

防波堤不連続部における津波越流時の基礎的水理特性の把握

国土交通省 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 正会員 竹田晃 ○山崎元貴 上邨知輝
 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 正会員 鈴木高二朗 竺原宗吾

1. はじめに

津波が防波堤を越流する場合の洗掘対策として、腹付工の設置を基本とした洗掘対策が倒壊しにくい構造¹⁾として知られており、設計する際には、この越流に対して被覆材が飛散しないように被覆材の所要質量を照査する必要がある。一方、設計条件（海底地形、土質、波浪）によっては、一連の防波堤の中でも堤体幅が異なる（以下、不連続部と称す）ことがあるが、不連続部に対する越流時の水流特性については明らかにされていない。本稿では、須崎港湾口地区防波堤を対象にした水理模型実験から判明した水流特性について報告する。

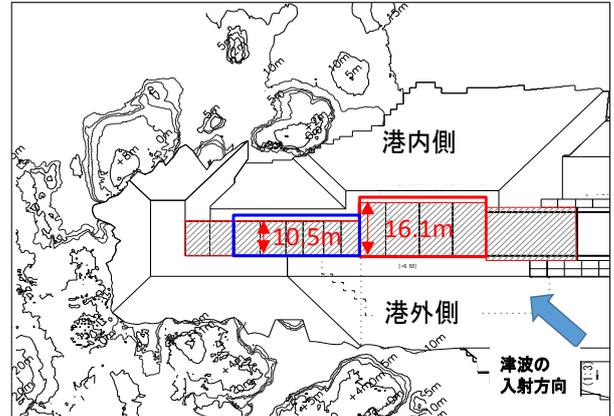


図1 須崎港湾口地区防波堤対象施設平面図

2. 検討対象の防波堤

1) 防波堤の構造的特徴

須崎港湾口地区防波堤は、水深が複雑に変化する岩礁上に設置する必要があるため、ケーソン式に比べて軽量なブロック式の堤体で構成している。堤体基礎の洗掘対策は、粘り強さを付与した腹付工を計画している（図1、

2）。また、不連続部の堤体幅の違いは、10.5mと16.1mである。

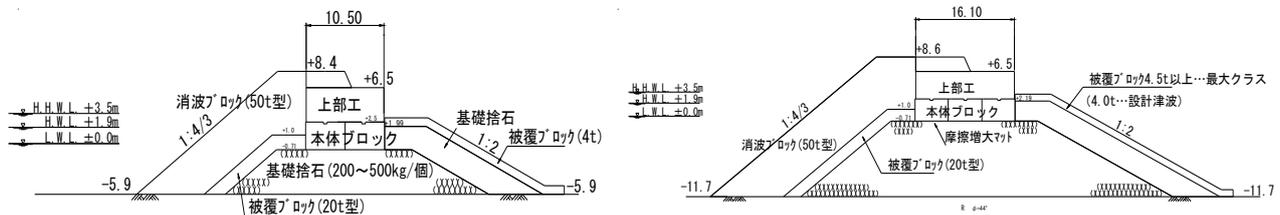


図2 防波堤断面（左：西側堤体幅10.5m、右：東側堤体幅16.1m）

2) 最大クラスの津波シミュレーション

南海トラフ巨大地震津波（2012年内閣府）を想定した津波シミュレーション結果を図3に示す。津波が到達する約40分頃に港外側の津波水位が最も大きくなり、その時の港内外の津波水位差は2.5m（港外側C.D.L. +11.3m、港内側C.D.L. +8.8m）である。

3) 被覆材の照査

越流現象は、堤体（断面）の形状によって複雑に変化するため所要質量は、水理模型実験等を実施することが望ましい。堤体が比較的単純な場合、研究例²⁾及び水理公式集から算定することも可能である。そこで、水理模型実験に先立ち机上の検討として、水理公式集の自由落下式減勢工³⁾を用いて流速を算出し、イスバッシュ式に代入した。結果、所要質量4.5t/個以上の被覆ブロックとなった。

3. 水理模型実験

1) 水理模型実験の概要

水理模型実験は港湾空港技術研究所所有の総合沿岸防災実験施設（長さ50m、幅10m、高さ4m）を使用し、還流装置を用いて定常流を起こし、津波の押波を再現した。実験では還流装置の吐出量を調整し、防波堤内外に

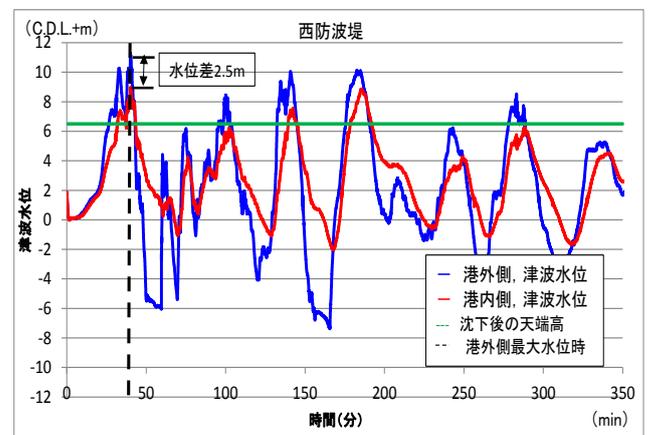


図3 最大クラスの津波シミュレーション

水位差を与え、越流を発生させ、その時の水理特性を把握した。模型断面は現地の1/25の縮尺とし、堤体背後の被覆材は、現地で採用予定の被覆ブロック0.384kg(6t:現地スケールの数値)を設置した。不連続部には、電磁流速計を3箇所を設置した(写真2)。

