

管口径が地盤のせん断変形を受ける埋設管の挙動に及ぼす影響 The Effect of Pipe Diameter on Behavior for Buried Pipe Subjected to Ground Shear Deformation

○岩崎善之*・河端俊典*・園田悠介**・甲賀洋輔**

Yoshiyuki IWSAKI, Toshinori KAWABATA, Yusuke SONODA and Yosuke KOHGA

1. はじめに

地震時における埋設管の挙動は、地盤と埋設管との動的相互作用によって支配されると考えられている。

本研究では、DEM 解析を用いて乾燥地盤の中心に口径の異なる剛性管を埋設し、地盤をせん断変形させるシミュレーションを行った。埋設管に作用する土圧および地盤粒子の変位から、地盤がせん断変位を受けた時の管口径の違いによるその挙動への影響を検討した。

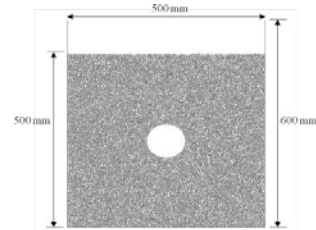


Fig.1 解析モデル
Analytical model

2. 解析概要

Fig.1 に解析モデル、Table 1 に解析に用いたパラメータを示す。埋設管は微小粒子 40 個をバネで連結した多角形モデルを用い、たわみが生じない剛な構造とした。繰返し単純せん断は、振動数 0.5Hz のサイン波で水平変位させ、地盤に±10%のせん断ひずみを与えるものとした。初期状態から左右にせん断し、再び初期状態の位置に戻るまでを 1 サイクルとして、計 10 サイクル行った。

解析ケースは口径の異なる 5 ケースとした。Case-1 では、地盤の平均粒径と等しい 5mm とし。Case-2~Case-5 では、それぞれ 50mm, 100mm, 150mm, 200mm の口径の管を配置した。なお、全てのモデルにおいて、埋設管の見かけ密度と地盤粒子の密度は等しい状態に設定している。

3. 解析結果

Fig.2 に Case-1 および Case-5 の埋設管の軌跡を示す。どちらも浮上と沈下を繰り返しながら変位していることが確認できる。Fig.3 に埋設管の鉛直変位の時間変化を示す。全ケースにおいて、地盤にせん断変形が繰返し作用することにより、鉛直上方への変位を蓄積している。最終的な浮上量を比較すると、Case-5 の浮上量が最も大きくなっており、管口径が大きいほど浮上量も大きくなっていることがわかる。

4. 挙動メカニズムの検討

Fig.4 に 10.5 秒後の Case-2 および Case-5 の地盤内接触力分布図、Fig.5 に埋設管に作用する垂直方向土圧分布を示す。なお、開始から 10.5 秒後には境界の上端要素は右端にある。

Table 1 解析パラメータ
Parameters used in analysis

Parameters used in analysis	
平均粒径 (m)	0.005
均等係数	1.50
要素密度 (kg/m ³)	2100
法線バネ係数 (N/m)	8.00×10^7
接線バネ係数 (N/m)	2.00×10^6
法線方向粘性係数 (N·sec./m)	6.06×10^2
接線方向粘性係数 (N·sec./m)	2.30×10^{-3}
要素間摩擦角 (deg.)	25.0

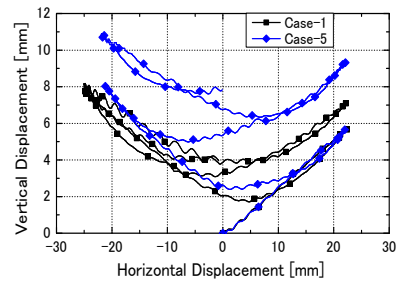


Fig.2 埋設管の軌跡(0 秒~4 秒)
Displacement path of the buried structure

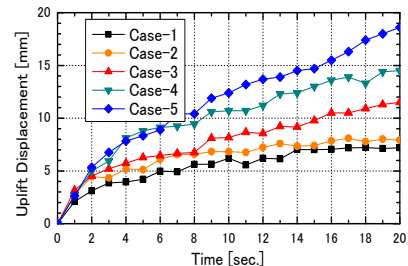


Fig.3 埋設管の鉛直変位
Variation of uplift displacement with time

*神戸大学農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University **神戸大学農学部 Faculty of Agriculture, Kobe University キーワード：埋設管・せん断変形・個別要素法

