# 障害物を考慮した防潮堤に作用する津波波力解析に関する一考察

京都大学 学生会員 〇唐尾 太智 京都大学防災研究所 正会員 米山 望

## 1. はじめに

2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波により福島第一原子力発電所が被災した.この事故を受けて、全国の原子力発電所で防潮堤の新規建設や既存の防潮堤の健全性の見直しなどが実施されている.防潮堤に作用する津波波力の特性を正確に把握することは防潮堤の健全性評価に必要不可欠である.さらに、実際の津波襲来時には防潮堤に作用する力に影響を与える要因(障害物、漂流物など)が想定される.これらの要因を考慮した防潮堤に作用する津波波力に関する研究は未だ不十分な状況である.そこで、本研究では障害物の影響を考慮した津波波力に関する3次元数値解析を行う.そして、得られた解析結果と既往の実験結果を比較、考察し、本研究で用いる3次元数値解析法の適用性を検討することを目的とする.

#### 2. 数値解析の概要

本研究では米山(2001)による VOF 法を用いた 3 次元数値解析法を用いて,障害物を越流し非越流条件下で防潮堤に衝突する津波を対象とした数値計算を行った.防潮堤前面での鉛直方向の流速分布や圧力分布が想定されるため本研究では非静水圧近似の 3 次元数値解析法を選択した.

### (1) 解析条件

解析で用いた水理模型と座標軸を図-1 に示す.これは、解析の比較対象とする京都大学防災研究所で実施された既往の水理模型実験で使用されたものと同一である.同図には上に平面図、下に縦断面図を示す. X軸は斜面から陸地平坦部に切り替わる地点、Y軸は水路幅方向中央、Z軸は陸上部の平坦部分をそれぞれ基準点とする.また、各座標軸の方向は同図に示す矢印の向きとする. 防潮堤は越流しない十分な高さの断面2次元構造物としX=60cmに倒れないよう固定して設置した.計算メッシュはX軸方向およびZ軸方向の刻

み幅が陸地に近づくほど次第に細かく変化するメッシュを用いる. メッシュサイズは防潮堤付近では最も細かくなっており, X 軸方向および Z 軸方向のそれぞれ刻み幅が 5mm となるように設定している. なお, Y 軸方向は大きさを水路幅に合わせて 1 メッシュとする.

#### (2) 解析ケース

造波機を用いて入力する孤立波の波高は 15cm とした. いずれの場合も防潮堤に衝突するまでにソリトン分裂や砕波しないものとしている. 障害物は水が不透過な素材でできていると想定し, 寸法は表-1 に示す 2種類を X=0cm に設置した. また, 防潮堤同様に障害物も断面 2 次元構造物とする. 表-2 に解析ケースをまとめて示す.

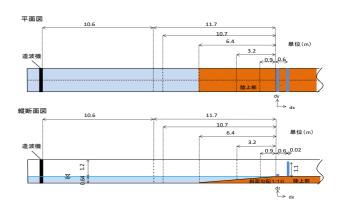


図-1 解析で用いた水理模型

表-1 障害物の寸法

	縦(Z 軸方向)	横(X軸方向)	
障害物 A	10 ст	10 cm	
障害物 B	5 ст	10 cm	

表-2 解析ケース

名称	case1	case2	case3
入力波高	15cm		
障害物の種類	なし	A	В

キーワード 防潮堤,障害物,津波波力,数値解析

連絡先 〒611-0011 宇治市五ケ庄 京都大学防災研究所都市耐水研究領域 TEL0774-38-4137

## 3. 解析結果および考察

## (1) 解析結果と実験結果の比較

既往の実験結果と本研究での解析結果の比較を行った.実験では防潮堤中央側線上に6つの波圧計を防潮堤底部から5cm間隔で4つ,残り2つを防潮堤底部から30cm,50cmの位置に設置し波圧を計測している.また,この波圧を鉛直方向(Z軸方向)に面積積分することで得られる水平方向(X軸方向)に作用する流体力をここでは波力と称する.全ての解析ケースにおける防潮堤に作用する最大波力を実験結果と解析結果で比較したものを図-2に示す.case2およびcase3における防潮堤に作用する波力の時系列変化を図-3に示す.case1での解析結果を用いた防潮堤に作用する津波波力と防潮堤前面での水位の時系列変化を図-4に示す.

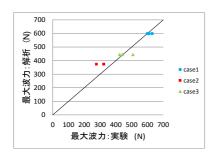


図-2 実験結果と解析結果の最大波力の比較

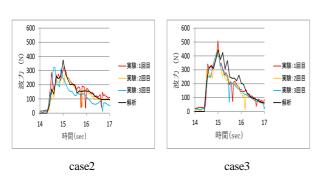


図-3 防潮堤に作用する波力の時系列変化

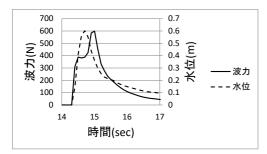


図-4 防潮堤に作用する津波波力と水位の時系列変化

## (2) 考察

図-2より防潮堤に作用する最大波力は実験結果と解

析結果でほぼ一致していることが分かる.また,前方に障害物が存在することで防潮堤に作用する津波波力は軽減されることが解析でも再現できている.ここで,前方に障害物が存在するケースでの防潮堤に作用する波圧や波力を詳細に検討するためにそれぞれの時系列変化を実験結果と解析結果で比較した.図-3より防潮堤に作用する波力の時系列変化は解析結果と実験結果でほぼ同等の変化を示していることが分かる.今後は、障害物に衝突する際の津波の挙動についてさらに詳細に検討することで解析の精度を向上させ、様々な種類の構造物を考慮した解析を実施していく予定である.

次に、解析結果と実験結果がよく一致した障害物が存在しない場合である casel を用いて防潮堤前面での水位と波力の相関について検討する。図4より、防潮堤に作用する波力は2度大きな値をとることが確認できる。1回目は津波が防潮堤に衝突する際に生じる波力であり、2回目は防潮堤前面での水位上昇に伴った波力であると考えられる。また、今回のケースのようなソリトン分裂や砕波しない場合の津波では水位上昇に伴った2回目の大きな波力が最大津波波力となっている。ただし、ソリトン分裂や砕波する場合には衝撃波圧に起因する波力で最大津波波力をとる可能性があることが池野ら(2006)の研究で報告されている。

### 4. 結論

本研究の数値解析を用いて防潮堤に作用する津波波力の計算を行った結果,既往の実験結果とかなり近い値の結果を得ることができた.また,前方に存在する障害物により防潮堤に作用する津波波力が軽減されることなどを解析でも再現することができた.今後は,解析の精度をさらに向上させ,様々な種類の障害物を考慮した解析を実施していく予定である.

## 参考文献

1)米山望:自由水面をもつ多次元流れの数値水理学的 研究,京都大学学位論文,2001

2) 池野ら: 陸上に遡上したソリトン分裂津波の波力に 関する実験的研究,海岸工学論文集,第53 巻,pp776-780,2006