

PC斜張橋の耐風安定化用フェアリング形状

九州工業大学 学生員 野上千秋
 九州工業大学 正 員 久保喜延
 九州工業大学 学生員 尾崎智之
 九州工業大学 正 員 加藤九州男

1. まえがき

斜張橋は多種多様の形式で架設されるようになってきたが、使用される材料も鋼のみならず、コンクリートも用いられるようになってきた。斜張橋の歴史を見ると、建設当初は桁も塔も鋼製であったが、材料の特性を生かすという観点から、桁は軽い鋼製とし、大きな圧縮力が作用する塔はR.C. 製という混合斜張橋が作られ、さらに維持管理上の観点から桁も塔もコンクリートで作れないかとのことで、桁はPC製塔はRC製というPC斜張橋が日本各地で架設されるようになってきた。

耐風制振対策としてフェアリングを用いた方法は、これまでに数多く検討されてきている。鋼桁の場合のフェアリングは構造部材として使われることは少なく、製作上の問題とも関連して主構造に付加するものとなっている。それに対してPC桁の場合は、考え方によれば構造部材の一部とも成り得るものである。鋼桁の場合との大きな差としては、鋭角な端部を作ることは維持管理および製作の両面から避けなければならないこと、さらにフェアリング部を大きくすることは死荷重を増すことにもなることなどが考えられるため、できるだけ小さなフェアリングとすることが必要であろう。そこで本研究では、フェアリングの形状と応答特性との関連について自由振動実験と流れの可視化によって検討を加えることにした。

2. 実験方法および実験結果

実験に用いた基本断面は、図1に示すようにPC斜張橋としてわが国で最も径間長の長い呼子大橋と同型の箱桁断面で、フェアリング部を取り除いたものである。なお、このフェアリング部はウィンドノーズとも呼ばれるが、ここではこのような形状はフェアリングに包含されるものと考えている。なお、この種の桁の空力弾性振動は、桁の上面での剥離が主となって生じるとの観点に立っているため、実験に用いたフェアリングは、上面角度が $10^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ のそれぞれにおいてフェアリング先端の厚さを3段階に変化させた計9種類とした。今回は、実験遂行上の都合により、振り振動に着目して十字バネを用いた振り1自由度振動系で自由振動実験を、流動パラフィンを用いたスモークワイヤー法による振り強制加振状態での可視化実験を行ない、応答特性と周辺流れとの関係を把握することにした。なおフェアリングの名称としては、図2に示しているものを用いている。

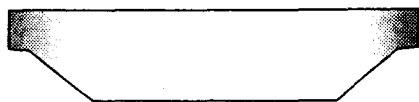


図1 基本断面形状

①応答実験結果について 応答特性の評価は、各風速における系の減衰率を測定した後に、構造減衰率を差し引くことによって得られる空力減衰率の形で整理してある。迎角の影響も見るために、迎角としては $\alpha = \pm 3^\circ$ と $\alpha = 0^\circ$ について実験を行っており、図3は迎角 $\alpha = +3^\circ$ のときのそれぞれの上面角度 θ での先端厚さ h をもつフェアリングによる空力特性を振り倍振幅 $2\phi = 3.7^\circ$ について見たものである。これによると $\theta = 10^\circ$ のものでは、F10AおよびF10B

