

裏込め材と岸壁の地震時相互作用に関する実験的考察

九州大学大学院 学 〇朝長 光 フェロー会員 善 功企
同上 正 陳 光斉 正 平松 浩三

1. 背景および目的

我国では、港湾・空港・道路などの土木施設の液状化による被害が少なくない。そのため、現在までに多くの液状化対策工法が開発されているが、平成 15 年の十勝沖地震では、ケーソン式岸壁背後地盤に対し、固化処理を講じていたにもかかわらず、ケーソンの変位及びエプロン部の沈下という被害が発生した¹⁾。これは、裏込め石の変形により、エプロン等の沈下となって現れたものと推測されているが、現段階では、その原因は明らかになっていない。そこで本文では、振動台模型実験を行い固化処理と裏込め材の併用が及ぼす影響を把握し、裏込め材の設置の是非を確認することを目的としている。

2. 内容

2.1. 実験概要

本実験で使用した模型土槽を図-1 に示す。地盤には 5 号珪砂 ($D_{50}=0.63\text{mm}$)、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%と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 1/40 となるように幾何学的相似則に基づきモデル化されている。測定器は、水圧計、土圧計、変位計、および加速度計を用いた。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。実験ケースを表-1 に示す。また、今回の実験で固化処理地盤の作成のために用いた薬液は恒久性の水ガラス(エコシリカ)であり、濃度を 4%、薬液の初期 pH を 3 とし、供試体の一軸圧縮強度 $q_{u4\text{日}}=22\text{ kN/m}^2$ である。

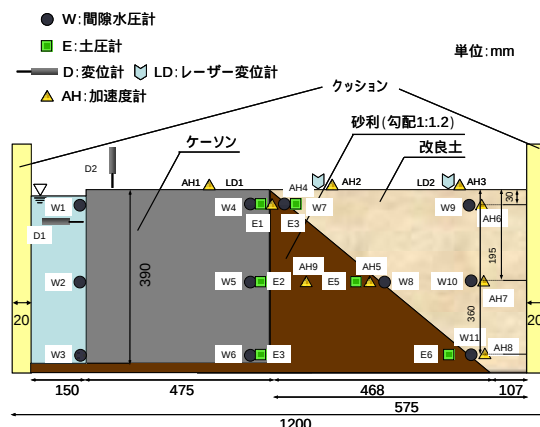


図-1 模型土槽

表-1 実験ケース

Case	入力加速度	改良	裏込め材
1	100 → 400Gal 100Gal毎の ステップ載荷	未改良	なし
2			あり
3		薬液濃度4% ($q_u=22\text{kN/m}^2$)	なし
4			あり

2.2. 実験結果および考察

図-2 にケーソンの前面への水平変位を、図-3 に背後地盤の沈下量を示す。まず、背後地盤を改良していない Case1 と Case2 について比較すると、最大加速度 200GAL から 300GAL 加振時に水平変位が大きくなる。これは、200GAL 加振時に地表面が液状化し、300GAL 加振時にはほぼ地盤の深さ中央まで液状化が発生したためである。また、裏込め石を設置した Case2 の方がケーソンの水平変位も背後地盤の沈下量も小さい。このことから、未改良土では、裏込め石を設置することは、地震時の対策として有効であるといえる。次に、背後地盤を固化処理した Case1 と Case3 を比較すると、裏込めを設置していない Case3 では、400GAL のときにはじめて大きな変位が生じた。同様に裏込めを設置していない未改良の地盤(Case1)は 300GAL 加振時に液状化が発生していたことを考慮すると、薬液による液状化防止効果が確認できる。Case3 と Case4 を比較すると、裏込め石を設置した Case4 では、Case3

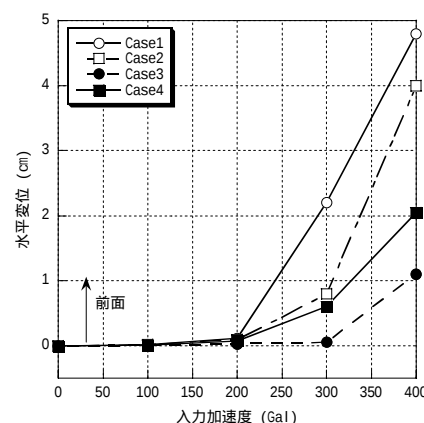


図-2 ケーソンの水平変位

と比較して、わずかずつではあるが、200GAL 加振時から変位が生じており、変位量としては、裏込めを設置していない Case3 よりも裏込めを設置している Case4 の方が大きくなっている。このことから、背後地盤を固化処理した際に裏込め材を併用することが必ずしも有効ではなく、地震によって生じる被害は大きくなっているといえる。

