

I-B4

CFDによる複雑橋梁断面の流場と空気力の解析

日立造船 正会員 白井秀治, 日立造船 正会員 植田利夫
 " 正会員 与口正敏, " 非会員 山口映二

1. はじめに

電子計算機性能の飛躍的向上と数値計算技術の発展に伴い、流体力学の多くの分野でCFDが適用され、有力な設計研究ツールとなっている。筆者らも、超長大吊橋の偏平箱桁断面耐風性を改善する過程で一連の数値解析を行うと共に2次元風洞実験を実施し、検討を加えた。以下に、その一例を示す。

2. 風洞実験

風洞実験は日立造船の風洞（幅2m、高さ3m）¹⁾で実施した。実験対象は、図-1に示すような4種類の超長大吊橋を対象とした6車線の偏平箱桁断面であり、縮尺は1/80である。Type Iは基本断面形状であり、Type IIは中央に吹き抜けを設けたものである。また、Type IIIは吹き抜け部に鉛直スタビライザーを設置し、Type IVは更にその両端部4ヶ所に水平スタビライザーを取り付け、耐風安定性を大幅に改善した複雑な断面形状である²⁾。

3. 数値解析

解析に用いた乱流モデルは最も一般的な標準 $k-\epsilon$ モデルで、基礎式は、連続の式、運動量の式、および乱れエネルギー k と粘性散逸率 ϵ に関する式を適用した^{3) 4)}。解析には有限体積法を用い、計算領域は物体適合格子で離散化し自動車防護柵も正確に評価した。また、ベクトル量はセルの境界で与え、スカラー量をセルの中央とするStaggered配置とし、移流項には1次精度風上差分を適用した。なお、時間進行法には陰的解法（Euler法）を用いており、時間刻みはCourant数から決定した。壁面境界条件には壁法則を適用し、壁面セル厚さは粘性底層等を考慮して定めた。本解析の境界条件をまとめて図-2に示す。

4. 実験値と解析値の比較

実験値と解析値の比較の一例として、Type IVの場合を図-3に示す。このケースの場合、両者はよく一致し、十分な推定精度となっている。また、全てのケースについて実験値と解析値の差を示すと、表-1のようになる。流線型箱桁断面であるType IとType IIについては C_D の推定精度が不十分である。しかし、図には示さなかったが、迎角 (α) に対する傾向は妥当（類似）なものになっている。

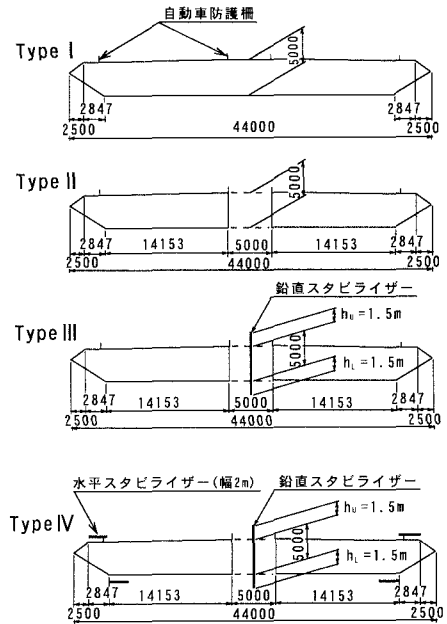


図-1 実験対象長大吊橋断面

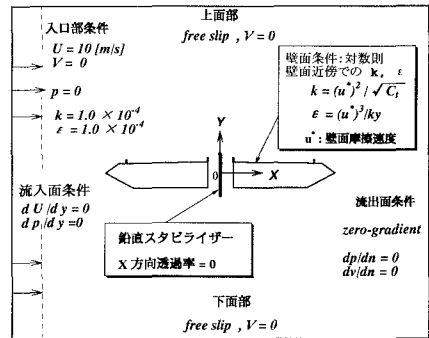


図-2 数値解析用境界条件

キーワード：長大吊橋、風洞実験、空気力係数、スタビライザー

〒551-0022 大阪市大正区船町2丁目2番11号 日立造船(株)技術研究所 TEL. 06-551-9334, FAX. 06-551-9841

$C_D = D / qh$, $C_L = L / qb$, $C_M = M / qb^2$
 h : 桁高さ, b : 桁の幅, D : 抗力, L : 揚力, M : モメント
 q : 速度圧, D ・ L ・ M は単位長さの値

