

## SCP 液状化対策による側方流動防止効果と地中パイプラインの挙動特性

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓  
 八代工業高等専門学校 正員 湊田 邦彦  
 熊本大学大学院 学生員 井下一郎  
 熊本大学工学部 学生員 前田 修一

1. はじめに 液状化時の地盤の側方流動による地中パイプラインの破損例が多数報告されている。しかし地盤の側方流動変位が地中パイプラインの破損にどのように影響するか不明な点もあり、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。そこで本研究では、液状化防止工法として多用さ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せん断変形より算定する簡易的な手法及び側方流動変位に対するパイプラインの応答解析手法を用いて、側方流動及びパイプラインの応答に与える対策工法の効果について検討する。

2. 解析手法の概要 本研究では、側方流動変位を液状化時の地盤剛性の低減に起因したせん断変形と考え<sup>1)</sup>、解析対象領域を2次元FEMでモデル化し、外力としてポテンシャルヘッド(位置水頭)を与え、弾性体のせん断変形よりこれを算出する解析プログラム「FLOW」<sup>2)</sup>と、修正伝達マトリックス法によりパイプラインの応答を解析するプログラム「PIPE」とを用いる<sup>3)</sup>。一方、著者らは、SCPの打設締め過程をシミュレートするプログラム「WAP3」<sup>4)</sup>及び2次元液状化解析プログラム「NUW2」<sup>5)</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>6)</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、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、側方流動変位の解析は地盤の弾性変形解析によるため、対象地盤の剛性を液状化の程度に合わせて低下させるものとし、ここでは、液状化解析の後、過剰間隙水圧比 $u^*$ に応じて、低減率 $\sqrt{1-u^*} \times 10^{-3m}$ によりせん断剛性を低減させて、FLOWによる側方流動解析を行う。

3. 側方流動解析 解析の対象とした地盤モデルは、図2のようなN値分布を有する、地下水位3m以下の厚さ20mの飽和砂層の地層構造とし、図3のように、水平方向に一樣に連続しかつ地表面及び基盤が一樣に傾斜したものとす。このような地盤において、SCPを杭間2m、加振時間100秒で細粒分含有率 $F_c$ を5%及び20%の条件で施工した場合のN値は、図2のように改良される。これらの無対策及び改良地盤の液状化解析の結果、液状化の程度(過剰間隙水圧比)に応じて地盤の剛性を低減させ、図3の地盤モデルで側方流動解析を行った。ただし、SCP地盤改良は、図3の地盤モデルの中心を挟んで10mの区間にて行った。図3の(深さ2m)における側方流動変位を地表面傾斜に対して示したものが図4である。図より改良地盤では、側方流動変位が無対策地盤の約1/3程度に抑えられ、SCPの地盤改良の効果が明白である。

4. 地中パイプラインの応答解析 S型耐震継手で接続されたパイプラインが図3の地盤モデルの×地点(深さ2m)に、図面直角方向に水平に埋設されているとし、これを、図5に示すような継手ばねで結合された弾性床上の梁に置き換え、これに前節3.で算出した側方流動変位を入力した場合のパイプラインの応答を解析した。このとき地盤ばねは図6に示すようなバイリニア型の特性和とした。図7(a),(b)及び(c)はそれぞれパイプラインの最大変位、最大曲げモーメント及び継手回転角をそれぞれ表している。図7(a),(c)より、SCP地盤改良の効果により、改良地盤中のパイプライン変位及び継手回転角の応答値は無対策地盤中のそれより小さくなっている。これに対し、図7(b)の最大曲げモーメントでは、SCP地盤改良によって入力である側方流動変位が小さくなっても、地盤ばね定数が改善されるため、曲げモーメント自体はさほど低減されないことがわかる。

5. まとめ 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の結果、SCP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明らかにした。

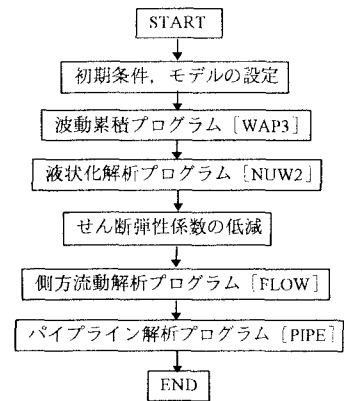


図1 SCP改良地盤中パイプラインの解析フロー

参考文献 1) Yasuda, S., et al, *Soils and Foundations*, 32-1, pp.149-160, 1992. 2) 秋吉ほか、土木学会西部支部講演概要集、pp.566-567, 1995. 3) Fuchida, K., et al., *Technical Report*, ODU, 1993. 4) Akiyosi, T., et al., *Proc. 9JEES*, pp.943-954, 1994. 5) Akiyosi, T., et al, *Soil Dynamics and Earthquake Engg.*, Vol.12, No5, pp.299-307, 1993. 6) Akiyosi, T., et al, *Proc. 9JEES*, pp.955-960, 1994

