

東京工業大学 学员 ○ 亀井 健史
東京工業大学 正員 中 頼 明 男
東京工業大学 正員 日下部 治

1. はじめに

従来、粘性土の非排水せん断強度異方性は塑性指数 I_p の低下に伴って大きくなり、その程度は I_p が30以下で特に著しくなることが報告されている。筆者らは上記の点に着目し、 I_p が10~50を有する5種類の^(3,4)練返し飽和粘性土に対して、一連の三軸試験を行い、非排水せん断における強度特性に関し、すでに報告している。

上に述べたような異方性が変性特性においても存在すると考えられることから、本研究では上記試料の変形特性を表わす尺度としての変形係数と I_p の關係に着目し、直交異方弾性体の仮定に基づき、変形係数の異方性を考慮することにより有効応力経路の初期傾度を算出し、実験結果との比較検討を行うものである。

2. 試料、供試体及び実験方法

試料は、 $I_p=50, 30$ の川崎粘土、及びこの川崎粘土に人工的に研・砕砂を混合した中間土とよばれている3種類の練返し飽和粘性土の計5種類である。試料の物理試験結果、供試体及び実験方法は、参考文献^(3,4)に示してある。

3. 実験結果及び考察

図-1及び図-2は、それぞれ等方圧密、 K_0 圧密供試体における E_{50}/c_u と I_p の關係を示している。一般に伸張試験による E_{50}/c_u 値は圧縮試験による値より大きな値となるが、 I_p の減少に伴って両試験の差が大きくなる傾向がある。一方、等方圧密供試体の圧縮試験による E_{50}/c_u 値は I_p によらずほぼ一定であるが、その他の試験条件では I_p の減少に伴って E_{50}/c_u は増加する。この傾向は、Laddらの報告と一致する。また、圧縮・伸張両試験共に K_0 圧密供試体の E_{50}/c_u は、等方圧密供試体によるものより大きく、中瀬らの報告と一致している。

変形係数の異方性と有効応力経路の初期傾度の相關性⁽⁵⁾については、直交異方弾性体を想定して検討することとする。直交異方性を考慮したHookeの法則にひずみエネルギーの一般論を適用し、さうに得られた式を軸対称及び非排水条件で展開し、Henkelの仮定を導入すれば次式が得られる。

$$\frac{\Delta p}{\Delta p'} = \frac{3\{\nu(5\nu'-1)+2\nu'-2\}}{(1-\nu)(2\nu'-2)}$$

ここで $\nu = E_H'/E_V'$ E_H' : 水平方向弾性係数
 E_V' : 鉛直方向弾性係数
 ν' : ボアソン比

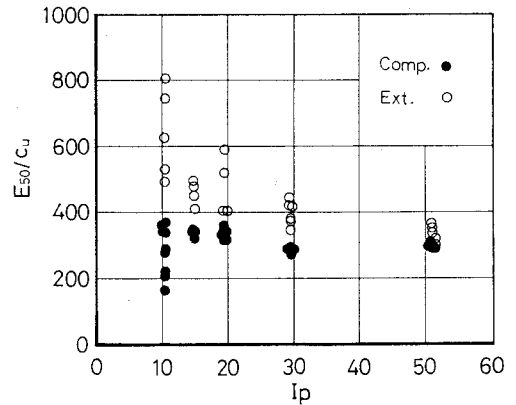


Fig.1 Relationship between E_{50}/c_u and I_p in CIU tests

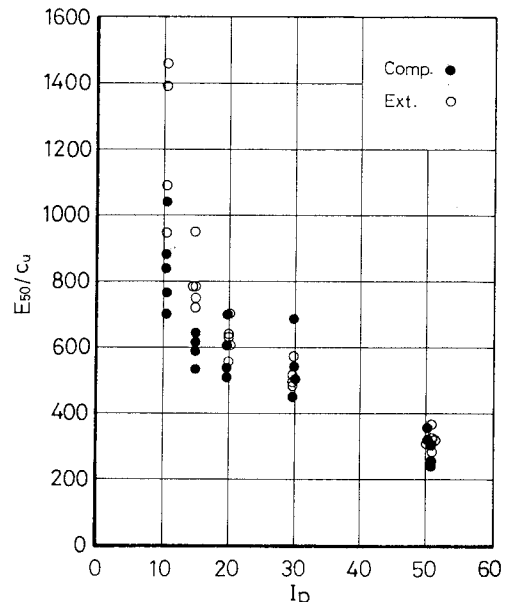


Fig.2 Relationship between E_{50}/c_u and I_p in CK₀U tests

よって、 $\Delta\sigma/\Delta p'$ は ν' 及び $\Delta p'$ が得られれば求められることになる。 $\Delta p'$ が一定であるとするとき全応力表示の E_{50} と有効応力表示の E' は比例関係にあり、水平方向と鉛直方向の変形係数比で表わされる ν' 値は全応力表示による値と同値をとる。 $\Delta p'$ の値についてはUroth⁸⁾による $\Delta p'$ と I_p の実験式を用いることにした。その結果、上式は ν' のみ簡単な式で表わされる。

