

CS-46

並列円柱まわり流れ解析の計算条件設定に関する一考察

川田工業(株) 正会員 ○枝元 勝哉
 川田工業(株) 正会員 米田 昌弘
 中央大学 正会員 川原 睦人

1.はじめに

近年におけるコンピュータ関連技術の飛躍的な発展により、さまざまな構造物まわりの流れを対象とした数値流体解析が積極的に実施されている。一方、並列箱桁橋や斜張橋のダブルケーブル等、隣接する複数の構造物まわりの流れ解析については未だ事例が少ないのが現状である。このような観点から、著者らは、斜張橋ダブルケーブルのウェイクギャロッピング問題に対する数値流体解析の適用を目的として、計算および既往の風洞実験における静的空気力係数の比較を行ってきた¹⁾。その結果、並列円柱において流れ方向に直角な相対高さ y を種々に変化させた場合、 y の値が小さくなるにしたがって、計算した下流側円柱まわりの平均圧力係数分布が実験値と相違するという傾向が得られた。この理由の一つとして、当初は計算値と実験値におけるレイノルズ数の差異を考えていた。しかしながら、その後の追加計算により、同一のレイノルズ数であっても解析条件が相違すれば、異なる静的空気力特性を示す場合のあることが確認されたので、ここにその結果を報告する。

2.解析モデルおよび手法

図-1 に本研究で対象とした解析モデルを示す。図の2次元領域において、両円柱の中心間隔 S は $S=3d$ (d :円柱の直径)となるように固定している。また、本解析では上・下流側円柱の鉛直方向の相対高さ y は $y=0$ としている。

解析にあたっては、領域の入口に一様流速 U_0 を、また円柱表面で速度 0 の基本境界条件を与えている。この流速 U_0 と円柱直径 d から算出したレイノルズ数 Re は、 $Re=5000$ の一定値となるようにしているが、速度と円柱直径の組合せを、表-1 に示すように5通りに変化させて計算を実施した。

基礎方程式として無次元化されていない2次元の Navier-Stokes 方程式を用い、分離型有限要素法による離散化手法を採用した。なお、計算の安定化を図るために、本来の粘性項に BTD に基づく数値粘性を付加して解析を行うこととした。

3.解析結果および考察

計算を実施した5通りのケースにおける平均圧力係数分布を図-2 に示す。図から、ケース1~3の圧力係数分布はほとんど同じであったのに対し、ケース4,5における圧力分布は、円柱前面部分において他の2ケースとは異なる性状を示していることがわかる。また、ケース5においてはさらに円柱側面および背面の圧力が、他のケースよりも低下する結果となっている。なお、ケース4の分布形状が幾分非対称になっているのは、計算が途中で破綻をきたし、十分な平均時間間隔を取れなかったことに起因する。また、ケース4とケース5の差異は、等しい流速と円柱直径を用いていることから、異なる時間きざみによる数値粘性導入効果の違いに起因するものと考えている。これに対し、ケース1~3とケース4,5の結果が異なる理由は、数値粘性に起因するものとは考えにくく、両者の中間における流速もしくは円柱サイズを境に、円柱まわりの流況が変化するためと推察される。

次に、これらの計算圧力係数と既往の実験値^{2),3)}を比較した。その結果を図-3,4 に示す。なお、ケース

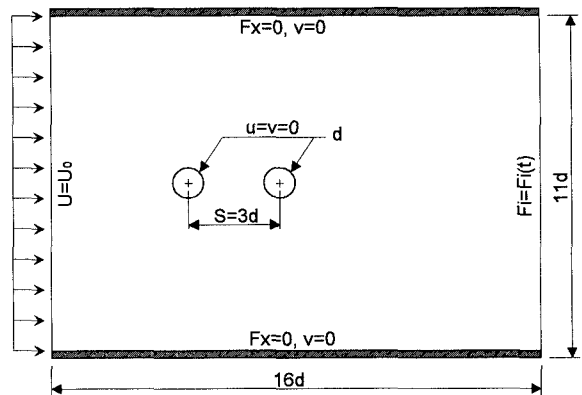


図-1 解析の対象とした並列円柱モデル

表-1 計算ケースおよび各種パラメータ

ケース No.	1	2	3	4	5
一様流速 U_0 (cm/s)	100	150	66.67	50	50
円柱直径 d (cm)	7.6	5.07	11.4	15.2	15.2
レイノルズ数 Re	5067	5067	5067	5067	5067
時間きざみ Δt (s)	0.0001	0.00005	0.0002	0.0001	0.0002
計算ステップ	2×10^5	4×10^5	3×10^5	4×10^5	3×10^5

