

異なる地盤条件における矢板引抜き時のたわみ性埋設管の力学挙動に関する DEM 解析  
 DEM Analysis on Mechanical Behavior of Buried Flexible Pipe during Sheet-pile Extraction under Different Ground Condition

○寺田健司 小野耕平 高原祥 澤田豊 河端俊典

Kenji Terada, Kohei Ono, Sho Takahara, Yutaka Sawada and Toshinori Kawabata

1. はじめに

鋼矢板土留め壁を用いた開削により管路を埋設する矢板施工では、矢板引抜き時に管が大きく変形する被害が報告されている。しかしながら、矢板引抜き時の埋設管の挙動は未解明の部分が多く残されている。本研究では異なる地盤条件における矢板引抜き時のたわみ性管の力学挙動について検討するため、DEM 解析を実施した。

2. 解析概要

Fig. 1 に解析モデルを、Table 1 に解析パラメータを示す。たわみ性管は、中瀬ら<sup>1)</sup>が提案した多角形要素を用いて、64 角形トラス構造によりモデル化した。管のパラメータは DEM 上での 2 点載荷シミュレーション結果と、JIS 規格値 (FRPM 管 -5 種) とが同一となるよう決定した。矢板は 4 つの要素を長形状に配置した多角形要素によりモデル化した。矢板モデルは根入れが 5.0 m となる位置に設置した。矢板構成要素を鉛直上方向に強制変位させ、引抜きを表現した。引抜き速度は 0.25 m/s とし、右側の矢板を引抜いた後に左側の矢板を引抜いた。

地盤は平均粒径 0.03 m、均等係数 1.6 の円要素を密に配置した。本研究では粘性土地盤を再現するため、岩下ら<sup>2)</sup>が提案した、要素間の引張りに抵抗できる弾性バネを導入した。粘性土モデルのパラメータは Fig. 2 に示すように、地盤がある程度自立するよう試行錯誤的に決定した。解析は埋戻し部、現地盤、矢板厚さを変化させた計 6 ケース実施した (Table 2)。

3. 解析結果

Fig. 3 に矢板引抜き長さ と埋設管の鉛直方向たわみ率の関係を示す。たわみ率は管径が

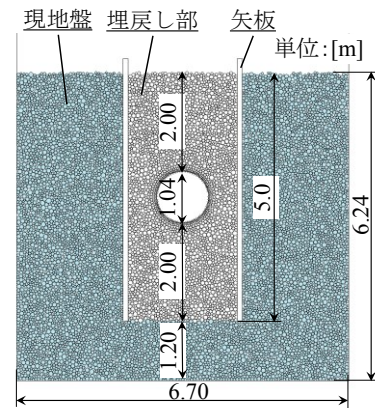


Fig. 1 解析モデル Analytical model

Table 1 解析パラメータ Analytical parameters

		土粒子	FRPM 管
要素密度	(kg/m <sup>3</sup> )	1.85×10 <sup>3</sup>	9.56×10 <sup>4</sup>
法線方向ばね定数	(N/m)	8.00×10 <sup>7</sup>	3.27×10 <sup>9</sup>
接戦方向ばね定数	(N/m)	2.00×10 <sup>6</sup>	8.18×10 <sup>7</sup>
法線方向粘性定数	(N·s/m)	7.34×10 <sup>2</sup>	3.13×10 <sup>4</sup>
接戦方向粘性定数	(N·s/m)	1.97×10 <sup>-2</sup>	9.91×10 <sup>2</sup>
要素間摩擦角	(deg.)	24.0	—
転がり摩擦角	(deg.)	24.0	—
表面摩擦係数		—	0.55
(粘性土)法線ばね定数	(N/m)	1.60×10 <sup>4</sup>	—
(粘性土)接線ばね定数	(N/m)	1.33×10 <sup>3</sup>	—

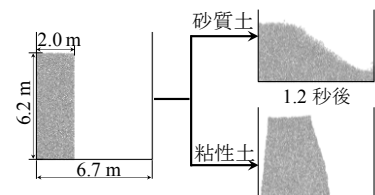


Fig. 2 粘性土モデル Cohesive soil model

Table 2 解析ケース Analytical cases

ケース名	埋戻し部	現地盤	矢板厚さ
Case-S.S(0.10)	砂質土	砂質土	0.10 m
Case-S.C(0.10)	砂質土	粘性土	
Case-C.C(0.10)	粘性土	粘性土	
Case-S.S(0.25)	砂質土	砂質土	0.25 m
Case-S.C(0.25)	砂質土	粘性土	
Case-C.C(0.25)	粘性土	粘性土	

