

固化処理によって改良されたケーソン式岸壁背後地盤の振動台実験

九州大学工学部 学 ○坂本 圭節
九州大学大学院 正 陳 光斉

九州大学大学院 正 善 功企
九州大学大学院 正 笠間 清伸

1. はじめに

平成 15 年の十勝沖地震により、釧路港西港区第 4 埠頭のケーソンが海側方向に押し出され、ケーソン背後の地盤が沈下するという被害が発生した。このケーソン背後地盤の被災原因を解明するために模型土槽を作製し、振動台実験を行った。背後地盤は、裏込め石の有無、地盤改良の有無という条件でそれぞれ実験を行い、比較検討した。

2. 実験概要

実験で用いる土槽を図-1 に示す。幅、高さ、奥行きはそれぞれ 700mm、400mm、300mm である。ケーソンの幅、高さ、奥行きはそれぞれ 140mm、230mm、100mm で、外枠をアクリル板で作製し、その中に金属及び砂を入れて底面の接地圧を調整したり。模型ケーソンを奥行き方向に 3 つ並べ、中央のケーソン及びその背後地盤に着目した。土槽の両端には、加振によって壁で反射する波を吸収するためにスポンジを設置した。裏込め石は、最大粒径 19mm の石を勾配 1:1.2 で敷いた。背後地盤は 5 号珪砂を水中落下法により相対密度 $Dr=60\%$ になるように作製した。計測器は加速度計、間隙水圧計、土圧計、変位計の 4 種類を設置し、図-1 に示したように、番号をつけた。間隙水圧計と土圧計は深度ごとに比較するため、深度 30mm、115mm、205mm の位置に設置した。また、以下の 4 つの地点に計測器を設置した。①ケーソン前面、②ケーソン背面、③裏込め石と改良土の境界部、④改良土内。これは、ケーソン、裏込め石、改良土、それぞれの境界面と改良土内の挙動を分析、比較するためである。変位計は、変位計 1 でケーソンの水平変位を、変位計 2 で鉛直変位を、変位計 3、変位計 4 で背後地盤の鉛直変位を測定した。なお、薬液で固化処理した地盤では、過剰間隙水圧が生じないものとして、水圧計の設置は行わなかった。

実験ケースを表-1 に示す。実験は、以下の 3 ケースを行った。Case1:地盤は未改良で裏込め石無し、Case2:地盤は未改良で裏込め石有り、Case3:地盤は改良土で裏込め石無し。Case3 の地盤はエコシリカ 1 で改良した²⁾。エコシリカ 1 (シリカ濃度 4%) で満たした土槽に砂を水中落下させた後、7 日間養生し、振動台実験を行った。シリカ濃度 4% の改良体の一軸圧縮強さ q_u は 35.4 kN/m^2 である。

今回の実験では振動数を 3Hz に固定し、段階的に最大加速度を 100gal~400gal まで上げていき、各加速度で 10 波を与えた。

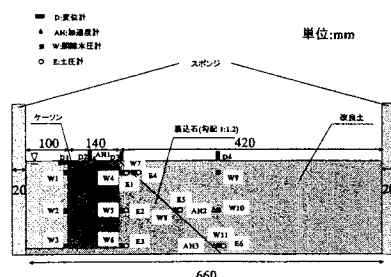


図-1 土槽図

表-1 実験ケース

	加速度(gal)	地盤
Case1	100→200→300→400(段階的に増加)	未改良(裏込め石無し)
Case2		未改良(裏込め石有り)
Case3		改良(裏込め石無し)

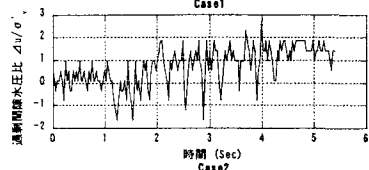
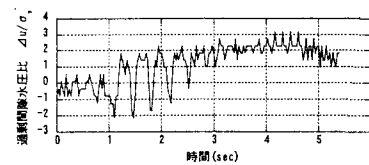


図-2 過剰間隙水圧比時刻歴

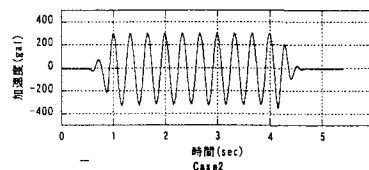
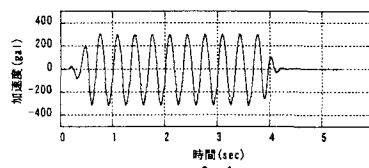


