

# 被圧地下水の影響下の地盤流動解析におけるメッシュ依存性の検討

一井康二\*・村田宗一郎\*\*

## 1. 研究の目的

地震による液状化や被圧地下水の影響による地盤流動の解析において、1次元に簡略化したモデルがよく用いられている。しかし、1次元の地盤モデルでは、要素の大変形に伴う正のダイレイタンス効果により流動速度が急減速するなど、解析が不安定になる場合がある。そこで、地盤物性の不均質性を考慮できる程度の2次元モデルを用いた場合、要素挙動の急変による解析の不安定性などをどの程度まで低減できるかを検討した。

## 2. 研究の方法

本検討では、2次元有効応力解析プログラム FLIP-ROSE<sup>1)</sup>を用いて解析を行った。図-1に検討対象としたインドネシアのスラウェシ島 Jono-Oge 地区のボーリング調査の概略<sup>2)</sup>とそれに基づいて作成した有限要素モデル(1次元モデル)を示す。メッシュサイズは、深さ0mから-2.7mはボーリング調査の土層境界から決定し、-2.7m以深は1mごと、一番下の要素は0.5mとした。また、解析を簡単にするために、幅と奥行は共に1mとした。そのため、今回作成した1次元の有限要素モデルの節点数は26、要素数は24である。解析モデルはシルト層、砂層共に液状化層として、カクテルグラスモデル要素と間隙水要素を用いてモデル化した。

斜面の傾斜を再現するために、傾斜角 $\theta$ (本検討では $2^\circ$ )に応じた重力加速度を各要素に与えた。また、下方境界は剛基盤とし、各要素の両端の節点を多点拘束して斜面下流方向への流動を再現した。多点拘束とは、異なる節点の挙動を同じにすることである。本検討では、同じ高さにある節点のx方向の変位を同じものとした。

また、1次元モデルを2次元に拡張したモデルも作成した。この2次元モデルでは、1次元モデルが横方向に3列分連結したような形となっている。そして、1次元モデルと比較する形で、面的な物性値のばらつきを考慮した2次元モデルの解析を実施した。解析のイメージを図-2に示す。平均的な物性値の値を変えずに、3列の要素の両側と中央の値を変えて、様々な種類の物性値に対して、 $\pm 5\%$ のばらつきと、 $\pm 20\%$ のばらつきを与えた場合の結果を比較した。

## 3. 得られた成果

物性値の平面的なばらつきを考慮した2次元解析の実施に先立ち、ばらつきがない状態で、1次元解析と2次元解析を比較した。図-3に地表面変位の比較を示す。サイクリックモビリティによる過剰間隙水圧の変動や有効応力の変動に若干の差異はみられるものの、概ね同等の結果となっており、地表面の変位量に違いはない。

次に、2次元解析において、初期せん断剛性をばらつかせた場合の地表面変位の比較を図-4に示す。大きな違いはない。透水係数をばらつかせた場合も同様であった。

一方で、内部摩擦角をばらつかせた場合の地表面変位の比較を図-5に示す。内部摩擦角にばらつきがあると、変形量が小さくなる。これは、有効応力の変動が激しくなるからであると考えられた。

以上から、1次元の簡略化モデルと同じ物性を用いた2次元モデルでは解析結果に有意な差はないこと、さらに、内部摩擦角を除けば物性に平面的なばらつきがあっても平均値を用いた解析で問題がないと考えられることがわかった。しかし、内部摩擦角の平面的なばらつきに関しては、ばらつきを考慮したほうが水圧変動が激しくなる要素が生じ、変形量が小さくなる傾向にあることが分かった。

## 発表論文

村田宗一郎、一井康二：地盤の不均質性を考慮した被圧地下水流入時の地盤流動解析、第43回地震工学研究発表会、土木学会地震工学委員会、2023年。

\*関西大学・教授、\*\*同・(前)大学院生

参考文献

- 1) Iai S., Tobita T., Ozutsumi O., Ueda K. : Dilatancy of granular materials in a strain space multiple mechanism model, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, Vol. 35, pp. 360-392, 2011.
- 2) 独立行政法人国際協力機構: <https://www.jica.go.jp/index.html>, (最終閲覧日: 2022年1月13日).

