

液状化による永久変位の振動台実験

九州工業大学 ○多田 浩、安田 進、

福崎真介、中島良二、山本芳生

1. まえがき

地震時に砂地盤が液状化すると、単に支持力が減少したり過剰間隙水圧が発生するだけでなく、地盤全体が大きく滑り出して永久変位を生じることが最近明らかにされてきている<sup>1)</sup>。その測定結果によると、新潟地震や日本海中部地震の際に、最大5~8mにも及ぶ永久変位が傾斜地盤はもとより、地表面が水平な地盤でも生じている。このような永久変位がどのようなメカニズムで発生しているか、また水平地盤で本当に永久変位が生じるかを、振動台を用いた実験で検討してみたので、以下に報告したい。

2. 実験装置および試料

実験には幅0.8m、奥行き0.5m、高さ0.7mの土槽を用い、これを油圧式の振動台上にのせて加振した。土槽は通常の箱型であるため、側壁の影響を軽減するように、両側壁内に厚さ5cmのフォームラバーをはりつけた。用いた試料は豊浦の浜から採取したものであり、0.84mmのフルイでふるって粒度調整をしてある。その平均粒径は0.27mm、細粒分含有率は0%、 $e_{max}=1.045$ 、 $e_{min}=0.642$ で、豊浦標準砂にかなり近い粒度組成となっている。

3. 実験内容および方法

新潟地震および日本海中部地震の被害事例では、永久変位を生じるパターンとして図-1のようなものが挙げられている<sup>1)</sup>。そこでこれを再現するため、図-2に示したように、(A)地表面は水平で液状化層下面が傾いているケースと(B)地表面と液状化層下面の両方とも傾いているケースの2通りを考え、それぞれについて表-1に示すように、液状化層厚と傾きを変えた、合計8ケースの実験を行った。ただし、土槽の密度は液状化層で $D_r \approx 55\%$ 、基盤層で $D_r \approx 80\%$ と一定とし、地下水位も地表面から2.5cmと一定とした。

加振は3Hzで約225galの台加速度のもとに行い、液状化が生じて約10秒後に加振を終了した。加振中には、土層内の加速度、間隙水を図-2の位置で測定し、液状化層内の断面内の変位分布と地表面での水平変位分布をそれぞれうどんおよびマーカーにて測定した。うどんを用いたのは、吸水して軟らかくなり、土と一体となって動くと考えたからである。これらの変位分布は写真およびビデオで撮影し、さらに加振前後には地表面マーカーの位置を定規で測定した。

4. 液状化層内の変位分布

実験結果のうち、まず液状化層の断面内の変位分布の例を写真-1、2に示す。これらは液状化が生じて約5秒後のものであり、鉛直

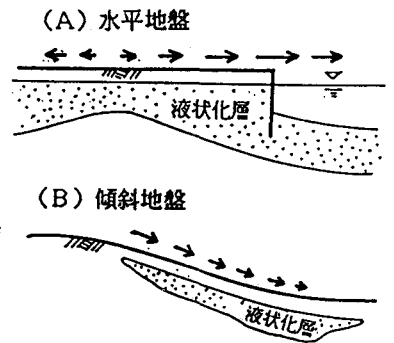


図-1 永久変位が生じるパターン

表-1 実験条件

SERIES	No.	層厚 H (cm)	傾き $\theta_b$ (%)
A	1	17.5	5
	2	17.5	10
	3	7.5	5
	4	27.5	5
B	1	17.5	5
	2	17.5	10
	3	7.5	5
	4	27.5	5

