

Ⅲ-258

繰返し履歴を受けた粘性土の応力-ひずみ関係の予測

茨城大学大学院 学 ○豊田 紀孝
 茨城大学工学部 正 安原 一哉
 茨城大学工学部 正 村上 哲

1. はじめに

地震時のような繰返し荷重を受けた粘性土は強度と剛性の劣化によって有害な変形や沈下を生じたり、支持力の低下を起こしたりすることがある。著者らはこのような強度と剛性の劣化を、繰返し荷重によって生じた過剰間隙水圧比の簡単な関数として表すことを試み、その妥当性を確かめてきた^{1), 2)}。本文では、藤の森粘土を用いて繰返し荷重履歴後の強度と剛性の劣化を予測し、さらに、Kondner(1963)³⁾や松井ら(1980)⁴⁾によって提案された双曲線近似による応力-ひずみ関係の予測を行い、実験結果との比較を行った。

2. 基本的な考え方

繰返し履歴によって生じる強度と剛性の劣化によって、粘性土の応力-ひずみ関係は図-1のように変化すると考えられる。ここでは、これらを、次式によって近似できると仮定する。

$$q = \frac{\varepsilon_a}{\frac{1}{E_s} + \frac{\varepsilon_a}{2s_u}} \quad (\text{繰返し履歴前}) \quad (1a)$$

$$q = \frac{\varepsilon_a}{\frac{1}{E_{s, cy}} + \frac{\varepsilon_a}{2s_{u, cy}}} \quad (\text{繰返し履歴後}) \quad (1b)$$

ここで、 s_u : 非排水強度、 E_s : 初期割線変形係数である。これら E_s および s_u の値はそれぞれ著者ら^{1), 2)}がこれまでに提案してきた式(2)と式(3)

$$\frac{s_{u, cy}}{s_{u, NC}} = \left[\frac{1}{1 - u/p'_c} \right]^{\frac{\Lambda_0}{1 - C_s/C_c}} \quad (2)$$

及び

$$\frac{E_{s, cy}}{E_{s, NC}} = \frac{\left[1 - \left\{ \frac{C}{1 - C_s/C_c} \right\} \ln \left\{ \frac{1}{1 - u/p'_c} \right\} \right]}{\frac{1}{1 - u/p'_c}} \quad (3)$$

を用いて予測できるものとする。

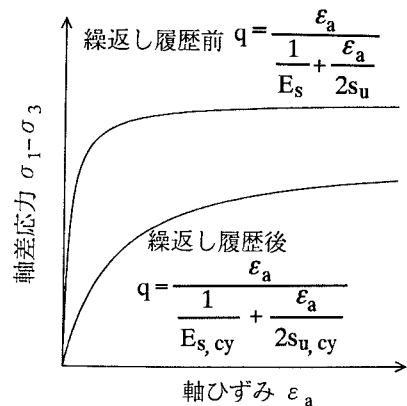


図-1 繰返し荷重履歴前後の
 応力-ひずみ関係の模式図

3. 実験結果による検証

図-2は非排水強度比 $s_{u, cy}/s_{u, NC}$ と繰返し履歴で発生した過剰間隙水圧比 $(\Delta u)_{cy}/p'_c$ の関係を表したものである。図中のプロットは実測値であり、実線は式(2)にて計算されたものである。ここで、式(2)中の $\Lambda_0/(1 - C_s/C_c)$ は、Mayne⁵⁾の文献を整理した上ら⁶⁾によれば、次のように I_p の一次関数で表される。

$$\Lambda_0/(1 - C_s/C_c) = 0.939 - 0.002I_p \quad (4)$$

この図より、実測値と予測値を比較してみると、予測値は実測値よりやや過大になっているが全体としては良い対応を示していることがわかる。

図-3は割線変形係数比 $E_{s, cy}/E_{s, NC}$ と繰返し履歴で発生した過剰間隙水圧比 $(\Delta u)_{cy}/p'_c$ の関係を表したものである。図中のプロットは実測値であり、実線は式(3)にて計算されたものである。ここで、式(3)中の定

