

横浜国立大学工学研究科 学生員 杉浦 淳  
 横浜国立大学工学部 正会員 泉宮 尊司  
 横浜国立大学工学部 正会員 磯部 雅彦

1. はじめに 波の屈折および回折による変形を計算する方法としては、Berkhoff (1972) によって提案された mild slope equation の数値解を求める方法がある。しかしこの方程式は、楕円型方程式であるために数値的に解くのは容易ではない。そこで本研究では、mild slope equation を放物型方程式に近似した Radder (1979) の方法を用いることにした。放物型方程式を突堤群に対して適用できるように、境界条件を組み入れている。放物型方程式の精度を確認するために、一様水深に限定し、半無限堤の場合の Sommerfeld の厳密解との比較をした。また平面水槽を用いて実験を行い、数値計算結果と比較し本計算法の適用性について検討した。

2. 数値計算の方法 複素振幅ポテンシャル  $\psi$  を

$$\psi = \psi \exp[i k_0 x] / (c c_g)^{1/2} \quad (1)$$

とおくと、mild slope equation は次のように近似される (Radder)。

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + 2 i k_0 n \frac{\partial \psi}{\partial x} + f \psi = 0 \quad (2)$$

$$n = x / l_0, \quad f = k_0^2 n \left[ 2(n-1) + \frac{i}{k_0} \frac{\partial k_0(n)}{\partial x} \right]$$

ここに、 $i$  は虚数単位、 $c$  は波速、 $k_0$  は波数、 $l_0$  は入射位置における波数である。式 (2) の数値解を荷重平均差分近似法により求めた。差分式に重し  $w$  を組み込んでおき、通常は  $w = 1/2$  とおくことにより Crank-Nicolson 法を採用するが領域が増加する場合には  $w = 0$  とおき完全陰差分法を用いた。また図-1 に示すような直交座標系に対して境界が斜めに構切る場合、次のような完全反射条件を用いた。速度ポテンシャルを  $\psi$ 、境界に対する単位法線ベクトルを  $n$  とすると境界条件は、

$$\frac{\partial \psi}{\partial n} = 0 \quad (3)$$

となる。 $\psi$  と  $\psi$  の関係を式 (3) に代入し  $\cos \alpha \frac{\partial \psi}{\partial x}$  の絶対値は小さいものとして無視すると

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} \sin \alpha + i k_0 \psi \cos \alpha = 0 \quad (4)$$

を得る。式 (4) を領域の変化に応じて完全陰差分法あるいは、Crank-Nicolson 法を用いて差分化した。

3. Sommerfeld の厳密解との比較 放物型方程式の数値解の精度を調べるために、水深一定の場合の半無限堤に対する Sommerfeld の解と比較を行った。図-2 (a) および (b) に示されているように、回折領域での波高の分布はよく一致しているが、反射領域においては突堤の傾きが増すに

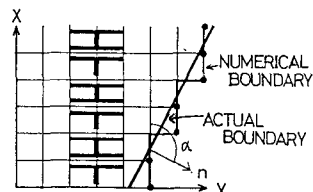


図-1 境界条件ならびに差分近似法

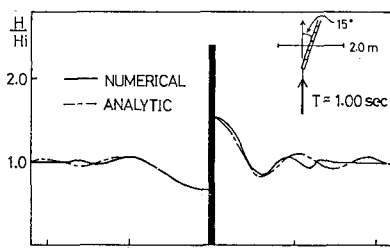


図-2(a) 厳密解と数値解との比較 (m)

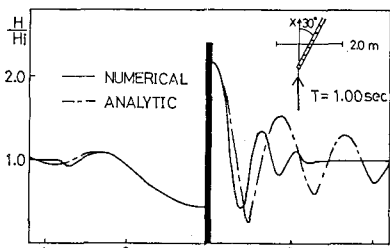


図-2(b) 厳密解と数値解との比較 (m)

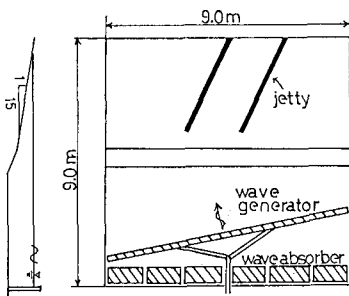


図-3 実験装置の概要

つれて放物型近似の精度の低下に起因する波高分布のずれが発生している。

4. 実験方法 図-3に示すような平面水槽を用いて実験を行った。斜面勾配が1/15の地形に突堤群、球面浅瀬を設置し、容量式波高計4台を用いて波高の分布を測定した。1コースにつき500~1000点、10~20cmの間隔で測定を行った。

