

II-419 海岸変形予測における 1-line モデル計算手法の改良

電力中央研究所 正員 ○丸山 康樹

同 上 正員 鹿島 遼一

1. はじめに

最近では、石炭火力発電所の例のように港湾施設も大規模で周辺海岸への影響範囲も広く、適切な港湾計画が必要とされている。海岸変形予測の1手法として 1-line モデルを採用し、入力波浪計算手法等の問題点も改良した。本論文はその改良点の主なものを報告するものである。

2. caustic (焦線) の処理

波向線が交差する caustic の波高変化を調べるために水理模型実験を実施した。模型縮尺は $1/200$ 、実験ケースは $H_0=4\text{m}$, $T=12\text{sec}$, $\theta_0=0^\circ, 52.3^\circ, -22.5^\circ$ の3ケースで、 $30\text{m} \times 35\text{m}$ の平面水槽を用いた。図-1 は $\theta_0=0^\circ$ の屈折図で、著しい波向線の交差領域が見られる。

筆者らは既に屈折計算手法の改良を行った¹⁾。この手法で波向線上の波高を計算し、砕波臭の検出および砕波後の波高は全田の砕波限界波高を用いた。

$$H_b/L_0 = 0.17 \left\{ 1 - \exp \left[-1.5 \frac{\pi R}{L_0} (1 + 15 \tan^{4/3} \beta) \right] \right\} \quad \text{---- (1)}$$

浅水係数は首藤の式を用いた。水深約 10m , 5m に対応する $Y=1200\text{m}$, 700m 上の計算波高と実験値 ($\theta_0=0^\circ$) との比較も図-2, 3に示す。3ケースともほぼ同様な結果が得られた。図-2 の計算波高変化が激しいのは caustic を通過した多方向の波向線が含まれているためで、実際現象では位相的な合成が行なわれていると考えられるが、ここでは次式の空間的な自乗平均で波高合成を行った。

$$H_p = \left(\frac{1}{W} \int_{x_p - \frac{W}{2}}^{x_p + \frac{W}{2}} H_i^2 dx \right)^{1/2} \quad \text{---- (2)}$$

結果を図-4に示す。この手法で caustic がある場合でも入力波浪を計算することがある程度可能となる。ただし、計算波高レベルが全体的に低く、これは砕波による横方向へのエネルギー遷散を示唆しているものと考えられる。

3. 屈折計算開始点の初期条件の決定

深浅図の制約で浅海から屈折計算を開始する必要がある。通常は広域と狭域の計算に分け、両者を接続する手法を用いるが、煩雑であり接続誤差も大きい。

深浅図の沖側に仮想的な単純斜面を接続することで計算開始点の初期条件を求めることができる。屈折係数はよく知られているように β の2階微分方程式で与えられ、²⁾ 深海条件では、 $\beta=1$, $\frac{d\beta}{ds}=0$ が初期条件となる。

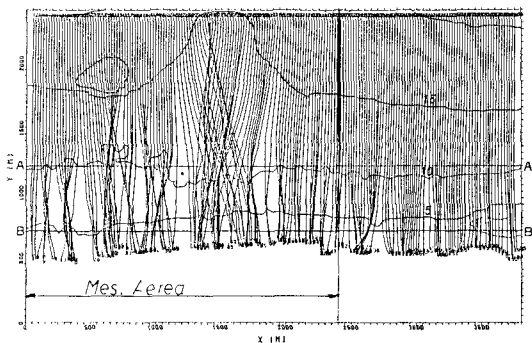


図-1 屈折図 ($H_0=4\text{m}$, $T=12\text{sec}$, $\theta_0=0^\circ$)

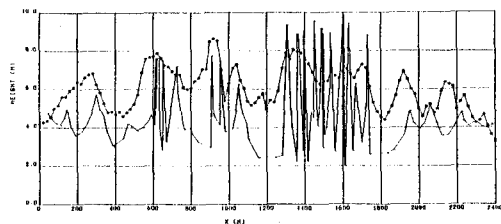


図-2 $Y=1200\text{m}$ (A-A) 上の波高比較 ($\theta_0=0^\circ$)

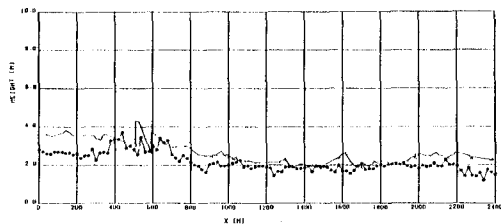


図-3 $Y=700\text{m}$ (B-B) 上の波高比較 ($\theta_0=0^\circ$)

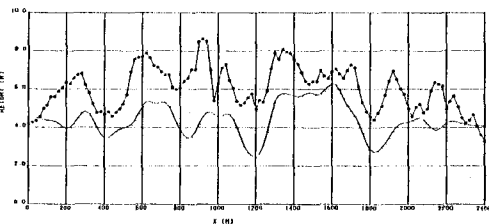


図-4 自乗平均後の波高と実験値の比較

接続斜面の等深線方向を与えれば、沖波入射角 θ_0 (等深線と波峰線のなす角) を Snell の法則で計算開始点の θ_1 に変換することは容易である。したがって、 $\beta = \cos \theta_1 / \cos \theta_0$ ---- (3) $\frac{dB}{dS} = \frac{dB}{d\theta} \frac{d\theta}{dS} = \frac{dB}{d\theta} \frac{d\theta}{dS} = -\frac{\sin \theta_1}{\cos \theta_0} \frac{1}{C_1}$ $\frac{\partial C_1}{\partial S} \sin A_1 - \frac{\partial C_1}{\partial \theta} \cos A_1$ ---- (4) と初期条件が得られる。 A_1 は θ_1 の x 座標に対する角度で、 C_1 は波速である。

