

液状化地盤の側方流動を受ける地中埋設管の挙動解析

金沢大学大学院 学生員 長谷川正道

金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克

金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. はじめに

新潟地震や日本海中部地震の際に見られたように地盤の液状化が広域的に発生すると、地盤の傾斜が極めて小さい場合でも数メートルにおよぶ永久変位、すなわち側方流動の生ずることが知られている。また、このような液状化による大変形の生じた地盤中に存在した地中構造物は、何らかの外力を受け破壊されていることが震害調査により明らかにされている。永久変位に起因した杭基礎や地中埋設管の破壊機構に対しては、地盤を弾・塑性ばねに仮定する応答変位法を用いた数値解析的な研究¹⁾がこれまで行われてきた。しかし、液状化した地盤が流動するときにも地中構造物が周辺地盤に弾・塑性ばねで支持されているとは考えにくい。

そこで本研究では、側方流動地盤を粘性流体と仮定し、実験から得た粘性係数を基に地中埋設管の挙動を解析し、従来行われてきた応答変位法を用いた解析と比較検討を行った。

2. 解析手法

解析には修正伝達マトリックス法を用いた。解析対象の管路は5mごとにGM-II継手で連結された全長100m、呼び径400mmのダクトイル鋳鉄管である。管路の物理定数を表1に示す。応答変位法においては、地盤の永久変形を放物形に仮定し、地盤ばねを介して管路に作用するものとした。また、側方流動地盤を粘性流体と仮定する場合は、筆者らが行った落球式実験²⁾から得た粘性係数の平均値 1.1 gfs/cm^2 を用いた。管路に作用する外力として一定の流速の流体中に存在する円柱が流体から受ける抗力式である式(1)から最大抗力を求め、分布形状を放物形に修正したものを用いた。また高田らの調査³⁾によれば、能代市における液状化発生範囲を等価な円に置き換えると、直径約10~40mの規模のものが多いため側方流動地盤の幅を40mとした。地盤の単位体積重量は 2.0 gf/cm^3 とした。

表1 ダクトイル管の物理定数

Outer Diameter (mm)	425.6
Inner Diameter (mm)	408.6
Young's Modulus (kgf/cm^2)	1.6×10^6

$$F = \rho C_d v^2 \frac{D}{2} \quad (1)$$

ここで、 F : 抗力(gf/cm)、 ρ : 液状化地盤密度(g/cm^3)、 C_d : 抗力係数、 v : 円柱と側方流動の相対速度(cm/s)、 D : 円柱外径(cm)

3. 解析結果

応答変位法を用いた従来の解析では、液状化地盤は地盤ばね定数を低減することにより表現されている。図1は応答変位法を用いた最大永久変位1mの場合の、地盤ばね低減係数1, 1/100, 1/10000に対する管路の変位分布を示している。ダクトイル鋳鉄管は継手部が存在するためたわみ易い柔構造である。したがって、地盤ばねが低減されても永久変位と同程度の管の変位を生じる結果となっている。図2は同条件の管路の回転角を示している。図3は各地盤ばね低減係数に対する最大永久変位1, 3, 5mの最大回転角を示している。最大回転角は低減係数の影響をほとんど受けず永久変位に大きく依存している。図4は側方流動地盤を流体と仮定した場合の地盤流動速度に対する管路の最大変位を示している。図5は同条件の最大回転角を示してい

る。GM-II継手の許容回転角は 7° であると言われているが、地盤の流動速度が約 9cm/s 以上では回転角が 7° 以上となるので破壊の可能性があると言える。以上のことから、応答変位法では地盤ばね低減係数に関係なく地盤が管路の許容回転角を発生させるような永久変位を生じたときに管路は破壊状態に達したが、地盤を粘性流体として解析した場合は、流動速度がある流動速度（今回の地盤条件では約 9cm/s ）以下では地盤の変位量に関わらず破壊に至らないという結果となった。

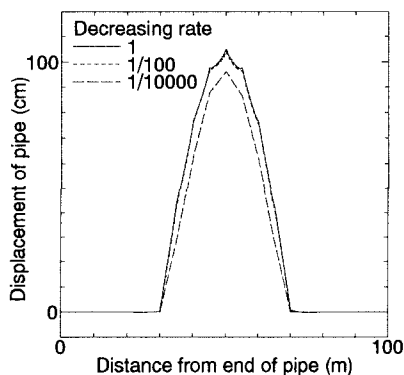


図1 管路の変位分布

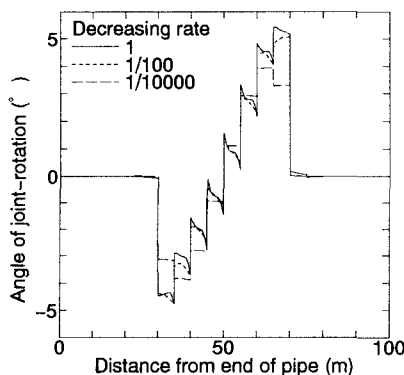


図2 管路の回転角分布

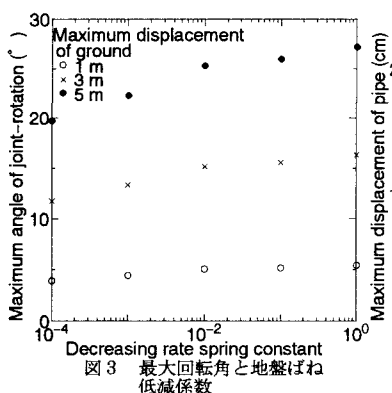


図3 最大回転角と地盤ばね低減係数

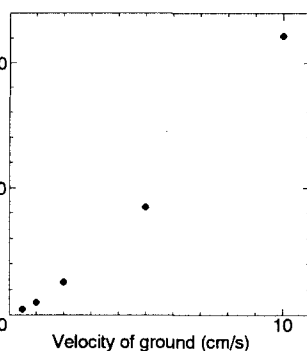


図4 最大変位と地盤流動速度

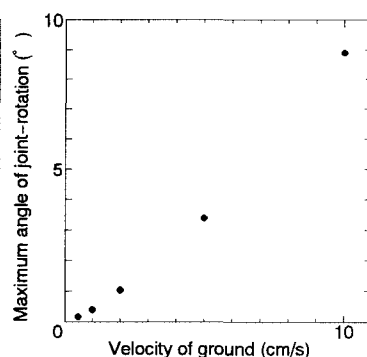


図5 最大回転角と地盤流動速度

4. おわりに

液状化に伴い永久変位（側方流動）する地盤中に存在するダクトイル鋳鉄管に対して、地盤を弾性体と仮定する応答変位法と、粘性流体と仮定する方法とを用いて、その挙動を比較した。粘性流体として解析する方法は従来の応答変位法に比べ安全側の評価を与えた。しかし、実際の地盤の流動速度が分からないので、今後は側方流動の流動速度の検討を行うとともに、地盤の変位量も同時に考慮できる解析方法を検討する必要がある。また、実被害との比較も行う予定である。

参考文献

- 1) 森伸一郎・清水勝美・鈴木信久・高木政美・中村晋：液状化による地盤の永久変位に起因する杭基礎の被害と解析，第20回地震工学研究発表会講演概要，pp. 25～28，1989。
- 2) 穂坂英正・長谷川正道・宮島昌克・北浦勝：液状化地盤の側方流動が地中構造物に及ぼす作用力に関する実験，土木学会中部支部平成6年度研究発表講演集，1995。
- 3) 高田至郎・永井淳一・田辺揮司良：塩化ビニル管の地震被害と耐震解析，建設工学研究所報告，No. 27，pp. 95～110，1985。