減少する方向を正とした。全ケースにおいて、矢板の引抜きに伴い埋設管の鉛直たわみが増加していることが確認できる。矢板厚さ 0.25 m のケースに注目すると、たわみ率の変化は地盤条件により大きく異なることがわかる。埋戻し部が砂質土の場合 (Case-S.S, S.C), 引抜き長さ 2.0 m から 3.0 m においてたわみ率が急激に増加し、ピーク値を取る。また、引抜き長さ 3.0 m 以降では、たわみが増加しない。それに対し埋戻し部が粘性土の場合 (Case-C.C), 引抜き長さ約 4.0 m までたわみが増加し続けており、粘性土地盤では変形に遅れが生じることが確認できる。また、両矢板の引抜き完了後のたわみ率を比較すると、いずれの矢板厚さにおいても、Case-C.C のたわみ率が最も大きくなった。

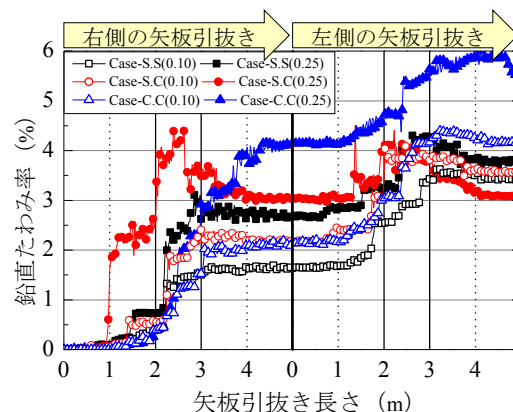


Fig. 3 矢板引抜き長さ と鉛直たわみ率  
Relation between extraction length and vertical deflection ratio

Fig. 4 に、右側矢板引抜き長さ 3.0 m 時の、矢板厚さ 0.25 m のケースにおける法線方向接触力分布および初期状態からの地盤の相対変位を示す。Fig. 4 から、矢板引抜きにより生じた空隙に向かって、砂粒子は急激に移動したのに対し、粘性土は徐々に移動したことがわかる。Case-S.C(0.25)では埋戻し部の砂粒子が大きく移動し、埋設管近傍の地盤が著しく緩んでいる。その結果、空隙周辺で接触力がほとんど発生せず、埋設管の側方土圧が作用しなかったため、たわみが急増したと考えられる。また、引抜き長さ 3.0 m 以降では、砂粒子の流入により管側部が充填されたことにより、埋設管のたわみが増加しなくなったものと考えられる。Case-C.C(0.25)では、矢板引抜きにより生じた空隙がある程度維持されるため、抜け跡周辺の広い範囲で接触力が小さい状態が維持される。それゆえ、管側部が常に緩んだ状態となるため、たわみが増加し続けたものと考えられる。

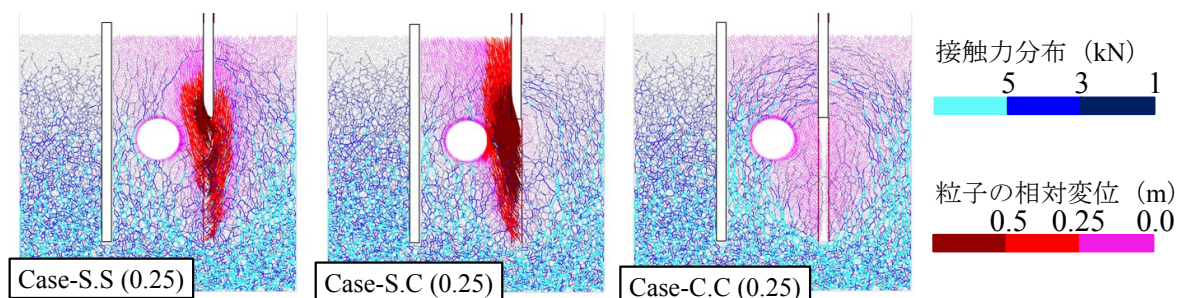


Fig. 4 地盤の接触力分布及び相対変位 (右側矢板引抜き長さ 3.0 m)  
Contact force distribution and relative displacement of soil elements

#### 4. まとめ

本研究では、粘性土及び砂質土地盤に埋設されたたわみ性管を対象に DEM 解析を実施し、矢板引抜き時の力学挙動を検討した。その結果、埋設管が粘性土に埋戻された場合、砂質土に比べて管の変形に遅れが生じ、最終的な鉛直たわみが大きくなった。現地盤が粘性土で、埋設管が砂質土の場合では、埋設管近傍の埋戻し部が著しく変形した。

#### 参考文献

- 1) 中瀬 仁, 宮田正史, 本田 中, 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, Vol.5, pp.461-472.
- 2) 岩下和義, 伯野元彦 (1990) : 修正個別要素法による崖の進行性破壊解析, 土質工学会論文報告集, Vol.30, No.3, pp.197-208.