

神戸大学工学部	学生員	○栗真 潤二
神戸大学工学部	正 員	中山 昭彦
神戸大学工学部	正 員	市成 準一

1. はじめに

沈埋トンネルなどを沿岸水底に構造物を建設する場合、静水圧以外に波による変動圧なども考慮にいれなければならない。自由水面の変化をともなう流れの計算法は、Miyata¹⁾等により開発されている。本研究では類似した方法を乱流の影響をうける場合について計算した。海岸にみたとて傾斜のある水路を想定し、その左端にある鉛直壁の変位をの時間的に変化させることで水路内に単一の孤立波を起こし、水路床に設置された単純な形状の構造物によって双方が受ける影響をコンピューターによってシミュレートした。

2. 数値計算方法

数値計算には二次元非定常流のナビヤ・ストークスの式を Hirt and Nichol²⁾の改良による SOLA-VOF 法を基にした方法で解く。SOLA 法は圧力場の振動を抑えるため速度と圧力の定義される位置をずらせた食い違い格子を用いた MAX 法の改良版の一種である。この方法ではまず圧力勾配項を除いた運動量方程式を陽的に時間積分し、近似速度場を計算する。この近似速度場を連続の式を満足するよう修正するが、修正項は圧力の勾配になるので、修正された速度場が連続の式を満たすよう圧力分布を計算していくことになる。基本 MAX 法では圧力に関するポアソンの方程式を解くのに時間が費やされるが、この方法ではその代わりに反復修正演算を行うので効率が良い。格子には長方形格子を用いるが各格子点で関数 $\beta(x, y)$ を導入し、その値を流れ領域内で 1、壁、床などの領域外で -1 と置き、境界を指定する方法をとる。自由表面を扱うのには「ドナー・アクセプター法」をもちいた VOF 法を使用している。この方法では、水面勾配が急な場合はもちろんのこと、水面高が水平位置の多価関数になる複雑水面形の場合も問題ない。また水面では表面張力の効果もいれられ、不安定化を防ぐ効果も期待できる。本計算では乱流の影響がきわめて大きくなることを考慮にいれ Launder and Spalding³⁾にそった方法で $k-\epsilon$ 乱流モデルを導入した。境界条件には壁面に最も近い格子点で壁面に平行な流速成分及び摩擦速度 u_τ は対数則で与え、 k, ϵ については次のような壁関数がつかわれている。

$$k = \frac{u_\tau^2}{C_D^{3/2}} \quad (1)$$

$$\epsilon = -\frac{C_D}{l} k^{3/2} \quad (2)$$

$$l = \kappa y \quad (3)$$

ここで、 $C_D = 0.164$, $\kappa = 0.41$ であり y は壁面からの距離である。また、自由表面の境界条件は $k = \epsilon = 0$ とし、初期条件も同様に 0 とおいた。

3. 計算例

水路は全長 240cm、水路床勾配 1/20、水深 15cm とし、水路左端の鉛直壁の変位は

$$X(t) = B_0 \tanh(\nu(t - t_0)), \quad 0 < t < t_1 \quad (4)$$

をあてえた。ここに $t_0 = 0.742 \text{ s}$, $t_1 = 1.485 \text{ s}$, $B_0 = 10.4 \text{ cm}$, $\nu = 4.688 \text{ s}^{-1}$ である。

