

渦点法による橋梁断面周りの流れの推定

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
 川崎重工業(株) 正 員 尾立 圭巳
 三井建設(株) 三野 由登

1. まえがき 逆台形箱桁断面の制振対策としてよく使用されるフェアリングは、美観的にも優れた多くの橋梁に採用されているが、フェアリングの形状は、橋梁断面毎に有効な形状が異なっており、試行錯誤的な風洞実験により最良の形状を決定しているのが現状である。本研究では、フェアリングのギャロッピング、振れフラッターに対する制振効果を、渦点法による数値解析と風洞実験によって調査した結果を報告する。橋梁断面の耐風安定性の評価は、静的三分力曲線により行った。

2. 解析方法 図1に示す単純化した橋梁断面およびその断面に図2に示すフェアリングを付けた断面が、一様流中にあるときの断面周りの流れを渦点法により解析し、迎角 α を変化させた時の、抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L 、モーメント係数 C_M について解析結果と風洞実験結果との比較を行った。抗力係数 C_D 、揚力係数 C_L 、モーメント係数 C_M は、図3に示される X 、 Y 、 M をもとに次式のように定義する。

$$\begin{aligned} C_D &= (X \sin \alpha + Y \cos \alpha) / (1/2) \rho D U^2 \\ C_L &= (-X \sin \alpha + Y \cos \alpha) / (1/2) \rho B U^2 \\ C_M &= M / (1/2) \rho B^2 U^2 \end{aligned} \quad (1)$$

また剥離剪断層は、断面の各角部から渦点を放出することによって表すことにした。風洞実験は、図1の断面とほぼ同形状の模型を作成し風速4m/sと8m/sの2風速について三分力試験を行った。

3. 解析結果及び考察 図4、図5に基本断面、フェアリング付き断面における風洞実験結果および解析結果を示す。図において、大きい○、△、□は渦点法による解析結果、小さい○、△、□を実線で結んだものは風洞実験結果である。なお、 C_M 曲線については C_L 曲線との区別

を明確にするため符号を逆にしている。これらの図より、フェアリングの付設によって C_L 曲線、 C_M 曲線の最大値を生ずる迎角は正の迎角側へ移動し、負勾配が急勾配になっていることがわかる。また、渦点法による解析結果は、フェアリングの付設による空気力特性の変化をほぼ再現している。図6、図7に、それぞれ基本断面およびフェアリング付き断面の C_L 曲線が(a)正勾配、(b)最大値付近、(c)負勾配の時の平均流速ベクトルを示す。図6、図7の両図において、迎角の変化に対する下面側の流れの変化は、上面側の変化に対して小さい。このことより、迎角の変化に対する空気力特性の変化は上面側の流れによるものが支配的であると考えられる。上面側の流れについて見ると、 C_L 曲線が正勾配を有する(a)図では、断面前縁部からの剥離流線は床版上面に再付着し、剥離バブルを形成している。この剥離バブルは迎角の増加とともに徐々に大きくなり、(b)図の状態では剥離流線が後縁部付近に達し最大の剥離バブルを形成している。剥離バブルの生ずる部分の表面圧力は負圧となるので、 C_L 曲線は(b)図の状態になるまで増加し続けるものと考えられる。また、さらに角度を振った(c)図では断面前縁部からの剥離流線は再付着を起こさなくなってい

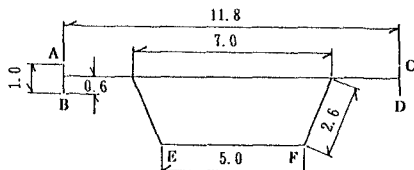


図1 単純化した橋梁断面

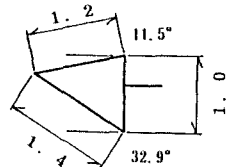
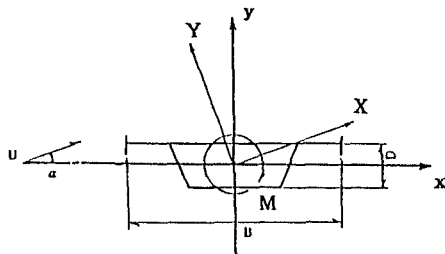


