

Ⅲ－A129

ケーソン式混成堤の地震時変形挙動に関する考察

京都大学大学院 学生会員 金 夏永
 京都大学防災研究所 フェロー会員 関口秀雄
 京都大学大学院 武部篤治

1. はじめに

兵庫県南部地震により、神戸港の防波堤は大きく沈下した。例えば神戸港第7防波堤では、ケーソン天端の最大沈下量は2.6mにも至っている。このようなケーソン式混成堤の地震時安定に関わる重要な要素は、ケーソン両側に存在する海水域による動水圧、ケーソンと捨石間の相対滑り、捨石マウンド内の初期応力状態、捨石マウンド下の基礎地盤の繰返しせん断変形、外縁地盤の液状化、捨石マウンドと直下地盤間の細粒物質の移動などである。これらのことを念頭において、地震時のケーソン式混成堤の挙動を詳しく検討するために、遠心力場における振動台実験を行った。本実験では防波堤基礎地盤を砂地盤とし、その相対密度の違いによる混成式防波堤の挙動を詳しく調べた。

2. 実験方法

振動台実験を30g場の遠心加速度場のもとで実施した。実験に用いた模型とその計測器の配置を図-1に示す。基礎地盤と捨石マウンドにそれぞれ珪砂7号と珪砂4号を用い、液中落下法(流体としては粘度30cStのシリコンオイルを使用)により作成した。捨石マウンドの上には質量1.42kgの矩形ケーソン(高さ100mm;幅60mm)を設置した。ケーソン天端の変形量を測るために3台のレーザー式変位計を設置した。すなわち、加振中のケーソン天端の二点における鉛直変位とケーソンの水平変位を計測した。

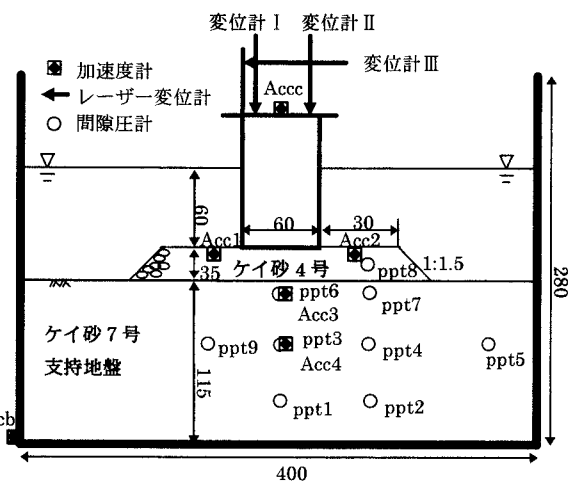


図-1 実験模型

入力地震動は図-2に示すようなsin波であり、水平加速度振幅約3g、振動数30Hz、継続時間は0.67秒に設定した。実物換算では、それぞれ0.1g、1Hz、20秒である。

入力地震動は図-2に示すようなsin波であり、水平加速度振幅約3g、振動数30Hz、継続時間は0.67秒に設定した。実物換算では、それぞれ0.1g、1Hz、20秒である。

3. 実験結果と考察

本報告では、KH03 (Dr=25%), KH04 (Dr=33%), KH05 (Dr=81%), KH06 (Dr=52%)の計4ケースをとりあげる。

(a) 加振後の変形状況 加振後のケーソン式混成堤の代表的な変形状況を図-3に示す。捨石マウンド(実際にはケイ砂4号)が基礎地盤に貫入するような沈下パターンを示している。すなわち、マウンド直下の地盤は著しく圧縮し、捨石マウンド外縁の地盤は隆起している。捨石マウンドの法尻部分がマウンド外縁側に向かって側方に移動していることにも留意したい。

(b) ケーソン天端の沈下量 ケーソン天端の沈下の時刻歴を図-4に示す。加振中にケーソンはロッキングするが、残留水平変位はほとんど生じず、真っ直ぐに沈下した。密詰めのケースKH05においては、主要動の初期にケーソンの沈下は収束している。しかし、緩詰め(KH04)および中密(KH06)のケースにおいては、主要動の間、時間-沈下量の関係はほぼ直線的である。全実験ケースにおいて、ケーソン天端の沈下は加振中にほぼ完了しており、主要動後の過剰間隙圧の消散に伴う沈下はほとんど見られない。このことから、ケーソンの沈下をひき起こす要因は、加振後の過剰間隙圧の消散に伴う体積変化に起因するものではなく、主として加振中のケーソン

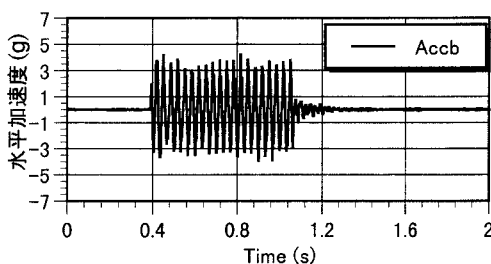


図-2 入力地震動

遠心力場震動実験、混成式防波堤、せん断変形

〒611 京都府宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所災害観測実験センター(TEL. 0774-38-4309, Fax. 0774-38-4180)

