

解適応型計算法を用いた港内波高分布の数値解析

広島工業大学 正会員 櫻山和男
中央大学 正会員 川原睦人

1. はじめに

近年、港内静穏度の評価を行うために、コンピュータによる数値実験が多く用いられるようになってきている。しかし、時として問題に適した要素分割が行われなかったことに因って、計算結果の精度の信頼性が疑問視される場合がある。本報告では、この問題点を解決すべく、解適応型計算法¹⁾を港内波高分布解析に適用することを検討する。この方法は、離散化によって生じる誤差を評価し、その誤差が大きい領域を自動的に細かい要素分割に再分割して解析を行う方法である。

2. 基礎方程式と数値解析法

基礎方程式と境界条件は、次のようである (図-1参照)。

$$(CC_g \eta, i), i + kCC_g \eta = 0 \quad \text{in } \Omega \quad (1)$$

$$\eta, n = ik(1-K_r)/(1+K_r) \quad \text{on } \Gamma_s \quad (2)$$

$$\lim_{r \rightarrow \infty} r^{1/2}(\eta_{sc, r} - ik\eta_{sc}) = 0 \quad \text{on } \Gamma_\infty \quad (3)$$

ここに、 η :合成波の振幅関数、 C :波速、 C_g :群速度、 k :波数、 i :虚数単位、 K_r :反射率、 η_{sc} :散乱波の振幅関数、 r :散乱源からの距離である。

また、開境界 Γ_c 上で次の連続条件が課せられる。

$$\eta = \bar{\eta}, \quad CC_g \eta, n = CC_g \bar{\eta}, n \quad \text{on } \Gamma_c \quad (4)$$

ここに、 $\bar{\eta}$ は外部領域における振幅関数を表わす。

上記の境界値問題に対する解析法としては、解析領域 Ω を水深変化を考慮する内部領域 Ω_i と水深一定を仮定する外部領域 Ω_o に分け、内部領域に著者らが従来提案した境界型有限要素法、外部領域に固有関数展開表示された解析解を用いる結合解法²⁾によって解析を行う。そして、開境界上での連続条件式を自然境界条件として満足させるために、ハイブリッド型の汎関数を導出する。さらに、内部領域を三節点三角形の境界型有限要素によって、また開境界をいくつかの節点を持つ特殊要素によって離散化を行うと、最終的に次のような連立一次方程式が得られる。

$$[K] \{ \eta \} = \{ F \} \quad (5)$$

ここに、 $[K]$ は対称な係数行列であり、(5)式の解法としてはバンドマトリックス法を用いた。

3. 解適応型計算法

誤差測度としては振幅関数 η の補間誤差を用い、各要素において次式によって評価する。

$$E_e = \left[\int_{\Omega_e} k \{ (v_h - \eta), i \}^2 d\Omega \right]^{1/2} \quad (6)$$

ここに、 η :厳密解、 v_h : η の補間関数、 k :要素重心位置での波数、 e : e 番目の要素である。

(6)式によって誤差測度を評価し、誤差測度が大きい要素をさらに細かい要素に細分化して再び解析を行う。図-2に細分化の基本パターンを示す。そして、細分化は次式を満足する要素について行う。

$$E_e \geq GE \quad (7)$$

ここに、 E :各要素の誤差測度の相加平均、 G :細分化のためのパラメータである。図-3に、要素分割の再分割の例を示す。図中、黒くハッチした要素が細分化を行う要素である。

