

防波堤の津波越流による港内側マウンドの洗掘と対策における一考察

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 ○丸岡 純

法人会員 高橋 亨

1. はじめに

八戸港八太郎地区北防波堤（中央部）は、東北地方太平洋沖地震津波により、防波堤を超える津波によって港内側マウンドが洗掘し、堤体がマウンドから滑落する被害が発生した。（写真-1）

この被災パターンについては、前例が少なく対策工等が十分確立されていないことから、水理模型実験によりマウンド洗掘のメカニズムを確認し、洗掘防止対策について検討を試みた。

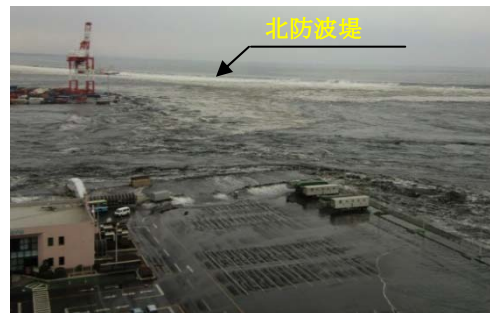


写真-1 防波堤を越流する津波

2. 水理模型実験

実験は、二次元水路により水中ポンプを用いて津波を発生させながら行った。縮尺は 1/40 である。（図-1）

実験フローは、次のとおりである。

- ①現地再現実験 → 洗掘メカニズムの確認
- ②上部工の形状変化 → 津波越流線形の特性（変化）
- ③洗掘防止対策

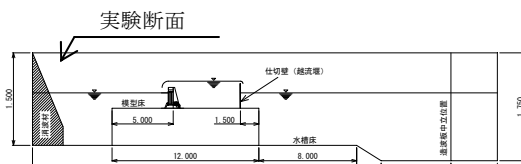


図-1 実験施設（二次元水路）

ケース名	津波水位	津波高	港外水位	港内水位	備 考
第1波	6.3m	5.8m	0.5m	0.5m	東北地方太平洋沖地震津波（第1波）
第2波	7.5m	7.0m	0.5m	1.1m	東北地方太平洋沖地震津波（第2波）

表-1 使用した津波条件

1) 現地再現実験

防波堤は第2波目で滑落していることから、（図-2）に示す断面（固定床）に津波シミュレーション結果の第1波・第2波を連続作用させて、港内側マウンドの洗掘状況を確認した。

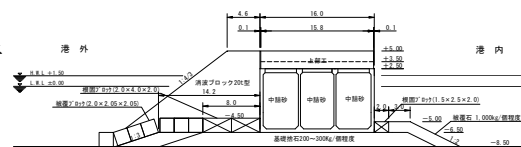


図-2 実験断面

表-2 再現実験結果（矩形上部、第1波～第2波）

越流状況（第2波）	被覆材の状況（作用前）	被覆材の状況（第2波作用後）

越流した津波は、マウンド法先に着水するため、マウンド自体の被災は小さい。一方で、現地断面は、マウンド洗掘を受けている。（図-3）
図で判るように、実験の越流点と現地洗掘形状は一致していることがわかった。

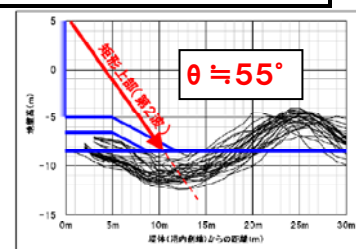


図-3 越流水の打ち込み位置と洗掘形状の関係

キーワード；津波 防波堤 粘り強い構造

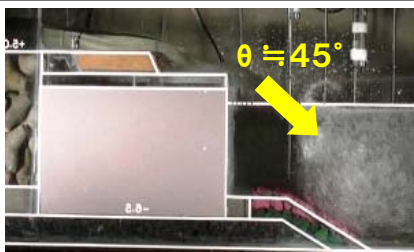
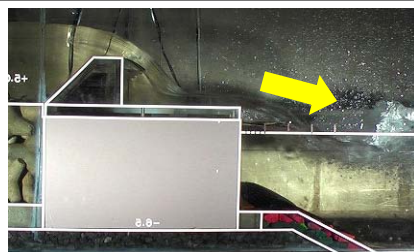
連絡先；〒983-0852 仙台市宮城野区榴岡 5-1-35 ロイメント仙台 7F 022-791-2111

2) 上部工の形状変化

越流した津波が港内側に打ち込むと、強い流れとなってマウンド付近に作用し地盤やマウンドが洗掘を受ける。そのため、港内側に打ち込む越流線形を上部工の形状を変化させコントロール出来るかの確認を行った。

上部工形状を上部パラペットにすると、矩形上部に比べて越流水の打ち込みが水平方向に約 10° 変化するため、マウンドへの影響は小さくなる。これは、上部工上の水位差が大きくなり港内側への吐出速度が増したため、打ち込み角度が水平方向に変化したと考えられる。上部工形状を変えることで越流方向が変化することがわかった。また、津波水位が異なるため参考となるが、上部斜面では、上部パラペットに比べ上部工上の水位差が大きく吐出速度が増すため、港内側への打ち込み角度がほぼ水平となる。そのため、上部斜面は上部パラペットより水平となる傾向にある。

表-3 上部工の違いによる越流状況

	上部パラペット	上部斜面
津波越流状況		

3) 洗掘防止対策

マウンド洗掘防止対策については、上部工形状を変えることで一定の効果が期待できるが、被覆材（被覆ブロック 2 t 型、6 t 型、12 t 型）により直接津波越流水からマウンドの防護が可能か実験により確認した。

被覆ブロックの 2 t 型及び 6 t 型では、ブロック本体は移動するが基礎捨石の移動は少なかった。12 t 型では、ブロック本体や基礎捨石が大きく移動した。

被覆ブロックは、ブロックの規格が大きいほどマウンド幅が広くブロックの高さも増すため、断面が大きくなる。断面が大きくなると、越流水の打ち込み位置に近づき移動し易くなる。

また、実験映像よりブロックが大きく移動あるいはマウンドに作用する流速力が大きいのは、必ずしも津波水位がピーク時とは限らず、津波水位が上昇中若しくはピークを過ぎた下降中の場合がある。このことから、津波水位が高い程マウンドが洗掘し易いわけではなく、最も洗掘し易い津波水位が存在する。

3. まとめ

今回の実験により得られた成果は以下のとおりである。

- ①マウンド洗掘は、津波越流水による砂地盤洗掘とそれに伴うマウンド材（被覆石や捨石）の移動の繰り返しによりマウンド全体が洗掘し、防波堤支持力が津波波力を下回り、堤体が滑落する。
- ②上部工形状を上部パラペットや上部斜面に変えることで、越流水の打ち込み角度が水平方向に変化し、対策工としての一定の効果が期待できる。
- ③流れの強い越流水によってブロック本体が移動した。また、ブロックの規格が大きい程、断面が大きくなり越流水の打ち込み位置に近づき移動し易くなる。そのため、ブロック規格が小さい（断面が小さい）程、被害が小さい結果であった。
- ④津波越流によるマウンド洗掘は、必ずしもピーク時の津波水位が危険ということではなく、最も危険な水位が存在することが判明した。