

液状化地盤の側方流動が地中埋設管に及ぼす影響

金沢大学大学院 正会員 宮島 昌克
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝
 金沢大学工学部 ○生田目尚美

1.はじめに

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、即ち側方流動が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ていた地中構造物は、何らかの外力を受けて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地中構造物への外力荷重の評価を行った研究には、側方流動地盤を弾・塑性ばねに仮定する方法が行われている一方、側方流動地盤を粘性流体と仮定する方法によっても破壊機構を評価出来ると言われている。

そこで本研究では、液状化地盤として地盤ばね定数を低減させた場合と粘性流体と仮定した場合のそれぞれについて、兵庫県南部地震において地中埋設管の被害の大きかったポートアイランドの被害データをもとに応答解析を行い、考察した。

2.被害の概要²⁾

上水道管路の被害形態はほとんどが継手の引き抜けによるものであり、ポートアイランド全域にわたって被害がみられた。永久変位もポートアイランド全域にわたって観測されており、地中埋設管は側方流動による地盤の変形に追随しようとして破壊したものと思われる。また、噴砂は至る所に見られた。

3.解析手法

解析には修正伝達マトリックス法を用いた。解析の対象とした管体は5mごとにS型継手で連結された長さ100m～950m、呼び径200mm、300mmの直線のダクタイル鋳鉄管とし、ポートアイランドで破壊されていた管路それぞれについて解析した。応答変位法においては地盤の永久変形を放物線形に仮定し、地盤ばねを介して管路に地盤変位が作用するものとした。最大変位量と側方流動地盤幅を用いて、管路が破壊に達するときの地盤ばね低減率を調べた。また、側方流動地盤を粘性流体と仮定する場合は、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から最大抗力を求め、分布形状を放物線形に修正したもの³⁾を用いた。ここでは流動幅を用いて、管路が破壊に達するときの粘性係数を調べた。

解析に用いた側方流動地盤幅は管路の上の地表面に噴砂が観測された地域の幅としたので、被害にあった管路の流動地盤幅はほぼ管長と一致した。また、解析に用いた変位量は地表で観測された水平変位量と沈下量である。図1に地盤解析モデルを示す。

4.解析結果および考察

応答変位法を用いた従来の解析では、液状化地盤においては地盤ばね定数をそのまま用いると管路の破壊を過大に評価してしまうので、地盤ばね定数を低減することによって液状化地盤を表現している。そこで、管路が初めて破壊に達するときの地盤ばね低減率を調べようとしたが、いずれの管路も破壊に達しなかった。地震後の管路の試掘調査によると管路は液状に変位し

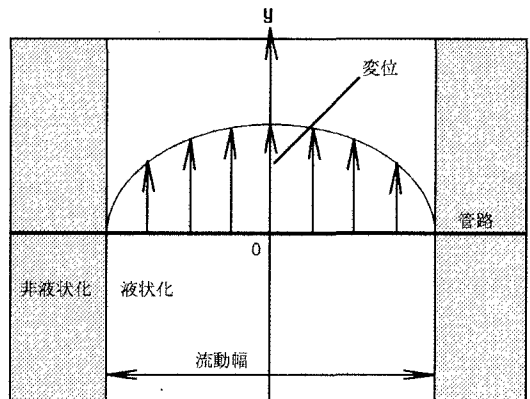


図1 地盤解析モデル

ており、一方向の変位、管路に対してひとつの流動幅で管路の破壊を評価することでは管路に及ぼす影響を現実的に再現することができなかったと思われる。

側方流動地盤を粘性流体と仮定した場合、液化化地盤をどのような粘性係数の流体として仮定するかが問題となってくる。粘性係数を小さく設定すると管路の被害を過小に評価することになり、危険である。そこで、破壊に達する時の流体の粘性係数を調べた。図2、図3は側方流動地盤を流体と仮定した場合の解析結果である。図2は地盤流動速度0.1cm/s、1.0cm/s、4.0cm/sとした場合に管路が破壊に達するときの液化化地盤の粘性係数と流動地盤幅との関係である。また、そのときの最大応答変位量と流動地盤幅の関係を表したものが図3である。図2は地盤流動速度が大きくなるほど、流動地盤幅が広がるほど小さな粘性係数を有する流体で管路が破壊するというを示している。同一の流動幅であっても流動速度によって管路が破壊するための粘性係数は大きく違う。また、流動幅によっても粘性係数は非常に大きく異なっており、今後、流動速度や粘性係数について検討する必要があると思われる。また図3より、どのような流動速度であっても破壊に達するときは流動地盤幅に対して特定の変位量が存在することがわかる。しかし、管路の最大応答変位量を見ると数十mに及んでいる場合もある。管路が破壊した周辺の地表の永久変位量は最大のものでも1.6m程度であり、管路の最大応答変位量が数十mになるとは考えにくい。液化化地盤を流体と仮定する場合には地盤の変位量をも考慮する必要があると思われる。

5.おわりに

液化化に伴って側方流動する地盤中に存在する地中埋設管について、側方流動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により実際の被害データをもとに応答解析を行った。弾性体として地中埋設管の被害を評価する方法は被害を過小評価する恐れがある。一方、粘性流体として評価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ることになった。しかし地盤の粘性係数を特定することはできず、実際の地盤の流動速度も分かっていない。また、どちらの方法で評価するにしても破壊に達する変位量と流動地盤幅に対する検討が必要であると思われる。

参考文献

- 1) 濱田政則・磯山龍二・若松加寿江：兵庫県南部地震 液化化、地盤変位及び地盤条件、(財)地震予知総合研究振興会、1995。
- 2) 管路の被害状況図(ポートアイランド)、神戸市水道局、1995。
- 3) 長谷川正道・宮島昌克・北浦勝：液化化地盤の側方流動を受ける地中埋設管の挙動解析、土木学会中部支部平成6年度研究発表会講演概要集、pp.83-84、1995。

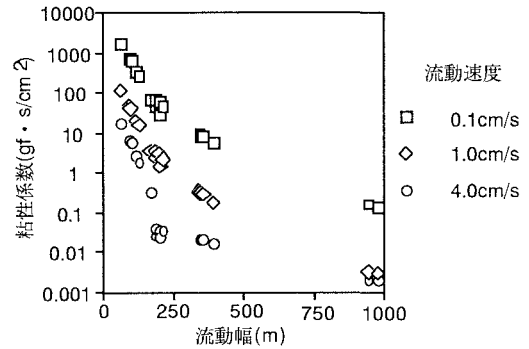


図2 地盤流動幅と粘性係数の関係

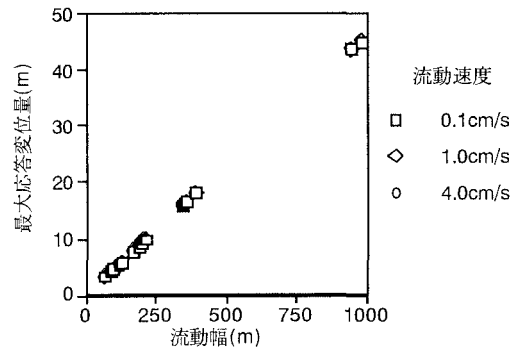


図3 地盤流動幅と管路の最大応答変位量