図-3 加速度時刻歴

3. 実験結果及び考察

Case1、Case2 の最大加速度 300gal を与えたときの過剰間隙水圧比の時刻歴を図-2 に、加速度の時刻歴を図-3 に示す。過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma_v'$ は最大加速度が 100gal、200gal のときは大きな変化はなかったが、300gal 与えると 1 に近い値になっている。このことから、Case1、Case2 では最大加速度が 300gal のときに地盤は液状化したといえる。薬液で地盤を固化処理した Case3 では見た目からも、液状化しなかった。このことを考慮して、今回は特にケーソン及び地盤の変位に注目して考察を加える。

ケーソンの移動量と地盤の加速度の関係を評価するために、変位と最大加速度の関係を図-4 に示す。変位計 1 はケーソンの前面方向への変位を、変位計 2 はケーソンの上方向への変位を正とする。図-4 において、変位計 1 の値から、ケーソンは最大加速度が大きくなるにつれて前面に移動していることがわかる。加振によってケーソン前面の水圧が変化しないのに対し、ケーソンを前面に押す方向に土圧が上昇したので、ケーソンが前面に変位したと考えられる³⁾。また、最大加速度を大きくしても Case3 では移動量は小さいのに対し、Case1、Case2 では最大加速度が 300gal のときに大きく変化している。Case3 では液状化が発生しなかったのに対し、Case1、Case2 では液状化が発生したことが原因だと考えられる。一方、変位計 2 の値から、ケーソンの沈下は最大加速度の変化に対して区々である。

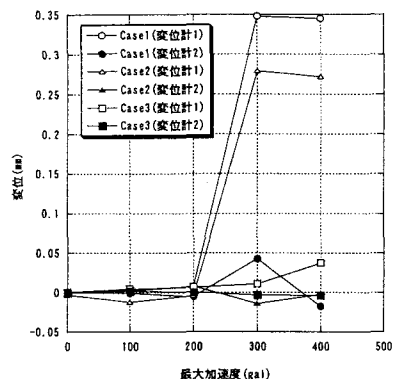


図-4 変位-最大加速度グラフ 1

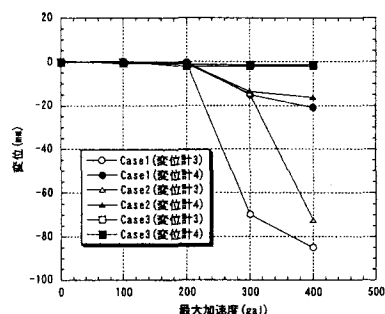


図-5 変位-最大加速度グラフ 2

ケーソン背後地盤の沈下量と地盤の加速度の関係を評価するために、図-5 に地盤の変位と最大加速度の関係を示している。背後地盤の沈下量は最大加速度が大きくなるにつれて大きくなっている。Case3 では背後地盤の沈下量は小さく、変位計 3、変位計 4 の値に差はほとんどない。一方、Case1、Case2 では図-4 と同様に、300gal 与えたときに変位量は著しく大きくなる。これも液状化したことによると考えられる。次に、変位計 3、変位計 4 の値から、変位計 3 を設置したケーソン近くの地盤の方が沈下量が大きいことがわかる。加振によってケーソンが前面に移動したことから、ケーソン付近の地盤が大きく沈下したと考えられる。

図-4、図-5 とともに変位量は Case1、Case2、Case3 の順に大きくなっている。Case1 と Case2 を比較すると、Case2 では液状化の可能性の小さい裏込め石をケーソン背後に敷いたために、Case1 ほど変位しなかったと考えられる。Case3 では薬液処理によって地盤を改良した結果液状化しなかったことにより、Case1、Case2 ほど顕著な変位はなかったと考えられる。

4. 結論

- 1)地震を受けたケーソンは鉛直方向に規則的に変位しないが水平方向には前面の海側に移動し、その移動量は液状化したときに著しく大きくなる。
- 2)背後地盤の沈下は加速度が大きいほど、ケーソンに近い位置ほど、液状化したときほど顕著である。
- 3)加振による地盤の沈下、ケーソンの移動量は裏込め石の有無、改良の有無によって異なる。これらは、改良地盤で最も小さく、次に裏込め石を設置した場合に小さく現れる。

【参考文献】

- 1)林健太郎等：「重力場と遠心場における動的模型実験の相似則の比較」，土木学会論文集 No. 582/Ⅲ-41, pp.207～216, 1997.12.
- 2)林健太郎等：「溶液型薬液注入工法の浸透および強度特性に関する大型土槽実験」，土木学会論文集 o. 694/Ⅲ-57, pp.221～228, 2001.12.
- 3)朝長光：「背後地盤を固化処理したケーソン式岸壁の地震時応答特性」，土木学会西部支部研究発表会公演概要集 投稿中