

京都大学 防災研究所

後藤浩之

#### 謝辞

本研究は,関西エネルギー・リサイクル化学研究振興財団2019年度試験研究助成の 支援を受けて実施しました.また本研究の実施にあたり原田陽弓さんに協力を頂き ました.ここに感謝申し上げます.



• 人工的に土を盛って造られたもの

## 天保山

江戸時代,安治川の開削により堆積した土砂を 浚渫した際に捨て土を盛ったもの





エンジニアリングされた盛土





エンジニアリングされていないもの...

熱海市土石流災害被害状況(2021年7月) https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/aas-disaster-20210706 撮影: ©アジア航測(株)・朝日航洋(株)





・ 典型的な盛土の地震被害(2016年熊本地震における秋津川左岸の被害事例)



先行研究

- ・盛土に発生するクラックについて幾つかの研究事例があるが、その要因は明確でない
  - Q. 発生箇所は 上(天端)から?下(底部)から?
  - Q. 発生メカニズムは?



- \*1 Adalier, et al.(1998) Foundation Liquefaction Countermeasures for earth embankments, J.Geotech. Geoenviron. Eng., 124(6), 500-517.
- \*2 Maharajan and Takahashi(2014) Liquefaction-induced deformation of earthen embankments on non-homogeneous soil deposits under sequential ground motions, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 113-124.
- \*3 新保泰輝, 矢富盟祥 (2014) 亀裂進展解析を用いた河川堤防盛土の分離破壊に関する研究, 第26回 中部地盤工学シンポジウム概要集.





 ・盛土に生じる開ロクラックの発生位置とその発生メカニズムについて 遠心模型実験により実証的に検討する

### 遠心載荷装置

遠心加速度により 実試験体と同等の荷重をかける装置







### ・ 盛土: カオリン粘土:珪砂8号 質量比1:9の混合土 冷凍し実験直前に地盤の上に設置









- ・ 盛土:
   カオリン粘土:珪砂8号 質量比1:9の混合土
   冷凍し実験直前に地盤の上に設置
- ・地盤:
   ・珪砂7号.空中落下法により作製し着色メトローズにより飽和
- Model 1 基礎地盤厚 1.5m
- Model 2 基礎地盤厚 3.0m
- Model 3 基礎地盤厚 3.0m + 透水層

(実スケール)







### • 計測項目

- ✓加速度 <加速度計>
- ✓ 鉛直変位 <レーザー変位計>
- ✓間隙水圧 <間隙水圧計>
- ✓ 水平変位 < <u>画像解析</u> >







実験手順

- 遠心載荷装置の振動台に模型を設置
- ・遠心載荷装置を起動して回転数を上げ,遠心力による50G場を表現する
- 実験の実施
  - 小振幅のホワイトノイズで加振
  - 正弦波による加振 破壊に至らない場合は振幅を増やしてさらに加振

	入力加速度振幅
Model 1	10gal, 80gal, 300gal
Model 2	15gal, 100gal, 300gal

- 盛土にクラックの発生が認められた時点で実験を終了
- ・ 遠心載荷装置の回転数を下げ,装置を停止する





 実験前の試験体 と 実験後に取り出した試験体を比較すると, Model 1とModel 2はいずれも 天端(上)からクラックが生じている





## 天端からクラック発生,底部へ進展



実験結果(Model 2)

- 地盤は液状化
- 液状化後に天端が徐々に沈下
- ・ クラックの発生は7秒頃





- 高速度カメラで撮影した動画を使用
- 盛土に描いた格子と地盤のターゲットについて移動量を追跡



ターゲットで構成される矩形メッシュ毎にひずみを算出



# 画像解析による水平ひずみ (Model 2)

- 地盤が左右に水平に伸びていることがわかる(液状化による側方流動)
- ・画像解析によりクラック発生要素(天端)と底部のひずみを比較したところ,
   クラック発生までのひずみはほぼ等しい

### 天端付近と底部で材料強度が異なる

- 1. 底部の水によりクラック発生 が抑制された?
- 2. 拘束圧の違い?



実験結果(Model 3)

・透水層により底面からのクラック発生を抑制しないモデル
 →しかし、天端からクラックが発生した





# 画像解析による水平ひずみ

 ・画像解析によりクラック発生要素(天端)と底部のひずみを比較したところ, Model 2と同様にクラック発生までにほぼ違いは見られない



拘束圧による破壊モードの違い

 一般に土は、上載圧により破壊強度が異なる (例)モール・クーロンの破壊基準

水平に一様に引張応力が生じるとき

- ・ 低上載圧下では、引張強度  $f_t$  により破壊が規定される
- 高上載圧下では, 主働土圧 により破壊が規定され, 引張強度に達することができない

天端(上)からクラックが発生することが説明できる



## 本研究で得られた成果

- 複数の試験体を用いて遠心載荷実験を実施したところ、いずれも天端からクラックが発生した。
- ・ 地盤は液状化し, その側方流動により盛土全体に水平引張ひずみが生じる
- 天端と底部で同程度の水平引張ひずみが生じるが, 上載圧が小さい天端はからクラックが発生したと考えられる
- この事実は単純な力学モデルで説明することが可能である