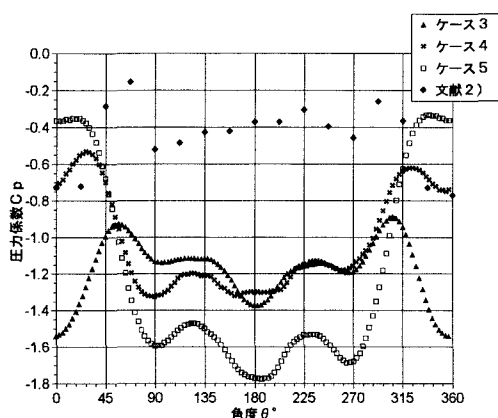


図-3 計算値と実験値 2)との比較

1~3の結果は比較的良く一致していたことから、図中においてはケース3のみを比較対象としている。まず、文献2)との比較を行った図-3から、計算結果と実験結果には絶対値に著しい差異を生じていることがわかる。しかしながら、全体的な傾向についてみると、ケース4,5では円柱前面での傾向がまったく異なる傾向を示しているのに対し、ケース3では定性的に実験値と類似の傾向を示していることがわかる。一方、文献3)の結果と比較した図-4からわかるように、この場合にはケース4が実験値と比較的一致した結果を与えるのに対し、ケース3においては円柱前面部分の圧力分布が負圧側に大きくシフトする結果となっている。すなわち、並列円柱問題における計算値と実験値との比較においては、流速・模型サイズおよび数値粘性を支配するパラメータ(時間きざみなど)に留意するとともに、比較の対象とする実験の実施条件をも十分吟味する必要があると言えよう。

4.おわりに

本研究では、並列円柱まわりの流れを対象に、流速および円柱直径を種々変化させた場合の圧力係数を算出し、既往の実験値との比較から考察を行った。今後は、本研究で得られた知見を踏まえ、新たな計算および風洞実験を実施し、並列円柱問題における各種パラメータの検討に努めたいと考えている。

参考文献

- 1)枝元勝哉, 米田昌弘, 川原睦人: 静止時および強制加振時における並列円柱まわり流れの有限要素解析, 構造工学論文集, Vol.41A, pp.369-376, 1995.
- 2)Shiraishi, N., Matsumoto, M. and Shirato, H.: On aerodynamic instabilities of tandem structures, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 23, pp.437-447, 1986.
- 3)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.

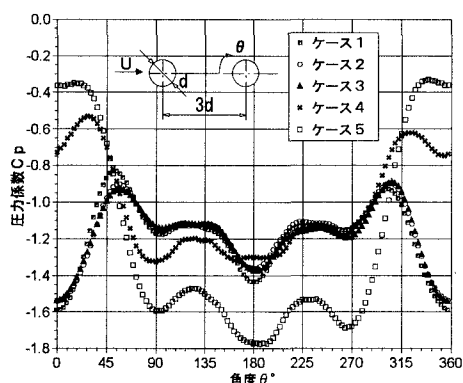


図-2 各計算ケースの比較

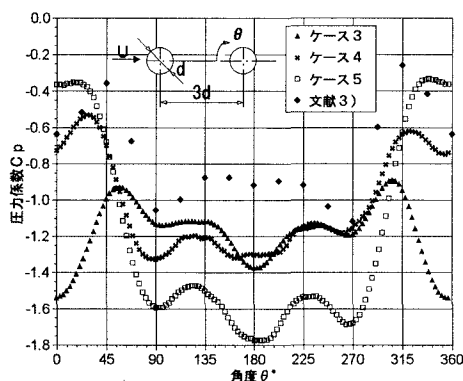


図-4 計算値と実験値 3)との比較