

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

九州大学大学院 学 ○朝長 光 正 善 功企
 同上 正 陳 光斉 正 笠間 清伸

1. はじめに

我国は世界有数の地震国であり、土木構造物の地震における被害は少なくない。その原因の一つが地震時の液状化であり、現在、様々な液状化対策工法が考案、実用化されており、そのうちの一つに各種の固化処理工法がある。しかし、地震時のケーソン式岸壁背後固化処理地盤の挙動に関しては未解明な点も多い。2003年十勝沖地震では固化処理されたケーソン式岸壁背後のエプロン部の沈下現象が見られた。そこで、本文では背後地盤が固化処理された岸壁エプロン部ならびに裏込め材の沈下のメカニズムを解明するために振動台実験を行った。

2. 実験概要

模型土槽は、図-1に示すもので、地盤には5号珪砂、裏込めには市販の庭石(最大粒径19.0mm)を使用し、水中落下法により相対密度は60%になるように調整した。本実験で使用した模型地盤は釧路港の1/70となるように幾何学的相似則に基づきモデル化されており、模型ケーソンに関しては、接地圧を鉄板等を載せて調整している。なお、今回は剛な土槽を用いたため、振動方向にはクッションを設置し、波動の鉛直壁からの反射を低減している。測定器は、水圧計、土圧計、変位計、加速度計を用いたが、改良のケースにおいては地盤内に水圧計を配置していない。水圧計と土圧計は、ケーソン前・背面、裏込めと地盤の境界部、地盤内に深さ方向に3点ずつ設置し、変位計は、ケーソンの挙動を把握するための加振方向・鉛直方向の2つと、被害が生じたエプロン部、それと比較するために、裏込めの無い地盤の上に設置した。今回の加振は3Hzの正弦波を10波ずつ100gal~400galまで100gal単位で増加させるステップ載荷で行った。実験ケースは表-1に示す。また、今回の実験で固化処理地盤の作成で用いた薬液はエコシリカIであり、今回はその濃度を4%とし、加振時の材齢は7日とした。供試体の一軸圧縮強度は38.4kN/m²である。

3. 実験結果および考察

液状化した領域を確認するために300gal加振時におけるCase2の加振方向3点での過剰間隙水圧比の比較を行った。図-2(a)はケーソンに取り付けた水圧計のもので、(b)は裏込めとの境界部でケーソンから3cm、(c)はケーソンから22cm離れている。これらの水圧計はどれも液状化の発生しやすい地表面付近(深さ3cm)のもので(a)以外は砂地盤に設置してある。これらと比較してみると、(a)は(b)、(c)のように時間軸で見て上昇するという傾向は見られないが、瞬間的に1を超える値があり、応答周波数が高い。これは、(a)に示す間隙水圧は透水性の良い裏込め内に設置されている

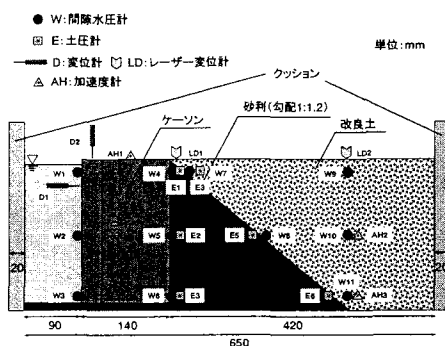


図-1 実験模型地盤図

表-1 実験ケース

Case	加速度	地盤	薬液濃度
1	100→400gal ステップ載荷	未改良(裏込め無し)	
2		未改良(裏込め有り)	
3		改良(裏込め無し)	4%

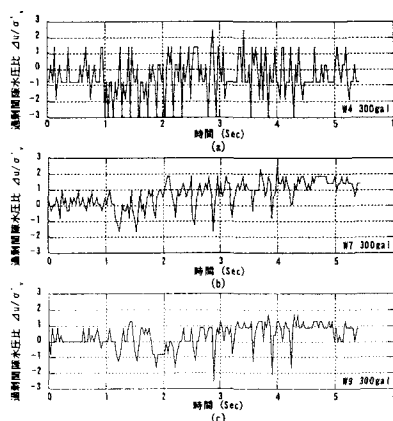


図-2 過剰間隙水圧比 時系列

が、剛体であるケーソンによって反射される波が影響しているのではないかと考えられる。また、砂地盤に設置されている(b)と(c)のグラフを比較すると、わずかながら(b)の方が大きな値をとっていることから、砂地盤に関してはケーソンに近い方が液状化しやすいといえる。これは変位計の値もケーソンに近い地盤の方が沈下量が大きくなっていたことから確認できる。

