

液状化の発生が盛土構造物の崩壊モードに与える影響に関する研究

東北学院大学工学部 学生会員 成田 光
東北学院大学工学部 正会員 吉田 望

1 はじめに

河川堤防や道路盛土の地震時の崩壊は円弧すべりやNewmarkの方法¹⁾などで検討されてきた。しかし、支持地盤が軟弱であると、側方流動を伴う破壊となる可能性がある。また、盛土の破壊には盛土部分の液状化の影響があり、降雨などで不飽和状態になると崩壊の危険性が増す。

ここでは、盛土の地震時の被害を遠心力载荷実験および数値計算により検討する。対象モデルは盛土と支持地盤および基盤層で構成される土構造物である。盛土は砂質地盤で、その水分状態を降雨後の不飽和状態を想定して設定した。支持地盤は飽和砂質土とセメント改良土の2ケースとし、支持地盤の崩壊に与える影響を検討できるようにした。

2 遠心载荷実験

(1) 構造モデル

盛土は、1994年三陸はるか沖地震で被災した東北本線の鉄道盛土²⁾と同程度の斜面勾配を有する台形形状の構造で、法面角度 30° 、高さ6m、天端幅3mの台形形状である。図1にモデルの断面を示す。モデルは盛土、支持層、基盤層で構成されている。

盛土の支持地盤として、盛土と支持地盤との相互作用を考慮するため、砂質土またはセメント改良土による地盤を作成した。さらに、その下にセメント改良土による基盤層も作成した。支持地盤の厚さは、支持層を含む崩壊形態が生じる可能性を考慮し、6m

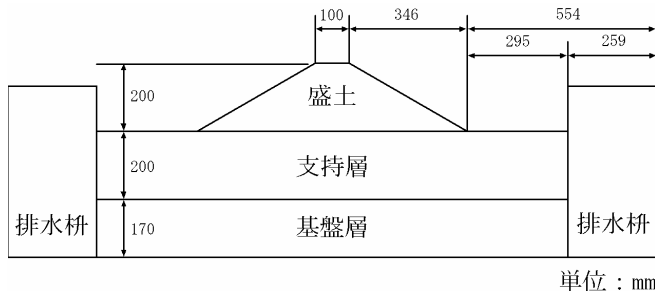


図1 モデル図

とした。実験を30Gの遠心力場で実施することから、相似則に基づき、盛土の高さと天端はそれぞれ200mm、100mmなる。また、支持地盤の厚さは200mm、基盤層の厚さは170mmとした。

(2) 使用材料

盛土には飽和度の変化が考慮できるように、多少の保水性を有する細粒分を付加した砂質土を用いた。すなわち、砂は8号珪砂で、これに細粒分として窯業用カオリン系粘土を重量比9対1程度となるように混入した。支持地盤には、砂質土(7号珪砂)またはセメント改良土を用いた。基盤層にはセメント改良土(7号珪砂+セメント)を用いた。支持地盤の砂質土には7号珪砂を用いた。

(3) 実験方法

支持層が砂質土のケースとセメント改良土のケースの二つを検討の対象とする。以下では、case 1(砂質土支持地盤)、case 2(セメント改良土支持地盤)として引用する。

入力地震動は、2003年宮城県北部の地震の際に鳴瀬川付近で観測された記録のNS成分とする。図2に波形を示す。実験では、まず、小さい地震動やホワイトノイズによる加振も行い、弾性挙動を把握した後、振幅を調整した地震動を振幅を次第に大きくしながら数ケースの加振を行った。ここで示すのはその最後のシリーズの結果である。

(4) 実験結果

図3に試験前にセットしたきしめんやターゲットの変位および加振後のトレンチ掘削で得られた、加

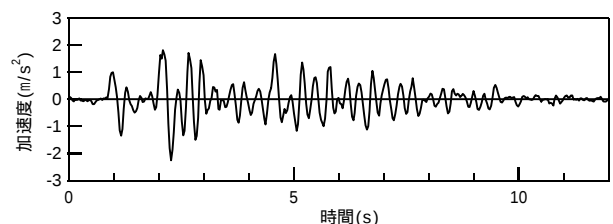


図2 加速度時刻歴

キーワード：遠心模型実験、盛土、不飽和

〒985-8537 多賀城市中央 1-13-1

振後の盛土の最終断面性状を示す。case 1 では最大加速度約 1.0m/s^2 の 1 回目加震中に盛土天端や法面に亀裂が生じ、すべり破壊が生じた。盛土は天端で約 75cm 沈下し、法面で約 150 ~ 300cm 側方に広がっている。特に左側の法面では加震後にゆっくりとしたすべり破壊が生じ、加震前の形状をほとんど留めていない。case 2 では天端が丸くなり、法面にすべり破壊を生じた。盛土は case 1 と同様に天端で約 75cm 沈下し、法面は約 150 から 300mm 側方に広がっている。

