

II-339 透過潜堤上の波浪変形に対する放物型方程式モデル

J R 西日本 正会員 金岡裕之
 東京大学 正会員 磯部雅彦
 東京大学 正会員 渡辺 晃

1. 序 論

近年、種々の波浪制御構造物が実用に供されようとしている。その中に、人工リーフや大規模潜堤と呼ばれるものに代表される透過潜堤が含まれる。透過潜堤による波浪変形解析に対しては、Rojanakamthornら(1989)によって透過層上の緩勾配方程式が導かれている。しかし、この式は楕円型偏微分方程式であるため、数値計算を行うには、大きな記憶容量と長い計算時間を要する。

本研究では、緩勾配斜面上の透過性構造物周辺の波浪場解析を簡便に行うことを目的として、透過層上の緩勾配方程式を近似して放物型偏微分方程式を導いた。そして、この式に砕波減衰項を含めて数値計算した結果を、平面水槽を用いて行なった実験結果と比較することによりその適用性を調べた。

2. 放物型方程式モデル

透過層上の緩勾配方程式は式(1)で表される(Rojanakamthornら, 1989)。

$$\frac{\partial}{\partial x}(\alpha \frac{\partial \hat{\eta}}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(\alpha \frac{\partial \hat{\eta}}{\partial y}) + k^2 \alpha \hat{\eta} = 0 \quad (1)$$

ここに、 x および y は水平面上の座標を表し、 x が波の進行方向(岸沖方向)、 y はそれと直角な方向、 $\hat{\eta}$ は水面変動の複素振幅、 k は複素波数、 α は水深と透過層の厚さに依存する複素数である。この式は既に1次元での適用性が確認されている。ここで、反射波成分は小さいとみなし、式(1)からRadder(1979)の方法により放物型偏微分方程式を導くと式(2)となる。

$$\frac{\partial \hat{\eta}}{\partial x} = \left[ik - \frac{1}{2k\alpha} \frac{\partial(k\alpha)}{\partial x} + \frac{i}{2k\alpha} \frac{\partial}{\partial y}(\alpha \frac{\partial}{\partial y}) \right] \hat{\eta} \quad (2)$$

ここに、 i は虚数単位である。さらに、エネルギー減衰を表わす項を加えることにより式(3)となる。

$$\frac{\partial \hat{\eta}}{\partial x} = \left[ik - \frac{1}{2k\alpha} \frac{\partial(k\alpha)}{\partial x} + \frac{i}{2k\alpha} \frac{\partial}{\partial y}(\alpha \frac{\partial}{\partial y}) - \frac{\sigma}{2k\alpha} f_1 \right] \hat{\eta} \quad (3)$$

ここに、 σ は波の角周波数である。式(3)中の f_1 は、従来から用いてきた砕波減衰モデル(磯部, 1986; Dibajnia・渡辺, 1987; 磯部ら, 1988)によって評価する。すなわち、

$$f_1 = f_D' \frac{\alpha k_r}{\sigma c_g} \quad (4) \quad f_D = -\frac{5}{2} \sqrt{\frac{g}{h'}} \sqrt{\frac{\gamma - \gamma_r}{\gamma_s - \gamma_r}} \cdot s_1 \quad (5)$$

$$\gamma_r = 0.4 \gamma_B \quad (6) \quad \gamma_s = 0.4 \times (0.57 + 5.3 s_2) \quad (7)$$

となる。ここに、 g は重力加速度、 C_g は群速度、 $s_1 \cdot s_2$ は海底勾配、 h' は透水層中の水を加えた有効水深、 k_r は波数 k の実数部、 γ は流速波速比、 γ_B は砕波点での流速波速比である。

砕波点の決定は、各点の流速波速比を、渡辺ら(1983)によって整理された砕波限界値と比較することにより行う。この指標は、微小振幅波理論と組み合わせた場合に、合田による砕波指標と同じ砕波水深を与えるように決められたものであり、近似式によって表現すると次のようになる。

$$\gamma_B = \left(\frac{u}{c} \right)_B = 0.53 - 0.3 \exp(-3\sqrt{d_B/L_0}) + 5s_3^{3/2} \exp(-45(\sqrt{d_B/L_0} - 0.1)^2) \quad (8)$$

