

兵庫県南部地震により被災したケーソン式岸壁に関する実験的研究

運輸省港湾技術研究所 正会員 稲富隆昌  
 運輸省港湾技術研究所 正会員 菅野高弘  
 五洋建設株式会社 正会員 三藤正明

1.はじめに

兵庫県南部地震により、神戸港は大半の施設が被災し、港湾機能は地震直後はほとんど麻痺状態に陥った。被災の程度は、栈橋式等の軽い構造物に比べて、ケーソン式など重量の重い構造物の被害が大きかった。ケーソン式岸壁の被災形態は、ケーソンが海側に移動、前傾、沈下し、背後地盤が陥没した。本報告では今回の地震で被害が大きかったケーソン式岸壁の被災メカニズムに関する模型振動実験結果について説明する。

2. 模型振動実験概要

模型振動実験には、水深2mの水槽の底面に振動台が設置されている水中型の振動台を用いた。これは、水中に建設されるケーソン式岸壁の地震時の挙動をより忠実に再現するためである。図-1に実験に用いたケーソン式岸壁模型の断面を示す。この模型はポートアイランド地区のコンテナ埠頭の12m岸壁の長さの縮尺比を1/17としたものである。模型の置換部および裏込部分はポートアイランドで採取したまさ土の30mmフルイ通過分を用い水中落下法により作製した。基礎捨石部は碎石4号、裏込石は碎石6号を用いた。

ケーソンに作用する動土圧および動水圧を計測するために、ケーソン背後に土圧計と間隙水圧計をそれぞれ4個設置した。置換部ではケーソン直下およびその前方位置に間隙水圧計と加速度計を配置し、過剰間隙水圧と応答加速度の発生状況を調べた。裏込部も間隙水圧計と加速度計を配置した。実験に用いた入力波は、兵庫県南部地震でポートアイランド地区でGL-28m地点で観測された強震記録を用いた。図-2に観測された水平2成分と上下成分の強震記録を示す。実際の加振では1G場の相似則<sup>1)</sup>に従い時間軸を0.12倍に縮小した波形を、水平2方向および上下方向に同時に作用させた。

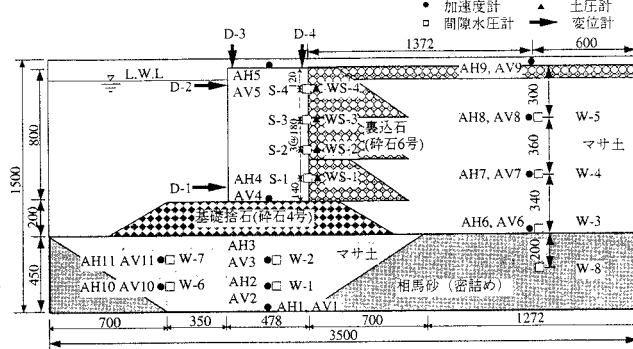


図-1 ケーソン式岸壁模型と計器配置状況

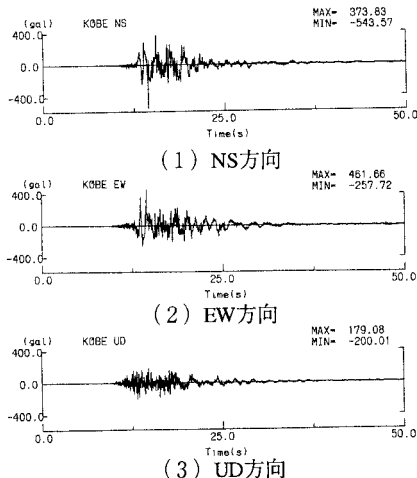


図-2 ポートアイランド地区での強震記録

3. 模型振動実験結果の検討

図-3に裏込部のまさ土に配置したAH6～AH9加速度計の水平方向の応答加速度を示す。最深部のAH6では最大応答加速度が約344Galに対して、地表面のAH9では約190Gal程度である。すなわち、地表面に近づくに従って最大応答加速度が小さくなっている。さらに、最深部のAH6に比べて地表面のAH9の方が長周期の波が卓越している。すなわち、地表面に近づくに従って最大加速度が小さくなるとともに、長周期成分が卓越してくる。これは、地表面に近づくのに従い、まさ土の軟化が顕著に現れたためである。