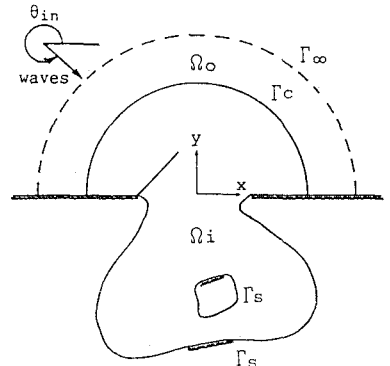


図-1 領域定義図

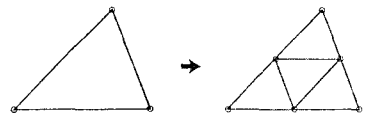


図-2 細分化の基本パターン

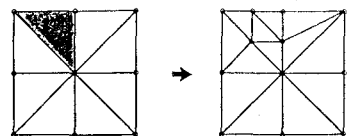


図-3 再分割の例

4. 数値計算例

数値計算例として、図-4に示す港湾内の波高分布解析を行った。水深形状は、A地点よりB地点に向かって一様上り勾配(1/29.4)であり、A地点より沖側では10m、B地点では1.5mである。計算条件として、入射波の周期は10秒とし、入射波の波向きは湾口に対して直角に入射するものとした。また、構造物壁面での反射率は完全反射とした。図-5に計算された相対振幅分布を示す。そして、この計算結果から誤差測度を計算し、 $G=2.0$ として要素の再分割を行なった結果が図-6である。図より、回折散乱の中心域である湾口付近と、浅水変形によって振幅が大きくなっているB地点付近の要素が細分化されていることが分る。そして、この要素分割を用いて計算を行った結果が図-7である。図-8に、岸沖方向A-B上と沿岸方向C-B上の水面波形の比較を示す。これらの結果より、解適応型計算法を用いることによって数値分散が少なくなり、B地点付近の波高が高くなっていることが分る(○印)。また、C-B上にみられる解の振動現象も取り除かれていることが分る。

5. おわりに

本報告において、解適応型計算法を港内波高分布解析に適用することの検討を行った。この結果、自動的に波高の変化に応じた要素分割が実現され、より信頼性の高い計算結果を得ることが可能となった。

参考文献 1) Kashiya, K. and Kawahara, M., Proc. of JSCE, No.387, pp.115-124, 1987., 2) Kashiya, K. and Kawahara, M., Int. J. Numer. Methods Fluids, Vol.8, pp.65-79, 1988.

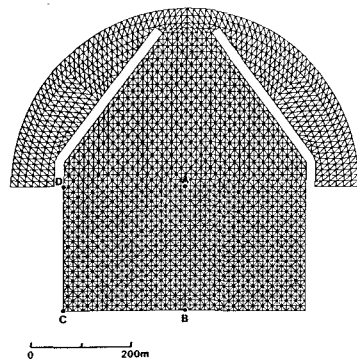


図-4 港湾の初期要素分割図

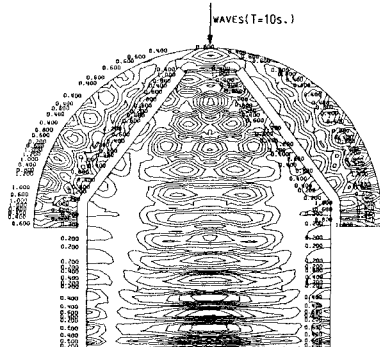


図-5 相対振幅分布図

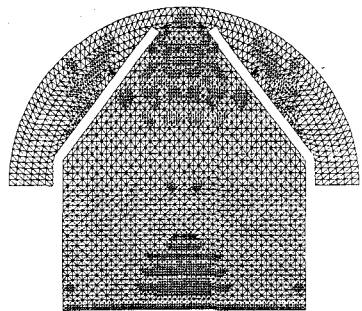


図-6 再分割後の要素分割図

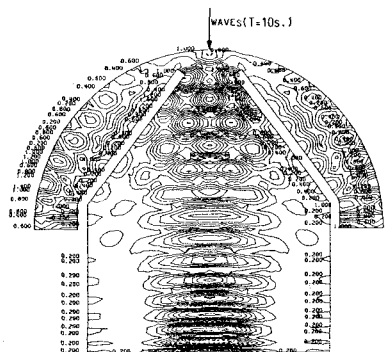


図-7 再分割後の相対振幅分布図

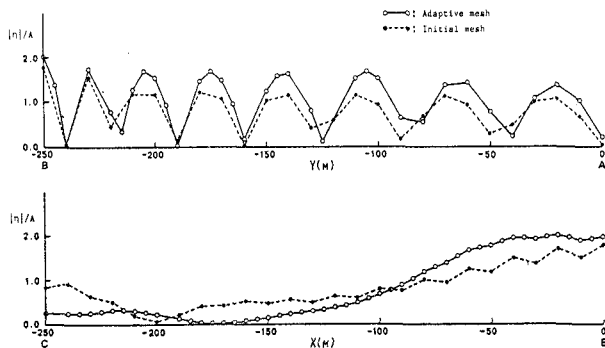
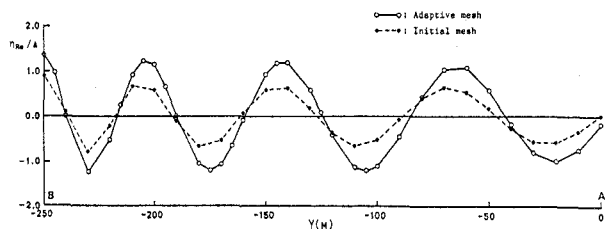


図-8 水面波形の比較