

東京工業大学

孝員 長町 俊二

〃

正員 中堂 裕文

〃

正員 中瀬 明男

1) はじめに

異なる粒度の土が繰返し荷重を受けたときの間ゲキ水圧挙動を調べるため、人工的に粒度調整した数種類の試料について一連の繰返し三軸試験を行ない、砂分含有率が50~60% ($I_p = 20 \sim 10$) を超えると発生する間ゲキ水圧が急増することと文献^{1), 2)}で報告した。このような粒度組成の土で構成される地盤は、地震時に急激な強度低下を伴う液状化現象を示さないまでも、累積した過剰間ゲキ水圧によって地震時の大きな安全率低下や地震後の沈下をひき起す可能性が予想される。本研究は、このような地盤上にある構造物の地震時安定性と地震後の沈下解析に供する目的で、繰返し荷重により発生する間ゲキ水圧を定量的に表現することと試みた。定式化にあたっての基本的考え方は柴田らの方法³⁾に倣ったが、当試験結果とフィットさせるために異な、大近以式を用いている。

2) 試料及び試験方法

試料 : 川崎粘土に豊浦標準砂とシルト分を一定の割合いで混入し人工的に粒度調整した試料を用いた。試料にはそれぞれ塑性指数に応じて M-30, M-20, M-13 と記号を付している。試料の調整法、物理的性質、強度特性の詳細は文献²⁾に述べている。

試験方法 : 試験は振動三軸試験機による応力振幅制御の圧密非排水繰返し試験で、各試料の非排水強度 C_u に対して $\tau/C_u = 0.2 \sim 0.5$ の範囲の両振りせん断応力と周期 0.003 Hz を加えた。

3) 繰返し載荷による過剰間ゲキ水圧の定式

柴田³⁾は (N-1) 回繰返し載荷後の平均有効応力 $\sigma'_m(N-1)$ 、初期圧密応力 σ'_c とすると、 τ のせん断応力を受けると N 回目の圧縮側半サイクルの間ゲキ水圧増分 Δu_N は

$$\Delta u_N / \sigma'_m(N-1) = f(\sigma'_c / \sigma'_m(N-1), \tau / \sigma'_m(N-1)) \dots (1)$$

と表わされると考え、最終的には次の実験式を導いている。

$$\Delta u_N / \sigma'_c = a(\tau / \sigma'_c)^2, \quad a: \text{材料定数} \dots (2)$$

即ち、 Δu は何回目のサイクルであろうと、注目しているサイクル時のせん断応力 τ と初期圧密応力 σ'_c により一義的に定まるといえるので、非常に簡便なものである。本研究では、パラメータは柴田³⁾に倣って過圧密比 $\sigma'_c / \sigma'_m(N-1)$ 及びせん断応力 τ に着目し

$$\Delta u_N / \sigma'_m(N-1) = f(\sigma'_c / \sigma'_m(N-1), \tau / C_u) \dots (3)$$

と置き、 f の関数形と実験式として求めることを試みた。(3)式の関数形が定まれば、 N 回載荷終了時の過剰間ゲキ水圧 Δu_N は N についての新化式を与えられることになる。なお、粘性土の繰返し載荷による間ゲキ水圧応答は波形や周期も影響するが^{4), 5)}、ここでは一定の周期に限定して取扱う。

$$(a) \Delta u_N / \sigma'_m(N-1) \sim \sigma'_m(N-1) / \sigma'_c \text{ の関係}$$

まず τ / C_u を一定にして $\Delta u_N / \sigma'_m(N-1)$ と $\sigma'_m(N-1) / \sigma'_c$ の関係を求めてみる。柴田³⁾は両者が直線関係にあるとの結果を示したが、本実験データに対しては $\log(\Delta u_N / \sigma'_m(N-1)) \sim \sigma'_m(N-1) / \sigma'_c$ の相関を調べてみた。

