

I-644 液状化地盤での埋設管変位挙動解析

川崎製鉄株式会社	正員	小池	武
同上		今井	俊雄
同上		中野	昭三郎

1. はじめに

液状化被害が大規模に発生した地域で埋設管の一部が地上に大きく露出する光景が観察されることがある。これは、軸方向変位を受けた管路が液状化により著しく剛性を低下させた周辺地盤の拘束力を超えて座屈変形したことによるものと見られる。

本研究は、液状化地盤で見られるこの座屈変形を防止する目的で、地盤変位に対する管路挙動および管路の座屈変形を拘束するのに必要な地盤改良範囲について数値検討を行なったものである。

2. 解析方法

管路構成要素の構造モデルは、梁要素とバネ要素からなる立体モデルとし、梁要素は軸・曲げ・捩じり剛性を持つ完全弾塑性体と仮定する。また、バネ要素は管の周辺地盤剛性をモデル化しており、軸方向および軸直角上下水平3方向の計4種類のバネを導入し、各々にbi-linear特性を仮定した。

解析は、材料非線形と大変位挙動を考慮できる3次元配管構造解析システムにより実施したが、この解析システムの内容は、文献1)に詳述されているのでここでは省略する。

液状化地盤での地盤剛性は、原地盤の地盤剛性に比較して著しい低下を示すことが文献2)で指摘されているが、その定量的な評価が難しいことから、ここでは1/1000から1の範囲でパラメトリックに変化する値を用いて数値検討をおこなった。

3. 検討事例

図1(文献3)は、1964年新潟地震の際に口径100mmのガス管路が地上に露出した様子を示している。このような座屈変形(地上露出タイプ)の発生条件を求める目的で、管軸方向地盤変位と管口径、地盤剛性劣化度および昇圧力(過剰間隙水圧に起因する埋設管に作用する圧力)の関係を数値的に検討した。

表1は、計算条件の一覧表であり、図2-4はそれぞれ座屈変形に及ぼす昇圧力、管径、地盤剛性劣化度の影響を示している。図2によると、昇圧力200kgf/m程度では10cm以下の地盤変位では座屈変形は生じにくい、昇圧力500kgf/m以上の場合は相対的に小さな地盤変位でも座屈変形が発生しやすいことを示している。図3は、管口径が300mm以下では座屈変形が発生するが、それ以上の口径では座屈モードが変化し、図1の座屈とは異なるちょうちん座屈モードが卓越することになる。図4は、地盤剛性劣化と座屈変形の関係であるが、同図によると1/10以上の地盤剛性を保持している液状化地盤では、座屈変形は発生せず、反対に1/100以下の剛性劣化地盤で発生著しいことを示している。

図5-6は、液状化地盤(L)の一部(W)が事前の液状化対策工法により補強され液状化中も劣化しないと仮定した場合の対策範囲(W)と液状化対策効果の関係を見たものである。同図によると、無対策の場合(W/L=0)に比較して、W/L=0.1でも大きな防止効果のあることを示している。

4. 結論

数値検討結果より得られたことを纏めると以下の通り。

(1)液状化地盤での管路の座屈変形(地上露出タイプ)は、口径300mm以下の管路で地盤剛性が原地盤

剛性の1/10以下の時発生しやすい。

(2)座屈防止対策としての地盤改良範囲は、液状化区間の1/10程度でも効果を期待しうる。

表1. 解析諸元

項目	単位	数値
管径	mm	318.5
管厚	mm	6.4
降伏応力	kgf/mm ²	22.0
地盤係数		
軸	kgf/cm ²	33.4 (2.8)
水平	kgf/cm ²	68.5 (7.6)
鉛直上向	kgf/cm ²	68.5 (7.6)
鉛直下向	kgf/cm ²	68.5 (7.6)

(注) 表中 () は地盤バネ降伏変位(mm)を表す。

参考文献

- 1) 小池 武、今井俊雄、金子忠男：地盤変状に対する埋設管路の変位挙動解析、第21回日本地震工学研究発表会、1991年、pp.293-296.
- 2) 佐武正雄他：地中埋設管の液状化による被害の実態とその対策、日本科学技術協会、1988年、p.288, 350
- 3) 若松加寿江：日本の地盤液状化履歴図、東海大学出版、1991、p.vi.



図1. 液状化地盤でのガス管の座屈変形

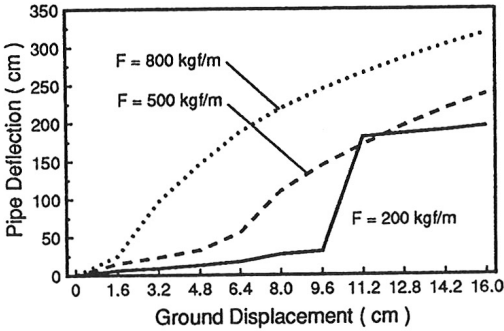


図2. 昇圧力と座屈変形の関係

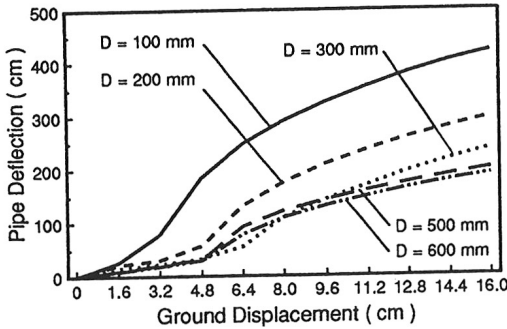


図3. 管口径と座屈変形の関係

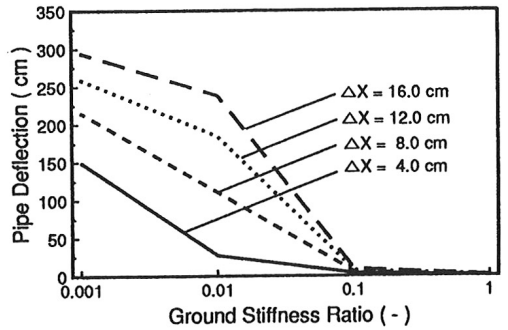


図4. 地盤剛性劣化と座屈変形の関係

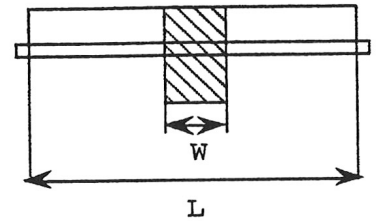


図5. 液状化対策範囲

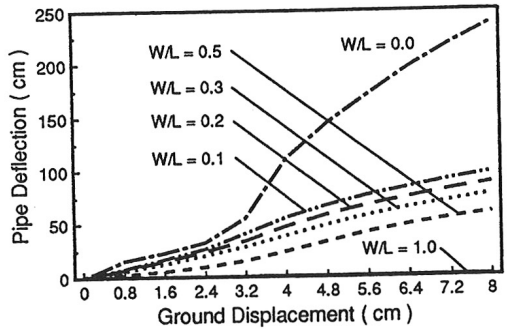


図6. 液状化対策区間とその防止効果