

# 矢板引抜きに伴う浅埋設たわみ性管の力学挙動に関する DEM 解析 DEM Analysis on Mechanical Behavior of a Shallowly Buried Flexible Pipe Using Geogrid during Sheet Pile Extraction

宮崎礼文\* 戸田茉優\* ○青木達也\*\* 澤田 豊\* 河端俊典\*  
Noritake MIYAZAKI, Mayu TODA, Tatsuya AOKI,  
Yutaka SAWADA and Toshinori KAWABATA

## 1. はじめに

埋設管敷設において、掘削深が大きい場合、施工費や施工期間に大きな負担となる。そのため、パイプ側部の埋戻し地盤をジオグリッドを用いて一体化することで、パイプの浮上を防止し、パイプを浅く埋設する浅埋設工法がある。(Fig. 1)。しかし、矢板施工の場合、矢板引抜きに伴って管側方の地盤が緩み、鉛直荷重が増加するため、管が過度に変形する危険性が想定される。そこで本研究では、矢板引抜きに伴う浅埋設たわみ性管の変形および管周辺地盤の挙動を検討するため、2次元個別要素(DEM)解析を実施した。

## 2. DEM 解析概要

解析モデルを Fig. 2 に示す。模型管(外径 165 mm, 環剛性  $0.92 \text{ kN/m}^2$ ) は中瀬ら<sup>1)</sup>が提案した多角形要素を用い、32 角形トラス構造によりモデル化した。土粒子モデルのパラメータを Table 1 に示す。珪砂モデルは平均粒径 3.5 mm, 均等係数 1.7 の円要素を重力落下法により配置した。碎石モデルはグリッドモデルの目合いを通過しないよう、平均粒径 11 mm の円要素とし、実際のせん断強度を再現するため、Sakaguchi et al.<sup>2)</sup>が開発した転がり摩擦を導入した。グリッドモデルは、多角形要素で作製し、実験で用いたジオグリッドと同等の剛性となるようにした。矢板モデルは自由度 0 の粒子 4 つを長形状に配置した多角形要素によりモデル化した。矢板引抜きは、矢板モデルを鉛直上向きに、右側より一枚ずつ変位させることにより再現した。解析ケースは無補強時を Case-A とし、Fig. 3 に示すように、碎石とジオグリッドを用いて対策範囲を変化させた Case-B, C を実施した。

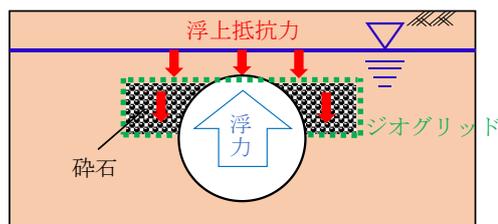


Fig. 1 浅埋設工法概要  
Overview of shallowly buried pipeline

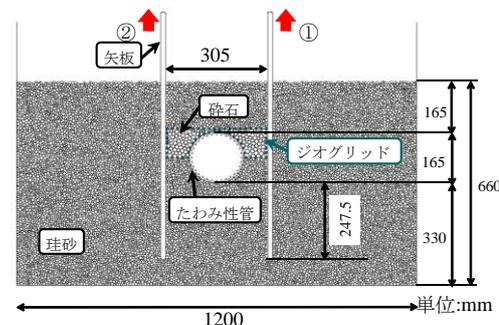


Fig. 2 解析モデル  
Analytical model

Table 1 土粒子モデル諸元  
Parameters of soil models

	珪砂	碎石
要素密度 ( $\text{kg/m}^3$ )	1777	1777
法線方向ばね係数 (N/m)	$4.60 \times 10^7$	$4.60 \times 10^7$
接線方向ばね係数 (N/m)	$1.15 \times 10^6$	$1.15 \times 10^6$
法線方向粘性係数 (N/m)	$3.55 \times 10^2$	$3.55 \times 10^2$
接線方向粘性係数 (N/m)	$5.61 \times 10^{-2}$	$5.61 \times 10^{-2}$
要素間摩擦角 (deg.)	24.0	24.0
転がり摩擦角 (deg.)		12.0

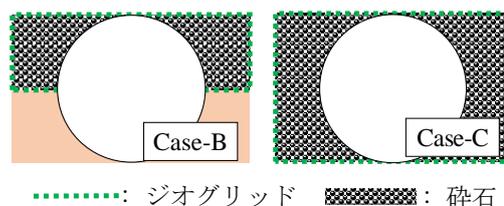


Fig. 3 解析ケース  
Analytical cases

\* 神戸大学大学院農学研究科 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, 浅埋設工法, 矢板, DEM 解析, ジオグリッド

