

摂南大学大学院 学生会員 ○川口 雄大 摂南大学都市環境工学科 正 会 員 片桐 信
名古屋大学減災連携研究センター 正 会 員 北野 哲司

1. 研究の背景

2011年東日本大震災では、水道送水管路においてスラストブロックが変動し、連結された管路に座屈や抜け出しなどが起きたと推定される被害が生じた。スラストブロックの周辺の管路に漏水が起きる原因として以下の可能性がある。①地震時に、スラストブロックが周辺地盤と異なる動的挙動を示し、連結されている管路の座屈や継手離脱が生じる。②地震時に周辺地盤とスラストブロックが剥離した場合に、スラストブロック背面の受働土圧が変化し、スラストブロックが全体的に大きく移動し、管路の座屈や継手の離脱につながる。そこで本研究では、上記のことを想定した、スラストブロックの地震時の挙動をFEM-DEM結合解析法¹⁾を用いて実施し、スラストブロック間に連結される管路への影響を評価した。

2. 地盤と入力波形の設定

本解析は全体地盤のN値を設定し、スラストブロック裏込め地盤のN値を表-1のように変えて解析を行う。地盤の種別としては、case1はⅢ種地盤、case2はⅡ種地盤である。

基盤面への入力波形は、周期を地盤の1次モード固有周期とし、入力加速度を基盤震度=0.15とした正弦波である。case1では、周期 T は0.686sで入力変位振幅は0.04988mである(図-1)。入力波は図-2に示す解析モデルの基盤面に強制変位入力として与えた。

表-1 解析ケース

地盤	case1	case2
	N=10	N=20
裏込め地盤	N=10	N=10
	N=5	N=5
	N=3	N=3
	地盤のみ	地盤のみ

3. 解析モデル

本研究ではFEM-DEM結合解析法を用いてスラストブロックと地盤を図-2のようにモデル化した。この解析方法はそれぞれの質点の運動方程式を独立して差分法により解く方法である。スラストブロックにかかるスラスト荷重を外向きに作用していると想定した。また、地盤モデルの両端は反射波の影響を低減するために粘性境界を採用した。両端を粘性境界要素としたため、動的解析の結果、地盤が少し外側に広がる。その結果、スラストブロック位置での相対変位に動的な広がりが生じる。そこで、地盤のみのスラストブロック位置での動的相対変位を各スラストブロック間の相対変位から相殺して誤差を補正した。スラストブロック周辺の裏込め地盤部分で、有限要素の破壊により個別要素を生成させ隙間を表現した。

