各種試験の有効応力径路

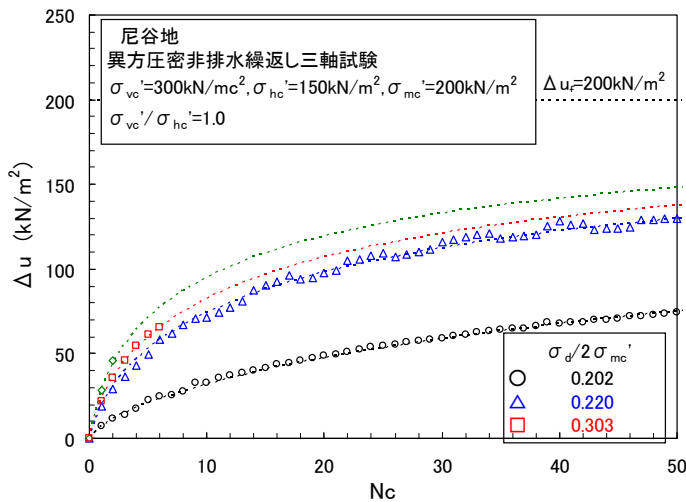


図-3 繰返し応力比の相違による  $N_c \sim \Delta u$  関係

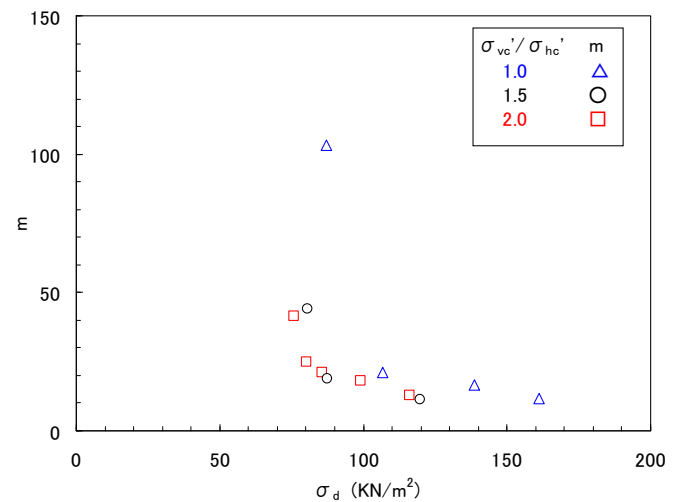


図-6  $\sigma_d \sim m$  関係

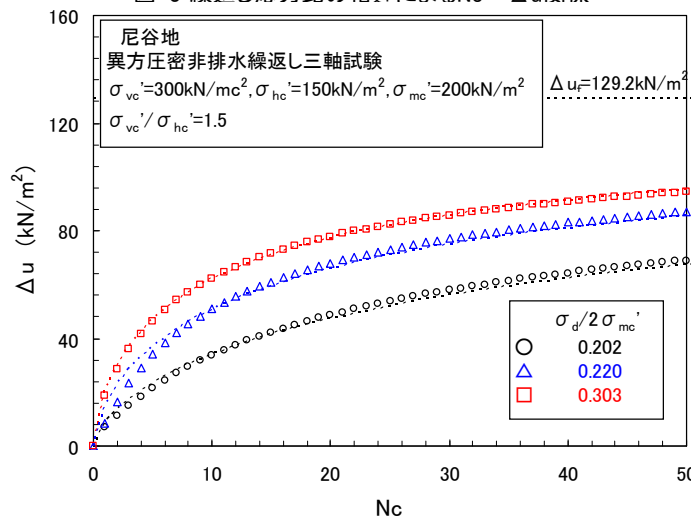


図-4 繰返し応力比の相違による  $N_c \sim \Delta u$  関係

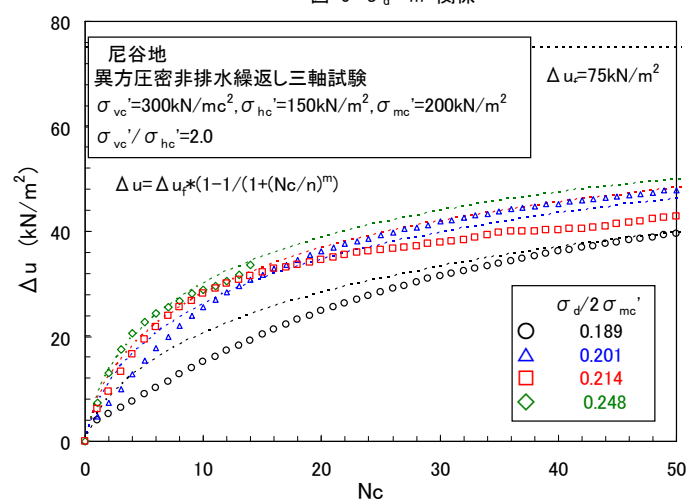


図-5 繰返し応力比の相違による  $N_c \sim \Delta u$  関係の定式化