

スラスト力を受ける二条埋設管路の挙動に関する個別要素法解析 Discrete Element Analysis for Behavior of Twin Buried Pipelines Subjected to Thrust Forces

○井上優佑* 太田遥子** 園田悠介* 澤田 豊* 河端俊典***

Yusuke Inoue, Yoko Ohta, Yusuke Sonoda, Yutaka Sawada and Toshinori Kawabata

1. はじめに

二条で埋設された管路がスラスト力を受ける場合、各管が有する抵抗力は単独埋設時のそれよりも小さくなることがわかっている¹⁾。しかしながら、抵抗力が低下するメカニズムについては明らかになっていない。また、スラスト力を受ける埋設管について数値解析が実施されているが、二条埋設条件での解析は数少ない²⁾。本研究では、スラスト力作用下における二条埋設管の設計に資する知見を得ることを目的に2次元個別要素法(以下、DEMと呼ぶ)解析を実施し、二条埋設管の相互作用を検討した。

2. 実験概要

Fig. 1 に解析モデルおよび解析ケースを示す。パイプは36角形トラス構造で模擬したφ100の剛性パイプである。地盤は幅1.3mの境界に約24000個の要素を基床厚0.15mおよび土被り0.1mとなるように充填することにより作製した。また、単独管のケースを1通り、二条埋設管で間隔を変えたケースを4通り実施した。**Table 1** に解析に用いた地盤要素のパラメータを示す。地盤要素のパラメータは、単独管で実施した水平載荷実験結果にフィッティングするように決定した。

本解析では、地盤要素の充填完了後、パイプモデルを5mm/secで右方向に強制変位させ、パイプに作用する水平抵抗力、粒子の移動量、周辺地盤要素の法線方向接触力について検討した。本研究では特に、抵抗力の大きな低下が予測される左側の管(以下、Pipe αという)に着目し、解析を行った。

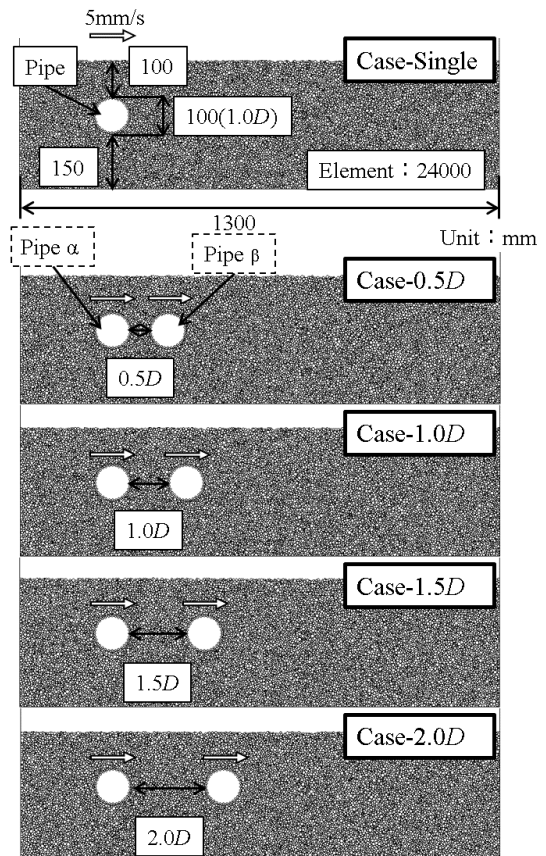


Fig. 1 : 解析モデルおよび解析ケース
Analytical Model and Cases

Table 1 : DEM 解析に用いたパラメータ
Parameters for DEM

平均粒径(m)	2.0×10^{-3}
均等係数	2.23
要素密度(kg/m^3)	2.4×10^3
法線方向バネ係数(N/m)	1.00×10^7
接線方向バネ係数(N/m)	2.75×10^5
法線方向粘性係数(N/m)	2.50×10^5
接線方向粘性係数(N/m)	1.04×10^{-3}
要素間摩擦角(deg.)	30
転がり摩擦角(deg.)	26

*神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

**山口大学大学院創成科学研究科 Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University

***神戸大学 Kobe University キーワード: 個別要素法, 埋設管, スラスト力

3. 解析結果および考察

Fig. 2 に水平変位と水平抵抗力の関係を示す。二条埋設管のケースは Case-Single に比べて、抵抗力が小さいことがわかる。特に Case-0.5D は Case-2.0D のおよそ半分の最大抵抗力が発生し、二条埋設管でも間隔が小さいほど、最大抵抗力が小さくなることがわかる。つまり、左側の管（以下、Pipe β と呼ぶ）が水平方向に変位することで、Pipe α の受働側に疎な領域が生じ、抵抗力が十分に発揮されないと考えられる。

