

液状化時に地中埋設管に作用する浮き上がり力に関する検討

新潟大学工学部 正会員 保坂 吉則
ツバメックス 非会員 吉川 暁
新潟大学工学部 正会員 神立 秀明

1. はじめに

液状化被害のひとつである軽量な地中埋設構造物の浮き上がり問題は、新潟地震以来の検討課題であるが、そのメカニズムと定量的な評価手法が十分定まっているとは言えない。¹⁾ 一般的に埋設管を浮き上がらせる力は、液状化地盤を完全な流体と見なせばその浮力相当であると考えられるが、一方液状化の程度や地盤条件等によっては、わずかに剛性が残って固体的な振る舞いをしたり、周辺境界との相互作用によって浮き上がり力が変化してくる可能性がある。そこで本報告では、振動台模型地盤を用いて埋設管の浮き上がり作用する力についての検討を行った。

2. 実験方法

振動台実験に用いた土槽の詳細と埋設管設置状況を図1に示す。埋設管は両端に蓋をした2種類の塩化ビニル管(表1)を用意し、土かぶり20cmとなる位置に設置した。これに先立ち、土槽底面に密閉型ロードセルを設置し、これと管とを水系で結んでその張力を測定することによって浮上力の検討を行った。なお水系の長さを調整して、最大浮上量がそれぞれ約1cm, 5cm, 10cmとなるように設定した。間隙水圧計は埋設管底部のフックに固定したもの(P1)と、土槽底面から10センチの位置に固定したもの(P2)の2個を設置した。

表1 塩化ビニル管の仕様

型式	外径 mm	長さ mm	体積 cm ³	質量 g	密度 g/cm ³
VU40	48	600	1110	278	0.250
VU65	76	600	2783	576	0.207

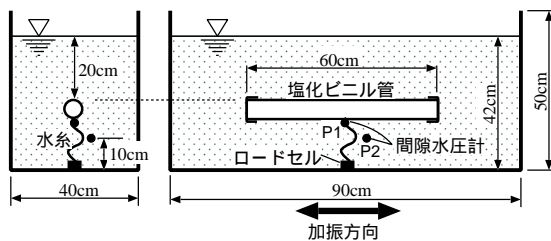


図1 土槽モデル

模型地盤は阿賀野川砂 ($\rho_s = 2.676\text{g/cm}^3$, $e_{max} = 0.989$, $e_{min} = 0.608$) を用い、水中沈降法で相対密度

が約30%となるように作成した後、地表面まで水位を低下させた。加振は6Hzで約300galの加速度により埋設管縦断方向に与え、液状化後地表面の沈下がほぼ収まるまで約30秒ほど継続させた。

張力の測定とは別に、埋設管頂部に取り付けたメジャーをデジタルビデオカメラで撮影し、管が完全に地表面まで浮き上がるまでの状況の観察も行った。

3. 浮き上がり状況の観察

デジタルビデオカメラにより撮影した結果より、浮き上がり量の時刻歴を図2に示す。管径が異なるVU40, VU65ともに同様な傾向を示し、浮き上がりの速度に2つの段階が見られる。浮き上がり始めはゆっくりと上昇し、一定となった時の速度は約0.7 cm/s, 続いて5~6cm上昇後には次第に速度が大きくなり、最終的には4.5 cm/sの一定速度で上昇して地表面に達した。なお、浮き上がりに伴って管上部の地表面に隆起が見られ、ある程度盛り上がったところでその山が崩れたが、浮き上がり速度の増大はほぼその崩壊後に生じていた。

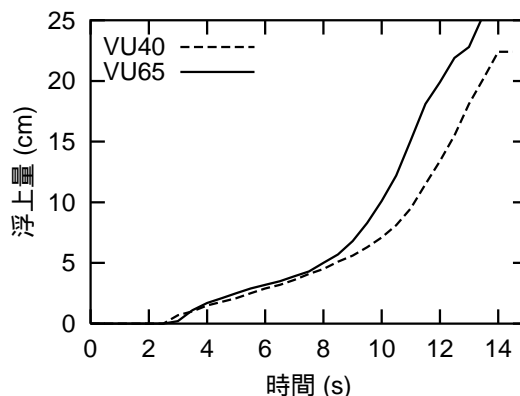


図2 浮き上がり状況

4. 浮き上がり力の検討

流体化した地盤の密度より求めた浮力から管の重量を差し引いた値は、VU65で46.0N, VU40では17.9Nとなる。ここではVU65の結果について考察を行う。

図3は、浮き上がり量約1cmに設定した時の時刻歴である。振動開始直後に液状化して浮上することによって張力が発現してくる。間隙水圧計P1は埋設管

キーワード: 埋設管, 液状化, 浮き上がり, 模型実験

連絡先 (〒950-2181 新潟市 五十嵐2の町 8050 番地 ・ TEL 025-262-7032 ・ FAX 025-262-7032)

底に固定しているため、一旦ピークに達したあと管の浮上に伴って水圧低下が生ずる。水系の張力はP1の値が低下した時点より発現し始め、約30Nまで一気に上がった後ゆっくりと約42Nまで上昇した。一般的に液状化層の最下部から順次砂粒子の再堆積が始まるが、この現象が管頂部でも生じ、管の上昇も伴うため堆積・固化する領域が広がることが予想される。管を停止させた時点では、浮力に対してこのような固化した土塊による上載荷重が抵抗力として働き、張力が小さくなったと考えられる。しかし振動の継続により固化領域が崩れて再び液体状になり、最終的には浮力相当の荷重（浮力-自重）が作用したものと推測する。