5. 実験結果と計算値との比較 実測値と計算値の波高分布の比較を図-4, 5, 6に示す。球面浅瀬に対しての波高の分布はよく一致している。また突堤群においてもある程度波高の分布が一致する結果が得られた。実験結果では数値解に比べて滑らかな波高分布が得られたが、この要因には実験値には碎波領域も含まれていることや突堤の振動による反射波の位相のずれが発生したことなどが考えられる。

6. 結論 Radder法による放物型方程式は、突堤群の存在する領域における屈折・回折計算に対して突堤の傾きが小さい場合には妥当な結果を得ることができるとわかった。

- 参考文献 1) Radder, A. C. : J. Fluid Mech. Vol 95, part 1 pp. 159-176 (1979)  
 2) Tsay, T. K and P. L-F Liu : J. Geophys. Res Vol. 87 pp. 7932-7940 (1982)  
 3) 橋本 宏 : 放物型方程式による屈折・回折の数値計算, 第29回海溝論文集 pp. 115-119 (1982)

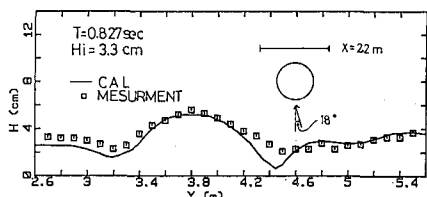


図-4(a) 球面浅瀬の場合の  
計算値と実験値との比較

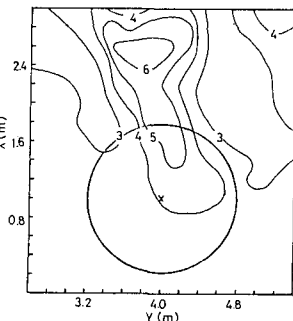


図-4(b) 波高分布(実験値)

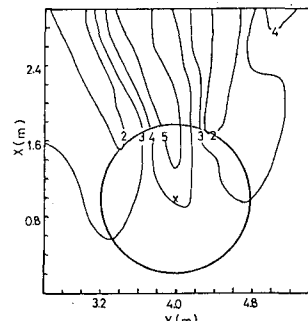


図-4(c) 波高分布(計算値)

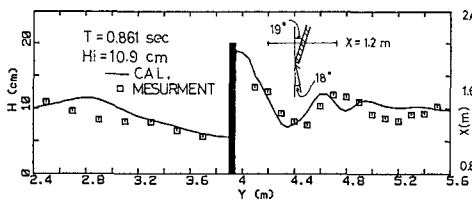


図-5(a) 斜め突堤(1本)の場合の  
計算値と実験値との比較

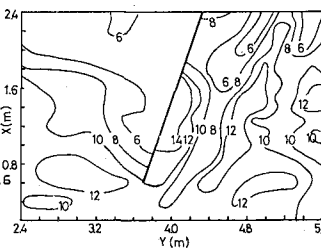


図-5(b) 波高分布(実験値)

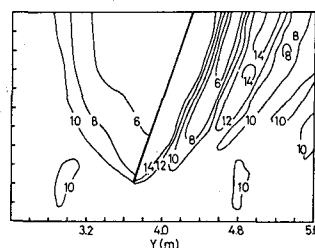


図-5(c) 波高分布(計算値)

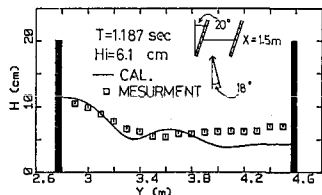


図-6(a) 斜め突堤(2本)の場合の  
計算値と実験値との比較

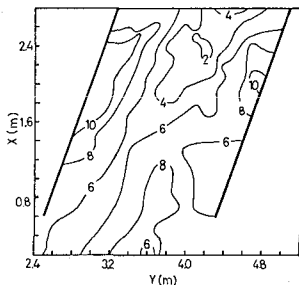


図-6(b) 波高分布(実験値)

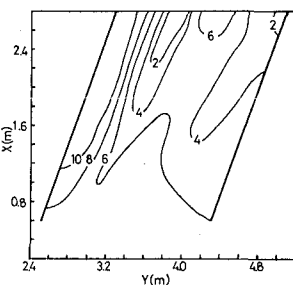


図-6(c) 波高分布(計算値)