Fig. 3 に粒子の移動量を示す。Case-2.0D では Pipe β に近い側の下半分にある粒子の移動量の小さい範囲と Pipe α の右斜め上に移動する範囲が大きい。一方で、Case-0.5D では管路間の地盤は概ねほぼ水平方向に 9 mm 以上移動している。このことから、管路間の距離が小さい場合、管路間の地盤は管頂・管底高さで局部的にせん断されることがわかる。

Fig. 4 に粒子間接触力分布を示す。Case-2.0D では管側方部から Pipe β の下方まで大きい範囲に接触力が広がる。一方、Case-0.5D では Pipe α の管芯位置付近での接触力が発生していない。これが Fig. 2 で示す抵抗力の差として顕れたと考えられる。

4. おわりに

本研究では、スラスト力の働く二条埋設管の詳細な挙動を解明すべく 2次元 DEM 解析を行った。二条埋設管は単独管と比べて抵抗力が小さく、特に間隔が小さい場合、その傾向が顕著であることがわかった。管頂・管底高さでの局部的なせん断が生じることで、管芯位置付近での反力が十分に得られないことが要因として示された。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 JP20H00441 の助成を受けたものです。

引用文献: 1) 井上ら (2023) : スラスト力を受ける二条埋設管路の模型実験, 第 80 回農業農村工学会京都支部研究発表会要旨集, 162-163,

2) 王ら (2022) : 平成 30 年北海道胆振東部地震で被災した厚幌導水路の曲管部挙動, 農業農村工学会論文集, 314, 83-91

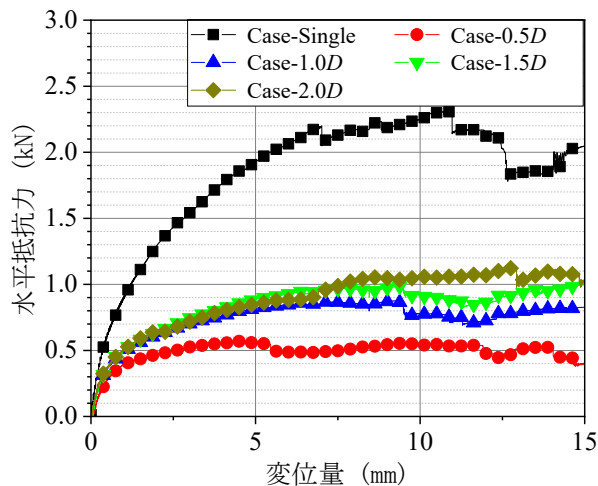


Fig. 2 : 水平変位量と水平抵抗力の関係
Force-Displacement Curves

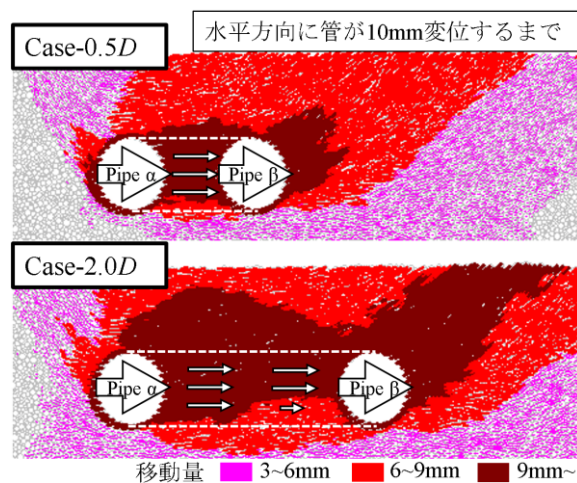


Fig. 3 : 粒子の移動量
Particle Displacements

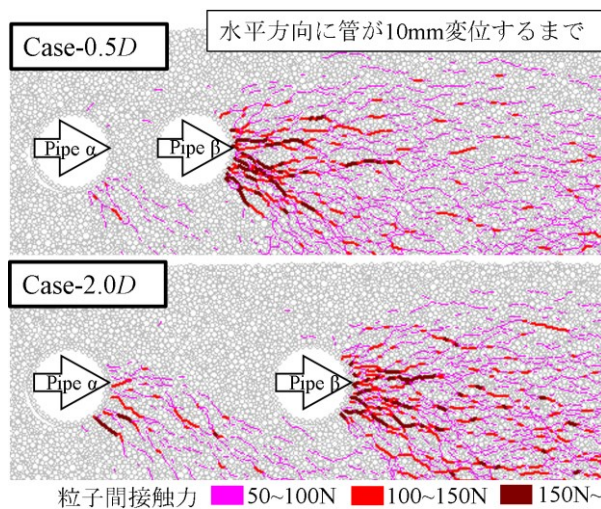


Fig. 4 : 粒子間接触力分布
Contact Forces Between Particles