

過圧密シルト質粘性土の繰返し載荷履歴後の剛性劣化特性

茨城大学	フェロー会員	安原一哉*
不動建設(株)	非会員	横川清児**
茨城大学	学生員	○ 宋 炳 雄*

1. はじめに

地震により粘性土地盤に不安定性が生じるのは、繰返し荷重によって発生した過剰間隙水圧やひずみ履歴によるものが大きいと考えられる。本研究では過圧密粘性土地盤に対する繰返し三軸試験後に非排水せん断試験を行い、繰返し履歴を受けた過圧密粘性土の剛性低下を明らかにした。次に、過圧密粘土特有の繰返しせん断特性を考慮できる剛性低下予測式を提案した。

2. 繰返し荷重載荷後の過圧密シルト質粘土の剛性低下予測

本研究では繰返し履歴後のせん断挙動に及ぼす過圧密の影響を調べるために、過圧密シルト質粘性土について繰返し三軸試験を行い、その後単調載荷試験を行うことにより、繰返し載荷による変形係数低下を調べた。予測のあたっては、過圧密状態の粘性土についても正規圧密粘性土と同じように、繰返し載荷により過剰間隙水圧が発生し、過圧密粘性土の挙動と過圧密粘性土に繰返し履歴を与えた擬似過圧密土の挙動が等しいと仮定した。そして、まず、正規圧密粘性土に対する変形係数低下の予測式(安原ら(1982),安原(1997))を過圧密土の場合に修正し、その直用性を論じた。

一般的に粘性土の剛性の減少は有効応力の減少と過圧密比(OCR)の増加に従う⁴⁾。特に、OCRによる剛性低下はこれまで多く研究されている。例えば、Wroth and Houlsby(1985)は経験的に式(1)を提案している。

$$\frac{(E/P')_{OC}}{(E/P')_{NC}} = 1 + C \ln(OCR) \quad (1)$$

ここに、 $(E/P')_{OC}$ と $(E/P')_{NC}$ はそれぞれ過圧密粘土と正規圧密粘土のせん断強度し、OCRは過圧密比とCは経験的に得た定数である。

式(1)で $OCR = P'_{y,i}/P'_o$ を利用して式(2)のように表せる。

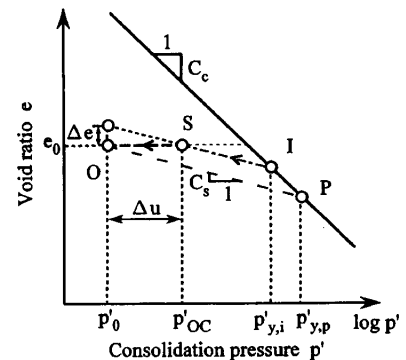
$$\frac{E_{OC}}{E_{NC}} = \frac{P'_i}{P'_c} \cdot \frac{1 + C \ln(OCR)}{OCR} \quad (2)$$

次に、 OCR_q は図1(a)の $P'_{OC} = P'_o + \Delta U$ の関係で式(3)を得られる。

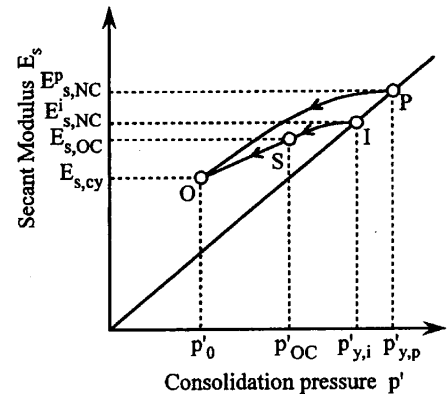
$$OCR_q = \frac{P'_{OC}}{P'_o} = \frac{1}{1 - \Delta U / P'_{NCi}} \quad (3)$$

上記の式(1)から(3)と図1により式(4)の繰返し荷重履歴後の割線せん断剛性率変化比予測式を得る。

$$\frac{E_{s,cy}}{E_{s,OC}} = \left[\frac{1 + C \cdot \ln(OCR) + \frac{C}{1 - C_s / C_c} \ln(OCR_q)}{1 + C \cdot \ln(OCR)} \right] \cdot (OCR_q)^{-1} \quad (4)$$



(a) e - $\log P'$



(b) E_s - $\log P'$

3. 実験結果との比較

図1. 変形係数と間隙比-有効応力

キーワード：過圧密土、剛性劣化、過圧密比、三軸試験、単調載荷圧縮せん断試験

連絡先：* 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1 tel)0294-38-5146 fax)0294-38-5268

** 〒460-0011 名古屋市中区大須4-10-40 tel)052-261-5136 fax)052-263-4564

本研究では式(4)と実験結果との比較を行った結果が図2である。この図より実験結果が正規圧密土と過圧密土が2つのグループに別れていることがわかり、予測式は実験結果をうまく予測できていない。しかし、実験結果の傾向としては過圧密が大きいものほど小さな間隙水圧比でも割線変位係数比が大きく低下していることがわかる。

