

I-250 剥離流相互干渉法によるフェアリング形状の選定

竹中工務店 正員 本多 健二
 (研究当時、九州工業大学大学院生)
 九州工業大学 工学部 正員 久保 喜延
 九州工業大学 工学部 学生員 田崎 賢治
 九州工業大学 工学部 学生員 周 建斥

1. まえがき

斜張橋の耐風対策の1つに、フェアリングを用いて断面を流線形化することにより、空力弾性振動の制振を試みる方法があるが、PC斜張橋の場合、フェアリング形状によっては経済性あるいは施工性において問題となることも考えられる。これらの問題点に対して著者等は、PC斜張橋閉断面桁を対象として、耐風特性を改善させ、しかもできるだけ小規模で、施工性の良いフェアリング形状の選定について検討を進めてきた¹⁾。この場合の基本となる考え方は、Fig.1に示すように、それぞれの剥離点で生じる剥離流の相互干渉作用を利用して、空力弾性振動を制御しようとするもので、ここでは、この方法を剥離流相互干渉法ということにする。閉断面桁に、この剥離流相互干渉法を適用すると比較的流線形性の高い断面においても耐風特性が改善され、しかも死荷重を減少できることが判明した。そこで本研究では、この剥離流相互干渉法をPC斜張橋開断面桁に適用し、その有効性の検討を目的としたものである。

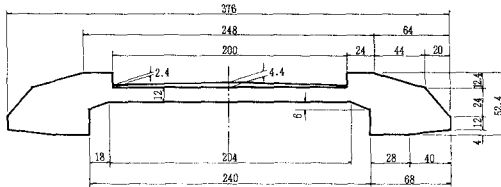
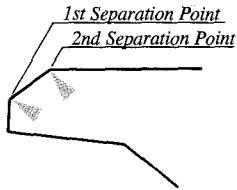


Fig.1 Definition of two separation point of closed deck section

Fig.2 Fundamental cross section of open deck section

Fig.3 Definition of θ_u, θ_L

2. 実験方法

実験には、測定断面が 1.07×1.07 mの風洞を使用し、ねじれ1自由度振動実験を行った。実験に使用した模型はFig.2に示すようなPC斜張橋開断面桁を対象とし、この空力特性改善に閉断面桁の場合と同様に、剥離流相互干渉法を適用した。Fig.3に示すように、フェアリング上面傾斜角 θ_u と下面傾斜角 θ_L に着目して、もとの断面を大きく変更することなく、またできるだけ死荷重を減少させ、空力特性の改善を試みるため、これらの傾斜角を適当に変化させた。しかし、上面傾斜角については閉断面桁の結果をもとに $\theta_u = 50^\circ$ に固定して、下面傾斜角 θ_L のみを 20° から 50° まで 5° ずつ変化させた7つの模型について実験を行った。それぞれのフェアリングの渦励振域における耐風安定性の評価は、測定減衰率から構造減衰率を差し引いて求めた空力減衰率の形で、また、模型周辺流れと応答特性との関係を把握するために可視化実験も行った。

3. 実験結果

Fig.4, Fig.5は、それぞれ迎角 $\alpha = 0^\circ$ におけるフェアリング下面傾斜角 θ_L が $20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ のときと θ_L が $35^\circ, 40^\circ, 45^\circ,$

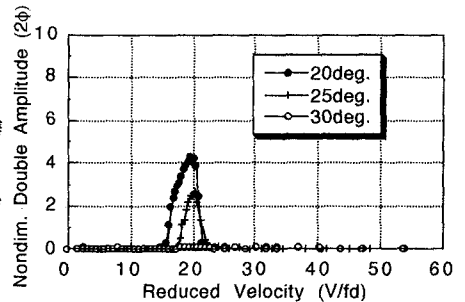


Fig.4 Aerodynamic response at $\alpha = 0^\circ$. ($\theta_L = 20, 25, 30^\circ$)

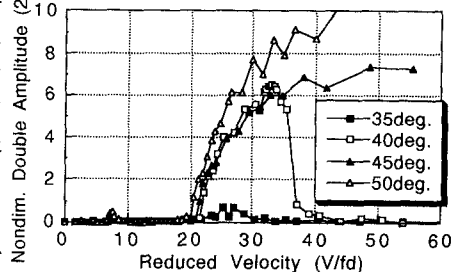


Fig.5 Aerodynamic response at $\alpha = 0^\circ$. ($\theta_L = 35, 40, 45, 50^\circ$)

