

東北大学 学○ 大宮 宏之
 東北大学 学 菅野 高弘
 東北大学 正 柳澤 栄司

1 はじめに

地震時、施工時等の地盤の力学挙動の把握に必要な動的強度・変形特性は、近年急速に解明されつつあるが、また不明な点も多い。本研究においては、応力-ひずみ-時間関係を明らかにするため応力経路可変ひずみ制御三軸圧縮試験装置を使用し、ひずみ速度のせん断挙動に及ぼす影響について得られた結果を示し、あわせて極めて簡単に正規圧密土の単調載荷に適用できる応力-ひずみ関係を示す。

2 試料および供試体作成法と実験方法

使用した試料は青葉山ロームで、8×0.4mmフルイを通過した試料を圧密容器で先行圧密圧約1 kg/cm²で圧密したものを直径50mm、高さ125mmの円柱に整形して三軸供試体としている。試料の土質定数を表-1に示す。日本統一分類法ではMHに分類される。

実験は専方圧密圧3 kg/cm²で圧密した後1.5, 2.0, 2.5 kg/cm²で膨潤させた過圧密供試体と正規圧密供試体の計4種に対して、軸ひずみ速度を $\dot{\epsilon}_1 = 10^0, 10^1, 10^2, 10^3$ /minの4段階として、非排水条件で周知キ水压を測定して行った。応力経路はマイクロコンピュータ、A/D, D/Aコンバータ等を使用して、平均主応力 P 一定とした。

3 実験結果および考察

応力-ひずみ関係を求めるためには、i)降伏関数 f 、ii)塑性ポテンシャル g 、iii)軸ひずみ速度の変形挙動に与える影響を知る必要がある。

i) 降伏関数 f を求めるため、応力-ひずみ曲線の初期の立ち上がり部分の最大曲率部分を降伏点として、これをFig-1のように P - q 応力平面上にプロットして関数形を推定した。

$$f = \left(\frac{P - P_0}{P_0} \right)^2 + \left(\frac{q}{\alpha P_0} \right)^2 - 1 \quad (1)$$

ここに $P_0 = 1/2 P_c$: 硬化パラメータ α : 材料定数 (= 0.95)

ii) 塑性ポテンシャル g g の上での直交条件式

$$d\mathbf{g}/d\mathbf{p}' = -\dot{\epsilon}_2/\dot{\epsilon}_1 \quad (2)$$

および 実験結果 (Fig-2) から得られた回帰式

$$g/p' = M - \beta \cdot \dot{\epsilon}_2/\dot{\epsilon}_1 \quad (\beta: \text{材料定数} (= 3.75)) \quad (3)$$

(2)を(3)に代入して積分することによって g は

$$g = \frac{MP'}{1-\beta} \left\{ 1 - \beta \left(\frac{\dot{\epsilon}_2}{\dot{\epsilon}_1} \right)^{\frac{1-\beta}{\beta}} \right\} \quad (4)$$

(4)式の形状を「塑性ひずみ増分ベクトル」として Fig-3に示す。限界状態 ($g/p' = M$) を頂点とする Cam Clay Model⁹を偏平にしたような形状をしている。

TABLE-1 土質定数

Specific gravity	2.72
Liquid limit	60.4 %
Plastic limit	31.9 %
Plasticity index	28.6 %
Sand fraction	33.0 %
Silt fraction	31.0 %
Clay fraction	36.0 %
Water content	35~37 %

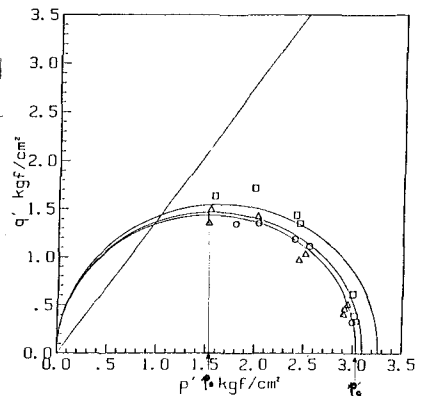


Fig-1 降伏曲面

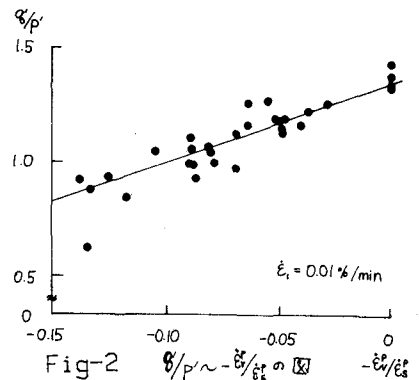


Fig-2 $g/p' \sim -\dot{\epsilon}_2/\dot{\epsilon}_1$ の図

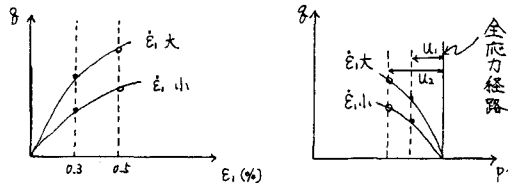
iii) 軸ひずみ速度の変形挙動に与える影響

Fig-4, 5は 縦軸に軸差応力、横軸に軸ひずみ速度の対数と各々 軸ひずみ ϵ 、間ゲキ水圧 u をパラメータとして整理したものである。

Fig-4では、ある軸ひずみレベルにおいて 軸ひずみ速度が大きい程軸差応力が大きくなっており、その勾配は一定である。

Fig-5と同様の関係が得られるが、軸ひずみ速度の大きな部分($\dot{\epsilon}=1\%/min$)では 間ゲキ水圧の測定を供試体の外で行なっているため誤差が大きくなっている。

