

第Ⅱ部門

和歌山県冷水漁港における流起式防波堤の津波減勢効果の検討

京都大学工学部
京都大学防災研究所

学生員 ○梶山 朋香
正会員 米山 望

1. 序論

津波による広域災害の初期対応および復旧活動を効率的に行う上で港湾施設を活用した海上輸送の重要性が再認識されている。^[1]そこで港湾内への津波の流入を抑え被害を軽減する対策として可動防波堤が提案されてきた。本研究で扱う流起式防波堤もその一種であり、人間の判断、操作や電気等の動力を必要とせず津波の流体力のみを駆動力として扉体を起立させる。これまでに、各種模型実験やその再現シミュレーション等により扉体の応答特性とその効果が明らかになってきた^[2]が、これらは断面二次元流れ場における検討にとどまり、現場環境でその効果を検討したものはない。

和歌山県冷水漁港では現在流起式防波堤の設置が検討されている。冷水漁港および日本全国の多くの漁港では津波の進行方向に対して平行に防波堤の開閉部が存在し、扉体の正面から津波を入射させる実験とは異なる流況になっている可能性が高く、流起式防波堤が有効に機能するか定かでない。

そこで本研究では、波源からの平面二次元解析によって津波発生時における対象地の流況を予測した。そして既往の模型実験^[2]をもとに設定した起立条件を満たしたときに流起式防波堤が起立するものとし、津波減勢効果を検討した。

2. 解析手法

南海トラフ巨大地震津波に関して実績のある解析コード H-FRESH^[3]を用いた波源からの平面二次元津波伝播解析を行う。本手法は非線形長波理論に基づく。解析領域は波源から冷水漁港に近づくにつれて計算格子サイズが小さくなるように設定した。津波断層モデルは、内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」で検討されたモデルのうち、冷水漁港に到達する津波高が最も高いケースを用いた。堤防データは国土交通省の資料に基づき現在計画・整備中の施設はすべて完成済みとして、検討会の堤防データに手作業で堤防条件を追加した。

3. 流起式防波堤に関する条件設定

流起式防波堤はその他堤防と同様にメッシュ境界に設定し、「倒伏（初期状態）」および「起立」のいずれかであるとみなし、起立条件を満たした時刻を境に堤防条件を変更して解析を進める。図1に扉体の起立時および倒伏時の堤防条件および評価地点を示す。倒伏時の堤防条件は流起式防波堤を設置しない場合の堤防条件に等しく、倒伏している扉体が流れに与える影響を考慮しない。

(1)水深に関する条件

水深の条件は「水深が扉体長さの75%以上であること」とする。これは東ら^[2]が明らかにした、設置水深を変えたときの扉体の流起安定角度と流速の関係より定めた。

(2)流速に関する条件

流速の条件は「流速の扉体に垂直な成分が0.768m/s以上であること」とした。東ら^[2]の実験により扉体の比重を調節することで任意の流速で起立させられることが明らかになっており、基本ケース（扉体の長さ10m、津波強さ1.0（検討会と同等））において効果が最大化するように設定した。この時の扉体の水中比重は0.10である。

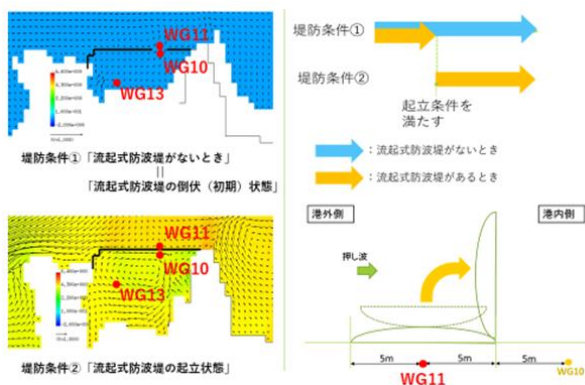
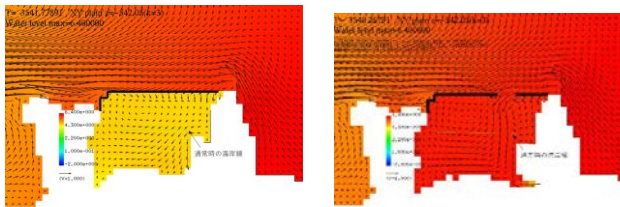


図1 堤防条件と評価地点



流起式防波堤あり

流起式防波堤なし

図2 津波来襲時の流況 (3540 秒)