50° のときの応答図を示したものである。横軸には換算風速 $V_r (=V/fd)$ 、 V : 風速、 f : 固有振動数、 d : 桁高) を示し、縦軸には倍振幅 2ϕ を示している。この図によれば、 θ_L が 20°, 25° のとき渦励振が生じており、 θ_L が 30° に近づくとつれて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ことがわかる。また、 $\theta_L=35^\circ, 40^\circ$ で渦励振が生じており、 $\theta_L=45^\circ, 50^\circ$ ではフラッターが発生している。渦励振についてみると θ_L が 30° から増加して、 θ_L が 35°, 40° と増加するにつれて、渦励振応答振幅は大きくなっている。さらに、 θ_L が 40° ~ 45° の範囲では、同じ発振風速のもとで渦励振からフラッターに移行している。

Fig.6(a),(b)は、それぞれ $\alpha=-3^\circ, -6^\circ$ のときの渦励振域における無次元倍振幅 2ϕ と空力減衰率 δa の関係を示したものである。 $\alpha=-3^\circ$ では $\theta_L=30^\circ$ が最も安定した空力特性を示しており、 $\theta_L=25^\circ$ あるいは 20° が不安定な空力特性を示している。また、 $\alpha=-6^\circ$ では $\theta_L=30^\circ$ あるいは 25° が安定した空力特性を示しており、 $\theta_L=40^\circ, 45^\circ$ が不安定な空力特性を示している。Fig.7は負の迎角の場合におけるフラッター発振風速とフェアリング下面傾斜角の関係を示したものである。この図からも $\theta_L=30^\circ$ でフラッター発振風速が最大となっており、Fig.2に示すようなPC斜張橋開断面桁では $\theta_L=30^\circ$ としたときのフェアリングが最も安定した空力特性を示している。そこでFig.8の渦励振域での可視化のスケッチと対応させると、 $\theta_L=20^\circ$ および 40° の場合、剥離渦が模型表面上に生成しているのに対し、 $\theta_L=30^\circ$ では表面上に剥離渦は見られず、フェアリング下面傾斜角 $\theta_L=30^\circ$ 付近において、それぞれの剥離点で発生する剥離流が相互干渉しやすい位置関係にあったため、剥離流の相互干渉作用が生じ、振動を誘起する有害な剥離流を制御したものであると考えられる。

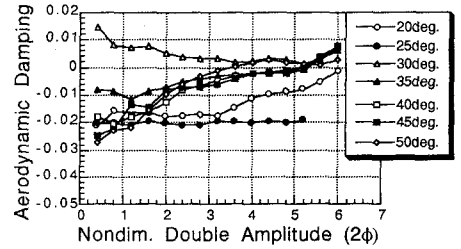
4. まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。

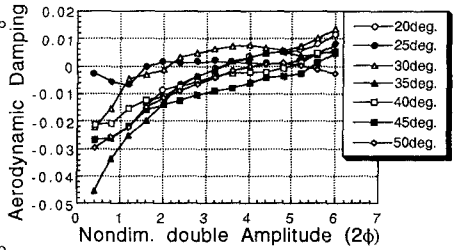
- 1) 閉断面桁と同様に剥離流相互制御法は、Fig.2に示すような開断面桁にも有効に働くことが判明した。
- 2) PC斜張橋桁の場合におけるフェアリングによる剥離流相互干渉法は、比較的非流線形性の高い断面に対して、耐風特性を改善することができ、死荷重を減少させることができると考えられる。
- 3) 剥離流相互制御法を用いることは、鋼桁の場合にも有効であり、フェアリングを構造部材の一部として用いることも可能となると考えられる。

今後は、レイノルズ数の影響を考慮した形で、定量的な研究を遂行していく計画である。

- 1) 野上、久保他; PC斜張橋用フェアリング形状について,平成2年度土木学会西部支部発表会講演概要集



(a) Angle of attack $\alpha = -3$ deg.



(b) Angle of attack $\alpha = -6$ deg.

Fig.6 Aerodynamic damping to nondim. double amplitude

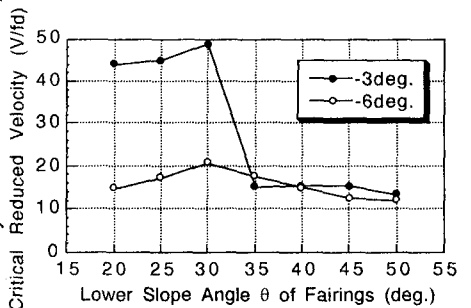


Fig.7 Critical velocity for flutter

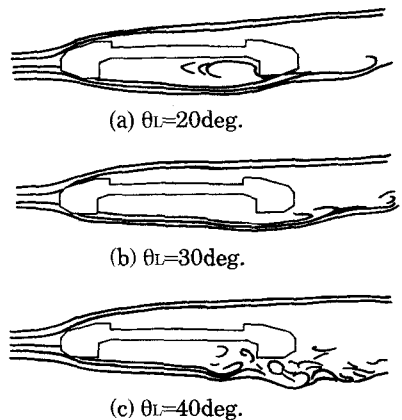


Fig.8 Sketches of flow pattern