

流体剛体連成解析手法を用いた実地形における流起式可動防波堤の有効性評価
 Evaluation of the Effectiveness of Hydroplane Tsunami Barriers in Actual Terrain
 Using the Coupled Fluid-Rigid Body Analysis Method

○大村 拓矢・米山 望

○Takuya OMURA, Nozomu YONEYAMA

We evaluated the effectiveness of the Hydroplane Tsunami barriers against giant tsunamis in actual terrain by using two-dimensional tsunami propagation analysis and three-dimensional door-body behavior analysis. The results showed that the barriers can stand up against an actual tsunami and reduce the water level and flow velocity in the harbor. The barriers also significantly reduced the extent of inundation. By limiting the angle of rotation to 45 degrees during an undertow, the barriers can calm flow even in the event of an undertow.

1. はじめに

津波発生時に港湾施設等の既設防波堤に設けられた開口部から津波が侵入することによる被害拡大が問題となっている。津波の流体力のみで起立し開口部を閉ざす流起式可動防波堤の開発が進められている。図1のように扉体と回転台が円弧で接し、固定ベルトで連結され、流体力を受け回転台上を扉体が回転・起立する。筆者ら^[2]は流体剛体連成解析手法の本防波堤への適用性を検証した。本研究では実地形において本防波堤を適用し巨大津波に対する有効性を検証した。

2. 解析手法

本研究では米山ら^[1]の開発した流体剛体連成解析手法を用い、扉体の移動方法は扉体と回転台の接点を中心とする回転運動に限定し、回転に伴い回転軸を移動させる手法を用いる。筆者ら^[2]は東ら^[3]の 1/50 模型水理実験結果を良好に再現した。

3. 解析概要

実地形は開口部が設けられており南海トラフ地震に伴う巨大津波の来襲が予想される和歌山県冷水漁港を本研究の対象とする。内閣府で想定されるケース 10 の津波を波源から平面 2 次元津波伝

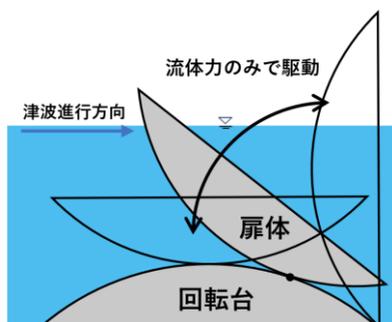


図 2 流起式可動防波堤概要

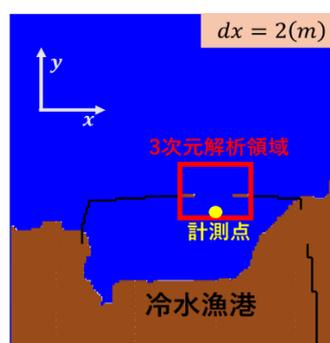


図 1 計算メッシュ 2 m 間隔のレイヤー

表 1 3次元領域計算メッシュ間隔

3次元領域	dx (m)	dy (m)	dz (m)
計算メッシュ 間隔	1.0	1.0 (一部 0.5)	0.25~ 1.0

播解析する。ネスティング手法を用いて 810 m, 270 m, 90 m, 30 m, 10 m, 2 m と冷水漁港に近づくにつれて計算メッシュを細かくする。図 2 に 2 m メッシュ間隔のレイヤー及び計測点を示す。図中の赤枠の範囲でのみ 3 次元扉体挙動解析を行う。

3 次元解析領域での計算メッシュ間隔を表 1 に示す。扉体は扉高 10 m, 幅 34 m, 水中比重 1.034 とした。

4. 解析結果：基本ケース

図 3 に起立角度の時刻歴を示す。図 4 に水位、y 軸方向の流速の時刻歴を示す。また開口部の対策なしのケースを緑線、開口部を水門で閉じたケースを紫線で表示している。2900s 以降に起立し、その後は港内外の水位差により直立状態を維持する。水位に関しては対策なしと比較して最大水位を約 4.1 m 減少させる効果が確認できた。最大流速も 1/2 程度に抑えている。水門型と比較すると最大水位が約 0.4 m 高い結果となった。これは起

