

釜石港湾口防波堤の被災状況把握と復旧構造検討

港湾AM事業本部 港湾部 井上 憲

広範囲に及ぶ地震・津波災害からの早期復興には、物流基盤となる港湾の早急かつ計画的な復旧・復興が不可欠です。ここでは、東北地方太平洋沖地震津波によって被災した釜石港湾口防波堤の復旧構造検討について紹介します。検討にあたっては、ROV(水中カメラロボット)を用いた水中撮影調査による被災状況の把握や、津波来襲時のシミュレーション等による被災メカニズムの検討を行いました。

※本業務は、国土交通省東北地方整備局からの委託で、東北支店、沿岸・海岸事業部とともに実施しました。津波来襲時のシミュレーションは受注業務との関連で、自主研究として実施しました。

はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震や直後の津波は、港湾施設に大きな被害をもたらしました。世界最大水深(-63m)の防波堤である釜石港湾口防波堤(図1)も例外ではなく大きな被害を受けました(写真1)。当社では、釜石港湾口防波堤の復旧構造検討に関する業務を実施しました。

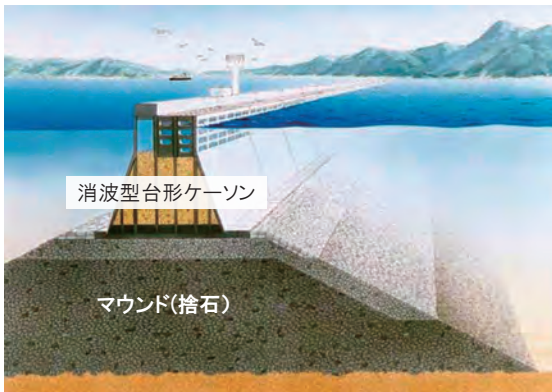


図1 世界最大水深の釜石港湾口防波堤¹⁾

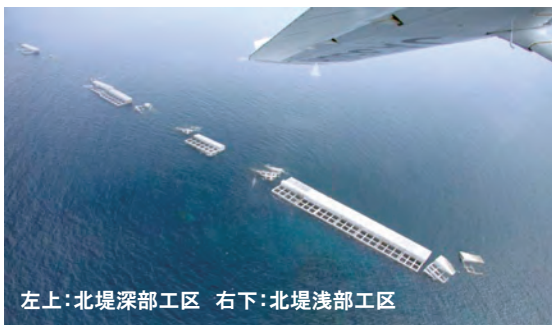


写真1 釜石港湾口防波堤被災状況(北堤)

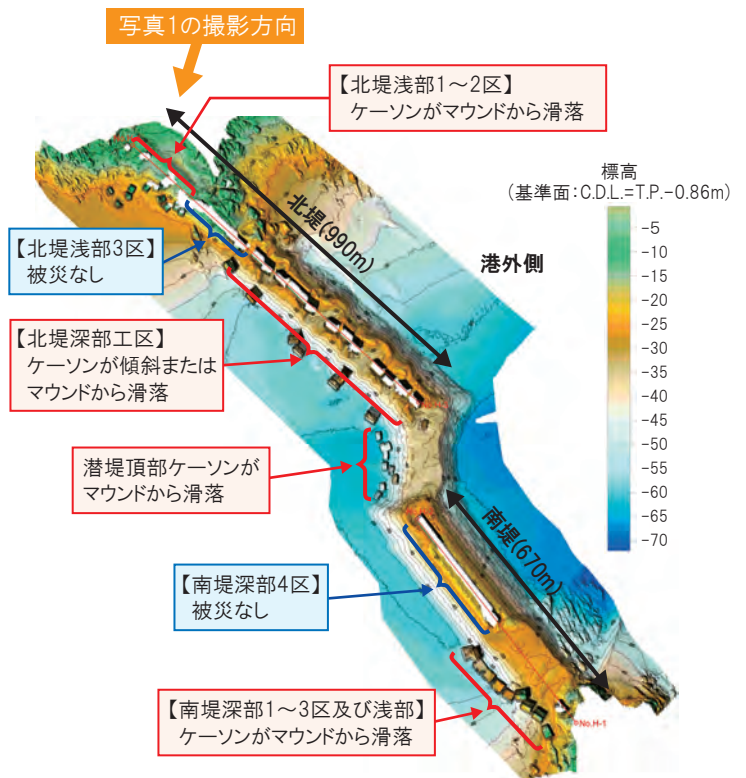


図2 震災直後に実施された深浅測量結果²⁾

(2)ROVによる水中撮影調査

マウンドのより詳細な状況を把握するため、ROV(水中カメラロボット)による水中撮影調査を実施しました(写真2)。被災を免れたケーソン基礎部のマウンド及び根固ブロックは健全であることが確認されました。



写真2 ROVによる水中撮影映像

釜石港湾口防波堤の被災状況

(1)深浅測量結果

震災直後に実施されたナローマルチビームによる深浅測量結果(図2)により、被災したケーソンやマウンド(捨石)の状況を把握しました。ケーソンがマウンドから滑落した区間については、マウンドが洗掘されていることがわかりました。

