

岩ずり埋立地盤における物性の空間的なばらつきの影響に関する遠心力模型実験の数値解析

東電設計 正会員 ○兵頭 順一, 岡村 郁耶
電力中央研究所 正会員 石丸 真, 沢津橋 雅裕
九州電力 徳永 仁志

1. はじめに

原子力発電所の耐震性評価は、液状化強度のばらつきを考慮して検討を行うことが多い。液状化強度試験の数量が少ない場合、液状化強度試験の下限值を用いた評価が行われる場合もあるが、液状化強度の下限值を用いた数値解析では、現地の地震時応答を適切に評価することが困難な可能性がある。本研究では、液状化地盤物性のばらつきの影響程度を把握し、合理的な液状化影響評価の確立を目的として、岩ずり¹⁾の遠心力模型実験²⁾を対象に、ひずみ空間多重せん断モデル³⁾による有効応力解析を行った。

2. 解析条件

解析では、盛土を支持する岩ずり埋立地盤の遠心力模型実験²⁾を対象とした。解析ケースと解析モデルを表1、図1,2に示す。解析モデルの境界条件は側方周期境界、底面を固定境界とし、地下水位には間隙水圧 $p=0$ 境界を設けた。遠心力模型実験において、岩ずりは図3に示す「一般部」と「弱部」の2種類を用いており、解析ケース c,d の2種類の弱部配置（混在比率はいずれも一般部 7：弱部 3）で実施されている。解析における入力地震動は、各実験の模型底面の加速度（実験ケース 1 の最大加速度：水平 10.87m/s^2 、実験ケース 2 の最大加速度：水平 8.70m/s^2 ）を用いた（図4）。岩ずりはひずみ空間多重せん断モデルのカクテルグラスモデル要素³⁾を用いてモデル化し、地盤物性値は室内試験結果¹⁾に基づいて設定した⁴⁾。また、液状化による体積収縮特性は、収縮的ダイレタンス ε_{dc} を排水後の体積ひずみ ε_v に合わせるように設定した。図3に岩ずり一般部と弱部の要素シミュレーション結果（圧密圧力 100kN/m^2 ）を示す。なお、加重平均物性とは、岩ずりの混在比率に基づいて一般部と弱部の室内試験結果を重み付けで平均化した物性値である。

3. 解析結果

解析ケース c-1（地盤条件：ケース c、入力地震動：実験ケース 1）の解析結果を図5,6に示す。盛土天端（右端部）の鉛直変位（図5）は、加振中は実験結果を良好に再現しているが、加振後は実験で変位が停止する一方で、解析は水圧消散に伴い沈下が進行する点に差異が見られた。なお、自由地盤部の過剰間隙水圧（図6）は、実験結果よりもやや小さいがほぼ同様な傾向を示した。主要動後および過剰間隙水圧消散後の各ケースの盛土天端の沈下量を図7に示す。なお、ケース a-1 と a-2 の違いは、入力地震動の違いである（-1 は実験ケース 1、-2 は実験ケース 2 の入力地震動）。過剰間隙水圧消散後の盛土沈下量については以下の結果となった。

- ・ケース a（弱部の均質地盤）は、実験結果より 2 倍以上大きくなり、過度に保守的な評価であった。
- ・ケース b（一般部の均質地盤）は、実験結果より約 10% 小さくなった。
- ・ケース c, d（実験の弱部配置）とケース e（仮想の弱部配置）は、実験結果より 20~30% 程度大きくなった。
- ・ケース f（加重平均物性）は、実験結果より 10~20% 程度大きくなった（主要動後は実験より小さい）。
- ・ケース g（加重平均物性- 1σ ）は、実験結果より 30~40% 程度大きくなった（主要動後も実験より大きい）。

