

III-259

粘性土のせん断剛性率に及ぼす二次圧密の影響評価

茨城大学工学部 正員 安原一哉

1. まえがき

一般に粘性土は時間依存性があるので、強度や変形抵抗もその影響を受ける。せん断剛性率やヤング率を室内せん断試験から求める場合も同様で、特に圧密時間の影響を大きく受ける。この点について過去にいくつかの研究¹⁾があるが、まだ不明な点が残されている。著者ら^{2) 3)}は過去に静的強度や繰り返し強度におよぼす圧密時間の影響を予測する試みを行ったことがある。ここでは、これらの成果と最近の粘性土の変形係数に関する成果を組み合わせ、変形係数の圧密時間依存性を評価する試みを行ってみたいのでこれを紹介する。

2. 剛性率の圧密時間依存性を予測する方法

図-1は、正規圧密土と過圧密土の剛性率-圧密圧力-間隙比の関係を模式化したものである。Houlsby & Wroth⁴⁾によると、過圧密土と正規圧密土の剛性率の関係は、次式によって表わされる。

$$\frac{\left(\frac{G}{p'}\right)_{OC}}{\left(\frac{G}{p'}\right)_{NC}} = 1 + C \ln(OCR) \quad (1)$$

これにもとづいて、図-1のA点とC点のせん断剛性率を G^*_{QOC} 、 G_{NCi} とすると両者には少しの操作の後、次式の関係が得られる。

$$\frac{G^*_{QOC}}{G_{NC}} = \left[\frac{OCR}{OCR_q} \right] \left[1 + C \ln \left(\frac{OCR_q}{OCR} \right) \right] \quad (2)$$

ここで、上式にさらに次の関係

$$\frac{OCR}{OCR_q} = \frac{1}{\left(\frac{p'_{NC}}{p'_{NCi}}\right)} = \frac{G_{NCi}}{G_{NC}} \quad (3)$$

を考慮すると式(2)は次式となる。

$$\frac{G^*_{QOC}}{G_{NCi}} = 1 + C \ln \left(\frac{p'_{NC}}{p'_{NCi}} \right) \quad (4)$$

上式の右辺の p'_{NC}/p'_{NCi} には、村上⁵⁾や Mesri⁶⁾ らによって見いだされた次式

$$\frac{p'_{NC}}{p'_{NCi}} = \left[\alpha \left(\frac{t}{t_{100}} \right)^{\frac{R}{1-C_r/C_c}} \right] \quad (5)$$

を用いることが出来る。ここで、 α : エイジングを示す指数、 t_{100} : 100%一次圧密終了時刻、 t : 一次圧密終了後の任意時刻、 R : C_α/C_c 、 C_α : 二次圧密係数、 C_c : 圧縮指数、 C_r : 再圧縮指数である。従って、式(5)を式(4)へ代入することによって、二次圧密を受けた剛性率を評価する式として次式を得ることが出来る。

$$\frac{G^*_{QOC}}{G_{NCi}} = 1 + C \ln \left[\alpha \left(\frac{t}{t_{100}} \right)^{\frac{R}{1-C_r/C_c}} \right] \quad (6)$$

この式によれば、二次圧密など長期圧密を受けた粘性土の剛性率を予測することが出来る。以下に、このことを実験結果によって確かめることにする。

3. 実験による検証

Gに及ぼす二次圧密の影響を最初に調べた Anerson ら⁷⁾は、二次圧密の効果の指標として、 $\Delta G/G_{100}$ を用いている。 G_{100} は一次圧密終了時のGであり、 $\Delta G/G_{100}$ は、 $t/t_{100}=1$ と $t/t_{100}=10$ 間におけるGの差(例えば、 $G_{t=1000}-G_{t=100}$)である。式(6)から、これを

