

II-351

放物型方程式を用いた回折域における計算方法の工夫

東亜建設工業(株)技術研究所 正会員 大中 晋
同上 正会員 早川 淳

1. はじめに

沖合人工島の計画において、背後静穏域の有効利用を考える上で遮蔽域での波高分布を精度よく見積る必要がある。この場合の計算上の条件として、(1)広大な領域でかつ不規則波としての取り扱いが可能であること、(2)波の屈折、回折および砕波が扱えること、等が挙げられる。現在提案されている種々の平面波浪変形計算法において、これらの条件を満足することのできる方程式として、放物型方程式が挙げられる。しかし放物型方程式では構造物直背後のように、波の進行方向が計算方向と極端に異なる場合に、計算されない領域が生じてしまう。波の進行方向と計算座標を一致させたものとして、磯部(1986)による波向線座標を用いた放物型方程式がある。しかし人工島背後のように、波が両側から進入するような場合には波向線座標が定義できない。そこで本研究は、このような場合でも精度よく遮蔽域全体での波高計算が行えるように、波向線座標による放物型方程式を用いた計算方法の改良を行ったものである。

2. 計算法の工夫

放物型方程式を用いて背後の遮蔽域の計算を行う1つの手法として、図-1に示すようなデカルト座標系での取り扱いが考えられる。しかしこの場合、構造物直背後では波の進行方向と計算方向が異なるため、図中に示すようなdead regionが生じてしまい、ここでは波高の算定が行えない。そこで図-2に示すように両側からの回折波を別々に扱うことを考える。はじめに構造物の沖側および左側からの進入波に対して波向線座標を用いて計算を行う。つぎに右側からの進入波に対する計算を同様に行い、最終的に両者を重ね合わせる。ただし各成分波に対して左右の位相関係が成立しているため、位相情報まで含めた複素振幅での重ね合わせが必要となる。磯部による放物型方程式は、数値計算上の分割数を粗くとることができるような工夫を行っている。すなわち式(1)に示すように、成分波ごとにスネルの法則にしたがうような位相関数を考え、その分の振動成分を分離した複素水面変動振幅 $\zeta^{(i,j)}$ 、(i :周波数、 j :波向)に対して数値計算が行われるものである。

$$\zeta^{(i,j)} = \phi^{(i,j)} \exp \left\{ i \left(\int k_F^{(i,j)} h_F d\xi + \int k_R^{(i,j)} h_R d\eta \right) \right\} \quad (1)$$

ここで (ξ, η) 、 (h_F, h_R) 、 (k_F, k_R) はそれぞれ波向線方向および波峰線方向座標、そのスケールファクターおよび波数である。したがって左右の進入波の重ね合わせを行う場合、この分離された位相分も含め、 $\zeta^{(i,j)}$ に再度変換しておく必要がある。このようにして得られた左右の $\zeta^{(i,j)}$ を用いて最終的に次式に示すような重ね合わせを行う。

$$\zeta = \Sigma \{ (\zeta^{(i,j)})_{\text{LEFT}} + (\zeta^{(i,j)})_{\text{RIGHT}} \} \quad (2)$$