4. まとめ

盛土を支持する岩ずり地盤の遠心力模型実験を対象として、弱部配置の影響について検討した。数値解析において、弱部配置の違いが盛土の沈下量に与える影響は軽微であった。また、弱部の混在比率に基づくケース f（加重平均物性）では、実験の沈下量を概ね再現できた。ケース g（加重平均物性- 1σ ）は、主要動後も含めて保守的な評価が可能であり、設計上必要な保守性を含んだパラメータ設定となっていることがわかった。

キーワード 岩ずり, 液状化, 有効応力解析, 沈下

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1 丁目 7 番 12 号 KDX 豊洲グランスクエア 9F 東電設計(株) TEL 03-6372-5530

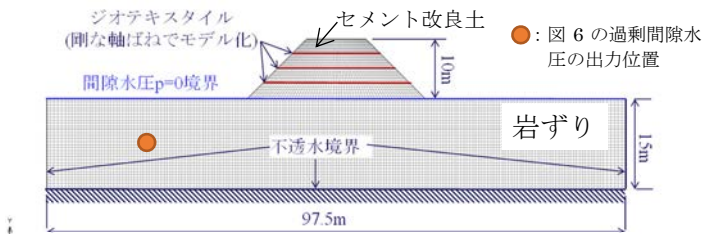


図1 盛土を支持する岩ずり地盤の解析モデル

表1 解析ケース一覧

ケース	内容
a	岩ずり弱部の均質地盤
b	岩ずり一般部の均質地盤
c	弱部配置1 (実験ケース1)
d	弱部配置2 (実験ケース2)
e	弱部配置3 (仮想的な配置)
f	加重平均物性の均質地盤
g	加重平均物性-1 σ (標準偏差) の均質地盤

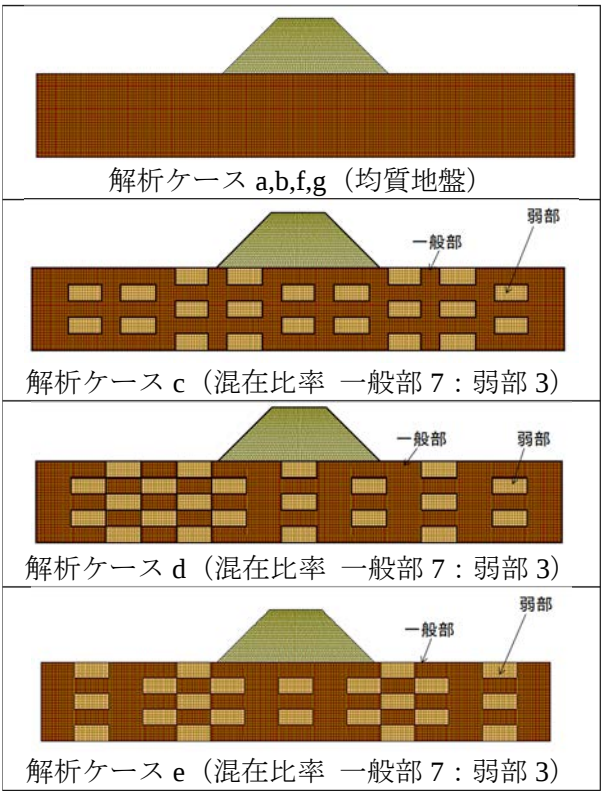
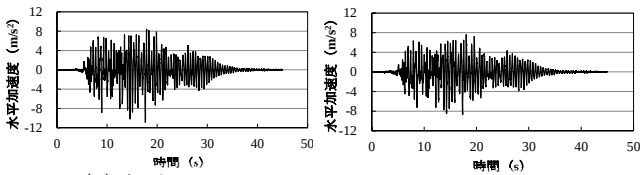


