

MAC法による波浪中の海洋構造物周りの定常流の数値シミュレーション

九州大学・総理工

中野訓雄・経塚雄策

1 はじめに

最近のめざましい計算機の発達の伴い海洋波についても非線形問題を対象にした数多くの数値シミュレーションが行われている現状である。ただし、それらの数値計算結果の妥当性、信頼性を裏付けるためにはその他の理論や実験値との比較、検討が不可欠であると思われるが、その方面の報告書は比較的少ない。我々は非線形計算の対象として波浪中の海洋構造物周りの定常流について取り上げ、その定常流と言うオーダーの小さい流れを今回の計算ではどの位の精度で示すことが出来るかについて試みることにした。

本研究では構造物として矩形断面の潜堤を選び、主にその周りの定常流についてMAC法による数値計算と実験によって比較、考察を行った。

2 数値計算の内容

2.1 数値造波水槽モデル

単純な造波、消波装置のついた2次元水槽(全長12m、水深0.3m)に潜堤(長さ0.40m、高さ0.15m)を設置して周期1.0s、波高約6cmの規則波を起こしてみた。

2.2 計算方法

今回、用いた差分方法はMAC法を基礎にして、日野、宮田¹⁾やChanら²⁾の手法を一部使用してつくったものである。

自由表面上の流体はラグランジュ移動した後、再配置を行う手法を用い、また対流項には数値計算上安定なQUICK法を用いた。

メッシュサイズについては、300×30、480×30の2種類を用いた。主に前者を潜堤なし、後者を潜堤ありの計算に使用した。

造波方法としては、図1の水槽の左端付近の大気圧を以下のような周期的関数で変動させて波を起こす手法を用いた。

$$p_a = \begin{cases} p_0 \sin\left(\frac{2\pi t}{T_p}\right) \left[\frac{1 + \cos\left(\frac{\pi x}{x_d}\right)}{2} \right] & \text{for } 0 \leq x \leq x_d \\ 0 & \text{for } x > x_d \end{cases} \quad (1)$$

ただし、

p_0 : 圧力パルスの振幅

T_p : 圧力パルスの周期

x_d : 圧力パルスの加わる水平長さ

また、水槽の右端における消波の方法は、図1の斜線領域(スポンジ層)においてのみ z 方向に線形的な減衰力を以下の式によって働かせるというものである。

$$f = \begin{cases} -kw & \text{for } x_{sp} < x < x_{spf} \\ 0 & \text{for } 0 < x \leq x_{sp} \end{cases} \quad (2)$$

ただし、

x_{sp} : スポンジ層の始点 k : 減衰係数(一定)

x_{spf} : スポンジ層の終点 w : 鉛直速度

3 数値計算結果および考察

3.1 スポンジ層の消波性能

安定した定常流の計算を行うためには、消波効率の高い消波装置が不可欠になってくる。ここではまず一定水深の場合について減衰係数のみを変えて造波を繰り返し、反射波の推定法として、水槽の途中に設置した3本の波高計で得られた時系列データをもとに位相分離法を用いて反射率を計算し、時間的に追いかけた。

その結果を図2に示したものがあある。 $k = 3.0$ 付近が最適値となっているようである。

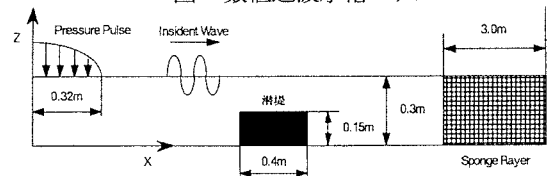
3.2 1周期内における計算値の様子

ここでは、ある任意の1周期内を図3.1～3.4の1/4周期ずつずらした瞬間値で示した。全体的な構成として図3.1の瞬間に潜堤前方で強い上昇流が起こり、図3.2で潜堤中央の上方付近で上向きの強い流れが一部に集中し、その結果図3.3で波の先端が尖った状態になっているが、図3.4の潜堤通過後にはその形は緩和されているようである。

