

○三井造船(株) 正員 平野 廣和
 三井造船(株) 正員 原 平八郎
 中央大学 正員 川原 睦人

1. はじめに

過去2回にわたり、有限要素法を用いた高レイノルズ数の粘性流体解析手法について、基本断面を用いて提案を行なって来た。本論ではこれらの解析実績を踏まえた上で、実際の橋梁断面に適用することを試みた。本解析手法も π 型断面を持つ吊橋回りの風の問題に適用し、解析結果と静的風洞試験(3分力試験)との結果とを比較することを行なった。

2. パラメータの設定

数値解析で用いる各パラメータは、次の要領で無次元化される。代表長 L 、代表流速 U を用いて時間 t と座標 x_i は次のように無次元化される。

$$T = \frac{tU}{L}, \quad x_i = \frac{z_i}{L} \quad (2.1)$$

数値解析で用いる L と U の値を座標と流速の縮尺倍率と考えれば、 $L=0.01$ 、 $U=1.0$ となる。以上より数値解析で用いるべき無次元量の動粘性係数 ν の値は、次のように定義される。

$$\nu = \frac{\mu}{\rho U L} \quad (2.2)$$

実際の空気において、 $0^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ での粘性係数の値は、 $\mu=1.743\times 10^{-6}\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}^2\sim 1.868\times 10^{-6}\text{kg}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ 、密度の値は、 $\rho=1.319\times 10^{-1}\text{kg}/\text{m}^3\sim 1.208\times 10^{-1}\text{kg}/\text{m}^3$ となる。式(2.2)を用いて数値解析で用いる空気の動粘性係数の値は、 $\nu=1.330\times 10^{-3}\sim 1.546\times 10^{-3}$ となる。以上の結果より、数値解析では $\nu=1.500\times 10^{-3}$ を用いることとした。

3. 解析結果と風洞実験との比較

実際の橋梁断面として、Fig-1に示す π 型断面を持つ吊橋を取り扱う。なお、簡略化のため、高欄地覆等は省略した。数値解析は迎角 $\alpha=0^\circ$ を基準とし、 $\alpha=\pm 5^\circ$ 、 $\alpha=\pm 10^\circ$ の5ケースの解析を行なった。Fig-2には $\alpha=10^\circ$ の有限要素分割図を示す。境界条件は、境界A-D及びB-Cにおいて $U=0.0$ 、橋梁断面の回りEで $U=V=0.0$ とした。レイノルズ数及び微小時間増分量 Δt の定義は以下の通りとする。

$$Re = \frac{V_0 d}{\nu} \quad (3.1)$$

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{C+V_0} \quad (3.2)$$

ここで V_0 は、境界A-Bで与えた入力風速 d は迎角 $\alpha=0^\circ$ における吊橋の風軸直角方向距離とした。また Δx は最少メッシュ間隔 C は音速をそれぞれ表わす。この問題において、レイノルズ数は $Re=2.0\times 10^5$ 、また微小時間増分量 Δt は $\Delta t=0.001$ である。

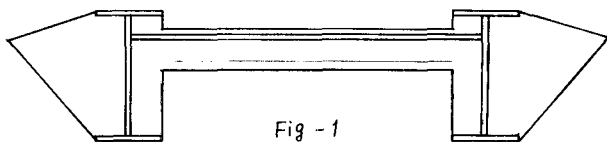


Fig-1

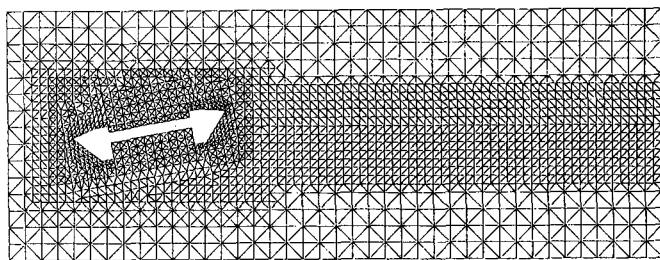


Fig-2

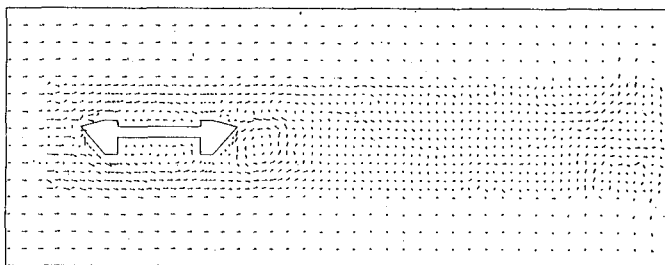
Fig-3 $\alpha=0^\circ$ $T=3.8$

Fig-3, 4は迎角 $\alpha=0^\circ$ 、Fig-5は $\alpha=+5^\circ$ 、Fig-6は $\alpha=-5^\circ$ 、Fig-7は $\alpha=+10^\circ$ 、Fig-8は $\alpha=-10^\circ$ の時の数値解析結果を示す。迎角 $\alpha=0^\circ$ では橋梁断面後方で渦がはきりと見られる。また時間が経過するにつれて、この渦が後方へ移動して行く現象がつかめている。迎角を付けた場合は、 $\alpha=0^\circ$ の場合に加えて、迎角が負になると橋梁断面の下側で、また正になると上側で剝離の現象及び、それに共なる渦の発生現象を見ることができる。

