

東日本大震災による湾口防波堤の被災状況と一考察

国土交通省 東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所 法人会員 ○早川 修
国土交通省 東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所 正会員 佐藤正勝
国土交通省 東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所 法人会員 下澤 治
国土交通省 東北地方整備局 酒田港湾事務所（仙台港湾空港技術調査事務所併任）
法人会員 荒川 圭

1. はじめに

2011. 3. 11 に発生した東北地方太平洋沖地震津波により、東北地域内では青森県太平洋沿岸から福島県沿岸の広範囲において防波堤および防潮堤に甚大な被害が生じた。特に港湾施設では、釜石港および大船渡港湾口防波堤について、設計を上回る津波の来襲により大きな被害を受けた。今後、湾口防波堤の再建を進めるにあたり、津波による防波堤の被災の事象を的確に検証することが重要である。そのため、現地において種々の被災状況を綿密に調査し、その結果に基づき今般の津波における湾口防波堤の被災メカニズムの検証を行った。

本報告は、釜石港湾口防波堤をモデルに被災調査結果に被災進行状況を考慮した防波堤の被災メカニズムについて一考察を加えたものである。



図1 釜石港湾口防波堤（北堤）
現地状況写真

2. 被災調査内容

東北地方太平洋沖地震津波で被災した湾口防波堤の現状を把握するために、航空写真撮影をはじめ、洋上からの写真撮影や測量を行った。湾口防波堤周辺の水中部ではナローマルチビーム測量による海底地形の深浅測量を実施した。更に基礎マウンド上に残されたケーソンについて詳細な現況を把握するために、潜水士による測量や水中ビデオ撮影を実施した。

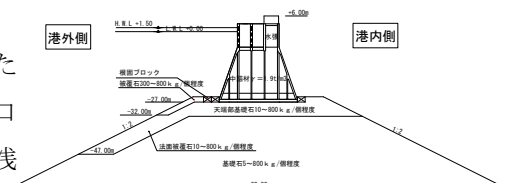


図2 釜石港湾口防波堤（北堤）
標準断面図

3. 被災調査結果

3-1 写真撮影・ナローマルチビーム測量結果

湾口防波堤全域をナローマルチ測量した結果、南堤 670m（深部ケーソン 19 函、浅部ケーソン 3 函 計 22 函）のうち開口部側からのケーソン 10 函については被災前の状態で残っているが、開口部から 11 函目のケーソンから大きな傾斜があり、12 函目から浅部側については、傾斜・移動ならびに基礎マウンドからの滑落が見られた。北堤 990m（深部ケーソン 22 函、浅部ケーソン 22 函 計 44 函）のうち浅部ケーソン 6 函および深部ケーソン 1 函については、被災前の状態で残っているが、その他のケーソンについては、傾斜・移動ならびに基礎マウンドからの滑落が見られた。

開口部 300m（海中ケーソン 11 函）のうち 1 函はマウンド上に残っていたが、その他については、全て基礎マウンドより滑落していた。

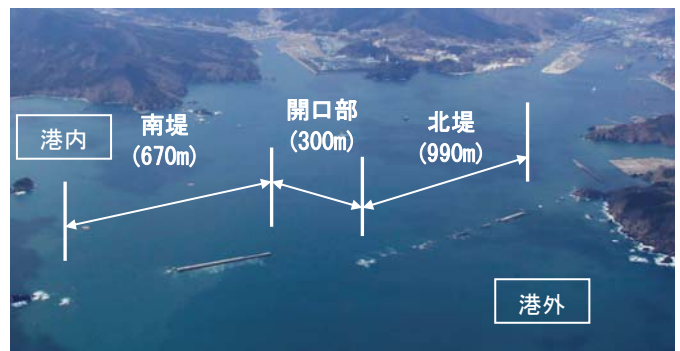


図3 釜石港湾口防波堤 被災状況写真(空撮)