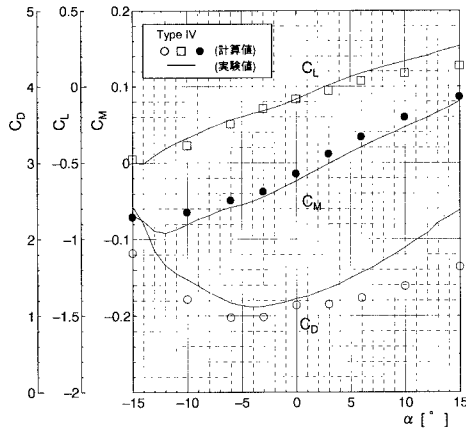


図-3 Type IV の空気力係数

5. 橋梁断面まわりの流場

計算結果の一例として、Type IV ($\alpha = -3^\circ$) の流線、圧力、乱れエネルギー、渦動粘性係数を図-4 (a) ~ (d) に示す。鉛直スリットは、その下流域に再付着型の剥離領域を形成し桁上下面の負圧を均一化する。このスリットの作用は迎角が変わっても大きく変化しないため空気力係数曲線勾配が緩和され、静的不安定現象（ダイバージェンス）が発生しにくくなっている。水平スリットは桁面上の流れを壁面に引きつけ、前縁の剥離を抑制したり、迎角変化に対する桁後端での剥離点の移動を抑制している。圧力は前縁部と鉛直スリット部で複雑に変化し、鉛直スリットには大きな風荷重が作用する。乱れエネルギーは鉛直スリットの端部と後流部で大きく、剥離領域で強い乱流となっている。また後流部では渦動粘性係数も大きくなっており渦の激しい混合による乱れの消散も大きいと言える。

6. おわりに

橋梁断面に関する一連の流場解析を行い空気力を計算し実験との比較を行った。その結果、流線型桁断面では桁後端での剥離位置の推定精度不足から定性的な一致に止まったが、スリット端部によって剥離の起こる剥離位置が明確な断面では満足のいく結果が得られた。今後、剥離現象の再現精度の向上を目的とした乱流モデルの改良を行うと共に超長大吊橋における重要課題である耐風安定性評価のための非常空空気力に関する数値解析を試みたい。

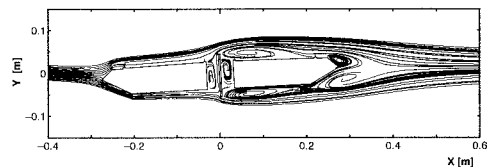
参考文献

- 1) 植田利夫, 田中 洋, 砂田博幸, 山口映二: 大型風洞設備の概要と性能, 日本風工学会誌, 第73号, H9. 10, 2) 植田利夫, 田中 洋, 山口映二, 砂田博幸, 畑中章秀: 超長大吊橋の桁の空力特性改善対策, 日造船技報, 第58巻4号, H10. 1,
- 3) 保原 充, 大宮司久明: 数値流体力学, 東京大学出版会, 1992. 3, 4) 棚橋隆彦: C F D, アイビーシー, H5. 4

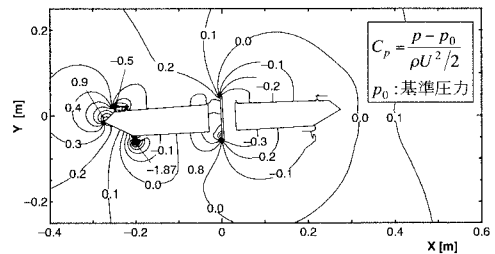
表-1 実験値と解析値の比較

	C_D		C_L		C_M	
	E _{max}	E _{min}	E _{max}	E _{min}	E _{max}	E _{min}
Type I	-0.12	-0.45	0.01	-0.38	0.05	-0.07
Type II	-0.10	-0.46	0.16	-0.33	0.18	0.04
Type III	0.04	-0.20	0.30	-0.26	0.22	-0.16
Type IV	-0.05	-0.26	0.02	-0.15	0.12	0.06

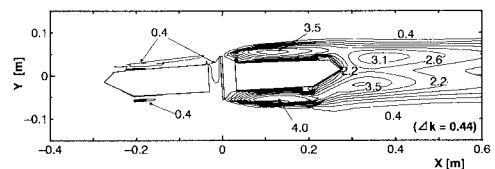
$E = (\text{解析値} - \text{実験値}) / \text{実験値範囲}$, max・min: 最大・最小
 実験値範囲 = 最大値 - 最小値; C_L , C_M
 = 最大値; C_D
 最大値と最小値は $\alpha = \pm 10^\circ$ の範囲で評価



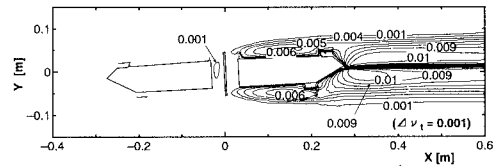
(a) 流線の状態



(b) 無次元圧力 (C_p) の分布



(c) 乱れエネルギー (k) の分布



(d) 渦動粘性係数 (ν_t) の分布

図-4 Type IV に関する流場解析結果