液状化による埋設管の浮上と上向き浸透流の関係に着目した小型土槽模型振動台実験

日本大学工学部　学生会員　○神野藤　清貴
日本大学工学部　正会員　仙頭　紀明

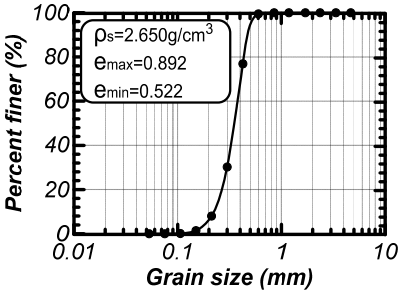
1.はじめに

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浮上被害が問題となっている。埋設管浮上被害を軽減するためには、埋設管浮上のメカニズムを把握し、合理的な対策を施す必要がある。埋設管浮上のメカニズムを把握するために、小型土槽に埋設管を設置した液状化地盤の模型を作製し、振動台で加振する実験を行った。既往の実験では全層を液状化層とした実験を行っているが、実際の現場では表層の非液状化層を掘削し、その溝に管を埋設し砂で埋め戻しているため、現場の条件で必ずしも再現していない事が問題である。

そこで本研究では全層液状化層及び表層に非液状化層がある地盤モデルを作製し、これらの振動実験から管浮上傾向の違いを比較した。さらに、溝の幅の違いが管浮上に及ぼす影響についても考察した。

2.実験方法

実験では鋼製の小型土槽（幅 600mm×奥行 600mm×深さ 600mm）を用いた。加振には 2 次元永久磁石地震波振動台を用いた。振動台上に 3 つの小型土槽を設置し加振した。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 40%とし、空中落下法で作製した。



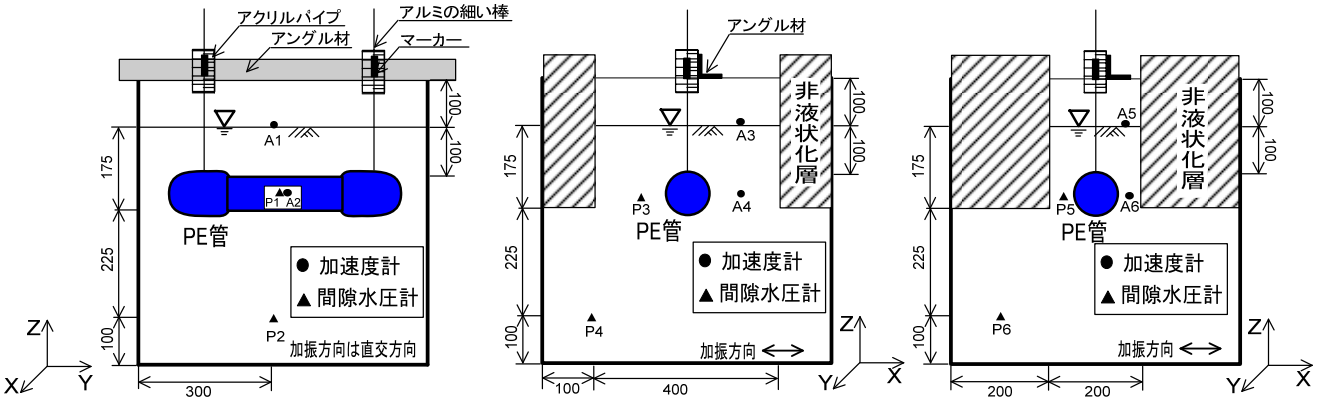
図−1　試料の粒径加積曲線

管の浮上状況の可視化は以下の方法で行った。土槽上部にアクリルパイプと目盛を設置したアングル材を固定し、アクリルパイプの中に、管頂部に取り付けたアルミ細棒を通した。アルミ細棒にはマーカーを付けた。

各ケースの地盤モデルを**図−2** に示す。管は全てのケースで、長さ 500mm 呼び径 75mm の PE 管（ポリエチレン管）を設置した。PE 管は水道水を入れて満管状態とした。管のみかけの比重を**表−1** に示す。

表−1　PE 管のみかけの比重

	体積(cm3)	質量(g)	比重
PE管(Case1)	3917.5	3780	0.965
PE管(Case2)	3920.0	3810	0.972
PE管(Case3)	3918.0	3790	0.967



(a)ケース1の地盤モデル（側面図）　(b)ケース 2 の地盤モデル（断面図）　(c)ケース 3 の地盤モデル（断面図）

図−2　地盤モデル(単位は mm)

キーワード　液状化　埋設管　溝
〒963-8642　福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地,TEL 024-956-8710

ケース 1 は全層液状化層で、ケース 2、3 は表層に非液状化層を設けた溝有りのケースで、溝の幅はケース 2 で 400mm、ケース 3 で 200mm とし、それぞれ深さ 175mm の位置に管を設置した。この地盤モデルは荒らの既往の実験の地盤モデル [1]とほぼ同様である。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するため、液状化層を包み込むようにポリエチレンの袋(厚さ=0.06mm)を設置した。

