

III-28

繰返し荷重をうける飽和粘土の空隙水圧

西日本工業大学 正員 安原一哉

西日本工業大学 正員 O采尾和年

1. まえがき 正規圧密飽和粘土が非排水条件で繰返し荷重をうけることにより、有効応力の低下を招く。従って、繰返し応力負荷による空隙水圧を予測することが、その後の力学的性質を議論するうえで不可欠となる。そこで、本論文ではまず、繰返し荷重負荷時の空隙水圧の応力及びひずみ依存性を明らかにすることを主たる目的としている。そのために、繰返し再圧密された高塑性の海成粘土に対して、一連の繰返し三軸圧縮試験を行い、その可能性について検討してみた。併せて、空隙水圧と表裏一体にある非排水繰返しせん断時のダイレイタンスー効果についても調べた。

2. 繰返し三軸圧縮試験

実験に用いた試料は繰返し再圧密された有明粘土で、その物性は表-1に示す。また、実験は表-2に示す実験条件(応力制御)で所定の回数繰返し応力履歴を与えた。繰返し荷重負荷によって破壊に至らない供試体は、その後引き続き静的な単調増加による非排水せん断($\dot{\epsilon}=0.1\%/min$)によって破壊させた。なお、空隙水圧は供試体底面で計測したものである。荷重は拘束圧と等しく負荷し、繰返し試験前にB値のチェックを行った。いずれの試験もB値は0.95以上となっている。

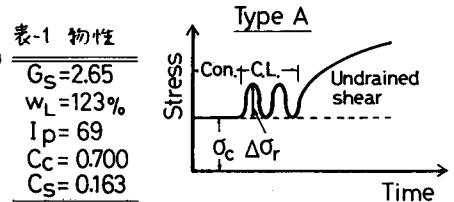


表-2 実験条件

Test no.	σ_c (kPa)	$\Delta\sigma_r$ (kPa)	N (cycles)	f (Hz)	w_i (%)	B
A-2	200	80	3600	1.0	93.3	0.96
A-3	"	100	"	"	90.6	0.99
A-4	"	120	"	"	93.8	0.97
A-5	"	140	"	"	90.5	0.95
A-7	"	100	172800	"	92.5	0.98
A-13	"	"	3600	0.1	94.1	0.98
A-14	"	"	"	3	95.0	0.97

3. 実験結果の考察

3.1 繰返し応力負荷時のダイレイタンスー効果

いま、前記の試験結果にもとづいて、非排水繰返し応力負荷時のダイレイタンスー相当量を

$$V_d = -\frac{C_c}{1+e_0} \cdot \frac{\Delta p'}{p'} = -\frac{C_c}{1+e_0} \cdot \frac{\Delta p - \Delta u}{p'} \dots (1)$$

で求めると図-1のように整理される。図には、比較のために繰返し応力履歴をうけない供試体の結果も併記している。繰返し履歴をうけない場合、応力比の小さい範囲では、負のダイレイタンスー相当量を示すが、ある応力状態を越える領域では、 V_d は応力比に対して線形関係となり正のダイレイタンスーを示す。一方、繰返し応力履歴をうけた供試体でも、その後のせん断過程ではある応力比を過ぎると履歴をうけない供試体の $V_d - q/p'$ 関係に復帰するような挙動を示すようである。

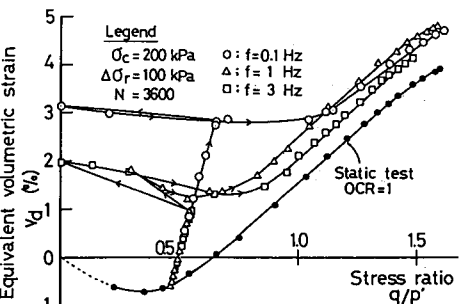


図-1 ダイレイタンスーと応力比の関係

3.2 空隙水圧-ひずみ関係

繰返し載荷中に累積する残留空隙水圧と残留ひずみの関係を図-2、図-3に示している。図-2は、繰返し応力 $\Delta\sigma_r$ を変化した結果を整理しているが、繰返し応力の大きい程、残留空隙水圧の累積が著しいことがわかる。また、幾分バラツキはあるが、空隙水圧のひずみに対する累積過程は、繰返し応力の影響と強くうけられないようである。また、図-3のように空隙水圧のひずみ依存性には、周波数の相異による影響はあまりないと思われる。

図-2, 図-3を統合すると, 繰返し荷重負荷中の飽和粘土供試体の残留空隙水圧と残留ひずみとの間には, 繰返し荷重強度や周波数に依存しない一義的な関係があるようであり, 動的空隙水圧を論ずる上で重要な手掛りとなりそうである。

