

I-521 液状化に伴う地盤永久変形による地中埋設管の挙動解析

金沢大学大学院 学生員 ○野村 吉範
 金沢大学工学部 正 員 北浦 勝
 金沢大学工学部 正 員 宮島 昌克

1. はじめに

1983年日本海中部地震の際には能代市において、液状化の発生が認められた地域と地盤の永久変形の発生した地域はよい対応を示しており、かつこのような地域に埋設管の被害が多数見られた。液状化現象によるライフラインの被害の要因としてこれまでは浮力による管の浮上が目されおり、このような永久変形をその要因として取り上げた研究は少ない。そこで本研究では、液状化によって引き起こされる地盤の大変形が地中埋設管の破壊に及ぼす影響を明らかにしようとした。

2. 解析モデル

Fig.1 は日本海中部地震の際の能代市における地盤の永久変形の分布状況と、管路の破壊箇所を示している。A～Eはそれぞれ管の破壊モードを示しており、A～Cは管体部での破壊、D、Eは継手部での破壊である。同図から地盤の永久変位の形状は急変するものではなく、除々に変化するものであることがわかる。従って本研究では地盤の永久変形の形状をFig.2 のように調和波と仮定する。

3. 解析手法および条件

本研究では、中村によって提案されている数値誤差の改善を考慮した修正伝達マトリックス法を用いて数値計算を行った。ここではFig.3 に示すような地盤と管の間の復元力特性の非線形性を考慮し、両者間の相対変位が u_o, v_o を越える場合は復元力は増加せず一定であるとした。 u_o, v_o の値としては両者とも1 cmとした。また、日本海中部地震の際の能代市の震害例によれば、地盤の永久変形が発生した地域では液状化現象が生じていることが多い。そこで地盤の永久変形が管に作用する箇所では管を拘束する地盤ばね定数を低下させることによりこの液状化現象を解析上に取り込んだ。解析においてはこの液状化による地盤ばね定数の低下を地盤ばね定数に低減係数をかけて表した。すなわち、液状化していない場合は低減係数を1.0 とし、液状化の程度が進むにつれてこの値を低下させるものとした。

解析の対象としてはダクタイル鑄鉄管 (DCIP)、鋼管

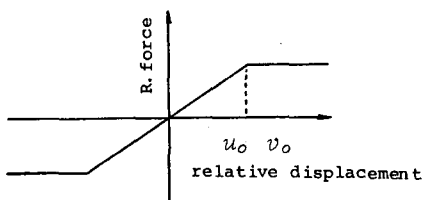


Fig.3 Characteristic curve of soil spring

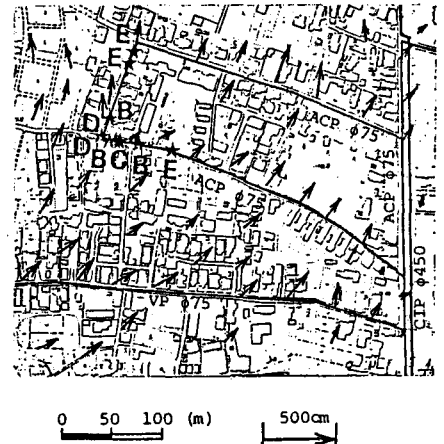


Fig.1 Lateral spreading and pipe damage (Aoba-cho in Noshiro)

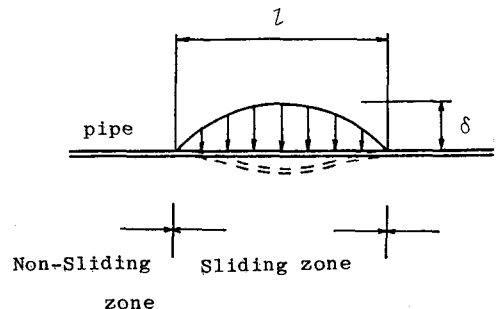


Fig.2 Analytical model (Plane figure)

(SP) を採用し両者の呼び径は 400mm とする。調和波で与えられる地盤の永久変形モデルは最大値 δ が 1m, 発生する範囲 L は 20m, 40m, 60m の 3通りとした。

4. 解析結果

Fig.4 は地盤ばね定数の低減係数とSPに生じる最大曲げ応力との関係を示している。また, Figs.5,6はそれぞれ地盤ばね定数の低減係数とDCIPの継手部の引き抜け量および回転角の関係を示している。

