

繰返し荷重を受ける飽和粘土の間隙水圧と疲労破壊

西日本工業大学 正員 ○安原一哉

N G I

K.H.Andersen

1. 緒言

砂質土が地震時のような動的外力を受けることによって液状化することは広く知られているが、粘性土が類似の挙動を示すかどうか不明である。このことを明らかにするために行った、N G I 型繰返し単純せん断試験における不攪乱飽和粘土(Drammen粘土: $G_s = 2.77$, $w_L = 55\%$, $I_p = 27$)の挙動に関する実験結果のうち正規圧密粘土に限って、間隙水圧と繰返しせん断ひずみの関係を表現する実験式を作製したことがある¹⁾。ここでは、これを用いると同時に、粘土の疲労破壊(繰返し破壊)は、その有効応力状態が静的破壊線に到達したときに起るという考えに立って、繰返し破壊に至る破壊回数を予測する方法を提案し、その適用性を従来の方法と比較してその是非を議論した。

2. 繰返し荷重を受ける正規圧密粘土の間隙水圧

まず、繰返し荷重を受ける正規圧密粘土のせん断ひずみ γ_{cy} と間隙水圧 u の間には、次のような関係があると仮定する。

$$\frac{u}{\sigma'_{vc}} = \frac{1}{a} \ln \left[1 + \frac{1}{b} \gamma_{cy} \right] \quad (1)$$

上式は、坂井ら²⁾がEndocronic 理論を用いて飽和砂の繰返し三軸試験における間隙水圧 u と累積塑性せん断ひずみ γ_{cy} との間に見出した関係式にならている。

実験に用いたN G I 型繰返し単純せん断試験においては、一般に等体積条件でせん断が行なわれる。せん断中の間隙水圧は、圧密時及びせん断時の鉛直応力をそれぞれ σ'_{vc} 、 σ'_v とすると、

$$u = \sigma'_{vc} - \sigma'_v \quad (2)$$

と与えられる。従って、間隙水圧は直接測定する必要がない。 $\sigma'_{vc} = 392$ kPa で圧密された不攪乱Drammen粘土 ($D=6.68$ cm, $H=1.6$ cm) に対し、 τ_{cy}/τ_{sf} をいくつか変えて、供試体が破壊に至るか、あるいは、ある一定のひずみが達せられるまで繰返し荷重を負荷する。この時の間隙水圧とせん断ひずみとの関係を図-1に示している。これらの結果から、式(1)に含まれる定数 a と b を求めてみると、

$$a = 7.95 \cdot \tau_{cy}/\tau_{sf}, \quad b = 0.14 \left\{ \left(\tau_{cy}/\tau_{sf} \right) - 0.3 \right\}$$

したがって、式(1)は、次のような具

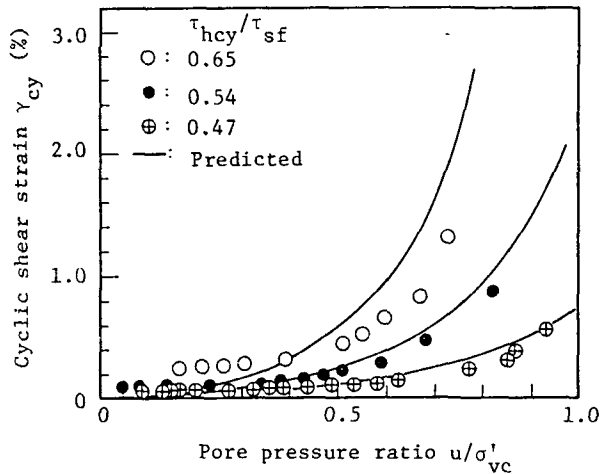


図-1 繰返し単純せん断試験におけるせん断ひずみと間隙水圧の関係

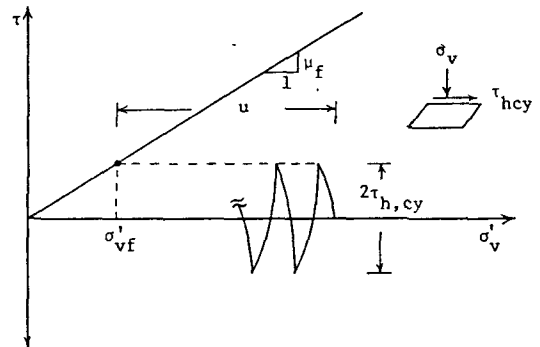


図-2 繰返し荷重による破壊の定義

体的なDrammen 粘土に対する実験式となる。

$$\frac{u}{\sigma'_{vc}} = \frac{1}{7.95D} \ln \left[1 + \frac{\gamma_{cy}}{0.14(D - 0.3)} \right] \quad \dots (3)$$

式(3)と実験結果との対応は図-1に示す通りである。(D = τ_{cy}/τ_{sf}).

