

繰り返し載荷時の粘土の過剰間げき水圧

愛媛大学工学部 学 〇松村 真一郎

〃 正 八木 則男

〃 正 矢田部 龍一

1 まえがき

繰り返し載荷を受ける飽和砂質土の挙動については多くの研究がなされその挙動は明らかにされているが、飽和粘性土の繰り返し載荷時の挙動は不明な点が多いと思われる。そこで本研究では、繰り返し載荷を受ける飽和粘性土および飽和シルトの挙動を実験的に明らかにすることを目的として、ひずみ振幅一定試験、応力振幅一定試験、それに不規則せん断応力を作用させる試験を行い繰り返し載荷を受ける飽和土中の過剰間げき水圧について考察を加えた。そして、不規則な繰り返しせん断応力が作用した時の過剰間げき水圧の予測を試みたので報告する。

2 試料、実験方法

試料には粘性土とシルト質砂を用いた。粘性土の物性は、 $G_s = 2.68$ 、 $L_L = 49\%$ 、 $P_L = 27\%$ 、粘土分49%であり、シルト質土の物性は、 $G_s = 2.69$ 、 $L_L = 56\%$ 、 $P_L = 33\%$ 、粘土分10%である。非排水繰り返し載荷試験は、ひずみ振幅一定試験、せん断応力振幅一定試験、それに不規則なせん断応力を作用させる試験を行った。ひずみ速度は3.75 mm/minであり、バックプレッシャーは2.0 kgf/cm²でB値は0.95以上である。

3. 実験結果と考察

図-1にひずみ振幅一定試験の有効応力経路の1例を示す。同図から過剰間げき水圧は、繰り返し載荷回数の増加とともに蓄積してゆくがある回数で平衡に達する。平衡状態で有効応力経路は、静的破壊線を越えることはないということがわかる。これは他の繰り返し載荷試験でも同様である。図-2にひずみ振幅一定の時の過剰間げき水圧と繰り返し回数の関係を示す。ひずみ振幅一定の場合、すでに指摘されているように過剰間げき水圧 u は、 $u = N / (a + bN)$ の双曲線であらうに近似できるとわかる。

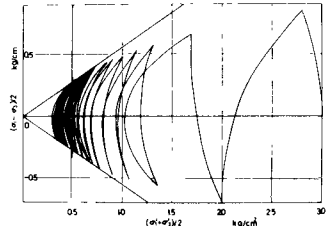


図-1 有効応力経路(粘性土)

図-3に応力振幅一定の繰り返し載荷時の過剰間げき水圧と繰り返し回数の関係を示す。この両者は直線関係にあるという報告もあるが、本実験結果では繰り返し回数の増加とともに同一繰り返しせん断応力により発生する過剰間げき水圧の増分は少なくなっていくことがわかる。その傾向は作用するせん断応力が大きいほど著しい。

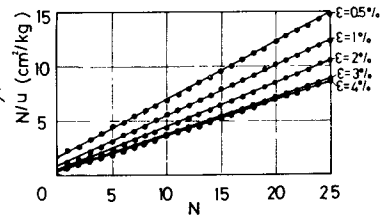


図-2 N/u と N の関係(粘性土)

次に不規則な繰り返しせん断応力が作用した場合を考える。図-4の $e \sim \log \sigma_m$ 図上で N 回目の繰り返し載荷の間に発生する間げき水圧の増分 Δu は一般にひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ 、平均有効主応力 σ_m' 、せん断応力 τ (あるいはひずみ ϵ)、それに間げき比 e の関数になると思われる。本実験ではひずみ速度は一定であるので $\Delta u = f(\sigma_m', \tau, e)$ である。ここで、ボジシュレフの等価圧密圧力の考えを用いれば e は圧密圧力 σ_v' で表わせる。そして土を摩擦体と考えれば、 Δu は τ/σ_m' 、 σ_v'/σ_m' の関数として表わされると考えられる。したがって、これらのパラメーター相互の関係を調

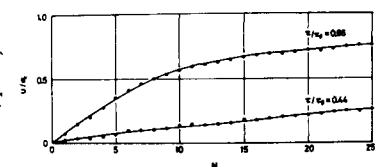


図-3 u/σ_e と N の関係(粘性土)