図2 フェアリング形状

図3 C_D 、 C_L 、 C_M の定義

る。このことから、 C_L 曲線の負勾配は、迎角の増加とともに負圧部分に後流からの流れが流入し、圧力が上昇することによって起こるものと考えられる。 C_M 曲線については、剥離点近傍における負圧が強いことと、再付着点で大きな圧力上昇があることより、 C_L 曲線より若干小さい迎角において最大値を生ずるものと考えられる。また、図6と図7の比較では、フェアリングが断面前縁部からの剥離を抑えることにより、フェアリング付き断面は基本断面より大きな迎角において(b)図の状態になっていることがわかる。また、断面前縁部下面側に生ずる剥離バブルは、基本断面の場合には迎角の増加に伴い小さくなっているのに対して、フェアリング付き断面の場合には大きな変化を示さず、大きな迎角においても依然として基本断面より大きな剥離バブルを形成していることがわかる。この剥離バブルは、下向きで頭下げ方向に作用するため、フェアリングを付けることによって C_L 曲線、 C_M 曲線の負勾配が急勾配になるものと考えられる。これらの結果より、フェアリングの制振効果は C_L 曲線、 C_M 曲線の負勾配を、自然風下では生じないと考えられる大きな迎角まで移動させることによって得られるものと考えられる。

また、フェアリングの付設によって、負勾配が急勾配になることより、フェアリングは逆に耐風安定性を悪化させる可能性もあると考えられる。

4. あとがき

フェアリングによる制振効果が渦点法による解析によって示された。今後、さらに断面形状、フェアリング形状などの形状パラメータを変化させて、個々の橋梁断面に対する有効なフェアリングの形状について検討する予定である。

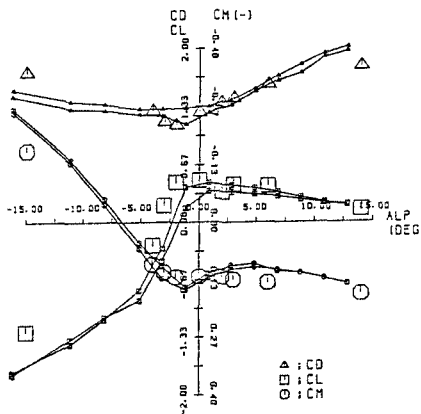


図4 三分力曲線(基本断面)

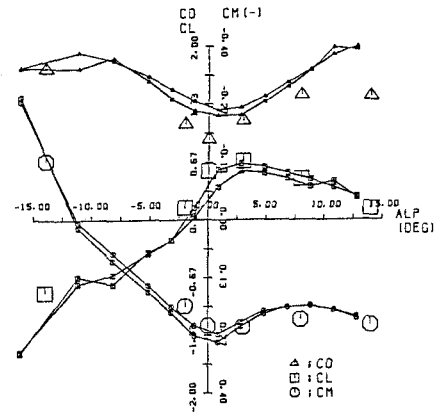


図5 三分力曲線(フェアリング付き断面)

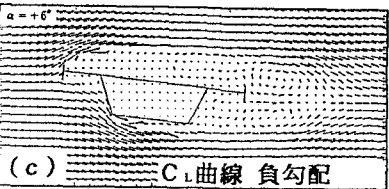
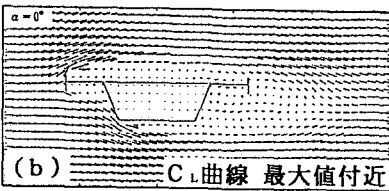
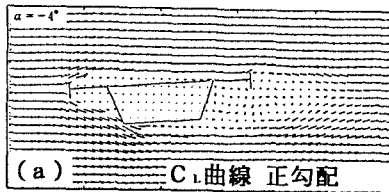


図6 平均流速ベクトル(基本断面)

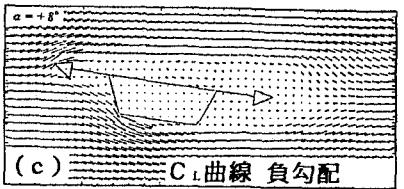
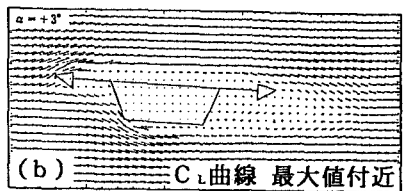
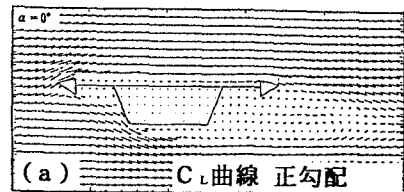


図7 平均流速ベクトル(フェアリング付き断面)