

液状化時の側方流動がケーソン岸壁に及ぼす影響に関する実験的研究

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
 金沢大学大学院工学研究科 ○中川 浩明
 金沢大学工学部 小林 亨
 金沢大学大学院工学研究科 近藤 宏樹

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、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ことが知られている。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。また、広範囲に噴砂が見られるなど液状化の発生が多く確認された。

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、被害原因を明らかにするとともに、上下動の影響についても検討する。

2. 実験概要

図1に実験に用いたケーソン式岸壁模型の概要を示す。この模型は六甲アイランド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2000mm×幅900mm×高さ1200mm）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 $U_c=1.7$ ）、マウンドには碎石5号を用いた。地盤は水中落下法により作成した。入力加速度は3Hzの正弦波である。加振時間は5秒間で加振中に砂箱に設置した加速度計で入力加速度を計測した。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計測した。加振前後に地盤厚さを測定し、地盤の沈下量を求めた。背後地盤の地表面に埋めたピンの位置を加振前後に計測し、地盤表面の流動量を求めた。箱長辺方向（ケーソンに平行な方向）と砂箱短辺方向（ケーソンに垂直な方向）との2つの方向にそれぞれ加振した。また、水平動と上下動に位相差がない場合と位相差が 180° の場合についても実験を行った。

3. 実験結果および考察

実験結果の一例を図2に示す。この実験では水平動100gal、上下動200galで同時に加振した。置換砂が液状化して、ケーソンが傾斜するという被害が考えられるが、今回の実験では置換砂の層厚が薄かったため置換砂ではほとんど液状化が見られなかった。過剰間隙水圧の時刻歴（W4）を見ると、ケーソン背後地盤では完全液状化に達しており、背後地盤の沈下は1cm程度であった。ケーソンの変位量は0.6cm程度でほとんど変位しなかったといえる。

ケーソンの応答加速度（A5）を見ると上下動の応答倍率は約1.2倍程度であるが、水平動のそれは約2倍となっており、水平動に対して揺れやすいことがわかる。

図3はケーソンに対して垂直、平行方向に加振した場合の、ケーソンの変位を表したものである。ケーソンに対して垂直に加速度が加わればケーソンが倒れやすくなることがわかる。水平動100galではケーソンほとんど変位しないが、150gal、200galではその差が顕著であり、約3cm～4cmの差が見られる。実際の被害においても、南北方向の地震動が卓越しており、その方向のケーソンの移動量が多かった。ケーソンは重力式構造物であるので、大きな慣性力が加わるとケーソンは移動しやすくなり、ケーソンの変位量が大きくなると考えられる。

しかし、ケーソンに平行な方向に水平動を加えてもケーソンの変位が見られることから、ケーソンを変位させる原因としては慣性力の影響だけでなくケーソン背後地盤の液状化にも関係していることがわかる。背後地盤が液

