

埋設管の水平抵抗力と液状化程度の関係

Horizontal resistance force of buried pipe depending on the degree of liquefaction

○井谷昌功* 藤田信夫* 澤田 豊** 有吉 充*** 毛利栄征*** 河端俊典**

ITANI Yoshinori, FUJITA Nobuo, SAWADA Yutaka, ARIYOSHI Mitsuru,
MOHRI Yoshiyuki, KAWABATA Toshinori

1. はじめに

土地改良事業計画設計基準「パイプライン」では地盤変状に対する地震応答対策の記載はあるものの、具体的な設計方法は述べられていない¹⁾。液状化地盤中の管路挙動や管体に作用する力など、埋設管路の安全性を考える上で解明すべき項目が数多く残されている。本報告では、液状化地盤中の埋設管に作用する水平抵抗力と液状化程度との関係を明らかにすることを目的として、スラスト力を受ける曲管部をモデルとした模型実験を実施した。

2. 実験概要

実験装置の概要を Fig.1 に示す。模型管は外径 50 mm、長さ 200 mm のアルミ製（両端部にはクッション材を取付けて壁面摩擦を低減）とし、両管側面には土圧計および間隙水圧計を埋め込んでいる。土槽は高さ 500 mm、長さ 600 mm、奥行き 200 mm で、土槽内には 4 点の土圧計および 15 点の間隙水圧計を設置した。水槽水位を上昇させて土槽底面に給水し、地盤内の過剰間隙水圧を高めることで液状化地盤を模擬することとした。また、土槽壁面に沿って発生する水みちの影響を抑制するため、土槽高さ 125 mm、375 mm の内壁全周に張出し幅 20 mm の遮水板（PVC 製）を設置した。地盤材料は Table 1 および Fig.2 に示す 6・7 混合珪砂を使用し、水中落下法により相対密度が 20~40% 程度の緩詰め地盤を形成した。実験は土槽内の動水勾配 ($i=H/L$) を変化させ、それを保持した状態で模型管を重錘（一定荷重）または電動アクチュエータ（一定速度）により横引きする方法で行った。なお、重錘の重量は 1, 2, 4 kgf の 3 ケース、電動アクチュエータの牽引速度は 0.1, 0.5, 1.0 mm/s の 3 ケースとした。

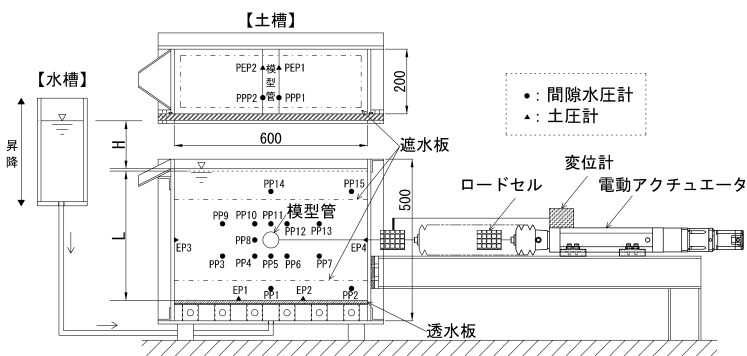


Fig.1 実験装置 (一定速度で牽引する場合)
Experimental equipment

Table 1 砂の物性値
Properties of sand

土粒子の密度	G_s	g/cm ³	2.63
砂の最小密度	ρ_{dmin}	g/cm ³	1.282
最大間隙比	e_{max}	—	1.051
最小間隙比	e_{min}	—	0.618

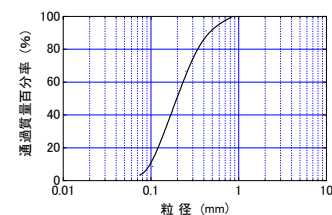


Fig.2 粒度分布
Particle size distribution

3. 実験結果および考察

(1) 限界動水勾配

過剰間隙水圧の変化の例を Fig.3 に示す。過剰間隙水圧は動水勾配の増加に伴い上昇し、 $i=1.0$ で計算上の有効上載圧にほぼ達して、それ以上は増加しない。土粒子の密度および間隙比 ($=0.924$) から求めた計算上の限界動水勾配 i_{cr} は 0.85 であるが、実験では壁面近傍に

* 株式会社クボタ Kubota Corporation, ** 神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, *** 農村工学研究所 National Institute for Rural Engineering
キーワード：埋設管，模型実験，液状化

生じる水みち等の影響もあり、土槽全体が完全液状化状態とみなせるのは $i_{cr}'=1.0$ まで上昇させた時点であると判断できる。このため、本実験では動水勾配 \equiv 過剰間隙水圧比となる。

(2) 管の水平変位

一定荷重を負荷した状態で動水勾配を変化させた時の管の水平変位を Fig.4 に示す。管の水平変位は重錘の重量が大きいものの方がより小さな動水勾配で動き始める傾向が認められ、完全液状化状態と考えられる $i_{cr}'=1.0$ 前後で大きな変位量を生じている。

