

幅の広い河道内の波高分布推算法

徳島大学工学部 正 員 三井 宏

徳島大学工学部 正 員 加藤 憲一

徳島大学大学院 学生員 ○森 健

1. まえがき 河口付近の河川堤防や河道地形は一般に複雑な形状を持っており、これらに対する設計波を推算することは困難な仕事になっている。そこで、本研究では、大河川の河口付近を対象とした波向線法を基礎とした波高分布推算法を発展させることを目的として、従来より提案されている屈折、堤壁面での反射および河口隅角部で発生する回折・散乱波により波高分布を求める数値計算法を改良し、任意の反射率および海底摩擦による波高減衰を付加した数値計算プログラムを作成する。さらに、模型実験を行って河道内壁面に沿う波高分布を測定し、実験結果と数値計算結果とを比較する。

2. 実験装置および方法 本実験で使用した水槽は、長さ30m、幅15m、深さ0.6mの平面水槽である。水平部水深は0.3mとし、鉛直模型堤堤は図-1に示すように幅が4mの河道の中心軸と造波板とのなす角が 60° となるように設置した。実験の諸元を表-1に示す。図-1に示すようにX、Y座標をとり、 $X=4$ m、 $Y=0$ mからY方向に、すなわち左岸側壁面に沿って12mまで、右岸側は $X=8$ m、 $Y=0$ mからY方向に12mまで0.25m間隔で壁面沿いの波高を測定した。

3. 数値計算 数値計算においては、河道内の波を幾何光学的波と回折・散乱波に分け別々に屈折計算して重ね合わせる方法を用いる。隅角周辺の回折・散乱波の解は以下に述べる修正近似解を採用した。図-2に示すような一様水深における交角 ν の凸隅角に、時間因子 $\exp(i\sigma t)$ を省略した平面波

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

が α の角度で入射してくる場合、散乱波 χ の修正近似解は次式となる。

$$\chi = -(X/2) \exp(-ikr) \times \left[\frac{1 \pm (\delta_1 \beta_1, \delta_3 \beta_3)(X/2) B / \sin^2\{\pi^2 / (2\pi - \nu)\}}{A + B \pm (\delta_1 \beta_1, \delta_3 \beta_3) \varepsilon X} + \frac{1 \pm (\delta_2 \beta_2, \delta_4 \beta_4)(X/2) B / \sin^2\{\pi^2 / (2\pi - \nu)\}}{A' + B \pm (\delta_2 \beta_2, \delta_4 \beta_4) \varepsilon X} \right] \quad (2)$$

ここに、 $A = \cos\{\pi(\theta + \alpha) / (2\pi - \nu)\}$

$$A' = \cos\{\pi(\theta - \alpha) / (2\pi - \nu)\}$$

$$B = -\cos\{\pi^2 / (2\pi - \nu)\}$$

$$X = \{\exp(-i\pi/4) / \sqrt{2\pi kr}\} \{2\pi / (2\pi - \nu)\} \times \sin^2\{\pi / (2\pi - \nu)\}$$

$$\beta_N = 1 - |\theta - \gamma_N| / \theta' \quad (N=1, 2, 3, 4)$$

$$\theta' = \cos^{-1}\{1 - 3\pi / (4kr)\} \quad (kr \leq 3\pi/8, 0 < \theta' \leq \pi) \quad \text{図-2 隅角モデル}$$

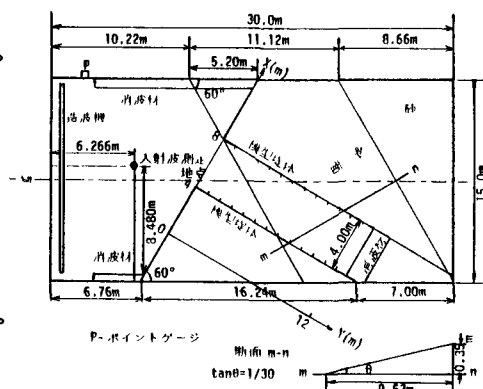
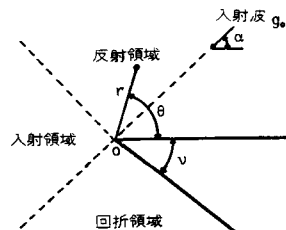


