

1. はじめに

正規圧密粘土に対してすでに公表されている実験結果から読みとった強度定数と変形係数が、関口・太田モデル(9回国際土質工学会, 第9特別会論文集(1977))により計算される相互関係ほどの程度満たすかをチェックした結果を報告する。

2. 強度定数

モデルによれば, 正規圧密粘土の非排水強度 C_u は次の通り。

$$(C_u/p_0) = (M/2) \exp(-\lambda) \quad (1) \quad \text{等方圧密3軸圧縮・伸張}$$

$$(C_u/p_0) = (1/\sqrt{3}) M \exp(-\lambda) \quad (2) \quad \text{等体積1面・単純せん断}$$

$$\text{ただし } M = (\lambda - \kappa)/D(1+e_0) \quad (3) \quad (\text{critical state parameter})$$

$$= 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi') \quad (4)$$

$$\lambda = 1 - \kappa/\lambda \quad (5) \quad (\text{irreversibility ratio})$$

であり, p_0 , e_0 は平均有効主応力と間隙比, λ , κ は C_c , C_s の0.434倍, D は柴田によるダイレイタンシー係数である。

ϕ' と C_u/p_0 が報告されている CIU (3軸), DSS (単純せん断), DS (1面) の公表データから (1), (2), (4) 式を用いて M と λ を計算したのが Fig. 1 である。図中の番号は引用文献(末尾)を示し, $M = 1.75/\lambda$ は輕部(規格以外の3軸試験方法とその問題点, 20回土質工学会シンポジウム, 1975)による経験式である。

3. 応力-歪関係

3軸等方圧密非排水圧縮(正規粘土)の応力-歪関係は次の通り。

$$\epsilon_1^p = D(1-\lambda) \left[\frac{1}{3} \frac{q}{p} + \ln \left(1 - \frac{1}{M} \frac{q}{p} \right) \right] \quad (6)$$

$$\frac{q}{p} = -\frac{M}{\lambda} \ln \frac{p}{p_0} \quad (7) \quad (q: \text{主応力差}, p: \text{平均有効主応力})$$

$$\text{ここで } q = r_1 q_{crit} \quad (8), \quad p = r_2 p_{crit} \quad (9), \quad \frac{q_{crit}}{p_{crit}} = M \quad (10)$$

とあくと, (7)(9)(10)式から

$$p = r_2 p_0 \exp(-\lambda) \quad (11), \quad p_{crit} = p_0 \exp(-\lambda) \quad (12) \quad \text{となり,}$$

(8)(9)(10)(11)式から

$$r_1/r_2 = 1 - (1/\lambda) \ln r_2 \quad (13) \quad \text{が得られる。 (Fig. 2 参照)}$$

(6)式に(11)(12)式を代入して最大塑性歪が次のように得られる。

$$\epsilon_1^p = -\frac{(1-\lambda)DM}{3\lambda} (\ln r_2 - \lambda) - D(1-\lambda) \ln \left(\frac{1}{\lambda} \ln r_2 \right) \quad (14)$$

4. 変形係数

$$(8)(10)(12)式から \quad q = r_1 M p_0 \exp(-\lambda) \quad (15) \quad \text{が得られる。}$$

ところで変形係数を $E = \frac{q}{\epsilon_1}$ (16) と定義し, 近似的に

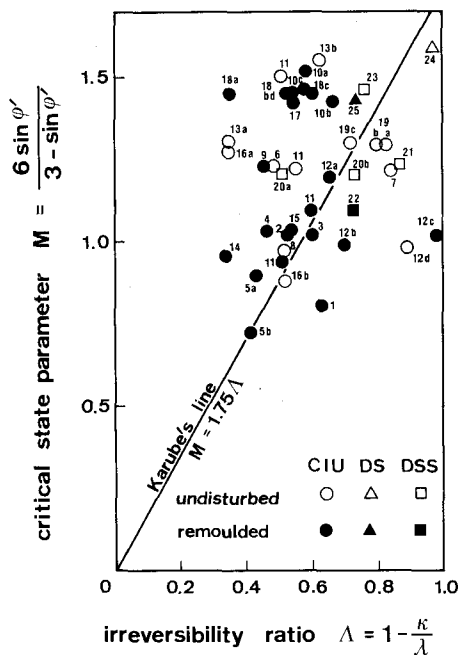


Fig. 1 強度定数から求めた M, λ

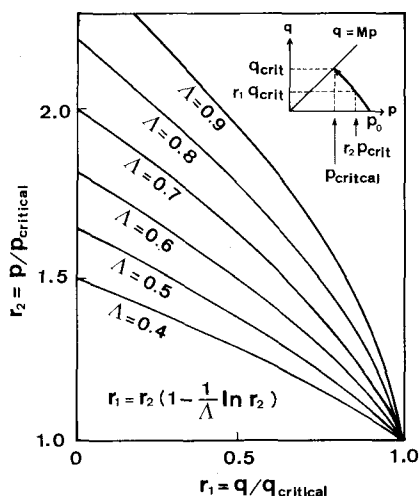


Fig. 2 λ をパラメータとした r_1 と r_2 との相互関係

$E \approx q/\epsilon_1^p$ (17) とおけば, (13)(14)(15)式を(17)式に代入して,

$$\frac{p_0}{DE} = \exp(\lambda) \left[\frac{1}{3\gamma_2} + \frac{\lambda}{M} \frac{\ln \lambda - \ln(\ln r_2)}{\gamma_2 (\lambda - \ln r_2)} \right] \quad (18)$$

