

II-344 二次元特性曲線法を用いた任意反射率境界による港内波高分布の数値計算

横浜国立大学大学院 学生員 沼野 祐二
 横浜国立大学建設学科 正 員 佐藤 慎司
 横浜国立大学建設学科 正 員 柴山 知也

1. はじめに 港内波高分布を算定するにあたって沼野ら(1987)は特性曲線を用いた任意反射率境界を導入した数値計算法を提案した。これは、時間によらず特性曲線上においてはある物理量が保存され、この特性曲線が境界に対して垂直に交わるとして反射率を境界条件の中に組み入れたものである。本研究においては特性曲線が境界に対して任意の角度で交わるときの任意反射率境界を導入し、前報と同様に非定常緩勾配方程式を用いて任意反射率の消波護岸を有する任意形状の港湾内における波高分布を算定する方法を提案する。また、数値計算法の適用性を調べるために波高の計算値と実測値との比較を行う。

2. 任意反射率境界 基礎方程式は (1), (2), (3)式を用いた。

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} = -C C g \frac{\partial \eta}{\partial x} - (1) \quad \frac{\partial Q_y}{\partial t} = -C C g \frac{\partial \eta}{\partial y} - (2)$$

$$\frac{C g \partial \eta}{C \partial t} = - \frac{\partial Q_x}{\partial x} - \frac{\partial Q_y}{\partial y} \quad (3)$$

ここに t は時間, C は波速, $C g$ は群速度, η は水面変位, Q_x , Q_y は x , y 方向の線流量であり渡辺・丸山(1984)が用いた線流量に n を乗じたものである。

上式系を空間差分には「スタック-トメッシュ」、時間に対する差分には「leap flog法」を用いて数値積分した。計算領域内に存在する構造物の境界上での任意反射率の算定に対しては、2次元の特性曲線法を用いた。これは境界に対して任意の角度で入射する波の条件より定まる1本の特性曲線と反対側より仮想的に入射する波による特性曲線とを連立させ未知の線流量を既知の線流量や水位から求める方法である(図-1参照)。すなわち、境界近傍では

特性曲線 $dx/dt = C \cdot \cos \theta_r$, $dy/dt = C \cdot \sin \theta_r$ -(4)上で $C g \cdot \eta - \cos \theta_i \cdot Q_x - \sin \theta_i \cdot Q_y = \text{一定}$ であり、

特性曲線 $dx/dt = C \cdot \cos \theta_i$, $dy/dt = C \cdot \sin \theta_i$ -(5)上で $C g \cdot \eta - \cos \theta_r \cdot Q_x - \sin \theta_r \cdot Q_y = \text{一定}$ である。

ただし θ_i は入射角, θ_r は反射角であり $\cos \theta_i = \cos \theta_r$ とする。いま、ある「タイムステップ」での求めたい未知の y 方向の線流量を Q_{y2} とし、その「タイムステップ」より時間的に1ステップ前における特性曲線(5)上の x 方向と y 方向の線流量、および水位を Q_{x1} , Q_{y1} , η_1 とする。また時間的に1ステップ前における特性曲線(4)上の x 方向と y 方向の線流量、および水位を Q_{x0} , Q_{y0} , η_0 とする。このとき、 $Q = Q^+x + Q^+y + Q^-x + Q^-y$, $\eta = \eta^+ + \eta^-$,

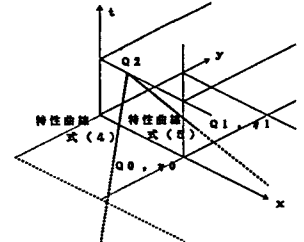


図-1 境界における特性曲線

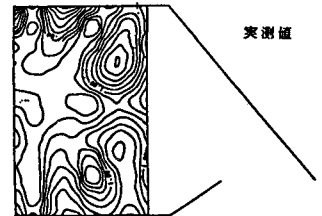


図-2 港内波高分布



図-3 港内波高分布

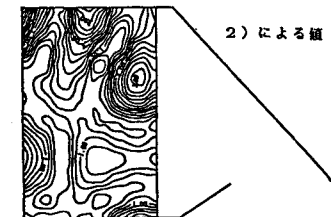


図-4 港内波高分布

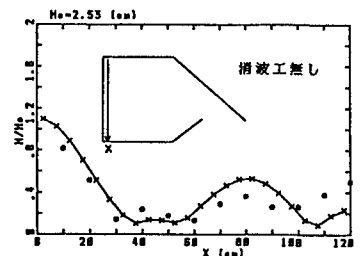


図-5 隅張壁の前面の波高分布

$Q^+x0 = r \cdot Q^-x1$, $Q^+y0 = -r \cdot Q^-y1$, $\eta^+0 = r \cdot \eta^-1$
と式中に反射率 r を導入することにより、
 $Qy2 = 0.5 \cdot \sin \theta i \cdot (1 - r) \cdot$