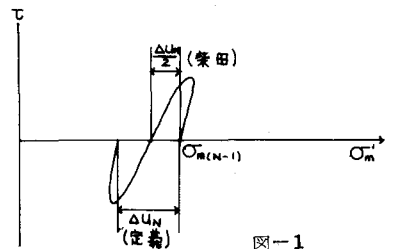


図-1

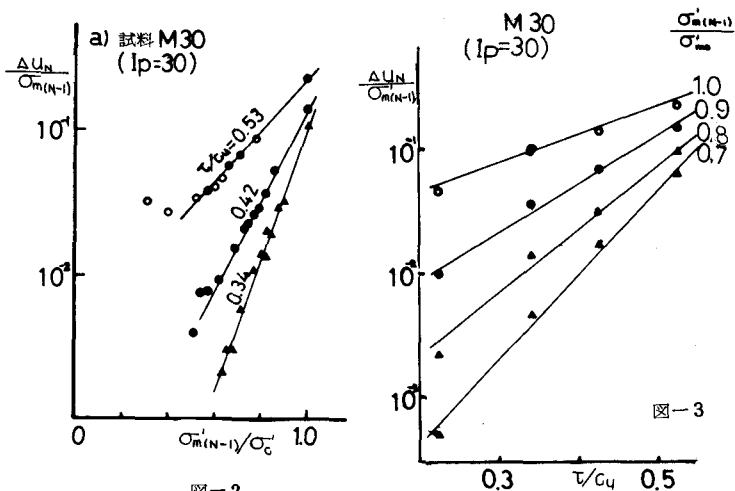


図-2

図-2に示す結果は $\sigma'_{m(N-1)}/\sigma'_c$ が0.5付近までは良い直線性を示すが、0.5以下では直線からはずれ、間々水圧増分が大きくなる。今、 $\sigma'_{m(N-1)}/\sigma'_c$ を0.5以上と限定すると次式による近似が可能である。

$$\log(\Delta U_N / \sigma'_{m(N-1)}) = a_1 (\sigma'_{m(N-1)} / \sigma'_c) + b_1 \quad \dots\dots (4)$$

(b) $\Delta U_N / \sigma'_{m(N-1)} \sim \tau / C_u$ の関係

$\sigma'_c / \sigma'_{m(N-1)}$ とパラメータ $\log(\Delta U_N / \sigma'_{m(N-1)}) \sim \tau / C_u$ とプロットしたものを図-3に示す。この図も両者の直線関係が認められ、次のように置くことができる。

$$\log(\Delta U_N / \sigma'_{m(N-1)}) = a_2 (\tau / C_u) + b_2 \quad \dots\dots (5)$$

(C) 近似式

(4)式及(5)式より、間々水圧は次式で与えられる。

$$\log(\Delta U_N / \sigma'_{m(N-1)}) = -A (\sigma'_{m(N-1)} / \sigma'_c) + B (\sigma'_{m(N-1)} / \sigma'_c) + C (\tau / C_u) - D \quad \dots\dots (6)$$

この式、図-2の直線の勾配が a_1 、切片が b_1 となり、 a_1 、 b_1 が τ / C_u に対する勾配および切片 $-A$ 、 C 、切片 B 、 $-D$ となる。各試料について求めたこれらの値と試料の塑性指数 I_p に対してプロットして図-4に示す。係数 B 、 D は塑性指数 I_p に対してほぼ一定であるのに対し、係数 A 、 C は大きく変化し、 I_p が小さいほど大となり、試料の粒度組成の相異が強くあらわれている。

(6)式による計算値と実験値を試料M-13について比較した例を図-5に示したが、 $U_N = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ ($\sigma'_{m(N-1)} / \sigma'_c = 0.5$) まで良好一致を示している。このように(6)式はこの実験結果を良く近似しているが、この式を地震時の安定解析などに適用する場合は、応力システムの異なる場合や不規則波に対して更に検討する必要がある。

最後に今回の実験とデータ整理に際し協力いただいた大河又清君と久野達彦君に謝意を表します。

参考文献

- 1) 中瀬明男他 "繰返し載荷時の間々水圧挙動と粒度の関係" 第10回土木学会年次学術講演会(1978)
- 2) Nakase et al "Influence of Soil Type on Porepressure Response to Cyclic Loading" 第5回日本地震工学シンポジウム(1978)
- 3) 柴田徹他 "繰返し載荷時の過剰間隙水圧" 第10回土木学会研究発表会(1978)
- 4) 松井保他 "飽和粘土の力学的特性に及ぼす動的応力履歴の影響" 土木学会論文報告集(1977)
- 5) Thiers, G. R. and H. B. Seed "Strength and Stress-Strain characteristics of clay -" ASTM, STP 450 pp 3-56 (1969)