

# 上向き浸透流に着目した液状化による埋設管の浮上に関する模型振動台実験

日本大学工学部 学生会員 ○荒 俊樹  
日本大学工学部 正会員 仙頭 紀明

## 1. はじめに

近年、大地震により埋立地や軟弱地盤地域において液状化による埋設管の浮上り被害が発生している。東日本大震災により茨城県潮来市では、埋立地で埋設管が浮上する被害が発生した<sup>1)</sup>。このような被害を軽減するためには、埋設管の浮上に関するメカニズムを把握して、合理的な対策を施す必要がある。従来の設計では浮力と非液状化層のせん断抵抗力を考慮して浮き上がり安全率を評価している<sup>2)</sup>。しかし、実際は埋設のためのトレンチに、下部の液状化層から上向き浸透流が集中し、埋戻し砂が激しく液状化する「溝効果」を検討する必要があると考える。そこで、本研究では比重の異なる二種類の水道管(ポリエチレン管、鉄管)を用いて模型振動台実験を行った。ここでは溝効果を確かめるために、溝が有る場合と溝がない場合の模型を作製し比較を行った。

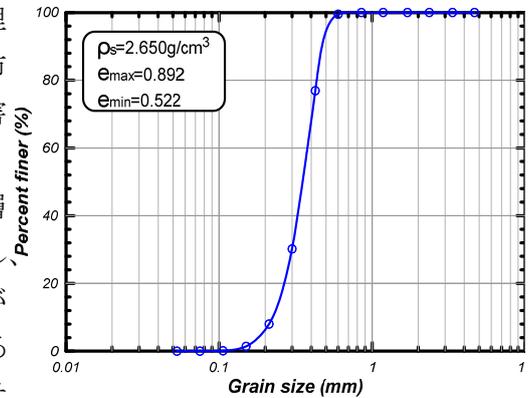


図-1 試料の粒径加積曲線

## 2. 実験方法

実験では2次元永久磁石地震波振動台(サンエス製:型式 SPT2D-20K-85L2-80T)を用いた。土槽は、幅 60cm×奥行 60cm×深さ 60cm の鋼製とし、振動台上に3つ設置し、同時に加振した。試料は硅砂 6号を使用した。試料の粒径加積曲線を図-1に示す。液状化層厚は 500mm、目標相対密度は 50%とし、空中落下法で作製した。管の浮上状況の可視化は以下の方法で行った。土槽上部にアングル材を固定し、1cm 間隔の目盛を付けたアクリルパイプを設置し、その中に、管頂部に取り付けたピアノ線を通した。ピアノ線にはマーカを付けた。各ケースの地盤モデルを図-2~4に示す。ケース 1,3 は PE 管、ケース 2 には鉄管を設置した。ケース 3 は幅 200mm,深さ 250mm の溝に管を設置した。図の非液状化層は塩化ビニル製の箱とし、土槽との隙間から間隙水圧が消散しないように箱の周りにウレタン(t=5mm)を接着した。実験で使用した PE 管は長さ 500mm で呼び径 75mm、鉄管は長さ 500mm で呼び径 75mm である。両管とも水道水を入れて満管状態とした。満管状態における埋設管のみかけの比重を表-1に示す。PE 管は 0.965、鉄管は 3.212 であった。

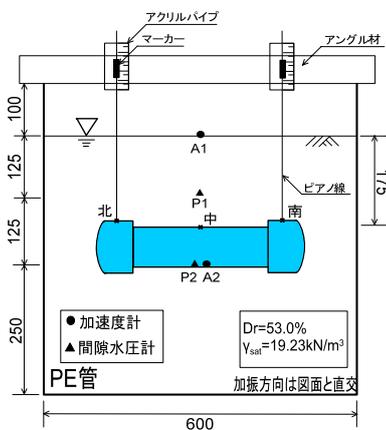


図-2 ケース 1 の地盤モデル  
(側面図)

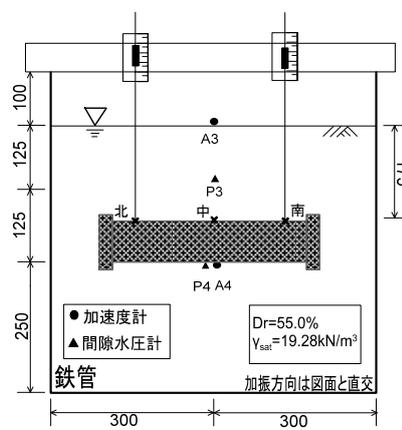


図-3 ケース 2 の地盤モデル  
(側面図)

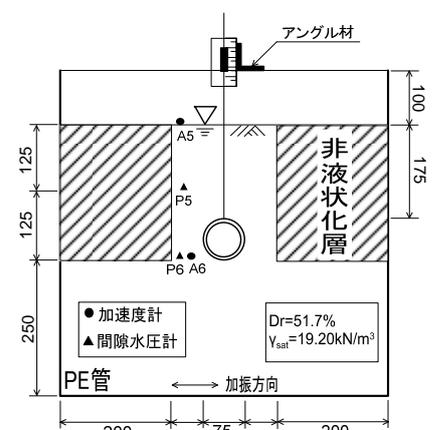


図-4 ケース 3 の地盤モデル  
(断面図)

キーワード 液状化 浸透流 振動台実験 埋設管 浮上り 溝効果

〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地, TEL 024-956-8710 FAX 024-956-8858