Fig-4, 5は、下図のような関係を現わしている。



iv) 応力-ひずみ関係 動的な応力-ひずみ関係を定式化したものには Perzynaの超応力理論、開口の粘塑性論などがあるが、今回行なったような正規圧密土の単調载荷に限った場合、Fig-4, 5で得られた知見を生かして静的な弾塑性論を修正して応力-ひずみ関係が得られる。流れ則

$$\dot{\epsilon}_{ij} = \Delta \frac{\partial q}{\partial \sigma_{ij}} = \frac{\partial q}{\partial \sigma_{ij}} \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial \sigma_{ij}} \quad (5)$$

$$\text{ここは} \quad H' = \begin{cases} H & \text{静的} \\ H \times f(\dot{\epsilon}) & \text{動的} \end{cases} \quad (6)$$

Fig-6, 7に理論値と実験値との比較を示す。

4. おわりに

Fig-6の応力-ひずみ曲線は 立ち上り部がやや一致している程度であるが Fig-7は高速の実験のため間ゲキ水圧の発生に遅れを生じる事を考慮に入れれば 相関性を窺う事が出来る。今後は 限界状態に近づいた時の挙動の評価などを考えて行きたい。

参考文献

- 1) Atkinson J.H & Bransby P.L.: The Mechanics of Soils. 1978
- 2) W.Olszak & P.Perzyna: On Elastic/Visco-Plastic Soils. Rheology and Soil Mechanics. IUTAM Symposium Grenoble 1964 pp.47-57.
- 3) H.Sekiguchi: Theory of Undrained Creep Rupture of Normally Consolidated Clay Based on Elasto-Viscoplasticity. Soils and Foundations, Vol.24, No.1, pp.129-147, Mar.1984

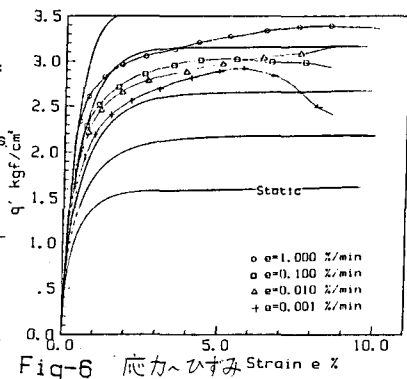


Fig-6 応力-ひずみ Strain ϵ %

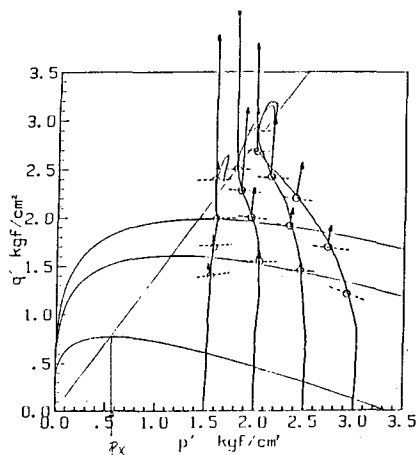


Fig-3 塑性ポテンシャルと塑性ひずみ増分

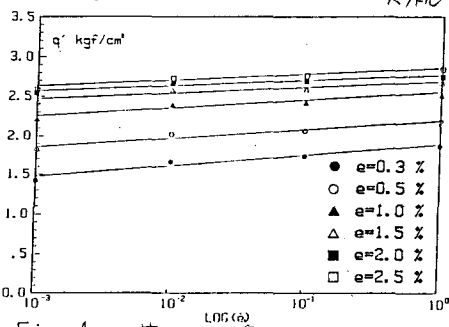


Fig-4 等ひずみ線

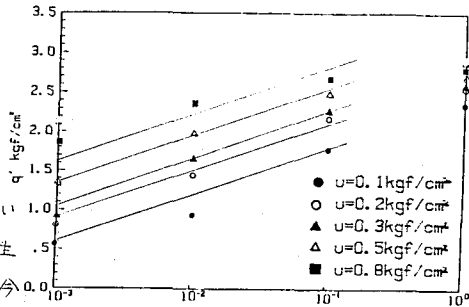


Fig-5 等間ゲキ水圧線

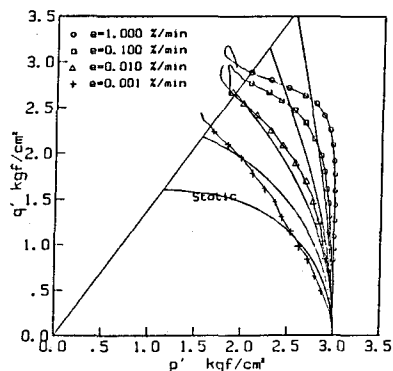


Fig-7 応力経路