

様々な海浜流計算法の予測精度について

九州大学大学院工学研究科 ○学生員 申 承鎬
九州大学大学院工学研究科 学生員 高畑栄治

九州大学大学院工学研究科 正 員 入江 功
宮崎大学工学部土木環境工学科 正 員 村上啓介

1. はじめに

構造物設置後の海浜変形を正しく予測するには、構造物周辺の波浪変形及び流れを正しく計算する必要がある。本研究では、平面水槽実験により波高及び流れの平面分布を詳細に測定した。これと様々な線形および非線形の波・流れ計算モデルによる計算結果を比較することにより、それぞれのモデルの予測精度を評価した。

2. 実験方法

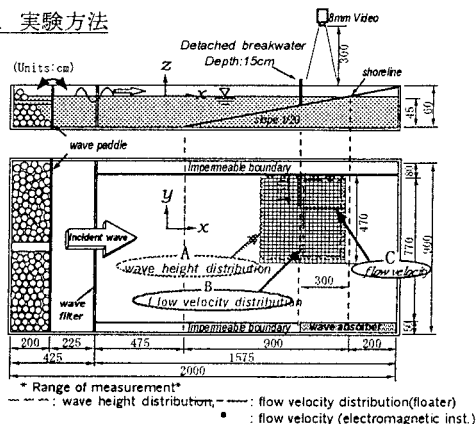


図1 実験水槽の概要

(a) 波高分布の測定

波高分布の測定は図1に示したように離岸堤を中心の前に・後2m および離岸堤が付けられた不透境界から4.6mの範囲までであり、水深は4.5cmから24.5cmまでの範囲である(区域A)。この範囲を20cmの間隔で、総数441点での波高を測定した。

(b) フロートによる定常流速の測定

現在、海浜流の計算に使われているほとんどのモデルは平均流として水深積分された量を取り扱っている。このような平均流を水理模型実験で検証しようとするれば波動場で底面から水面までの流速を詳細に測定し、時間及び水深で積分するとよいわけであるが、実際には、時間的な問題は別にしても、底面や水面付近での流速の測定方法などに様々な難点が残されている。そこで、本実験ではフロート及び

電磁流速計を用いて、定常流の測定を試みた。

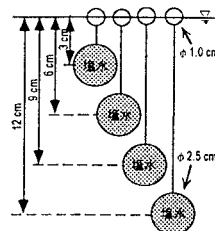


図2 フロートの概略図

フロートは図2に示したように比重1.006の塩水を入れ、定めた水深に留まるようにした。流速測定点は波高分布の測定と同様の20cm間隔の格子状であるが、離岸堤背後の水深14.5cmから岸側の水深3.5cmまで(総252点)を測定範囲(区域B)とし、水深別に測定層の数を増減した。表1に各水深別の測定層数を示す。

表1 水深別の測定層

水深 (cm)	層数	フロート長さ(d)	測定点
14.5, 13.5, 12.5	4	3, 6, 9, 12cm	63点
11.5, 10.5, 9.5	3	3, 6, 9cm	63点
8.5, 7.5, 6.5	2	3, 6cm	63点
5.5, 4.5, 3.5	1	3cm	63点

(c) 電磁流速計による定常流の測定

電磁流速計による測定は離岸堤の先端から40cm離れて、水深13.5cmから4.5cmまで10点を取った(区域C)。

3. 数値計算

線形、非線形の波・流れ計算モデルの波高や流れに対する予測精度を評価するため、線形モデルとしては放物型緩勾配モデルを基にした海浜流モデルを、非線形モデルとしてはMadsonら(1992)が提案した修正 Boussinesq 方程式に碎波減衰、摩擦項等を加えたモデルを用いた。

(a) 海浜流モデル

海浜流モデルの連続式及び運動方程式は次のようである。

$$\eta_t + U\{U(h+\eta)\}_x + V\{V(h+\eta)\}_y = 0 \quad (3.1)$$

$$U_t + UU_x + VU_y + g(\bar{\eta})_x + R_1 + M_1 + F_1 = 0 \quad (3.2)$$

$$V_t + UV_x + VV_y + g(\bar{\eta})_y + R_2 + M_2 + F_2 = 0 \quad (3.3)$$

ここで、 U 、 V は平均流速の x 、 y の成分、 R は radiation stress 項、 M 、 F は砕波による運動量混合項及び底面摩擦項である。