表-1 管のみかけの比重

	体積(cm <sup>3</sup> )	質量(g)	比重
PE管(ケース1)	3917.5	3780	0.965
PE管(ケース3)	3918	3780	0.965
鉄管(ケース2)	3253.5	10450	3.212

地盤作製後、CO<sub>2</sub> を注入及び脱気水を注水し、地盤を飽和させた。水位は地表面とした。計測センサーは加速度計(東京測器製:型式 KRH-20A)、間隙水圧計(東京測器製:型式 KPE-200KPPA)、変位計(KEYENCE 製:型式 IL-S10

0、IL-S65)を用いた。センサーの設置状況を図2~4に示した。加速度計 A7 は振動台上に設置した。加振は予備加振として0.5~60Hz,25Galのスweep波により模型地盤の共振周波数を確認した。本加振は44Hz,250Galのサイン波を30秒加振した。

### 3. 実験結果

加速度、過剰間隙水圧の測定結果を図-5,6に示す。GL-250mmの過剰間隙水圧計 P2,P4, P6 の測定結果を見ると、初期有効上載圧( $\sigma_0'$ )にほぼ達しているため、液状化していると言える。しかし GL-125mm の測定結果では、 $\sigma_0'$  の値に達していないため、液状化していない。この原因は過剰間隙水の消散が早かった事、及び正のダイレイタンスの影響で地表面の過剰間隙水圧が上がりにくかつ

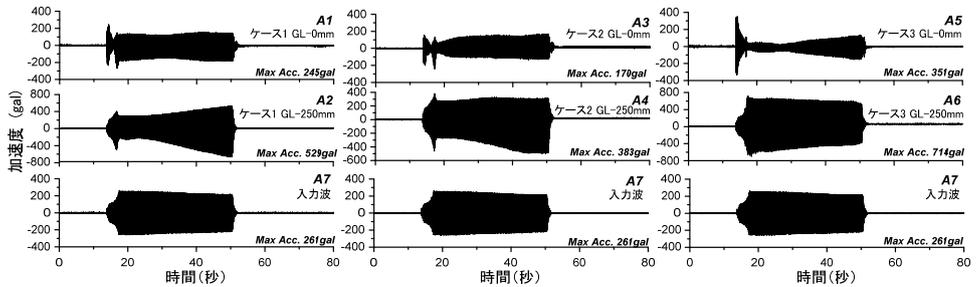


図-5 加速度計測定結果

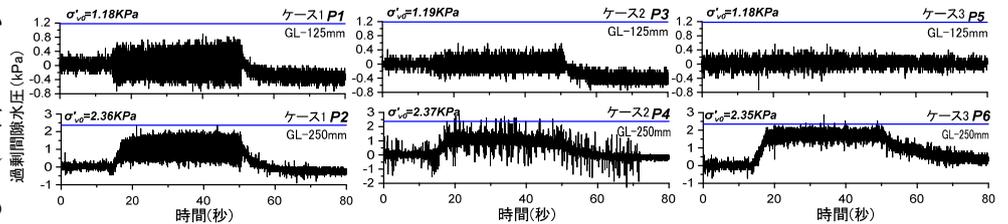


図-6 間隙水圧計測定結果

たためと考える。実際、加振中にケース3の非液状化層と土槽の隙間から間隙水の噴出を確認した。また、地表面加速度波形(A1,A3,A5)に着目すると、液状化により加速度応答が減衰する傾向がある。減衰が顕著にみられるのは溝がある A5 であった。これは溝効果による上向き浸透流の影響で地盤の軟化が長時間継続していた影響によるものと考えられる。

図-7に管の浮上量を示す。ケース1が最大で0.4cm、ケース2が最大で1.1cm沈下したのに対し、ケース3は最大で1.9cm浮上した。これは、溝効果による上向き浸透流の影響であると考えられる。

溝効果については図-8のイメージ図を元に具体的に説明する。一様な液状化層の場合では流速ベクトルも一様である。溝がある場合では下部の液状化層の流速ベクトルが小さいのに対して、溝では浸透流の集中により流速ベクトルが大きくなる。加えて、消散にかかる時間も長くなる。

### 4. まとめ

今回の実験では、溝があるケースのみで PE 管の浮上が確認された。一様な地盤に埋設される管は沈下した。以上より溝効果による上向き浸透流が管の浮上を促進させたものと考えられる。

今後は地盤作製方法、非液状化層の設置方法などを再検討して、より大型のせん断土槽を用いた実験を実施する予定である。

参考文献 1)国土交通省(宅地防災について)p.15, <http://www.mlit.go.jp/common/001040649.pdf>

2) 日本水道協会(水道施設耐震工法指針・解説 2009年版 I 総論)p.78

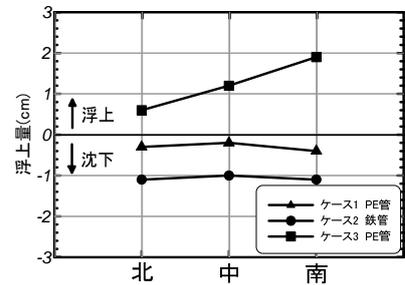


図-7 埋設管の浮上量

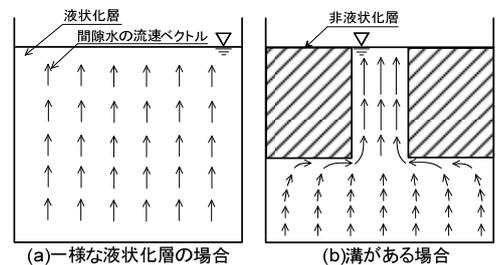


図-8 溝効果