

数値波動解析に対する一考察

大阪大学工学部 正員 榎木 亨  
 大阪大学工学部 正員 出口 一郎  
 大阪市(前大学院生)正員 〇北村雅敏

1. まえがき

近年波の変形をとらえるに当たって、従来の水理実験以外に数値シミュレーションによる手法が開発されてきており、たとえば、伊藤らは水位と表面水粒子速度を未知数とした表面基礎方程式より任意水深領域での反射回折などに関する数値解析法を提案している。しかしこの場合、初期条件として波の変形に余り影響しない点、たとえば水深が沖波波長の1/2である点を沖側境界に選ぶことから広大な計算領域が必要となり、計算機の容量が大きな制約条件となってくる。そこで本研究では、波の周期性を利用して計算領域を分割し計算する手法を開発し、沖から一括して計算した場合の結果及び水理模型実験との比較検討を行なったものである。

2. 基礎方程式

計算の基礎となる式は、オイラーの運動方程式と連続方程式より一定水深領域の微小振幅波に対して導かれたものであり、

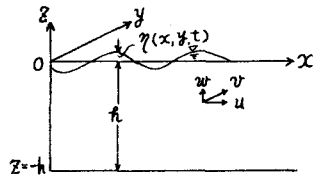


図-1

図-1のような座標系を考えると次式ようになる。

$$\frac{\partial u_0}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x}, \quad \frac{\partial v_0}{\partial t} = -g \frac{\partial \eta}{\partial y}$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = -\frac{1}{h} \text{Tanh} kh \left( \frac{\partial u_0}{\partial x} + \frac{\partial v_0}{\partial y} \right)$$

ここで、 $u_0, v_0$ は表面での流速である。

谷本らは任意水深領域の数値波動解析には、線流量表現の基礎式を用いるべきであると指摘しているが、著者らの検討結果によると表面流速を用いてもその基礎式の誘導に全く差違が無く、従ってここでは表面流速表示の基礎式を用いて計算を行なった。

3. 計算方法

先に述べたように、広範囲領域の波の挙動を数値解析する場合計算機の容量が大きな制約条件となる。著者らは、この制約条件を除去するため、計算対象全域に対し沖波が与えやすいように格子系の一方向が波の進行方向と一致するような格子網を設置し、次に波の進行方向に対し直角方向に計算領域を分割して沖側の分割領域より順次計算を進めて行く方法を考えた。この場合、計算領域を小さく取り、また境界よりの反射波の影響を避けるために岸側、側面、沖

計算条件(周期,振幅,海底勾配,入射角)

↓  
差分間隔の決定 ( $\Delta x, \Delta y, \Delta t$ )

↓  
計算領域の設定

↓  
計算領域の分割

↓  
水深,波長,浅水度補正係数の計算

↓  
初期条件 ( $\eta=0, u=0, v=0$ )

↓  
 $t=0$

↓  
境界条件

岸側  $u_1^2 = A u_2^{1-2}$   
 側面  $v_1^2 = B v_2^{1-2}, v_{1y}^2 = B' v_{1y}^{1-2}$   
 沖側  $\eta_{max}^{(n+1)\Delta t} = \eta_{max}^{(n-1)\Delta t} - \eta_{max} \sin \{ -k\Delta S + (N-\frac{1}{2})\Delta t - \epsilon \} + \eta_{max} \sin \{ (N+\frac{1}{2})\Delta t - \epsilon \}$   
 if  $\epsilon t - \epsilon < 0 \rightarrow \eta_{max} = 0$

↓  
離岸堤 有

↓  
離岸堤 無

↓  
離岸堤部で  $u=v=0$

↓  
差分計算

$t+\Delta t$

↓  
 $\eta_{max}$ , 波向  $\beta, \epsilon$

↓  
 $\eta_{max}$  output

↓  
stop end

図-2

側での境界は透過性にする必要が生じる。この境界条件としては、谷本らが線流量表現で導いたものと同様に表面流速表現で導いて用いた。各分割領域での解の接続は、波動が十分安定になったと思われる状態で分割領域での一番岸側の水位変動の最大値  $\eta_{max}$  と位相差  $\epsilon$  ( $\eta_{max}$  の現われる時間的なずれ) を記憶させ、 $\eta_{max}$  を次の計算領域に対する入射波の振幅とし、 $\epsilon$  を入射波を与える際の位相差として解を接続させた。図-2 に、この計算のフローチャートを示す。

