

## 地盤変状対策による地中管路の耐震性向上について

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓  
 八代工業高等専門学校 正員 瀧田邦彦  
 熊本大学大学院 学生員 〇高畑浩二  
 八代工業高等専門学校 穴田剛士

1. はじめに 過去の地震では、液状化時の側方流動など地盤変状による地中パイプラインの被害が多数生じているが、側方流動がパイプラインの破損に及ぼす影響に関しては不明な点もあり、その有効な対策手法が確立されるまでには到っていない。本研究では、前報と同様<sup>1)</sup>、液状化防止工法として効果が高いといわれているサンドコンパクションパイル(SCP)工法を取り上げ、側方流動変位を地盤の非線形なせん断変形より算定する手法として前報を改良し、これとパイプラインの解析手法とを結合して、対策工法が側方流動及びパイプラインの応答に与える効果について検討する。

2. 解析手法の概要 本研究では、前報<sup>1)</sup>で示した、側方流動変位を液状化に伴う地盤の剛性の低減に起因したせん断変形と考え外力として各節点にポテンシャルヘッド(位置水頭)を与える2次元FEM解析手法を改良し、バイリニア型の非線形なせん断変形よりこれを算出する解析プログラム「FLOW」を新たに開発した。側方流動変位を受ける管路の応答解析には修正伝達マトリックス法に基づく解析プログラム「PIPE」を用いる<sup>2)</sup>。一方、著者らは、SCPの打設締め固め過程をシミュレートするプログラム「WAP3」<sup>3)</sup>及び2次元液状化解析プログラム「NUW2」<sup>4)</sup>を用いて、SCPによる改良地盤の液状化評価システムを構築している<sup>5)</sup>。ここでは、上記の側方流動解析プログラム FLOW と管路応答解析プログラム PIPE に WAP3 と NUW2 とを組み込み、SCP改良地盤における液状化解析及び側方流動解析を経てパイプラインの応答を解析する、図1のような解析フローとする。ただし、液状化時の側方流動変位の解析では、対象地盤の初期剛性を、前報<sup>1)</sup>と同様、液状化解析後の最大過剰間隙水圧比に応じて低減させて、FLOWによる側方流動解析を行う。

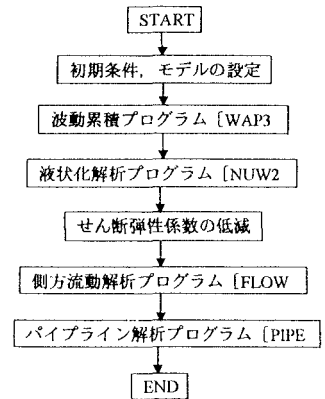


図1 SCP改良地盤中パイプラインの解析フロー

3. 側方流動解析 図2は側方流動変位に関する振動台実験の概略図である。実験は新たに長さ3mの砂槽を用いて前報と同様<sup>1)</sup>、無対策及びSCP改良した場合などについて行った。図3は、実験地盤モデルの地表面における側方流動変位の実験及び解析結果を図示したものである。解析結果は概ね実験結果と対応しており、解析手法の妥当性を示している。また図より、地盤改良によって側方流動変位が小さくなるのがわかる。図4は解析の対象とした新潟市の地盤モデルの例であり、側方流動変位による変形後の結果も合わせて示している。図4より最大4m弱の変位結果となっている。図5はこの地表面における変位分布を実線で、新潟地震の際の実測結果を○印で示したものである。実地盤の解析でも本解析手法による結果は実測結果とかなりよい対応を見せている。この地盤モデルにおいて、SCPを杭間2m、加振時間120秒の条件で施工した場合について側方流動解析を行った。その結果、側方流動変位の最大値は約0.06m程度となり、地盤改良によって、側方流動に対するSCPの地盤改良の効果が確認できた。ただしこの例では、地盤改良は対象領域全体に行っているので改良効果を高く評価していることになる。

4. 地中パイプラインの応答解析 図6のようにS型耐震継手で接続されたパイプラインが図4の地盤モデルの深さ2mの位置に水平に埋設されているとし、これを弾性床の上のはりとみなして、前節で算出した側方流動変位を地盤ばねを介して入力した場合のパイプラインの軸方向の応答を解析した。このとき地盤ばねは図7に示すようなバイリニア型の特性とした。入力地盤変位は無対策地盤で最大4m、改良地盤で最大0.06mとして管軸方向全体に一律とし、またパイプラインの両端は固定条件とした。図8及び図9はパイプラインの応答解析結果の1例であり、それぞれパイプラインの軸方向最大変位及び継手伸縮量を表している。図8より、無対策地盤及び改良地盤における管路の軸方向変位はそれぞれ入力地盤変位に追随している。図9より、継手伸縮量は、無対策地盤では約0.14m程度となり許容値(0.05m)を大きく上廻る結果となるが、改良地盤では、改良の効果により、継手伸縮量は無対策地盤におけるそれに比べて無視できるほど小さくなっている。

