

## 三次元数値解析を用いた直立防波堤に作用する津波波圧の予測

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○中島 健輔  
 国土交通省 正会員 大塚 健太  
 京都大学防災研究所 正会員 米山 望  
 京都大学防災研究所 正会員 戸田 圭一

1. はじめに 本研究は、三次元津波挙動解析における波圧の予測を行うことを目的として、既存の水理実験の結果と三次元数値解析で得られた結果を比較することで波圧予測が十分な精度で行えるかを検証したものである。米山ら<sup>[1]</sup>の VOF 法を用いて三次元津波解析を行う。また同手法を用いて凸型構造物にかかる津波波圧についての検討も行う。

2. 解析手法 VOF 法を用いた三次元津波解析手法として、流体充填率  $F$  および周囲のセルの状況によって計算セルを分類し、次式を用いて流体を移動させる。

$$\frac{\partial F}{\partial t} + u_j \frac{\partial F}{\partial x_j} = 0 \quad F = \frac{\text{計算セル中の流体体積}}{\text{計算セルの体積}}$$

ここで  $F$  は流体充填率、 $u_j$  は流速の各方向成分を表している。

### 3. 津波模型実験との比較による波圧の検証

谷本ら<sup>[2]</sup>は水理模型実験を行い、津波が直立防波堤に衝突する際の波圧を実験で計測し、実験結果から波圧算定式を提案している。実験装置の概要は図 1 に示す。模型縮尺は 1/200 で緩勾配(河床勾配 1/200)と急勾配(河床勾配 1/50)の 2 ケースで実験を行っている。防波堤模型を両ケースとも初期水深が 9.0m (実スケール)となる位置に設置し、造波板により周期波を発生させて、水位と波圧を計測する。それぞれのケースでの計測位置を表 1 に示す。

この水理実験のシミュレーション解析を行い、水位と波圧について実験と解析で比較を行う。水位の比較は一致しており、波圧の比較結果は図 2 に示した通り、両ケースとも実験結果と解析結果はほぼ一致していると言える。なお図 2 は防波堤模型直前の水深 1.4m での波圧の比較である。次に緩勾配地形において造波

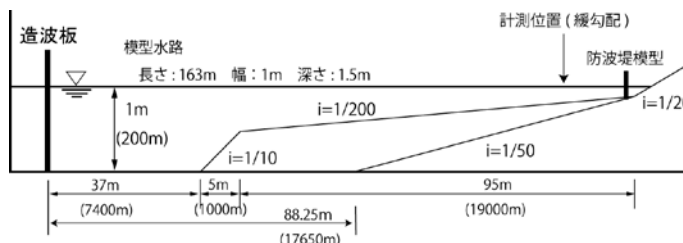


図 1 水理模型実験の概要図

|                | 水位計測位置       | 波圧計測位置  |
|----------------|--------------|---------|
| 緩勾配(河床勾配1/200) | 造波板から130.75m | 防波堤模型前面 |
| 急勾配(河床勾配1/50)  | 防波堤模型直前      | 防波堤模型前面 |

表 1 河床勾配と計測位置の関係

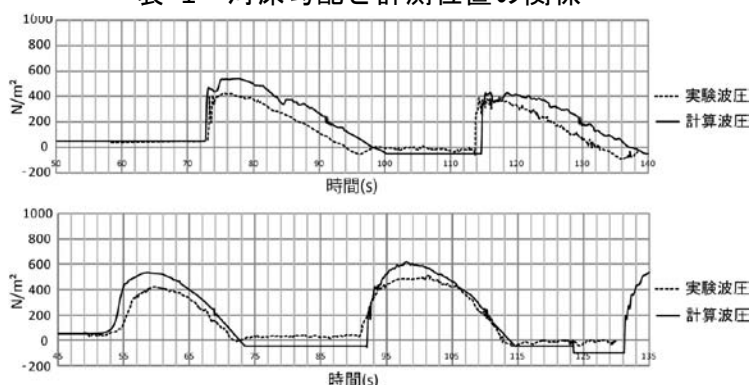


図 2 波圧の比較 (上: 緩勾配 下: 急勾配)

板での発生させる波の周期と片振幅を変化させた複数のケースで解析を行い、谷本らが提案している波圧算定式と比較する。数値解析により得られた波圧分布を波圧算定式や実験結果の波圧分布のプロットと比較したものを図 3 に示す。ここで、 $z$  は段波到達直前時の水位を基点 ( $z = 0$ ) とした鉛直座標、 $P_s(z)$  は  $z$  位置における段波の平均高さに対応する波圧、 $a_H$  は  $z = 0$  からの段波の高さである。解析結果の波圧分布は、1 つのケースにつき水深 1.0m, 5.0m, 7.0m の位置でそれぞれ第 1 波と第 2 波の計 6 点をプロットする。図 3 より解析結果は谷本らの提案している波圧算定式とよく一致していると言える。

キーワード 津波, 波圧,

連絡先 〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所都市耐水研究室 TEL 0774-38-4137