Fig-9は、数値解析で求めた C_D, C_L, C_M と実験で求めた各値との比較図である。数値計算で C_D, C_L, C_M を求める方法は、橋梁断面上の圧力を線積分することにより、 D （抗力）・ L （揚力）を求める。これらより、本四耐風基準に従って無次元化した係数が C_D, C_L, C_M である。これらの数値解析結果と、実験結果はほぼ等しい一致を示していると言える。

4. 終わりに

この論文で述べた方法により、静的状態を取り扱う問題に対しては、解析方法が確立したものと考えられる。

最後に、本研究を行なうに際して三井造船昭島研究所池ノ内空力研究室長から多大な御教示を得た。ここに記して感謝の意を表わす。

<参考文献>

M.Kawahara and H.Hirano "Two Step Explicite Finite Element Method for High Reynolds Number Viscous Fluid Flow", Proc. J.S.C.E. (inpress), 1982

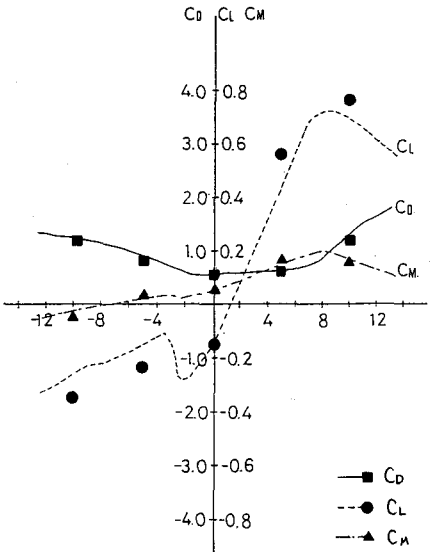


Fig-9

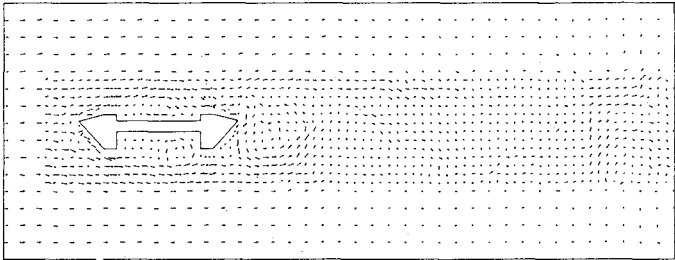


Fig-4 $\alpha=0^\circ T=4.0$

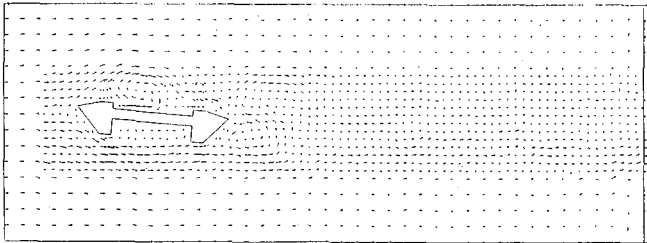


Fig-5 $\alpha=+5^\circ T=4.0$

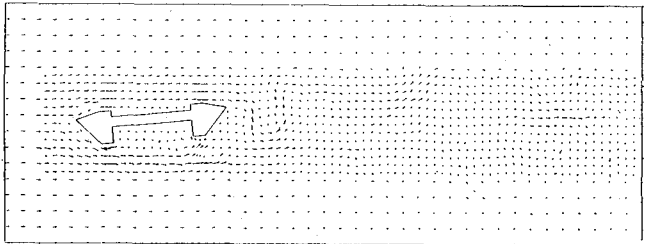


Fig-6 $\alpha=-5^\circ T=4.0$

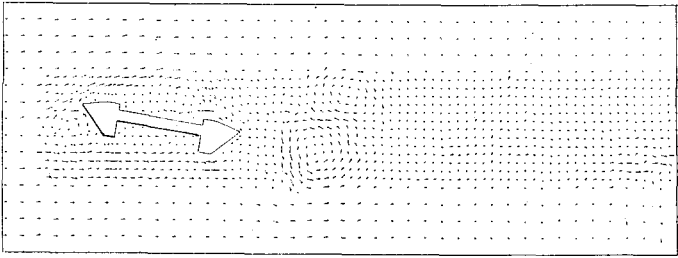


Fig-7 $\alpha=+10^\circ T=4.0$

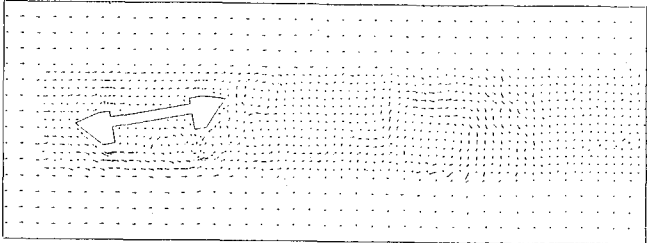


Fig-8 $\alpha=-10^\circ T=4.0$