#### 4. 計算結果と実験値との比較

分割計算法の現地適用に際し、図-3 に示すような一様勾配 (1/40) の水深 6m に設置された離岸堤をモデルに選り、 $H_0/L_0 = 0.02$ ,  $T = 8.01 \text{ sec}$  の波が直角に入射された場合の計算を、 $2L_0$  で分割した計算及び一括計算で行なった波高分布の結果が図-4 であり、また同図には縮尺 1/50 で行なわれた模型実験の結果も示している。

この図より、分割計算も一括計算も離岸堤背後の回折波領域では同様の傾向を示し、また実験値との比較からも十分実用可能な手法と判定できる。しかし、前面の反射波領域では分割計算及び一括計算ともに実験値と大きく異なっている。この原因としては、計算では離岸堤で完全反射とし反射の位相のずれは無いものとし、また離岸堤の厚さを無視したため入射波と反射波の合成波形において腹と節の現われる位置が実験とは異なったためと思われる。なお分割計算と一括計算とでも大きく異なっているが、分割計算では図-2 に示すように順次沖側分割領域より計算を進めて行くため反射源のある領域までは単に進行波のみの計算を行ない、反射波に対しては全く考慮されていないためこの場合にはさらに造波板方式を用いて計算しなければならない。しかしながら、たとえば図-4 の計算ではこの分割計算によると計算容量を一括計算の場合の約 1/8 にすることができ、また計算時間もほとんど変わりなく行なえるという利点がある。従って同じ領域の計算を行なう場合、差分間隔を小さくして精度を上げることができる。また別の機会に発表する予定である波浪による地形変化を計算するような場合、新たに未知数が増え計算容量が必要であり、また離岸堤設置による地形変化は一般に回折波領域で著しいことから、この分割計算法が有効な手法になるものと思われる。

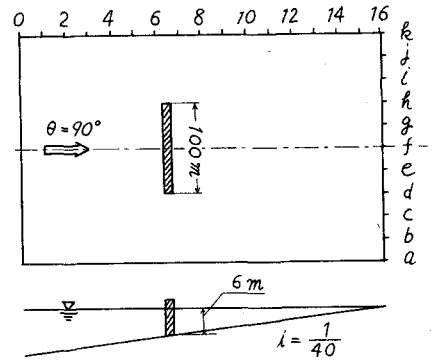


図-3

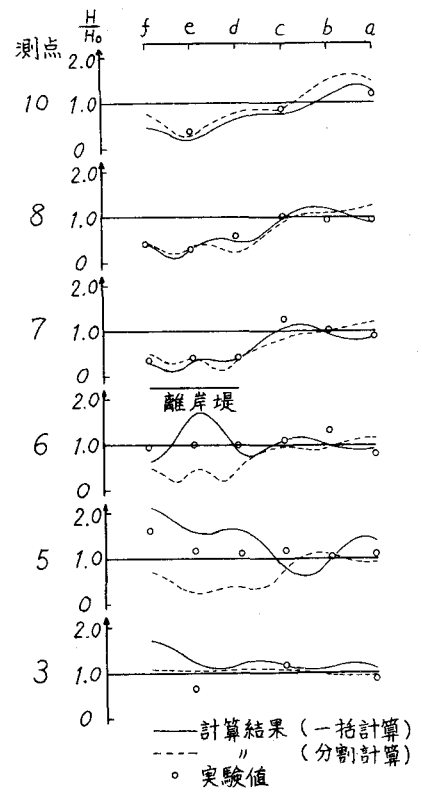


図-4