3.3 空隙水圧の経時変化

空隙水圧の経時変化の予測として, Seed³⁾らによつて飽和砂の非排水繰返し単純せん断試験の結果より提案された経験式は

$$\frac{(\Delta u)_{cy}}{\sigma_v} = \frac{2}{\pi} \sin^{-1} \left\{ \left(\frac{N}{N_d} \right)^{\frac{1}{2\delta}} \right\} \quad (2) \quad \begin{array}{l} N_d: \text{液状化回数} \\ \delta: \text{係数} \end{array}$$

である。この(2)式の N_d を $\Delta u^b/\Delta u - \log N$ 関係より外挿によつて求めた収束回数 N_f に置換えると(2)式は

$$\frac{(\Delta u)_{cy}}{\sigma_c} = \frac{2}{\pi} \sin^{-1} \left\{ \left(\frac{N}{N_f} \right)^{\frac{1}{2\delta}} \right\} \quad (3)$$

となる。この飽和砂に対して得られた予測式を大胆であるが, 試みとして飽和粘土の結果へフィッティングすると図-4, 図-5のようになる。図-4では, 長い載荷回数の実験について係数 δ をパラメーターとして計算曲線を記入しているが, 実験値と計算曲線との対応は, 前半ほどの傾向はよく近似している。しかし, 載荷回数が累積していくと計算値との差が著しく, 残留空隙水圧の経時変化は(3)式で予測することが難しいようである。また, 載荷回数の比較的少ないデータでの整合性をみると図-5にまとめられたように, 係数 δ を変えてフィッティングしているが, 全体にわたる整合性は今一つのようなのである。

4. あとがき

繰返し応力履歴をうける飽和粘土の空隙水圧について若干の考察を行った結果, i) 繰返し載荷後のサイクリンク挙動は, ある応力レベルを過ぎた後は履歴をうけない場合の $v_d - e/p$ 曲線に復帰する傾向がある。ii) 残留空隙水圧-残留ひずみの間には, 繰返し応力・周波数に無関係なユニークな関係がありそうである。iii) 空隙水圧の経時変化について飽和砂に関する予測式の適用を試みたが, 繰返し載荷中の空隙水圧-ひずみ関係を長時間にあてはめてはよく説明しえる結果とはならず, 今後課題を残す結果となった。

引用文献 1) Yasuhara et al. "Cyclic Strength and deformation of normally-consolidated clay" (closure) (1984): Soils and Foundations, Vol. 24, No.1 (to be appeared) 2) Yasuhara et al. (1983): Cyclic stress-strain and strength performance of soft clay, Proc. MIT symp. 3) Seed, B.H. et al. (1977): Stabilization of potentially liquefiable sand deposits using gravel drains, Proc. ASCE, vol. 103, No. GT7, pp. 757-768.

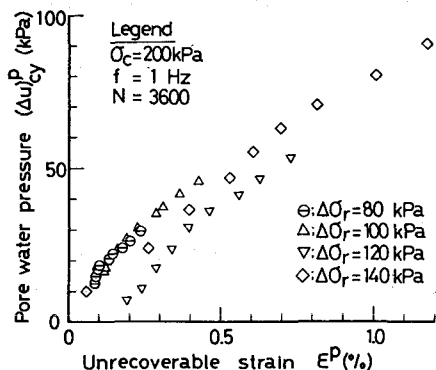


図-2 繰返し載荷中の残留空隙水圧と残留ひずみ

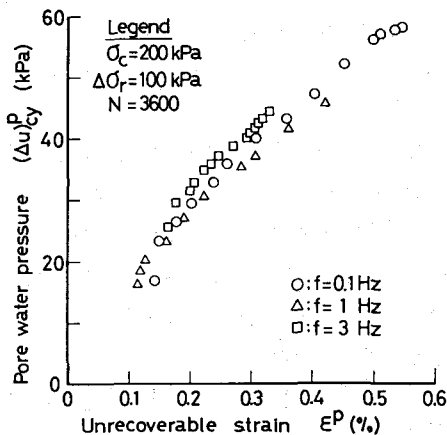


図-3 繰返し載荷中の残留空隙水圧と残留ひずみ

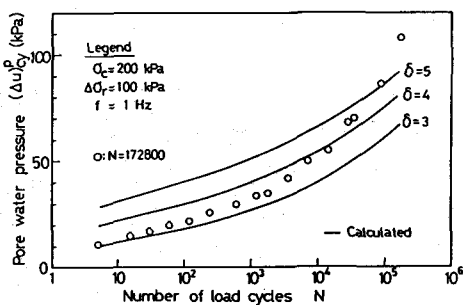


図-4 空隙水圧の経時変化の予測

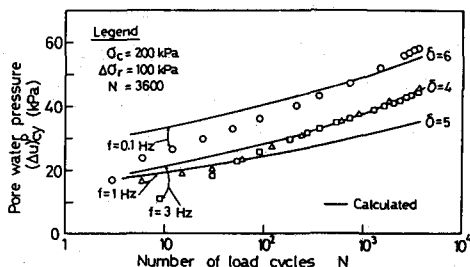


図-5 空隙水圧の予測