

繰返しせん断を受けた粘土層の沈下予測

山口大学工学部 正会員 松田 博
山口大学大学院 学生員 ○星山 英一
宇部工業高等専門学校 正会員 大原 資生

1. まえがき 軟弱な粘土地盤が、地震時に繰返しせん断を受けると、粘土層内には過剰間隙水圧が累積する。その後、時間経過とともにそれは消散し、その結果粘土層は沈下する。すでに飽和粘土に繰返しせん断ひずみが作用した場合、累積する過剰間隙水圧の大きさ u_{dyn}/σ'_{vo} は、せん断ひずみ振幅 γ_{dyn} と繰返し回数 n の関数で与えられることが示されている¹⁾ が、軟弱地盤に地震力が作用した場合の地盤の沈下量を推定するには、ランダムなせん断ひずみ-時間関係を等価な一樣ひずみ振幅および等価な繰返し回数に置き換える必要がある。そこで、ここでは新たに実験を行って、ランダムなせん断ひずみと等価な一樣ひずみ振幅および等価な繰返し回数を求める方法について検討した。またその結果をもとに、メキシコシティの粘土地盤について、地盤が地震波を受けたときに生じる沈下量を求めた。

2. 供試体および実験方法 実験ではKjellman型の動的単純せん断試験装置を用い、試料としては粉末状カオリン粘土 ($G_u=2.718$, $LL=53.5\%$, $PI=25.0$) を用いた。実験装置および供試体の作製方法等については既に報告している¹⁾ のでここでは省略する。今回の実験では図-1に示すような繰返しひずみパターンで繰返しせん断を行った。すなわち、(1)は従来より行われている一樣ひずみ振幅であり、繰返し回数 $n=200, 100, 50, 30, 10$ とした。(2)はせん断ひずみ振幅が所定の繰返し回数でゼロとなるように減衰し、(3)は所定の繰返し回数でせん断ひずみ振幅がゼロから設定した値まで増加するものである。なお、(2),(3)における繰返し回数(この場合は一樣振幅の繰返し回数と区別するため N とする)は、 $N=200, 100, 50, 10$ とした。またいずれのパターンにおいても繰返しせん断の周期は $T=2.0\text{sec}$ とした。

3. 実験結果および考察 図-2はパターン(1)によって得られた一樣なせん断ひずみ振幅 γ_{dyn} と過剰間隙水圧比 u_{dyn}/σ'_{vo} の関係で、繰返し回数 $n=200, 100, 50, 30, 10$ 回での結果を示している。このパターンにおいては、累積する過剰間隙水圧の大きさはせん断ひずみ振幅と繰返し回数の関数として双曲線で与えられることがすでに示されている¹⁾ が、その詳細についてはここでは省略する。一方、パターン(2),(3)について N サイクル後の過剰間隙水圧比 u_{dyn}/σ'_{vo} と最大せん断ひずみ振幅 γ_{max} の関係を示したものが図-3である。同図において、多少のばらつきはみられるもののパターン(2)と(3)の違いにより累積する過剰間隙水圧に有意な差はみられない。そこで、ここではパターン(2)と(3)の最大せん断ひずみ γ_{max} に着目し、パターン(2),(3)によって得られる過剰間隙水圧と図-2における過剰間隙水圧を対応させることにより、パターン(2),(3)と等価な一樣ひずみ振幅 γ_{dyn} を求めた。そして、 $\gamma_{dyn}/\gamma_{max}$ と γ_{max} の関係を示したものが図-4である。同図は等価な繰返

