

摂南大学都市環境工学科 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、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、スラストブロック周辺の地盤の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、入力加速度は基盤震度を0.15として設定した正弦波である。case1の周期Tは0.686sで変位振幅は0.04988m、case2の周期Tは0.545sで変位振幅は0.0111mである。case1の入力波形を図-1に示す。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 解析のケース

地盤	case1	case2
	N=10	N=20
周辺地盤	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地盤部分で、有限要素の破壊により個別要素を生成させ剥離を表現した。

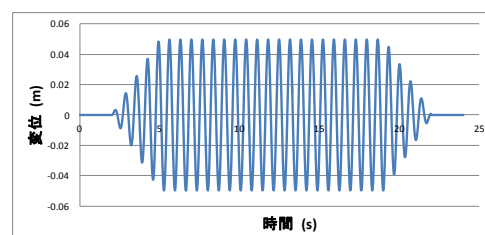


図-1 case1の入力波形

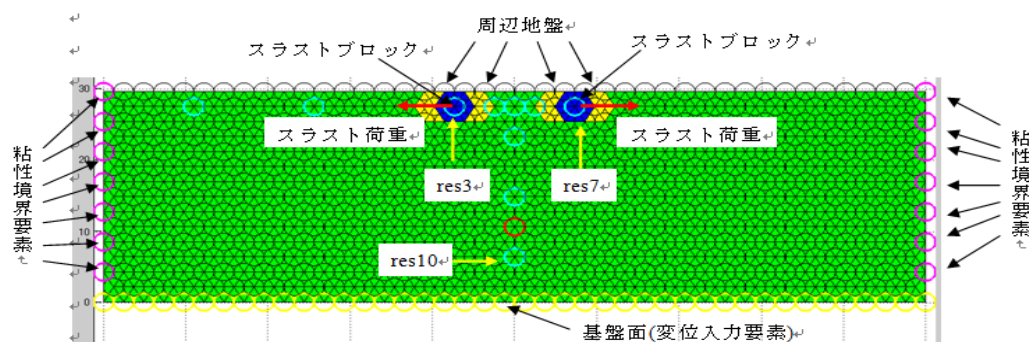


図-2 解析モデル

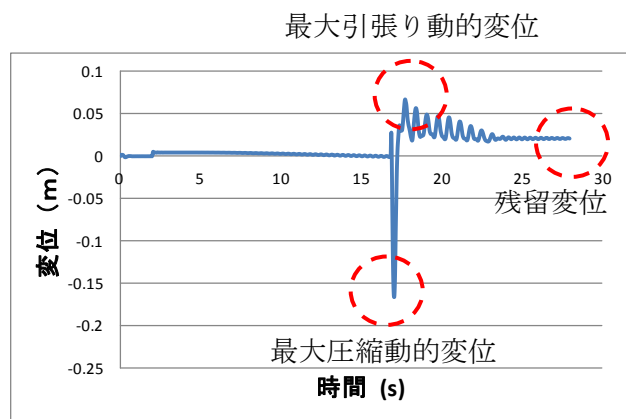


図-3 case1N=3 スラストブロックの相対変位

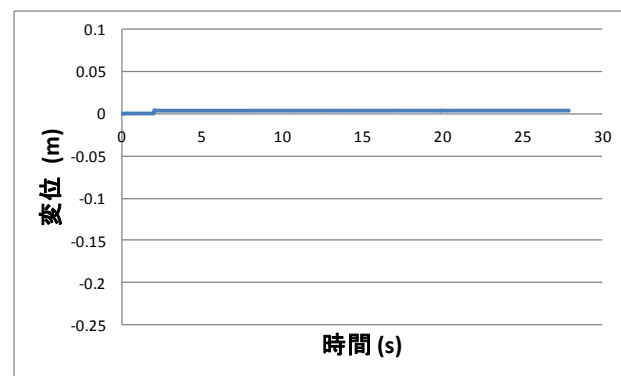


図-4 case2N=3 スラストブロックの相対変位

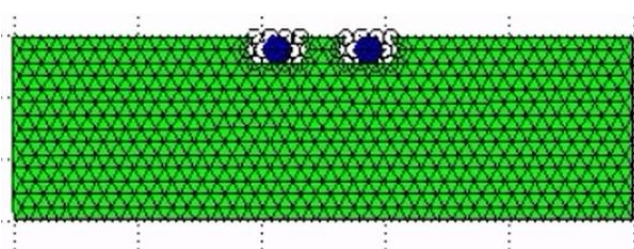


図-5 case1N=3 でのスラストブロック周辺地盤の剥離状況

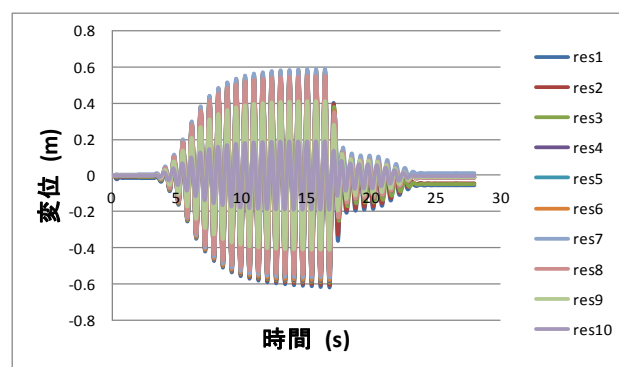


図-6 case1N=3 の観測点の変位波形

4. 解析結果

図-3 は case1N=3 のスラストブロック間の相対変位を示す．大きな変動が生じている時点でスラストブロックの周辺で剥離が生じている．接続管路に作用する最大引張り動変位は $+0.0673\text{m}$ ，最大圧縮動変位は -0.167m であり，残留変位は $+0.021\text{m}$ である．これが実際設置されていれば，最大圧縮動変位時にスラストブロック間の管路に座屈が生じる恐れがある．図-4 は case2N=3 の相対変位のグラフである．ほぼ 0 の線にあるため相対変位はほぼ発生してないと考えられる．これは，2つのスラストブロックがほとんど同じ運動していることになる．地盤との剥離が生じなければ，スラストブロックに固有の振動が生じないことが分かる．case1 でスラストブロックと周辺地盤との剥離が生じている原因として，case2 より case1 の地盤 N 値が低いため，地盤の応答振幅が増幅したものと考えられる．図-5 は解析モデルの剥離の様子を示している．スラストブロック要素周辺地盤の○が，剥離後に生成されている個別要素である．

5. 結論と今後の課題

- ①東日本大震災でスラストブロックで座屈が起きた原因はスラストブロックと周辺地盤とが剥離を起こし，動変位により座屈したことが原因の 1 つだと考えられる．
- ②地盤 N 値が高ければ，スラストブロックが固有の振動を生じることは低くなると考えられる．
- ③実際には，スラスト力は表面のスラストブロックの周辺にのみ作用するはずであるが，図-6 で地表面から深い res10 の変位がスラストブロック剥離の影響を受けたのは解析方法の問題である可能性もあるので検討を要する．

なお，本研究は JSPS 科研費 25282118 の助成を受けたものである．

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．