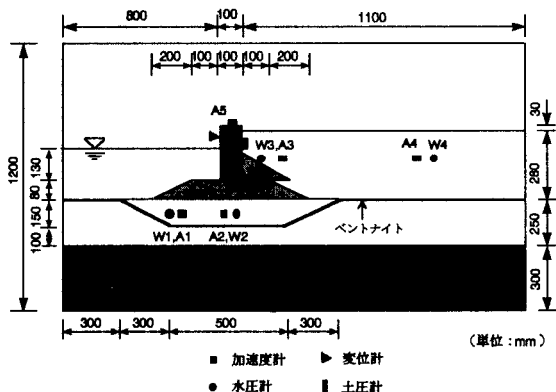


図1 実験モデル概要図

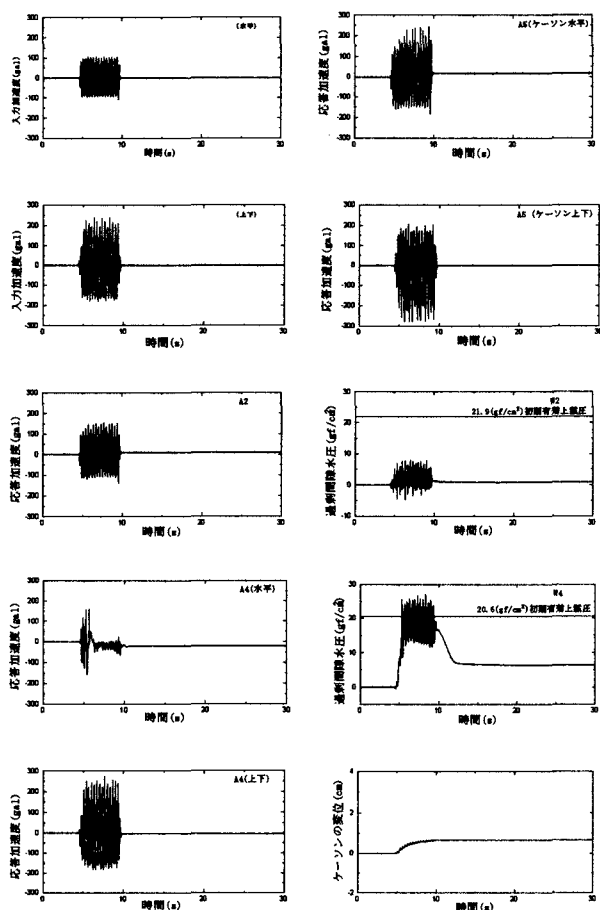


図2 実験結果の一例

(水平動 100gal、上下動 200gal、位相差なし)

状化し、ケーソンが変位すると地盤流動が起こりやすく、それにつれてケーソンの変位量も増加するものと考えられる。

図4は水平動に上下動が加わった場合、水平動と上下動の位相差におけるケーソンの変位量を表したものである。図5は水平動と上下動の合成方向を表したものである。水平動 100galでは入力加速度が小さいので顕著な差は見られないが、150galでは位相差がない方に比べて位相差 180°の方がケーソンの変位量が大きいことがわかる。水平動 200galでは水平動が大きいので、位相差の違いにかかわらず変位がほとんど 5cmに達している。位相差 180°の場合にはケーソンの重力を減らす方向に上下動が加わった時に、水平動が開放面である海側に加わるので、ケーソンが倒れやすく、ケーソンの変位量が大きくなるものと考えられる。

4. 結論

ケーソンに大きな慣性力が加わるとケーソンの変位量が大きくなる。また、ケーソンの変位は上下動と水平動の入力方向にも影響があると思われ、背後地盤の液状化による側方流動によってもケーソンが変位することがわかった。今回は、置換砂の層厚が薄かったため、置換砂の液状化がほとんど見られなかったのので、置換砂の液状化の影響については今後検討する予定である。

最後に、本研究の一部が(社)地盤工学会、地震時の地盤・土構造物の流動性および永久変形に関する研究委員会(委員長 東京電機大学 安田進教授)の活動として行われたことを記して、関係各位に感謝いたします。

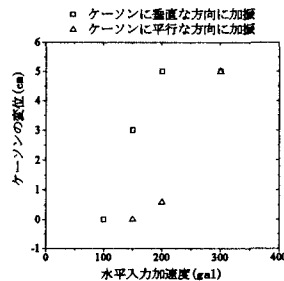


図3 水平方向加振によるケーソンの変位量

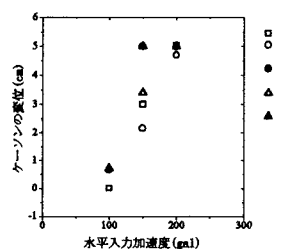


図4 水平動・上下動同時加振によるケーソンの変位量

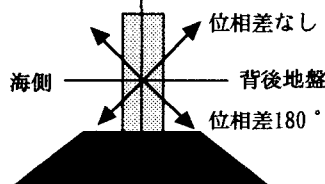


図5 水平動・上下動入力加速度の位相差