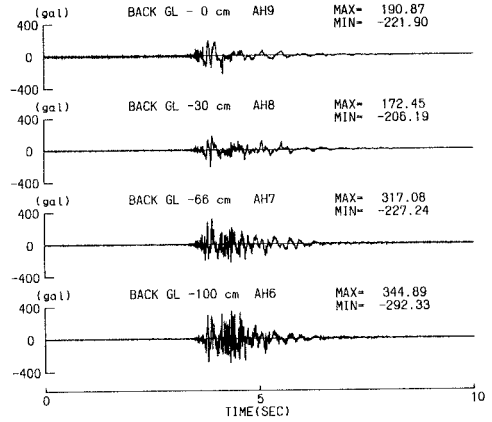


図-3 裏込部のまさ土の応答加速度

図-4に裏込部のまさ土の最深部に配置した間隙水圧計W3、ケーソン直下のまさ土のW1及び前方に配置したW6の間隙水圧計の時刻歴を示す。裏込部のまさ土に配置したW3では最大過剰間隙水圧が約100gf/cm<sup>2</sup>発生し、過剰間隙水圧比では0.8程度になっている。従って、液状化に近い状態まで過剰間隙水圧が発生したものと判断される。ケーソン直下のW1間隙水圧計の最大過剰間隙水圧は約54gf/cm<sup>2</sup>に対し、有効応力は約115gf/cm<sup>2</sup>であり液状化は発生していない。但し、ケーソンの上下動に伴う有効応力の変化によって過剰間隙水圧も変化している。一方、前方の間隙水圧計W6では、有効応力が60gf/cm<sup>2</sup>程度に対して、過剰間隙水圧が47gf/cm<sup>2</sup>発生しており、過剰間隙水圧比では約0.8である。従って、ケーソン下の置換部の過剰間隙水圧比の上昇に伴い不安定な状態となったものと判断される。

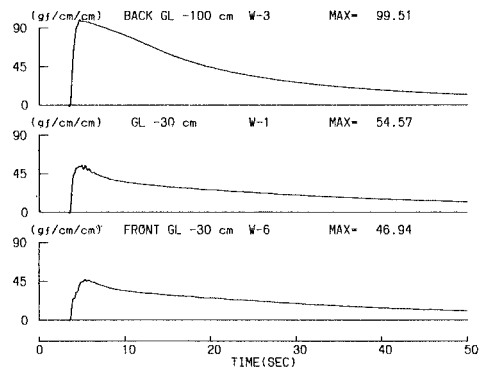


図-4 過剰間隙水圧の時刻歴

図-5にコンテナ埠頭の1.2m岸壁の被災前と被災後の地表面およびケーソンの変形状況を実線と点線で示す。模型振動実験から得られた地表面およびケーソンの残留変位を相似則<sup>1)</sup>に従って実物に換算した残留変位を濃い実線で示す。地表面の沈下量およびケーソンの移動量に関しては、実験結果と実測値は比較的良い対応関係にあるものと判断される。

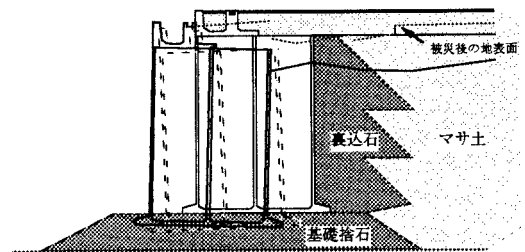


図-5 被災状況の実測値と実験値の比較

4. まとめ

兵庫県南部地震で被災したケーソン岸壁に関する模型振動実験を行い、被災のメカニズムに関する検討をした。今回の実験では、裏込部および置換部のまさ土の過剰間隙水圧比が1近くまで上昇した。また、地表面の沈下量およびケーソンの移動量に関しては、実験結果と実測値は比較的良い対応関係にあった。今後は種々の条件での実験を行い、被災のメカニズムに関して詳細に検討する予定である。

参考文献

- 1) S. Iai: Similitude for Shaking Table Tests on Soil-Structure-Fluid Model in 1G Gravitational Field, Report of the Port and Harbour Res. Inst., Vol.27, No.3, pp3-24, 1988