

Ⅲ - A118

直下地震におけるケーソン式岸壁の挙動に関する実験的研究

金沢大学大学院自然科学研究科 学生会員 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
 金沢大学大学院自然科学研究科 小林 亨

1.はじめに

1995年に発生した兵庫県南部地震は、大都市直下の地震であり、甚大な被害があった。港湾施設においては、神戸港で大部分の岸壁が被災し、特に、ケーソン式岸壁などの重力式岸壁では被害が大きかった。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、上下動がケーソンや地盤の液状化に影響をおよぼしたことが考えられる。本研究では、ケーソン式岸壁の被害要因を模型振動実験により明らかにする。特に、上下動の影響について検討する。

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（最大粒径 $D_{max}=25\text{mm}$ ）を用いた。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。本実験では水平動をケーソン法線に垂直、平行に加振した実験を行い、ケーソンの変位量にどのような違いがあるか検討する。また、背後地盤がゆる詰めの場合と締固めた場合の両者について実験を行い、背後地盤の液状化がケーソン変位に及ぼす影響を調べる。さらに、上下動と水平動の位相差により、ケーソン変位に与える影響を調べる。なお、実験ではゆる詰め地盤（ $D_r=0.31$ ）と締固め地盤（ $D_r=0.65$ ）の2種類の地盤を作成している。ゆる詰め地盤は水中落下法により作成した地盤であり、締固め地盤は数十回突き固めを行った地盤である。

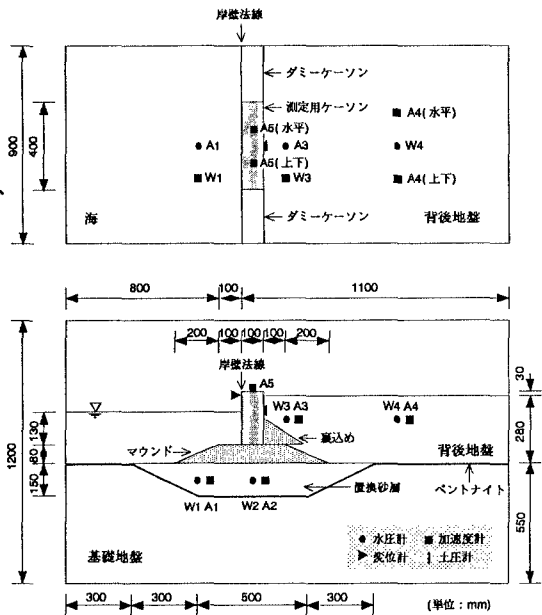


図1 実験概要図

3.実験結果および考察

図2は背後地盤（A4）の過剰間隙水圧比の最大値を示している。ゆる詰め地盤ではほぼ完全液状化に近い値を示しており、背後地盤が液状化していることがわかる。それに対して、締固め地盤ではほとんど液状化していない。これにより、締固め地盤ではケーソン変位に液状化の影響はないといえる。

キーワード：地震、上下動、ケーソン式岸壁、液状化

勤務先：〒920 金沢市小立野2丁目40番20号 TEL 0762-34-4656 FAX 0762-34-4644

図3に水平入力加速度とケーソンの変位量との関係を示す。ケーソン法線に平行方向に加振した場合では、ケーソンが倒れやすい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は背後地盤の液状化が考えられる。実際に、平行方向に加振した場合でもケーソンに変位が見られ、背後地盤の液状化によってケーソンが変位したことがわかる。ゆる詰め地盤でケーソン法線に垂直方向に加振した場合と、平行方向に加振した場合を比較すると、垂直方向に加振した場合の方がケーソンの変位量が大きくなっており、ケーソンを変位させる要因としては慣性力の影響も大きいように思われる。しかし、背後地盤を締固めた場合では水平入力加速度200、300galにおいてはケーソンの変位がほとんど見られず、ケーソンの変位は慣性力の影響だけではなく、背後地盤の液状化に大きく影響を受けていることがわかる。また、締固め地盤で水平入力加速度が400galではケーソンの変位量が大きく、大きな慣性力を受けると、背後地盤の液状化に関係なくケーソンの変位量が大きくなるものと思われる。実際には、ケーソンの水平設計震度を超える大きな加速度が加わった場合には、ケーソンの移動量が大きくなるものといえる。

つぎに、上下動の影響を考える上で、上下動と水平動の位相差がケーソンに与える影響について調べた。図4は水平動と上下動の位相差の違いによるケーソンの変位量を表したものである。水平100galでは入力加速度が小さいため顕著な差は見られない。水平150galでは位相差により違いが見られ、位相差 0° に比べ位相差 180° の方がケーソンの変位量が大きくなっていることがわかる。本実験において位相差 180° の場合では、ケーソンの重量を減らす方向に上下動が加わった時に、開放面である海側に水平動が加わるものである。この場合に、ケーソンは倒れやすくなるので、ケーソンの変位量が大きくなると考えられる。また、背後地盤を締固め、液状化の影響をなくし、水平動と上下動の位相差の影響だけを調べた。この場合においても位相差 0° よりも位相差 180° の方がケーソンの変位量が大きい。したがって、上下動と水平動の位相差により、ケーソンの変位量に違いがあることがわかった。

4. 結論

背後地盤の液状化による側方流動がケーソンを変位させる重要な要因であることがわかった。また、ケーソンの倒れやすい方向に慣性力が加わり、背後地盤が液状化している場合にはケーソンの変位量がさらに大きくなるといえる。ケーソン式岸壁の地震時挙動における上下地震動の影響は、特に水平地震動との位相差によるものが大きいと考えられる。

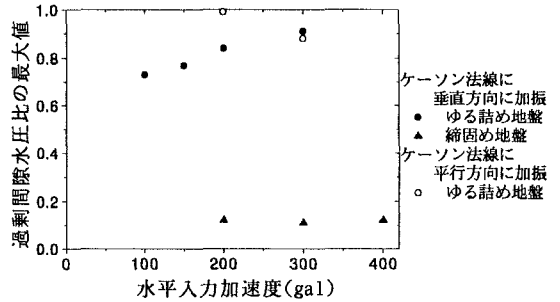


図2 背後地盤（A4）の過剰間隙水圧の最大値

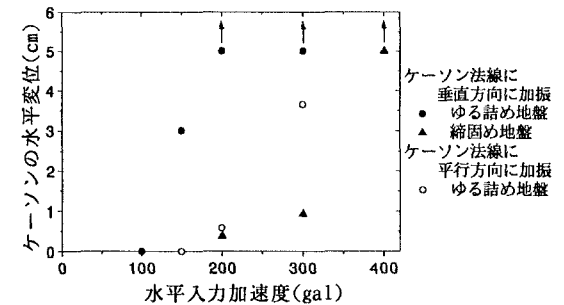


図3 水平入力加速度とケーソンの変位量の関係

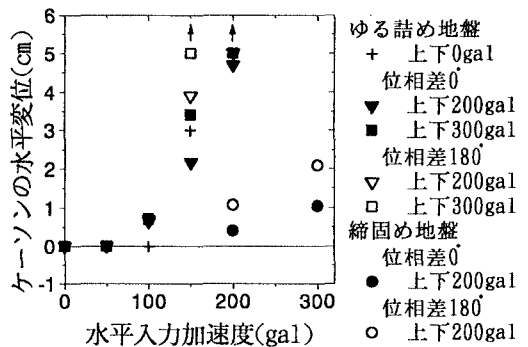


図4 水平動と上下動の位相差によるケーソンの変位量