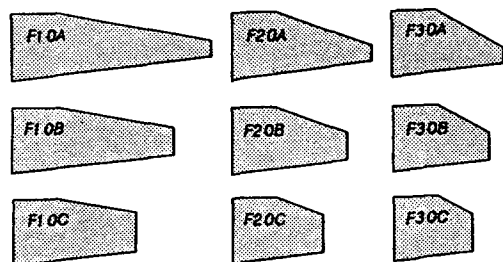


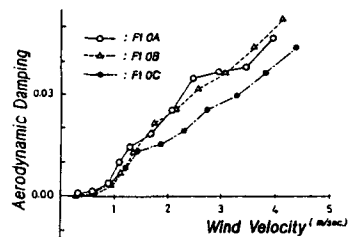
図2 フェアリング形状の種類

はほとんど同じ特性をしているが、先端厚さの大きいF10Cは空力特性が悪くなっている。F20のケースもF20AおよびF20Bはほぼ同様の傾向をしているが、F10のケースと異なるのは、先端厚さが最も大きいF20Cが極端に空力的に安定になっていることである。これに対してF30のケースでは、先端厚さが大きくなるにつれて順次空力的に安定となっている。しかしながら、F10およびF20と比較して特に異なっているのは、 $Vr < 1$ で負減衰があらわれており、渦励振発生の可能性を有していることである。これらの他に、特に比較をしておかなければならないものとして、図4のF20のケースの $\alpha = 0^\circ$ の場合である。ここでは、F20Aは $2.5 < Vr < 3.8$ で、F20Cは $Vr < 1$ で空力弾性振動発生の可能性があることを示している。これらの結果からすると、F20のケースはかなり不安定な要素を持っているようである。

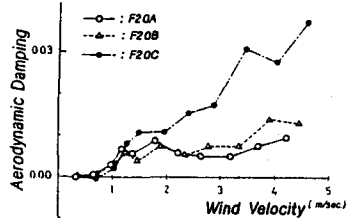
②流れの可視化からの考察 図5は $Vr = 0.8$ における流れの可視化のスケッチである。これによれば、F10ではフェアリング先端の厚さが薄いF10Aの場合は、フェアリング先端で剥がれた流れはフェアリング上で巻き込みを形成した後に断面中央より上流側で再付着し、後流側に大きな渦を形成している。これに対して、先端厚さが厚いF10Cの場合は、フェアリング先端で剥がれた流れは、断面中央部の上面で再付着している。剥がれた流れの巻き込み時に負圧が発生し、しかも巻き込み範囲が小さいほど強い負圧が生じることを考えれば、フェアリング先端の厚さが薄くフェアリングが長いものの方が空力的に安定な効果を与えるといえる。また、F30についてみると、フェアリングの長さが短いものは、下面側剥離に影響を与え、下面フランジ上に渦を発生し易くしている。このようにフェアリング長さが長いほど一般に空力的に安定となる傾向にある。次に、フェアリング上面角度 θ の効果について見てみよう。F30シリーズとF10シリーズとを比較すると、 $\theta = 30^\circ$ のF30では上側フランジ上での渦の形成が $\theta = 10^\circ$ のF10シリーズよりもより明確となっていること、しかも渦の形成範囲が狭く、発生負圧が大きいことが推測される。このことが、低風速での渦励振を生じさせる要因となっているものと考えられる。

3. まとめ

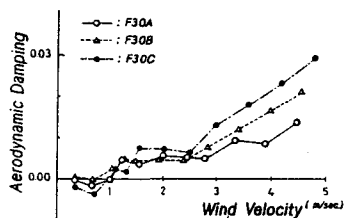
本研究は、振り振動の場合の結果のみによる考察となっているため、たわみ振動特性を含んだ形での一般的な議論とはなりにくい。ここで考察の対象としたフェアリング形状の中から、PC斜張橋のフェアリング形状として選ぶとすると、F20Bであろう。これの空力特性を見れば、どの迎角においても空力減衰は正であり、死荷重に直接関与する断面積もこの中では小さい方に属する。仮に負空力減衰よりも構造減衰率が絶対値で大きいことが既知であれば、F30Bが次の候補となるであろう。今後さらに詳しい検討を表面圧力の測定等によって行なう予定である。



(1) F10 フェアリング



(2) F20 フェアリング



(3) F30 フェアリング

図3 $\alpha = +3^\circ, 2\phi = 3.7^\circ$ の空力減衰

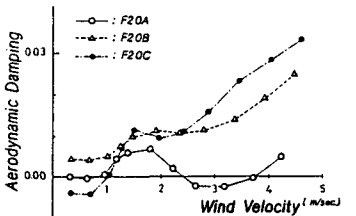


図4 F20の $\alpha = 0^\circ, 2\phi = 3.7^\circ$ の空力減衰

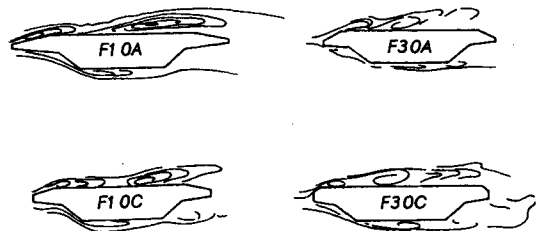


図5 可視化のスケッチ ($\alpha = 0^\circ$)