

I-541 埋設管の地盤変状解析方法について

日本電信電話㈱ 正員 鈴木 崇伸

日本電信電話㈱ 正員 中野 雅弘

1. はじめに

既往の大地震において、側方流動・亀裂・陥没などの地盤変状により埋設管は大きな被害を受けてきている。特に砂質地盤の液状化現象による埋設管の被害は甚大であり、液状化が埋設管に与える影響の解明はライフラインの地震防災における重要な課題の一つである。

そこで本稿では、地盤変状が埋設管に与える影響を解析する方法を示し、埋設管の継手構造による耐震性の差異を検討した結果を述べる。

2. 地盤変状の分類

過去の被害状況から埋設管に影響を与える地盤変状は、

(i) 砂質地盤の液状化による永久変位(側方流動, 沈下, 隆起)

(ii) 軟弱地盤における沈下, 地割れ

(iii) 宅造地における盛土部分の沈下, 地割れ

(iv) 盛土の沈下・すべりおよび橋台背面盛土の沈下

に分類される。これらの地盤変状量は過去の地震時の調査結果などから作成した推定式が提案されており、地盤条件や想定地震動等から予測することができる。

表-1 地盤変状量の予測式

種別	変状項目	予測式	備考
液状化	水平変位	$D = 0.75 \sqrt{H} \sqrt[3]{\theta}$	D: 変状量 (m) H: 液状化層厚 (m) θ : 層境の勾配 (%)
	鉛直変位	$D = 0.15 \sqrt{H}$	

これらのうち液状化による永久変位量の推定式を表-1に示す。表中、水平変位は浜田他により提案された式であり、鉛直変位は航空写真測量結果から新たに作成した推定式である。

3. 解析方法

地盤条件等から地震外力となる地盤の変形量が規定された時、埋設管の変形度合を算出し、耐震性を評価する手順は、①構造物の数値モデル化、②地盤変形の数値モデル化、③応答計算、④安全性の照査である。地中構造物のうち埋設管は、伸縮あるいは回転に対して非線形特性をもつバネで連結されている弾性床上のはりでモデル化できる。さらに、埋設管を支持する地盤バネも管と周辺土のスベリを考慮して非線形特性をもたせることにより、現実の構造系をよく近似できる。埋設管の解析モデルを図-1に示す。

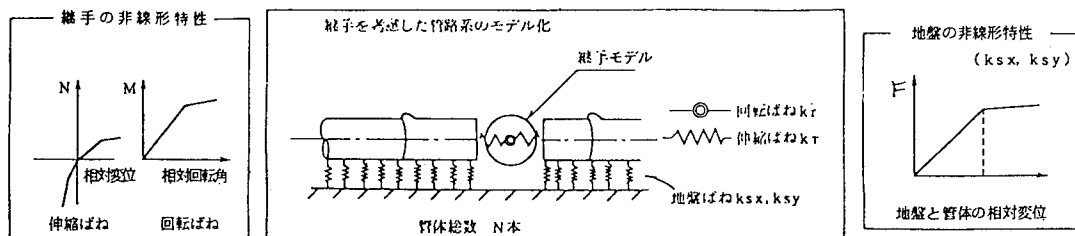


図-1 埋設管の解析モデル

地震外力とした地盤変形は、①地震波動による地盤の変形、②軟弱粘性土地盤の沈下、③造成地の盛土部分の亀裂④液状化による浮力、⑤液状化による鉛直変位、⑥液状化による水平変位である。各種地震外力のイメージを表-2に示す。なお、軟弱地盤の解析では地盤バネの値を $1/3$ に、液状化の解析では $1/10$ に低下させ、周辺土の拘束力を減少させることとした。

非線形なバネ系で表現されたモデルに各種地震外力を作用させた時の計算には、伝達マトリクス法が適している。予測される地盤変状が発生した場合の断面力ないし応力度あるいは、継手部の変位置・回転量を算出して、埋設管の限界値と比較することにより、安全性の照査が行なえる。

4. 計算例

上述の地震外力のうち、①地震波動と⑤液状化による鉛直変位を、ネジ継手と差込み継手の鋼管に作用させた時の計算結果を表-3に示す。計算では管体の応力度あるいは継手部の変形量が限界値に達する時の地盤の変形量を求めた。なお、地震波動の場合は変位振幅と波長から地盤ヒズミに換算して示している。

計算結果より、差込み継手は伸縮しろをもっているためネジ継手に比べて地震波動に対しては耐震性がかなり上まわっていることがわかる。一方、液状化による沈下に対しては、継手の回転特性が同様なため、両者に顕著な差異はないといえる。

5. おわりに

埋設管の地盤変状時の解析方法を確立することは、ライフライン設備の震災予防の面からも、また合理的な地盤変状対策を確立する上でも重要であり、今後も検討を続けていく予定である。

最後に地盤変状に関する調査・研究で御指導、御協力頂いた久保慶三郎東大名誉教授、浜田政則東海大教授、高田至郎神戸大助教授、安田進九工大助教授に深く感謝いたします。

(参 考 文 献)

- (1) 浜田・安田・磯山・恵本：液状化による地盤の永久変位の測定と考察，土木学会論文集，第376号/Ⅲ-6，1986年12月
- (2) 浜田・安田・磯山・恵本：液状化による地盤の永久変位と地震被害に関する研究，土木学会論文集，第376号/Ⅲ-6，1986年12月
- (3) 田邊操司良・高田司郎：地盤沈下を受ける地中管路の設計式と適用，土木学会論文報告集，第374号，PP.598，1986.10.
- (4) 片桐 信・高田至郎・田邊操司良：液状化後地盤沈下に対する地盤ばね係数推定実験と管路挙動解析，土木学会第42回年次学術講演会，1987.11.

表-2 各種地震外力のイメージ

地震外力	解析モデル
波 動	
軟弱地盤沈下	
地 割 れ	
浮 上	
鉛直変位	
水平変位(軸方向)	
水平変位(軸直角方向)	

表-3 計算結果

地震外力	継手構造	地盤変形量
地震波動	ネジ	1800 μ
	差込み	2900 μ
液状化時鉛直変位	ネジ	19 cm
	差込み	22 cm