図-3 に 300gal で行った Case1~3 の土圧係数の時系列変化を示す。測定装置はケーソンの中央の高さである。(a) Case1 で示すグラフでは土圧係数 $K = \sigma_h / \sigma_v$ が 1 程度の値を示しており、300gal において液状化を起こしていると推測される。同様に、(b) Case2 においても、1 になっていることが確認されるため、裏込めがあっても 300gal で液状化が発生していると考えられる。

Case1 と 2 を比較してみると、わずかながら Case1 の方が早い段階で大きな値をとっているため、裏込めの有無が液状化のしやすさに影響していることが分かる。(c) Case3 のグラフでは K の値が増加しておらず、1 に達していない。このことから、土圧係数の観点から評価すると、液状化は発生していないと考えられ、固化の効果の効果が表れていると考えられる。

振動台に取り付けた加速度計の値を入力加速度とし、地盤内の深度 115mm に設置した加速度計の値を用いて地盤内の応答加速度を算出した。図-4 に応答加速度と最大加速度の関係を示す。200gal までは大きな差はなかったが、300gal になると大きな変化が見られた。応答加速度の増加の割合は Case1、2、3 の順で大きな値となっていることが確認できる。また、Case3 は加速度によりそれほど変化していなかった。これは、改良された地盤がほぼ剛体であり一体となって動くためであると考えられる。また、図に示していないが、深度 205mm の応答加速度は 115mm 地点のものに比べてと殆んど変化していなかった。

図-5 に過剰間隙水圧比の最大値の深度分布図を示す。この値は図-4 に示した加速度計と同位置のものである。また、この図で過剰間隙水圧比が 1 以上の値が出ているのは、過剰間隙水圧の動的作用による波のピーク値をとっているからだと考えられる。この図から分かるように、地表面付近は明らかに液状化しているといえるが、それ以外の深い地点に関しては、厳密に液状化しているとは言い難い。このため、図-4 に示した応答加速度は一般的に液状化すると小さな値をとるが、300gal を超えても増加する理由は、深度 115mm 地点では地盤が液状化していないからだと考えられる。

4. 結論

本文では、条件の異なる地盤に対して振動台実験を行い、以下の結果を得た。(1)裏込めの有無がその背面の砂地盤の土圧に影響し、裏込めが無い場合の方が土圧は上昇する。(2)裏込めがあっても、砂地盤に関してはケーソンに近い方が液状化しやすく、沈下も大きい。(3)液状化していない地盤では地表面に近いほど応答加速度は大きく、改良された地盤は、剛体のように動くため応答加速度は比較的小さい。

(参考文献)

- 1) 林健太郎：「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 No.694/Ⅲ-57, pp221~228, 2001.1.12
- 2) 坂本圭節ら：「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」、土木学会西部支部研究発表会公演概要集 投稿中

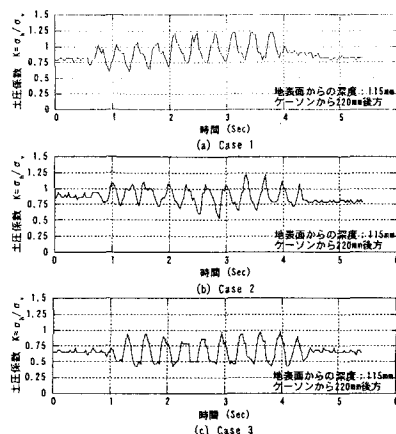


図-3 300gal における土圧係数時系列

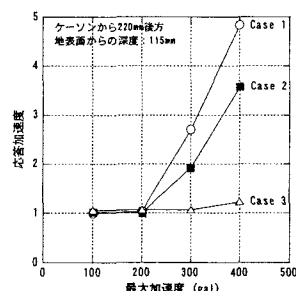


図-4 応答加速度と加速度の関係

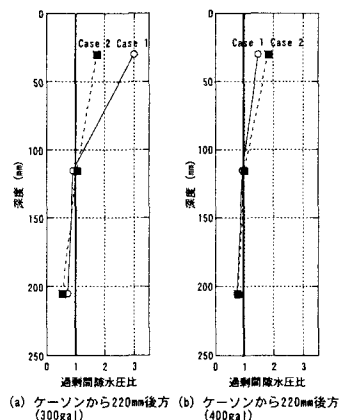


図-5 過剰間隙水圧比の深度分布図