

川田工業 正会員 枝元 勝哉

川田工業 正会員 米田 昌弘

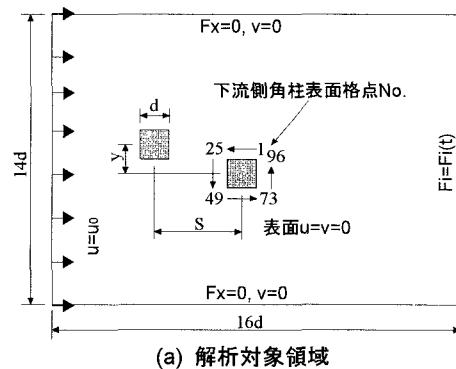
中央大学 正会員 川原 瞳人

1.はじめに 流れの中に複数配置された構造物まわりの流れ場を把握することは、既存の数値解析手法の実務に対する適用性を探る上で重要な検討課題の一つである。しかしながら、単一構造物まわりの流れ解析に比べ計算の規模が大きくなり、また境界条件等も複雑となるためか、いまだ解析事例の少ないのが現状である。著者らはこのような観点から、斜張橋のダブルケーブルを対象とした2次元並列円柱に関する数値解析^[1]を過去に実施してきた。その結果、2円柱間の相互干渉領域をいかに精度良く再現するかによって、計算される空気力特性に実験値と大きな差違の生じる可能性のある事が判明した。本研究では、この点をさらに追求するため、円柱とは異なり剥離点が明確に限定される並列正方形角柱を対象とした流れ解析を実施し、これらの結果を風洞実験値と比較することにより、並列構造物まわりの流れ場を解く際の問題点を明らかにする。

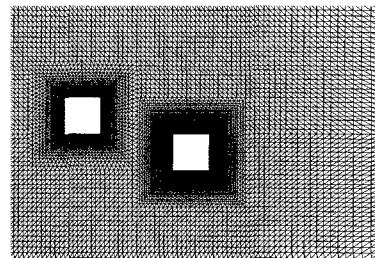
2.計算モデル 解析対象領域および角柱周辺の有限要素分割を図-1に示す。図-1(a)において、 d は正方形角柱の幅、 S は上下流側角柱の中心間隔、 y は同じく両角柱の高低差である。 S および y の組合せにより流況は様々に変化するが、本解析では、間隔 S は $S=3d$ に固定し、角柱幅 d に対する高低差 y の比 y/d を $y/d=0.0, 0.5, 1.0$ の3通りに変化させている。このとき下流側角柱に対して計算された平均圧力分布特性を、計算とあわせて行った風洞実験値(レイノルズ数 $\approx 2.7 \times 10^4$)と比較することにより、解析上の問題点を明らかにする。

計算を実施するにあたっては、実験レイノルズ数と同等の条件で行うことが本来望ましい。しかしながら、正方形角柱では剥離点が固定されることから、本研究ではレイノルズ数 $Re=200 \sim 600$ という低い範囲で計算を実施した。この場合、比較的粗いメッシュでも流れ場を精度良く再現でき、またBTDや上流化による安定化処理を施さなくても計算を安定に進められることから、計算結果に与える数値粘性の影響を考慮する必要が無い。したがって、計算値と実験値が相違した場合に、その原因がより明確化されるものと思われる。

3.解析結果および考察 図-2に計算された平均圧力係数分布と風洞実験値との比較を示す。図-2(b)～(d)は、それぞれ $y/d=0.0, 0.5, 1.0$ の時の比較結果であり、また参考として単独角柱の場合の比較結果を図-2(a)に示してある。図から、単独角柱においては、剥離点近傍を除き、各レイノルズ数の計算結果ともに風洞実験値と良好な一致を示していることがわかる。すなわち正方形角柱のように剥離後の再付着を生じない断面においては、低レイノルズ数の2次元計算を用いても、平均的な空気力特性は比較的良好に再現できるものと思われる。一方、図-2(b)～(d)をみると、次の2点の傾向が特徴としてわかる。まずははじめに、各レイノルズ数の計算結果とも、 y/d の値が増加するにつれ実験値と一致する傾向を示している。この傾向は並列円柱の場合でも同様であり、その原因の一つとしては、 y/d の値が増大するにつれ、下流側物体の空気力特性は単独物体の場合の特性に近づくということが考えられる。



(a) 解析対象領域



(b) 角柱周辺の要素分割

図-1 計算モデル($y/d=1$ の場合)

次に、たとえば $y/d=0.0, 0.5$ の 2 ケースを例に取ると、レイノルズ数の高い場合の結果が、必ずしも実験値と良い一致を示すものではないということがわかる。とくに $y/d=0$ なる場合の比較では、 $Re=400, 600$ の結果はむしろ実験値とはまったく異なる特性を示しており、 $Re=200$ の結果が定性的に実験値をよく再現しているのとは対照的である。また図-3 は、レイノルズ数 200 および 400 の時の時間平均した圧力・速度ベクトル分布を示したものである。実験時には、両角柱間は一種の死水領域的な様相を呈しているものと思われるが、 $Re=200$ の結果はその状態に比較的近い。一方、 $Re=400$ の計算では、上流側角柱の背後まで強い渦が回り込んでくるため、明らかに死水領域的な様相とは異なる特性を示し、図-2 での実験値との相違を裏付ける結果となっている。並列円柱に関して著者らが過去に実施した計算においては、 $y/d=0$ なる場合の解析結果が実験結果と相違する原因として、①計算レイノルズ数と実験レイノルズ数の相違、②両物体間のメッシュ精度、③2 次元計算による 3 次元性の欠如、以上の 3 点が主たる理由として考えられた。並列角柱に関して行った今回の計算結果からこれらを再度吟味し直すと、結局次のようなことが推察される。①少なくとも 2 次元計算においては、計算レイノルズ数が実験値に近いほど結果が良く一致するのではなく、流れの 2 次元性が強く現れるレイノルズ数領域を避けることで、平均値特性は実験値と良く一致するようになる。②両物体間のメッシュ精度は①に従属する 2 次的な問題であり、設定したレイノルズ数によっては、メッシュを細かくするとかえって実験値との差違を大きくする可能性がある。③したがって、とくに並列構造物の流れ解析においては、3 次元性を考慮することが重要であると思われ、また計算機等の制約上 2 次元計算による場合には、とりわけレイノルズ数の設定に配慮する必要がある。

4.まとめ 並列構造物まわりの流れ解析を 2 次元解析により実施する際の問題点・留意点を明らかにした。しかしながら、角柱間隔を $3d$ に限定したため、考察に述べたことが種々の並列構造物に対して一般的に言えるものとは限らない。今後はさらに解析事例を増やし、また 3 次元解析を実施する事により、本報告で得られた知見の検証に努めたい。

参考文献

- 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。