どちらのケースにおいても、右下部から左上部にかけて大きな接触力が発生しており、それが埋設管に土圧として作用していることが確認できる。これは平行四辺形状に変形した地盤において、短くなった対角線上に圧縮力がはたらくためである。Case-2 においては管上部にも接触力が分布している一方、Case-5 では埋設管の右下部および左上部に大きな接触力が集中しており、埋設管上方の地盤には接触力がほとんど発生していない。これは口径が大きい場合、地盤下部から上部への接触力の伝達が抑制されたためであると考えられる。その結果、土圧による上向きの力によって地盤上部へと管が押し出されたことが示唆される。

Fig.6 に Case-2 と Case-5 の埋設管に対する周辺地盤の相対変位図（初期状態から解析終了時）を示す。埋設管の口径が小さいケースにおいては、周辺地盤の相対変位量が小さくなっている。しかしながら、埋設管の口径が大きいケースでは、周辺地盤が埋設管下部へと回り込み変位していることが確認できる。周辺地盤が管下部へ回り込み変位することで、沈下が抑制され、結果的に浮上量の蓄積がより大きくなっていくものと考えられる。Fig.2 においても、Case-5 の方が浮上量に対しての沈下量がCase-1 に比べて小さいことが確認できる。

5. まとめ

口径の異なる管を埋設した地盤の繰返しせん断の DEM 解析により、以下の知見が得られた。

- 地盤が繰返しせん断変形を受けると、口径の大きい埋設管ほど最終的な浮上量が大きい。
- 地盤のせん断変形時に埋設管に大きな斜め方向の土圧が作用し、上方へと押し出される。
- 口径の大きい埋設管ほど周辺地盤の回り込み変位量が大きくなり、それにより管の沈下が妨げられ、より大きな浮上量となる。

謝辞：DEM 解析には、京都大学澤田純男教授が開発した「DEMS」を改良したプログラムを使用した。記して感謝致します。

参考文献

- 1) 中瀬仁・本田中・西野隆之(2001)：個別要素法摩擦パラメータを設定するためのねじりせん断シミュレーション，第 36 回地盤工学研究発表会，pp. 503-504
- 2) 河端俊典・大石順司・中瀬仁・毛利栄征・内田一徳 (2005)：繰返し単純せん断を受ける埋設管の浮上メカニズム，農業土木学会論文集，No. 239，pp. 59-66

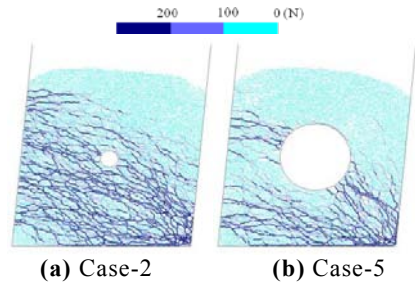
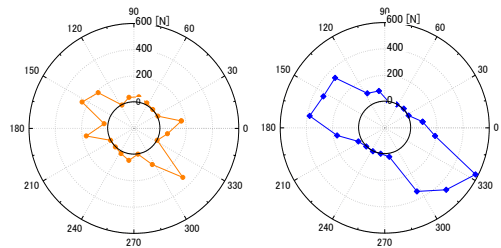
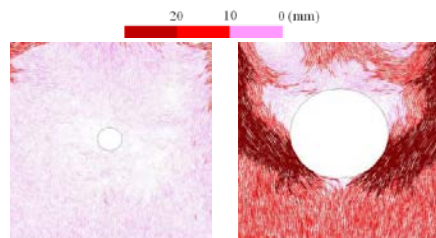


Fig.4 地盤内接触力分布図（10.5 秒後）
Distribution of contact forces



(a) Case-2 (b) Case-5
Fig.5 垂直土圧分布
Normal earth pressure distribution



(a) Case-2 (b) Case-5
Fig.6 周辺地盤の相対変位図
Relative displacement of soil particles