

小型振動台実験によるしらす地盤の応答特性

八戸工業高等専門学校 学生会員 ○吉田 顕介
八戸工業高等専門学校 正会員 清原 雄康

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災では、青森県田子町や岩手県二戸市において、しらすなど火山灰質土から成る地盤の泥流状崩壊の被害が発生した。このような被害は過去にも発生しており、しらすの地震時応答特性を調べるため、小型振動台を用いた加振実験を行い、模型土槽の境界部の設定や、飽和度が応答に及ぼす影響、破壊形態を把握した。

2. 実験概要

2.1 実験準備

試料土には 4.75mm ふるいを通過した火山灰質土である八戸しらすを用いる。土槽には通常は境界を柔に設定するためにせん断土槽を用いるが、重量が大きく、コストもかかるため、本実験では図 1 に示すように、土槽サイズ 220×800×450[mm] の両端境界部に板やスポンジを挿入して、境界条件を変化させた場合の振動応答実験を行うため、両端を 150mm ずつ控えて土層を作成した。土槽底部より 5cm ずつ試料土を突き固め、最終的に高さ 39cm となるようにした。また、突き固めた土のヤング係数を求めるため、土槽と同じ乾燥密度の供試体を用いての一軸圧縮試験を行った。表 1 に土層の諸元を示す。このヤング係数を元に、本実験の卓越周期（振動数）を一次元振動理論による式(1)(2)にて求めた結果、 $T_n \approx 0.05s(f_n \approx 20\text{Hz})$ となった。この値を参考に加振実験を行った。

表 1 模型土層の諸元

土粒子密度 ρ_s [g/cm ³]	2.58
湿潤密度 ρ_t [g/cm ³]	1.52
乾燥密度 ρ_d [g/cm ³]	1.36
含水比 w [%]	11.4
飽和度 S_r [%]	32.7
間隙比 e	0.893
ヤング係数 E_{50} [kN/m ²]	3901

$$V_s = \sqrt{E/(2\rho(1+\nu))} \cdots (1) \quad T_n = 4H/V_s \cdots (2)$$

ここで、 V_s ：せん断波速度、 E ：模型土層のヤング係数、 ρ ：模型土層の湿潤密度、 ν ：模型土層のポアソン比、 T_n ：模型土層の卓越周期、 H ：模型土層の高さである。

2.2 振動台実験

土槽側方境界に剛な木板を用いたケースとバネ定数 56.3kN/m²の柔なスポンジを用いたケースでの加振実験を行った。さらに、スポンジを用いたケースでは、飽和度を 32.7%（初期）、40%、60%、78.5%と変化させての実験を行い、応答特性の違いを確かめた。また、片振幅は 0.1mm（ひずみ 0.04%）と 0.5mm（ひずみ 0.20%）、振動数は 5Hz、10Hz、15Hz（スポンジのみ）、20Hz と変化させて行った。加速度計は土槽基盤部と土層表層部に設置し、それぞれの加速度挙動の変化や応答倍率を求め、卓越周期の理論値と実験値との比較を行った。最終段階では、片振幅 2.0mm（ひずみ 0.8%）、振動数 15Hz で土層が破壊されるまで加振し、破壊挙動を観察した。

3. 実験結果及び考察

図 2 に振動台の入力波の振動数 15Hz、片振幅 0.5mm、初期飽和度 32.7%、スポンジ境界での、基盤部と表層部の加速度の時系列の例を示す。この条件では、表層部の方が応答加速度が大きくなる事が分かる。

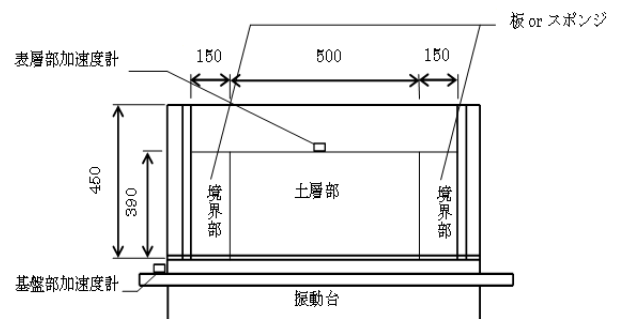


図 1 模型土槽の概略図

図 3 に飽和度 32.7%での基盤振動数に対する地表面加速度

キーワード：小型振動台実験 火山灰質土のしらす 加振時応答

連絡先：〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 16-1 TEL 0178-27-7367

の応答倍率を示す。スポンジ境界では、式(1)、(2)から求まる理論値は 20Hz 付近が卓越振動数であったのに対し、実測では 15Hz 付近で最も応答倍率が高くなった。

図 4 に基盤振動数 15Hz での、飽和度に対する応答倍率を示す。片振幅 0.5mm では、飽和度が低いほど応答倍率が高くなる傾向が見られた。その原因として、飽和度が低いほど地盤の剛性が高くなり減衰効果が薄れたことや、 p_t の変化による土槽の卓越周期との関係などが影響したと考えられる。

