

京都大学防災研究所 正 嘉門雅史, 三村 衛 (株)熊谷組 正 ○永山俊輔
 摂南大学 正 伊藤 謙 摂南大学大学院 学 岬 誠一

1. はじめに 平成7年兵庫県南部地震では港湾構造物に甚大な被害が生じた。ケーソン式岸壁については、地震による慣性力、置換砂地盤のせん断抵抗の低下や背面埋立地盤の液状化による側方土圧の増加等の要因により、前傾、滑動、沈下等が複合された形の被害が生じた。本研究は、遠心載荷実験によってケーソン式岸壁の崩壊現象のメカニズムを検証することを目的としている。本報告では遠心載荷実験の諸元と得られた結果を中心にまとめる。

2. 実験方法 実験は、置換砂地盤、背面埋立地盤およびケーソン式岸壁(高さ3.6m,幅3.0m,比重約1.9に相当)からなる縮尺1/30の模型土槽を、30G遠心力場(有効半径2.5m)において油圧式振動台で地震力を与えることにより行った。土槽内部の寸法(奥行き15cm)及びtransducerの設置位置の模式図を図-1に示す。地盤材料には置換砂、背面埋立部ともに珪砂8号を、捨て石マウンドには直径約10mmの砂利を、流体には真空槽内で脱気したシリコンオイル(50cs)を用いた。実験に対し背面埋立地盤の相対密度をパラメータとした。緩い場合(相対密度約70%)は水中落下法により地盤を作成し、密な場合は、少量の砂を水中落下法によって堆積させた後に突固めを繰り返すことにより地盤を作成し、相対密度約94%を得た。ケーソン直下の置換砂地盤については常に緩い背面埋立地盤と同じ方法で作成した。なお、いずれの場合にも、置換砂地盤完成時および全地盤作成終了後にそれぞれ各十分間の遠心力による自重圧密を行い、模型完成後にはさらに数時間の脱気を行って地盤の飽和度を高めた。本報告では、捨て石マウンドを設置したケースについてのみ、結果を記す。なお載荷外力は、図-2に示すような実物の値に換算して周期0.6秒,最大加速度500gal程度,振幅約9cmの正弦波を10波与えた。また、結果の値は海側、沈下方向を正とし、単位は全て実物換算値である。

3. 実験結果 置換砂部においては過剰間隙水圧比($\Delta u/\sigma_v'$)の値は0.7程度までしか上昇せず、完全液状化には至らない結果が得られたのに対し、背面埋立地盤においては図-3に示されるように $\Delta u/\sigma_v'$ の値は締固めた密な地盤では1には達していないが、緩い場合には1に達しており完全に液状化に至っていることが分かる。この背面埋立地盤の

