第Ⅱ部門

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.そこで, 本研究では防潮堤に作用する津波波力に関する3次元 数値解析を行い,得られた解析結果と既往の実験結果 を比較,考察する.そして,防潮堤に作用する津波波 力の特性を把握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としX =60 cm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1 cm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.

Taichi KARAO, Nozomu YONEYAMA karao.taichi.75e @kyoto-u.jp

京都大学工学部	学生会員	○唐尾	太智
京都大学防災研究所	正会員	米山	望

(2) 解析ケース

造波機を用いて入力する孤立波の波高は7,11,15cm の3種類とした.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.表-1 に解析ケースをまとめた.



図-1 解析で用いた水理模型

	A
主 1	御がたケーフ
4X-1	- 四半小川 シー

名称	case1	case2	case3
防潮堤設置位置	汀線陸側 60cm		
入力波高	7cm	11cm	15cm

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5 cm間隔で4つ,残り2つを防潮堤底部から30 cm,50 cmの位置に設置し波圧を計測している. casel および case3 における防潮堤底部から5 cmに設置 した波圧計での波圧の時系列変化を図-2 に示す. 次 に、casel 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.なお、波力は防潮堤前面 での波圧を鉛直方向(Z軸方向)に面積積分を行った 水平方向(X軸方向)に作用する流体力である.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-4 に示す.











図-4 実験結果と解析結果の最大波力の比較



図-5 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より波圧は2度大きな値をとることが確認でき る.まず,防潮堤に津波が衝突した瞬間に生じる衝撃 波圧と称される大きな波圧をとる.次に,防潮堤前面 に津波が作用し続けることで生じる持続波圧と称され る大きな波圧をとる.流速が大きく浸水深が小さな津 波先端部が防潮堤に衝突した際に生じる非静水圧の現 象である衝撃波圧を解析結果でも再現できている.図 -3および図-4より防潮堤に作用する波力の時系列変化 や防潮堤に作用する最大波力は実験結果と解析結果で ほぼ同等の値をとっていることが確認できる.以上か ら本研究の VOF 法を用いた 3 次元解析手法で防潮堤 に作用する津波波力の計算を精度よく実施できたとい える.

さらに、解析結果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-5に case3 での防潮堤 に作用する津波波力と防潮堤前面での水位の時系列変 化を示す.これより、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.まず、11.0s に衝撃 波圧に起因した大きな波力をとる.その後、防潮堤前 面での水位上昇に伴い水平方向の波力は一旦減少する が、防潮堤前面での水位が最大となった直後(11.3s) から再び増加する.そして、11.5s に持続波圧に起因し て最大津波波力をとる.衝撃波圧は局所的で瞬間的な 現象であるため防潮堤に作用する最大津波波力は持続 波圧に起因することが多いと考えられる.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おり、本研究で用いた解析において衝撃波圧を再現できていることは極めて重要なことである.

4. 結論

本研究では VOF 法を用いた 3 次元解析手法を防潮 堤に作用する津波波力の計算に適用した結果,既往の 実験結果とおおむね一致する解析結果を得ることがで きた.また,防潮堤に作用する津波波力は衝撃波圧や 持続波圧に起因して 2 度大きな波力をとる特性がある ことが確認された.さらに,非静水圧の現象である衝 撃波圧を解析でも再現することができた.今後は防潮 堤の前方に障害物が存在する場合などさらに複雑な津 波の挙動が想定される場合の防潮堤に作用する津波波 力に関する数値解析を実施していく予定である.

参考文献

- 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