

圧縮性 NS 解析コードによる偏平箱桁まわりの流れ解析

川崎重工工業明石技術研究所 正会員 川本 英樹
同 上 非会員 吉田 秀則
川崎重工工業鉄構事業部 正会員 野上 千秋

1. はじめに

橋梁等の土木構造物の耐風検討には従来から風洞試験が用いられてきたが、近年風洞試験に数値流体解析を組み合わせることによって、より高度かつ効率的な耐風検討を実施しようという気運が高まっている。このような状況に対応するため、筆者らは土木構造物の耐風検討に適用できる数値流体解析コードの開発・改良を実施している。

本研究では当社が開発した圧縮性 NS 解析コードを用いて静止した橋梁桁断面に関する静的空気力解析を実施し、風洞試験による桁の静的3分力計測結果との比較を行ったので、これを報告する。

なお、本研究は土木学会構造工学委員会「風工学における数値計算の応用と評価」研究小委員会における共同研究の一環として実施したものである。

2. 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。本コードはこれまでターボ機械や風洞等の流れ場に適用され^{1),2)}、これらの解析対象については定量的に十分な解析精度が得られることが確認されている。解析コードの仕様を以下に示す。

解法：有限体積法（TVD スキーム）

格子：マルチブロック型格子

乱流： $q-\omega$ 2 方程式モデル使用

3. 解析条件

(1)解析対象

今回解析対象としたのは、静止状態の偏平箱桁断面³⁾に作用する静的空気力である。断面の詳細を図-1に示す。静的空気力としては抗力、揚力、空力モーメントの3分力に着目する。

(2)解析モデル

使用する解析コードは3次元コードであるが、今回はこれを2次元的に使用する。解析モデルを図-2に示す。格子点数は $120 \times 80 \times 2 = 19,200$ 点である。解析領域に対する偏平箱桁の閉塞率は迎角 0° の状態⁴⁾で5%以下としている。なお、本モデルは検討断面に対して比較的粗い計算格子の設定となっているが、これは実務への適用性を考慮してなるべく簡単かつ単純なモデルを用いた解析の試みである。

(3)解析条件

設定レイノルズ数は $Re = 2.625 \times 10^5$ （桁幅で整理）とした。解析は乱流モデルを用いないケース（解析1）、乱流モデルを用いたケース（解析2）の2ケース実施した。迎角は $-6^\circ, 0^\circ, +4^\circ, +6^\circ$ の4ケースとし、解析2については大迎角時の確認として $-15^\circ, +15^\circ$ の2ケースを追加した。

(4)比較データ

解析結果の比較データとして、風洞試験から得られた偏平箱桁断面の静的空気力⁵⁾を用いた。今回の解析条件は、この風洞試験に則したものとなっている。

4. 解析結果

解析1および解析2における解析結果を図-3に示す。解析1の結果は、抗力係数 C_D に関しては実験値と良く一致しているが、揚力係数 C_L 、空力モーメント係数 C_M に関しては実験値との対応が良くない。これは、乱流モデルを用いない、いわゆる直接計算に対して格子が粗すぎたために、剥離、再付着等の様子が正確にとらえられなかったためと考えられる。

一方、解析2の結果は C_L 、 C_M の、迎角 α に対する微妙な変化までは再現していないものの、 $-15^\circ \sim +15^\circ$ の広い迎角範囲において実験値に近い結果となっている。これより、比較的粗い格子を用いた場合でも乱流モデルを使用した解析を行えば、定性的な特性把握は可能であることがわかった。

5. まとめ

橋梁桁断面の静的空気力を圧縮性 NS 解析コードによって解析し、実験値と比較した結果、乱流モデルを用いない解析では格子が粗すぎたために剥離、再付着等の流れ場の様子を正確にとらえられず、実験値を再現できなかったが、乱流モデルを用いた解析では定性的にほぼ実験値に近い結果が得られた。しかし、空気力係数曲線の微妙な迎角特性の予測精度等については改善の余地があり、格子数、乱流モデル、流れ場の3次元性の影響等について今後さらに検討を行う必要がある。

参考文献

- (1)吉田、他；圧縮機直線翼列流路の三次元粘性流れ解析（機械学会論文集(B) Vol.59 No.561 1993-5）
- (2)河嶋、他；極超音速風洞の流路全体流れの数値解析（機械学会論文集(B) Vol.60 No.580 1994-12）
- (3)米田、他；偏平箱桁断面に対する水平プレートの空力制振効果に関する実験的研究（構造工学論文集 Vol.42A 1996-3）

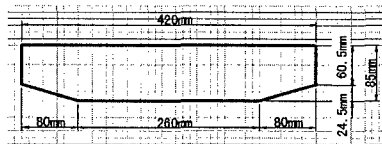
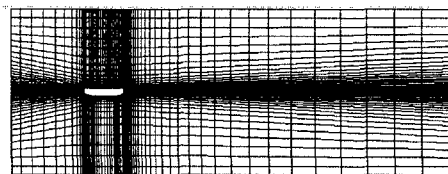
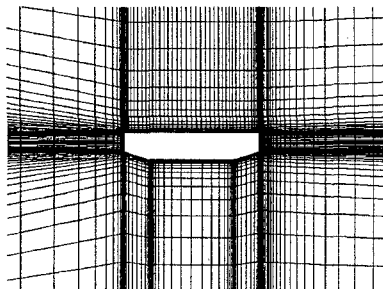


図-1. 解析対象断面



(a) 格子全体図



(b) モデル付近拡大図

図-2. 解析モデル

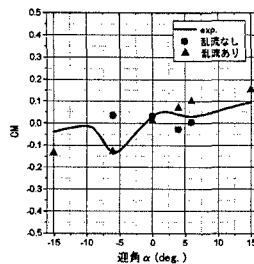
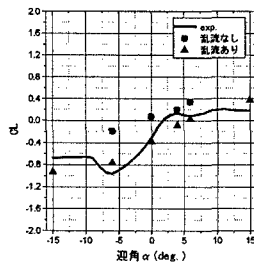
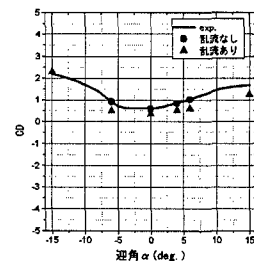


図-3. 解析結果