なお砕波を扱う場合には、こののちに砕波指標および砕波減衰モデルを用いて計算を行うものとする。

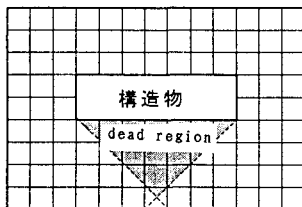


図-1 デカルト座標系

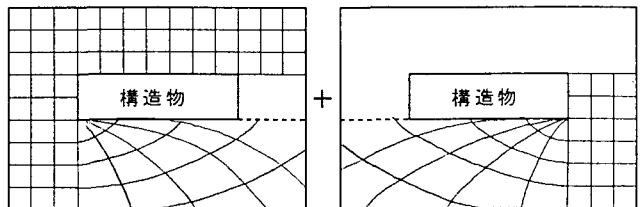


図-2 波向線座標系の重ね合わせ

3. 計算結果

はじめに堤長が波長に対して短い例として、図-3に示すような長さ200mの不透過堤に適用した例を示す。水深を8mの一定とし、入射波周期として8sの規則波が入射するとすると、堤長は約3波長となる。この場合に図中に示すような断面上での波高変化を示したものが図-4である。ここでは本研究で提案する手法(PAE-1)とともに、比較のために非定常緩勾配方程式の結果(TDM)、早川ら(1993)による放物型方程式で構造物をエネルギー減衰帯で扱った結果(PAE-2)および左右の位相は考慮せずにエネルギーの重ね合わせで簡易的に扱った結果(ENE)も同時に示す。これより構造物背後の回折域において、PAE-1はTDMの結果とほぼ一致している。一方構造物をエネルギー減衰帯で扱ったPAE-2は、計算座標系としてはデカルト座標となるため、直背後での回折波の回り込みが再現できず波高値は0となっている。またエネルギーの重ね合わせで行ったENEは、当然ながら位相干渉による波高の凹凸が見られない。つぎに人工島モデルに対して適用した例を示す。図-5に示すように、沿岸方向2km、岸沖方向1kmの人工島に波高5m、周期10sの波が30°の波向で入射するとする。この場合の図中に示す断面での波高分布を示した結果が図-6である。これより人工島のように、波長に対して堤長が十分長い場合は（この場合約22波長）、左右からの位相干渉がほとんど見られず、簡易的にエネルギーの重ね合わせで行ってもほぼ同様の結果となっている。

4. おわりに

構造物背後の、両側から波が回り込む場合に対しても精度よい波高の算定ができるように、波向線座標による放物型方程式を用いた計算方法の工夫を行った。その結果、これまで一般に放物型方程式では計算できなかった構造物直背後の回折波の回り込みを十分に再現できることができるようになった。また人工島のように堤長が波長に対して十分長い場合には、簡易的にエネルギーの重ね合わせで行っても結果はそれほど変わらないことが示された。

なお本研究は、土木学会研究現況レビュー小委員会における「平面波浪場の計算法WG」にて報告した内容の一部である。

<参考文献>

- 1) 磯部：放物型方程式を用いた不規則波の屈折・回折・砕波変形の計算法、第33回海講、pp.134-138.、1986.
- 2) 早川・磯部ら：放物型方程式を用いた透過性構造物周辺の不規則波浪場の数値計算法、第48回年講、1993.

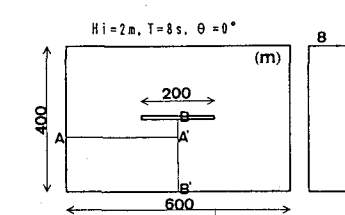


図-3 モデル計算その1 (堤長が短い場合)

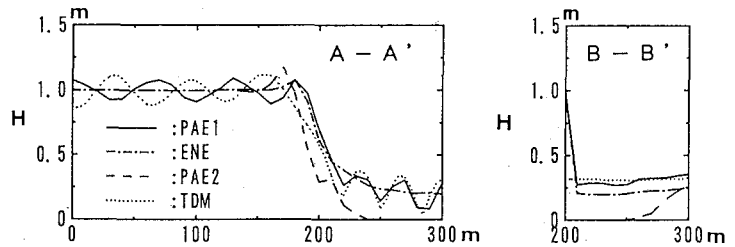


図-4 計算値の比較

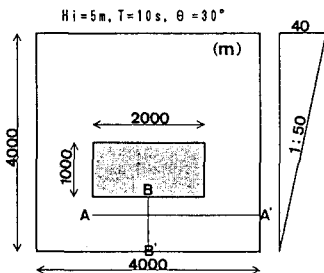


図-5 モデル計算その2 (人工島の場合)

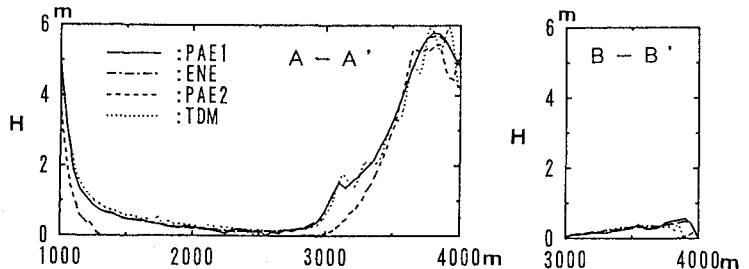


図-6 計算値の比較