

III-251

粘土層の地震後沈下速度について

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
第一復建 佐藤 克徳
荒井組 久保田 耕司

1. まえがき 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。これは、地震時に粘土層内の間隙水圧上昇のため有効応力が減少し、粘土が擬似過圧密状態になるためであるが、定性的な傾向は十分把握されているとはいえない。また、粘土層に地震力が作用した場合に蓄積される過剰間隙水圧の大きさは、地震時のせん断ひずみ時刻歴によって異なり、粘土層内においては一様分布とはならないことから、地震時に蓄積された過剰間隙水圧の消散過程は通常の载荷による圧密時に比べて複雑である。そこで、本研究においては、まず繰返し単純せん断試験機を用いて飽和状態の粘土に対して、定体積ひずみ制御繰返し単純せん断を行った後再圧密し間隙水圧を消散させ、繰返しせん断後の再圧密過程の間隙水圧消散速度について調べた。また、層厚が5mの粘土層を考え、地震応答計算によって基盤層に地震力が作用した場合に粘土層内部に蓄積される過剰間隙水圧の分布求めるとともに、その消散過程を推定した。

2. 繰返しせん断によって蓄積した過剰間隙水圧消散速度 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であって、試料の $G_s=2.718$ 、 $w_L=47.4\%$ 、 $w_p=31.0\%$ である。供試体は、所定の含水比に調整した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ひずみ制御繰返し単純せん断を行った。繰返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、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。

Fig. 1は、再圧密中の供試体下部の間隙水圧を繰返しせん断中の有効応力変化量 $\Delta \sigma_v$ で除した圧密度と時間の関係である。同図より繰返しせん断後の間隙水圧消散は繰返し载荷を受けていない場合に比べて速いことがわかる。また、繰返しせん断中のひずみ振幅が小さいほど速くなっている。ここでは、これらの結果をもとに、50%圧密時の時間から圧密係数 C_v を求め、 C_v/C_v と応力減少比SRR (Stress Reduction Ratio)との関係で整理した。その結果がものの