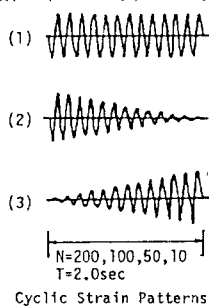


図-1

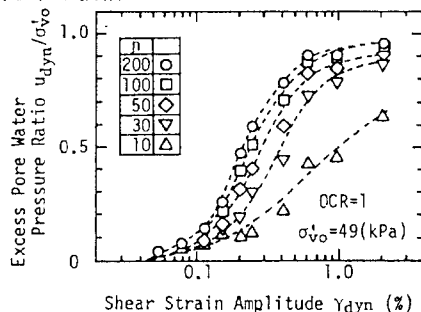


図-2

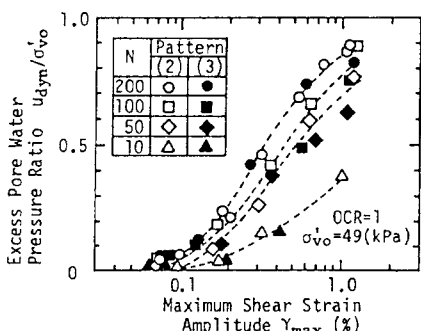


図-3

し回数 $n=30$ の場合であるが、図-2を用いることにより $n=200, 100, 50, 10$ とした場合の関係も同様に求まる。

次にモデル地盤として図-5に示すような地盤定数を持つメキシコシティの湖床域の地盤を考え、これに地震波が作用した場合の沈下量を推定する。まずこの地盤を図中に示した15節点からなる集中質量系モデルで表し、一次元応答解析により地盤内に生じる応答変位量を求めた。なお地震加速度は第IV層の下部境界に入力させた。計算で用いた地震波は1940年ElCentro地震波および図-6に示すような乱数を用いて発生させた模擬地震波である。また入力加速度の最大値はそれぞれの波形に対して34.4gal, 341.7galとし、この内、34.4galという値はメキシコ地震の際に得られた強震記録をもとに決定した。応答計算によって得られた不規則なせん断ひずみの時刻歴をもとに、図-4を用いることにより得られる等価な一樣ひずみ振幅 γ_{dyn} と等価な繰返し回数 n から、繰返しせん断後に累積する過剰間隙水圧の大きさを求め、さらにその消散によって生じる沈下ひずみから粘土層の沈下量を計算した。その結果を示したものが表-1であり、同表より、最大加速度が34.4galのときElCentro地震波で0.3cm、模擬地震波で0.9cmの沈下を生じることがわかる。一方、メキシコシティの粘土地帯の一区画で1985年5月から地盤沈下の測定が行われ、測定からちょうど5ヶ月後に地震が発生した。そして地震後も測定が続けられたということで、その結果がJaime (1987)によって報告されている²⁾。それによると、地震後0-3cmの沈下が生じており、図-5のモデル地盤はJaimeの報告書にある測定箇所と異なるものの、近い結果が得られている。

4. まとめ 不規則な繰返しせん断を受けた粘土層の沈下予測の際に必要な、等価な一樣ひずみ振幅と等価な繰返し回数を評価する方法を示し、これをもとに沈下の予測計算を行った。その結果、メキシコシティのモデル地盤について得られた沈下量は約1cmであって、1985年のメキシコ地震での実測沈下量と近い値を示した。

また最大加速度341.7galの地震が作用したときは約50cmの沈下を生じることがわかった。

参考文献

1) O-hara S. and Matsuda H., "Study on the Settlement of Saturated Clay Layer Induced by Cyclic Shear", Soils and Foundations, Vol.28, No.3, 103-113, 1988.
2) Jaime A. P., M. P. Romo et al., "Seismic Induced Settlement in a Building", 8th PanAmerican Cong. on Soil Mech. and Found. Eng., 257-275, 1987.

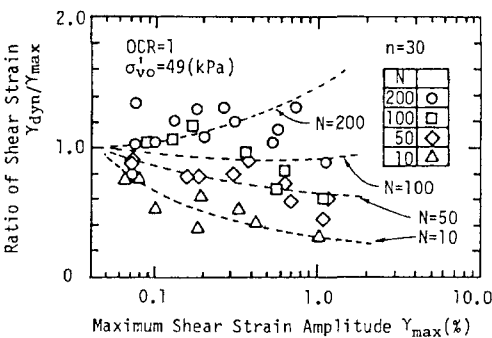


図-4

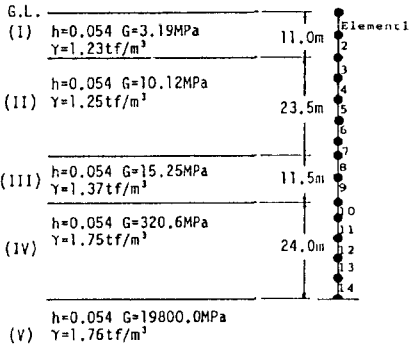


図-5

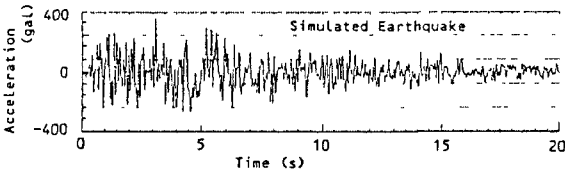


図-6

表-1

		El Centro (NS) 5/18/'40	Simulated
Input Max. a = 34.4gal		amax (gal)	341.7
h=0.054 n=30		ΔH (cm)	0.32
Input Max. a = 341.7gal		amax (gal)	341.7
h=0.054 n=30		ΔH (cm)	52.52