沖側の水深変化が緩い場合には (3), (4) 式の初期条件は妥当な結果を与え、計算の煩雑さがかなり軽減される。

4. 防波堤遮蔽領域の回折・屈折計算法

水深変化のある防波堤遮蔽領域の波高 H は屈折 (K_r)、浅水変形 (K_s) を考慮し、入射波高 H_i から、

$$H = H_i \cdot K_{ds} \cdot K_r \cdot K_s \text{ ---- (5) } K_{ds}: \text{接続半径上の回折係数}$$

と表現する例が多いが、 K_r の初期条件は従来、曖昧であった。水深一様の極限条件で (5) 式は以下の関係式を満足する必要がある。

$$H_i \cdot K_{ds} \cdot K_r \cdot K_s = H_i \cdot K_d \cdot K_s \text{ よって、 } K_r = K_d / K_{ds} = K_d^* \text{ ---- (6) }$$

水深が一様であれば β 即ち、 K_r は解析的に解けて次式となる。

$$\beta = (K_0 S + 1) \text{ ---- (7) } \text{したがって、 } K_r = (\beta)^{\frac{1}{2}} \text{ ---- (8) }$$

初期条件は (7) 式から、 $\beta = 1$, $\frac{d\beta}{dS} = K_0$ ($S=0$) ---- (9) とする。

一方、図-5 から、 $\frac{d\theta}{dS} L_0 \Delta S = \frac{d\theta}{dS} \Delta S$ ---- (10) が成立し、 $\frac{d\beta}{dS} = \frac{1}{L_0} \frac{dL_0}{dS}$ $= \frac{d\theta}{dS}$ ---- (11) となるから K_0 は曲率であることがわかる。

接続半径 L_s を $3L$ (L : 波長) とすれば、 $K_0 = 1/3L$ となり (8) 式から K_r が求まる。 θ を $10^\circ \sim 80^\circ$ ($\Delta \theta = 10^\circ$) に変化させた場合の半無限堤回折解から得られる K_d^* (直角入射) と K_r を比較した結果を図-6 に示す。 θ が大きくなると両者の誤差が大きいの。そこで、接続点の K_d^* の θ 方向勾配 ($-P$) と (8) 式の K_r の勾配が等しいと置けば、 $K_0 = 2P$ ---- (12) が得られる。したがって、 (9) 式のかわりに、 $\beta = 1$, $\frac{d\beta}{dS} = 2P$ ---- (13) とすればよい。この初期条件を用いて (8) 式から計算した K_r と K_d^* の比較を図-7 に示すが、両者の対応は良く、 (6) 式の関係がほぼ成立し、より合理的な接続が可能となる。

5. おわりに

以上は入力波浪計算手法の改良を主に述べたもので、1-line モデル自体には計算時間の短縮から西村らの implicit-scheme を採用している。図-8 は計算区間を任意に設定するため、側方境界漂砂量を内点から外挿する方法を検討した結果で、2次外挿ではほぼ妥当な結果を与えることがわかる。この他に、護岸の処理等の改良を実施しているが、その精度等については水理模型実験等により検討を行い別の機会に報告したい。なお、数値計算には開発計算センターの定森良夫氏の協力を得たことを付記する。

6. 参考文献

- 1) 丸山 廣吉: 屈折計算法における水深補間法の検討, 才35回年譜 (1980).
- 2) 井島武土: 海岸工学, 朝倉土木工学講座 19 (1970).
- 3) 西村仁嗣ほか, NERC, Report No. 10, March, 1980.

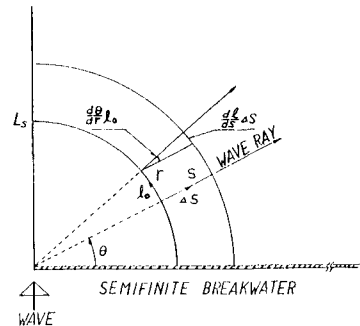


図-5 防波堤遮蔽領域の波向線と接続半径 L_s の関係

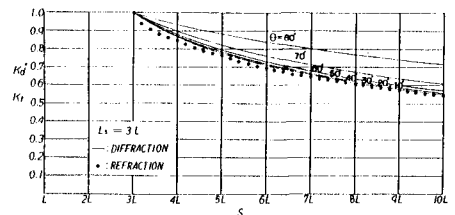


図-6 半無限堤回折解 K_d^* と K_r (初期条件(9)式)

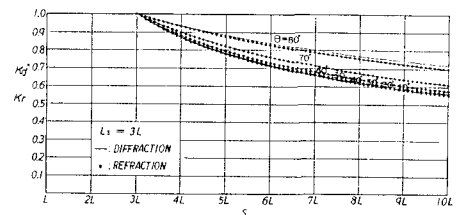


図-7 半無限堤回折角 K_d^* と K_r (初期条件(13)式)

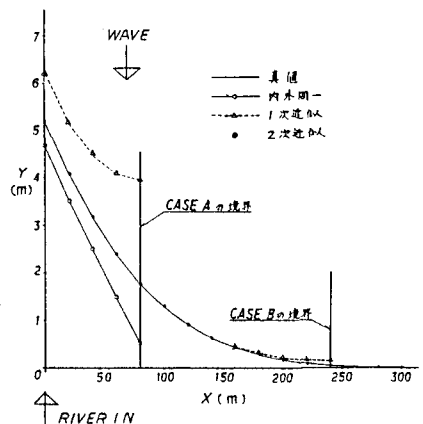


図-8 1-line モデル境界漂砂量の近似法から汀線変化に与える影響の検討