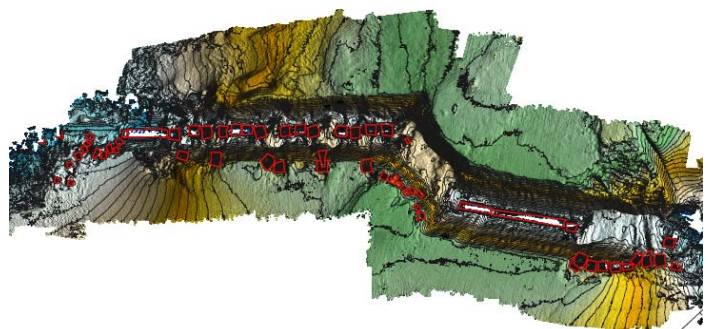


図4 釜石港湾口防波堤 ナローマルチ測量結果

キーワード：東北地方太平洋沖地震津波，釜石港湾口防波堤，被災メカニズム

連絡先：宮城県仙台市宮城野区榴岡 5-1-35 TEL 022-791-2118 FAX 022-292-5366

3-2 水中部調査結果

基礎マウンド上に残されたケーソンの水中部状況について潜水士によるビデオ撮影によると、南堤開口部側の堤頭函（港内側）についてケーソン直下の洗掘が若干見られるものの、全体的には根固ブロックが残っており津波による被災は少なかった。北堤については、健全なケーソンの港外側根固ブロックは全く津波による被災を受けず残存していた。開口部については、基礎マウンド保護の目的で設置された各被覆ブロックが津波によって移動していたが、基礎マウンド上に残存していた。



図5 釜石港湾口防波堤(南堤)深部
港内側



図6 釜石港湾口防波堤(南堤)深部
開口部側堤頭函 港内側



図7 釜石港湾口防波堤(北堤)浅部
港外側



図8 釜石港湾口防波堤(開口部)
港内側

4. 被災メカニズム（考察）

4-1 南堤（浅部・深部）

南堤浅部については、全域に渡りケーソンが傾斜・滑落しており、深部についても約半数のケーソンが傾斜・滑落をしていた。被災進行状況から津波の第1波引き波時で既に浅部側ケーソンが傾斜・滑動していることが確認できた。さらに、津波シミュレーション結果をもとに滑動安全率を試算したところ1.0前後であったため、南堤浅部・深部における被災したケーソンについては、津波により被災を受けたものと推測される。



図9 釜石港湾口防波堤被災進行状況写真
(第1波来襲時の防波堤の状況)



図10 釜石港湾口防波堤被災進行状況写真
(第1波引き波時の防波堤の状況)



図11 釜石港湾口防波堤被災進行状況写真
(第3波引き波時の防波堤の状況)

4-2 北堤（浅部・深部）

北堤浅部側については、被災調査結果よりケーソンの傾斜・滑落が見られた。また、一部傾斜・滑落のない浅部ケーソンは殆ど被災を受けていないことも判明した。更に、被災した箇所について津波シミュレーション結果をもとに滑動安全率を試算したところ1.0を下回る結果になったため、被災した浅部ケーソンについては津波により傾斜・滑落したと推測される。深部については、第1波目の津波の引き波時に現れたケーソンの状況では、ケーソン数箇が滑落し歯抜け状態となっていたが、残存していたケーソンは直立していたことが釜石海上保安部の巡視艇きたかみかより確認されている。その後、第1波の引き波以降に残存していた歯抜けケーソンの周辺ケーソンが徐々に傾斜していることから、被災メカニズムは、第1波目の津波により一部ケーソンが滑落し、その後繰り返し来襲する津波の流れが滑落ケーソン部に集中し、基礎マウンドの洗掘が発生したことによって、滑落方向にケーソンが傾斜したものと推測される。また、津波シミュレーション結果をもとに滑動安全率を試算したところ1.0を下回るが、先に一部滑落したケーソンが津波の通路になることで津波の水位が低減されたことにより、すべてのケーソンが滑落しなかったと推測される。

4-3 開口部

開口部については、海中ケーソンがほぼ全て基礎マウンド上から滑落していた。このため被災メカニズムとしては、津波による港内外の水位差によって相当量の流れ（津波シミュレーション結果：押し波時16m/s程度）が開口部に集中したことによって、海中ケーソンが港内側へ押し流されたものと考えられる。

謝辞：被災進行状況のビデオ映像は、釜石港湾事務所よりご提供頂きました。また、津波シミュレーションは、港湾空港技術研究所よりご提供頂きました。ここに記して厚く謝意を表する。