べればよい。ところで、繰り返し載荷を受ける際の砂中の過剰間隙水圧は、繰り返し載荷による砂の体積変化特性から次式で表わされることをすでに示している。¹⁾

$$\Delta u / \sigma_m' = K (\tau / \sigma_m')^{\alpha} \quad \text{----- (1) } (K \text{ は相対密度により定まる定数, } \alpha \approx 3)$$

そこで粘性土、シルト質砂にもこの関係を適用してみる。ただし σ_c / σ_m' をパラメーターと考え次のように(1)式を黒次元化しておく。

$$\Delta u / \sigma_m' = K' (\tau / \sigma_m')^{\alpha'} (\sigma_c' / \sigma_c) \quad \text{----- (2) } (K', \alpha' \text{ は定数})$$

図-5に不規則繰り返しせん断応力を作用させた場合の $(\Delta u / \sigma_m') \cdot (\sigma_c / \sigma_m')$ と (τ / σ_m') の関係を両対数紙上に示す。ただし、 Δu は圧縮半サイクルの増分としてある。図-5a, 5bは粘性土、図-5cはシルト質砂についての結果である。ばうつきはあるが、粘性土、シルト質砂ともほぼ傾き2の直線上にあり砂質土に対して導かれた予測式は粘性土、シルト質砂に対してある程度適用できそうである。また図-5aは圧密圧力 $\sigma_c = 3$ (kgf/cm^2)、図-5bは圧密圧力2 (kgf/cm^2) と圧密圧力が異なり繰り返しせん断応力も変えているが、ほぼ同一の直線で示される。図示はしていないがシルト質砂についても同様な結果である。したがって(2)式の定数 α' は粘性土、シルト質砂に対して約2と一意的に定まり、 K' については同じ土であれば圧密圧力を変えてもほぼ一意的に定まると思われる。

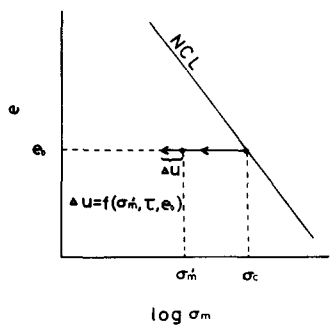
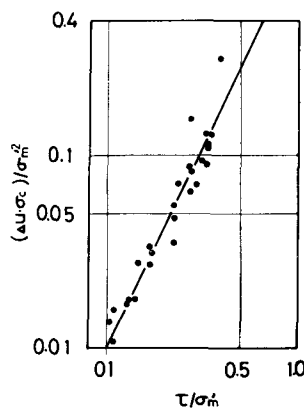


図-4 e と $\log \sigma_m$ の関係

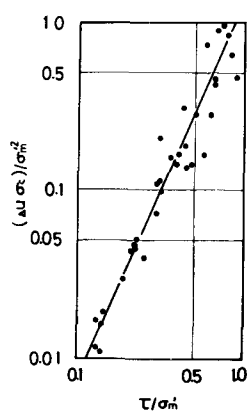
以上の考察では、せん断応力(あるいはせん断ひずみ)の履歴にかかわらず、有効応力状態が等しければ土は同じ挙動を示すと考えて考察を行っている。しかし、有効応力状態が同じであってもせん断応力履歴が違っていれば、攪乱の度合の違い等によりその間隙水圧挙動に影響を与えると考えられる。したがって、圧密の場合に応力履歴を過圧密比で評価しているように、せん断の場合も過去受けたせん断応力履歴を考慮して、たとえば過圧密比の場合の先行圧密圧力のようなものとして履歴の中の最大せん断応力を考え、せん断応力比というようなパラメーターで考えていく必要があると思われる。

参考文献 八木則男；繰り返しせん断による砂の体積変化と過剰間隙水圧

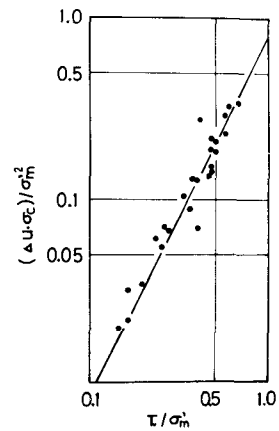
土木学会論文報告集 273号 1978



5-a 飽和粘性土
圧密圧力3 (kgf/cm^2)



5-b 飽和粘性土
圧密圧力2 (kgf/cm^2)



5-c 飽和シルト質砂
圧密圧力3 (kgf/cm^2)

図-5 $(\Delta u / \sigma_m') \cdot (\sigma_c / \sigma_m')$ と τ / σ_m' の関係