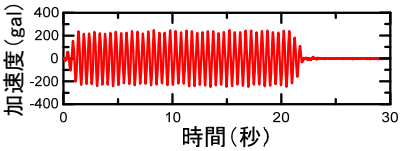


図-3 入力波形の時刻歴

地盤作製後、CO_2 を注入し、その後脱気水を注水し地盤を飽和させた。なお水位は地表面とした。

計測センサーは加速度計、間隙水圧計を用いた。センサーの設置状況を**図-2** に示した。加振は X 方向（管軸直交方向）とし、2Hz,200Gal の正弦波を 20 秒加振した。入力波形を**図-3** に示す。

3.実験結果

各ケースの過剰間隙水圧の時刻歴を**図-4** に、加振開始から 5 秒、15 秒、25 秒後の過剰間隙水圧の深度分布を**図-5** に示す。**図-5** を見ると、ケース1が初期有効上載圧（σ_0‘）に達しているため、液状化したといえる。その他のケースでは過剰間隙水圧が σ_0‘に達していないが、これは使用した土槽が鋼土槽で小型なため、液状化層のせん断変形が抑制されたために液状化しにくかったと考えられる。その結果ケース 2、3 で非液状化層の設置により GL-137.5mm の過剰間隙水圧が上がりにくかったと考えた。

各ケースの埋設管浮上量の時刻歴を**図-6** に示す。図を見るとケース 3 はケース 1 よりも若干早く浮上している。このことから管周辺の液状化が管の浮上に必ずしも影響しているわけではないと考えられる。

ケース 3 の埋設管がケース 1 よりも浮上した理由は、**図-7** に示す溝効果による上向き浸透流の影響であると考えた。 (a)の一様な液状化層では上向き浸透流の流速ベクトルも一様であるのに対し、溝のある(b)では溝に浸透流が集中し流速ベクトルが大きくなったことがケース3の浮上を促進したものと考えられる。しかし、ケース 2 のように溝があっても管があまり浮上しないことも確認できたが、ケース 2 の GL-400mm に設置した P4 の過剰間隙水圧があまり上昇してないことから、下部の液状化層の液状化の程度が小さく溝に浸透流が集中しなかったために管の浮上を促進しなかったと考えられる。

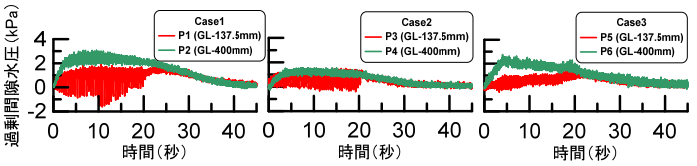


図-4 過剰間隙水圧の時間歴

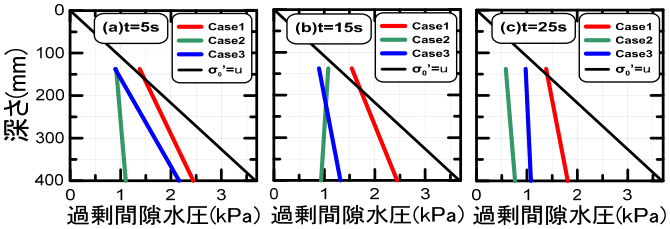


図-5 過剰間隙水圧の深度分布

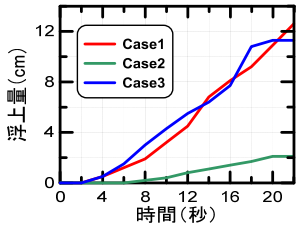


図-6 埋設管浮上量の時刻歴

4.まとめ

今回の実験では、せん断変形が抑制され過剰間隙水圧があまり上昇していなかった溝ありのケース 3 の埋設管が早く浮上した。ケース 2 は溝があったが、液状化の程度が小さく溝に浸透流が集中せず管の浮上を促進しなかった。以上より埋設管の浮上は溝効果による上向き浸透流が大きく関係していると考えられる。

今後は地盤作製方法、非液状化層の設置方法などの再検討し、大型のせん断土槽を用いた実験により検討を行う予定である。

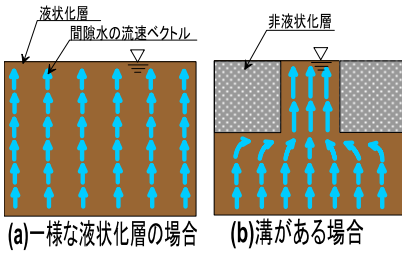


図-7 溝効果の模式図

参考文献 1)荒俊樹(2015):上向き浸透流に着目した液状化による埋設管浮上に関する模型振動台実験,土木学会東北支部技術研究発表会（平成 26 年度）, I -54