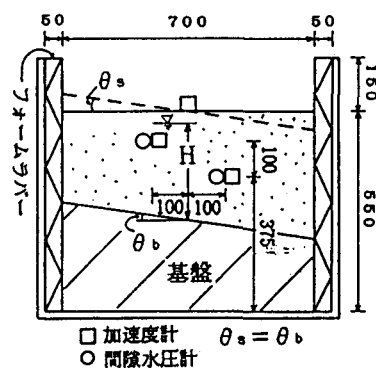


図-2 実験モデルおよび計器位置

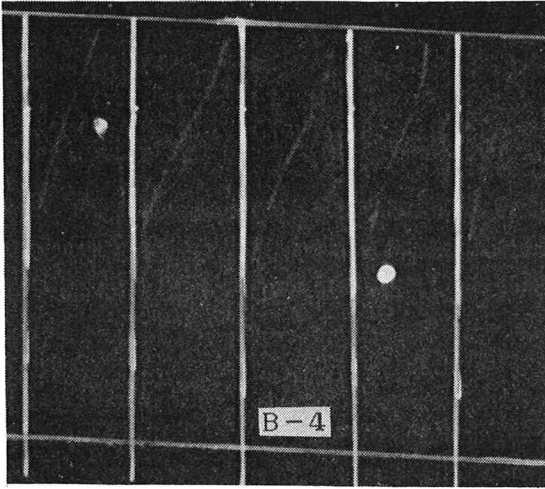


写真-1 傾斜地盤での変位分布例

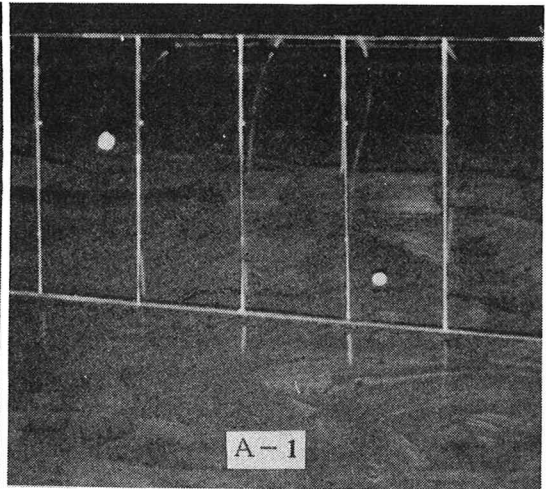


写真-2 水平地盤での変位分布例

の白線が加振前のうどんの位置を、またそれからずれている白線が加振中のうどんの位置を示している。

写真にみられるように、傾斜地盤は勿論のこと、地表面が水平な場合でも、液状化層下面が傾いている方向に永久変位が生じている。また、ばらつきはあるものの、だいたい液状化層下面より少し上部から地表に向かって折れ曲がった直線のようにになっている。したがって、液状化層下面や地下水面ですべり面ができたというよりは、液状化層がせん断変形を生じているとみなせよう。

### 5. 永久変位量と傾き、液状化層厚の関係

地表面のマーカーをもとに、永久変位量と傾きまたは液状化層厚の関係をプロットすると図-3、4となる。両者とも右上がりの傾向が認められる。

ところで、前述の震害事例をもとに、浜田<sup>3)</sup>は永久変位量  $D$  (m) と傾き  $\theta$  (%)、層厚  $H$  (m) との間に、 $D = 0.75\sqrt{H} \sqrt[3]{\theta}$  の関係がありそうなことを調べている。今回の実験でも  $H$ 、 $\theta$  の影響は同様に認められたが、 $H$ 、 $\theta$  とも  $1/2$  乗や  $1/3$  乗より大きい関係となっている。ただし、今回用いた土槽の幅はあまり大きくないため、両端の拘束効果の影響が少しあることも考えられる。

### 6. あとがき

永久変位に関する実験を行ってみたが、護岸を有するモデル等、今後も実験を進めてゆきたいと考えている。なお、本研究を行うにあたり、九州工大高西照彦教授、東海大学浜田政則助教授、山口県中井文雄氏にお世話になった。末尾ながら感謝する次第である。

参考文献 1) 浜田政則・安田進・磯山龍二・恵本克利：液状化による地盤の永久変位と地震被害に関する研究、土木学会論文集、No.376, III-6, pp.221~229, 1986.

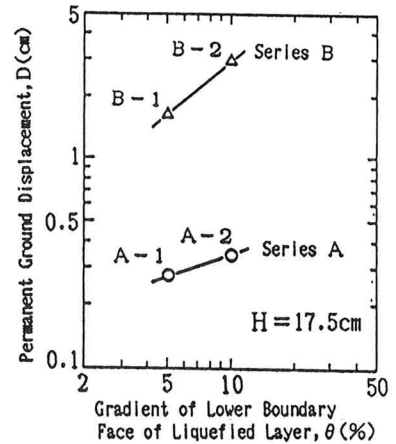


図-3 永久変位量と傾きの関係

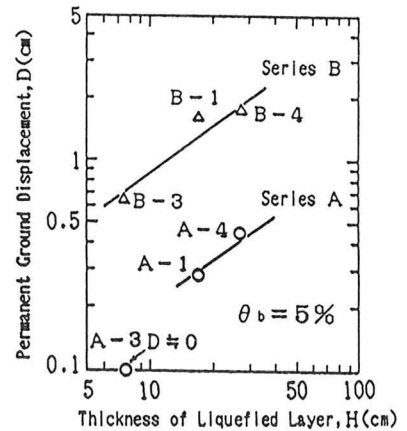


図-4 永久変位量と液状化層厚の関係