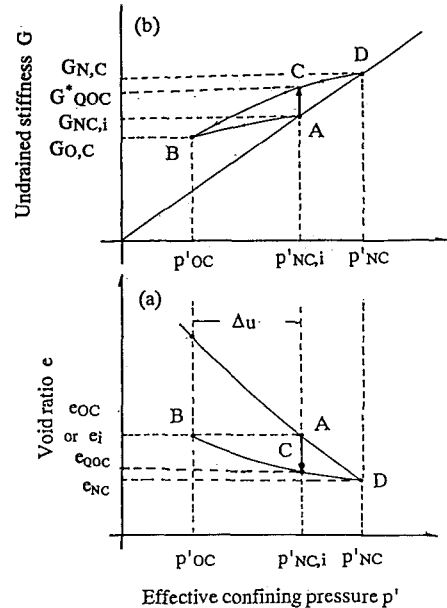


図-1 応力履歴に伴う間隙比と剛性率の関係

求めてみると、

$$\frac{\Delta G}{G_{NCI}} = C \ln(\alpha 10^{\frac{R}{1-C_r/C_c}}) \quad (7)$$

となる。式(7)を適用するに際して、含まれるパラメータ C_c 、 C_r および C_α は、亀井ら⁸⁾の成果を参考にして

$$C_c = 0.046 + 1.04 \times 10^{-2} I_p \quad (8b)$$

$$C_\alpha = 1.68 \times 10^{-3} + 3.3 \times 10^{-4} I_p \quad (8a)$$

$$C_r = 1.93 \times 10^{-3} I_p \quad (8c)$$

を用いることにする⁹⁾。また、著者らの経験では、 α はせいぜい1.0～1.3くらいの範囲にあると思われる。また、 C は正規圧密土と過圧密土の非排水せん断試験から求める必要がある。式(7)はこれらのパラメータの値によって変わってくるので、その傾向を調べるために、(1) $\alpha = 1.0$ として、 C の影響を、また、(2) $C = 0.6$ と仮定して、 α の影響を計算した結果をそれぞれ図-2と図-3とに示した。図中には、善ら¹⁾によって過去に行われた繰り返し三軸試験結果によるデータをプロットしてみた。これらによれば、 G は I_p の関数となり得るが、応力履歴による G の変化が顕著になるほど、また、セメンテーションを受けやすいものほど二次圧密による影響が顕著に現われることがわかる。

4. まとめ

本文では、まず、1) 二次圧密の影響を受けた粘性土のせん断剛性率を予測する方法を示した。その特長は、室内試験から得られる粘性土の圧縮性とせん断剛性の変化に関するパラメータが判れば容易に二次圧密効果を予測できる形になっていることである。次いで、2) 過去の室内試験結果に対する提案法の適用性を調べたところ、二次圧密効果が塑性指数の高い粘性土ほど顕著である事実は説明できたが、より正確な予測を行うためには静的せん断剛性に関する実験定数 C を正確に決める必要があることが判った。

引用文献 1) 例えば、Zen, K. et al. (1978) : Laboratory tests and in-situ seismic survey on vibratory shear modulus of clayey soils with various plasticities, Proc. Japanese Symp. Earthq. Eng., pp. 721 - 728. 2) Yasuhara, K. and S. Ue (1983) : Increase in undrained shear strength due to secondary compression, Soils and Foundations, Vol. 23, No. 3, pp. 50-64. 3) Hirao, K. and Yasuhara (1991) : Cyclic strength of underconsolidated clay, Soils and Foundations, Vol. 31, No. 4, pp. 180-186. 4) Houlsby, G. and C.P. Wroth (1991) : The variation of shear modulus of a clay with pressure and overconsolidation ratio, Soils and Foundations, Vol. 31, No. 3, pp. 138-143. 5) Murakami, Y. (1979) : Excess pore pressure and preconsolidation effect in normally consolidated clays of some ages, Soils and Foundations, Vol. 19, No. 4, pp. 17-29. 6) Mesri, G. and Y.K. Choi (1979) : Excess pore water pressure during consolidation, Proc. 5th Asian Reg. Conf. SMFE, Vol. 1, pp. 151-154. 7) Ansonson, G. (1974) : Dynamic modulus of cohesive soils, Ph D Thesis, University of Michigan, Michigan, USA. 8) 中瀬 (1984) : 粘性土地盤の異方性と塑性指数、土と基礎、Vol. 32, No. 11, pp. 19-24. 9) Yasuhara, K. and K. H. Andersen (1991) : Recompression of normally consolidated clay after cyclic loading, Soils and Foundations, Vol. 31, No. 1, pp. 83-94.

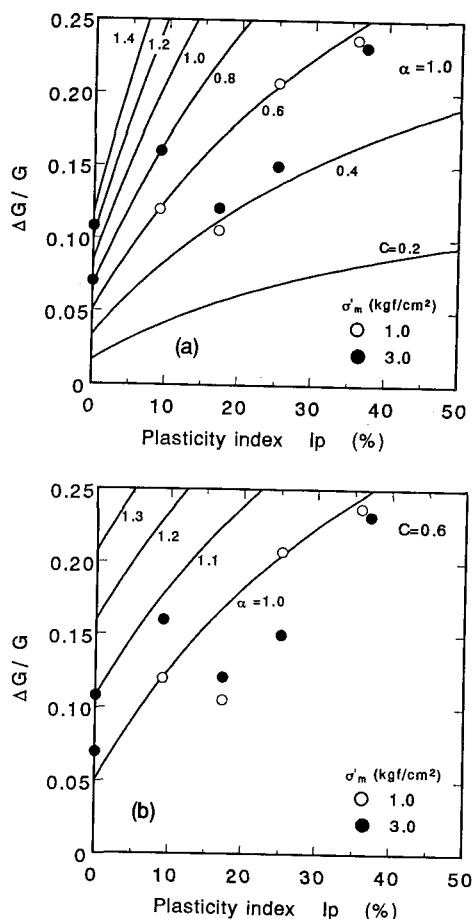


図-2 二次圧密による剛性率の増加の予測値と実測値の比較