5. まとめ 本研究では、SCP改良地盤における側方流動に対するパイプラインの解析より、地盤改良が側方流動防止およびパイプライン応答に及ぼす効果について検討した。その結果、地盤改良が側方流動変位及びパイプラインの応答低減に効果的であることを示した。

参考文献 1) 秋吉ほか、土木学会西部支部講演概要集、pp.566-567, 1995. 2) Fuchida, K., et al., *Technical Report*, ODU, 1993. 3) Akiyosi, T. et al, *Proc. 9JEES*, pp.949-954, 1994. 4) Akiyosi, T., et al, *Soil Dynamics and Earthquake Engg.*, Vol.12, No5, pp.299-307, 1993. 5) Akiyosi, T., et al, *Proc. 9JEES*, pp.955-960, 1994.

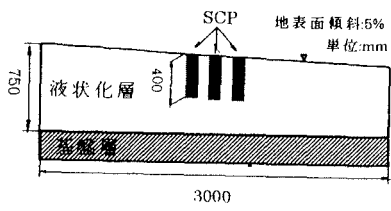


図2 実験モデルとその概要

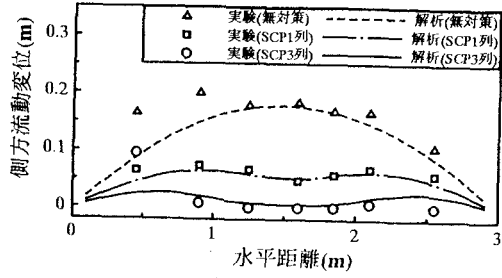


図3 側方流動変位分布 (実験モデル)

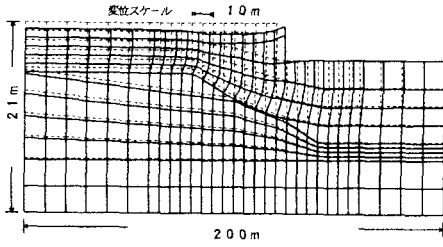


図4 実地盤モデル (新潟市) の解析結果

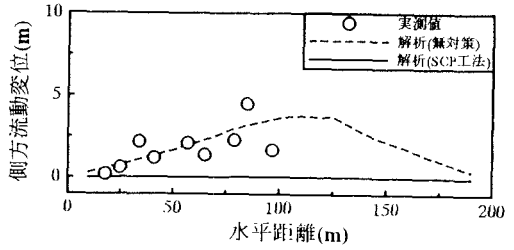


図5 実地盤モデル (新潟市) の側方流動変位分布

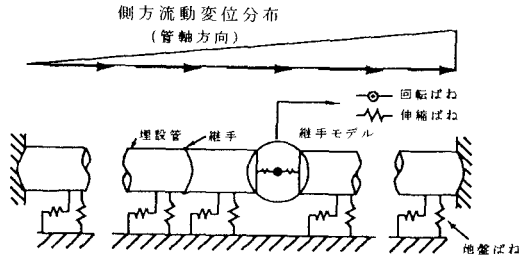


図6 パイプラインの解析モデル

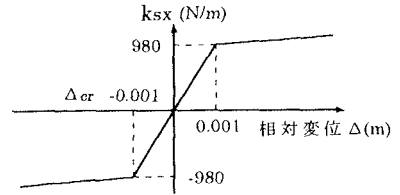


図7 地盤ばね定数の特性

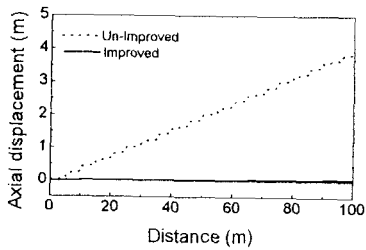


図8 パイプラインの軸方向変位分布

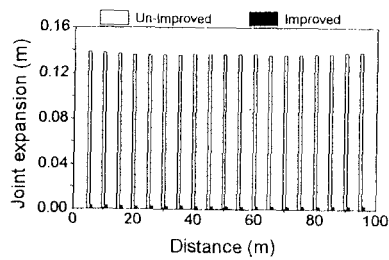


図9 継手伸縮量の分布