数Cは実験定数であり $C=0.6$ 、 C_s/C_c は上述の上によれば、次のように I_p の一次関数で表される。

$$C_s/C_c = 0.185 + 0.002I_p \quad (5)$$

この図より、実測値と予測値を比較してみると、実測値と予測値は良い相関が見られることがわかる。

以上の結果を踏まえて、代表的な繰返し履歴前後の応力-ひずみ関係を予測してみたのが図-4である。今回、式(1b)を用いるにあたり、初期割線変形係数 E_s を割線変形係数 E_{50} で代用している。 E_{50} を用いる際に注意しなければならないのは、式(1b)の左辺が $S_{u,cy}$ の時に右辺の ε_a が $\varepsilon_a = S_{u,cy}/E_{50,cy}$ となるようにしなければならないことである。この時、式(1b)は次のように変形される。

$$q = \frac{\varepsilon_a}{\frac{1}{2E_{50,cy}} + \frac{\varepsilon_a}{2S_{u,cy}}} \quad (6)$$

図-4においては実測値と予測値を比較してみると全体的によく対応しており、繰返し履歴後の応力-ひずみ関係はうまく予測されていると言える。

4. まとめ

本研究により、以下の知見が得られた。

- 1)これまで著者らが提案してきた方法を用いることによって藤の森粘土においても強度と剛性の劣化を予測することが可能である。
- 2)繰返し履歴前の非排水強度 S_u と割線変形係数 E_{50} が分かれば、双曲線近似式を用いて繰返し履歴後の粘性土の応力-ひずみ関係を予測することが可能である。

引用文献

- 1)安原:繰返し荷重を受ける粘土の強度劣化の予測、第26回土質工学研究発表会講演概要集、その1、pp.699-702。
- 2)安原:繰返し荷重による粘土の剛性劣化とその予測、第29回土質工学研究発表会講演概要集、その2、pp.881-884。
- 3)Kondner, R. L. (1963): Hyperbolic stress-strain response, cohesive soils, Proc. ASCE, J. SMFED, Vol. 89, No. 1, pp. 115.
- 4)Matsui, T, H. Ohara and T. Ito (1980): Cyclic stress-strain history and shear characteristics of clay, JGED, Proc. ASCE, Vol. 106, No. GT10, pp. 1101-1120.
- 5)Wayne, P. W. (1980): Cam-clay predictions of undrained strength, Proc. ASCE, Vol. 106, GT11, pp. 1219-1242.
- 6)上、安原、藤原(1991): 粘土の非排水強度に及ぼす圧密時間の影響、地盤と建設、Vol. 9, No. 1, pp. 51-62.

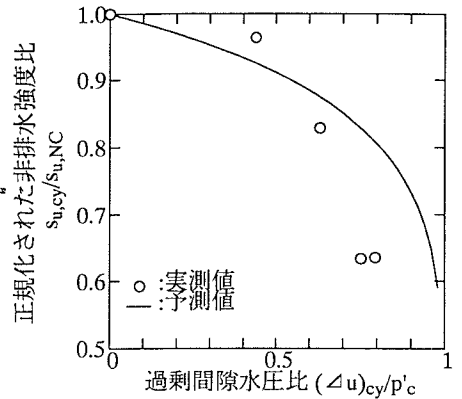


図-2 繰返し荷重履歴後の非排水強度の変化

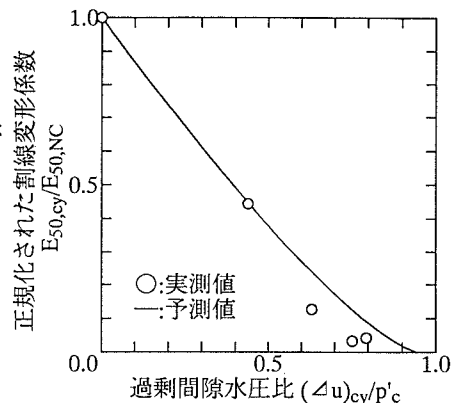


図-3 繰返し荷重履歴後の割線変形係数の変化

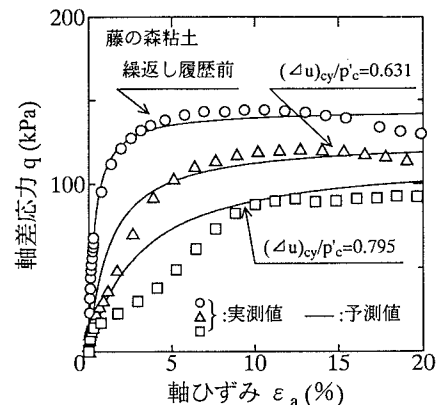


図-4 応力-ひずみ関係の予測