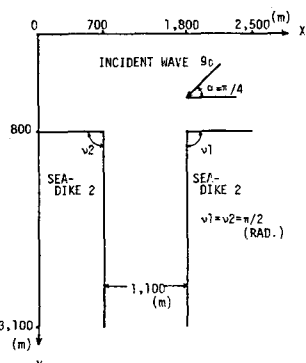


徳島大学工学部 正会員 三井 宏
 徳島大学工学部 〇学生員 加藤 憲一
 不動産建設 横崎 照将

1. 研究目的

従来、波の変形の中で特に回折、散乱の問題を取り扱った研究が多くなされており、数値解法として数値波動解析法¹⁾やグリーン関数法²⁾があるが、これらは広域な海域を対象とすると長時間の計算処理と莫大な記憶容量を必要とする欠点を持っている。それに対して、最近³⁾は放物型方程式や近似解による方法が用いられている。本研究は、屈折、回折、反射を考慮に入れた(海底摩擦を考慮することも可能)波向線法による解法で、屈折を計算法に取り入れているが、検証のため一様水深としている。なお、検証モデルは図-1に示しており、入射波の諸元は入射角 45° 、周期 10.0sec で数値計算を行い、単純隅角の波の厳密解の重ね合わせによる計算結果と比較検討する。



2. 厳密解の重ね合わせ

90° 交角の単純隅角部に入射角 α 、振幅

1で入射する波 g_0 は

$$g_0 = \exp\{i\rho \cdot \cos(\theta - \alpha)\} \quad (1)$$

で表わされ、この隅角部周辺の波の厳密解は、

$$f_1 = \frac{4}{3} \cdot J_0(\rho) + \frac{8}{3} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \exp i n \pi / 3 \cdot J_{2n/3}(\rho) \cdot \cos(2n\pi/3 \cdot \alpha) \cdot \cos(2n\pi/3 \cdot \theta) \quad (2)$$

で示される。さらに、この式を従来の厳密解の波の重ね合わせ⁴⁾の手法を応用し、3回反射まで考慮した図2のような鏡像の理論モデルを用いて隅角部DCE周辺の波の解 f_2 を求めると、 $\ell \cos \alpha$ だけ位相が異なるので次式のように表わせる。

$$f_2 = \left\{ \frac{4}{3} \cdot J_0(\rho) + \frac{8}{3} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \exp i n \pi / 3 \cdot J_{2n/3}(\rho) \cdot \cos(2n\pi/3 \cdot \alpha) \cdot \cos(2n\pi/3 \cdot \theta) \right\} \cdot \exp(-i\ell \cos \alpha) \quad (3)$$

同様に、 $f_3 \sim f_6$ を求め、例えば右岸側OB側の回折領域での波の重ね合わせは次のようになる。

$$0 \leq \rho \leq 2\ell \cos \alpha$$

$$f = \sum_{n=1}^3 f_n - 2 \cdot \exp\{i\rho_3 \cdot \cos(\theta_3 - \alpha_3)\} - \exp\{i\rho_7 \cdot \cos(\theta_7 - \alpha_7)\} - 2 \cdot \exp\{i\rho_2 \cdot \cos(\theta_2 - \alpha_2)\} - i\ell \cos \alpha - 2 \cdot \exp\{i\rho_6 \cdot \cos(\theta_6 - \alpha_6)\} - i\ell \cos \alpha \quad (4)$$

3. 波向線法および修正近似解を用いる推算法

この方法は回折計算を屈折計算に転換したものであり、点源の位置を仮想的にずらす補正方法を導入して入射、回折境界線付近の遷移領域内での精度の向上をはかった。厳密解と同様な式(1)で示される波が入射した場合、散乱波 η の修正近似解は次式となる。

$$\eta = -\frac{\chi}{2} \exp(-i\ell r) \left[\frac{1 \pm (\delta_1 \beta_1, \delta_2 \beta_2)(\chi/2)B/\sin^2\{\pi^2/(2\pi - \nu)\}}{A + B \pm (\delta_1 \beta_1, \delta_2 \beta_2) \varepsilon \chi} + \frac{1 \pm (\delta_2 \beta_2, \delta_4 \beta_4)(\chi/2)B/\sin^2\{\pi^2/(2\pi - \nu)\}}{A' + B \pm (\delta_2 \beta_2, \delta_4 \beta_4) \varepsilon \chi} \right] \quad (5)$$

すなわち、 $A = \cos\{\pi(\theta + \alpha)/(2\pi - \nu)\}$ 、 $A' = \cos\{\pi(\theta - \alpha)/(2\pi - \nu)\}$ 、 $B = -\cos\{\pi^2/(2\pi - \nu)\}$ 、

$X = \{ \exp(-i\pi/4) / \sqrt{2\pi R} \} \{ 2\pi / (2\pi - \nu) \} \cdot \sin \{ \pi / (2\pi - \nu) \}$, $\beta_N = 1 - |\theta - \theta_N| / \theta'$ ($N = 1, 2, 3, 4$),
 $\theta' = \cos^{-1} \{ 1 - 3\pi / (4R) \}$ ($R \leq 3\pi/8$, $0 < \theta' \leq \pi$) であり、複号や α_N の選択法は参考文献6)と同様である。

