

I - B10

橋梁断面に対する2次元有限要素流れ解析の適用性について

—静的三分力係数の測定値と解析値の対比—

川田工業 正会員 ○枝元 勝哉

川田工業 正会員 米田 昌弘

1. まえがき

風洞実験で得られた橋梁断面の静的三分力試験結果は、特定の迎角における風荷重の算定に加え、フラッター等が発現する可能性を探る上でも有益な情報を与える場合が多い。したがって、橋梁断面の静的三分力特性を数値計算により十分な精度で算出できれば、数値解析は種々の断面形状案の中から最適な断面を選択する上で極めて有用なツールになり得るものと考えられる。このような観点から、本研究は、斜張橋箱桁断面に関する既往の実験¹⁾をもとに有限要素法に基づく2次元流れ解析を実施し、2種類の異なる有限要素分割に基づいて計算された三分力特性を既往の実験結果と対比することにより、数値計算の適用性と問題点について述べるものである。

2. 解析の概要

本研究は、2次元流れ解析による静的三分力特性の把握を目的としているが、その際、要素の分割精度が計算結果に与える影響についても調査することとした。対象とした解析モデル（箱桁断面モデル）、および迎角 $+3^\circ$ における断面まわりの有限要素分割図を、計算パラメータとともに図-1に示す。図-1(a)に示す解析領域の大きさは、図-1(b), (c)に表した要素分割の精度に応じて変更するものとし、CASE 1では $30D \times 20D$ 、CASE 2では $39D \times 29D$ を採用した。また、計算パラメータを図-1(d)に示すが、CASE 2における閉塞率およびレイノルズ数は、文献1)における風洞実験時（風洞風速 5m/s ）の値と完全に一致させている。

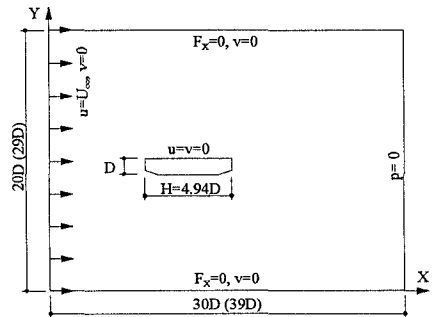
解析手法としては、従来の分離型有限要素法に陰的な改良を施した改良型BTD法²⁾を採用している。計算境界条件として、図-1(a)に示すように一様流速を与え、また、物体表面上にno-slip条件、両壁面上にはslip条件をそれぞれ課している。なお、分離型法では、圧力のポアソン方程式を解く際に流出境界上において基本境界条件を必要とするが、本研究では $p=0$ として対処している。

3. 解析結果と考察

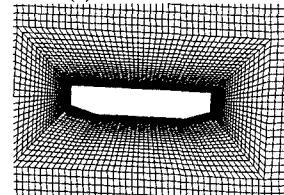
(1) 静的三分力特性の比較 CASE 1, CASE 2 のそれぞれについて計算した静的三分力係数を風洞実験結果と併せて図-2に示す。

はじめに、比較的粗い要素分割を使用して算出されたCASE 1に関する比較結果から、抗力係数 C_D については迎角 $\pm 2^\circ$ において値がいく分ばらついているものの、風洞実験結果とは比較的良好な整合性を示していることがわかる。一方、揚力係数 C_L および空力モーメント係数 C_M については、負の迎角範囲では良好な対応を示しているものの、正の迎角範囲では、実験値が負勾配を示しているのに対して、計算値の方は単調増加の傾向を呈する結果となった。

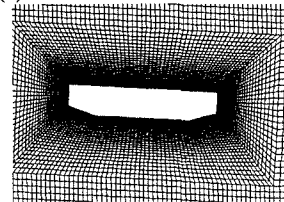
次に、細かい要素分割を使用したCASE 2の計算結果から、 C_D につ



(a) 解析領域



(b) 粗い要素分割 (CASE 1)



(c) 細かい要素分割 (CASE 2)

パラメータ	CASE 1	CASE 2
総節点数	8614	25535
総要素数	8400	25196
無次元時間きざみ	0.02	0.01
最小要素幅	0.01D	0.001D
閉塞率	5%	3.5%
レイノルズ数	1.0×10^4	2.8×10^4

(d) 計算パラメータ

図-1 解析モデル

Key Words : bridge section, aerodynamic coefficients, finite element flow analysis

