

上下動が背後地盤の液状化およびケーソン式岸壁の挙動に及ぼす影響に関する実験

金沢大学大学院自然科学研究科 学生員 ○中川浩明  
 金沢大学大学院自然科学研究科 正会員 宮島昌克  
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝  
 金沢大学工学部 奥村智憲

1. はじめに

兵庫県南部地震では、神戸港において港湾施設が被害を受け、港湾機能がほとんど麻痺状態に陥った。ケーソン式岸壁の被害形態はケーソンの海側への移動、前傾、沈下などであり、背後地盤が陥没するなどの被害も見られた。この地震においては、直下地震であったということもあり、地震動の上下動成分が大きかったので、上下動がケーソンの挙動や地盤の液状化に影響を及ぼしたことが考えられる。このような直下地震時の岸壁の被害を軽減するためには、上下動による岸壁の挙動を明らかにすることが必要となってくる。

そこで、本研究では上下・水平両方向同時加振可能な振動台を用いて、ケーソン式岸壁の模型振動実験を行い、被害原因について考察を行う。背後地盤の液状化の程度、さらに上下動と水平動同時加振実験における両者のケーソン変位に注目して実験を行った。

2. 実験概要

実験に用いたケーソン式岸壁模型の概要を図 1 に示す。この模型は六甲アイランド魚崎浜側の岸壁の長さの縮尺比を 1/50 としたものである。振動台上に鋼製の砂箱（長さ 2,000mm×幅 900mm×高さ 1,200mm）を設置し、砂箱内に模型地盤を作成した。ケーソン背後地盤、置換砂には珪砂 5 号（平均粒径  $D_{50}=0.4\text{mm}$ 、均等係数  $U_e=1.7$ ）、マウンドには碎石 5 号（最大粒径  $D_{max}=25\text{mm}$ ）を用いた。ケーソン模型はコンクリート製（比重 2.3）であり、測定用ケーソンとダミーケーソンの隙間には隙間テープを貼り砂の流出を防いでいる。基礎地盤 ( $D_f=0.90$ ) は十分な締固めを行い液状化しない地盤を作成した。基礎地盤上には水の進入を防ぐためベントナイトの層を作成した。背後地盤、置換砂層は水中落下法により作成したゆる詰め地盤 ( $D_f=0.31$ ) である。入力加速度は 3Hz の正弦波であり、加振時間は 5 秒間である。砂箱に設置した加速度計で入力加速度を計測し、地盤内に設置した水圧計で過剰間隙水圧を、加速度計で応答加速度をそれぞれ計測した。さらに、レーザー変位計（測定限界 5cm）でケーソンの変位量を計測した。

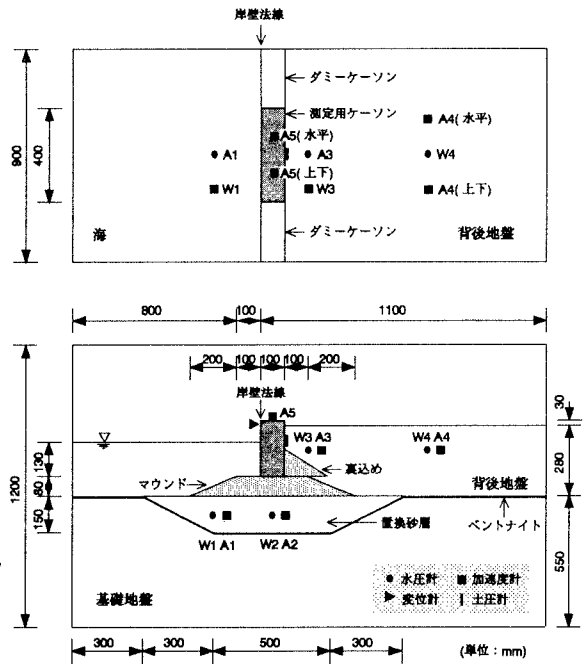


図 1 実験概要図

3. 上下動がケーソン変位に及ぼす影響

本章では水平動をケーソン法線に平行方向に加振した実験を行った。ケーソン法線に平行方向に加振した場合は、ケーソンの傾斜可能な方向に慣性力が加わらないため、ケーソンを変位させる要因として背後地盤の液状化だけが考えられる。水平動と上下動を同時に加える実験と水平動だけを加える実験を行い、背後地盤の液状化がケーソン変位にど

