

I - B376 橋桁断面まわり流れ解析への2次元定常乱流解析の適用

川崎重工業 正会員 川本 英樹 川崎重工業 非会員 吉田 秀則
川崎重工業 正会員 尾立 圭巳

1. はじめに

橋梁等の土木構造物の耐風検討においては、近年数値流体解析を積極的に活用しようという気運が高まっているが、その中でも静的空気力特性が数値流体解析で検討できれば耐風検討の効率化が期待できる。このような状況下で、最近の研究¹⁾では橋桁断面等の流れ解析においては2次元断面についても3次元非定常解析が必要である、という報告が増えてきている。しかし設計実務へ数値流体解析を適用するためには、3次元非定常解析は最近の計算機能力の進歩をもってしてもいまだ非現実的であるため、2次元定常解析の適用性を確認することは非常に重要である。さらに2次元解析であっても乱流モデルを用いれば実際の現象を高精度に再現できるという報告²⁾もあり、適切な乱流モデルについても検討が必要である。

本研究では橋桁断面まわり流れ解析における2次元定常乱流解析の適用性を検証する目的で、長大橋への適用を想定した1箱桁および2箱桁断面についての静的空気力特性を数値流体解析で求め、同時に実施した風洞実験結果との比較によってその適用性を検討したので、その内容について報告する。

2. 風洞試験概要

風洞試験は当社の構造物風洞を用いて実施した。実験条件を以下に示す。

模型寸法：1箱桁（幅 $B=303.6\text{mm}$ × 高さ $D=40.0\text{mm}$ ）、2箱桁（幅 $B=373.6\text{mm}$ × 高さ $D=40.0\text{mm}$ ）
一様流速： $U=20.0\text{m/s}$

模型に作用する空気力は三分力天秤で計測し、同時に桁表面圧力分布の計測も実施した。

3. 解析コード

使用した解析コードは自社開発の3次元非定常圧縮性 NS 解析コードである³⁾。本コードは3次元圧縮性 NS 方程式を有限体積法（TVD スキーム）で解くものである。また時間積分には反復陰解法を使用した。さらに今回の解析では橋桁まわりの流れ解析に適切な乱流モデルを検討する目的も含めて、1箱桁断面についてのみ、異なる3つの乱流モデルを使用して解析を実施した。使用した乱流モデルは RANS モデルとして Spalart-Allmaras 1 方程式モデル⁴⁾（以下 S-A モデル）と $q-\omega$ 2 方程式モデル⁵⁾、SGS モデルとして Smagolinsky モデル（ $C_s=0.2$, Van Driest 型 Wall Dumping Function 使用）を用いた。（2箱桁断面については $q-\omega$ モデルでの解析のみ実施した。）なお RANS モデルでの解析には計算時間短縮のために局所時間刻み法を用いた定常解析を、SGS モデルについては非定常解析を実施した。

4. 解析条件

解析条件を以下に示す。

格子数：1箱桁断面（24,582 点）、2箱桁断面（43,350 点） — 図1に格子図を示す。

Re 数： 3.8×10^5 （桁幅を代表長とする。）

迎角： $-15^\circ, -10^\circ, -5^\circ, 0^\circ, +5^\circ, +10^\circ, +15^\circ$ の7ケース

5. 解析結果

解析結果の一例として、迎角 $+10^\circ$ のときの渦度分布図を図2に示す。実験結果と解析結果の比較について、迎角に対するモーメント係数 C_M の変化を図3に示す。1箱桁断面については、 $q-\omega$ モデルは定性的な傾向は3つのモデルの中でもっとも実験値に対応している。S-A モデルは実験値よりも小さな迎角で負勾配となっているが、これは S-A モデルが小さ目の乱流粘性を与える傾向があるためであると思われる。SGS モデルについては $C_M \text{ max}$ 値が多少大きくなる他、ここでは示していないが表面圧力分布を実験結果と比較すると桁上流側の負圧領域をかなり小さめに見積もっている。2箱桁断面については $q-\omega$ モデルでの解析

しか実施していないためモデルの違いによる比較はできないが、 $q-\omega$ モデルによって全体的には実験値に近い値が得られている。しかし迎角 5° 付近での負勾配などの微妙な変化はとらえられていない。ただし図は示していないが、 C_D, C_L についてはかなりの精度で実験値を再現できており、2箱桁断面に関しては他の乱流モデルでの解析も含めて詳細な検討が必要である。

6. まとめ

橋桁断面まわり流れ解析における2次元定常乱流解析の適用性を検証する目的で、1箱桁および2箱桁断面の迎角に対する静的空気力特性を解析した。その結果、1箱桁断面については $q-\omega$ モデルを用いた2次元定常乱流解析によってかなりの精度で実験結果を再現できることを確認した。ただし2箱桁断面での微妙な空気力特性の予測については、さらなる検討が必要である。

参考文献

- (1)平野、他；断面辺長比4の矩形断面の空力特性に関する2次元・3次元数値流体解析，土木学会論文集 No.598/I-44,1998
- (2)嶋田、他；矩形断面柱の空力特性と $B/D=2$ 断面柱の空力弾性振動の $k-\varepsilon$ モデルによる数値解析，第15回風工学シンポジウム論文集,1998
- (3)川本、他；強制振動する辺長比4矩形断面まわりの流れ解析，土木学会第53回年次学術講演会概要集第1部(B),1998
- (4)Spalart,P.R., et al. ; A One-Equation Turbulence Model for Separated Turbulence Flows, AIAA paper 92-0439,1992
- (5)Coakley,T.J. ; Turbulence Modeling Method for the Compressible Navier-Stokes Equations, AIAA paper 83-1693,1983

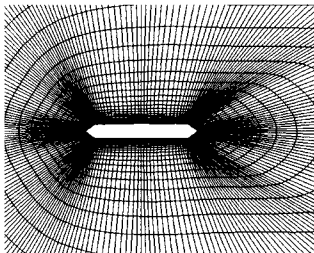


図1-(a). 1箱桁断面



図2-(a). 1箱桁断面

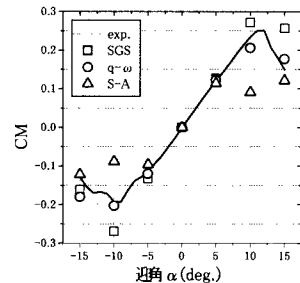


図3-(a). 1箱桁断面

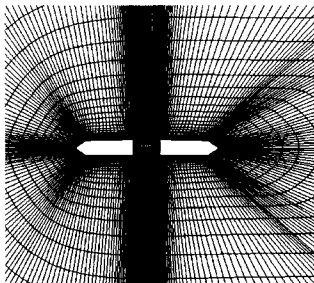


図1-(b). 2箱桁断面



図2-(b). 2箱桁断面

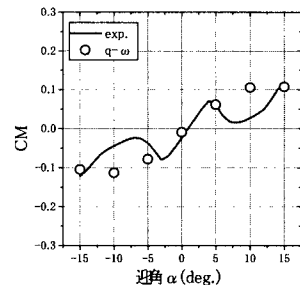


図3-(b). 2箱桁断面

図1. 解析格子図

図2. 渦度分布図
(迎角 $\alpha = +10^\circ$)

図3. 実験結果と解析
結果の比較