## Eーディフェンスによるケーソン護岸と杭基礎構造物を有する模型地盤の 液状化に伴う側方流動実験

防災科学技術研究所 正会員 〇田端憲太郎・佐藤正義
東京ソイルリサーチ(元・防災科学技術研究所)
正会員 徳山英之
清水建設 正会員 田地陽一

1. はじめに

筆者らは、液状化に伴う側方流動時における護岸やその背後にある 杭基礎構造物の挙動を調べるため、大型土槽内に作製された液状化模 型地盤に対する震動台実験を、E-ディフェンス(防災科学技術研究 所・実大三次元震動破壊実験施設)において実施した<sup>1)</sup>。本実験では、 矢板護岸を有する模型地盤試験体<sup>2)</sup>とケーソン護岸を有する試験体を E-ディフェンスの震動台(20m×15m)により加振し、側方流動現象 を再現させた。本報告では、2006年12月に実施されたケーソン護岸を 有する試験体に対する震動実験の概要・結果について報告する。

## 2. 試験体

本実験では、護岸と構造物を有する液状化地盤を想定した試験体を 作製した(写真1、図1)。アルバニー硅砂<sup>3)</sup>で作製された地盤は、ケ ーソン(質量21.6t、単位体積あたりの質量2.1t/m<sup>3</sup>)によって陸側・水側 に分けられている。地盤の相対密度は土槽底板から0.75mまでが90%、 それより上層が60%であり、地下水位面は陸側地盤表面から0.5m下 (水側表面から1.5m上)である。ケーソン下部には、砕石による捨石マ ウンドを設けた。ケーソン背後には低剛性鋼管杭6本で支持された構 造物(上部構造物質量12t、フーチング質量10t)を設置した。杭下端と 土槽底部とはピン結合、杭上端とフーチングとは剛結合とした。また、 杭下端結合部の損傷を防ぐため、周辺にセメント混合土を打設した。

この試験体に、加速度計、変位計、間隙水圧計、土圧計、ひずみゲ ージ他、計884チャネル分の計測機器を設置した。また、本実験のよ うな大規模な試験体では、構造物や地盤に従来の変位計で計測するこ とが困難な大変位を生じること予想されたため、構造物や地盤表面に 設置した光反射マーカをディジタルカメラで捉えることによる変位 を算出する三次元変位計測を実施した<sup>4)</sup>。

## 3.実験手順と加振条件

本実験は、試験体の作製・震動台上への設置、地盤飽和、震動実験 (加振)、および試験体の震動台上からの撤去・解体の順で行われた。 試験体の作製では、土槽内に杭・構造物を固定した後、乾燥状態の硅 砂を投入し、締固めた。地盤飽和では、土槽内を真空状態に保ちなが ら、底部から脱気水を約1週間かけて注入した。

キーワード 模型実験,振動台実験,側方流動 連絡先 〒673-0515 兵庫県三木市志染町三津田西亀屋1501-21 (独)防災科学技術研究所 TEL:0794-85-8211



写真1 加振前の試験体



図1 試験体の概要と計測点



震動実験では、1995年・兵庫県南部地震におけるJR鷹取駅観測波を 80%レベルに調整した加振波を、土槽長手・上下の2方向に入力した。 図2(a)に、加振波と実際の震動台加速度の時刻歴を示す。液状化に 伴い試験体特性が変化したため、震動台に入力波より大きな加速度が 生じている。一方、入力波と震動台加速度のスペクトル(図2(b))はほ ぼ類似しており、両者の周波数特性にそれほど差違はないと言える。

## 4. 実験結果

**写真2**・図3に、震動実験後の試験体の状況を示す。加振開始後か らケーソンは水側へ水平変位を生じ、水側へ転倒したが、鉛直変位は 水平変位に比べて大きくはなかった。ケーソンと構造物の間の地盤は、 加振開始直後に沈下と亀裂を生じ、ケーソンやフーチングとの間隙か ら水が噴き出す状態となった。また、構造物背後の陸側地盤では約 20cmの沈下が見られたが、水側地盤での顕著な鉛直変位は見られな かった。杭6本の上端および水側杭3本のマウンドと同じ深度において 曲げを生じ、それに伴い構造物上部が鉛直から約47度、水側へ傾いた。

図4に、三次元変位計測による構造物と地盤F(図1参照)の水平変 位を示す。ケーソンは加振開始後からt = 9sまで水側へ動き、t = 9.5s で陸側へ大きく戻った後、t = 10.5sで水側へ転倒したことがわかる(デ ータ欠損は、転倒によりマーカが捕捉不能となったため)。上部構造 物と地盤Fは、ケーソンが転倒するt = 10.5sまではほぼ同じ変位を示し ているが、その後は上部構造物の変位が地盤Fに比べて大きくなった。

図5に、陸側・水側の中央杭(A2、B2)の、任意時刻における曲げひ ずみの深度分布(杭上端を基準)を示す。ケーソンの水平変位が水側か ら陸側へ変化するt = 9s付近で、セメント混合土層の境界において比 較的大きな曲げひずみが生じている。上部構造物と地盤Fの変位が異 なり始めるt = 10.5sでは、特に陸側杭A2の上端に大きなひずみが生じ ており、上端部に局部的な曲げ変形を生じていることがわかる。その 後、t = 11.7s前後に、水側杭B2のマウンド付近の深度において大きな ひずみを生じており、この付近で杭が大きく折れ曲がった。

図6に、三次元変位計測による地盤F・G・H(図1参照)の水平変位 を示す。この図より、構造物に近い地盤ほど水平変位が大きくなって いることがわかる。また、加振終了(t=43s頃)以降の変位は、地盤Fに おいてt=100sで約3cmであった。

今後、これらの結果や間隙水圧・土圧の計測結果と共に解析を進め、 側方流動発生時の地盤・構造物の挙動の把握を進めてゆく。

謝辞:本実験は、文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト II 震動台活用に よる構造物の耐震性向上研究」の一環として実施されました。また、震動台の入力波 として、Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)の強震動データベース内 の1995年・兵庫県南部地震におけるJR鷹取駅観測波を使用いたしました。これらの実 験実施にご協力いただいた多くの方々に対し、ここに記して謝意を表します。

参考文献:1) 文部科学省 (2007): 大都市大震災軽減化特別プロジェクト II 震動台活 用による構造物の耐震性向上研究 平成18年度成果報告書. 2) 田端,佐藤,徳山 (2007): E-ディフェンスによる矢板護岸と杭基礎構造物を有する模型地盤の液状化



写真2 加振後の試験体



図3 加振後の試験体の状況



図6 地盤の水平変位

に伴う側方流動実験,第42回地盤工学研究発表会(投稿中). 3) 斉藤,安田,鈴木 (2007): 低拘束圧領域における液状化強度に拘束圧及び試験 装置の違いが与える影響,第42回地盤工学研究発表会(投稿中). 4) 徳山,田端,中澤,佐藤,有田 (2007): E - ディフェンスによる大型土槽の 破壊実験における三次元変位計測システム その1 システムの構成と計測の適用性,第42回地盤工学研究発表会(投稿中).