一方、式(4)に代わる予測式を提案するために、繰返し载荷中の応力—ひずみ関係より得られる等価変形係数 E_{eq} に着目することによって、最後の繰返し载荷に発揮される等価変形係数と繰返し载荷後の単調载荷試験から得られる割線変形係数 E_i の関係は同一の実験の流れで考えると、繰返し载荷の影響を含めた関係であると考えることができる。そこで、実験より得られた繰返し载荷最後の等価変形係数と繰返し荷重履歴後の割線変形係数比の関係を両対数軸で表して見ると、図3のような関係が得られるこれを式化すると次式となる。

$$\frac{E_{i,cy}}{E_{i,OC}} = a \cdot (E_{eq})^b \quad (5)$$

ここで、 a : $E_{eq} = 1$ の時の $E_{i,cy}/E_{i,OC}$ の値、 b : 直線の勾配($b=0.497$)である。そこで、式(5)中の E_{eq} を過圧密や圧密応力の影響を考慮した初期変形係数 E_{max} で正規化した結果、図4が得られる。その関係は式(6)で表せる。

$$\frac{E_{i,cy}}{E_{i,OC}} = A \cdot \left(\frac{E_{eq}}{E_{max}} \right)^B \quad (6)$$

ここで、 A : $E_{eq}/E_{max} = 1$ の時の割線変形比、 B : 直線の傾きである。

4. まとめ

本研究では過圧密粘性土の剛性特性に関する調査を行った。その結果は以下のとおりである。

- 1) 繰返し履歴を受けた過圧密粘性土の挙動は正規圧密土と類似している。
- 2) 過圧密比が大きいものほど小さな間隙水圧比でも割線変位係数比が大きく低下していることがわかる。
- 3) 等価変形係数と初期変形係数を用い、過圧密粘土特有の繰返しせん断特性を考慮できる剛性低下予測式を提案した。

参考文献

1. Yasuhara, K., Hirao, K. and Yamanouchi, T.(1982), "Cyclic Strength and Deformation of Normally Consolidation Clay", Soil and Foundations, 22(3), PP.77~91.
2. Yasuhara, K.(1997), "Method for Estimating Postcyclic Undrained Secant Modulus of Clays", J. of Geotechnical Eng. and Geoenvironmental Eng., Vol.123, No.3, Mar.
3. 横川清児(1997)、地震時における過圧密粘性土地盤の沈下予測、平成9年度茨城大学修士学位論文。
4. Ladd, C. C. et al(1977), "Stress-Deformation and Strength Characteristics", Proc. 9th ICSMFE, vol.2, PP.421~494.
5. Wroth, C. P. and Houlsby, G. T. (1985), "Soil Mechanics, Property Characteristics and Analysis", Proc. 11th ICSMFE, vol.1, PP. 1~55.

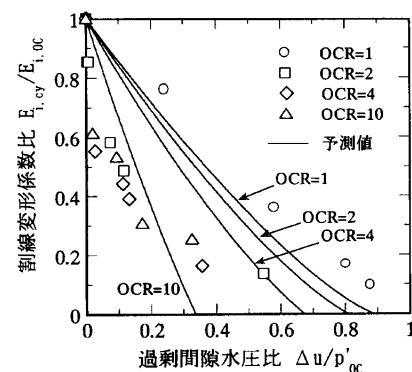


図2. 割線変形係数比と過剰間隙水圧比

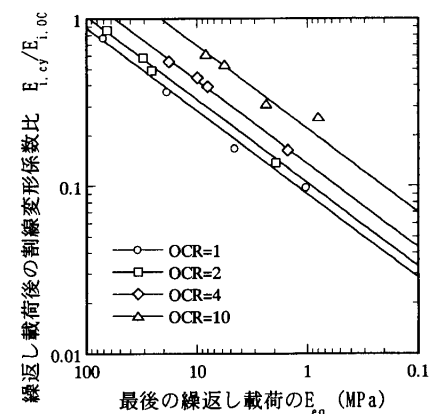


図3. 割線変形係数比と等価変形係数

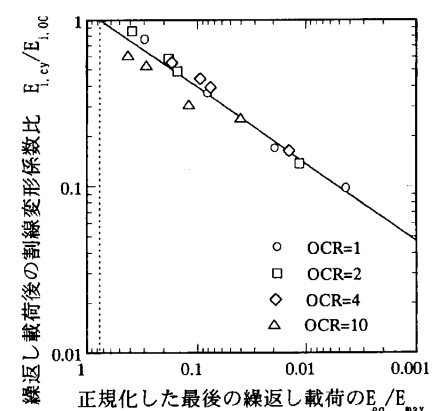


図4. 割線変形係数比低下の予測