

III-116 不規則なひずみ時刻歴と等価な一様ひずみ振幅について

山口大学工学部 正会員 松田 博  
 八千代エソニック(株) 正会員 ○星山 英一  
 山口大学大学院 佐藤 吉之

1. まえがき 軟弱な粘土地盤に地震力が作用した場合に生じる沈下量を予測する手法の概略については既に示している<sup>1)</sup>が、その手法においては、不規則なひずみ時刻歴を等価な一様ひずみ振幅と繰返し回数に変換する必要がある。飽和砂の液状化判定においては、この点に関する研究も行われている<sup>2)3)</sup>ものの、それらは応力制御試験結果に基づいているため、その結果を直接適用することはできない。そこで、ここでは5種類のひずみ波形を用いて繰返し単純せん断試験を行い、その結果をもとに不規則なひずみ時刻歴と等価な一様ひずみ振幅および繰返し回数を決定する手法について検討した。

2. 試料および実験方法 実験にはKjellman型のひずみ制御式動的単純せん断試験装置を用い、試料にはカオリン粘土( $G_s=2.718, W_L=53.5\%, I_p=25.0$ )を用いた。実験装置および供試体作製方法については既に報告している<sup>4)</sup>ので、詳細は省略する。今回の実験では図-1に示すようなひずみ波形で繰返し単純せん断試験を行った。パターン(1)では繰返し回数 $n=200, 100, 50, 30, 10$ 回とし、パターン(2)~(5)については繰返し回数(この場合は一様振幅の繰返し回数 $n$ と区別するため $N$ とする)を、 $N=200, 100, 50, 10$ 回として実験を行った。また、いずれの波形においても繰返しせん断の周期は2秒とした。

3. 実験結果および考察 図-2はパターン(1)の繰返しせん断によって得られたせん断ひずみ振幅 $\gamma_{dyn}$ と過剰間隙水圧比 $u_{dyn}/\sigma'_{v0}$ の関係を示している。このパターンにおいて、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で表されることが既に明らかにされている<sup>4)</sup>。図-3はパターン(2)~(5)における最大せん断ひずみ振幅 $\gamma_{max}$ と $N$ サイクル後の過剰間隙水圧比 $u_{dyn}/\sigma'_{v0}$ の関係を示したものである。なお、実験は $N=200, 100, 50, 10$ として行ったものの、パターン(2)~(5)の波形には過剰間隙水圧発生限界ひずみ振幅以下の繰返しせん断ひずみが含まれていることから、それらを $N$ から削除して改めて繰返し回数 $N'$ とし、図-3では $N'=190\pm 10, 90\pm 10, 40\pm 10, 10\pm 10$ として整理した。若干のばらつきはみられるが、累積する過剰間隙水圧の大きさにひずみ波形の違いによる影響は見られない。そこでここでは、粘土層の沈下が層内部に累積する過剰間隙水圧の大きさに依存することから、パターン(2)~(5)の波形の $\gamma_{max}$ と $N'$ に着目し、これによって生じた過剰間隙水圧比、すなわち図-3の個々の点を図-2に対応させることによって一様ひずみ振幅 $\gamma_{dyn}$ を求めた。そして、 $\gamma_{max}$ との関係で整理したものが図-4である。図中の直線は最小自乗法による計算結果を示しており、それぞれの $N'$ に対して

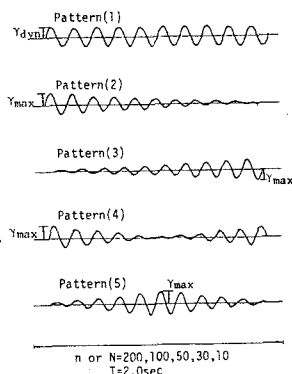


図-1

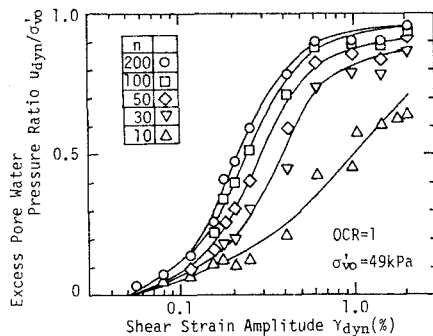


図-2

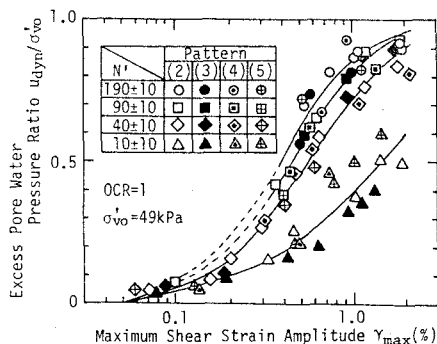


図-3

$\log \gamma_{dyn}$  は  $\log \gamma_{max}$  にほぼ比例することがわかる。すなわち、  
 $\gamma_{dyn} = F \cdot (\gamma_{max})^G \dots (1)$

