

I-B 419

地中パイプラインに対する側方流動防止工法の効果

八代工業高等専門学校 正員 ○ 澁田 邦彦  
 熊本大学工学部 正員 秋吉 卓  
 熊本大学大学院 学生員 前田 修一  
 鉄建建設技術研究所 正会員 尻無濱昭三

**1.はじめに** 液状化時の地盤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)工法を主として取り上げ、著者らが開発した、側方流動変位を地盤のせん断変形より算定する簡易の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、パイプラインの応答に与える側方流動防止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の打設締固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>を開発し、SCPによる改良地盤の液状化評価システムを構築しており<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。またシートパイル工法の場合についても同様の解析を行った。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 $\sqrt{1-u^*} \times 10^{-3u^*}$ 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1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2(a)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る。この地盤を、SCPにより改良した場合のN値は、施工条件に応じて図3のように改良される。図中、◎、△及び□印は、砂杭間隔：細粒分含有率がそれぞれ2m：5%、2m：20%及び6m：5%の場合の結果であり、加振力591.9kN、加振時間100秒で改良している。これらの改良地盤の液状化解析結果より、過剰間隙水圧比に応じて地盤の剛性を低減させ、図2の地盤モデルで側方流動解析を行い、図2の×印(深さ2m)地点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。ただし、◎、△及び□印は、図3と同様である。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。また図中+印はシートパイル工法による結果であり、SCP工法と同程度の効果が示されているが、以下では、SCPによる改良の場合についてのみ述べる。

**4. 地中パイプラインの応答解析** ここではS型及びGM型継手で接続されたパイプラインが図2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。地盤ばね及び継手回転ばねの特性としてそれぞれ図6及び図7に示すようなバイリニア型のものを用いた。図8,9はそれぞれS型及びGM型継手パイプラインの応答であり、

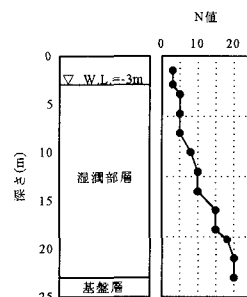


図1 地盤モデルの地層構成

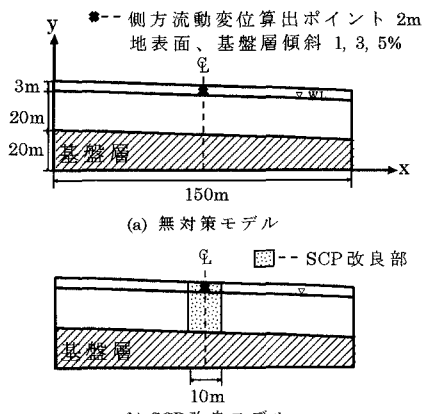


図2 地盤モデル

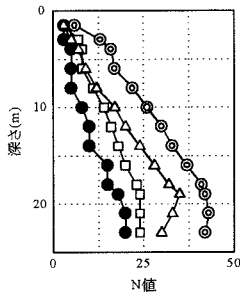


図3 改良N値

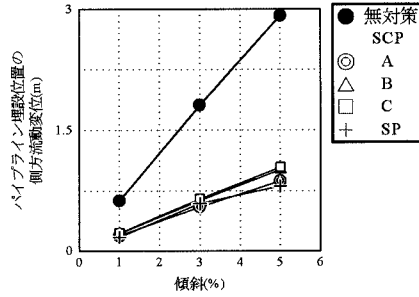


図4 側方流動変位

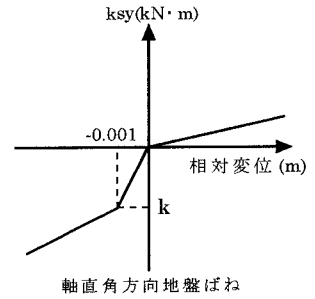


図6 地盤ばね特性 (引張を正)