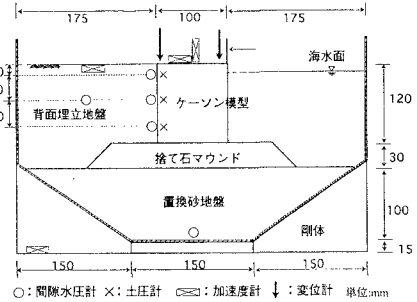


図-1 模型の模式図

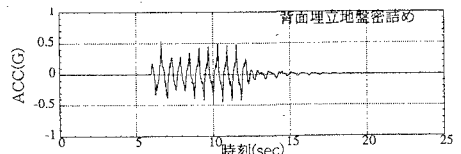


図-2 入力加速度

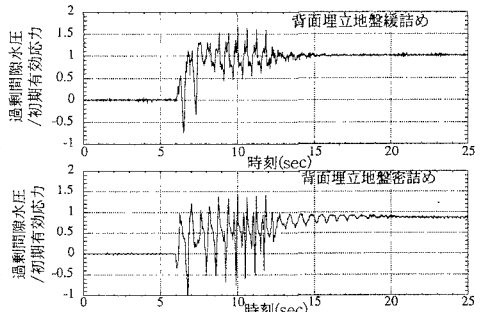


図-3 背面埋立地盤過剰間隙水圧比

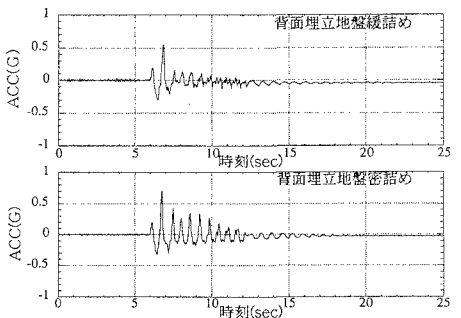


図-4 背面埋立地盤加速度

締固めの程度, 言い換えると液状化の発生の程度が動的挙動にどのように反映されているかを検討する。図-4は, 背面埋立地盤表面部に設置した水平方向加速度計の時刻歴であるが, 地盤を締固め, 液状化に至っていない場合と比較して, 地盤を締固めずに液状化に至った場合には, 二波目の最大値及びその他の部分においても加速度は小さく抑えられており, これは相対密度の差異によって生じる地盤剛性の影響や, 液状化による免震効果が現れたものと考えられる。さらにこの免震現象は, ケーソン水平方向加速度にも現れており, 同様に背面埋立地盤を締固めた場合と比較して, 緩い場合にはケーソン水平方向加速度出現値は低く抑えられていることが図-5より分かる。さて, 次にケーソンが具体的にどのような変状をしたかについて背面埋立地盤が密な場合を例にとって考察する。ケーソンの最終変状は図-6に示されるように若干量の滑動, 沈下及び, 陸側への傾斜となっている。これは, とくに陸側への傾斜という点で一般的な大型岸壁の被災モードとは異なっている。しかしながら高さ7.5m以下の小型岸壁については地盤側に傾斜する例も報告されている¹⁾。本実験で扱ったケーソン模型は実際高さ3.6mの小型岸壁に属する。また, 図-7は, ケーソン上端の水平変位時刻歴を示したものであるが, ケーソン上端は一度海側に移動した後に再び地盤側に戻る変位モードをとっている。これは, 地震動初期の慣性力によって, 一度ケーソンは海側へ前出するものの, こういった小型岸壁のケースでは背面埋立地盤が液状化に至った後, ケーソン下部において強く作用する動土圧によって, ケーソン下部が海側へ押し出されるような形となり, このように結果として陸側へもたれかかるようなモードが発生したのではないかと考えられる。図-8に示されるケーソン下部に埋設した土圧計により得られた結果によると, 初期土圧(30kPa)にたいして十分大きな土圧増分がみられる。

4. まとめ 30G場における遠心模型振動実験を行った結果, 背面埋立地盤が液状化すると免震作用によってケーソンの応答加速度は低減されるという結果が得られた。本実験においては模型が小型岸壁を想定したものとなってしまったためか, 滑動量は低く抑えられ, かつ陸側へ傾斜するという被災モードが生じたが, この原因の一つとしてケーソン下部に作用する比較的大きな動土圧が考えられる。

4. まとめ 30G場における遠心模型振動実験を行った結果, 背面埋立地盤が液状化すると免震作用によってケーソンの応答加速度は低減されるという結果が得られた。本実験においては模型が小型岸壁を想定したものとなってしまったためか, 滑動量は低く抑えられ, かつ陸側へ傾斜するという被災モードが生じたが, この原因の一つとしてケーソン下部に作用する比較的大きな動土圧が考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 上部達生: "神戸港の各種岸壁の被災変状分析, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集," 1997.

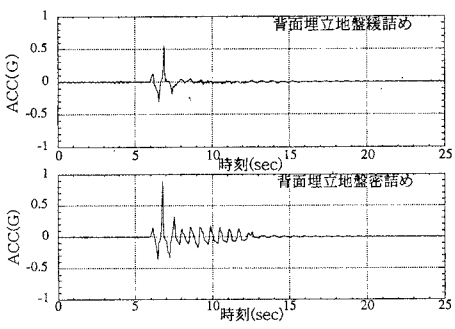


図-5 ケーソン水平方向加速度

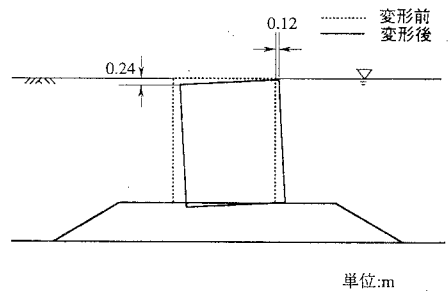


図-6 ケーソン最終変状 (背面埋立地盤密詰め)

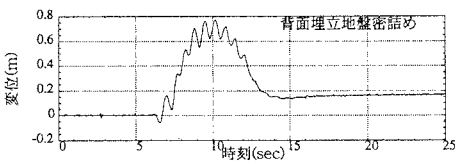


図-7 ケーソン水平変位

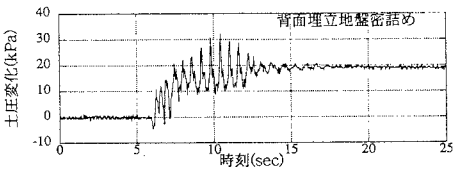


図-8 ケーソン下部土圧増分