斜め板に作用する波力の算定

早稲田大学大学院理工学研究科	学生会員	小堤佐紀
早稲田大学理工学部社会環境工学科	フェロー	清宮理
神戸製鋼所技術開発本部機械研究所	正会員	片岡保人
神戸製鋼所機械エンジニアリングカンパニー	正会員	竹鼻直人

1.まえがき 都市沿岸部を高潮や津波から守るた め、斜めの形状をした護岸、防波堤、フラップ式水 門など、鉛直壁でなく斜めに壁を設置して水理特性、 越波特性を向上させる方法が提案されている。斜め に傾斜させることによって越波量を大幅に低減する ことができるので鉛直にするより小さな断面にする ことが可能である。この際の斜面壁に作用する波の 基本的な波圧特性を調べることを目的とし、実験用 長方形水路に斜めの構造物を設置し正弦波を与えて 波圧、振動性状を計測した。CADMAS(数値波動水 路)プログラムソフトでこの水路実験の結果を模擬 し、解析値と実験値との比較について報告する。



2.数値解析法について 数値波動水路(VOF法) は、数値流体力学の応用として波と構造物の相互作 用の問題に対応できるように開発された数値計算手 法である。従来の境界積分方程式法(BIEM)では モデルの単純化のために非圧縮性非粘性流体の線形 (微少振幅波理論の範囲)現象を対象としているの に対し、VOF法は2次元非圧縮粘性流体を対象とし た連続式および Navier-Stokes 方程式を基礎方程式 としている。自由表面の取り扱いには、複雑な自由 表面が解析可能である VOF(Volume of fluid)法を採 用している。この VOF法と呼ばれる自由表面解析モ デルを用いることで、非線形現象、砕波現象だけで なく、越波などのように水表面が分離するような複 雑な現象まで再現できる。 VOF法では下に示すVOF関数Fの移流方程式と、 表面の向きを逐次的に計算することで解析する。



図2 計算セルでの自由表面のモデル

3.解析対象としての水理模型実験 傾斜板の基本 的な波力特性を把握するために、大阪湾有義波やう ねり波を想定した水理模型実験を行う。水路は全長 30m、幅 60 cm、高さ 1.2m、水深 65 cm、海底 は水平床、模型は堤脚水深 25 cm、天端高さ 11 cm、モデル高さ 36 cmである。模型縮尺は 45 分の 1 とした。傾斜板モデル角度 60 度、90 度、 120 度のそれぞれの場合で実験を行い、傾斜板の7 箇所で波圧を計測した。実験条件としては、波高 5 cm、周期 0.829 秒、うねり波の波高 5 cm、周 期 1.07 秒である。

この実験を数値波動水路プログラムソフトで模擬 した。深さ方向に 0.01m毎に 120 メッシュ、流れ方 向に 0.02m毎に 1300 メッシュに分割し、初期流速 を 0 として実験と同じ条件で波を流し、同じポイン トにおける波圧の時間変化や波の反射による波高 変化を調べ比較検討した。

キーワード:斜め板、護岸、数値波動水路、有限要素法、模型実験、波圧分布 連絡先:〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16-01A 清宮研究室 -5334.解析結果 図3、図4は大阪湾の波で傾斜角度 60度の場合の波圧と時間変化のグラフである。どち らも同じ時間にピークをとることは一致するが、実 験値ではちょうど静水面より少し下の位置にあるポ イントで最大波圧をとっているのに対し、解析値で は水表面近くで最大波圧をとっている点で違いが生 じた。傾斜角度 90 度と 120 度の場合は各波圧計位置 で大阪湾、うねり波共にほぼ同様の値をとっており、 形状もよく似た波型をしていた。



また図5は傾斜角度60度の時の波圧ピーク時での斜 め板の水平方向にかかる波圧を実験値と解析値で比 べたものである。これを見ると実験値と解析値で最 大波圧の値はほぼ似ているが、最大値をとるポイン トが違うことがわかる。実験値の波圧は乱れている ので砕波していると考えられる。先ほどと同様に傾 斜角度90度、120度の場合は値、形状ともにほぼ同 様の結果が得られた。

図 6 に流速分布図を示す。波の動きがよく模擬され ている。傾斜角度 90 度に比べて 120 度の場合は波が 右上の方へ流れてしまっているのに対して、60 度の 場合は斜面近くで波が返されており、また傾斜角度 の変化に対する波圧の比較では、水面近くではどち らも 60 度 < 90 度 < 120 度の順になっていることか ら 60 度の場合は越波が低減されることが予想され る。

5.結論 数値波動水路プログラムソフトで傾斜角 度 90 度、120 度の場合の波圧は大きさ形状ともによ く実験を模擬できているが砕波した 60 度の場合は まだ課題が残っている。さらに周期、波高、傾斜角 度を変えて、越波量の比較なども行っていきたい。 参考文献)「新型防波護岸(フレア護岸)の天端高さ 設計手法」神戸製鋼技報/vol.53 No.1(Apr.2003)「越 波低減型防波護岸の天端高さと作用波圧」

