

## 地中埋設構造物の浮上に対する動土圧の寄与について

東電設計株式会社	正会員	中瀬 仁
東京電力株式会社	正会員	末広 俊夫
独立行政法人農業工学研究所	正会員	毛利 栄征

### 1. 目的

地盤液状化時の埋設構造物の浮上に対する現行設計では、埋設構造物浮上について、液状化地盤から受ける浮力が埋設構造物およびその直上の土塊の自重を上回るかどうかで判定する。しかしながら、実用上は若干の浮上であれば許容されることが多い。新しい設計では、浮力と抵抗の比較による判定ではなく、浮上量と許容量の比較による判定を用いる必要がある。

さて、浮上量と許容量の比較による判定をするためには、埋設構造物の浮上量を予測する必要があり、浮上メカニズムを明らかにする必要がある。一般的に、地盤液状化時の埋設構造物が浮上する際のイメージは、静水中を密度の小さな物体が静かに浮上するというものであり、埋設構造物の浮上に対する地震の影響としては、地盤液状化による水圧の上昇（過剰間隙水圧）のみがその寄与として考えられている。

これに対して、筆者らは、埋設構造物の浮上に対する地震の影響として、地震力により大きくせん断変形する液状化時の地盤の作用（動土圧）に着目している<sup>1)</sup>。本研究では、埋設構造物の浮上に対する地震の影響として、過剰間隙水圧よりも動土圧が重要な役割を果たす場合があることを振動台実験により実証する。

### 2. 実験の概要

実験に用いたせん断土槽の寸法は、幅 2.0m、奥行き 1.5m、深さ 1.0m で、底面注水することにより、地下水位制御が可能な構造となっている。実験に用いた試験体を写真 1 に示す。試験体の密度は実験パラメータとした。試験体には、変位計や加速度計の他に、周辺地盤から試験体に作用する荷重を詳細に計測するため、試験体中央部に、管周に沿って 8 箇所、土圧計および水圧計をそれぞれ設置した。土圧計では、静止土圧からの土圧の増分（動土圧）と過剰間隙水圧の和（動土水圧）が計測されていると考える。

試験体は図 1 に示すように土槽中央に 1 D の土被りで埋設した。地盤の飽和密度を 1.86 (相対密度 85%) とした。埋設に用いた地盤材料は、十勝港浚渫砂<sup>1)</sup>である。入力は 2 Hz の正弦波 10 波（前後 1 波はテーパ型に漸増、漸減）とした。

### 3. 試験体の上下動を拘束したケース

写真 2 に示すような固定用ガイド 2 個を試験体両端部にセットし、このガイドに設けられたスリットに、試験体の両方の端部から突き出た突起をそれぞれ差し込んで、試験体の上下動を拘束したまま加振する実験を行った。このケースでは、水位を地表面に設定した。入力の振幅は 300gal とした。

まず、試験体に設置した水圧計のデータを用いて、加振中に試験体に作用する過剰間隙水圧による単位長さあたりの鉛直方向合力を算定した（鉛直力は単位長さあたりで上方正）。同様に、試験体に設置した土圧計のデータを用いて、加振中に試験体に作用する動土水圧による鉛直方向合力を算定した。土粒子からの作用である動土圧による鉛直方向合力は、動土水圧による鉛直方向合力から過剰間隙水圧によるそれを差し引いた値として評価した。

過剰間隙水圧による試験体に作用する鉛直方向合力の波形と動土圧によるそれを図 2 に比較する。図中点線は、地盤が液状化したときに試験体に作用すると考えられている過剰間隙水圧による鉛直方向合力で



写真 2 上下方向拘束治具

キーワード：液状化，浮上，せん断，動的作用

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野 3 丁目 3 番 3 号 東電設計株式会社 TEL03-4464-5563

ある。計測値はこれを大きく下回っている。一方、動土圧による鉛直方向合力は、過剰間隙水圧のそれに対して2倍近いレベルになっている。地盤のひずみと動土圧の関係を求めるため、試験体の埋設されている深度に対応するせん断土槽のレイヤー6枚の変位がなす傾き $\alpha$ を最小自乗法で求め、 $\tan \alpha$ を構造物周辺地盤のせん断ひずみ、 $\gamma$ 、と仮定した。図3に、液状化後の構造物周辺地盤のせん断ひずみと動土圧による試験体に作用する鉛直力の関係を示す。構造物周辺地盤のせん断ひずみが大きくなるほど、動土圧による鉛直方向合力が増大しており、構造物が周辺の地盤とともにせん断変形されると、上方向への鉛直力が作用することが示されている。