として表される。なお、図-4は図-2において  $n=30$  の曲線に対応させて求めたものであるが、 $n=200, 100, 50, 10$  とした場合の関係も同様に求めることができる。図-5は図-4の直線における切片  $F$  と  $N'$  の関係を示しており、同図は  $n=200, 100, 50, 30, 10$  に対する結果である。また、図-5の実線は次式によって近似したものである。

$$F = N' / (H + I \cdot N') \dots (2)$$

ここに  $H, I$  は定数である。したがって、任意の  $N'$  に対して式(1)の切片  $F$  が求まる。一方、図-4の直線の勾配  $G$  は

$$G = (\log 0.05 - \log F) / \log 0.05 \dots (3)$$

として表せることから、不規則波における  $\gamma_{max}$  と  $N'$  がわかれば式(1)、(2)、(3)から  $\gamma_{dyn}$  が容易に求められる。次に検証のため、図-6に示すような不規則波が作用した場合に生じる過剰間隙水圧  $u_{dyn}$  と沈下ひずみ  $\epsilon_v$  を測定した。また、式(1)、(2)、(3)から得られる  $\gamma_{dyn}$  と  $n$  から計算によって過剰間隙水圧比  $u_{dc} / \sigma'_{vo}$  および沈下ひずみ  $\epsilon_{vc}$  を求め、実測値と比較した。その結果をまとめたものが表-1である。この表から、予測値は実測値よりもやや大きいことがわかる。

4. まとめ ここではひずみ制御動的単純せん断試験により、一様振幅のひずみ波形と4パターンのひずみ波形の関係を調べた。そしてその結果をもとに、任意の不規則なひずみ波が作用した場合に生じる沈下ひずみの大きさを予測し、実測値と比較した。その結果、両者の間に多少のばらつきはあるが、ここで示した手法が地震などの繰返しせん断を受けた粘土層の沈下予測を行う際に有効な手段の一つとなることがわかった。

謝辞 本研究を進めるにあたり宇部工業高等専門学校校長 大原資生 先生には数多くの御助言を頂きました。深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 松田博、大原資生：地震に起因した粘土層の沈下について、Proc. of the National Symposium on Effects of Surface Geology on Seismic Motion, I-27, pp.151-156, 1989.
- 2) Seed, H.B. et al., : Representation of Irregular Stress Time Histories by Equivalent Uniform Stress Series in Liquefaction Analyses, Report No. EERC75-29, 1975.
- 3) Ishihara, K. and Yasuda, S. : Sand Liquefaction in Hollow Cylinder Torsion under Irregular Excitation, Soils and Foundations, Vol.15, No.1, pp.45-59, 1975.
- 4) 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, pp.103-113, 1988.

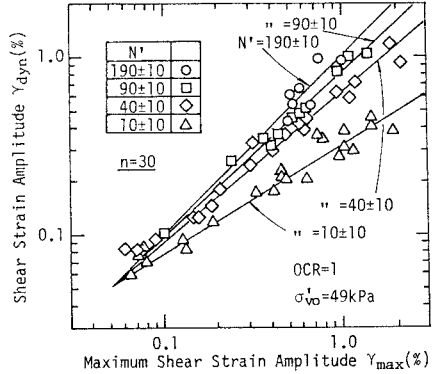


図-4

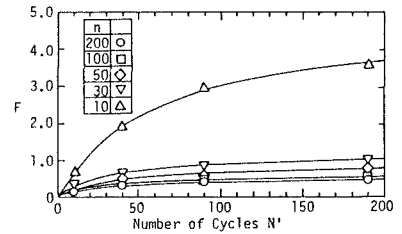


図-5

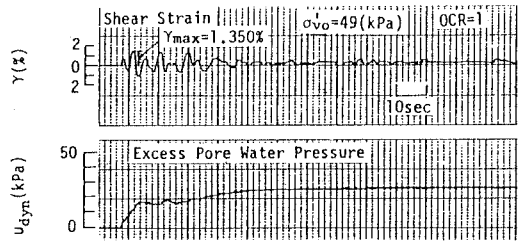


図-6

表-1

$\gamma_{max}(\%)$	$N'$	$u_{dyn}/\sigma'_{vo}$	$\epsilon_v(\%)$	$n$	$\gamma_{dyn}(\%)$	$u_{dc}/\sigma'_{vo}$	$u_{error}(\%)$	$\epsilon_{vc}(\%)$	$\epsilon_{error}(\%)$
2.055	28.5	0.588	1.656	200	0.452	0.750	27.6	2.055	24.1
				100	0.532	0.730	24.1	1.938	17.0
				50	0.724	0.720	22.5	1.886	13.9
				30	1.026	0.730	24.1	1.936	16.9
				10	3.605	0.834	41.8	2.659	60.6
1.350	23.5	0.549	1.198	200	0.318	0.653	18.9	1.566	30.7
				100	0.367	0.627	14.1	1.458	21.7
				50	0.476	0.603	9.9	1.370	14.3
				30	0.650	0.604	10.1	1.372	14.6
				10	1.917	0.691	25.8	1.738	45.1
0.550	12.0	0.151	0.365	200	0.139	0.325	115.4	0.583	99.6
				100	0.155	0.322	113.2	0.575	57.6
				50	0.181	0.297	96.9	0.522	43.1
				30	0.228	0.290	91.8	0.506	38.7
				10	0.467	0.281	85.9	0.488	33.7