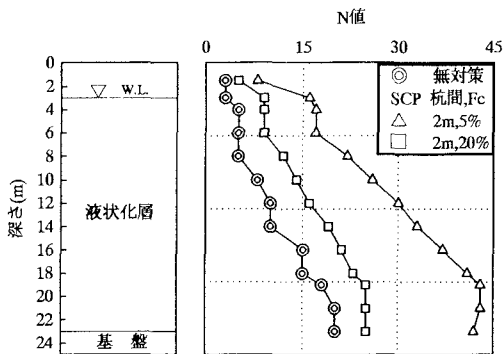


図2 地盤モデルの地層構成

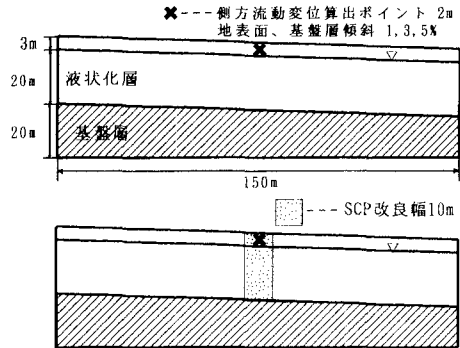


図3 側方流動解析地盤モデルとSCP改良幅

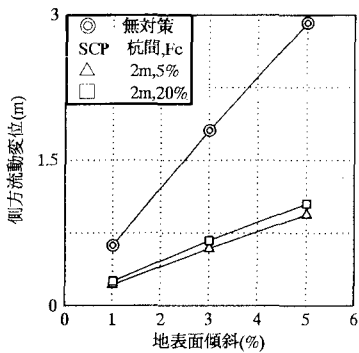


図4 側方流動変位

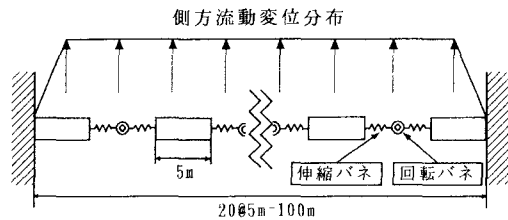


図5 パイプラインモデルと側方流動変位分布

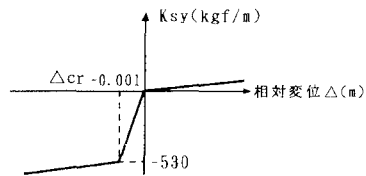
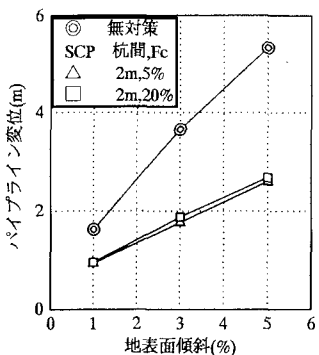
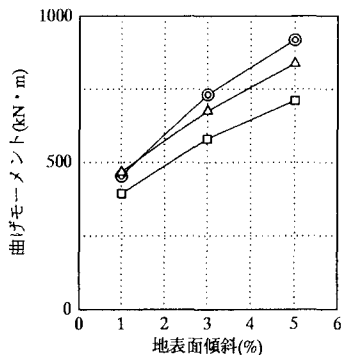


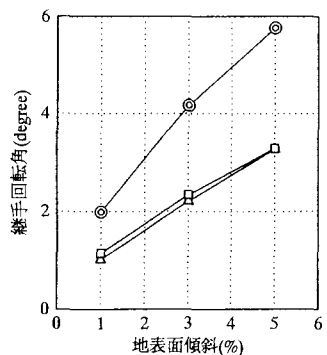
図6 軸直角方向地盤ばね(引張を正)



(a) パイプライン変位



(b) 曲げモーメント



(c) 継手回転角

図7 側方流動に伴うパイプラインの応答解析結果