

多方向繰返しせん断によって生じる粘土層の沈下に関する研究

山口大学工学部 正会員 松田 博
 山口大学大学院 学生員 ○江本 直矢
 東洋建設（株） 正会員 後藤 一輝

1. まえがき

地震後に生じる地盤沈下は、主として砂地盤の液状化によって生じた事が多くの調査によって報告されている。しかし粘土地盤においても地震によって沈下が生じる事が報告されており¹⁾、粘性土地盤に対する的確な沈下予測手法の確立が望まれる。すでに、粘土層に繰返しせん断が作用すると粘土層内部には過剰間隙水圧が蓄積され、その消散とともに粘土層は沈下する事が示されている。また、沈下予測手法についても示されているが、それは繰返しせん断の方向が一方のみの地震加速度を対象としているために実際の現場での地盤の挙動を推定するうえで不十分な点も残されている。すなわち、地震によって生じる粘土層の沈下量を推定するにあたって、地震加速度が多方向に作用する場合に生じる粘土層の沈下についても明確にしておく必要がある。そこで、ここでは新たに水平多方向に単純せん断ひずみを与える事が可能な多軸単純せん断試験機を開発した。そして、水平 2 方向から、サイン波形状の繰返しせん断ひずみを供試体に与え、繰返しせん断後に生じる粘土の沈下量を測定した。

2. 実験装置・実験方法

用いた試料はカオリン ($\rho_s=2.720\text{g/cm}^3$, $w_L=47.75\%$, $w_p=35.33\%$, $I_p=12.42$) である。まず、 $\sigma_{vo}(49\text{kPa})$ で圧密後、定体積条件で繰返しせん断試験を行った。その際、繰返しせん断試験を行うにあたっては、せん断方向は 1 方向 (X 又は Y 方向単独) および多方向 (X 方向、Y 方向同時) の 2 つの場合とした。いずれの場合も繰返しせん断ひずみの波形はサイン波である。多方向繰返しせん断試験を行う場合、さらに 4 種類のケースすなわち X・Y 方向から与えるサイン波の位相を $\theta=0^\circ$ (CASE 1)、 20° (CASE 2)、 $\theta=45^\circ$ (CASE 3)、 90° (CASE 4) とした場合について実験を行った。CASE 4 について得られた記録波形を示したものが図-1 である。図-2 は多方向繰返しせん断中の供試体の X・Y 方向のひずみ履歴であって、 $n=50$ 回での結果である。多方向繰返しせん断試験後、鉛直方向変位の拘束を解除して再び $\sigma_{vo}(49\text{kPa})$ で 60 分間圧密を行った。今回は、いずれの場合も繰返し回数 n は 100 回、周期は $2.0(\text{s})$ とし、ひずみ振幅 γ_{dyn} は $0.05\sim 1.0\%$ の範囲で変化させた。

3. 繰返しせん断によって生じる有効応力の減少

正規圧密粘土に対して定体積条件のもとで繰返しせん断を行うと、繰返し回数の増加とともに過剰間隙水圧が粘土層内に蓄積され、有効応力が減少する。この有効応力減少量 $\Delta\sigma_v'$ と γ_{dyn} の関係を示したのが図-3 である。同図にはせん断方向を 1 方向 (X 及び Y 方向) とした場合、多方向 ($\theta=0, 20, 45, 90^\circ$) とした場合の結果について示している。図中の

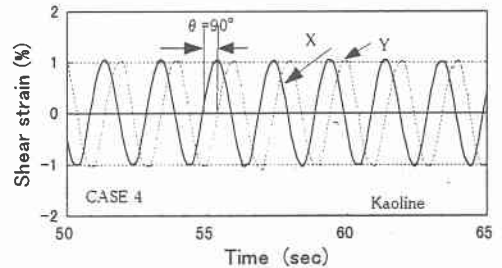


図-1

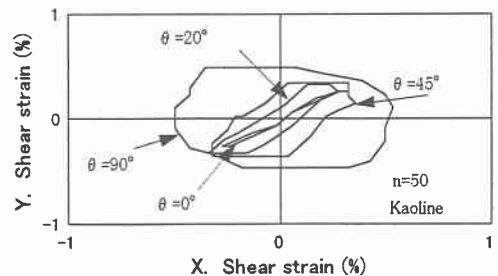


図-2

プロットは実測値であり曲線は次式¹⁾による結果である。

$$\frac{\Delta \sigma_v'}{\sigma_{vo}'} = \frac{n}{A \cdot \gamma_{dyn}^m + n \cdot \gamma_{dyn} / (B + C \cdot \gamma_{dyn})} \quad (1)$$