が得られる。また(18)式の極限をとると, 若干の計算の後に初期変形係数 E_0 が次のように求められる。

$$\frac{p_0}{DE_0} = (1-\lambda) \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{M} \right) \quad (19)$$

さて, 2節でのべたように C_u/p_0 と ϕ の実測値から Fig.1 のような M, λ があてに得られている。これらの値と(18)(19)式を用いて変形係数を次のような手順で求める。たとえば非排水強度 q_{crit} の50%の主応力差が発揮されている段階を考へてみる。

- (i) (18)式を参照して, $r_1 = 0.5$ と定める。
 - (ii) Fig.2 の $r_1 = 0.5$ に対する読みから, $r_1 = 0.5$ に対する r_2 と λ の関係を再整理する。(Fig.3 参照)
 - (iii) λ はすでに既知であるから, Fig.3 により r_2 を決定する。
 - (iv) r_2, λ, M を(18)式に代入すると $p_0/(DE_{50})$ が得られる。
- 同様の方法で $r_1 = 0.9$ に対する $p_0/(DE_{90})$ を計算する。また(19)式に2節で求めた M, λ を代入して $p_0/(DE_0)$ を計算する。

強度定数 C_u, ϕ が既知であっても(18)(19)式から分るように D の値が不明であるため, 直接 E_0, E_{50}, E_{90} などを計算することはできない。しかレ, C_u, ϕ を用いて変形係数 E_0, E_{50}, E_{90} の相互の比を計算することは可能である。このように強度定数 C_u, ϕ を用いて計算した変形係数の比を示したのが Fig.4 の横軸である。したがって Fig.4 の横軸は, モデルの理論を介して強度定数から変換された変形係数を与えるものに他ならない。これに対して, Fig.1 に引用した CIU 試験の実験データから直接に E_0, E_{50}, E_{90} を読みとってその比をプロットしたのが Fig.4 のたて軸である。

5. 考察

Fig.4 によれば, 計算値と実測値の間には, かなりのバラツキがあるにもかかわらず, 一定の傾向があり, 計算値が実測値を上まわっていることがわかる。これはモデルが実測値に対して一定のズレ傾向を持っていることを示しており, 仮りに変形に合致するようにパラメータを選んで計算するとすれば, 強度に一定傾向があらなくなることを示唆している。応力-変形関係の時間依存性を含めて更に検討を進めることが必要であると思われる。

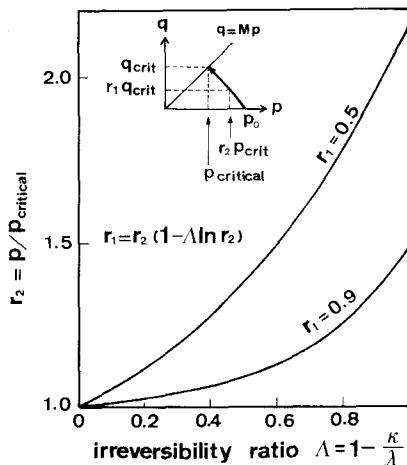


Fig.3 r_2 と λ との関係

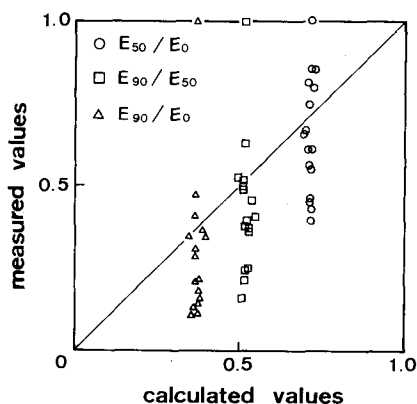


Fig.4 計算値と実験値との比較

- 1). Parry & Nadareajah (1973): Geotech. Vol.24 2). Henkel & Sowa (1963): Laboratory Shearing Testing of Soil, ASTM Special Technical Publication
- 3). Henkel & Wade (1966): ASCE, Vol.92, SM6 4). Skempton & Sowa (1963): Geotech. Vol.13 5). Henkel (1956): Geotech. Vol.16
- 6). Simons (1960): ASCE, Research Conf. on Shear Strength of Cohesive Soils 7). Vaid & Campanella (1974): ASCE, Vol.90, GT3
- 8). Bjerrum & Landva (1966): Geotech. Vol.16 9). Mitachi & Kitago (1979): Soils and Foundations. Vol.19, No.2
- 10). Mitachi & Kitago (1976): Soils and Foundations. Vol.16, No.1 11). Ladd (1965): 6th ICSMFE Vol.3 12). Sodda & Bianchini (1973): ASCE, Vol.101, GT11
- 13). 中瀬, 小林, 橋野 (1969): 港湾技術, 第8巻, 第4号 14). France & Sangrey (1977): ASCE, Vol.103, GT7
- 15). Balasubramaniam & Chaudhry (1978): ASCE, Vol.104, GT9 16). Wu, Chang & Ali (1978): ASCE, Vol.104, GT7
- 17). 輕部 & 原田 (1967): 土木学会論文集, 第147号 18). 柴田 & 輕部 (1960): 京大防災年報, 第7号 19). Bjerrum & Simons (1960): ASCE Research Conf. on Shear Strength of Cohesive Soils 20). Berre & Bjerrum (1978): 8th. ICSMFE, Vol.1
- 21). Bjerrum & Landva (1966): Geotech. Vol.16, 22). Ladd & Foott (1974): ASCE, Vol.100, GT7 23). Duncan & Dunlap (1969): 7th. ICSMFE, Vol.1 24). 山下, 西原, 太田 & 島 (1981): 第16回土質工学研究会発表会 25). 島, 太田, 西原 & 藤田 (1982): 第17回土質工学研究会発表会