

II-4

潜堤周辺の波浪場の数値計算

日本大学大学院 学 鷲見 浩一

日本大学生産工 正 和田 明

1.はじめに

海岸環境を保全し、海岸の景観を確保することのできる離岸潜堤の施工例が近年増加している。沿岸域に潜堤のような海岸構造物を築造するためには、対象地点に起こり得る波浪場の諸元を正確に推定することが重要である。浅海域における平面波浪場の計算手法については、さまざまな研究が行われている。その1つに渡辺・丸山¹⁾による非定常緩勾配方程式を用いた計算方法がある。これは、波の屈折、回折、反射を同時に取扱うことのできる方法であり、現在提案されている波浪計算モデルの中でも適用範囲が広いことから、本研究では潜堤周辺の波高分布について基本的知見を得るため、非定常緩勾配方程式を用いて数値計算を行った。

2.基礎方程式

静水面を原点として、右手系の直交座標における非定常緩勾配方程式は式(1)ようになる。

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{C^2}{n} \nabla(n\zeta) = 0 \quad \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \nabla \cdot Q = 0 \quad \dots (1)$$

ここに、 ζ は水位、 C は波速、 n は群速度と波速の比であり、線流量ベクトル $Q=(Q_x, Q_y)$ は次式で定義される。

$$Q_x = \int_{-h}^0 u \, dz \quad Q_y = \int_{-h}^0 v \, dz$$

実際の数値計算は、空間差分間隔を $\Delta x, \Delta y$ として、線流量と水位変動の計算点を半格子間隔ずらしたスタaggerドメッシュを用い、計算時間ステップは、時間間隔を Δt として $\Delta t/2$ 時間づつずらして線流量と水位変動を交互に計算する leap-frog 法を採用し、基礎式を離散化して行う。

3.境界条件

非定常緩勾配方程式を用いて、実験水槽あるいは港湾などの海洋の一部を想定して数値計算を行う場合、計算領域周辺の境界条件として谷本・小舟²⁾による任意反射率境界を適用することができる。任意反射率境界は特性曲線法を用いた手法であり、時刻 t における境界上の点 (x_0, y_0) での x 方向の線流量を式(2)で与えている。

$$Q_x^t(x_0, y_0) = A \cdot Q_x^{t-\tau}(x_0 - \Delta x, y_0) \quad \dots (2)$$

$$A = \frac{1 - K_R}{\{1 + K_R^2 - 2K_R \cos(2k\Delta x \cos \alpha_n)\}^{1/2}} \quad \tan \sigma \tau = \frac{1 - K_R}{1 + K_R} \tan(k\Delta x \cos \alpha_n)$$

ここに、 K_R は反射率、 α_n は波が境界法線となす角である。境界上の線流量は、 Δx だけ内側の線流量に無次元係数 A を乗じたものとして求めることができる。図-1は、1次元水路の右側に任意反射率境界があり、左側を造波機として20周期造波したときの計算結果である。図の縦軸は計算点での最大水位 $\zeta_{\max}$ を入射波高 H_1 で除したものであり、横軸は反射壁からの半波長分の計算点の距離 x を波長 L で除したものである。これらの計算から得られた $\zeta_{\max}$ に Healy の方法を適用して、反射率 K_R を逆算するとそれぞれ

キーワード 潜堤、非定常緩勾配方程式、波浪場

連絡先 〒275 千葉県習志野市泉町 1-2-1, TEL0474-74-2420, FAX0474-74-2449

設定どおりの反射率が得られていた。側方境界では任意反射率境界において K_R を0として透過性境界とする。沖側境界では計算領域内部からの反射波を外海に透過させるために式(2)を応用して計算を行う。

4. 計算結果

図-2は、長さ12.0mの水路に $i=1/50$ の海底勾配を設置した状態で、入射波高 $H_I=1.0\text{cm}$ 、周期 $T=1.2\text{s}$ 波向き $\alpha_n=0^\circ$ の作用波浪条件で造波したときの式(1)から得られた浅水係数と理論値の比較したものである。この図から水深が浅くなるほど波高が大きくなることがわかり、計算された浅水係数と理論値はよく一致していることがわかる。

