

剥離流干渉を考慮したフェアリング効果と桁形状との関係

九州工業大学	学生員	小石	明
九州工業大学	正員	久保	喜延
九州工業大学	学生員	田崎	賢治
九州工業大学	正員	加藤	九州男

1. まえがき 長大なPC斜張橋の耐風制振法として、フェアリングを使用することが多くなっている。また、フェアリングとしてはできるだけ小規模で施工性が高く、なおかつ桁断面と一体化したものが望ましい。これまでの筆者らの研究によれば、複数の剥離点での剥離流の干渉作用を利用して空力弾性振動を制振する方法（ここでは剥離流相互干渉法と呼ぶ）を用いると、非流線型の高いフェアリングでも高い耐風安定性を得ることができる。この手法をPC斜張橋の桁断面として最近注目されている図1に示すような開断面桁のフェアリングに適用したところ、有効に作用することが確認された。なお、開断面桁では剥離流の再付着が生じにくいいため、再付着の生ずる桁断面を用いて、剥離流の再付着によってフェアリングの効果が影響を受けるかどうかを検討する必要が生じた。このため本研究では、図2に示す閉塞断面桁を用いて実験を行った。

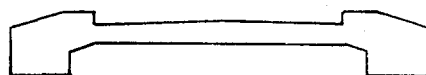


図1 開断面桁

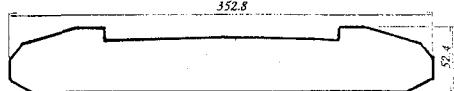


図2 閉塞断面桁

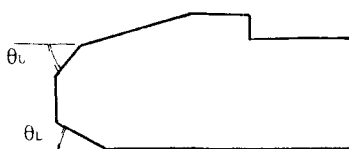


図3 フェアリング拡大図

2. 実験方法 実験には測定断面が $1.07 \times 1.07\text{m}$ の風洞を使用し、ねじれ1自由度振動実験を行った。使用した模型を図2に示す。これは、図1で示したPC斜張橋開断面桁の開断面部を閉塞することにより下部の形状を変化させたものである。下面側での剥離流相互干渉法の効果を再検討するために図3に示すフェアリング下面傾斜角 θ_L を、 $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 50^\circ$ に、迎角 α を $+6^\circ, +3^\circ, 0^\circ, -3^\circ, -6^\circ$ に変化させて実験を行った。なお、フェアリング上面傾斜角 θ_U は、これ以前の研究結果より $\theta_U=50^\circ$ に固定している。

3. 実験結果 図4(a), (b)および図5(a), (b)は、それぞれ開断面桁と閉塞断面桁の迎角 $\alpha=-6^\circ$ におけるねじれ振動実験の応答図である。横軸は換算風速 $V_r(V_r=V/fd)$ を示し、縦軸は倍振幅 2ϕ を示している。開断面桁では、迎角 $\alpha=0^\circ$ より負の迎角で応答が現れたのに対し、閉塞断面桁では迎角 $\alpha=-6^\circ$ 以外では応答が現れなかった。図4(a), (b)によると、下面傾斜角 $\theta_L=30^\circ$ に近づくにつれ渦励振応答振幅は、徐々に小さくなり、 $\theta_L=30^\circ$ では渦励振は発生していない。また、図5(a), (b)をみると、下面傾斜角 $\theta_L=25^\circ, 30^\circ, 35^\circ$ では目立った渦励振は発生せず、フラッター発振風速も $\theta_L=30^\circ$ が最も高いことが分かる。また、同様に図5(a), (b)でも下面傾斜角が $\theta_L=30^\circ$ に近づくにつれ渦励振応答振幅は徐々に小さくなり、 $\theta_L=30^\circ$ では渦励振は発生していない。図6は迎角 $\alpha=-6^\circ$ でのフラッター発振風速と下面傾斜角との関係をあらわしたものである。これらの図から、開断面部を塞いだことにより閉塞断面は空力的に、より安定化したものの基本的な傾向は変化していないと考えられる。図7は迎角 $\alpha=-6^\circ$ 、倍振幅 $2\phi=0.7$ における空力減衰率と換算風速 V_r との関係を示したものである。空力減衰率が正の値であると、安定した空力特性をもつ。この図から次のようなことが読みとれる。 $\theta_L=20^\circ, 25^\circ, 40^\circ, 50^\circ$ のものの空力減衰率はある風速まで急激に増加するが、それより高風速域では減少しており、とくに $\theta_L=30^\circ$ から離れるにしたがってその傾向は強くなっている。また、渦励振の発生した低風速域と、フラッターの発生した中・高風速域で負の値をとっている。 $\theta_L=30^\circ$ および 35° のものは風速の増加に対して低風速域から高風速域まで常に正の値で線形的に緩やかに増加している。したがって下面傾斜角 $\theta_L=30^\circ$ のフェアリングが最も高い耐風安定性を持っていると言える。

