

壁面近くで振動する 2 次元円柱まわりの数値シミュレーション

Numerical simulation of flow around an Oscillating Cylinder in the vicinity of Seabed

朴 鍾千, 東京大学大学院工学系研究科, 文京区本郷 7-3-1, park@triton.naoe.t.u-tokyo.ac.jp
 宮田 秀明, 東京大学大学院工学系研究科, 文京区本郷 7-3-1, miyata@triton.naoe.t.u-tokyo.ac.jp
 Jong-Chun Park, Dept. of Environ. & Ocean Eng., University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo
 Hideaki Miyata, Dept. of Environ. & Ocean Eng., University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo

The present paper deals with the numerical calculation and prediction of hydrodynamic forces and the vortex shedding phenomena at the wake of an oscillating marine pipeline. The two-dimensional, viscous and incompressible flow past a circular cylinder is investigated by solving the Navier-Stokes equations. These equations are numerically solved using CFD technique on an overlaid multi-block grid system. In this study, several flow configurations, such as a stationary and oscillating cylinder without or with seabed boundary, are studied in order to predict and evaluate the hydrodynamic forces. The results obtained from the present simulations are compared with available experimental and other numerical data. It is seen that the current calculations successfully capture many important flow features for the various types of flow conditions.

本研究では、壁面近くで強制振動する 2 次元円柱まわりの流れ特性について調べる。これは、海底付近で振動するマリンパイプラインを想定しており、振動周波数により生成される渦と流体力との相好作用について調べることを目的とする。

流れ場の支配方程式は、2 次元非圧縮性流体の Navier-Stokes 方程式と連続の式であり、有限体積法により離散化される。格子系は複合格子系を採用している。内部格子は物体を含む O-O 型境界適合格子を、外部格子は単純な矩形格子系を採用しており、物体運動は内部格子全体を動かすことにより満足させている。この場合、格子の移動速度は対流項の移流速度に含めて考慮している。格子間の境界における物理量については線形的に補間し、それぞれの格子系の流れ場を解く際に境界条件として課する。外部格子系においては物理量のスタッガード変数配置と MAC 法をベースにする有限差分法を、内部格子系においては、運動する物体の取扱いを容易にするためにセル中心の変数配置と SIMPLE 法をベースにする有限体積法を用いる。移流項と拡散項にはそれぞれ 3 次精度の MUSCLE スキームと 2 次精度の中心差分を用いる。

本計算手法の妥当性と精度確認のため、無限流体の一様流中に置かれた円柱まわりの流れ場と、ある Keulegan-Carpenter (KC) 数で強制振動する円柱まわりの流れ場に適用し、円柱に働く流体力を実験値や他の計算値とも比較した。Fig.1 はレイノルズ数 10^3 の一様流中に置かれた円柱周りの圧力コンターを示す。内部格子系の外境界 ($r=1$) 付近で物理量は連続的な分布を示していることがわかる。Fig.2 は KC 数の変化による運動方向に働く力の最大値を求めたものであり、円柱周りの流体力を外力として与えた他の計算結果と比較している。

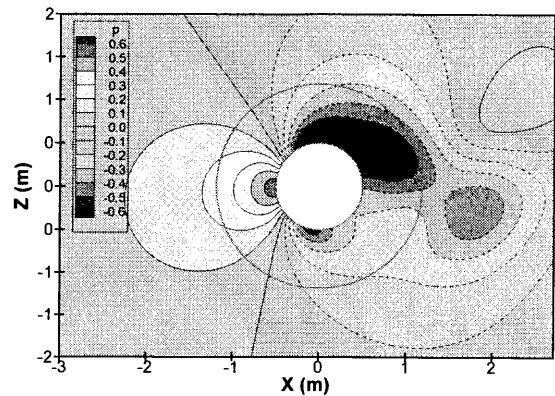


Fig.1. Typical contour of pressure field using an overlaid grid system.

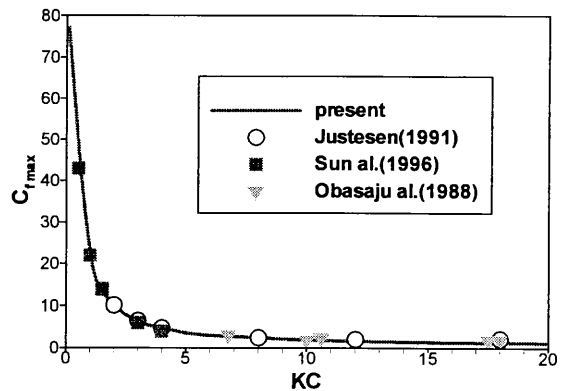


Fig.2. Comparison of the computed in-line force coefficients, C_{fmax} , as a function of Keulegan-Carpenter number, KC.