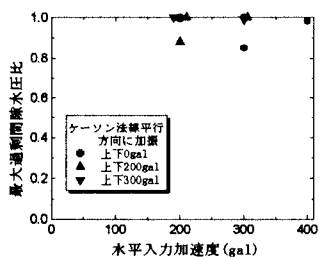


図2 背後地盤 ( $W_4$ ) の最大過剰間隙水圧比

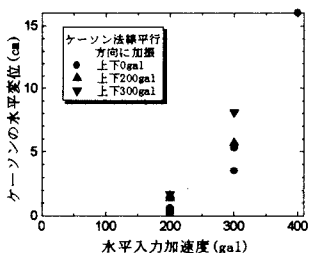
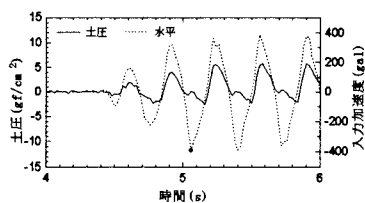
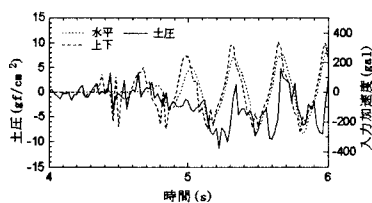


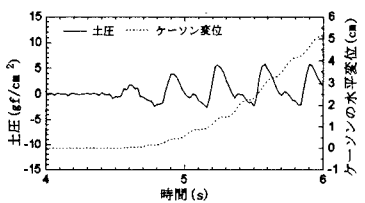
図3 入力加速度とケーンズ変位の関係



土圧と入力加速度の時刻歴

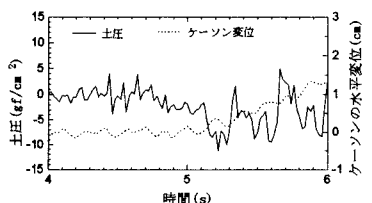


土圧と入力加速度の時刻歴



土圧とケーンズ水平変位の時刻歴

(a) 水平動のみ加振  
(水平 400gal)



土圧とケーンズ水平変位の時刻歴

(b) 水平動と上下動同時加振  
(水平 300gal, 上下 300gal)

図4 土圧、入力加速度、ケーンズの水平変位の時刻歴

のような影響を与えるか、特に、上下動がそれらに与える影響を検討した。

図2は背後地盤 ( $W_4$ ) の過剰間隙水圧比の最大値を示している。同図によれば、過剰間隙水圧比はほぼ完全液状化に近い値を示しており、上下動の大きさにかかわらずに背後地盤が同程度に液状化していることがわかる。そこで、図3に入力加速度とケーンズの変位量との関係を示す。同図によれば、水平入力加速度の増加に伴い、ケーンズの変位量が增大しており、水平入力加速度により背後地盤の側方流動量に違いがあるものと考えられる。また、上下動の大きさによりケーンズ変位に違いが見られ、背後地盤の側方流動に上下動が影響していると考えられる。そこで、背後地盤の土圧に注目する。土圧計は図1に示すようにケーンズに固定されており、加振中にケーンズに作用する土圧を計測している。図4に土圧の時刻歴をそれぞれ入力加速度、ケーンズ変位と比較したものを示す。なお、図中の土圧は静止土圧の状態を初期値としている。図4(a)より、土圧と入力加速度、ケーンズの水平変位が同位相であることがわかる。しかし、平行方向加振の場合にはケーンズの傾斜可能な方向に慣性力が作用していないため、土圧に振幅が見られるのは背後地盤の影響であるといえる。そこで、ケーンズの水平変位の時刻歴を見ると、ケーンズに微小な振幅が見られ、土圧が上昇するときにケーンズが変位していることがわかる。すなわち、背後地盤の土圧によりケーンズが変位しているといえる。つぎに、図4(b)を見ると、水平、上下入力加速度が同時に加わるときに土圧が大きく上昇していることがわかる。上下入力加速度に注目すると、上下動が正值であるとき、砂箱は下向きに変位しており、ケーンズの見かけの重量を軽くする方向に慣性力が作用していることになる。すなわち、ケーンズの重量を軽くする方向に上下動が作用するとき、水平動の影響により背後地盤の側方流動による土圧がケーンズに作用するため、水平のみ加振の場合より水平、上下同時加振の場合の方がケーンズの変位が増大するものと思われる。本実験においては、上下動は背後地盤の液状化よりも、むしろ、ケーンズに作用する慣性力という点でケーンズに大きく影響を及ぼしていると考えられる。

#### 4. 結論

本研究では、背後地盤の液状化による側方流動がケーンズに及ぼす影響、上下動がケーンズに及ぼす影響について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 背後地盤の液状化による側方流動がケーンズを変位させる重要な要因であることがわかった。
- ・ ケーンズ式岸壁の地震時挙動で、上下動がケーンズの重量を軽くする方向に働いたときに背後地盤の側方流動による土圧がケーンズに加わるとケーンズの変位量が大きくなるものと思われる。