

Ⅲ - A81

地震に起因した粘土層の沈下

山口大学工学部 正会員 松田 博  
 大本組 正会員 財満 英希

1. まえがき

正規圧密状態あるいは過圧密状態にある飽和粘土に繰返しせん断が作用すると、繰返しせん断ひずみの大きさにもよるが、粘土層内部には過剰間隙水圧が蓄積し、繰返しせん断終了後は過剰間隙水圧の消散とともに沈下が生じる。そして、この沈下の大きさは、二次圧密沈下量と比較して大きいことが既に示されている<sup>1)</sup>。また、地震後に生じる沈下を予測する手法については報告されている<sup>2)</sup>が、その中で必要とされる定数は、対象とする現場の試料について実験を行う必要がある。しかし、この実験は動的単純せん断試験装置を用いるために繁雑となることから、ここでは、種々の粘土について繰返しせん断試験を行い、計算上必要な定数を物理定数(塑性指数)から推定できるようにした。そして、得られた結果をもとに実地盤の地震後沈下を推定した。

2.  $I_p$  の異なる粘土の繰返し単純せん断試験

ここでは  $I_p$  の異なる粘土について定体積繰返し単純せん断試験を行い、 $I_p$  と土質定数  $A, m, B, C, C_{dyn}$  との関係をもとに、任意の粘土の土質定数を推定するという手法をとった。ここに、 $A, m, B, C$  は繰返しせん断中に粘土内に蓄積する過剰間隙水圧を予測するための定数<sup>2)</sup>であり、 $C_{dyn}$  は動的圧縮指数であって、再圧密中の沈下量を予測するための定数<sup>2)</sup>である。実験に用いた粘土は、カオリン粘土、柳井粘土、有明粘土、小野田粘土、徳山粘土であって、それぞれの粘土の比重、液性限界、塑性限界、塑性指数を表-1に示す。

図-1は定体積繰返し単純せん断試験によって得られた繰返しせん断中のひずみ振幅  $\gamma_{dyn}$  と有効応力減少量  $\Delta\sigma'_v$  の関係を示したものである。図中のプロットは実測値であり、曲線は表-1に示した  $A, m, B, C$  の値を用いて得たものである。さらに、繰返しせん断後に生じる粘土の体積ひずみと繰返しせん断時のひずみ振幅  $\gamma_{dyn}$  の関係を示したものが図-2である。図中の曲線は表-1の定数を用いて得た計算結果であり、プロットは実測値である。ばらつきはみられるものの、沈下ひずみの推定値と

表-1

	Kaolin	Yanai clay	Ariake clay	Onoda clay	Tokuyama clay
$G_s$	2.718	2.661	2.629	2.628	2.68
wL (%)	47.4	77.4	67.6	81.1	112.98
wP (%)	31	28.9	17	27.2	37.33
$I_p$	16.4	48.4	50.6	52.9	75.65
A	4.057	23.168	50.596	51.314	56.363
m	-1.391	-1.285	-1.032	-0.763	-0.897
B	-0.078	-0.232	-0.185	-0.152	-0.327
C	1.014	0.910	0.818	0.653	0.834
$C_{dyn}$	0.077	0.110	0.159	0.122	0.202

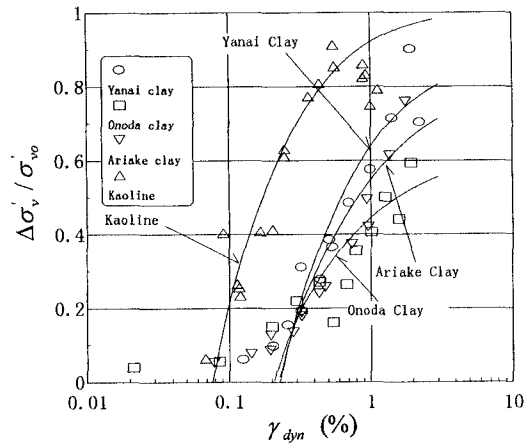


図-1

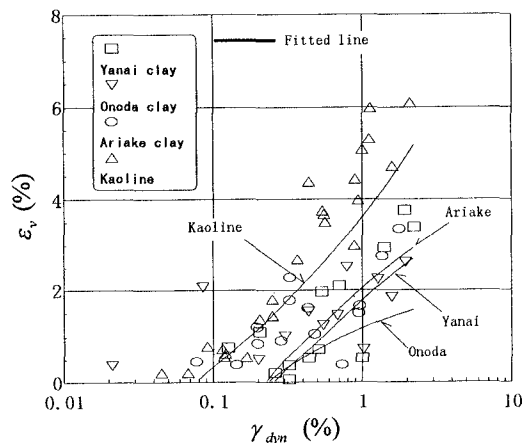


図-2

地震、沈下、粘土

〒755 山口県宇部市常盤台 2557 山口大学工学部社会建設工学科 TEL 0836-35-9437 FAX 0836-35-9429

実測結果は比較的良好一致している。

表-2

	Alluvial clay layer	Pleistocene clay layer
Ip	65.7	58.4
A	51.211	47.118
B	-0.250	-0.234
C	0.783	0.801
m	-0.936	-0.976
Cdyn	0.162	0.154