ここに、 h_B は砕波点での有効水深、 L は深海波長、および s_3 は海底勾配である。

数値計算にあたっては、式(3)にCrank-Nicholson法を適用し、 y 方向についての多元連立方程式を x 方向

に逐次解くことにより行う。境界条件は実験水槽を念頭に置き、両端において

$$\frac{\partial \hat{\eta}}{\partial y} = 0 \quad (9)$$

とする。

3. 結果

長さ6m×幅3m×深さ0.3mの水槽に、粒径を5mm以上10mm以下に揃えた砂利で透過潜堤を製作して実験を行った。そこで得られた結果と計算結果を、水面変動のrms値について比較したものが、図-1(a)および(b)であり、それぞれ非碎波および碎波の場合である。透過潜堤より前の、0mから1mにかけての部分で、実験結果は反射波の影響で変動するが、計算結果では反射波を無視しているので一定値となる。

図-1(a)に示した非碎波の場合の結果を見ると、両者の一致は良好である。水槽の端に近い部分では差が見られるが、これは側壁における沿い波が関係すると思われる。

図-1(b)に示した碎波の場合には、測線①～③で実測値との差が大きい場所がある。これには、非線形性により波形が正弦波からずれることなどが関係していると考えられる。

4. 結論および今後の課題

透過層上の緩勾配方程式を近似した放物型方程式を導き、数値計算が簡便に行えるようにした。非碎波の場合、計算値と実測値との一致は良好であった。碎波する場合は両者の差が場所によって大きく、今後碎波減衰項の評価や非線形性の影響等についてさらに調べる必要がある。

参考文献

- 1) Dibaia, M.・渡辺晃(1987): 34回海講, pp.291-295.
- 2) Radder, A.C.(1979): J. Fluid Mech., Vol.95, pp.159-176.
- 3) Rojanakamthorn, S.・磯部雅彦・渡辺晃(1989): 36回海講, pp.643-647.
- 4) 磯部雅彦(1986): 33回海講, pp.134-138.
- 5) 磯部雅彦・柴田洋三・泉宮尊司・渡辺晃(1988): 35回海講, pp.192-196.
- 6) 渡辺晃・原哲・堀川清司(1983): 30回海講, pp.5-9.

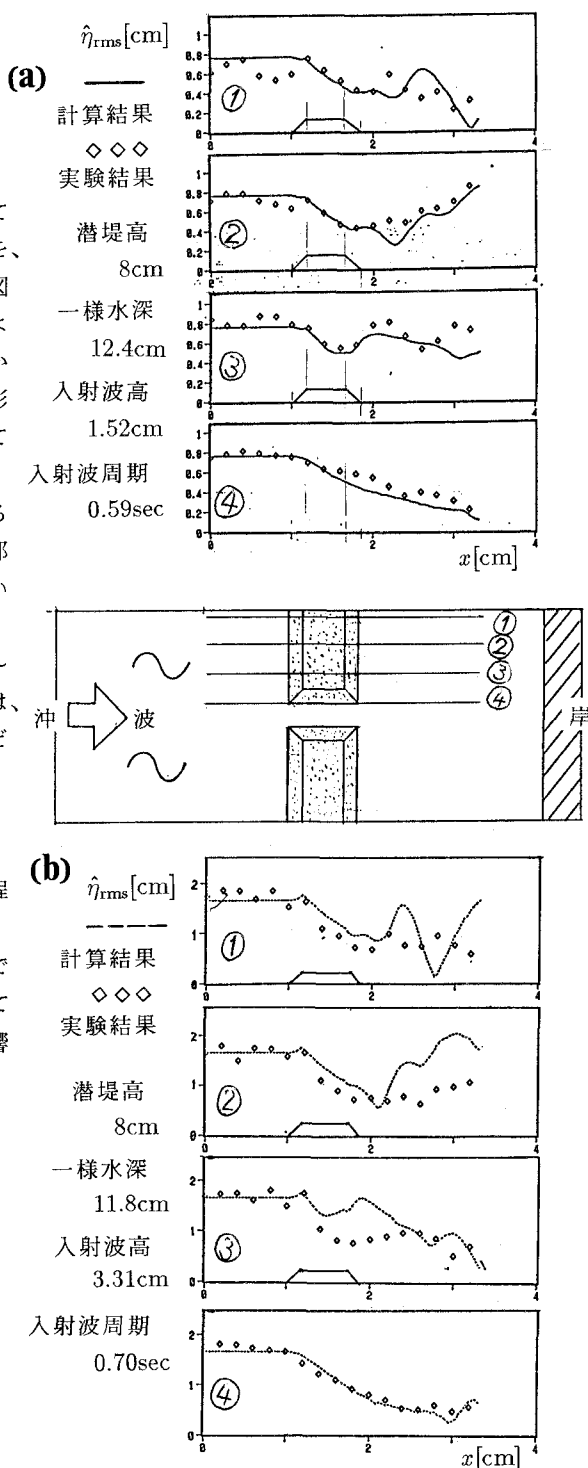


図-1 水面変動のrms値の計算と実測値との比較