図-3は、鉛直有効圧密圧力 $\sigma'_{vc} = 392 \text{ kPa}$ の場合の K_0 圧密炭試体の $(E_{50})_{\max}$ 及び ν' と I_p の関係を示している。 E_{50} の代表値として $(E_{50})_{\max}$ を採用した理由は、本実験では理想試料を対象としているため E_{50} の最大値が最も理想的な値に近いと考えられるからである。図から分かるように、圧縮試験による $(E_{50})_{\max}$ の値は伸張試験による値より大きいが、 I_p の減少に伴ってその差が大きくなる傾向がある。その結果として、 ν' 値は I_p の減少に伴って減少し特にM-10でその程度は著しくなる。これは変形係数の異方性がM-10で特に著しいことを意味している。

図-3による $\nu' \sim I_p$ の関係から計算した $\Delta\sigma/\Delta p'$ の値を、 K_0 圧密圧縮試験により得られた実験値と比較して示したものが表-1である。大きな異方性を有するM-10及びM-15では両者の値がよく一致している。また、M-20及びM-30については、数値でみればかなり差があるように見えるが、これらの値を実際に図示してみると、その差は実験値のバラツキの範囲内とみなされる程度である。M-50については両者の差が大きく符号も逆となっているが、これは、 E_{50} の値の採り方に問題点があると思われる。すなわち、M-50では伸張試験による E_{50} が圧縮試験による値より大きくなる場合もあり、 $\nu' > 1.0$ となれば $\Delta\sigma/\Delta p'$ は負の符号が生じるからである。よって、 I_p の大きな粘性土では、 E_{50} すなわち ν' の値のとり方には注意が必要であるが、工学的にはほぼ鉛直に上昇する $\nu' \approx 1.0$ と考えても差し支えないものと思われる。一般に K_0 圧密された正規圧密粘性土の状態は降伏曲面上の点で表わされ、非排水条件では降伏曲面上でパスが進行していくことになるが、実際のパスは、圧密終了点からほぼ鉛直方向に向かって進んでいく。この点についてBurlandは二次圧密の影響を挙げていいる。すなわち、 p' は変化せずに間隙水比が減少するため降伏曲面が拡大され、非排水せん断時のパスは圧密終了点から拡大された降伏曲面に達するまで弾性的にほぼ鉛直方向に向かって進行していくといっている。

4. 結 論

飽和粘性土の変形係数の異方性効果を直交異方弾性体に導入することにより、有効応力経路の初期傾度を定性的に予測することができるとと思われる。

参考文献： 1) Bjerrum, L. (1973): Proc. 8th ICSMFE, pp. 111-159 2) Ladd, C.C. et al. (1977): Proc. 9th ICSMFE, Vol. 2, pp. 421-494. 3) Nakase, A. and Kamei, T. (1983): Soils and Foundations, Vol. 23, No. 1, pp. 91-101. 4) 大木他 (1983): 第18回土質工学研究発表会 (投稿中) 5) 中瀬他 (1972): Vol. 11, No. 2, pp. 243-259. 6) Parry, R. H. and Uroth, G. P. (1981): Soft Clay Engineering, Chapter 4 7) Henkel, D. J. (1971): Proc. Roscoe Memorial Symp., pp. 663-675. 8) Uroth, C. P. (1975): Proc. Spec. Conf. In-situ Measurement of soil properties, N.C.Z., pp. 181-230. 9) Burland, J. B. (1971): Proc. Roscoe Memorial Symp., pp. 505-536

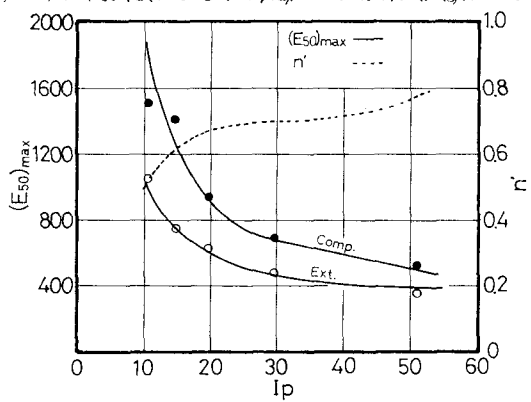


Fig.3 Relationships between $(E_{50})_{\max}$, ν' and I_p in CK_0U tests

Materials	$\Delta\sigma/\Delta p'$	
	Obs.	Cal.
M-51	-16.0	7.74
M-30	22.0	7.56
M-20	13.4	7.41
M-15	7.13	6.84
M-10	5.27	5.25

Table 1 Comparison between observed and calculated value