3. 地震後沈下量の推定

ここでは、上記の結果をもとに神戸ポートアイランドと 2 ケースの地盤について地震後沈下の推定を行った。図-3に神戸ポートアイランドの土層断面を示す。神戸ポートアイランドでは兵庫県南部地震の際、土層中の 4 点で地震加速度の測定が行われており、ここでは深さ 83 m で測定された NS、EW 成分の加速度波形を用いて応答計算を行った。なお、応答計算にはSHAKE<sup>3)</sup>を用いることとした。表-2は表-1の結果をおよび現場の粘土の Ip<sup>2)</sup>もとに、地震後沈下量の推定に必要なとされる係数を示したものであって、これらの係数を用いて沈下量の推定をした結果が表-3である。同表より、NS 成分による沈下量は沖積粘土層で約 4.2 cm、洪積粘土層で約 3.4 cm となり、粘土層の沈下量は全体で約 7.6 cm と推定される。

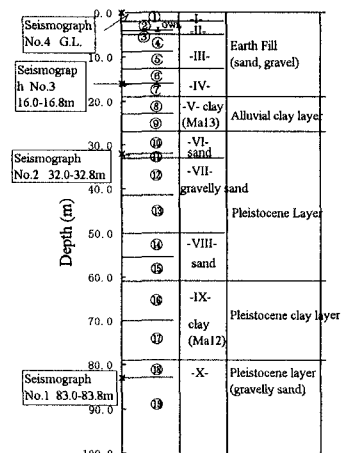


図-3

表-3

	Layer No.	Thick. (cm)	$\epsilon_i$ (%)	$\Delta H$ (cm)	Subtotal (cm)	Total (cm)
E W	8	400	0.25	1.01	1.67	3.97
	9	400	0.17	0.67		
	16	900	0.14	1.29		
	17	900	0.11	1.01		
N S	8	400	0.58	2.32	4.16	7.59
	9	400	0.46	1.84		
	16	900	0.20	1.81		
	17	900	0.18	1.63		

また、図-4、図-5に示したような2ケース(CASE A、CASE B)について、地震後沈下計算を行った。地震加速度としては、神戸ポートアイランドで測定された地震加速度波形(NS 成分)を用い、最大加速度を 1/2、1/4 として入力した。表-4はその結果を示したものであって、同表より、地震後沈下量は、最大加速度を 1/2 とした場合 1.2~4.3 cm、1/4 とした場合 0.5~2.6 cm と推定される。

4. あとがき ここでは、種々の粘土について繰返しせん断試験を行い地震後沈下計算で必要とされる定数を、物理定数から推定できるようにした。そして、神戸ポートアイランドおよび CaseA、CaseB の地盤を対象として、地震後沈下量の計算を行った。その結果、神戸ポートアイランドでは約 7.6 cm の沈下が生じ、CaseA,B の地盤においては 2cm 程度の沈下が生じることがわかった。

謝辞: 応答計算で用いた地震波は、関西地震観測協議会から提供して頂いたものであり、実験と計算については、本学学生 加来昌弘、牧野昌晃、土居毅君の協力を得た。また、本研究は鹿島学術振興会から研究助成によって行われたものである。末筆ながら感謝致します。

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, pp.103-113, 1988.

2) Matsuda, H. and Shimizu, Y.:The Kobe Earthquake: Geodynamical aspects, Computational Mechanics Publications, Southampton, UK, pp.73-98, 1996.

3) Schnabel, P. B., Lysmer, J. and Seed, H. B.:SHAKE a computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, EERC Reports, (EERC 72-12), pp.1-88, 1970.

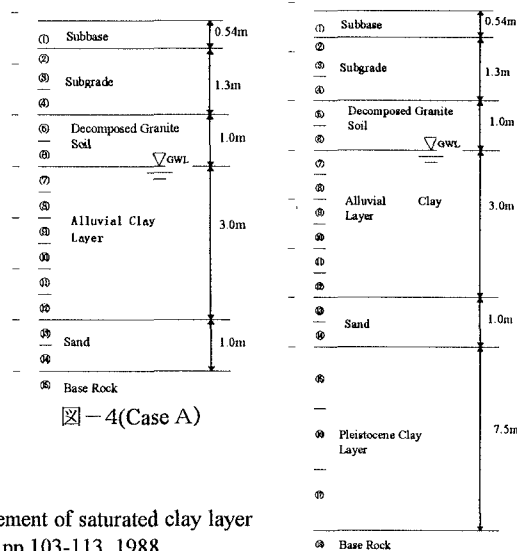


図-4(Case A)

図-5(Case B)

表-4

	Case A	Case B		Case A	Case B
a (max)	Total	Total	a (max)	Total	Total
0.346 (g)	(cm)	(cm)	0.173 (g)	(cm)	(cm)
Ip=15.7	4.13	4.34	Ip=15.7	1.80	2.61
Ip=28.9	2.22	2.51	Ip=28.9	0.82	1.21
Ip=50.9	1.44	1.69	Ip=50.9	0.51	0.75
Ip=64.4	1.28	1.49	Ip=64.4	0.49	0.68