直下の基礎地盤の繰返しせん断変形によって発生したものと考えられる。

基礎地盤の相対密度とケーソン天端の沈下比の関係を図-5に示す。ここに S は加振終了直後のケーソン天端の沈下量、 D は基礎地盤の厚さを表す。最も緩詰めのケース KH03 ($D_r=25\%$) においては、加振中にケーソンが傾いたが、その平均沈下比は22%にも達している。図-5の結果より、ケーソンの沈下量は、基礎地盤の相対密度が大きくなるにつれて、概ね直線的に減少することが分かる。

(c) 地盤内の過剰間隙圧の応答 実測した最大過剰間隙圧の水平分布と初期鉛直有効応力プロファイルを図-6に示す。マウンド外縁の最大過剰間隙圧(ppt5)は、いずれのケースでも初期鉛直有効応力(σ'_{v0})のレベルに達している。しかし有効上載圧が大きいケーソン直下の基礎地盤の最大過剰間隙圧(ppt3)は、初期鉛直有効応力の40%以下のレベルにとどまっている。この傾向をさらに詳しく調べると、基礎地盤の相対密度が大きくなるにつれて、ケーソン直下の最大過剰間隙圧は漸減する傾向が認められる。

4. まとめ

- 1) ケーソンの変形パターンは、ほとんど水平移動を示さず、沈下が支配的である。
- 2) ケーソン天端の沈下比(S/D)は、基礎地盤の相対密度が大きくなるとともに、概ね直線的に減少する。
- 3) ケーソンの沈下は、地盤内の過剰間隙圧の消散がほとんど生じていない主要動の間にほぼ完了している。したがって、地震動によるケーソンの沈下は、ケーソン直下地盤の繰返しせん断変形に起因すると考えられる。

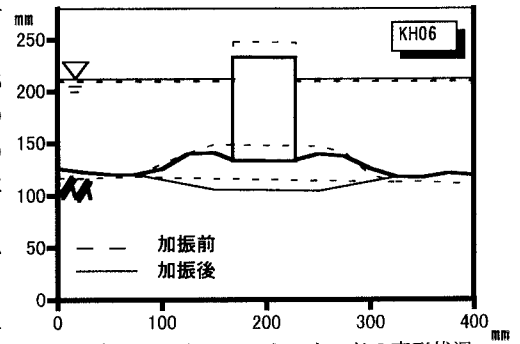


図-3 加振によるケーソンとマウンドの変形状況

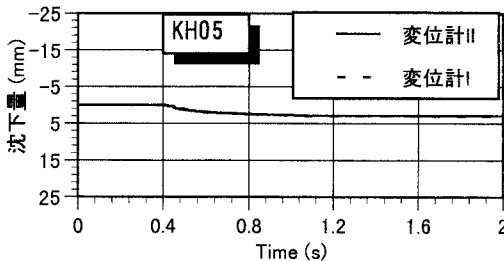
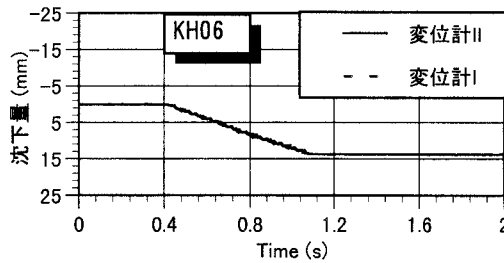
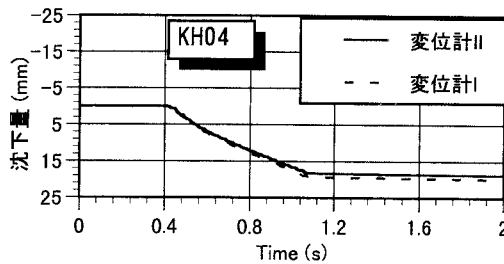


図-4 ケーソン天端の沈下量の時刻歴

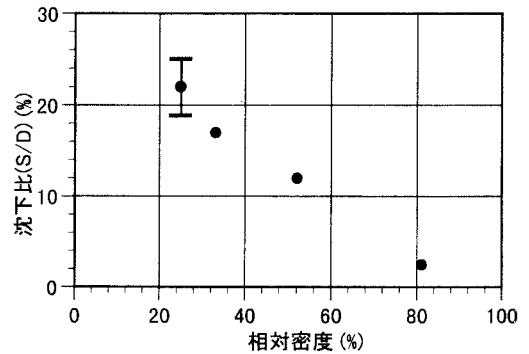


図-5 ケーソン天端の沈下比と相対密度の関係

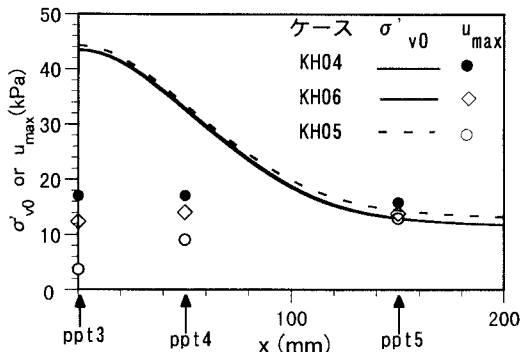


図-6 最大過剰間隙圧の水平分布