これらによると, 一般に低減係数が増加するにつれ管の各応答値は大きくなることがわかる。例えばSPにおいては低減係数が $1/10$ 以上のとき, 永久変形が発生する範囲にかかわらず, 生ずる曲げ応力は管の許容曲げ強さを越えており, 管が破壊する可能性は極めて大きい。一方, DCIPでは低減係数が $1/1000$ 以上で, かつ永久変形の発生する範囲が 20m の場合, 継手回転角が許容継手回転角を越えており管が破壊する可能性がある。しかし, 低減係数が 1 から 0 へ遷移する過程において永久変形の発生する範囲が大きいほど, 管の応答値がより大きくなる領域がある。本解析においては, このような場合には管は許容値を越えていない。しかし能代市の例によれば, 実際の地盤の永久変形は数kmにわたって発生しており, その最大変位量も 5m 近くあることから, この解析で安全とされる低減係数でも管は破壊に至る可能性がある。また, 液状化現象の際の浮力による管の破壊の危険性は液状化範囲が大きいほど増すことが指摘されており, 液状化に伴う地盤の永久変形の発生する範囲が大きいときには永久変形により管に作用する力と浮力との両方の作用により管が破壊することも予想される。

5. まとめ

本研究は, 液状化に伴う地盤の永久変形が地中埋設管に及ぼす影響を電算機解析を通じて明らかにしようとしたものである。本研究により, 地盤の永久変形を考える上で液状化に伴う地盤ばね定数の低減をどの程度に評価するかが非常に重要であることがわかった。

今後検討すべき課題としては, 地盤ばね定数の低減により永久変形がどのように変化するか, また浮力との相関はどうなるのかなどを解明することが上げられよう。

参考文献 1) 久保慶三郎, 浜田政則, 磯山龍二; 日本海中部地震における地盤の永久変位の測定, 第18回地震工学研究発表会, pp.353~pp356, 1985.

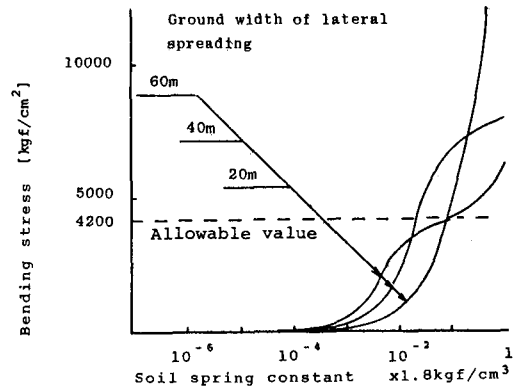


Fig.4 Relationship between bending stress and soil spring constant

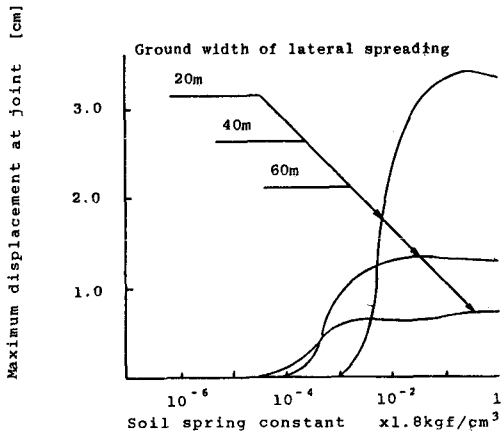


Fig.5 Relationship between maximum displacement at joint and soil spring constant

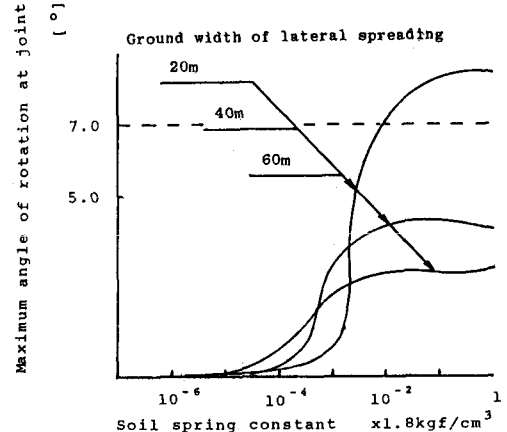


Fig.6 Relationship between maximum angle of rotation at joint and soil spring constant