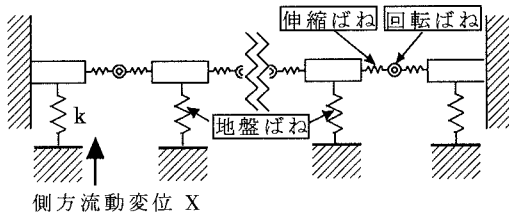


図5 パイプラインモデル

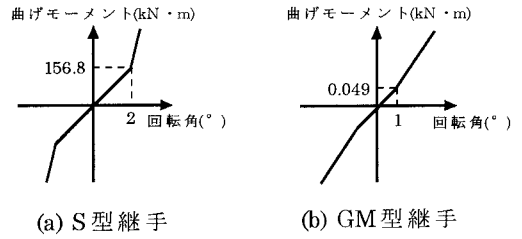


図7 継手回転ばね特性

両図とも(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表している。図8のS型継手パイプラインでは、(a)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の応答値が無対策地盤中のそれより小さくなっており、地盤改良の効果が明白である。(b)の最大曲げモーメントは、側方流動変位が抑えられても地盤ばね定数が改善されるため、無対策との差は大きくない。(c)の継手回転角は、S型継手ではほぼ許容回転角 $5^{\circ}$ 程度以下に納まっていることがわかる。一方、図9のGM型継手パイプラインでは、(b)の最大曲げモーメントはS型継手のそれより大きく低減されるもの、(c)の継手回転角は、SCP改良地盤の地表面基盤層傾斜1%の場合を除いて、いずれの場合も許容回転角 $5^{\circ}$ を越えている。最大継手回転角はパイプライン端部固定境界付近での値であり、GM型継手のような可撓性の継手を液状化/非液状化境界付近に用いる際には注意が必要であることを示している。

5.まとめ 本研究により、SCPなどの地盤改良が側方流動変位やパイプラインの応答変位抑制に効果的であることを示した。また柔継手を用いる際には継手変位に注意が必要であることを示した。

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. 9JEEES*, pp.949-954, 1994. 5)Akiyosi,T. et al, *Soil Dynamics and Earthquake Engg.*, Vol.12, No5, pp.299-307, 1993. 6)Akiyosi,T. et al, *Proc.9JEEES*, pp.955-960, 1994

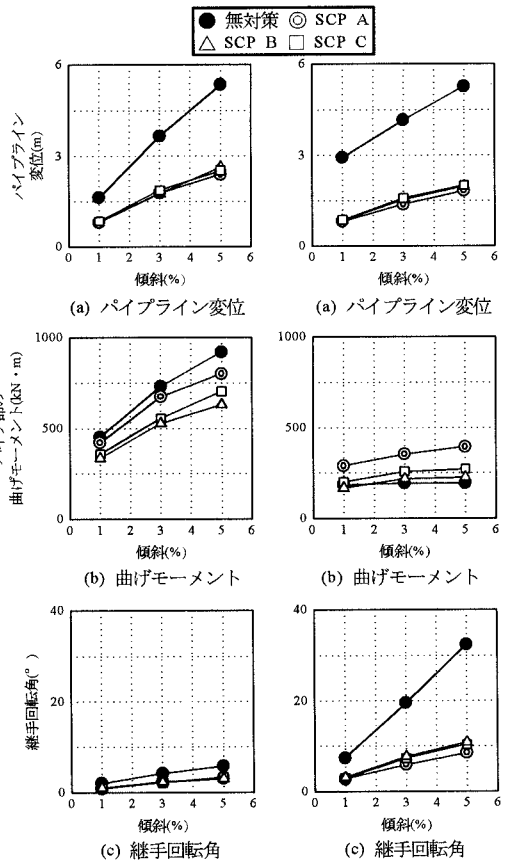


図8 S型継手パイプラインの応答最大値 図9 GM型継手パイプラインの応答最大値