

津波来襲時のケーソン式防波堤の破壊メカニズムに関する遠心模型実験と解析 Centrifuge tests and numerical analysis on the failure mechanism of a caisson breakwater under tsunami attacks

○矢追祐士・井合進・飛田哲男

○Yuji YAOI, Susumu IAI, Tetsuo TOBITA

The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake happened on March 11th 2011. The tsunami breakwaters were seriously damaged. The objective of this study is to study the failure mechanism of a caisson breakwater when tsunami attacks. Centrifuge model tests of a caisson breakwater are conducted and the results are compared with the ones obtained by finite element analyses. As a result, in both centrifuge model tests and finite element analyses, the water-level difference and the wave pressure are key factors which control the failure mechanism of breakwaters. Results also show that the water-level difference causes a seepage flow in the rubble mound placed under breakwaters, which greatly decreases the stability of the mound.

1. はじめに

2011年3月11日14時46分、マグニチュード9.0の地震が東北地方太平洋沖で発生した。この地震によって発生した津波により、津波のハード対策の一つである防波堤は甚大な被害を受けた。そこで本研究では、ケーソン式防波堤を対象に遠心模型実験と数値解析を実施し、津波来襲時のケーソン式防波堤の破壊メカニズムについて考察する。

2. 遠心模型実験

遠心模型実験には京都大学防災研究所現有の遠心力载荷装置を使用した。実験は拡張型相似則を用いて実物の1/200の模型で、マウンド材料と初期水位を変更して全4ケース実施した。実験システムの概要を図1に示す。この実験土槽では、遠隔操作により遠心力場で貯水槽のバルブを開くことで擬似津波を実験模型に作用させることが可能である。また、高速度カメラを用いて4000コマ/秒で模型断面の撮影を行った。

3. 有限要素法による数値解析

数値解析には、多重せん断ばねモデルに基づく有効応力法による有限要素プログラムを使用した。解析モデルは、実験との比較を行うため、遠心模型実験のプロトタイプと同一にした。解析モデルの自重解析を行った後、遠心場で得られた水位差を強制間隙水圧と分布荷重として、それぞれ各接点と各要素に与えて解析を実施した。

4. 結果

遠心模型実験より、港外側のマウンドの洗掘、マウンドのせん断変形によるケーソンの滑動、波圧によるケーソンの転倒といった、一連の破壊メカニズムを確認することができた。また、粒径が粗いマウンド材料を使用した実験ケースでは、マウンドを浸透する水の流れが見られた。

数値解析の結果、マウンド内の浸透流により、マウンドの有効応力が低下し、マウンドの各要素の安全率が1を下回る傾向が見られた。

以上、遠心模型実験と数値解析の結果より、津波来襲時にマウンド内に浸透流が発生することにより防波堤が破壊するメカニズムを確認できた。

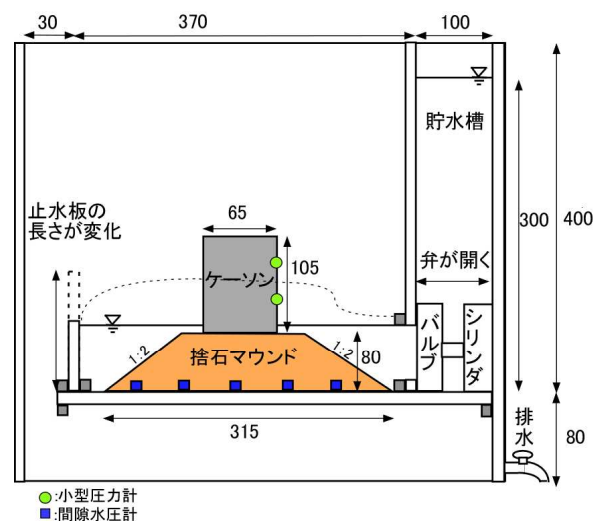


図-1 実験システムの概要