**4. 津波波圧解析の適用例** 解析の適用例として、淀川を模した地形に津波解析手法を適用して、淀川大堰にかかる津波波圧の評価を行う。淀川大堰には、主ゲートと高さを変化できる調整ゲートの2種類があり、調整ゲートの高さを変化させ、大堰へ作用する波圧を検討する。適用する解析地形の概要を図4に、大堰の正面図を図5に示す。解析は図5のように調整ゲートの高さがT.P.+2.3m、T.P.+1.0mでの2つのケースで行った。解析開始と同時に解析地形の河口側にあたる下流端に、平成15年に開催された「東南海・南海地震津波対策検討委員会」で用いられた津波到達時の河口での水位変化を与え、大堰前面での波圧の値を計測する。両ケースにおいて図5に示した位置で、水位と波圧の計測を行った。その結果、各ケースで値は異なるが水位変化の傾向は計測位置によってほとんど変わらず、調整ゲートの高さや計測する水深が変化してもA～Eの計測位置の違いでは、波圧変化の傾向にほとんど差が生じないことが分かった。よって代表値としてE点での波圧分布を谷本らの提案している波圧算定式と比較し(図6)、解析波圧の妥当性を検証したところ、図6より波圧分布は2つのケースのどちらにおいても波圧算定式によく一致していることが分かった。

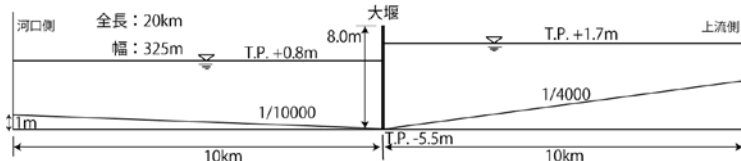


図4 解析地形の概要(縦断面図)

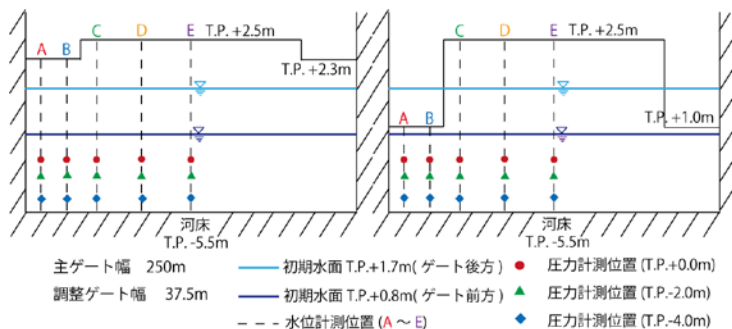


図5 淀川大堰の正面図

**5. おわりに** 谷本らが提案した波圧算定式との比較により、三次元津波挙動解析による波圧予測は十分な精度で行えることが分かった。また淀川を模した河川地形に解析手法を適用したところ凸型の構造物(淀川大堰)にかかる波圧予測でも妥当な結果を得られた。しかしどちらも一様断面の直線水路での解析なので、複雑な地形における波圧予測の検討を今後の課題とする。

**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]谷本勝利・鶴谷広一・中野 晋：1983年日本海中部地震津波における津波力と埋立護岸の被災原因の検討，海岸工学講演会論文集，pp.257-261，1984。

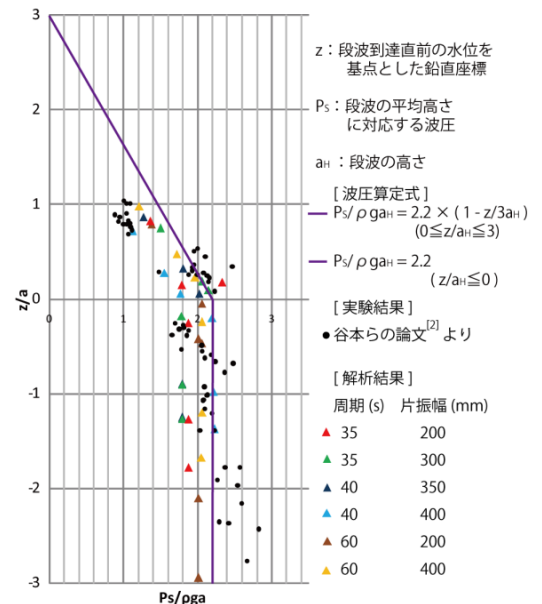


図3 波圧算定式と波圧分布の比較

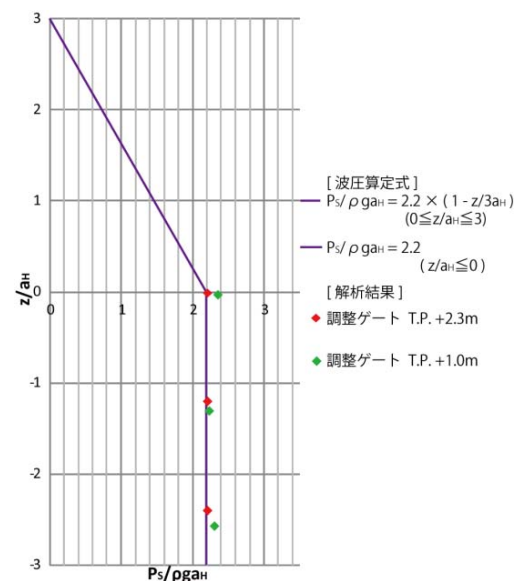


図6 波圧算定式と波圧分布の比較