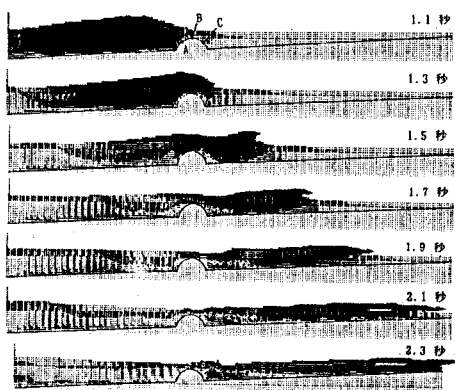


図-1 case1の流速ベクトル

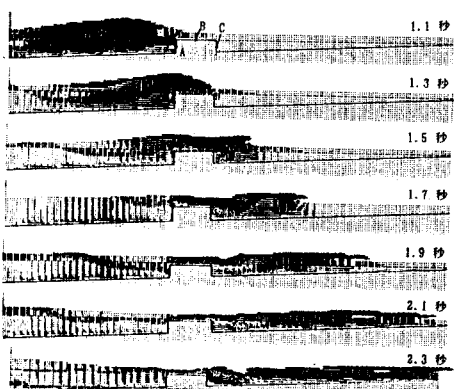


図-2 case2の流速ベクトル

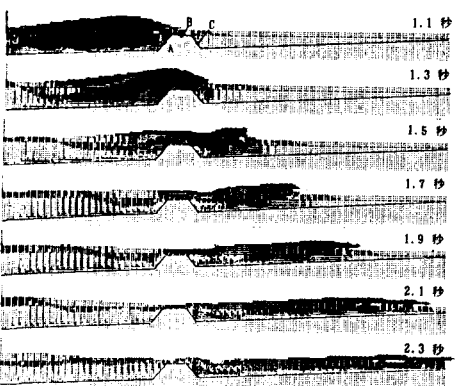


図-3 case3の流速ベクトル

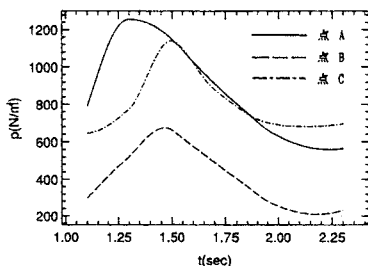


図-4 case1の圧力の時間的変化

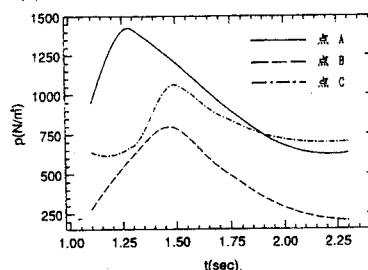


図-5 case2の圧力の時間的変化

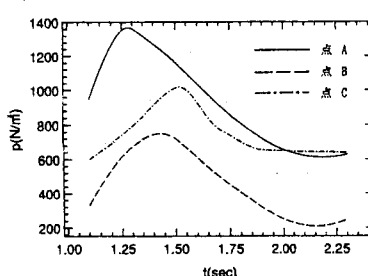


図-6 case3の圧力の時間的変化

ここでは、水路床に
case1 : 半円、case2 : 長方形、case3 : 台形の3ケースの構造物を設置させ各2秒間隔における瞬間流速ベクトル図と、構造物上の主要な3点A,B,Cにおける圧力の時間的変化を図に示した。

いずれのケースも3点の圧力は、ほぼ静水圧に近い値となっており流速による圧力の増加はあまりみられない。case2のA点では構造物の側面によって鉛直方向へおいやられた流れによって波高がたかくなっており、他のケースよりも圧力の最大値が大きくなっている。また、い

ずれのケースにおいてもC点での圧力の時間的変化率は激しいものとなっているがcase2の1.50秒以降においては他のケースよりも比較的に変化率が穏やかだといえる。

4. おわりに

k-ε乱流モデルを用いた孤立波による水底構造物周辺の流れ場の数値解析を行うことができた。今後、波による変動圧の影響をさらに詳しく調べるためには今回よりもスケールの大きなモデルを使用する必要があるかと思われる。

参考文献

1) Miyata, Finite-Difference Simulation of Breaking Waves, J. Computational Physics, 65, 179-214, 1986.

2) Hirt, C. W. and Nichols, B. D., Volume of fluid method for the dynamics of free boundaries, J. Computational Physics, 39, 201-225, 1981.

3) Launder, B. E., and Spalding, D. B., The Numerical Computation of Turbulent Flow, Comp. Mech. and Eng., vol. 3, p. 296, 1974.