

近接するスラストブロックの地震時相対変位に関する研究(地表面不均一)

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、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10(case1), 20(case2)と設定し、スラストブロック周辺の裏込め地盤のN値を3, 5, 10と変えて解析を行う。地盤の種別としては、case1はⅢ種地盤, case2はⅡ種地盤に相当する。

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を0.15とした正弦波である。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, 図-3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。

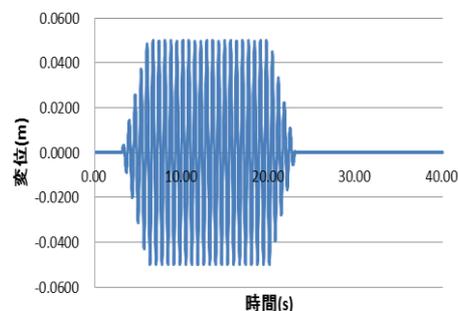


図-1 case1の入力波形

3. 解析モデル

本研究ではスラストブロックと地盤を図-2, 図-3のようにモデル化したもの2種類で行った。モデルAは地表面均一, モデルBは地表面右側を段差状地形とした。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。そして、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。

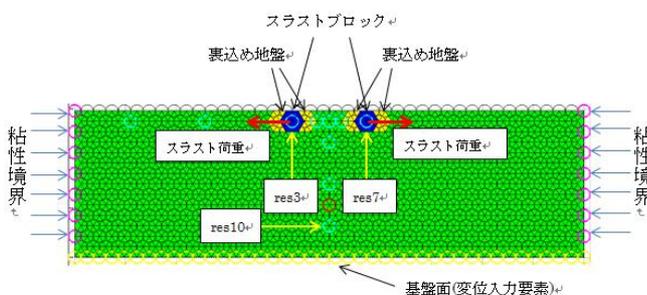


図-2 地盤の解析モデル A

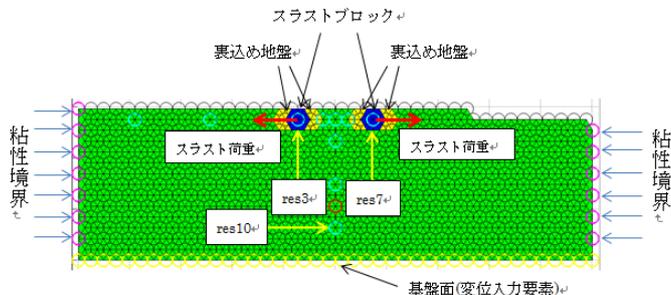


図-3 地盤の解析モデル B

キーワード スラストブロック, 継手構造管路, 地震, 地中構造物

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8 TEL072-839-9118

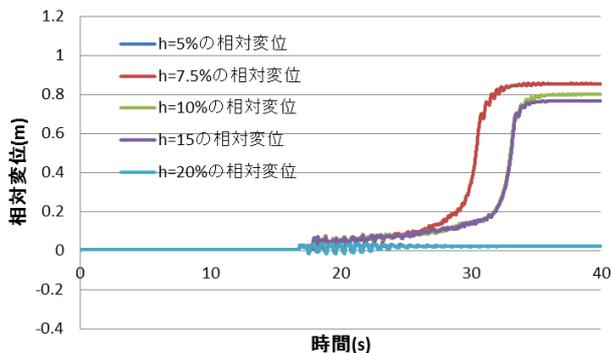


図-4 解析モデル A のスラストブロック間
相対変位

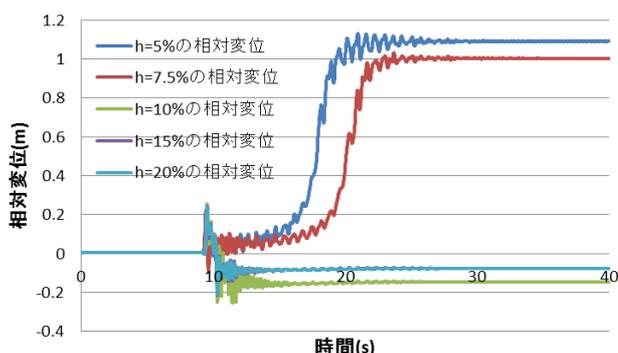


図-5 解析モデル B のスラストブロック間
相対変位

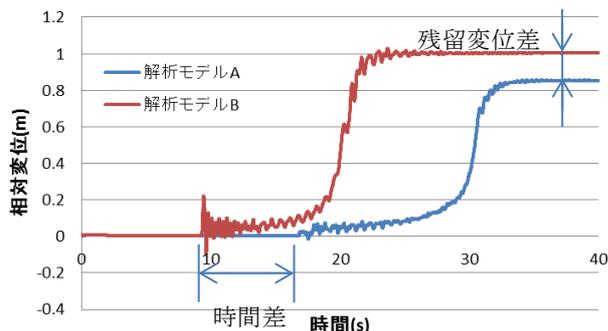


図-6 減衰定数 $h=7.5\%$ での比較

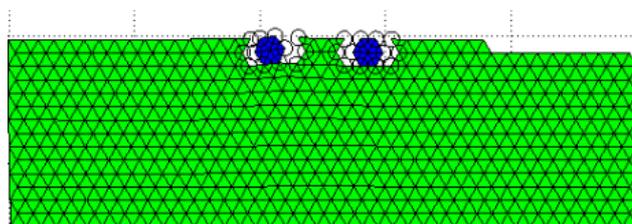


図-7 解析モデル B でのスラストブロック
周辺地盤の剥離状況

4. 解析結果

解析モデルA, B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-4, 図-5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。解析モデルA, B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(以下、剥離という)が生じると、スラストブロック間に相対変位が生じる。図-6より解析モデルAより解析モデルBの方が半分の時間で剥離が生じる。また、解析モデルBの場合の方が相対変位が大きく変化しているため、解析モデルAとBに残留変位差が生じている。そのため、解析モデルBは剥離の生じ始めで管路に座屈などが発生する可能性が高い。いずれの場合でも減衰定数 $h=7.5\%$ の時に引っ張りの残留変位が0.8m以上であるため実際にはスラストブロック間の管路継手が離脱している可能性がある。図-7は解析モデルの剥離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、剥離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、減衰定数 h がどの場合でも、裏込め地盤に剥離が生じた。このとき、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。解析モデルBのような左右非対称の場合では剥離が早く生じ、残留変位が大きくなると考えられる。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。

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。

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, pp.15-25, 2005.