### 3. 解析結果

各ケースの矢板引抜きに伴う管の水平たわみ量変化を **Fig. 4** に示す。たわみ量は右矢板引抜き開始時を初期値としている。Case-A では矢板引抜きに伴い、管が大きく水平方向に変形し、Case-B では水平たわみ量が大きく抑制されている。Case-C では、さらにたわみ量が減少することがわかった。

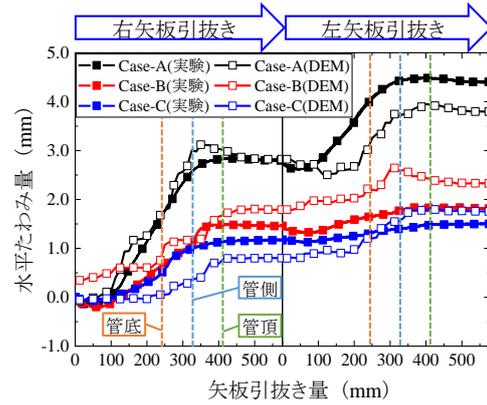
右矢板引抜きに伴う管周辺地盤粒子の移動量を **Fig. 5** に示す。Case-A では矢板の引抜き跡に向かって管側方地盤が変位していることが分かる。一方、Case-B では碎石をジオグリッドを用いて一体化した部分の粒子変位量は無補強時より小さい。よって、碎石がジオグリッド内部から流出しないため、矢板引抜きに伴う管の変形を抑制できると考えられる。

各矢板引抜きに伴う鉛直水平方向の法線方向土圧変化を **Fig. 6** に示す。Case-A では、矢板引抜きに伴い、管側の水平土圧が大きく減少していることがわかる。一方、Case-B では管側の水平土圧が大きく増加し、その後減少している。これは管上部を一体化することで管側方地盤の緩みを抑制し、水平反力を維持したためと考えられる。Case-B では矢板引抜きに伴い、管底部の土圧が増加していることがわかる。これは矢板引抜きによる地盤粒子の移動により、管下部の支持角が減少し、管底への土圧集中が引き起こされたためと考えられる。以上より、矢板引抜きに伴う浅埋設たわみ性管の変形挙動は **Fig. 7** のようになると考えられる。

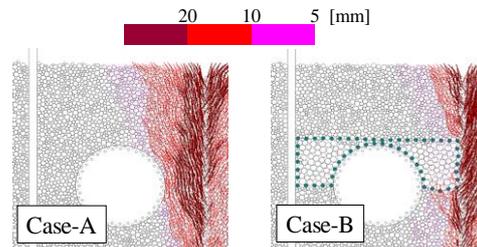
### 4. おわりに

パイプ側部の埋戻し地盤をジオグリッドを用いて一体化することで、矢板引抜きに伴う管の変形が抑制されることがわかった。また、管下部の地盤が緩むことで管の支持角が減少し、管底部への応力集中が生じることが明らかとなった。

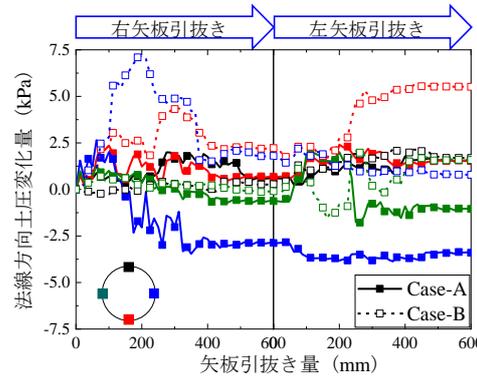
**参考文献** 1) 中瀬 仁, 宮田正史, 本田 中, 興野敏也, 安田勝則, 菅野高弘 (2002): 個別要素法によるケーソン式防波堤の挙動解析, 応用力学論文集, **5**, 461-472. 2) Sakaguchi et al. (1993): Plugging of the Flow of Granular Materials during the Discharge from a Silo, International Journal of Modern Physics B, **7**(09n10), 1949-1963.



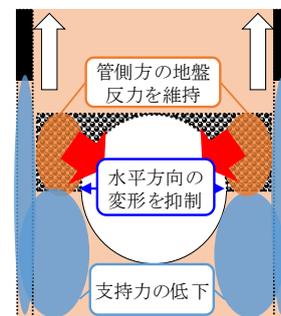
**Fig. 4** 矢板引抜きに伴う管の水平たわみ量変化  
Analytical results on the deflections of the pipe during sheet pile extractions



**Fig. 5** 矢板引抜きに伴う土粒子の変位分布  
Displacement of soil particles



**Fig. 6** 管に作用する法線方向土圧の変化 (Case-A, B)  
Variation of normal earth pressure



**Fig. 7** 埋設管変形挙動  
Behavior of buried pipe