図4は浮き上がり量5cmにおける結果である。間隙水圧計P1の値から、浮き上がりに要した時間はおおよそ7秒程度であることがわかり、図2で求めた遅い速度で上昇したものと考えられる。張力の発現は前の結果とは異なり、一気に45N近くまで達して、理論上の浮力相当に近い値が得られた。

浮き上がり量10cmの場合（図5）は5cmの時より浮上時間が短い。これは早い段階から固化領域の崩壊が生じたためと考えられる。過剰間隙水圧の値から考えると、管上部の地盤密度が小さかったかもしれない。そのため管上部の一時的な固化が生じにくく、ほぼ最初から液体状を保ったまま上昇したと考えられる。なお張力が浮力を超えたのは、高速で浮上・停止したことによる一種の衝撃荷重によるものと思われる。

今回測定した張力と理論浮力との関係から浮上のメカニズムについて考察を行ったが、実験では管を停止させて荷重測定を行っているため、速度に依存する流体の粘性抵抗成分は無視している。今後は浮上の定量的な評価を行ううえで重要な流体の粘性抵抗について検討を加えていきたい。

5. まとめ

液状化による埋設管の浮き上がり速度は2つの段階があり、最初は速度が小さく、途中から上昇速度が大きくなる現象が観測された。浮上力としては地盤相当の密度を持つ流体における浮力の作用が確認できた。一方浮き上がり抵抗力として、流体抵抗の他に埋設管上部に形成される固化した領域からの作用力があり、この領域が埋設管の上昇に伴って形成-崩壊を経て再び液体状になる過程を考察した。

<参考文献>

1) 液状化による地中埋設構造物の浮き上がり被害に関する受託研究委員会：「液状化による地中埋設構造物の浮上り被害に関する研究」報告会資料，地盤工学会，2003.11

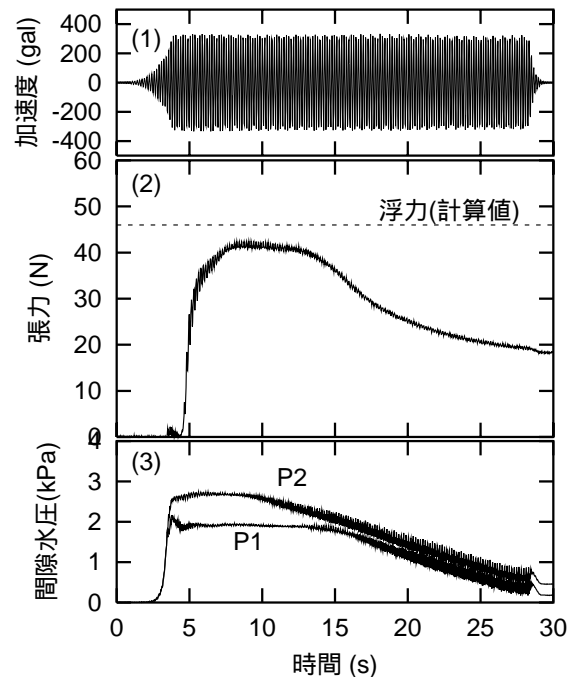


図3 VU65の1cm浮き上がり時の挙動

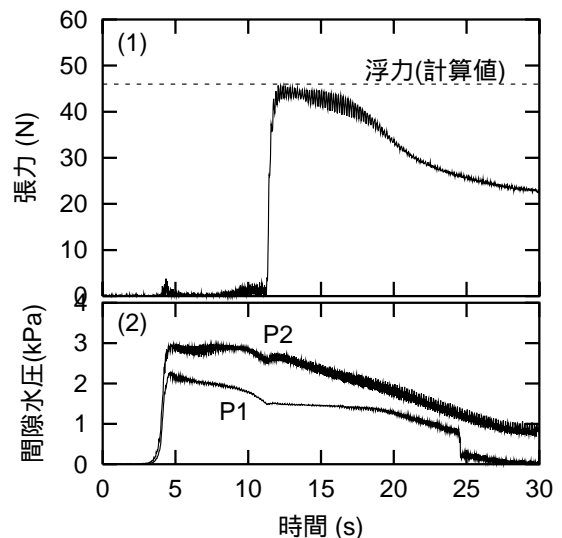


図4 VU65の5cm浮き上がり時の挙動

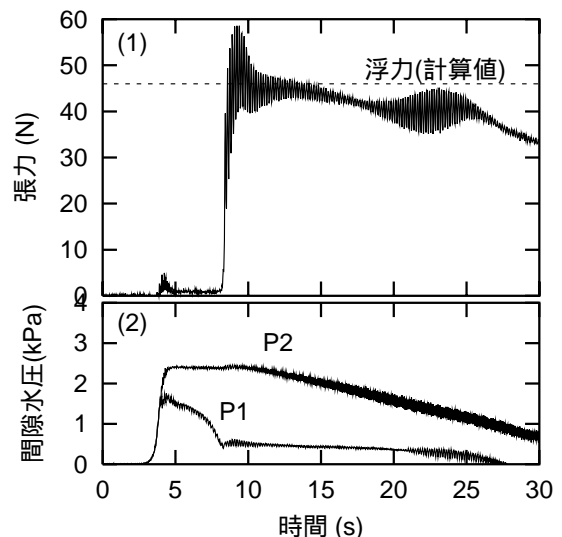


図5 VU65の10cm浮き上がり時の挙動