

完全液状化時の地中埋設管の地盤ばねに関する一考察

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

液状化過程における地中埋設管の破壊に注目すると、不完全液状化時に生ずる地盤の大きな動的挙動や、液状化地盤と非液状化地盤の境界部付近の複雑な地盤震動による動的破壊、および管路の浮上や地盤の永久変形による静的破壊に分類することができる。完全液状化時には地盤ばねが低減し、地盤の地中埋設管を拘束する程度が減少するので、地盤変位による影響が管路に伝わりにくくなり管路にとっては安全な状態になると考えることもできる。しかし、完全液状化時には過大な地盤永久変位が生じたり¹⁾、浮力が管路に作用することが知られおり、地盤ばね定数をゼロと考えてこれらの影響を無視するということではできない。このような観点から本研究では、模型実験を実施し、完全液状化時の地中埋設管の地盤ばねを定量的に検討した。

2. 模型実験

実験装置の概略を図1に示す。鋼製の砂箱に比較的細砂で均一手取川の川砂(有効径0.1mm, 均等係数2.6, 粒径はほぼ0.1mmから0.6mmの間に分布している)を用いてゆる詰めめの模型砂層を作成した。管模型としてはウレタンゴムの丸棒(直径20mm, 長さ964mm)を用い、一端固定の状態ではゆる詰めめの飽和砂層に埋設した。振動台を5Hzの調和波で加振することにより飽和砂層を液状化させ、完全液状化時の管の浮上量を測定した。管の浮上量については、自由端の上面に設置した棒の先端を地表面上にてビデオカメラで測定することにより計測している。なお、自由端上に設置された棒の鉛直が保持されるように工夫を施している。実験結果の一例を図2に示す。同図は、管の埋設深さにおける過剰間隙水圧比と管の自由端における浮上量を示しているが、同図によれば、加振直後から過剰間隙水圧が上昇しはじめ、加振開始2秒後には完全液状化状態となり、管も浮上しはじめていることが分かる。また、加振12秒後には管の浮上は止まるが、まだ液状化が継続している状態であるので、このときには管路の曲げ

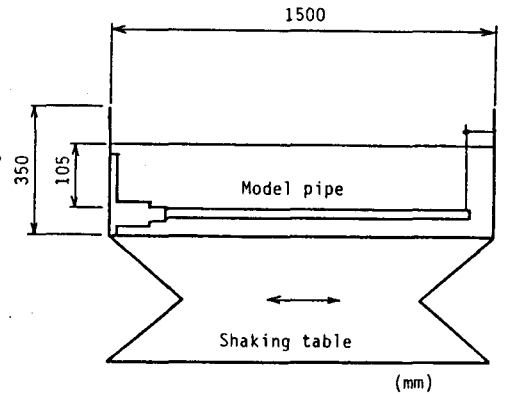


図1 実験概略図

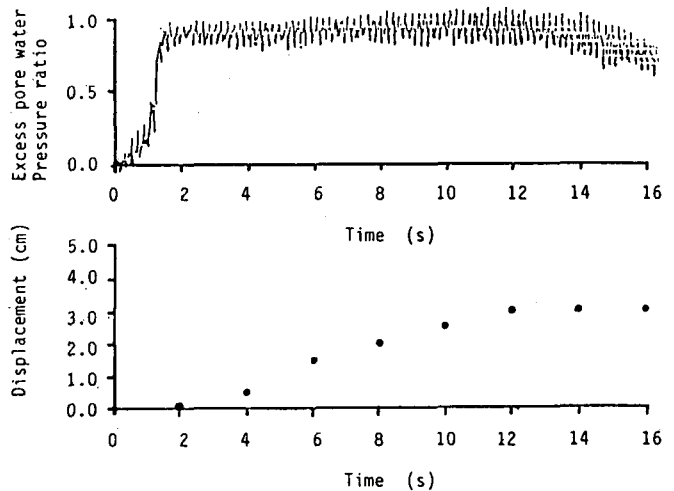


図2 過剰間隙水圧比と自由端の浮上量の時刻歴

剛性と浮力が釣り合っているものと考えられる。そこで、この状態における地盤ばね定数を弾性床上の梁理論を用いた理論解析により求める。

3. 解析方法および解析結果

管路全体に一律な浮力を受ける一端を固定された管を図3に示すようにモデル化すると、その変形は弾性床上のはり理論を用いて式(1)によって表すことができる。

$$EI \frac{d^4 v}{dx^4} + Kv = F \quad (1)$$

ここに、 v : 管路の鉛直方向変位、 K : 地盤ばね定数、 F : 単位長さあたりの上向きに作用する力である。なお本研究においては、地盤ばねを等価線形地盤ばねで評価している。境界条件は以下のように与えられる。

$$\begin{aligned} x = 0 : v = 0, v' = 0 \\ x = l : v'' = 0, v''' = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

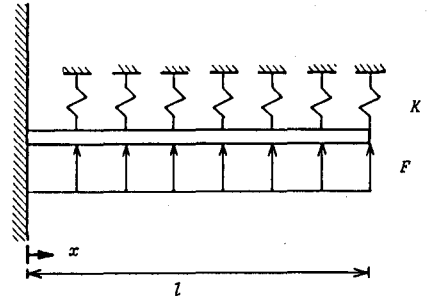


図3 解析モデル

式(2)の条件のもとで式(1)を解くと、管の鉛直方向変位が地盤ばね定数の関数として得られる。そこで、実験より得られた管の浮上量から地盤ばね定数を求めると、 $4.98 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^3 \sim 4.64 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^3$ という値が得られた。

4. 考察

ガス導管耐震設計²⁾においては、地盤と地中埋設管の間にすべりが生ずるまでの地盤ばね定数を 0.6 kg/cm^3 とし、すべりが生じた後は単位面積当たり 0.1 kg/cm^3 の摩擦力が働くとしている。本実験で得られた完全液化化時のばね定数をガス導管耐震設計におけるばね定数と比較すると、約 $1/1200 \sim 1/1300$ の値となる。高田・田邊ら³⁾は管路—マンホール系の液化化模型実験を実施し、液化化等価地盤ばね定数を求めているが、その結果によれば液化化地盤中の管路を弾性床上のはり理論を用いて等価線形解析を行う場合の液化化等価地盤ばね定数は、普通地盤の約 $1/1000 \sim 1/3000$ とするのが工学的に妥当であると結論づけている。本実験結果も高田・田邊らと実験手法は異なるもののばね定数の値はよい対応を示しており、本実験結果からも高田・田邊らが示した値が妥当であろうと考えられる。しかし、これらの実験はいずれも比較的規模の小さい模型実験から得られた結果であるので、実地盤あるいはそれに対応するような大規模な模型地盤での検討がさらに必要である。

最後に、実験やデータ整理を手伝っていただいた碓 章氏(元 金沢大学工学部学生、現 浅沼組)に感謝いたします。

参考文献

- 1) Miyajima, M., Kitaura, M. and Nomura, Y.: Characteristics of Permanent Ground Displacement Induced by Soil Liquefaction, Memoirs of the Faculty of Technology, Kanazawa University, Vol. 21, No. 1, pp. 1 ~ 10, 1988.
- 2) 日本ガス協会: ガス導管耐震設計指針, pp. 177 ~ 182, 1982.
- 3) Takada, S., Tanabe, K., Yamajyo, K. and Katagiri, S.: Liquefaction Analysis for Buried Pipelines, Structures and Stochastic Methods, Developments in Geotechnical Eng., Vol. 45, pp. 319 ~ 333, 1987.