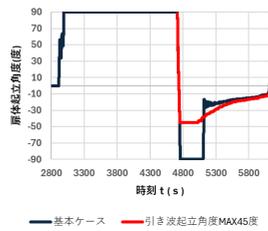


図3 扉体起立角度の時刻歴

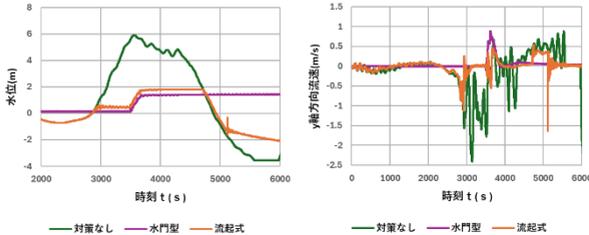


図4 港内水位・y軸方向流速の時刻歴

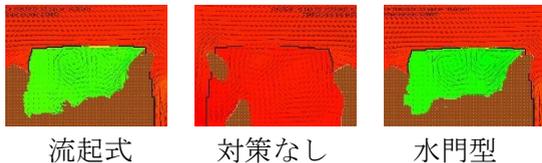


図5 港内の最大浸水範囲

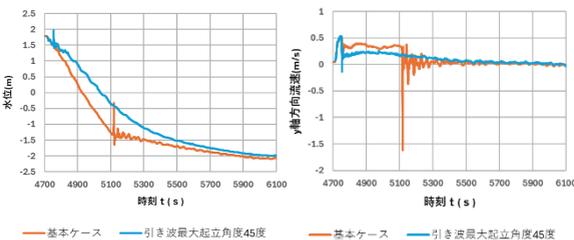


図6 水位・y軸方向流速の時刻歴

立する前に流入した津波が要因である。図5に最大浸水時の比較を示す。浸水範囲は対策なしと比較して大幅に縮小，水門型と比較して同程度に抑えている。

その後引き波が発生し港外の水位が下がると4700s頃扉体が倒れ始める。港内からの流出点が1か所であるため開口部に向け一斉に流れが発生し、扉体が反転して-90度に達した。既設防波堤と扉体が引き波時に直立するラインがずれるため港内の水位が対策なしと同様のペースで低下した。

5100s頃に扉体が-90度から倒れる。その際に岸側に向けて大きな波が発生した。その後は水位の低下を抑制する効果が確認できる。

5. 解析結果：引き波時の最大起立角度を45度

流起式可動防波堤の特徴である引き波時にも作動することを有効活用するために引き波時の最大

起立角度を45度と設定し、水面付近で扉体と既設防波堤のラインが重なるようにした。

起立角度の時刻歴を図3赤線で示す。また4700s以降の港内の水位・y軸方向流速の時刻歴を図6に示す。起立角度は-45度に達した後、水面の低下に従い緩やかに静置状態に近づく。最終的な水位は同程度だが基本ケースでは扉体反転から転倒までの間、急速に水位が低下するが、本ケースでは反転後から比較的緩やかに水位が低下する。流速も定常的に小さく抑える効果が確認でき、扉体転倒時の大きな波が発生しない利点がある。

6. 結論

本研究では平面2次元津波伝播解析と3次元扉体挙動解析を組み合わせることで実地形における流起式可動防波堤の有効性を評価した。以下に検討結果をまとめる。

- 流起式可動防波堤は実地形で実際の津波波形に対して起立し、直立後は水位差が生じている間は直立状態を維持する。
- 流起式可動防波堤がない場合と比較して開口部周辺の港内側の最大水位を1/3以下に、最大流速を約1/2に減勢し、浸水範囲を大幅に縮小する効果が確認できた。
- 開口部を水門で閉じる場合を比較しても最大水位は0.4m高いが浸水範囲は概ね同程度に抑えた。
- 引き波時には港内からの流出が開口部に集中し反転し直立する。その後既設防波堤とのラインのずれから急激に水位が低下し、その後扉体が転倒する。
- 引き波時の最大起立角度を45度とすることで水位の低下を緩やかにし、流速を減勢することが分かった。また扉体が水位の低下に合わせ緩やかに倒れるので扉体転倒の際の大きな波も発生しない。

7. 参考文献

- [1]米山望，永島弘士：複雑な移動・回転を考慮した津波漂流物の三次元数値解析手法の開発，土木学会論文集 B2(海岸工学)，2009
- [2]大村拓矢，梶山朋香，米山望：2DH3D Hybrid 流体剛体連成解析手法を用いた流起式可動防波堤挙動解析，土木学会論文集 B2(海岸工学)，2024
- [3]東良慶，伊藤忠男，半田英明，平石哲也，菅野高弘：流起式可動防波堤の津波減勢効果に関する評価実験，土木学会論文集 B2(海岸工学)，2015