3.3 平均値による実験値との比較

前述の図3.1～3.4で示した1周期内で平均流速の空間分布を求めたのが図4.1で、図4.2は水槽実験によって求めた値である。計算値では実験値にはない、潜堤前方の自由表面付近と潜堤後方に渦が見える。これは、潜堤の角部の剥離における計算精度によるものではないかと思われる。これらの点を除いては大まかなフローパターンは似ていると言える。

図1 数値造波水槽モデル



4 まとめ

スポンジ層の最適な抵抗係数を求めた結果、周期 1.0 秒の波では $k = 3.0$ 付近が最適ではないかということがわかった。また、平均流における実験との比較を行った結果、潜堤角部付近では流れのパターンが異なっている所もあるが、潜堤後方の方が前方よりも平均流速大きくなっている点や、潜堤後方で大きな渦が出来ている点では、定性的に一致していると言える。しかし今回、用いた計算スキームの妥当性を確認するためには、周期や水槽長を変えて検討を行う必要があろう。

図2
反射率によるスポンジ層の評価

参考文献

- [1] Hino, T. Miyata, H. and Kajitani, H. (1983) : JSNA, vol.153, 1-12.
- [2] Chan, R.K.-C. and Street, R L. (1970) : Stanford University, Technical Report No.135

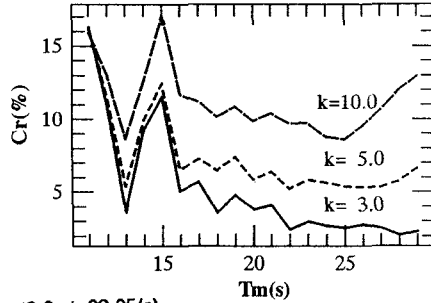


図3-1 t=29.00(s)

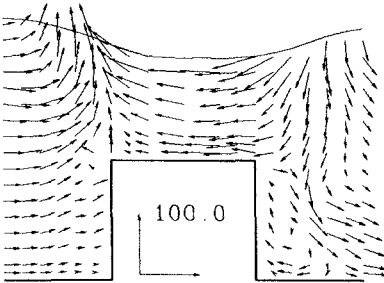


図3-2 t=29.25(s)

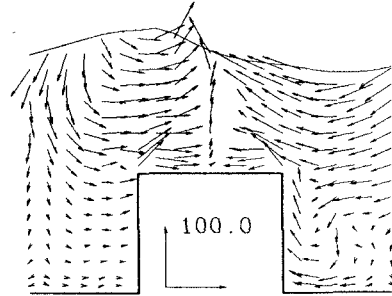


図3-3 t=29.50(s)

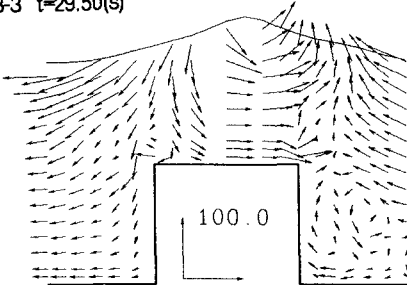


図3-4 t=29.75(s)

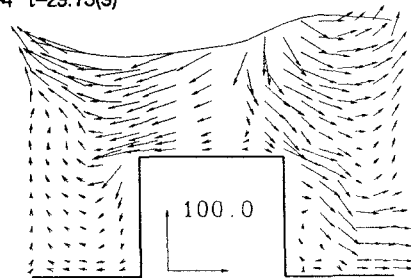


図4-1 t=29.00から30.00(s)間の平均流速

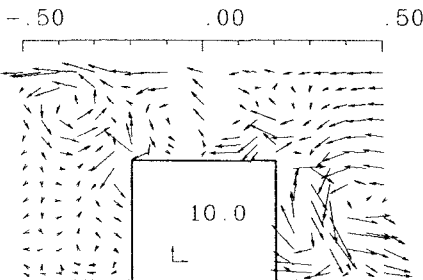


図4-2 水槽実験における平均流速