図-1 に示す AH1、AH5、AH7、AH9 の加速度計を用いて、Case3 と Case4 における、裏込め境界部(裏込め側)・裏込め内部・背後地盤内部の 3 点とケーソンとの位相差を図-4、図-5 に示す。位相差は加速度計のピークをとる時間の差をとって求めており、その値を入力地震動の周期で除したものの縦軸にとっている。Case3 と Case4 を比較すると、Case3 の裏込めを設置していないケースの方が、ケーソンとの位相差は多少生じているものの、地盤全体が同じ傾向で動いていることが分かる。Case4 では、裏込め内部及び境界部に設置した加速度計の値はほぼ同様の傾向を持って動いているが、裏込め部分と地盤部分では異なる動きをしていることが確認できた。また、その位相差の大きさも Case3 と比較して大きな値を示しており、位相差が発現するタイミングも非常に複雑で、周期的でないことから、ケーソン・裏込め材・背後地盤の各々の相互作用により、挙動が変化しており、単純な振動を繰り返していないことが分かる。

図-6 に Case3、Case4 の図-5 で用いた加速度計と同深度、同時刻におけるケーソンに作用した土圧のグラフを示す。位相差が比較的小さく、地盤全体が同じ挙動を示していた Case3 は土圧の急激な増減は見られない。それに対し、位相差が大きく出ている Case4 を見てみると、土圧計の値は位相差が大きく発現しているとき、または、その前後に土圧が上昇していることが分かる。このことから、固有振動数の異なる裏込め材を設置することで、ケーソン・裏込め材・固化処理された背後地盤が複雑な挙動を示し、その位相差が、土圧の増減と関連があることが確認できた。これにより、固化処理と裏込め材の設置を併用したケースにおけるケーソン変位は、固化体とケーソンに挟まれた最も剛性の低い裏込め部分が変形することで生じたと考えられる。

3. まとめ

(1) 背後地盤が未改良土の場合、裏込め石の設置を設置することにより、ケーソンの水平変位ならびに背後地盤の沈下を抑制することができる。(2) 一方、本実験では、背後地盤を改良した場合、裏込め石を設置することにより、位相差が増大し、それに伴う土圧の著しい変化が確認できた。これによりケーソンの変位が増大する結果となり、背後地盤の固化処理と裏込め材の併用がケーソンの変位に悪影響をおよぼすことがわかった。今後は、実験を繰り返し行い、再現性の検討をすると共に、地震応答解析を用いて、定量的な評価を行っていく必要がある。

<参考文献>

1) 釧路開発建設部釧路港湾建設事務所社団法人寒地港湾技術研究センター：平成 15 年度十勝沖地震による釧路港第 4 ふ頭被災に関する検討委員会参考資料。

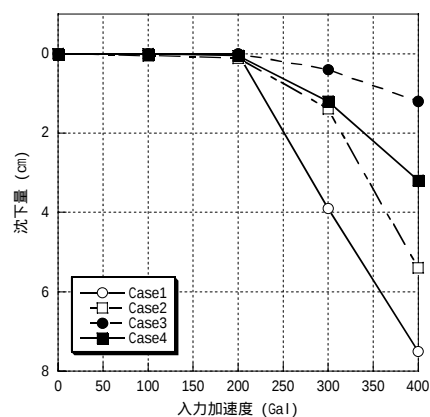


図-3 エプロン部沈下量

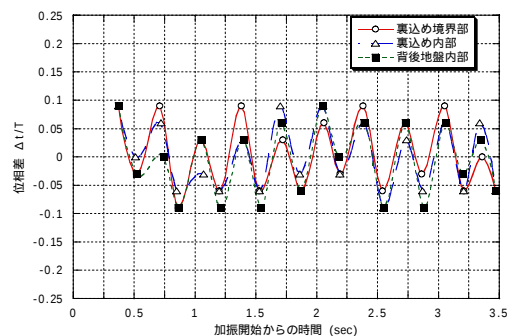


図-4 ケーソンと地盤の位相差 (Case3)

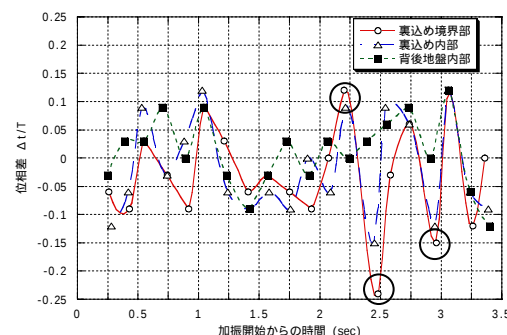


図-5 ケーソンと地盤の位相差 (Case4)

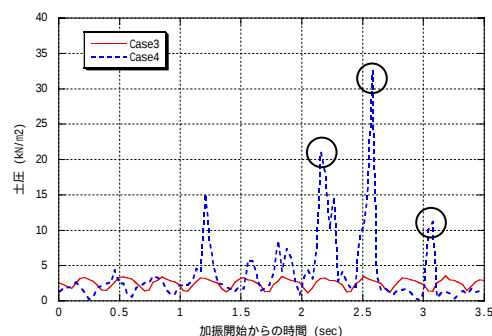


図-6 ケーソンに作用した土圧