遷移領域外部の波峰線は堤先端を中心とする円弧となっているが、領域内では波峰線の曲率はより小さく、なっていて、点源が沖側へずれていると仮定し、そのずれは堤先端より15および20波長の地点の式(5)で求めた回折係数 K_1, K_2 より、次式を用いて表わすことができる。

$$r_0/L = \{ (K_1^2 \cdot r_1/L - K_2^2 \cdot r_2/L) / (K_1^2 - K_2^2) \} \quad (6)$$

実際に屈折と回折が同時に起る場合の波高分布を求めるには、まず15波長の地点の波高を基準地点の波高(堤先端より1波長の地点の波高)に換算して、1波長以内は回折が、その地点を越えると屈折が卓越すると仮定して基準地点より屈折計算を行う。さらに、求めた波の解を入射波 $g_0 = A \cdot e^{i(Rt)}$, 散乱波 $\chi_1 = B \cdot e^{i(Rt + \varepsilon_1 + \sigma_1)}$, $\chi_2 = C \cdot e^{i(Rt + \varepsilon_2 + \sigma_2)}$, $\chi_3 = D \cdot e^{i(Rt + \varepsilon_3 + \sigma_3)}$, $\chi_4 = F \cdot e^{i(Rt + \varepsilon_4 + \sigma_4)}$, $\chi_5 = G \cdot e^{i(Rt + \varepsilon_5 + \sigma_5)}$ とすると、合成波の振幅は初期位相差と到達時間差によって算出した位相差 E を考慮して、

$$|f| = (A^2 + B^2 + C^2 + D^2 + F^2 + G^2 + 2 \cdot A \cdot B \cdot \cos E_1 + 2 \cdot A \cdot C \cdot \cos E_2 + 2 \cdot A \cdot D \cdot \cos E_3 + 2 \cdot A \cdot F \cdot \cos E_4 + 2 \cdot A \cdot G \cdot \cos E_5 + 2 \cdot B \cdot C \cdot \cos E_6 + 2 \cdot B \cdot D \cdot \cos E_7 + 2 \cdot B \cdot F \cdot \cos E_8 + 2 \cdot B \cdot G \cdot \cos E_9 + 2 \cdot C \cdot D \cdot \cos E_{10} + 2 \cdot C \cdot F \cdot \cos E_{11} + 2 \cdot C \cdot G \cdot \cos E_{12} + 2 \cdot D \cdot F \cdot \cos E_{13} + 2 \cdot D \cdot G \cdot \cos E_{14} + 2 \cdot F \cdot G \cdot \cos E_{15})^{1/2} \quad (7)$$

と表わすことができる。

4. 計算結果および考察

以上の方法で計算した結果を図3に示す。この図より考察すると、全体的には両方の計算結果は非常によく一致している、波向線法による推算法は有効であると言える。ただし、 $r/L \geq 30.0$ では右岸側では波高比で0.2~0.3程度、修正近似解の値の方が厳密解の値を上回っており、左岸側では逆に厳密解の値を下回っている。この原因としては、前述のように基準地点の波高を求めるのに15波長の地点の波高から換算したが、 r/L が大きくなるにつれて波高比そのものに誤差が生じてくると考えられる。また、

$r/L = 15.0, 30.0$ 付近では修正近似解の値が不連続の値

となっている。修正近似解は各境界線で π だけずれることが従来の研究でわかっており、初期位相差、到達時間差など内挿法で計算しているため、この付近では非常に精度よく計算しなければならない。

〈参考文献〉 1) 伊藤喜行・谷本勝利: 数値波動解析法とその応用 - 構造物周辺の波 -, 第18回海岸工学講演会講演集, 1971, PP. 67~70. 2) Barailler, L. et P. Gaillard: Évolution Récente des Modèles Mathématiques d'agitation due a la Houle. Calcul de la Diffraction en Profondeur non Uniforme, La Houille Blanche, Vol. 22, No. 8, PP. 861~869. 3) 橋本 宏: 放物型方程式による屈折・回折の数値計算, 第29回海岸工学講演会講演集, 1982, PP. 115~119. 4) 三井 宏・川崎俊太: 海岸構造物不連続部の波高分布について(第3報), 第15回海岸工学講演会講演集, 1968, PP. 41~49. 5) 三井 宏・宮本佳明: 屈折と2次回折を考慮した大規模海岸構造物周辺の波高分布予測手法, 第29回海岸工学講演会講演集, 1982, PP. 105~109. 6) 三井 宏・越智 裕・川村勲二: 単純隅角周辺における波の近似解とその応用, 第25回海岸工学講演会講演集, 1978, PP. 94~97. 7) 三井 宏: 沿岸の開発・保全と環境アセスメント - 沿岸構造物からの反射波問題とその対策 -, 土木学会関西支部, 昭和53年講習会テキスト, 1978, PP. 57~69.

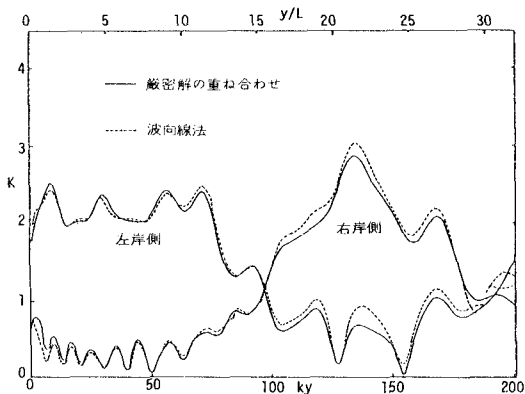


図-3 河道に沿う波高分布