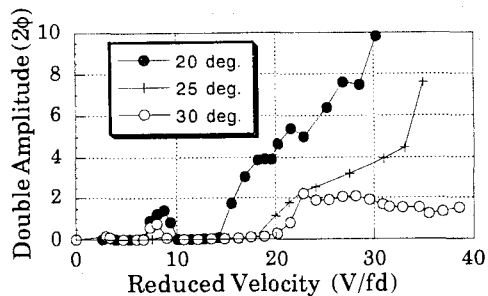


図 4 (a) 開断面桁応答図 ($\alpha = -6^\circ$)

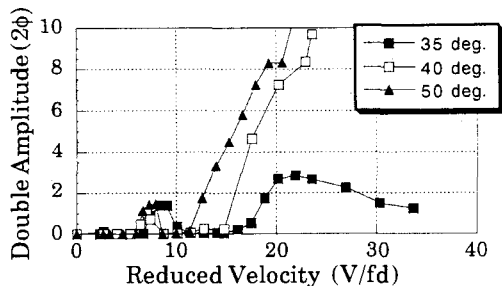


図 4 (b) 開断面桁応答図 ($\alpha = -6^\circ$)

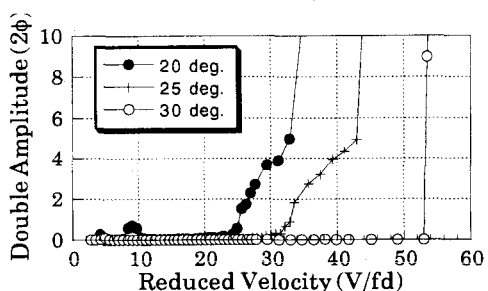


図 5 (a) 閉塞断面桁応答図 ($\alpha = -6^\circ$)

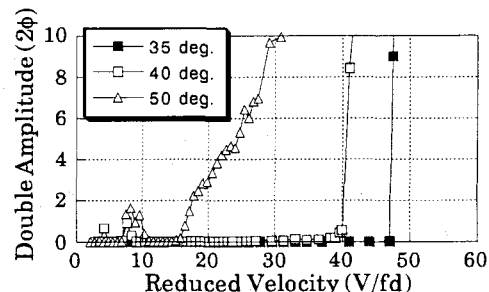


図 5 (b) 閉塞断面桁応答図 ($\alpha = -6^\circ$)

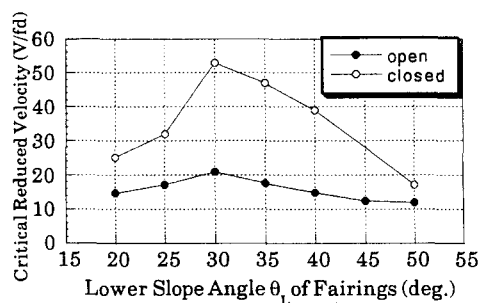


図 6 フラッター発振風速と下面傾斜角の関係

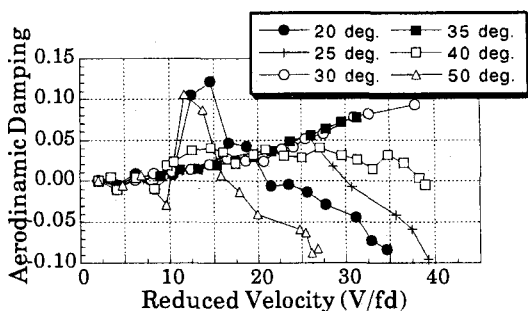


図 7 閉塞断面での空力減衰率と換算風速の関係 ($\alpha = -6^\circ, 2\phi = 0.7^\circ$)

4. まとめ 以上の結果をまとめると次のようになる。

- 1) 開断面部を閉塞することにより空力的に安定化した、フェアリングの効果は変化しておらず、剥離流の再付着によるフェアリング特性への影響は少ない。
- 2) 開断面桁と同様に剥離流相互干渉法は閉塞断面桁にも有効に作用した。
- 3) 剥離流相互干渉法を用いると、フェアリングを非流線型性の高い小規模のものにでき、死荷重を減少させることができる。
- 4) 小規模なフェアリングを用いることにより、フェアリングを構造部材の一部とすることが可能となる。

今後はフェアリング上での干渉現象の把握、フェアリングの空力特性に関するパラメーターの抽出、さらにはレイノルズ数の影響などを考慮した研究の遂行が必要である。

参考文献

- 1) 本多、久保他；剥離流相互干渉法によるフェアリング形状の選定：第 47 回年次学術講演会概要集