

II-233

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 学生員 沼野 祐二

東京大学 正 員 泉宮 尊司

東京大学 正 員 磯部 雅彦

1. 結言 渡辺ら(1984)によって提案された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した。また、数値計算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った。

2. 任意反射率境界 基礎方程式としては (1), (2), (3)式を用いた。

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

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

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西村(1983)や渡辺ら(1984)の線流量に n を乗じたものである。

上式の空間差分には「スタaggered」メッシュ, 時間に対する差分には「leap flog」法を採用した。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, 1次元の特性曲線法を用いた。これは境界に対して直角に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。すなわち, 境界近傍では特性曲線 $dx/dt = C$ — (4) 上で $C_g + Q = \text{一定}$ であり, 特性曲線 $dx/dt = -C$ — (5) 上で $C_g - Q = \text{一定}$ である。いま, ある「タイムステップ」での求めたい未知の線流量を Q_2 とし, その「タイムステップ」より1ステップ前の(5)上の線流量, および水位を Q_1 , η_1 とする。また2ステップ前の(4)上の線流量, および水位を Q_0 , η_0 とする。このとき, $Q_0 = -r * Q_1$, $\eta_0 = r * \eta_1$ と式中に反射率 r を導入して $Q_2 = 1/2 * (1-r) * (Q_1 - C_g * \eta_1)$ と線流量を表現した。また, 計算領域の沖側, 側方境界においても, それらの境界に対して直角方向の特性曲線を用いて, 境界の線流量を定めた。特性曲線法を用いたこの計算では, 未知の境界値を1ステップ前の値で表現できるように, 必要とされる記憶容量も2ステップ分で済むことになる。1次元伝播波に対して境界に反射率を導入したときの, 境界前面での波高分布の数値計算の例を図-1に示す。ここで R_1 , R_2 , R_3 は反射率が1.0, 0.5, 0.0のときを表す。

3. 実験方法 実験は図-2に示すような平面水槽を用いて行われた。1/15の一様勾配斜面上に港湾モデルを設置し, 規則波を汀線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,

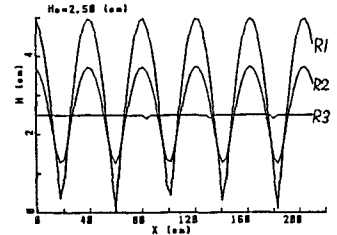


図-1 反射壁前面の波高分布

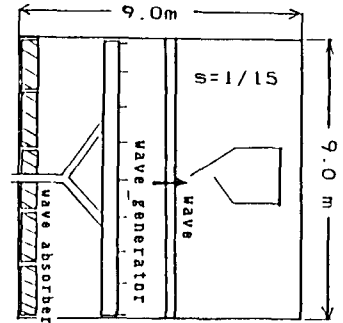


図-2 平面水槽

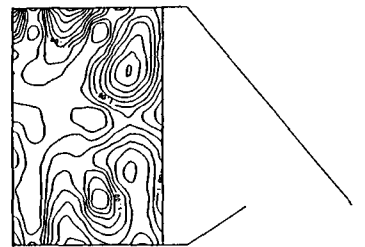


図-3 港湾内波高分布

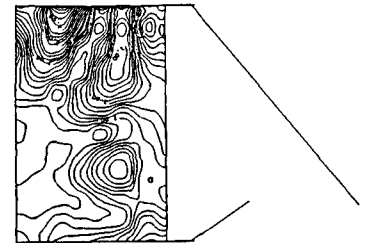


図-4 港湾内波高分布

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 秒であった。また、波高の測定には容量式波高計を用いた。

4. 計算結果 図-1に示されているように、特性曲線による任意反射率境界条件を用いることによってほぼ正確な波高分布を得ることができる。図-3および図-4は、港湾の壁の前面に消波工を置かない場合の波高分布を表している。図-3は実測による値であり、図-4は計算による値である。計算値の方が実測値より全般的に大きな値となっており、全体の波高分布の形も違っているのが分かる。しかしながら、図-5に見られるように港湾の壁の前面での波高分布は、ほぼ一致していることが分かる。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。また、このケースの場合には図-6に示す湾奥の隅での水位変動を見ると、その変動は定常にはなっておらず、長周期的な変動をすることが分かる。したがって、この条件下で正確な波高を算定のは困難である。次に、図-7および図-8は湾奥の壁の前面に消波工を置いた場合の港湾内波高分布を表す。図-7が実測値で図-8が計算値である。これらの図より、わずかの差異はあるが実測値と計算値とは比較的良好に全体のパターンも類似していることが分かる。また、図-9より湾奥の壁の前面での波高分布の実測値と計算値がよく一致していることが分かる。図-10をみると、湾奥の隅の水位変動が一定値に収束しているのが分かり、この条件下で、港湾内の波高分布を算定するのは妥当であると言える。

5. 結言 1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。港湾内での反射率が小さいときには、港湾内の波高値は全般に小さくなると同時に定常になりやすく、計算値と実測値はかなり一致する。しかしながら、港湾内の反射率が大きいと港湾内では多重反射の影響が大きくなるために、容易には定常にならず、波高分布も実測値より大きな値となった。結論として本計算法は港湾内での反射率が小さいときは有効な方法であると言える。

<参考文献>

- 1) 西村, 丸山, 平口 (1983): 直接数値積分による波の解析, 第30回海講論文集, pp. 123-127.
- 2) 渡辺, 丸山 (1984): 屈折, 回折, 砕波減衰を含む波浪場の数値解析法, 第31回海講論文集, pp. 103-107.
- 3) Copeland, G. J. M. (1985): A practical alternative to the "mild-slope" wave equation, Coastal Eng., pp. 125-149.

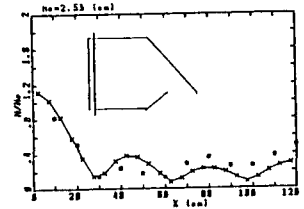


図-5 湾奥壁の前面の波高分布

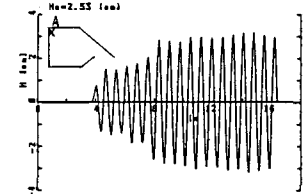


図-6 A点での水位変動

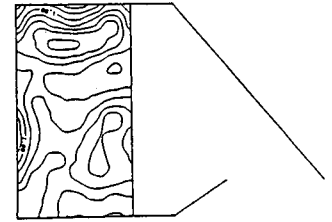


図-7 港湾内波高分布

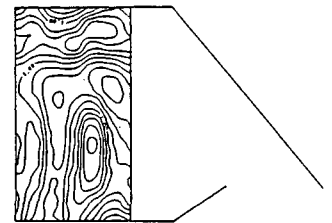


図-8 港湾内波高分布

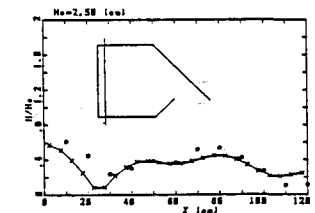


図-9 湾奥壁の前面の波高分布

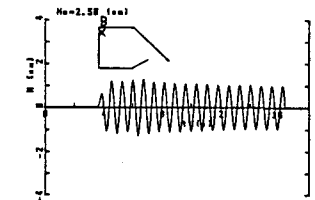


図-10 B点での水位変動