被災メカニズムの検討

東北地方太平洋沖地震津波を再現した津波伝播計算結果によると、被災を免れた北堤浅部3区と南堤深部4区(堤頭部)以外では、来襲した津波の水位はケーソンが滑動を始める滑動限界津波水位を大きく上回っていることがわかりました(図3)。これにより、設計外力を大きく超える津波波力が作用し、ケーソンが滑動したことが主たる被災要因と推定されました。

また、図4に示すように、当社の自主研究として実施した数値波動水路(CADMAS-SURF/2D)による津波来襲時のシミュレーション結果においては、津波の越流による堤体背面に沿う速い流れと、それに伴う水圧の低下により、港外側と港内側の水位の差によって生じる静水圧差以上の大きな水平力がケーソンに作用したことがわかりました。

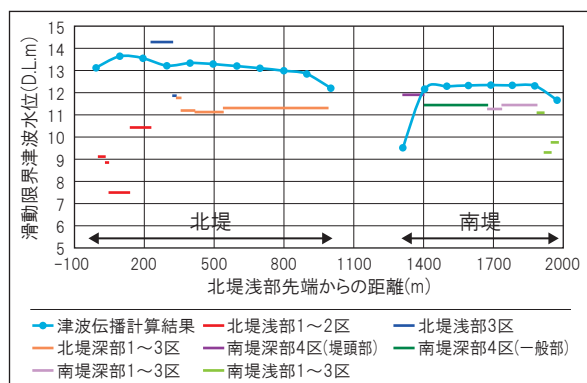


図3 滑動限界津波水位と津波伝播計算による津波水位

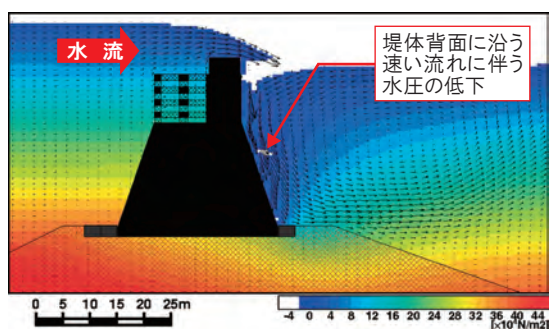


図4 数値波動水路による解析結果(水圧)

復旧構造検討

表1に示すレベル1津波(発生頻度の高い津波)及びレベル2津波(最大クラスの津波)を対象として被災した箇所の復旧構造について検討しました。防波堤天端高さは以前の高さのままとしましたが、レベル2津波に対しては津波が堤体を越流してもケーソンの滑落等の壊滅的な被災に至らず、粘り強く耐えるように配慮した構造としました(図5)。

北堤や南堤の深部工区についてはケーソン製作工程

短縮の観点から、ケーソンが小さくなるように、ケーソン据付水深は原設計よりも浅くすることとし、通常のケーソン(鉄筋コンクリート)及びハイブリットケーソン(鋼板等とコンクリートの合成構造)について設計しました。

レベル2地震動に対する耐震性能については、FLIP(有限要素法による2次元動的有効応力解析法)による解析を実施し、堤体の残留沈下量(地震による沈下量)等が許容範囲内であることを確認した結果、構造上問題がないことがわかりました(図6)。

表1 復旧構造検討において対象とする津波

対象津波	津波水位
レベル1津波 (明治三陸地震津波)	北堤:D.L.+7.8m 南堤:D.L.+5.9m
レベル2津波 (東北地方太平洋沖地震津波)	北堤:D.L.+13.6m 南堤:D.L.+12.3m

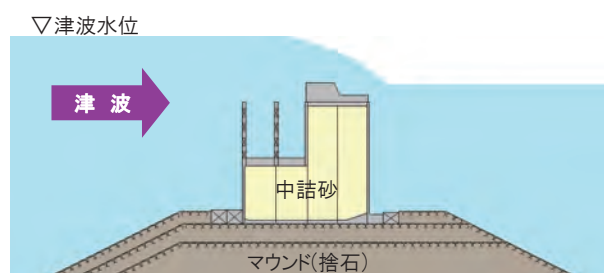


図5 消波型ハイブリットケーソン断面図

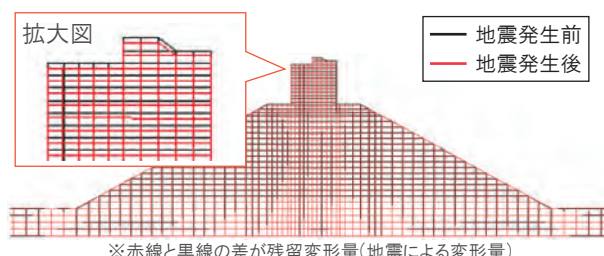


図6 FLIP解析結果

おわりに

津波に対する防災・減災機能を期待される防波堤や防潮堤等は、今回の津波のような、発生頻度は低い影響が甚大な津波に対しても壊滅的な倒壊をしない粘り強い構造とすることが求められています。

今後は、地震・津波災害が想定される他の港湾、漁港、海岸の諸施設を対象に、津波・浸水シミュレーションや津波対策工の検討、耐震性能照査等にかかわっていきたいと考えています。

〔出典〕

- 1) 釜石港湾口防波堤建設記録誌
国土交通省東北地方整備局 釜石港湾事務所 平成20年3月
- 2) 国土交通省東北地方整備局提供データ