

II-43

斜面を階段近似しない津波の3次元数値解析

防衛大学校土木工学教室	正会員	正村 憲史
同 上	正会員	藤間 功司
東海大学工学部	正会員	後藤 智明
防衛大学校土木工学教室	正会員	重村 利幸

1. はじめに

現在の津波数値計算では、主として非線形長波理論に基づく平面2次元モデルが使用されている。この計算方法は、広い領域での計算にも用いられ、最大遡上高に関しても実用上十分な精度で痕跡高を再現できる。しかし、この方法は静水圧近似に基づいているため、流体力を評価するのに必要な流速などを高精度で再現できないという欠点がある。北海道南西沖地震津波では、津波の強大な流体力によって防波堤が転倒したり、港内で船舶が打ち付けられたりしており、流体力の正確な評価が必要とされている。また、島による津波の捕捉などの現象を再現するには、非線形・分散性を考慮した解析法を用いなければならない可能性がある。そこで、圧力の静水圧分布を仮定しない3次元計算法を用いて防波堤周辺の津波の挙動に関する数値計算を行った¹⁾。この計算法では、防波堤などの海岸構造物や地底形状を従来の方法と同様に、計算格子の水深をその格子の中心での値で代表させていた。即ち斜面を階段状に近似していた。勿論、格子間隔を小さくすることにより、地形近似誤差を少なくすることは可能であるが、計算時間及び計算容量が増えるといった問題も生じる。そこで、本研究では斜面の階段近似を用いない3次元津波数値解析法を開発する。この方法は、斜面を従来のような階段状に近似せず、斜面をそのまま取り入れる。これにより実形状に近い形で計算に取り込むことが可能となり、より高精度な計算結果を得ることができる。

また、この3次元解析法は、計算領域を平面の2次元だけでなく鉛直方向にも直方体格子に区切るため、計算時間及び計算容量が平面計算と比較し、莫大なものとなる。この問題を解消するため、3次元計算は流体運動の激しい部分だけに限定し、その外側の部分は従来の平面計算を行うといった3次元と2次元の混合計算法を用いる。この計算法の適用性を検討するため、防波堤周辺における津波の挙動に関する数値計算を実施し、水理実験の結果と非線形長波理論を用いた解析結果とを比較検討する。

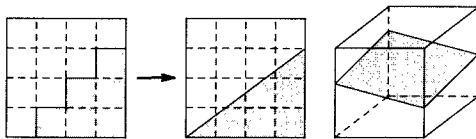


図1 階段近似の概要

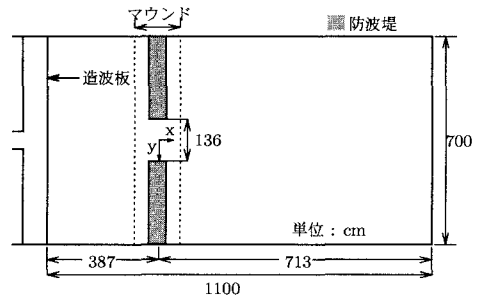


図2 実験水槽

2. 計算方法及び計算条件

従来の3次元計算手法では、水の入り込めないセルを積み重ねることで斜面を近似していたが、本手法では、セルの四方において水深を設定し(図1)、各セルの壁面をどれだけ流体が通過できるか(透過率)を支配方程式に取り入れることにより斜面の影響を考慮する。3次元計算において、支配方程式には3次元のナビエ・ストークスの運動方程式と連続の式を用い、その周辺の2次元計算では線形長波理論を使用する。

再現計算は、中央に開口部を持つ津波防波堤の実験に対して実施した。実験に用いられた平面水槽を図2に示す。防波堤断面を図4に示す。静水深は、30cmである。正弦波を入射波としている。開口部近傍を3次元計算とし、その周

Keywords: 斜面近似, 津波, 数値計算, ハイブリッドモデル

連絡先: 〒239-8686 神奈川県横浜市中区水1-10-20, tel:0468-41-3810, fax:0468-44-5913

辺は2次元計算とする。図3のように2次元領域の中に3次元領域を組み込む。ただし、計算は領域の半分とする。

格子間隔は、 $x-y$ 平面は2D,3Dとも同じ $\Delta x, \Delta y$ が2.5cm, 3Dで鉛直方向に Δz が1.25cmとし、格子数は、2Dが 440×140 （3D領域を含む）、3Dが $80 \times 40 \times 30$ である。

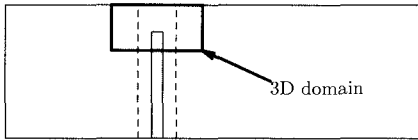


図3 3次元計算領域

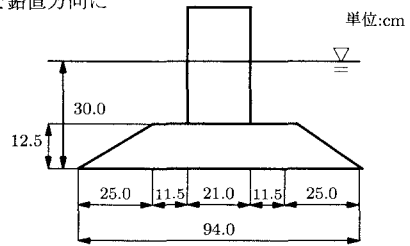
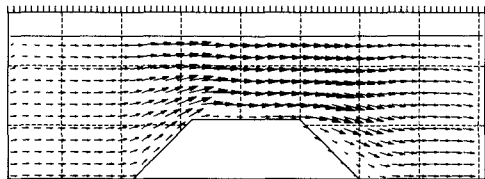


図4 防波堤模型断面

3. 計算結果

図5に水槽中央 $x-z$ 鉛直断面における流速分布に関する計算結果を示す。図6は、開口部周辺での水表面流速の $x-y$ 平面分布を示す。

以上の結果より、本計算手法による計算は精度良く実験を再現している。また、本計算手法は分散性、非線形性を考慮でき、特にこの実験のような構造物の存在によって流体運動が3次的になる場合には有効である。また3次元計算の欠点である多大なる計算容量・計算時間も、ハイブリッドモデルの効率的な運用により実用上の問題はなくなる。今後の課題として、斜面階段近似の欠点の一つである遡上高が過小評価になる点も、本計算手法を用いることにより解決されるものと考えられる。



T = 9.00 s

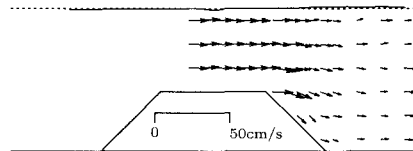
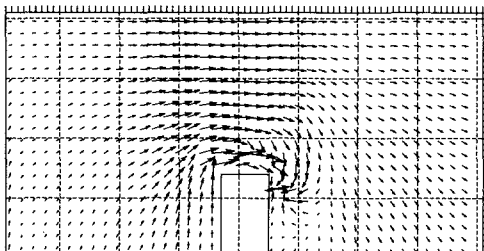
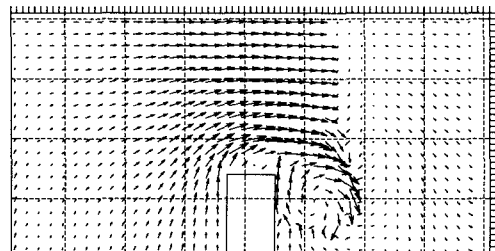


図5 $x-z$ 断面における流速分布の比較(左:計算値, 右:実験値)



T = 7.00 s



T = 9.00 s

図6 $x-y$ 平面における水表面流速分布

参考文献

- 1) 正村憲史・藤間功司・後藤智明・重村利幸(1996): 非線形分散波理論の数値的な検討, 海岸論文集, 第43巻, pp.296-300