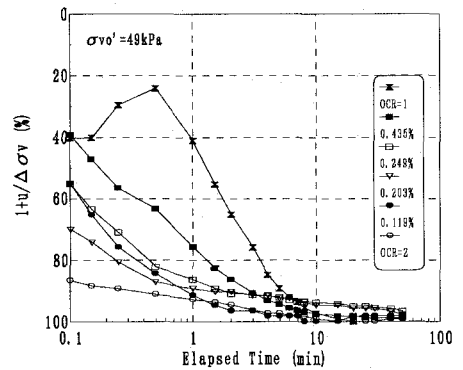


Fig. 1

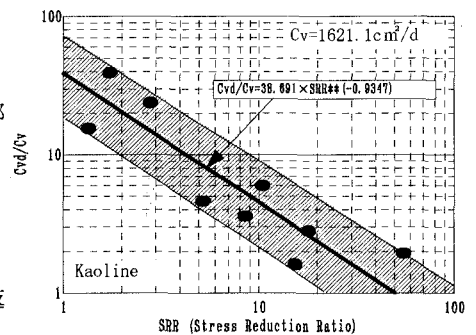


Fig. 2

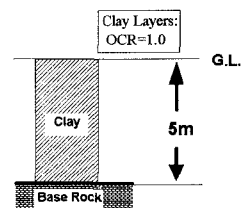


Fig. 3

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。

$$SRR = 1 / (1 + \Delta\sigma_v / \sigma_{vo}') \quad (1)$$

ばらつきはあるが、Fig. 2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。

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

(2) ここに、 a 、 b は係数であり、今回用いたカオリン粘土についての値はそれぞれ $a=38.69$ 、 $b=-0.935$ である。

3. モデル粘土層の地震後沈下速度 ここではFig. 3に示したように基盤層上に層厚5mの粘土層が堆積したモデル地盤を

考えた。そして基盤層に地震波が入力したときの粘土層内部のひずみ時刻歴を、地震応答計算¹⁾によって求め、その結果をもとに粘土層内に蓄積される過剰間隙水圧、および地震後の間隙水圧消散にともなっている生じる沈下量を計算した。入力地震波としてはEl Centro地震波等、6種類の地震波用い、最大加速度を0.16gとして基盤層に入力した。Fig. 4は地震応答計算によって得られた地震時の粘土層内部の最大せん断ひずみの分布である。先述のように、繰返しせん断によって粘土層内に蓄積した過剰間隙水圧が消散するときの圧密係数は、応力減少比 SRR との関係として式(3)の関係があることが

見出された。一方、 SRR は地震時に粘土層内に蓄積される過剰間隙水圧の大きさによって決まることから、式(2)によって C_{vd} の深さ方向の分布が得られる。その結果を示したものがFig. 5である。

地震後の再圧密過程においては粘土層内部の間隙水圧分布が地震直後に一様でなくまた、圧密係数も異なるが、このような場合の間隙水圧消散過程はTerzaghiの圧密方程式を差分近似することによって得ることができる。Fig. 6は、各地震波について平均圧密度（再圧密中の平均過剰間隙水圧を地震直後の平均過剰間隙水圧で正規化して得られた値）の経時変化を示したものである。層全体としては7日

程度で圧密度は90%に達しており、沈下速度は地震波によって大きく影響されないことがわかる。図中には、通常の载荷で得られる圧密係数 $C_v=1621.1 \text{ cm}^2/\text{d}$ を用いて得た圧密度と経過時間の関係も示した。地震中に蓄積された過剰間隙水圧の消散は通常の载荷時の過剰間隙水圧消散に比べて著しく速くなることがわかる。

4. あとがき 繰返しせん断によって飽和粘土中に蓄積された過剰間隙水圧の消散過程を単純せん断試験器を用いて調べ、その結果を用いてモデル地盤の地震後沈下速度の推定を行った。その結果、地震後沈下は正規圧密粘土の圧密速度に比べると著しく速くなり、この傾向は実際の地震後沈下計測結果と一致することがわかった。

参考文献：1) Schnabel, P. B., J. Lysmer and H. B. Seed. "Shake a Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites." EERC Reports, (EERC 72-12), pp.1-88, 1972.

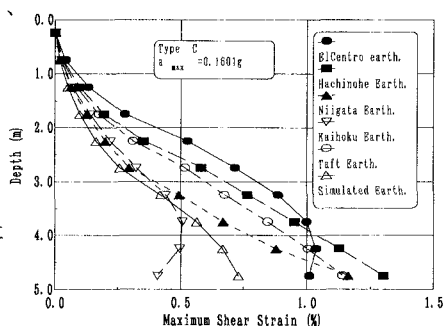


Fig. 4

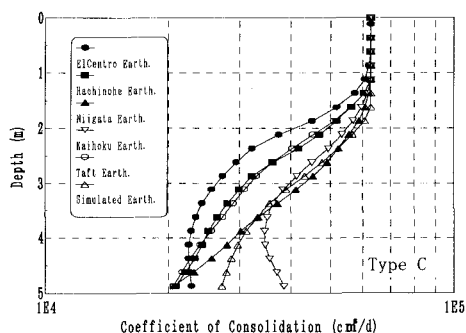


Fig. 5

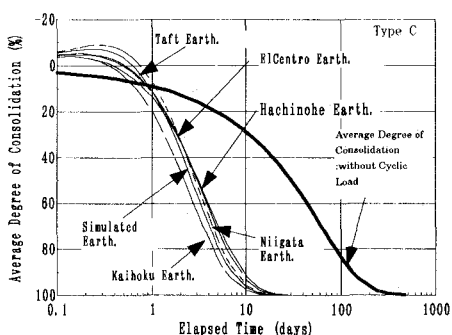


Fig. 6