

渦点法による振れ振動中の橋梁断面周りの流れの推定

徳島大学大学院 学生員 ○村田 眞司
 徳島大学工学部 正 員 宇都宮英彦
 徳島大学工学部 正 員 長尾 文明

1. まえがき スーパー・コンピュータの登場により、数多くの数値シミュレーションが様々な分野で行われている。その中で、流体力学の領域では、主に航空分野を中心に数値流体力学と呼ばれる手法の開発が盛んである。風工学の分野でも、複雑な流体現象を説明する手段として、風洞実験を補完するための数値シミュレーションの必要性は、今後さらに増大すると思われる。静止物体周りの流れの解析については、これまでに数多くの基礎的研究が行われてきている。また、振動状態においても曲げ1自由度振動である撓み振動については、取扱いが容易なため比較的多く解析が行われてきており、著者等もある程度の成果を収めた。そこで本研究は、逆台形箱型断面周りの振れ振動状態時における空力特性を、渦点法を用いて解析を行った計算例を紹介するとともに、尾立により提案された¹⁾モーメントの計算方法の動的状態への適用性についても検討する。

2. 剥離流のモデル化

本解析で対象とするような鈍い物体周りでは、流れは物体表面から剥がれ、剥離剪断層となり後流領域を形成する。後流は、時間的、空間的に複雑に変化するので、厳密な理論的取扱いは極めて困難である。そこで、この流れが高Re (レイノルズ) 数領域($10^4 \sim 10^5$ 以上)にあると仮定し、粘性の影響を、物体表面近傍の境界層、および剥離剪断層に限り、その他の領域は、粘性のない完全流体とみなすことによって剥離を伴う非定常流のモデル化を渦点法を用いて試みた。(図1参照)

○ Vortex Point(渦点) ○ 境界層
 × Control Point(コントロールポイント) ● 剥離剪断層

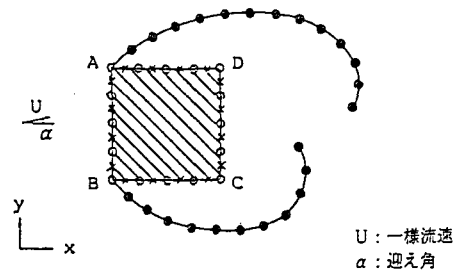


図1 剥離を伴う非定常流のモデル化

3. 計算手順

解析に用いた断面を図2に示す。各辺長は端部桁高さを無次元化した値を示している。解析を行うにあたって、モデルの原型となった弓削大橋の基本断面(高欄除去)および、基本断面の空力特性を向上させるために図2に示したフェアリングを付設した断面の空力応答特性を図3に示す。図3によると基本断面では換算風速 $U_r \approx 9.0$ 付近で発散振動である振れフラッター現象が発生しているが、一方、フェアリング付き断面では、フラッターは回避されている。そこで、フラッター時の空気力特性を見るために、加振振幅を 1° (倍振幅 2°)に固定して図中の解析点(黒丸印●)で示す換算風速に対して計算を行った。境界条件として、物体表面を垂直に横切る流速と物体との相対速度成分が0であるとしている。ところで、流れの場で渦点移動することによりこの境界条件が満たされなくなってしまうため、そこで微小時間後の境界条件を新たにコント

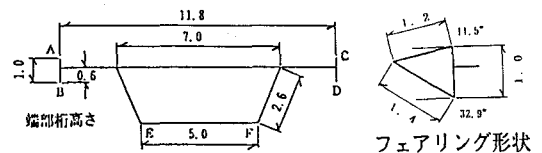
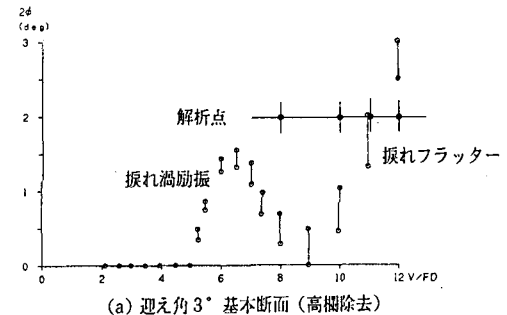