(b) Boussinesq モデル

Boussinesq モデルの連続式と運動方程式は次のようである。

$$\eta_t + p_x + q_y = 0 \quad (3.4)$$

$$p_t + \left(\frac{p^2}{D}\right)_x + \left(\frac{pq}{D}\right)_y + gD\eta_x - M_1 + F_1 + \varepsilon p = \psi_1 \quad (3.5)$$

$$q_t + \left(\frac{q^2}{D}\right)_y + \left(\frac{pq}{D}\right)_x + gD\eta_y - M_2 + F_2 + \varepsilon q = \psi_2 \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned} \psi_1 = & \left(B + \frac{1}{3}\right)h^2(p_{xyt} + q_{xyt}) + Bgh^3(\eta_{xxx} + \eta_{xyy}) \\ & + hh_x\left(\frac{1}{3}p_{xt} + \frac{1}{6}q_{yt} + 2Bgh\eta_{xx} + Bgh\eta_{yy}\right) \\ & + hh_y\left(\frac{1}{6}q_{xt} + Bgh\eta_{xy}\right) \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$\begin{aligned} \psi_2 = & \left(B + \frac{1}{3}\right)h^2(q_{yrt} + p_{yrt}) + Bgh^3(\eta_{yyy} + \eta_{xxy}) \\ & + hh_y\left(\frac{1}{3}q_{yr} + \frac{1}{6}p_{xr} + 2Bgh\eta_{yy} + Bgh\eta_{xx}\right) \\ & + hh_x\left(\frac{1}{6}p_{yr} + Bgh\eta_{xy}\right) \end{aligned} \quad (3.8)$$

ここで、 p 、 q は x 、 y 方向の線流量、 $D = \eta + h$ である。 ψ は分散項を表しており、 ε は波エネルギー吸収係数、 B は補正係数である。

4. 実験結果と数値計算との比較分析

(a) 波高分布

図 3 は実験結果(a)と非線形モデルの計算結果(b)を比較したもので、離岸堤近傍の平面的な波高分布との定性的な比較は良好であるが、砕波後の波高減少量は実験値より小さくなっていて、モデルの中の渦動粘性による波エネルギー減衰係数の検討が必要と考えられる。

(b) 定常流分布

図 4 には実験で求めた離岸堤背後の定常流速(a)

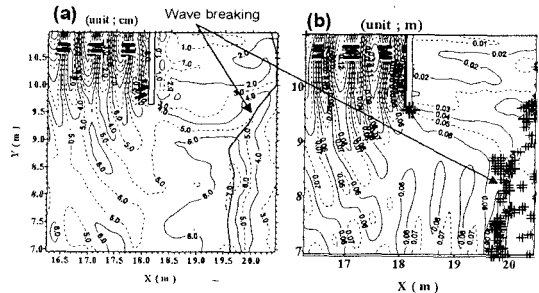


図 3 平面波高分布の比較(a:実験、b:計算)

と計算値(b)との比較を示したもので、離岸堤背後の典型的な循環流は形成されているが、図 4 の実験結果との比較によると、循環流の中心は実験での場所と離れていることが分かる。また、実験の場合、離岸堤背後の岸側の流速は 0.3m/sec に達している反面、計算では 0.1m/sec の流速を示しており、全

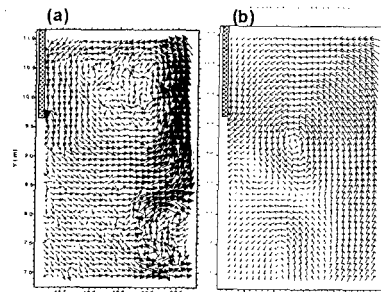


図 4 定常流速分布の比較(a:実験、b:計算)

体的に流れは弱めになっている。

5. おわりに

本研究では、平面水槽実験により波高及び流れの平面分布を詳細に測定し、これと様々な線形および非線形の波・流れ計算モデルによる計算結果を比較することにより、それぞれのモデルの予測精度を評価した。線形モデルの定常流計算結果及び各々モデルと実験結果との定量的な分析結果は講演時に発表する。

参考文献

- Madsen, P.A. and O.R. Sørensen (1992): A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics Part 2., Coastal Eng., Vol.18, pp183-204