

上向き浸透流が液状化による埋設管の浮上に及ぼす影響

日本大学工学部 学生会員 ○今泉 潤  
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き上がり被害が発生している。埋設管の浮き上がりの被害を軽減するためには、埋設管の浮上のメカニズムを把握する必要がある。小型土槽実験では埋設管より下の砂層の厚さが薄く、実際の現場における埋設管より下の砂層の間隙水圧消散時の状況を再現できないことが問題である。本研究では、水圧消散時の上向き浸透流が埋設管の浮上にどのような影響を及ぼすかを検討することとした。具体的には小型土槽に埋設管および緩い飽和砂地盤の模型を作製し、振動台で加振する実験を行った。実験では上向き浸透流無し及び有りのケースを実施した。なお浸透流有りのケースでは比較のために加振を行わないケースも実施した。これらの実験により上向き浸透流が埋設管の浮上に及ぼす影響を考察した。

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。剛土槽を使用したため加振時の土槽壁面の影響を軽減する目的で、厚さ 30mm のゴムスポンジを土槽壁面に張り付けた。加振には 2 次元永久磁石地震波振動台を用いた。土槽 2 つは振動台に設置し、もう 1 つは振動台に設置せず上向き浸透のみを与えて実験を行った。地盤材料は珪砂 6 号を使用した。地盤材料の粒径加積曲線を図-1 に示す。砂層厚は 500mm、目標相対密度 40%とし、空中落下法で作製した<sup>1)</sup>。なお管の浮上状況の確認はワイヤー式変位計を使用して管の移動量を時系列データで記録した。また埋設管が浮上する際にできるだけ水平方向への移動を抑制するために水糸や滑車を用いた装置をアングル部材に取り付けた。各ケースの地盤モデルを図-2 に示す。埋設管はすべてのケースで、長さ 500mm、呼び径 75mm の PE 管を設置した。実験で使用した埋設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。すべてのケースで土被り 200mm とした。ケース 1 は上向き浸透流無し、加振有りで、ケース 2 は上向き浸透流有り、加振無し、ケース 3 は上向き浸透流

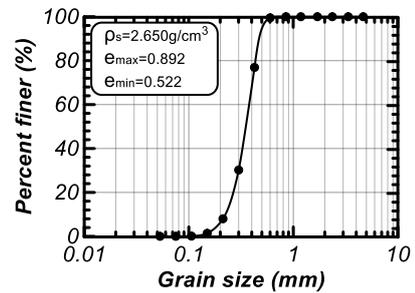
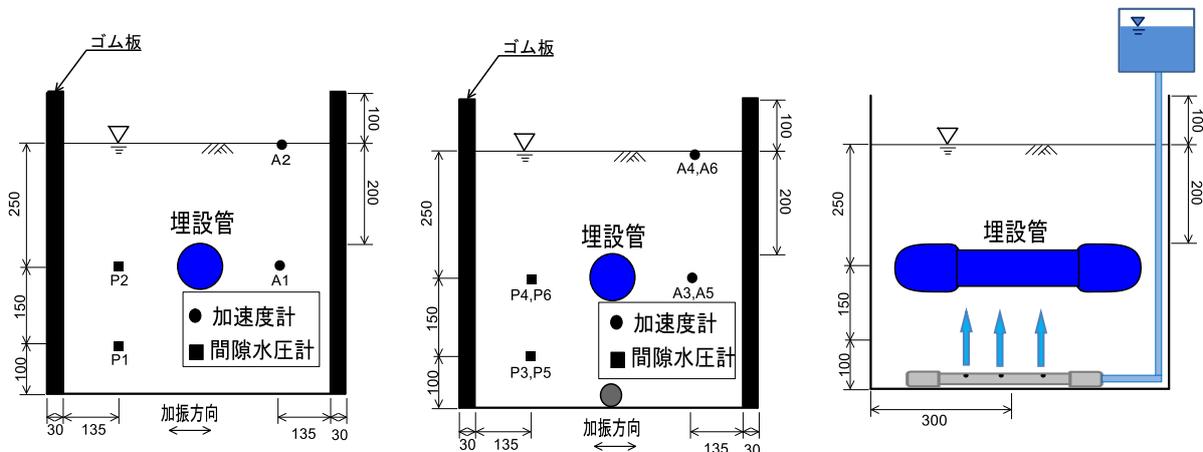


図-1 試料の粒径加積曲線

表-1 実験ケースと埋設管のみかけの比重

	加振	上向き浸透	体積(cm³)	質量(g)	比重
Case1	有り	無し	3917.5	3890	0.993
Case2	無し	有り	3920.0	3883	0.991
Case3	有り	有り	3918.0	3891	0.993



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

図-2 地盤モデル図(単位:mm)

キーワード 液状化 浸透流 振動台実験

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

有り、加振有りとした。上向き浸透流を起こすために塩化ビニル管 (VP 管) 直径 25mm を使用し、直径 13mm の穴を 3 つ開け図面に土槽底部に固定した。そこに、地表面から 1.68m の水頭差を与えて上向き浸透流を与えた。地盤作製後、土槽底部 4 か所から二酸化炭素を注入した上で、脱気水を地表面まで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、間隙水圧計、ワイヤー式変位計を用いた。センサーの設置状況を図-2 に示した。加振は管軸直交方向とし、350Gal、2Hz の正弦波を 28 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 に示す。図の P2 を見るとケース 1 は初期有効上載圧に達してからの過剰間隙水圧の変動幅が大きく過剰間隙水圧が周期的に減少し、時間によっては 0 を下回り有効応力が回復する結果となった。一方、ケース3のP6では上向き浸透流により過剰間隙水圧の変動幅が小さく、過剰間隙水圧が減少しないことがわかる。すなわち、有効応力が小さい。このことから、浸透流の有無により埋設管周辺の地盤のせん断強さが異なっていることが示唆された。