図2 解析断面モデル(弓削モデル)



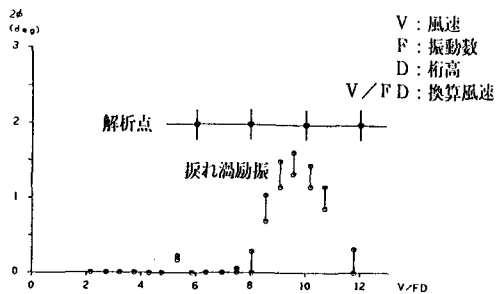
ロールポイントに代入することにより、その瞬間における物体表面上に配置した渦点の循環を決定した。

4. 計算結果及び考察 モーメント係数 C_M の履歴曲線を図4に示す。 C_M が時計周りに変化していることにより、基本断面、フェアリング付き断面共に、換算風速 $U_r = 10.0, 12.0$ において、流体力が励振力として働き、図3に示した実験結果と異なる結果となった。また、ねじれ振動する断面周りの渦点分布状況を図5に示す。図によると断面前縁で剥離した渦が物体上下面で再付着現象を起こし、その後流下していく様子が再現されていることが確認できる。ところで、本解析において物体表面近傍での渦の処理として、ある一定距離以内に侵入してきた渦点に対して減衰率を乗じ、さらに異常接近した渦点については、渦の強さが非現実的になるために消去するという操作を施した（図6参照）。その結果、物体に作用する非定常空気力特性が実験結果と異なったものと考えられる。また、本解析に用いたモーメントの計算方法は渦点の運動のみによって計算できるため渦点法における物体表面という曖昧な概念を用いずに済むという利点はあるが、振動物体に作用する非定常モーメントの推定にはさらに検討すべき課題が残されている。

5. あとがき 渦の物体表面上への再付着、そこからの離脱という物体表面上で起こっている現象を精度良く再現できるモデル化を試みるのが、流れの解明につながるものと思われる。具体的には、物体表面近傍の渦の処理をさらに改良する必要がある。

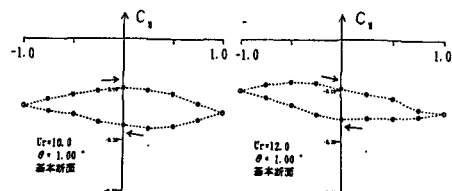
<参考文献>

- 1) 尾立, 宇都宮, 長尾: 第12回風工学シンポジウム論文集, 1992, 12

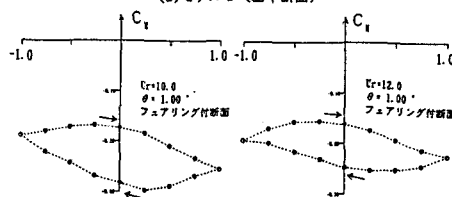


(b) 迎え角 3° フェアリング付き断面

図3 空力応答曲線 (V-A図)



(a) モデル1 (基本断面)



(b) モデル2 (フェアリング付き断面)

図4 モーメント係数 C_M の履歴曲線

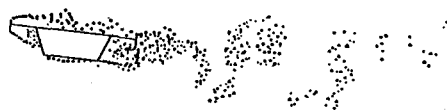


図5 渦分布状況

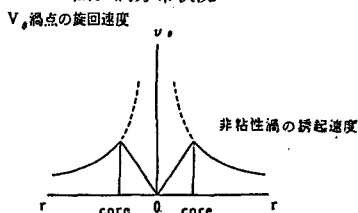


図6 粘性渦モデル

$$v_{\theta} = \begin{cases} \frac{1}{2\pi r} r & (r \geq \sigma) \\ \frac{r}{2\pi \sigma^2} r & (r < \sigma) \end{cases}$$

Γ は渦点の循環
 r は渦点の中心からの半径
 σ は粘性渦のcore