(3) 管の水平抵抗力

動水勾配 $i=0.0, 0.5, 1.0$ で保持した状態で、管を一定速度で 25mm 横引きした時の水平抵抗力を Fig.5 に示す。管の水平抵抗力は牽引速度よりも動水勾配の影響を大きく受けており、 $i=0.0$ で 0.33~0.39 kN, $i=0.5$ で 0.18~0.23 kN, $i=1.0$ で 0.02~0.09 kN と液状化程度に応じて低下している。

(4) 地盤反力係数

実験から得られた地盤反力係数を Fig.6 に示す。地盤反力係数は管に作用する荷重を投影面積と水平変位量で除して算出した。なお、水平変位量は、一定荷重を負荷した場合にはその動水勾配で安定するまでの変位量の蓄積値を、一定速度で牽引した場合には管の水平変位量が 5 mm の時点²⁾で算出することとした。地盤反力係数はいずれの条件でも動水勾配が上昇するほど低下している。実験上の限界動水勾配である $i_{cr}'=1.0$ のときの地盤反力係数は 112~1,250 kN/m^3 (平均値 593 kN/m^3) とばらつきを含むが、 $i=0.0$ の時 (1,960~7,733 kN/m^3 , 平均値 3,635 kN/m^3) と比べて、平均値で 1/6 程度、最小値で 1/17 程度にまで低下している。

4. まとめ

液状化地盤における管路挙動を解明するため、上向き浸透流を与えた模型地盤で液状化程度の異なる条件を再現し、地盤反力係数を指標として評価した。今後は、地盤密度の違いや断面形状の影響について検証するとともに、スラスト力に対する管路全体の挙動を把握するため、模型管路実験と数値解析を行う予定である。

【引用文献】1)農林水産省(2009):土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」,372-374. 2)安田ら(1987):埋設管に対する液状化地盤の拘束力,地震工学研究発表会講演概要,Vol.19,189-192.

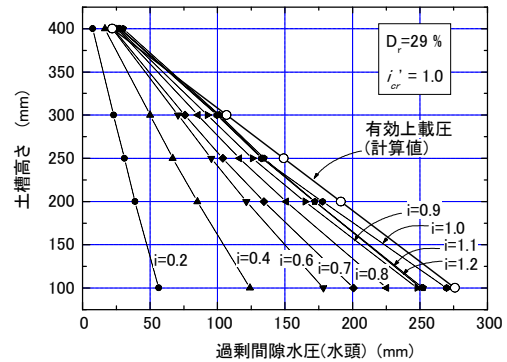


Fig.3 過剰間隙水圧の変化 (一定荷重 2kgf)
Transition of excess pore water pressure

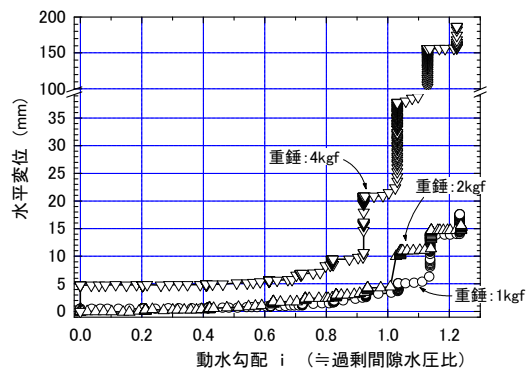


Fig.4 管の水平変位 (一定荷重)
Horizontal displacement of pipe

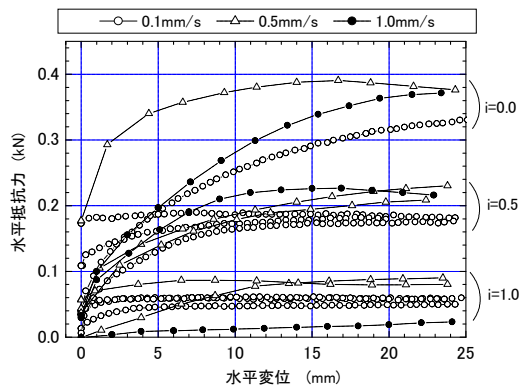


Fig.5 管の水平抵抗力 (速度一定)
Horizontal resistance force of pipe

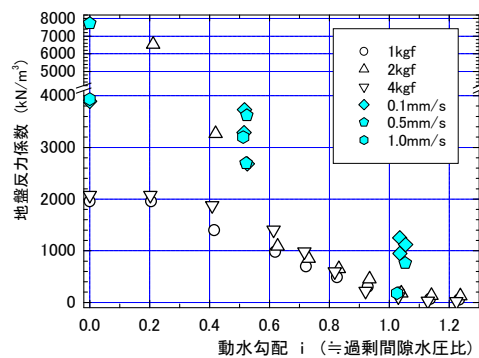


Fig.6 地盤反力係数
Coefficient of subgrade reaction