〒114 東京都北区滝野川 1-3-11, TEL 03-3915-3301, FAX 03-3915-3771

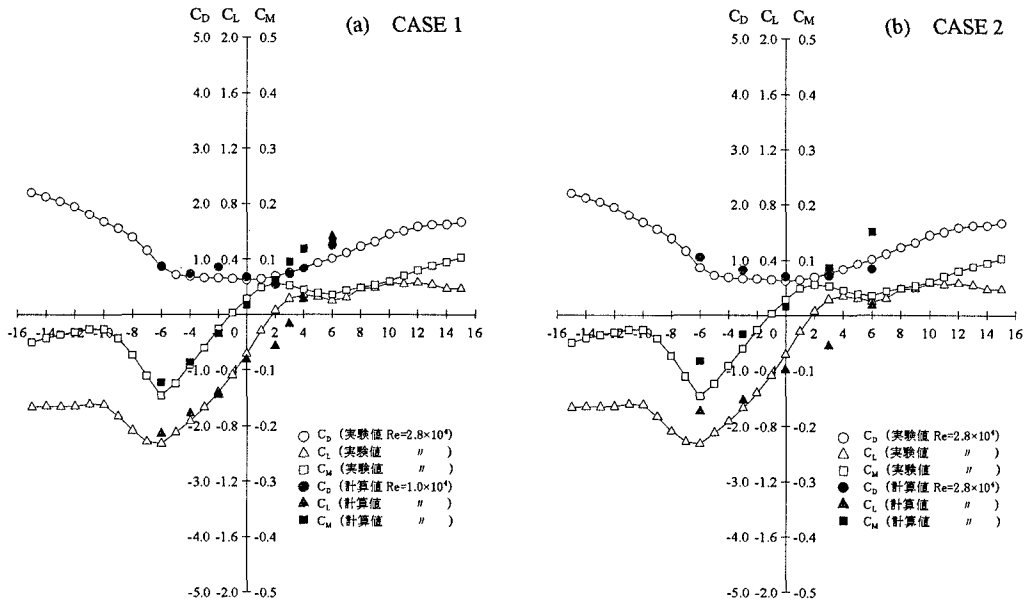


図-2 静的三分力特性の比較

いてはCASE 1の場合と同様に実験値と良い一致を示していることがわかる。また、CASE 1において認められた迎角 $\pm 2^\circ$ における C_D 値のばらつきは、CASE 2においては認められず、各係数の全体的な傾向としても滑らかな変化を呈する結果となった。これは、主として要素分割の精度を上げた影響と思われる。一方、CASE 2の C_L 、 C_M に関しては、CASE 1と同様にやはり単調増加の傾向を示しており、さらにCASE 1と比較して、 C_L 、 C_M の迎角に対する勾配が小さい傾向にある。このためCASE 2では、迎角 -6° においても実験値と大きな差を生じている。

(2) 等圧線分布の比較 CASE 1、CASE 2における橋梁断面まわりの瞬間的な圧力分布（迎角 $+6^\circ$ ）をそれぞれ比較して図-3に示す。図からわかるように、前縁からの剥離渦は、CASE 1ではほぼ橋面に沿って流下するのに対し、CASE 2ではやや上方に向かって流下している。図-2において、迎角 $+6^\circ$ におけるCASE 1の C_L 値がCASE 2の値を大幅に上回っているのは、このことに起因するものと考えられる。

4. まとめ

抗力係数 C_D については、CASE 1とCASE 2のいずれの計算でも実験値を比較的良好に再現することができた。一方、揚力係数 C_L 、空力モーメント係数 C_M に関しては、要素分割を細かくして解析精度を向上させても、実験で認められた正の迎角範囲における負勾配を再現することは出来なかった。このことから、2次元計算においては、要素分割の精度が必ずしも実験値との整合性の良否を左右するパラメータではないことが示唆された。今後は、3次元計算を実施することにより、上記知見のさらなる充実に努めたいと考えている。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活動の一環として実施したものである。

参考文献

- 1) 米田昌弘，宮地真一，瀬戸内秀規，枝元勝哉：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，pp.825-832，1996年3月。
- 2) 丸岡晃，太田真二，平野廣和，川原睦人：同次補間を用いた陰的有限要素法による非圧縮粘性流れの解析，構造工学論文集，Vol.43A，pp.383-394，1997年3月。

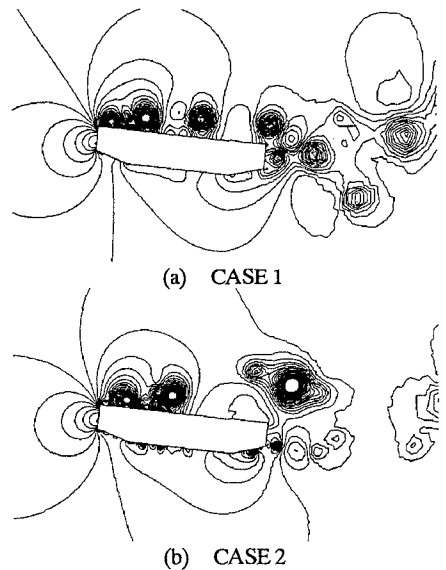


図-3 瞬間的な等圧線分布（迎角 $+6^\circ$ ）