

地震後に生じる粘土層の沈下と沈下速度について

山口大学工学部 正会員 ○松田 博
 山口大学大学院 学生員 中川 義守
 荒井組 久保田 耕司

1. まえがき

地震の大きさによっても異なるが、K. 状態にある粘土層に地震力が作用すると、粘土層の内部では過剰間隙水圧が蓄積する。粘土層においては、圧密係数が砂層の値に比べると非常に小さいことから、この過剰間隙水圧は主として地震後に消散し、それとともに地盤の沈下が生じる。粘土層の地震後沈下の大きさに関しては従来から多くの実験を行い、地震後の沈下ひずみは3~5%程度に達することがあること、また過圧密粘土地盤においても地震後沈下を生じることを確認している。一方、K. 状態にある粘土層の沈下を地震発生以前から地震後にわたって継続して計測した結果の報告は少ないが、粘土層の地震後の沈下は比較的急速に生じ傾向がある。そこで、今回動的単純せん断試験機を用いて、正規圧密飽和粘土に定体積状態で繰返しせん断を与えた後再圧密して、過剰間隙水圧の消散速度を調べ、粘土層の地震後沈下速度についての検討を行った。

2. 繰返し単純せん断および再圧密試験

実験で用いた装置は、繰返し単純せん断試験装置で、供試体の寸法は直径60mm、高さ20mmである。また、用いた試料は粉末のカオリンおよび藤の森粘土であって、それぞれの試料の物理的性質はTable 1のとおりである。供試体は、所定の含水比に調整した粉末試料を真空脱気した後、せん断容器に入れ、両面排水状態で3時間圧密して作成した。ここでは圧密圧力は49kPaとした。圧密後は供試体の下部を非排水状態にし、また供試体の鉛直荷重載荷ピストンを固定して供試体の高さを一定に保った状態でせん断ひずみ制御繰返し単純せん断を行った。繰返しせん断力は油圧アクチュエーターを用いて与えることとし、せん断ひずみ波形はサイン波、周期は2秒とした。また、繰返しせん断の回数は200回とし、ひずみ振幅を0.05%~2%の間で変化させた。繰返しせん断終了後は、49kPaで再圧密した。実験では、繰返しせん断中、鉛直荷重、供試体底部の間隙水圧、せん断変位、およびせん断抵抗力の測定を行い、再圧密中は沈下量と、間隙水圧の測定を行った。

3. 繰返しせん断によって生じる有効応力減少と過剰間隙水圧消散速度

カオリンについて定体積繰返しせん断時の鉛直応力の変化 $\Delta\sigma$ と繰返し回数 n の関係を示したものがFig. 1である。一方Fig. 2に示したように、 $n / (\Delta\sigma / \sigma_{v0}')$ ~ n の関係をプ

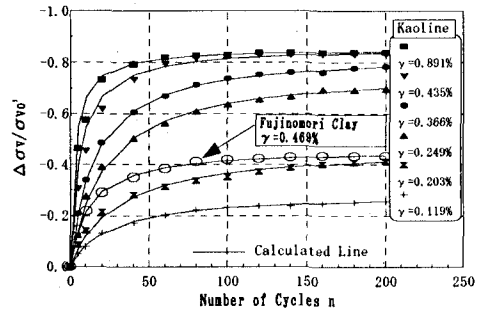


Fig. 1

Table 1

	Kaolinite	Fujinomori Clay
Liquid Limit(%)	47.4	60.5
Plastic Limit(%)	31.0	27.3
Specific Gravity	2.718	2.676

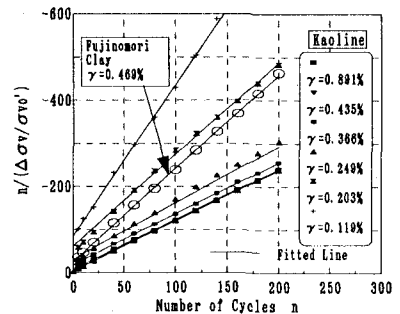


Fig. 2

ロットするといずれのひずみ振幅についてもほぼ直線であらわされることから、直線の勾配と切片をそれぞれ α 、 β とすると $\Delta\sigma_v / \sigma_{v0}' \sim n$ の関係は次式であらわされる。

$$\Delta\sigma_v / \sigma_{v0}' = n / (\alpha + \beta \cdot n) \dots (1)$$

なお、Fig. 1には藤の森粘土についてせん断ひずみを0.469%として得た結果を示しているが、カオリンとの相対的な比較はデータの不足から明確ではないが、藤の森粘土についても式(1)の適用は可能であることがわかる。次に過剰間隙水圧の消散過程を示したものがFig. 3である。図中には正規圧密粘土および過圧密粘土(OCR=2)の間隙水圧消散過程もあわせて示した。繰り返しせん断後の間隙水圧消散は、繰り返しせん断時の有効応力の変化量がひずみ振幅に依存するために、