3. 正規圧密粘土の疲労破壊の予測

繰返し荷重を受ける粘性土の破壊を疲労破壊の一種として、それを予測する方法を考えてみよう。

繰返し荷重による粘性土の破壊は要素の有効応力が静的せん断破壊線に到達したときに起るとすると、図-2からこのときまでに生じる間隙水圧は、

$$\frac{u}{\sigma'_{vc}} = 1 - \frac{1}{\mu_f} \left(\frac{\tau_{cy}}{\sigma'_{vc}} \right) \quad (4)$$

と表わされる。もちろん、 μ_f はあるせん断ひずみに対応する破壊線の勾配 μ から求められる。いま、 $\mu = 15\%$ とすると、 $\mu_f = 0.47$ と与えられている³⁾。そこで、式(4)から、それぞれの応力比 τ_{cy}/τ_{sf} に対応する u/σ'_{vc} を算定する。次いで、式(3)から、この u/σ'_{vc} に対応するせん断ひずみ γ_{cy} を求める。そして、このときの載荷回数を N_f として、それぞれプロットして

みると図-3、図-4のようになる。NGI においては、繰返し荷重を受ける土の破壊の判定には、繰返しせん断ひずみ $\gamma_{cy} = 3\%$ を採用している。図中の実線は、これを破壊線として描かれたものである。図-3、図-4はいずれもここで考えられた繰返し破壊の定義は従来用いられているものと大差ない事を示しており、とくに、間隙水圧に基づく粘土の繰返し破壊の予測が十分可能であることを示唆している。

4. 結論

繰返し荷重を受ける飽和土の破壊をひずみで規定するか、間隙水圧で規定するかは、議論の分れるところである。ここでは、間隙水圧を用いた手法がどの程度従来の手法と差異があるのか、を明らかにする事例として、繰返し破壊の定義を試みた。結果は、上に示したように、是非を論ずるには早計であるが、間隙水圧を精度良く計測し、この挙動を忠実に予測できる実験式さえあれば、このような手法も捨てがたいと思われる。

引用文献

- 1)Yasuhara, K. and K. H. Andersen (1989) : Post-cyclic settlement of clay, NGI Internal Report, 51500-4 (in press).
- 2)坂井・落合(1986) : せん断仕事に基づく飽和砂地盤の液状化解析、土木学会論文集、Vol. 1 11-5, pp. 75-83.
- 3)K. H. Andersen (1975) : Repeated loading of clay, Summary and interpretation, NGI Internal report, 40013-15.

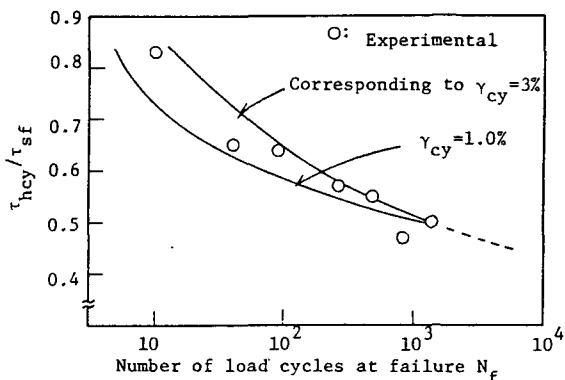


図-3 間隙水圧による繰返し破壊の予測

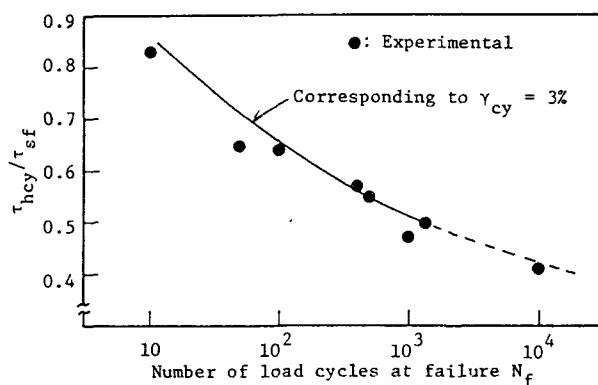


図-4 せん断ひずみによる繰返し破壊の予測