図-1 実験水槽平面図

表-1 実験波の諸元

CASE	周期 T(sec)	反射率 (左岸堤)	入射波高 H(cm)	波形勾配 H/L	換算波高 Hó(cm)
1	0.70	1.00	6.72	0.089	6.72
2	0.80	1.00	6.14	0.064	6.47
3	0.70	0.35	6.72	0.089	6.72
4	0.80	0.38	6.14	0.064	6.47



複号や δ_n の選択法は参考文献1)と同様である。

入射・回折および入射・反射の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、遷移領域内部では波峰線の曲率はそれより小さくなっている。そこで入射・回折境界線付近の遷移領域内での精度の向上をはかるために、点源の位置を仮想的にずらす補正方法を導入する。これによると、点源のずれ r'_0/L は堤先端より1.5および2.0波長の地点(それぞれ r_1 および r_2)の(2)式で求めた回折係数 K_1 , K_2 より次式のように表わされる。

$$r'_0/L = \{ (K_2^2 \cdot r_2/L - K_1^2 \cdot r_1/L) / (K_1^2 - K_2^2) \} \quad (3)$$

水深が一定でなく、回折と屈折が同時に起こる場合には、点源から1.5波長離れた地点の波高を(2)式より求めこれを隅角点から1波長の地点の波高に換算し、これを基準点波高として、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点波高を基礎に屈折計算を行う。この際、任意の反射率を計算プログラム上で入力することができる。

海底摩擦による波高変化は、次に示すBretschneiderの波高減衰係数より求める。

$$K_f = \frac{H_2}{H_1} = \left[1 + \frac{64\pi^3}{3g^2} \frac{f H_1 \cdot \Delta x}{h^3} \left(\frac{h}{T^2} \right)^2 \frac{K_s^2}{\sinh^3 k h} \right]^{-1} \quad (4)$$

ここに、 K_s は浅水係数、 H_1 は入射波高、 H_2 は Δx の距離を伝播したあとの波高である。

4. 実験結果と数値計算結果との比較

図-3および4は屈折、回折、反射および海底摩擦を考慮に入れた波向線法を基礎とする数値計算および実験による波高分布の一部である。縦軸は水槽水平部の入射波高に対する波高比、横軸は図-1に示すY座標である。図中の実線および破線はそれぞれ左岸および右岸の数値計算結果である。また、黒点および白点はそれぞれ左岸および右岸の実験結果で、これらの点に直交する鉛直線分は測定波高の最大値および最小値を示す。数値計算には、いずれも海底摩擦係数 f を層流境界層理論により

$$f = 2.08 \text{ Ret}^{-0.5} \quad (\text{Ret}; \text{波のレイノルズ数})$$

で与えている。これによれば、波高減衰係数 K_f が大きい河道奥でも入射波の K_f は0.983である。したがって、この実験では海底摩擦による波高減衰はほとんどないと考えてよい。図-3および4より、河道奥を除けば数値計算結果は実験値と比較的よく一致している。

このように河道奥において両者の一致がみられなかった理由は、河道奥からの反射波によるものと考えられる。左岸に設置した消波工は河道に侵入した幾何光学的波の減衰に役立っていることが図-3および4より明らかである。すなわち、完全反射の場合の図-3では、右岸で反射した波が左岸に当たって河道奥の左岸壁面で極大波高を発生しているのに対し、消波工を左岸に設置した図-4においては、河道奥左岸壁面での極大波高が非常に減少しているからである。

5. あとがき この研究は文部省災害特別研究(研究代表 尾島勝 徳島大学助教授)によるものであることを付記して謝意を表する。

《参考文献》 1) 三井 宏・越智 裕・河村 勇二: 単純隅角周辺における近似解とその応用, 第25回海岸工学講演会講演集, 1978, pp. 94~97.