間隙水圧消散速度の相対的な比較ができないことから、供試体下部の間隙水圧を繰り返しせん断中の有効応力変化量 $\Delta\sigma_v$ で除して圧密度で示したものがFig. 4である。同図より繰り返しせん断後の間隙水圧消散は正規圧密粘土に比べて速いことがわかる。また、ひずみ振幅が小さいほど速くなっている。これらの結果をもとに、50%圧密時の時間から圧密係数 C_{vd} を求め、 C_{vd}/C_v と応力減少比 SRR (Stress Reduction Ratio) との関係で整理したものがFig. 5である。ここに、 C_v は正規圧密状態での圧密係数であり、また応力減少比 SRR は次式で定義される応力比であって、繰り返しせん断中の有効応力減少の大きさあらわす値である。

$$SRR = 1 / (1 + \Delta\sigma_v / \sigma_{v0}') \dots (2)$$

ばらつきはあるが、Fig. 5より SRRが増加すると C_{vd}/C_v は減少する傾向がみられ、両者の関係として次式の関係が得られる。

$$C_{vd} / C_v = a \times (SRR)^b \dots (3)$$

ここに、 a はFig. 5の直線において $SRR=1$ のときの C_{vd}/C_v の値、 b は直線の勾配である。今回用いたカオリン粘土についての係数 a および b はそれぞれ $a=38.69$ 、 $b=-0.935$ である。

4. あとがき

カオリン粘土を用いて繰り返し単純せん断試験を行い、繰り返しせん断履歴を持つ粘土の圧密速度について調べた。その結果、繰り返しせん断中に粘土層内に蓄積された間隙水圧消散は速いこと。また、間隙水圧消散過程から圧密係数を求めたところ、式(3)の関係を得た。この結果は、地震後沈下が比較的急速に生じるという現場測定結果と一致する。

参考文献：Matsuda H. and O-hara S., Geotechnical Aspects of Earthquake-Induced Settlement of Clay Layer, Marine Geotechnolgy, Vol.9, pp.179-206, 1990.

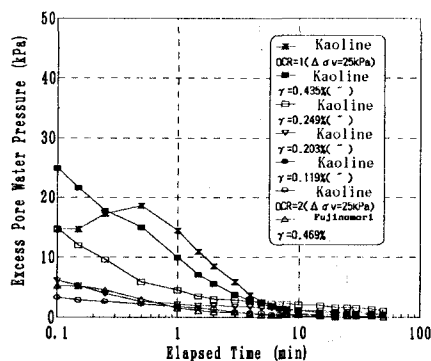


Fig.3

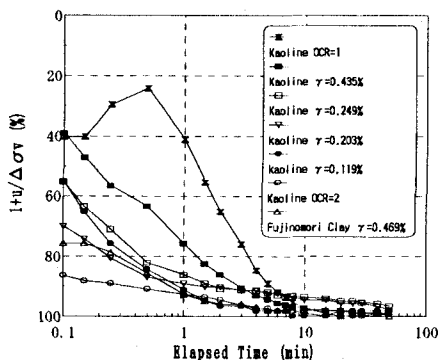


Fig.4

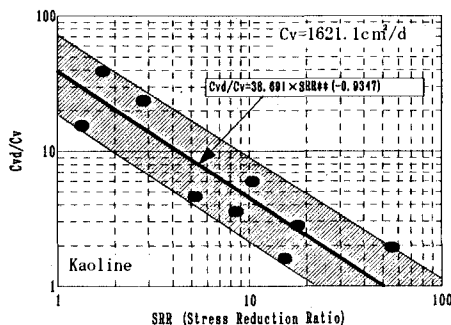


Fig.5