第 部門 水際線に建設された盛土の耐震挙動に関する遠心模型実験と解析

京都大学大学院工学研究科	学生員	金子	聡
京都大学防災研究所	正会員	井合	進
京都大学防災研究所	正会員	飛田君	「男

1.はじめに

盛土構造物は河川堤防、宅地のほか鉄道、道路といった我々が日常的に使うインフラにも広く用いられている。 地震時に盛土構造物が破壊されることによる巨額の費用の損失ならびに便益の損失を最小限に抑えるための対策 を行ううえで地震時の盛土の変形挙動を知ることは重要である。本研究では地震時の盛土の変形挙動を明らかに するため、遠心力場において振動実験を実施した。また多重せん断モデルに基づく有効応力 FEM プログラムを 用いて解析を行い実験結果と比較した。これらの結果を加速度-沈下量曲線としてまとめた。

2. 遠心模型実験の方法

実験には京都大学防災研究所の遠心力載荷装置を使用し、 縮尺 1/50 の模型を用いて 50G の遠心場で行った。模型地盤と 盛土の作成には硅砂 5 号を用い、地盤の条件を緩詰め飽和砂、 密詰め飽和砂の 2 種類として、入力波の振幅を変化させたもの を緩詰めの場合において 5 ケース、密詰めの場合において 4 ケ ース、延べ 9 ケースとした。模型地盤の相対密度は緩詰めの場 合で約 10~20%、密詰めの場合で約 70%である。入力地震波 は大阪府の上町断層の破壊面と破壊速度等を仮定して合成され た地震波を用いて、加速度振幅を変化させて実験を行った。盛 土模型の断面を図-1 に示す。



3. 模型実験結果

加振後の盛土の変形形状の例を図-2(a)、図-3(a)に示す。図-2(a)は下部地盤が緩詰めで約 250Gal 加振 (CASE2)の結果である。盛土の形はわずかに残るものの盛土下や周辺の地盤の完全な液状化により大きく沈下 し、周辺地盤が隆起した。盛土下部の地盤が鉛直方向に圧縮し、水平方向に広がっていることがわかる。図-3 (a)は下部地盤が密詰めで約 250Gal 加振(CASE7)の結果であるが、加振前とほとんど形状は変わっていない。 図-4、図-5 に下部地盤が緩詰めと密詰めの各場合における入力加速度の最大値と盛土天端の沈下量の関係を後 述する解析結果とあわせて示す。図-4 より下部地盤が緩詰めの場合、入力加速度が大きいほど盛土天端の沈下量 は増しており、約 1.5m/s²でグラフが下に凸な形となっていることから、この付近で盛土の沈下量が急に増えるも のと考えられる。また約 3.0m/s² で上に凸な形となっており、一定値に収束していくようである。一方図-5 より 下部地盤が密詰めの場合、入力加速度が大きいほど沈下量は増すが、図-4 に比べて沈下量の値が小さくなった。 4. 有効応力解析結果

解析は多重せん断モデルに基づく 2 次元有効応力法による数値解析プログラムである FLIP (Finite element analysis program for LIquefaction Process)を使用して行った。実験条件と合わせるため、解析寸法を遠心実験で対象とした実物モデルと同一とし、実験で得られた入力波を用いた。パラメータは緩詰め地盤の N 値を 9、密詰め 地盤の N 値を 20 とし、盛土本体の N 値を両場合とも 40 とした。

加振後の盛土の変形形状の例を図-2(b) 図-3(b) に示す。図-2(b) は CASE2 の結果より、盛土が沈下して いるが、その形が残っており、その左側の沈下量がやや大きくなっている。また盛土下の地盤が同図(a) に示 す実験結果よりも深部まで変形している。図-3(b) に示す CASE7 の結果より、天端がわずかに沈下し、地盤も 左右に向かってわずかに変形しているが、ほぼ加振前の形状を保っている。

Satoshi KANEKO, Susumu IAI, Tetsuo TOBITA

図-4、図-5 に最大加速度と盛土天端の沈下量の関係を実験結果とあわせて示す。図-4 より CASE1、4、5 では 実験より過大評価となったが、CASE2、3 では実験より過小評価となった。この相違については過剰間隙水圧の 上昇過程を詳しく検討するなど用いた地盤パラメータの再検討が必要である。一方図-5 より CASE6、7、9 では 実験より沈下量の評価が小さく CASE8 では大きい。CASE8 における過剰間隙水圧比は実験よりもやや大きいこ とから有効応力の減少によりせん断強度が低下し、他のケースと比較して盛土が大きく沈下したものと考えられ る。

5.まとめ

50G場における遠心振動実験と多重せん断モデルに基づく数値解析より次のことがわかった。

- 下部地盤が緩詰めの場合、ある加速度以上で沈下量が急に増加する。加速度がさらに大きくなると沈下量が 一定値に近づく。その値はもともとの盛土高さの約80%であると推定される。また盛土の沈下はその直下の 地盤が水平方向に広がり、鉛直方向に圧縮されることで起こる。
- 2) 下部地盤が密詰めの場合、ある加速度以上で沈下量が緩やかに増加し始める。また盛土の沈下は盛土本体の 崩壊により起こる。
- 3)実験では下部地盤が密詰めの場合、同じ加速度レベルにおける緩詰めの場合の沈下量と比較すると約 2~8% である。よって地震時における盛土の沈下を低減するために下部地盤の締固めが有効である。









図-4 最大加速度と沈下量の関係(緩詰め地盤)



(a)



(b) 図-3 CASE7 における盛土の変形結果



図-5 最大加速度と沈下量の関係(密詰め地盤)