表1 実験結果(流向流速)

	実験実測値							被覆ブロック 飛散状況 (累積数)
	水位差(m)	流速EV2 (cm/s)	流速EV3 (cm/s)	流速EV4 (cm/s)	流向EV2 (°)	流向EV3 (°)	流向EV4 (°)	
ステップ1	0.006	81.0	89.4	60.0	20.7	26.7	44.9	変化なし
ステップ2	0.154	75.6	180.2	127.2	13.2	6.7	20.4	1枚飛散
ステップ3	0.183	115.8	179.2	116.9	9.5	13.1	24.2	1枚飛散
ステップ4	0.223	123.0	194.0	146.4	11.2	11.2	24.1	9枚飛散
ステップ5	0.258	142.8	212.4	156.0	13.1	6.4	23.0	25枚程度飛散

2) 津波条件

津波シミュレーションから津波水位差0.1m(2.5m)を包括するように5段階のステップで実施した(表1)。

3) 模型実験結果

a) 被覆ブロックの飛散(表1, 写真1)

最大クラスの津波(水位差0.1m)で飛散はない。飛散はステップ2で始まり、ステップ5で最も飛散した。

b) 流速と所要質量(図4)

全計測で単調増加し、EV3が全ての水位差で最も大きな流速を示した。水理公式による算出値に比べ、EV3は流速が大きくなった。水位差0.1mを超えると所要質量0.384kgに対し安全率1.0になる流速(138cm/s)を上回る。



写真1 実験後(ステップ5)

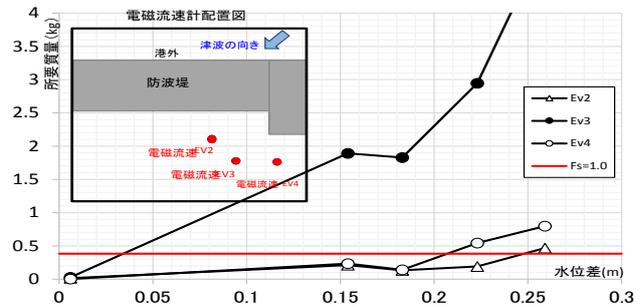
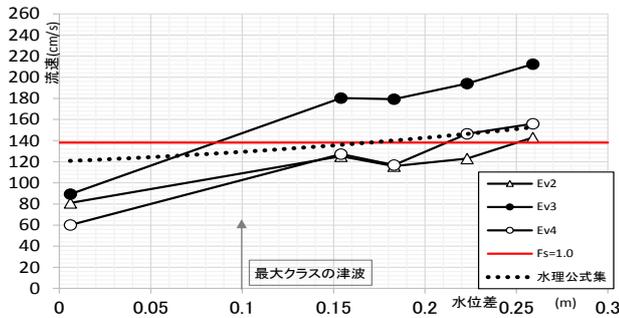


図4 実験結果(左図:水位差-流速, 右図:水位差-所要質量)

c) 流向(図5, 写真2)

EV3の流向(θ°)をみると水位差が小さいと θ が大きく、防波堤法線直角方向の流れを示す。水位差が大きくなると θ が小さくなり、還流装置により発生する流向に収束する。

ステップ5の計測値を図化すると最も流速の大きいEV3周辺の流向と飛散箇所が一致している。

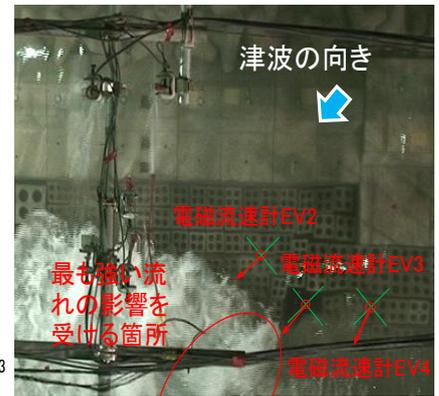
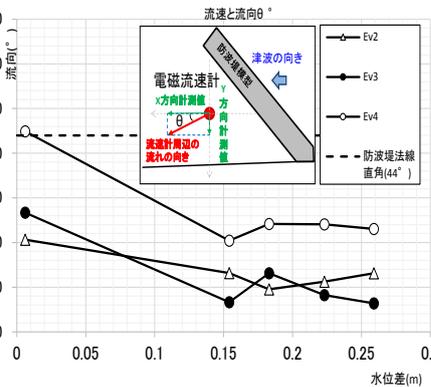


写真2 流向模式図(ステップ5)

4. まとめ

堤体幅の不連続部の背後では、幅の広い堤体部から幅の狭い堤体部背後に落下する水塊と、防波堤法線の直角方向に越流する水塊が集中しており、そこでの流速は水理公式等で算出される値よりも大きくなる可能性がある。また、水位差が大きくなるにつれて、越流した流向と津波の向きは等しくなり、越流後の背後の流速も大きくなる。

参考文献

- 国土交通省港湾局: 防波堤の耐津波設計ガイドライン, 平成25年9月(平成27年12月一部改訂).
- 三井ら: 防波堤港内側マウンド被覆材の津波越流に対する安定性照査方法の提案, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp. I_956-I_960, 2013
- 水理公式集: 第3編ダム・発電編, 自由落下式減勢工(土木学会), pp. 272-pp. 273, 平成11年度版