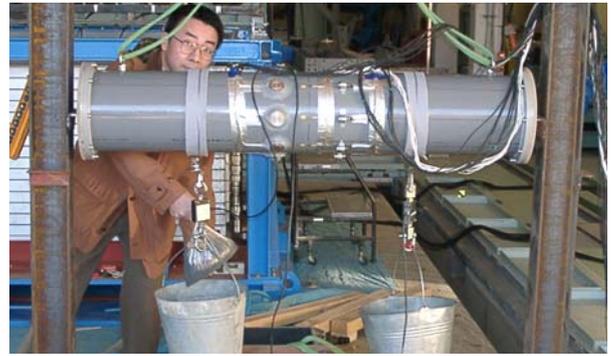


写真1 試験体（純曲げによる軸ひずみ計測中）

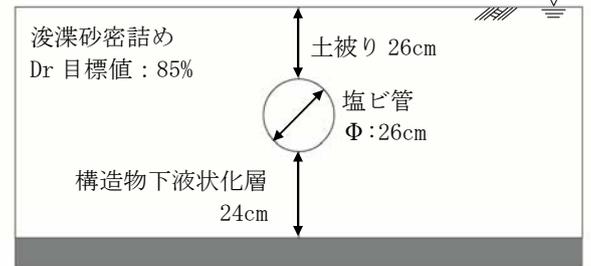


図1 試験体の埋設状況

4. 見かけ密度をパラメータとした実験

第3章で述べた作用によってどの程度の見かけ密度であれば試験体が浮上するのか、見かけ密度をパラメータとした実験を行った。試験体の見かけ密度の異なる3種類の試験体に対する振動台実験を行った(表1)。この実験では、水位をGL-8cm、入力振幅を500galとした。

いずれの試験体も現行の浮上判定基準では浮上しないと判定されるが、結果は、表-1に示すように見かけ密度  $0.45\text{t/m}^3$ の試験体と見かけ密度  $1.25\text{t/m}^3$ の試験体は浮上し、見かけ密度  $1.86\text{t/m}^3$ の試験体は沈下した。この実験条件における浮沈の境界は、見かけ密度  $1.25\text{t/m}^3$ と見かけ密度  $1.86\text{t/m}^3$ の間にある。

過剰間隙水圧による見かけ密度  $1.25\text{t/m}^3$ 試験体に作用する鉛直方向合力の波形と動土圧によるそれを図4に比較する。試験体を浮上させようとする動土圧の作用が極めて大きく、この作用によって強制的に試験体が浮上させられていると考えられる。過剰間隙水圧の作用は0を下回っており、むしろ試験体の浮上に抵抗する傾向を示している。

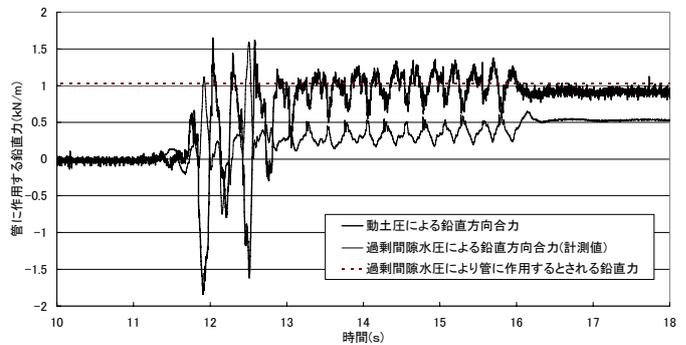


図2 試験体に作用する鉛直力

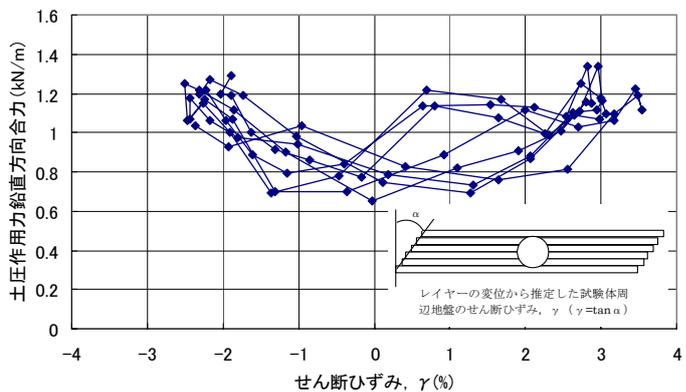


図3 地盤のせん断ひずみと試験体に作用する動土圧鉛直方向合力の関係(液状化時 13.71 秒~15.71 秒)

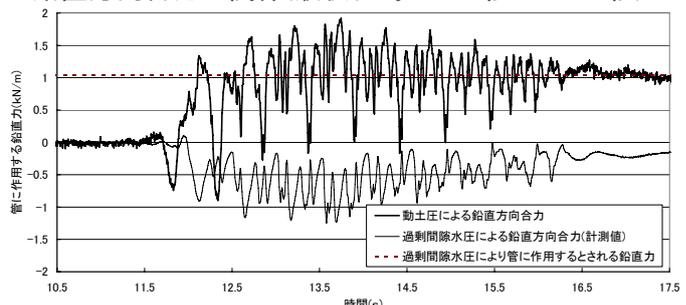


図4 試験体に作用する鉛直力(密度  $1.25\text{t/m}^3$ )

参考文献

- 1) 中瀬仁ら(2004):振動台による乾燥砂に埋設された管の浮上実験, 第39回地盤工学研究発表会, pp.1861-1862

表1 試験体の見かけ密度と鉛直変位

見かけ密度	鉛直変位	密度調整法
$0.45\text{t/m}^3$	40mm	発泡スチロール充填
$1.25\text{t/m}^3$	22mm	水で満たす
$1.86\text{t/m}^3$	-18mm	鉄芯挿入