$(Cg \cdot \eta1 + Qy1 \cdot \sin \theta i - Qx1 \cdot \cos \theta i)$

により未知の線流量を決定することができる。

3. 実験方法 実験の詳細は前報と同様で、1/15の一樣勾配斜面をもつ平面水槽に港湾 η を設置し、規則波を港湾奥に対して直角に入射して港湾内波高分布を測定した。実験は、港湾奥に消波工を入れた場合および入れない場合について行い、その周期はそれぞれ0.73秒、0.72秒とした。

4. 計算結果 港湾奥壁前面において2次元特性曲線法による境界条件を導入した。また、計算領域の沖側、側方境界においては、1次元特性曲線法を用いて、境界の線流量を定めた。港湾奥壁前面での入射角は以下の二種類の方法で仮定し、各々の方法について結果の検討を行った。1) 壁前面の各メッシュに対して、ある一定の入射角を与える。2) 港口部と壁前面の各々のメッシュを直線で結び、直線の傾きから各メッシュに対して各々異なる角度を与える。図-2、図-3、図-4は消波工を入れない場合の港内波高分布を表しており、図-6、図-7、図-8は消波工を入れた場合（反射率0.5）の港内波高分布を表している。図-2、図-6は実測値であり、図-3、図-7は1)の方法によって入射角を決めたもののうち実測値に最も港内波高分布の形が似ていると判断された $\theta = 28.0^\circ$ のときの計算値である。図-4、図-8は2)の方法によって入射角を決めた場合の計算値である。まず1)の方法によって入射角を与えた場合、消波工がない図-3では部分的に図-2の実測値と波高分布が異なることができた。しかし、図-5に見られるように港湾の壁の前面での波高分布は、一部を除いてほぼ一致している。ここで図-5、図-9においては○印が実測値で×印が計算値である。消波工がある場合、図-7の港内波高分布は図-6の実測値とほぼ一致し、図-9をみると港湾壁前面での波高分布は実測値と計算値でよく一致している。2)の方法によって入射角を与えた図-4、図-8の波高分布は消波工の有無によらず図-2、図-6の実測値よりもかなり大きくなっている。入射角の決定方法については1)より2)の方が妥当であると考えられるが現状においては1)のように湾奥壁前面に一定の入射角を与えたときの方が港内波高分布を算定できる事が確認された。

5. おわりに 2次元の特性曲線法を用いて任意反射率を表す境界条件を算定した。港湾内の波高分布は港湾奥壁前面において適当な入射角を仮定することによって算定できる。

<参考文献>

- 1) 泉宮、磯部(1986): 領域分割による津波の数値計算法に関する研究, 第33回海溝論文集, pp. 215-218.
- 2) 渡辺、丸山(1984): 屈折、回折、碎波減衰を含む波浪場の数値解析法, 第31回海溝論文集, pp. 103-107.
- 3) 沼野、泉宮、磯部(1987): 特性曲線法を用いた任意反射率境界による港内波高分布の数値計算, 第42回年次講義要集, pp. 496-497.

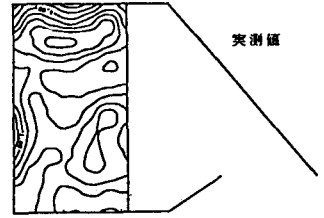


図-6 港湾内波高分布

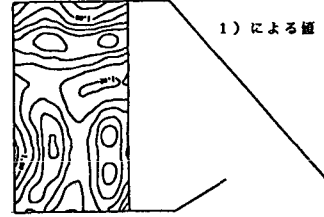


図-7 港湾内波高分布

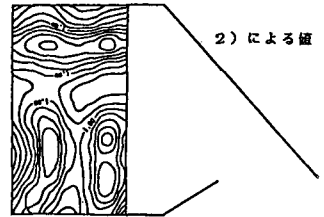


図-8 港湾内波高分布

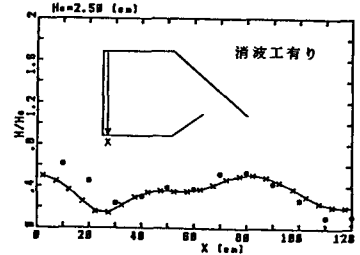


図-9 湾奥壁の前面の波高分布