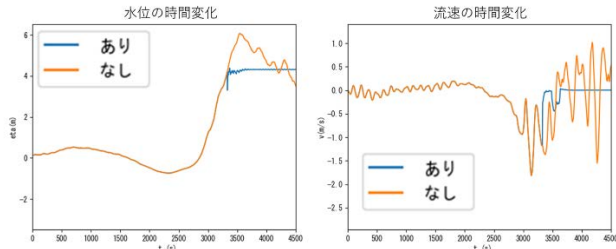


図3 WG10 地点の水位と流速の時間変化

$$\text{減衰率} = \frac{\text{流起式防波堤ありの場合の最大水位上昇(最大流速)}}{\text{流起式防波堤なしの場合の最大水位上昇(最大流速)}} \quad (1)$$

4. 解析結果

図2に冷水漁港の津波来襲時の流況を示す。図中のカラーバーは水位を表し T.P. -2.0m~+6.4mの間で示している。図3に港内側 WG10 地点の水位と流速の時間変化を示す。流起式防波堤により港内外の水位および流速が低く抑えられていることが確認できる。また、津波来襲時の主な流れは防波堤に平行な向きであった。図4, 5には、津波強さを変化させたときの港外の最大水位上昇と減衰率の関係を示す。減衰率は式(1)で定義している。図4よりすべてのケースで減衰率が1以下であることから、流起式防波堤は有効に作動し、津波来襲時の港内の流速および水位を低減させることが分かった。一方で図5では津波の高さが堤防高さを上回る場合に、港内の船舶停留付近(WG13)において流起式防波堤の設置により流速が増大することが確認された。

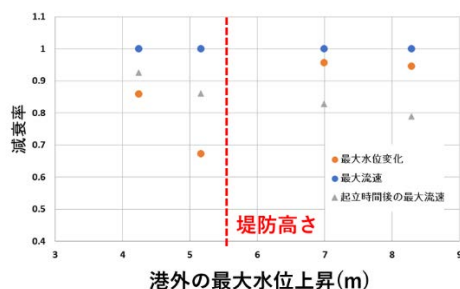


図4 港外の最大水位上昇と減衰率の関係(WG10)

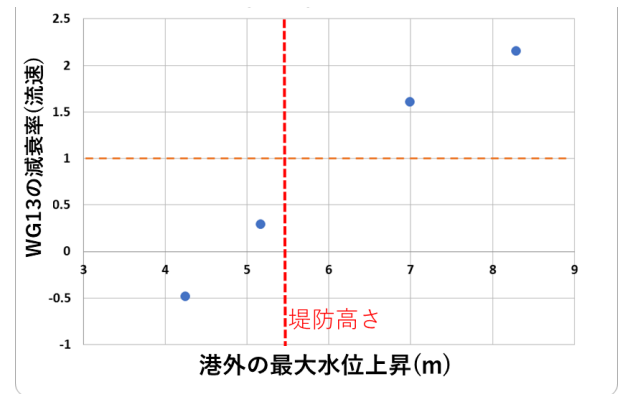


図5 WG11 の最大水位上昇と WG13 の流速の減衰率の関係

5. 結論

本研究では、現場環境における流起式防波堤の津波減勢効果を評価するため、冷水漁港において平面二次元解析により検討を行った。流起式防波堤の起立条件を、「水深が扉体の75%以上となること」かつ「流速の垂直成分が設定値以上となること」と定め、この条件を満たした時刻を境に堤防条件を変更して解析を進めた。得られた主な結論は以下のとおりである。

- (1) 冷水漁港における津波来襲時の主な流れは防波堤に平行であり、防波堤の正面から波を入射させる実験とは異なる環境である。
- (2) 流起式防波堤は有効に作動し、港内の水位および流速を減勢した。
- (3) 津波の高さが堤防高さを上回る場合には港内の船舶停留付近において流起式防波堤の設置により流速が増大し港湾の被害を拡大させる恐れがあった。

今後は3次元流れ場での実験または解析により起立条件の妥当性を検証することが必要である。また、防波堤の前後だけでなく港全体で総合的に効果を検討することが重要である。

参考文献

- [1] 国土交通省：大規模災害時の船舶の活用等に関する調査検討会最終報告，2014。
- [2] 菅野ら：流起式可動防波堤の性能評価及び実用化研究，港湾空港技術研究所資料，2021。
- [3] 米山ら：自由液面解析コード(FRESH)の開発，日本流体力学会誌「ながれ」，1998。