

耐震性を考慮した軽量スラスト防護工法の解析的検討 Analytical studies on light weight thrust restraint for buried bend

柏木歩*・河端俊典*・奥野哲史*・毛利栄征***・川島秀樹**・○柳浦光男**

Ayumu KASHIWAGI, Toshinori KAWABATA, Satoshi OKUNO,
Yoshiyuki MOHRI, Hideki KAWASHIMA, and Mitsuo YANAGIURA

1. はじめに

筆者らは、これまで埋設管路屈曲部の周辺地盤を流動化処理土で埋戻す軽量スラスト防護工法に関して研究を進めてきた。今回、当工法の詳細な抵抗メカニズムを明らかにするため、2次元個別要素法（DEM）を用いた数値解析を実施し、周辺地盤粒子の挙動ならびに応力状態について検討した。

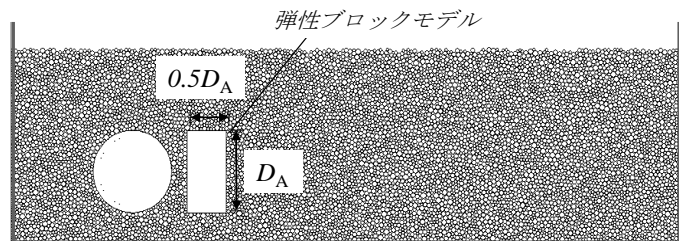


Fig.1 解析モデル

2. 解析概要

Fig.1 に解析モデルを示す。パイプは 40 角形トラス構造で模擬した口径 260mm の剛性パイプである。地盤は幅 2200mm の境界に約 15000 個の要素を土被り 260mm となるように充填することにより作製した。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、模型実験の結果における管の水平抵抗力-水平変位関係にフィッティングするように決定した。また、パイプ前方に設置した弾性ブロックの剛性は解析上で載荷試験を行うことにより決定した。

解析ケースを Table 2 に示す。過去の研究結果⁽¹⁾を参考にして、Case-B においては、弾性ブロックの剛性はコンクリートブロックに、Case-C では、流動化処理土にそれぞれ一致させている。本解析では、地盤要素の充填完了後、パイプを 10mm/sec. で強制変位させ、パイプに作用する水平抵抗力、地盤要素間の法線方向接触力、地盤要素の変位について検討した。

Table 1 地盤粒子のパラメータ

平均粒径	2.0E-02 (m)
均等係数	1.52
粒子密度	2.1E+03 (kg / m ³)
法線方向バネ定数	8.0E+07 (N / m)
接線方向バネ定数	2.0E+06 (N / m)
法線方向粘性定数	2.2E+03 (N·s / m)
接線方向粘性定数	8.3E-03 (N·s / m)
内部摩擦角	24.0 (deg.)
転がり摩擦角	24.0 (deg.)
時間間隔	1.0E-06 (s)

Table 2 解析ケース

Case-A	
Case-B	<p>$E = 520000 \text{ kN/m}^2$</p>
Case-C	<p>$E = 4810 \text{ kN/m}^2$</p>

3. 結果と考察

Fig.2 にパイプの荷重開始から水平変位 10mm までの、パイプに作用する水平抵抗力と水平変位の関係を示す。グラフから、各ケースにおいて、水平抵抗力は変位の増加に伴い増大することがわかる。水平変位 6mm で評価した場合、Case-A の水平抵抗力は Case-B の水平抵抗力の 0.65 倍程度となっている。また、Case-C の水平抵抗力は Case-A の 1.3 倍程度となっており、流動化処理土がスラスト対策として有用であることがわかる。Fig.3 にパイプを 10mm 変位させたときの、各ケースにおける粒子変位分布図を示す。図より、それぞれのケースで、パイプ前方から斜め上方向に粒子変位が伝播していることがわかる。Case-B、Case-C の両ケースを比較すると、Case-C の弾性ブロック前面の粒子変位は比較的小さいのに対して、Case-B では粒子が大きく変位していることが視覚的にわかる。

これらの結果から、流動化処理土をパイプ前面に設置した場合、スラスト力に対して流動化処理土がある程度変形して抵抗するのに対して、コンクリートブロックを設置した場合は、ブロック前面地盤がせん断変形することが明らかとなった。上記の結果より、流動化処理土に補強材を敷設する工法がスラスト対策として有効であると考えられる。

4. まとめ

本解析より、流動化処理土を用いるスラスト防護工法によって、パイプに作用する水平抵抗力が増加することが確認された。本稿で紹介した解析ケースのほか、パイプ周辺地盤にジオグリッドを敷設したケースや、パイプ径を変化させた場合のスケール効果の検討も実施しており、大口径パイプラインへの当工法の有効性について、詳細に検討しているところである。

謝辞：DEM 解析には京都大学澤田純男先生の開発した'DEMS'を改良して使用した。記して感謝いたします。

参考文献：柏木歩，河端俊典，毛利栄征，奥野哲史，志村和信，中島博文，内田一徳：曲管部背面地盤条件が水平抵抗力に与える影響，平成 21 年度農業農村工学会（筑波）講演要旨集，2009。

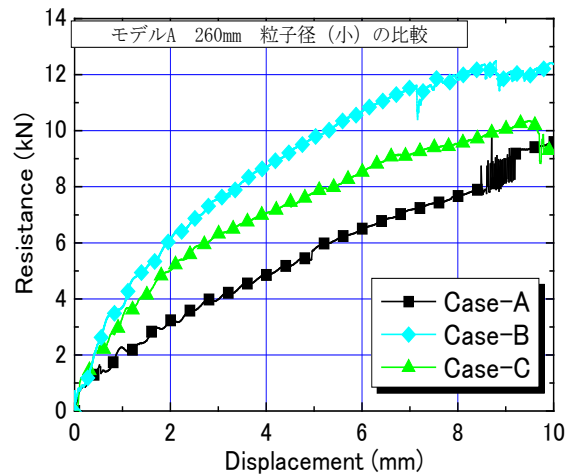


Fig.2 水平抵抗力—水平変位関係