埋設管の浮上量を図-5 に示す。図よりケース 3 の浮上速度は 4.9mm/s だったのに対してケース 1 の浮上速度は 2.9mm/s という結果になった。ケース 1 とケース 3 を比較するとケース 3 の浮上速度が約 1.7 倍速く浮上したことがわかる。一方加振なしのケース 2 は約 10mm の浮上にとどまっている。このことから上向き浸透流のみでは埋設管はほとんど浮上しないことがわかる。しかし、上向き浸透流と加振を同時に作用させることで浮上量が大きくなることがわかった。

埋設管の浮上量と過剰間隙水圧の比較を図-6 に示す。図を見ると、ケース 1、ケース 3 も浮上と沈下を繰り返していることがわかる。この沈下量をリバウンド量と定義すると、リバウンド量を見るとケース 3 はケース 1 よりも約 15% 小さい。一方、浮上量はケース 1 よりも約 8% 大きい。以上よりケース 3 はリバウンド量が小さく、浮上量も大きいことから、上向き浸透流を与えたことで速く浮上したと考えられる。

### 4. まとめ

今回の実験では、ケース 3 の埋設管がケース 1 の埋設管よりも早く浮上した理由は、上向き浸透流と加振を行ったことにより上向き浸透流が正のダイレイタンス（体積膨張）を打ち消したことによって埋設管の浮上を促進したものと考えられる。ケース 2 は上向き浸透流有りと加振なしで実験を行ったが、上向き浸透流のみでは液状化層のせん断変形が抑制され、さらに正のダイレイタンス（体積膨張）の影響で管が上がりにくかった。以上より埋設管の浮上には上向き浸透流と加振が大きく関係していると考えられる。

参考文献 1) 神野藤、仙頭 (2016) : 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実験、第 51 回地盤工学研究発表会, pp1741-1742

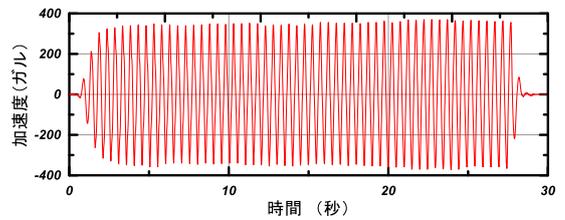


図-3 入力波形の時刻歴

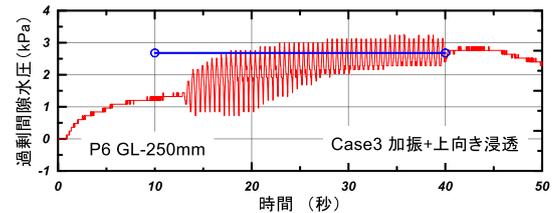
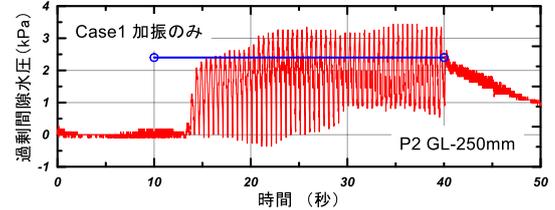


図-4 過剰間隙水圧の時刻歴

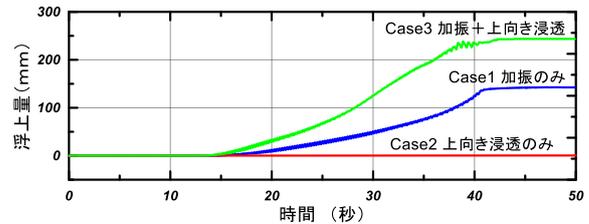


図-5 埋設管の浮上量

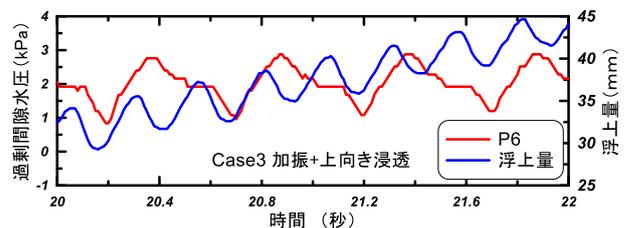
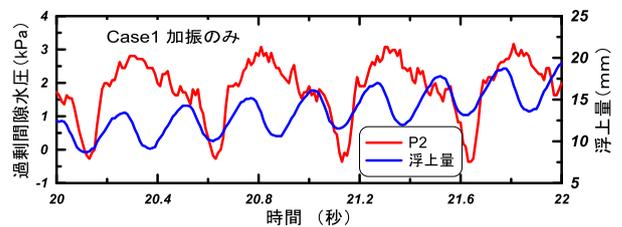


図-6 埋設管の浮上量と過剰間隙水圧の比較