

I - PS1

各種の数値解析手法・解法による断面比1対2長方形角柱周りの流れの数値解析

中央大学 正員 平野廣和

東京大学 正員 野村卓史

1. はじめに

「風工学の諸問題を数値流体解析手法(Computational Fluid Dynamics : 略称 CFD)によって解決する」—これは風工学に関わる技術者・研究者が等しく期待するところである。しかし現実には風工学の分野で扱う流れは CFDの対象としては相当な難問である。例えば、風が自然な制御されていない乱流であること、風洞実験の気流を想定してもレイノルズ数が高いこと、非流線形形状物体の周りの流れを扱うこと、流れの3次元性の影響が強い等々である。これらの要因には、数値解析手法として未だ完成した技法が無い側面もあるし、また非常に多大な計算コストに直結する傾向もある。また、構造工学の分野では CFDに携わる技術者・研究者の層も薄いことも無視し得ない問題となっている。このような現状のもと CFDの応用に関する技術レベルを向上させることを目的として、平成3年8月より土木学会構造工学委員会に「風工学における数値計算の応用と評価」研究小委員会（委員長：野村，幹事：平野，他委員21名）が設置された。この小委員会活動の一貫として、各種の解析手法のパフォーマンスを知ること为目标として、各委員協力により、ベンチマーク問題「断面比1対2の長方形角柱周りの流れの数値解析」が実施された。本報文では、この委員会活動の成果の一部として報告するものである。

2. ベンチマーク問題

CFDの手法には、差分法・有限体積法・有限要素法・離散渦法等に分類されるが、それぞれの手法ごとにいくつもの有力な解法が提案されている。これら多くの解法がどのようなパフォーマンスを有するかを知ることが、極めて現実的な関心事である。そこで、風工学で問題となる基本断面の1つである断面比1対2の長方形角柱周りの流れの解析をベンチマーク問題に設定し、各種解析手法により2次元解析を実施した。ここではレイノルズ数を1,200とし、乱流モデルを用いない直接シミュレーションによって各解析手法の基本的な特性を比較した。尚、解析は表-1に示すように、差分法1件、有限体積法1件、有限要素法5件、離散渦法1件の計8件の解析が行われた。

対象とした問題に関しては、本委員会の委員である岡島¹⁾らによる実験が知られている。この実験結果と解析結果を比較することにより、解析結果の照査を実施した。

3. 解析モデル

解析のモデル化においては、当初、差分格子ならびに有限要素分割等を共通にすると案もあったが、分割の仕方にも各委員の経験や判断が反映されるために、今回は各委員に任す事とした。但し、有限要素法に

表-1 実施された解析手法

解析手法	解 法	支 配 方 程 式	記号
差 分 法	M A C 法	N-S方程式, Poisson方程式	⊖
有限体積法	M A C 法	N-S方程式, Poisson方程式	■
有限要素法	Fractional Step Method	N-S方程式, Poisson方程式	▲
	Fractional Step Method	N-S方程式, Poisson方程式	●
	3 Step Taylor-Galerkin Method	N-S方程式, Poisson方程式	□
	Stremline Up-Wind / Petrov-Galerkin	N-S方程式, 連続条件式	◇
	Two Step Explicit Method	N-S方程式, 音速法による連続の式	⊙
離 散 渦 法	渦点法	ポテンシャル理論	▼

注) N-SはNavier-Stokes方程式を表す。

関しては、解析領域の共通化をはかった。
具体的には、角柱表面は流れ方向に20分割以上、境界層方向には乱流境界層厚内に3節点以上が配置できるようにした。
代表的な差分格子図ならびに有限要素分割図を図-1, 2に示す。

4. 解析結果

図-3は、各解析結果から求められたストロハル数を、岡島らの実験結果と比較したものである。レイノルズ数1200の場合、実験結果のストロハル数は0.0831と求められている。一方、解析結果は若干のバラツキを示しているが、これは解析手法・解法の違いではなく、前述の仮定(2次元解析, 乱流モデルを用いない)に起因していることが大きいと推定される。今後検討すべき課題であると考えている。

5. おわりに

2次元の乱流モデルを用いない直接シミュレーションではあったが、各手法・解法の統一的な比較ができたと考える。今後は、乱流モデルの導入(例えば Large Eddy Simulation など)等へ活動を進めて行きたいと考えている。尚、詳細な内容に関しては、現在「委員会報告」²⁾としてまとめているところである。

<謝辞>

貴重な解析結果ならびに新たな実験結果を提供して頂いた「風工学における数値計算の応用と評価」研究小委員会の委員の皆様方に感謝の意を表す。

<参考文献>

- 1) 例えば 岡島厚: 種々な断面辺長比の矩形柱周りの流れ, 日本風工学会誌第17号, (1982), 1
- 2) 風工学における数値計算の応用と評価 研究小委員会報告書(仮称), (1993)

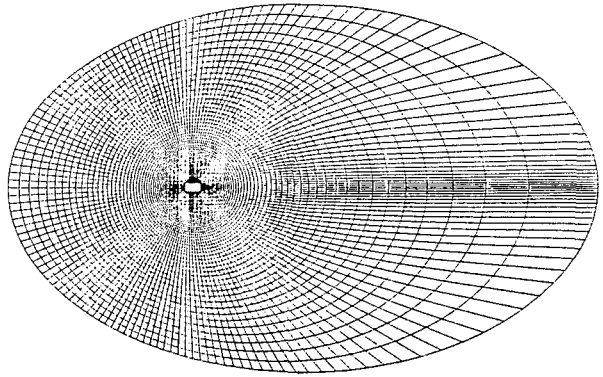


図-1 差分格子図(156x81)

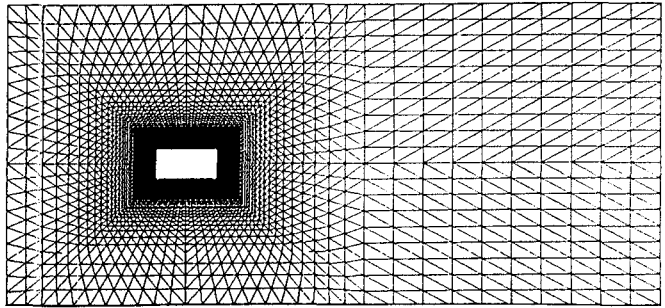


図-2 有限要素分割図

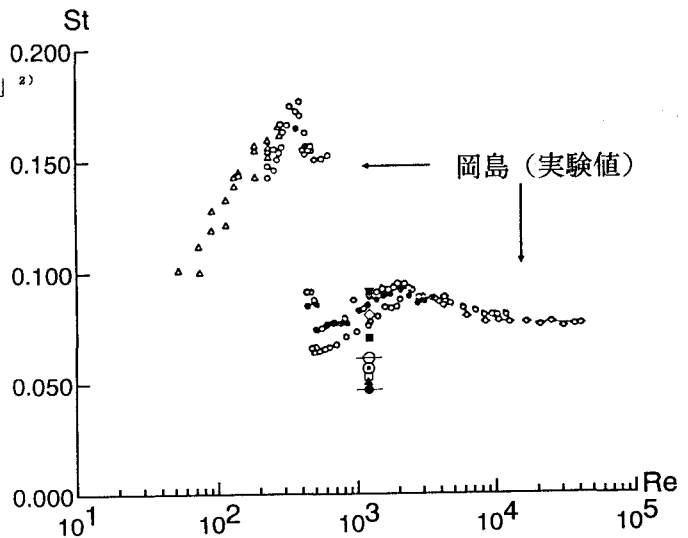


図-3 ストロハル数の実験値との比較