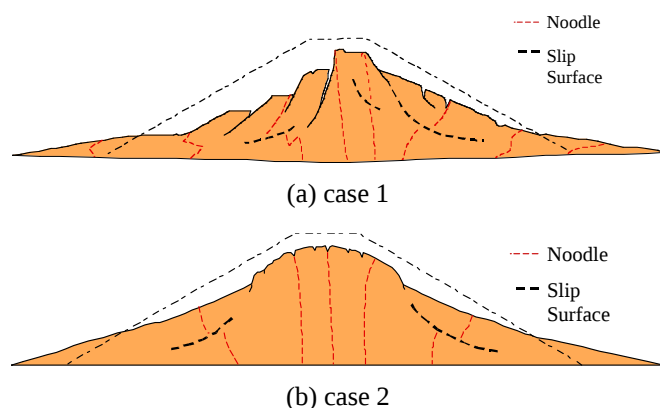
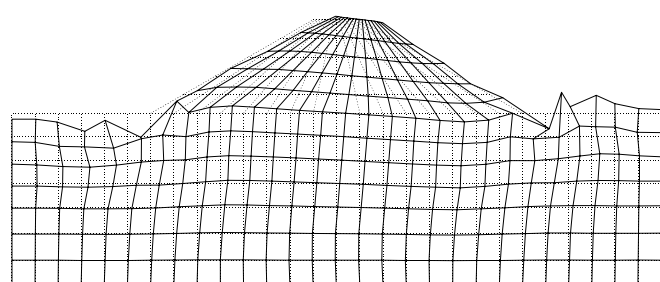


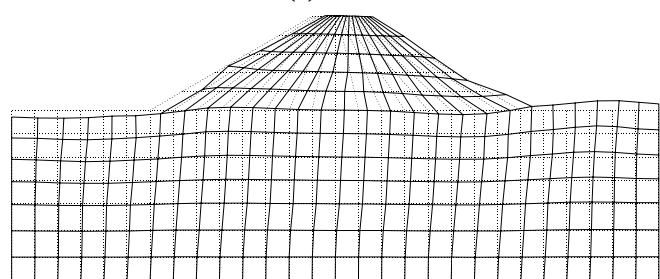
図 3 盛土の最終変状状態

表 1 材料定数

	盛土	支持地盤	基盤
ポアソン比	0.25	0.25	0.25
せん断弾性係数 (MN/m^2)	34.7	73.2	23.7
内部摩擦角 (度)	32.6	37.7	37.3



(a) case 1



(b) case 2

図 4 地震後の変形

case 1 ほどではないが、case 2 も加震前の形状をあまり留めていない。

3 有効応力地震応答解析

解析は、有効応力に基づく汎用プログラム STADAS³⁾を用いて行った。構成モデルは、せん断変形に関しては、Duncan-Chang を改良したモデル⁴⁾、ダイレイタンスはボウルモデル⁵⁾を用いた。計算に必要な諸量で計測されていないものは、相対密度より Meyerhof の式⁶⁾により N 値を求め、これより各種の実験式を用いて設定した。

表 1 に解析に用いた材料定数を示す。なお、液状化強度は、道路橋示方書に基づき R_{20} を求め、Seed ら⁷⁾の有効繰返し数と液状化強度の関係を用いて R_5 を求め、両者にフィットする様にパラメータの値を求めた。なお、盛土は不飽和地盤であることから液状化強度はかなり高いと考えるが、考慮しなかった。

図 4 に解析の結果得られた地震終了後の変形を示す。なお、図 3 は加振後の変形を含んでいるが、図 4 は含んでいない。

case 1 では盛土が側方に移動しようとしている状況は再現できているが、沈下量はかなり小さい。一方、case 2 でも側方流動の傾向は伺えるが、これも沈下量はかなり小さい。

4 まとめ

盛土の不飽和液状化、支持地盤の違いに着目し、盛土の地震時挙動を実験と解析で求めた。両方で、支持地盤が軟弱な方が盛土の側方流動が大きくなった。なお、解析では定性的な傾向を表現できたが、変位量は小さかった。

参考文献

- 1) Newmark, N. M. (1965): Effects of Earthquakes on Dams and Embankments, Geotechnique, Vol. 15, No. 2, pp. 139-160.
- 2) 地盤工学会三陸はるか沖地震災害調査委員会 (1996): 平成 6 年 (1994 年) 三陸はるか沖地震災害調査報告書, 261pp.
- 3) Yoshida, N. (1993): STADAS, A computer program for static and dynamic analysis of ground and soil-structure interaction problems, Report, Soil Dynamics Group, The University of British Columbia, Vancouver, Canada
- 4) 吉田望, 辻野修一 (1993): 多次元解析に用いる簡易な構成則, 第 28 回土質工学研究発表会平成 5 年度発表講演集, pp. 1221-1224
- 5) 福武毅芳, 大槻明 (1993): ALISS による解析, 地盤の液状化対策に関するシンポジウム, 土質工学会, pp. 125-134
- 6) Meyerhof, G. G. (1957): Discussion, Proc. 4th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 3, p. 110
- 7) Seed, H. B., Idriss, I. M. and Arango, I. (1981): Evaluation of liquefaction potential using field performance data, J. of GT, Vol. 109, No. 3, pp. 458-482