A, B, C, m は実験定数である。同図より、ひずみ振幅の増加とともに有効応力が著しく減少することが分かる。また、データのばらつきが大きく明確ではないがサイン波の位相が大きくなるにつれて有効応力の減少が大きくなっており、多方向せん断と一方向せん断では有効応力の減少が異なる。なお図-3 においてせん断ひずみ振幅 γ_{dyn} は供試体内で生じるせん断ひずみのうちの最大値である。

4. 繰返しせん断後に生じる沈下

再圧密中の間隙比減少量 Δe と応力減少比 SRR ¹⁾ の関係を示したものが図-4 である。すでに両者の関係は片対数グラフ上で直線関係にあることが示されている。すなわち両者の関係は次式であらわされる。

$$\Delta e = C_{dyn} \cdot \log SRR \quad (2)$$

ここに、 C_{dyn} は動的圧縮指数である。

定体積繰返しせん断後の再圧密中に生じる沈下ひずみとせん断ひずみ振幅 γ_{dyn} の関係を示したものが図-5 である。

同図より、 γ_{dyn} の増加とともに沈下ひずみは増加する事が分かる。また、図-3 と同様にサイン波の位相が大きくなるにつれて沈下が大きくなる事が分かる。

5. まとめ

ここでは多方向に繰返しせん断ひずみを与えることが可能な多軸単純せん断試験機を新たに作成して、カオリンについて繰返しせん断方向を一方・多方向とした場合について繰返しせん断試験を行い、繰返しせん断方向が粘土層の沈下に及ぼす影響について調べた。その結果、再圧密中の沈下ひずみはせん断ひずみの増加に伴い増加することが分かった。また、サイン波の位相が大きくなるにつれて、有効応力の減少及び沈下が大きくなる事が分かった。

参考文献：1) 松田博、粘土層の地震後沈下過程の推定、土木学会論文集 No.568/III-39、41-48、1997.6

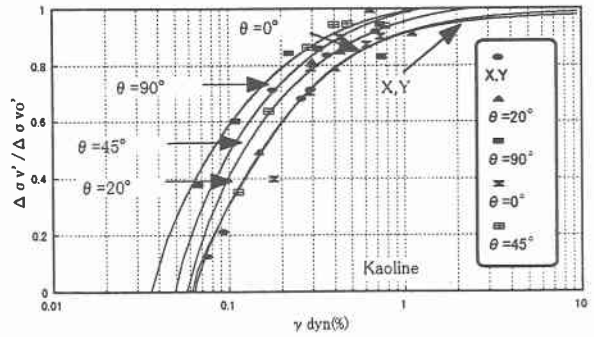


図-3

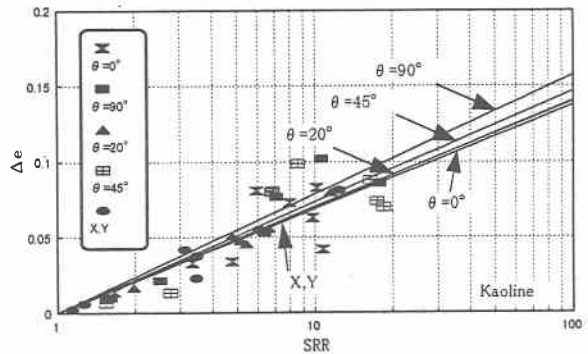


図-4

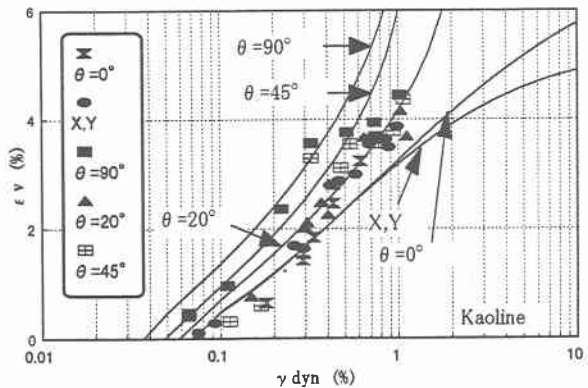


図-5