

III-A 164

地震による軟弱な粘性土地盤の残留変形特性

武蔵工業大学大学院 ○学生会員 河又 健時  
 武蔵工業大学土木工学科 正会員 片田 敏行  
 武蔵工業大学土木工学科 正会員 末政 直晃

1. はじめに

1994年に発生した三陸はるか沖地震では、八戸市街において埋設管などに数多くの被害が見られた<sup>1)</sup>。八戸市街は軟弱な粘性土地盤で構成されており、図-1に示すように両側を台地に挟まれた旧谷部における台地と谷との境界付近では、特に大きな被害が生じた。八戸市街の地質や地形から、被害を増大させた原因として、軟弱な粘性土地盤に生じた地震時残留変形の影響が考えられる。そこで本研究では、振動台を用いて軟弱な粘性土模型地盤の振動実験を実施し、地震後における軟弱な粘性土地盤の残留変形特性について検討した。

2. 実験概要

本実験では、電磁式加振器で駆動する水平振動台を使用した。用いた試料土は関東ローム(含水比 110%, 湿潤密度 1.39g/cm<sup>3</sup>)であり、模型地盤はせん断土槽(内寸法:幅 285mm×奥行 99mm×高さ 150mm)中に作製した。

設置方法は図-2に示すように、傾斜(2種類:傾斜角 3°)及び水平(1種類)の計3種類のである。また、最大加振力の方向の違いが地盤の残留変形特性に及ぼす影響を検討するために、図-3(1), (2)に示すような、パルスのな大加速度を有し、正負の異なる2種類の入力波形を使用した。実験ケースは設置方法と最大加振力方向の組み合わせを変えた計6ケースであり、その実験条件を表-1に示す。

3. 実験結果

(1)加振中の模型地盤の変形状況

模型地盤の傾斜方向とパルスのな大加速度による振動方向が同じ実験ケース 1, 4 においては、常に傾斜を下るように地盤は振動し、特にパルスのな大加速度を示した瞬間に大きく変形した。模型地盤の傾斜方向とパルスのな大加速度による振動方向が逆の実験ケース 2, 5 においても、傾斜を下るように地盤は振動していたが、パルスのな大加速度を示した瞬間には、傾斜を登るように地盤は変形した。また、水平に模型地盤を設置した実験ケース 3, 6 においては、パルスのな大加速度を示した瞬間、その方向に大きく変形したが、その後は元に戻るように左右に振動しているだけであった。

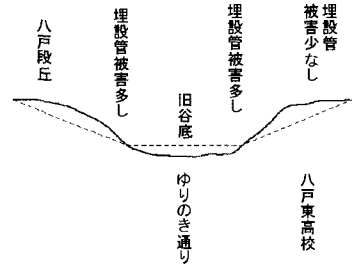


図-1 八戸市街の地形と被害状況

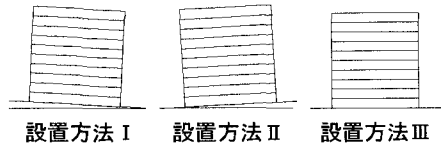


図-2 模型地盤の設置状況

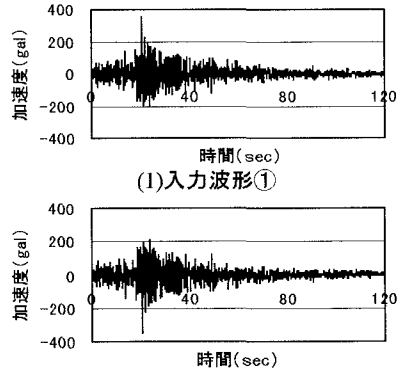


図-3 入力波形

表-1 実験条件

実験ケース	地盤の設置方法	入力波形	傾斜方向と大加速度方向の関係
1	I	①	同じ
2	II	①	逆
3	III	①	(水平)
4	II	②	同じ
5	I	②	逆
6	III	②	(水平)

キーワード: 軟弱, 粘性土地盤, 残留変位, 振動台実験

連絡先: 武蔵工業大学 工学部 土木工学科 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL&FAX 03-5707-2202

(2) 模型地盤の残留変形量

振動実験によって得られた最終的な地盤の残留変形量を図-4~6に示す。図-4 はすべての実験ケースにおける地盤の残留変形量である。また、図-5(1), (2)は、地盤が傾斜しているケースにおける地盤の残留変形量を、入力波ごとにまとめたものであり、図-5(1)は入力波①のとき、図-5(2)は入力波②のときである。