写真 1 にスポンジ境界、振幅 2.0mm、振動数 15Hz での加振前と加振後の土槽を示す。間隙水の毛管高さが 136mm から 265mm まで高くなることが確認された。これは、塑性変形を生じるレベルの振動を与えたことで、負のダイレイタンシーが発生し、間隙が収縮し、毛管高さが高くなったためと考えられる。写真 2 に破壊後の土層を示す。これまで確認されている破壊状況とよく似た泥流状破壊挙動を示した。今回使用した火山灰質土のしらすは、不飽和であっても、このような液状化に似た破壊挙動を起こしやすいということが分かった。

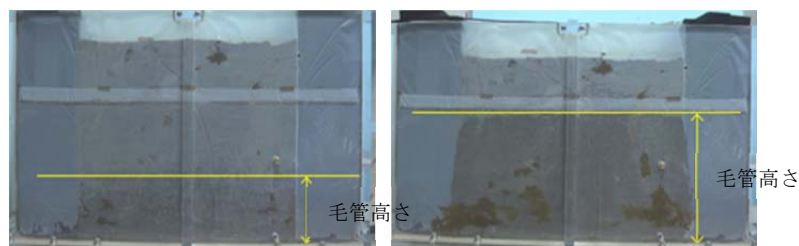
最終的な破壊状況を見ると、使用した試料土の卓越周期付近の強い振動が加わったことにより、過剰間隙水圧が上昇、土層が緩み、破壊に至ったと考えられる。

4. まとめ

基盤加速度に対する表層加速度の応答倍率は、柔なスポンジ境界条件において、卓越周期付近で著しく大きくなる。飽和度が低いと、剛性が高くなる一方で、応答倍率が高い値をとる傾向にあった。柔なスポンジ境界で塑性ひずみレベルの振幅を与えると、泥流状破壊を引き起こすことが確認された。

参考文献

- 1) 石原研而：土質動力学の基礎，鹿島出版会，pp.7-11，1976.
- 2) 吉邑一平，竹村次朗，関 栄：不飽和履歴を受けた砂地盤上の構造物の地震時挙動と振動時間の影響，第 47 回地盤工学研究発表会，pp.679-680，2012.



破壊前
破壊後
写真 1 破壊前と破壊後の間隙水の浸透高さの変化

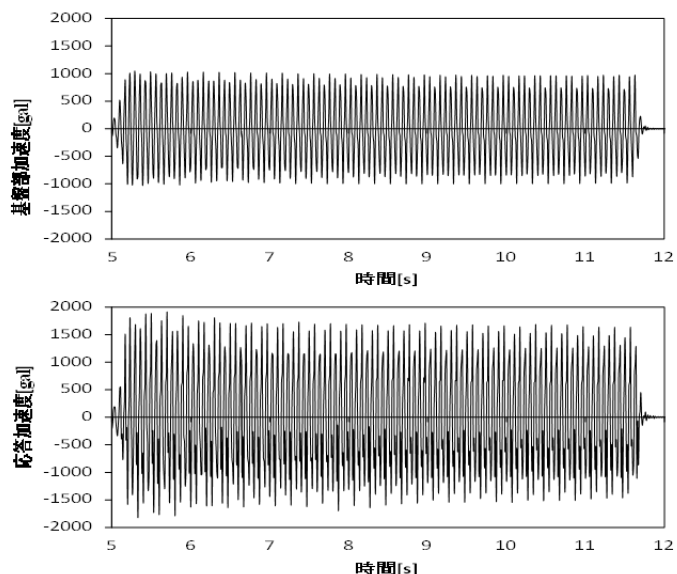


図 2 基盤部と表層部の加速度の一例（15Hz）

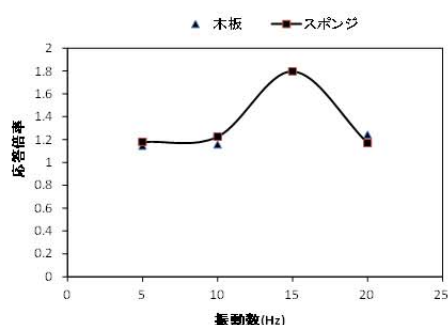


図 3 基盤加速度振動数に対する表層加速度の応答倍

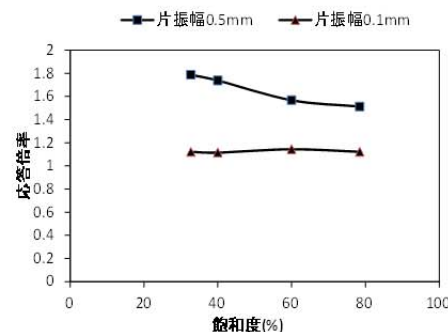


図 4 基盤振動数 15Hz での飽和度に対する応答倍率



写真 2 破壊後の土層