図-3は、 $8.0\text{m} \times 4.0\text{m} \times 30\text{cm}$ の実験水槽を想定して、水槽中央に法面勾配 $s=1/3$ 、天端幅 $B=80.0\text{cm}$ 、堤体高 $d=16.0\text{cm}$ の設計諸元をもつ離岸潜堤を設置したときの波高分布を示している。沖側境界は反射波を透過

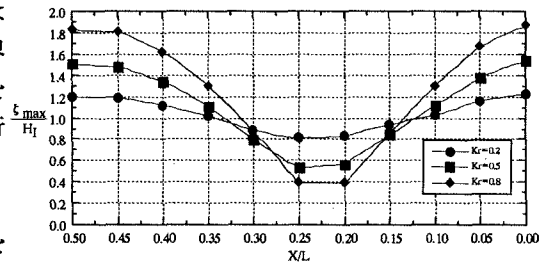


図-1 任意反射率境界壁面前方の波高分布

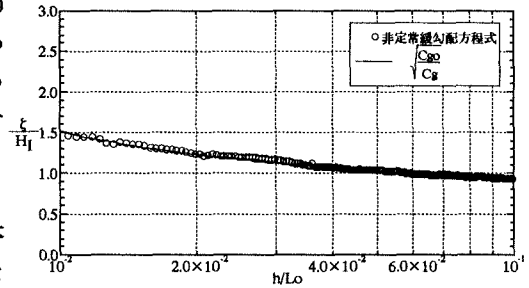


図-2 浅水係数の計算例

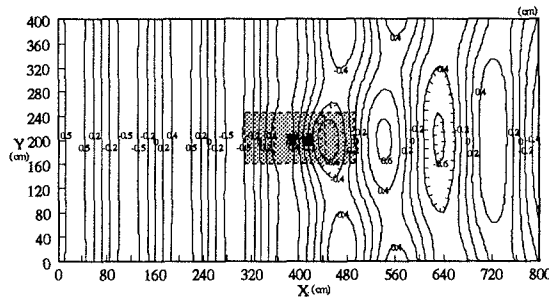


図-3 潜堤周辺での波高分布(波向き 0°)

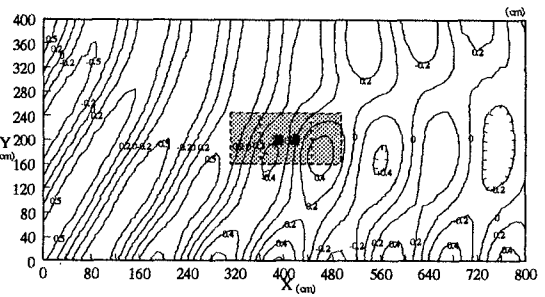


図-4 潜堤周辺での波高分布(波向き 30°)

させる無反射境界とし、岸側境界・側方境界では任意反射率境界において $K_R=0$ とした。作用波浪条件は入射波高 $H_I=1.0\text{cm}$ 、周期 $T=1.2\text{s}$ 波向き $\alpha_n=0^\circ$ とした。計算格子間隔は $\Delta x = \Delta y = L/22$ とし、時間間隔はCFL条件を満たす最大値として $\Delta t = T/40$ とした。この図から、入射波が潜堤天端直後で大きくなり、背後域では減衰していることがわかる。

図-4は図-3と同じ計算領域で、作用波浪条件を入射波高 $H_I=1.0\text{cm}$ 、周期 $T=1.2\text{s}$ 波向き $\alpha_n=30^\circ$ としたとき潜堤周辺での波高分布を示している。この図から潜堤における屈折現象が現れていることがわかる。

5. おわりに

現時点では潜堤を不透過性として、バー型の海底地形とみなして取扱ったが、今後は碎波のモデルを導入し、潜堤を透過性として検討したい。

参考文献

- 1) 渡辺・丸山; 屈折・回折・碎波減衰を含む波浪場の数値計算法, 第31回海講論文集, pp103~107, 1984
- 2) 谷本・小舟; 数値波動解析法による港内波高分布の計算, 第22回海講論文集, pp249~253, 1975