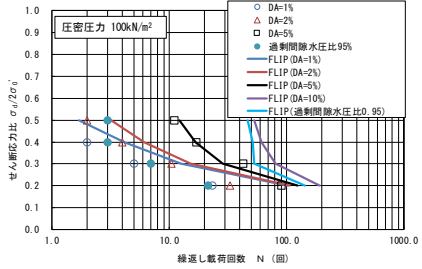
図2 解析モデルにおける弱部配置



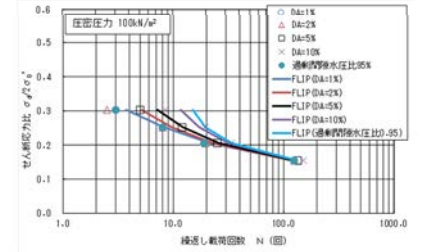
(a)実験ケース1

(b)実験ケース2

図4 入力地震動



(a) 岩ずり一般部



(b) 岩ずり弱部

図3 岩ずりの要素シミュレーション結果

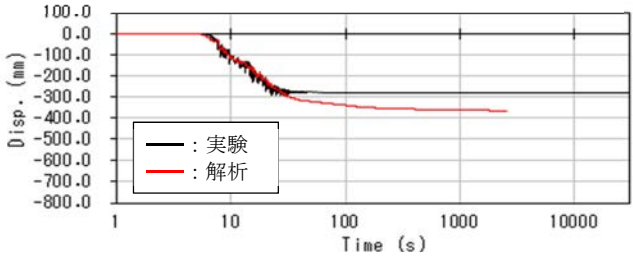


図5 盛土天端の鉛直変位 (ケース c-1)

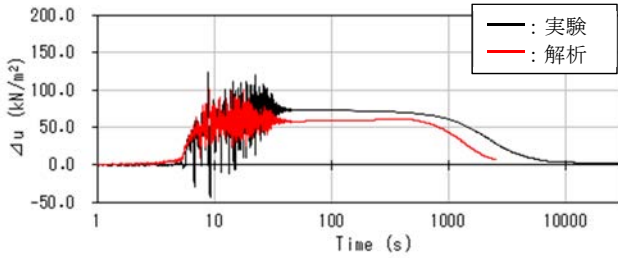


図6 GL-7.5m の過剰間隙水圧 (ケース c-1)

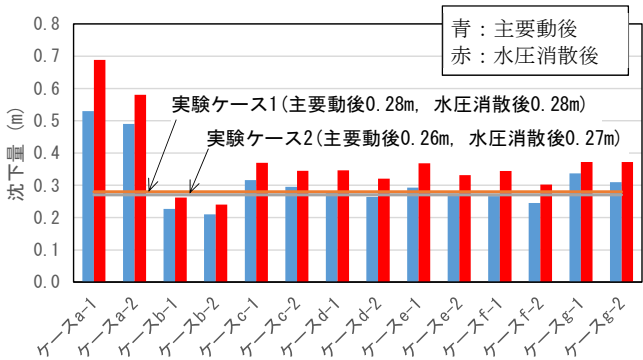


図7 盛土天端の沈下量 (右端部)

謝辞 本論文は、2021～2023 年度原子力リスク研究センター持ち寄り共通研究（北海道電力，東北電力，東京電力 HD，中部電力，北陸電力，中国電力，四国電力，九州電力，日本原子力発電，電源開発，日本原燃）によって得られた成果である。

参考文献

- 1) 沢津橋他：岩ずり埋立地盤の液状化物性の空間的なばらつきの影響評価に関する室内要素試験，土木学会第 77 回年次学術講演会，2022。
- 2) 高田他：岩ずり埋立地盤の液状化物性の空間的なばらつきの影響評価に関する遠心力模型実験，土木学会第 77 回年次学術講演会，2022。
- 3) Iai, S., Tobita, T., Ozutsumi, O. and Ueda, K. (2011) : Dilatancy of granular materials in a strain space multiple mechanism model, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol.35, No.3, pp.360-392.
- 4) 兵頭他：FLIP カクテルグラスモデルによる岩ずり埋立地盤の地震時挙動を対象とした遠心力模型実験の数値解析，土木学会第 76 回年次学術講演会，2021。