4. 考察

(1) 傾斜地盤と水平地盤における残留変形量の違い

模型地盤に傾斜をつけて設置した実験ケース 1, 2, 4, 5 では、大きな残留変形が生じたが、水平に設置した実験ケース 3, 6 では、それほど大きな残留変形は生じなかった(図-4)。これは、傾斜をつけて設置したケースでは中心軸が常に傾斜面を下るように振動していたのに対し、水平に設置したケースでは中心軸が常に元に戻るよう振動していたためだと考えられる。

(2) 大加速度の方向と地盤の傾斜方向による違い

図-5(1), (2)より、地盤の傾斜方向とパルスのな大加速度の方向が同じケースの方が、残留変形量が大きくなる。このことは、パルスのな大加速度が生じた瞬間における、傾斜方向と加振方向が同じケースと逆のケースでは地盤の変形方向が逆のために、残留変形量に差が生じたと考えられる。

(3) 地震による傾斜地盤のすべり変形の理論的解釈

今回の実験では、パルスのな大加速度が生じた瞬間に、傾斜面を登るような変形を生じたケースもあった。この現象を図-6 に示すような、剛体地盤上に物体が載っている簡単なモデルをもとに動的すべり問題として考察してみる。このとき、傾斜地盤上にある物体に働いている力は、

$$\text{重力の斜面方向分力 } F_L = mg \sin \theta$$

$$\text{抵抗力 } f = \tau l$$

となる。地盤に加速度が働くと、物体が上向きにすべろうとする滑動力は

$$F_L = m\alpha \cos \theta - mg \sin \theta$$

となり、滑動力 > 抵抗力となったときに物体は動き始める。すなわち、物体が上にすべり始める条件は

$$\alpha \geq g \tan \theta + \frac{(c + \sigma \tan \theta) l}{m \cos \theta}$$

ここに、 $m$  : 供試体の質量(kg)、 $\alpha$  : 加速度( $\text{cm/s}^2$ )、 $g$  : 重力加速度( $\text{cm/s}^2$ )、 $\tau = c + \sigma \tan \phi$  : 土のせん断強さ( $\text{kg/cm}^2$ )、 $l$  : 供試体の長さ(cm)である。この条件を満足する加速度では、物体は傾斜面を登ることになる。ここで、本実験の条件を式に代入すると、 $350(\text{cm/s}^2) > 51(\text{cm/s}^2)$ となる。このことより、パルスのな大加速度が生じた瞬間は傾斜面を登るよう変形し、その後、地盤をすべるよう変形したと考えられる。

5. まとめ

以上より、軟弱な粘性土地盤が傾斜しているときに残留変位は生じやすく、これは、実際の八戸における被害状況と調和的である。特に大加速度の方向と地盤の傾斜方向が一致したとき、大きな残留変形が生じる可能性が高いことが明らかとなった。

【謝辞】 本実験を行なうにあたり、武蔵工業大学学部生の竹内大輔君、佐々木良太君には実験を協力して頂きました。ここに厚く御礼申し上げます。

【参考文献】 1)三陸はるか沖地震災害調査委員会：1994年三陸はるか沖地震災害調査報告書

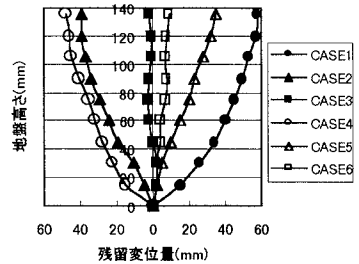
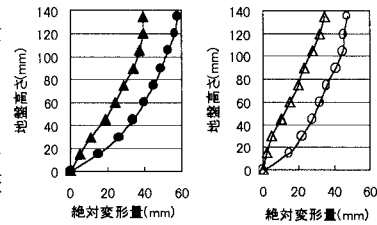


図-4 残留変位量



(1)入力波形①のとき (2)入力波形②のとき

図-5 入力波形別の残留変位

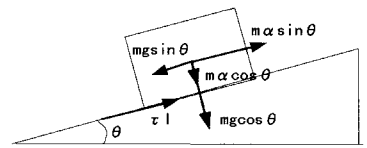


図-6 地盤挙動のモデル化