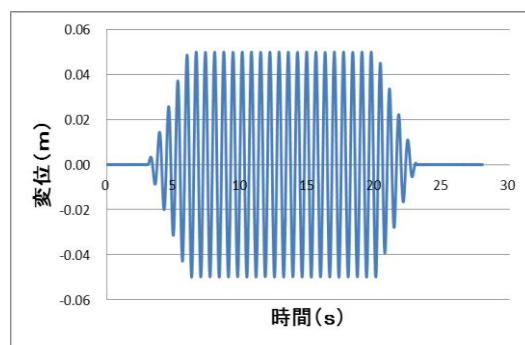


図-1 case1の入力波形

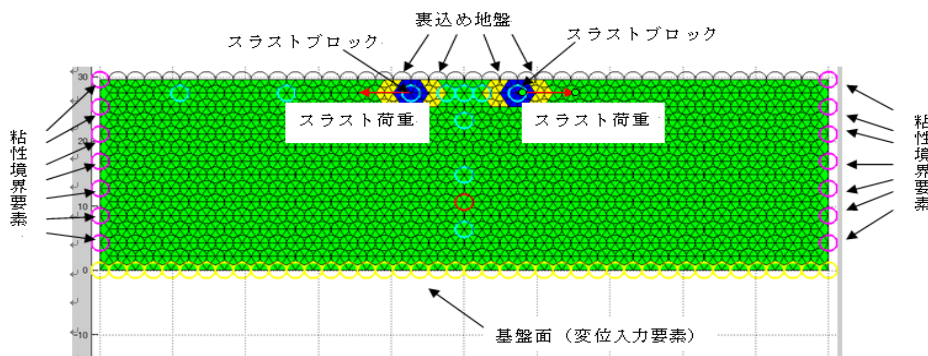


図-2 解析モデル

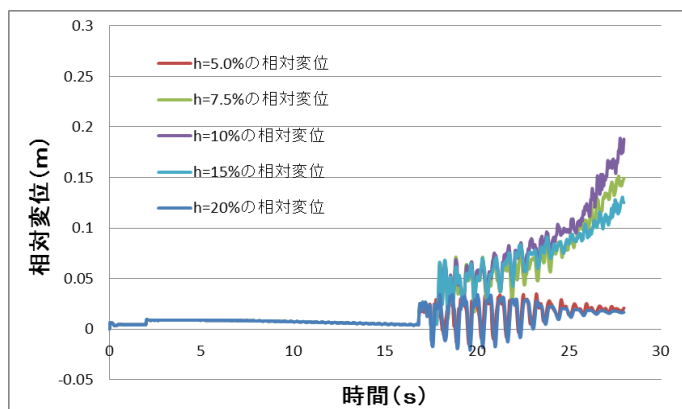


図-3 N=3 の相対変位の比較

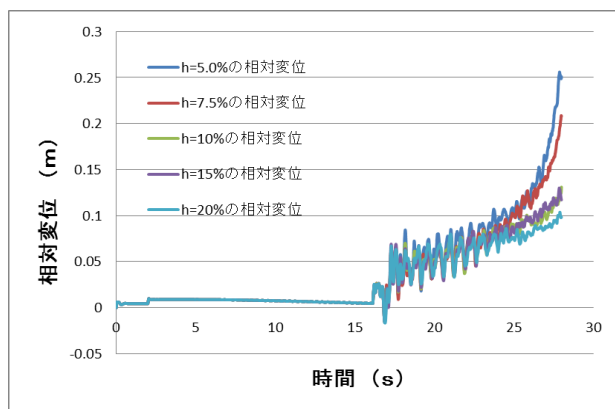


図-4 N=5 の相対変位の比較

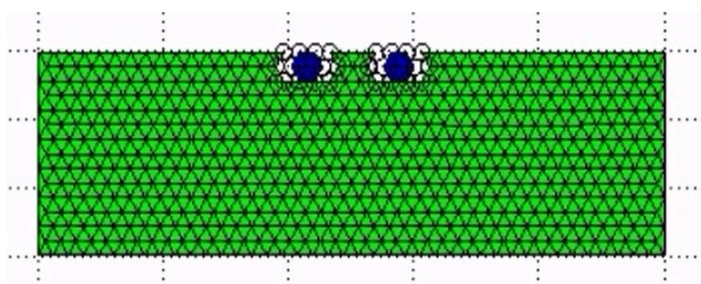


図-5 スラストブロック裏込め地盤の剥離状況

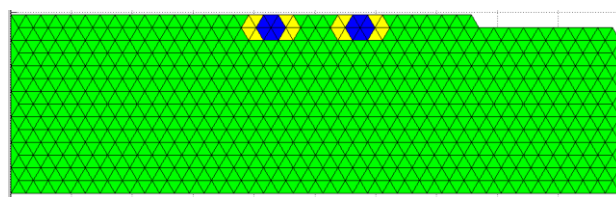


図-6 今後のメッシュモデルの案

4. 解析結果

case1で、裏込め地盤のN値を3, 5とした場合の隣接するスラストブロック間の相対変位の変化をそれぞれ図-3, 図-4に示す。相対変位が大きく変化している時点で裏込め地盤の有限要素に隙間が生じている。隙間が生じた面の個別要素の粘性減衰を $\alpha = 4 \cdot \pi \cdot h \cdot f$ として与えているが、破壊面の減衰定数 h は不明であるために5%~20%の範囲で変化させた。裏込め地盤のN値が3, 5のいずれの場合も当該有限要素が破壊しスラストブロックと地盤との間に隙間が生じると、スラストブロック間に相対変位が生じる。図-5 は解析モデルの隙間が生じる様子を示している。スラストブロック要素周辺地盤の○が、隙間に生成されている個別要素である。

5. 結論

今回の解析では、全体地盤がⅢ種地盤であり、かつスラストブロック裏込め地盤が軟らかい場合には、裏込め地盤の隙間が生じた。この時、スラストブロックは周辺地盤とは異なる動的挙動を示し、その結果として2つのスラストブロック間に動的および残留相対変位が生じる。よって、東日本大震災で見られた送水管系のスラストブロックに連結された管路の被害は、このような挙動により説明できる可能性がある。

6. 今後の計画

今後は、①スラストブロック間に連結された管路の挙動解析、②標準的基盤入力波を用いた解析、③地盤有限要素への R-O モデルの導入、④図-6 のような表層地盤が不均質な場合の解析を進める。なお、本研究は JSPS 科研費 25282118 の助成を受けたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 片桐 信, 高田至郎: 連続体破壊解析のための FEM-DEM 結合解析法の提案, 土木学会論文集, No.780/I-70, pp15-25, 2005.