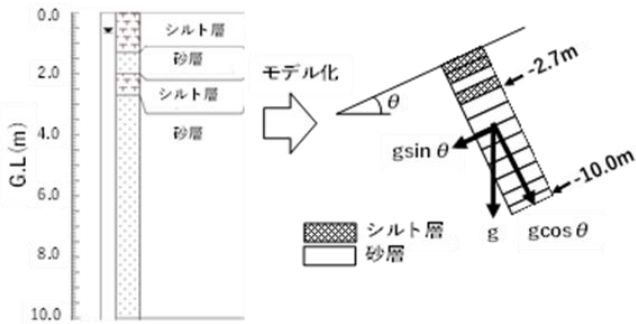


図-1 流動地盤のモデル化の概要

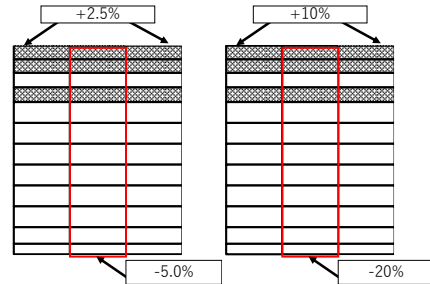
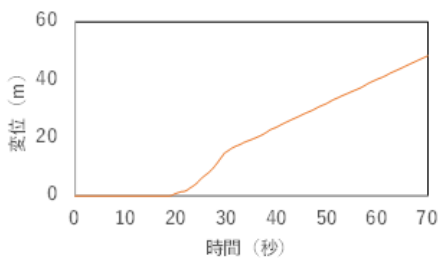
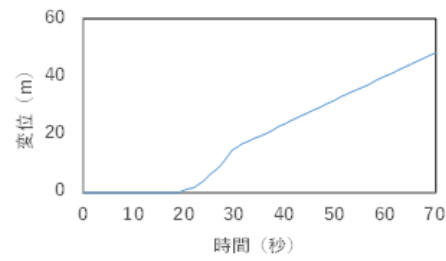


図-2 2次元モデルにおける物性のばらつき



1次元モデル



2次元モデル

図-3 1次元モデルと2次元モデル(均質地盤)における地表面変位の比較

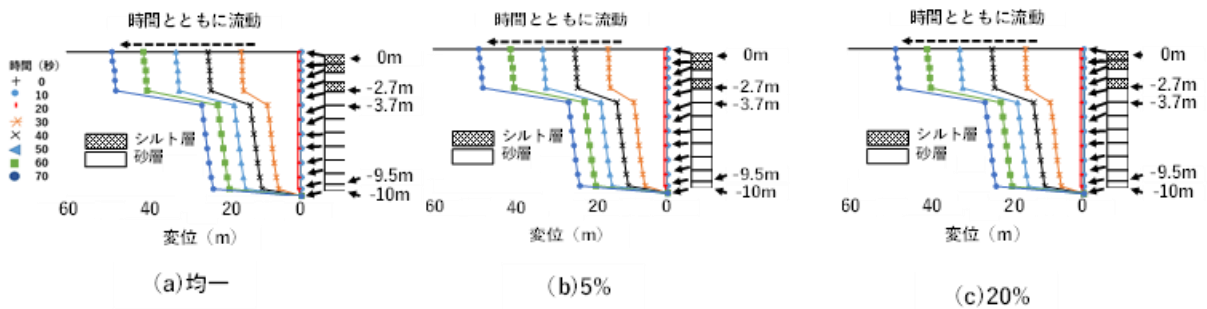


図-4 せん断剛性のばらつきの程度と地盤変位の比較

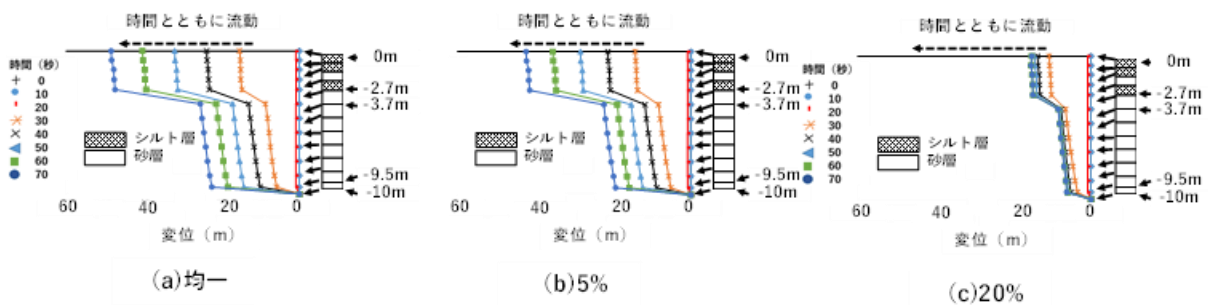


図-5 内部摩擦角のばらつきの程度と地盤変位の比較