

CS - 38

2次元並列円柱まわりの流れの有限要素解析

川田工業(株) 正員 ○枝 元 勝 哉

川田工業(株) 正員 米 田 昌 弘

中央大学 正員 川 原 睦 人

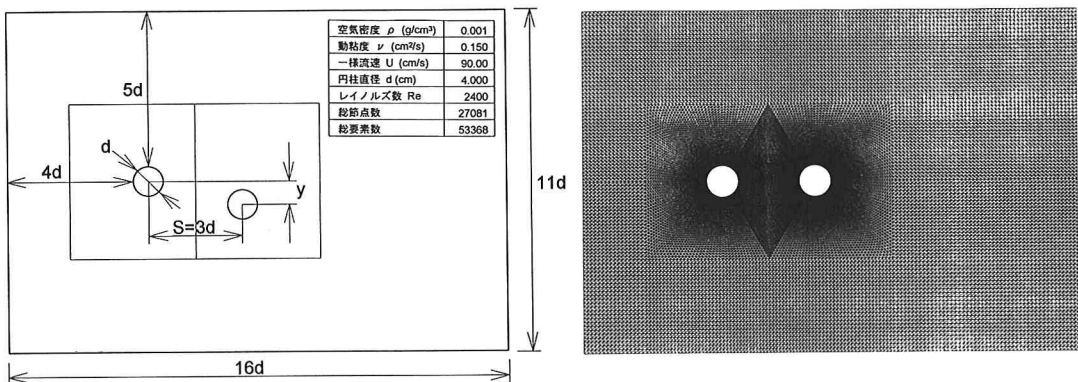
1. はじめに

ここ数年の数値流体解析の動向をみると、従来の2次元計算のみにとどまらず、3次元計算やLESのような乱流モデルに基づいた研究が活発に行われている。しかしながら、従来の数値流体解析で扱われる構造物に関しては単一の物体まわりのものが圧倒的に多く、たとえば斜張橋に用いられるダブルケーブルのような並列配置の構造物まわりの流れに関しては、今後さらに数値解析結果と風洞実験結果との比較を重ねてゆく必要があると思われる。

本研究では、まず解析モデルとして2次元並列円柱を対象とした流れ解析を実施する。そして、既往の風洞実験結果との比較を行うことにより、計算の適用性ならびに解析上の問題点を明らかにすることとした。

2. 解析モデルおよび手法

図-1に解析モデルの一般図と計算時の諸元および要素分割図を示す。図中の記号 s は両円柱の主流方向中心間距離を表し、また d は円柱の直径を表す。さらに、上流側円柱の中心位置を基準とした時の下流側円柱の鉛直方向変位を y で表し、図の下向きを正にとる。

図-1 解析モデルおよび要素分割図 ($y/d=0$)

近接する円柱において中心間距離 s を種々に変化させた場合における下流側円柱の空力特性に関しては文献[2]に詳述されている。すなわち文献[2]には、特に $s=3d$ における静的圧力分布が他の $s=4d, 5d$ の場合に比べ大きく異なる結果が報告されている。そこで本文における計算も $s=3d$ に固定し、上下流円柱の相対的な鉛直方向距離 y をいくつか変化させて下流側円柱の静的な空力特性を算出するものとした。

数値解析にあたり、解析領域の離散化は有限要素法を用いて行い、速度と圧力をおのおの独立して解く分離型解法を採用する。境界条件は入口において一様流速、円柱の表面上では速度0を与える。また、壁面の鉛直方向流速成分は0に固定し、流出境界において圧力のディリクレ条件を与える。円柱の直径を基準としたレイノルズ数は2400であり、実験値と同じく亜臨界域に達している。

3. 解析結果

1) 下流側円柱に作用する平均揚力 ... 解析で得られた y/d と下流側円柱に作用する揚力係数の平均値との関係を実験結果と比較して図-2に示す。なお図には文献[1]の結果のほか、著者らが新たに実施した風洞実験値も付記している。実験はレイノルズ数がおおよそ5000から 1.2×10^5 の範囲で実施しているが、図にはレイノルズ数が5000の場合の結果のみを示している。

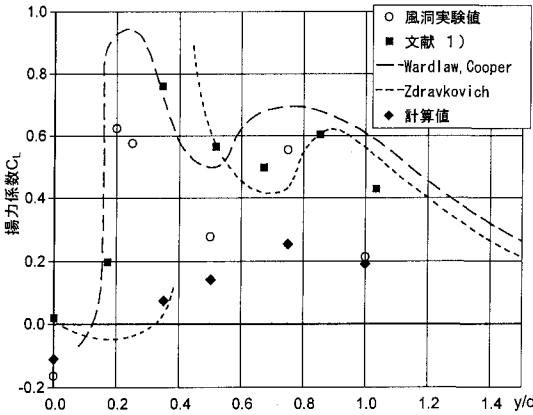


図-2 下流側円柱に作用する揚力係数平均値

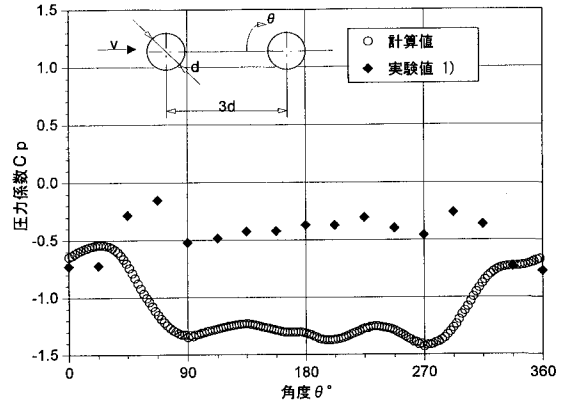


図-3 下流側円柱の平均圧力分布 ($y/d=0.0$)

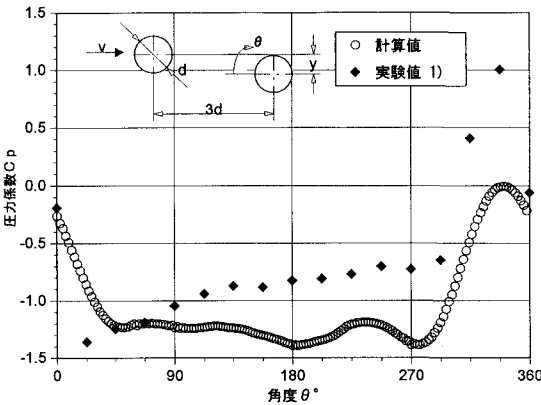


図-4 下流側円柱の平均圧力分布 ($y/d=0.5$)

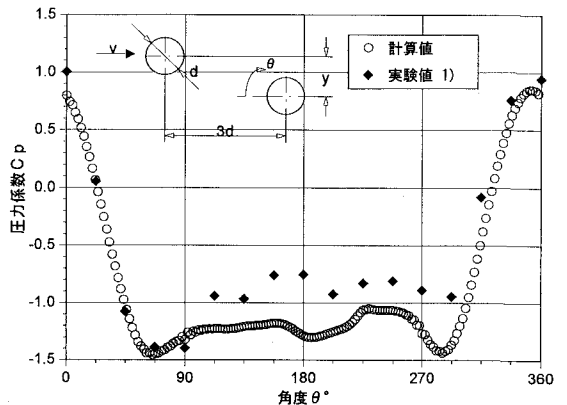


図-5 下流側円柱の平均圧力分布 ($y/d=1.0$)

実験値において特徴的なのは、いずれの場合においても y/d が0.25および0.80近辺において、揚力係数値が2つのピークを持っていることである。一方、計算値にはこのようなピークが認められず、 y/d とともに増加する傾向を示しており、また、揚力係数の絶対値そのものも実験値と大きく相違する結果となっている。

2) 下流側円柱に作用する表面圧力 ... 解析で得られた下流側円柱の表面圧力係数を既往の実験結果[1]と比較して図-3～5に示す。図から y/d が0の場合、計算値は実験値と大きく相違していることが判る。しかしながら、 y/d の増加とともに計算値は実験値と一致する傾向を示し、とくに $y/d=1.0$ の場合には平均値特性において実験値をよく再現していると言える。

4. 考察およびまとめ

y/d が小さい場合に計算値と実験値が相違した理由として、レイノルズ数の相違や3次元性の問題に加え、円柱まわりのメッシュ分割の問題も考えられる。とくに並列円柱では、ある y/d の値に対応してgap flowと呼ばれる流れが生じたり、局所的に流体が大きく加速される状況が考えられ、解析精度において問題があったと思われる。今後は以上のような問題を改善しつつ、さらに検討を重ねてゆく所存である。

参考文献

- [1] Shiraishi, N., M. Matsumoto and H. Shirato : On Aerodynamic Instabilities of Tandem Structures, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 23(1986), pp.437-447.
- [2] 宇都宮英彦・鎌倉米康 : 近接する並列円柱系の空気力学的挙動, 土木学会論文集, 第336号, pp.1-8, 1983