

斜張橋用 2 主鋼桁の剥離干渉法による耐風性能改善について

九州工業大学 学生員○佐野啓介 中村光作

九州工業大学 正会員 久保喜延 木村吉郎 加藤九州男

(株)建設技術研究所 正会員 鈴木泰之

1.はじめに 現在の橋梁の設計段階において耐風性の確認は、構造設計後に行うことが多いため、大幅な橋梁断面の変更による耐風性の確保は難しい。この場合、付加部材を設置して耐風性を確保せざるを得ない。しかし、フェアリング等の付加部材については検討が十分にされていないのが現状である。そこで本研究では、斜張橋用 2 主鋼桁を検討対象とし、これまで多くの橋梁において耐風性の向上が確認されている剥離干渉法を用いて、付加部材を設置することなく、箱桁形状を変化させることにより耐風性能を向上させることを目的とした。

2.実験概要 実験用模型には、1/40 縮尺の 2 次元剛体模型を用いた。断面図を図 1 に示す。実験には、九州工業大学の回流式空力弾性試験用風洞(測定断面：1780mm×910mm)を使用し、一様流中においてバネで弾性支持してたわみ 1 自由度応答実験を行った。模型諸元を表 1 に示す。本実験では、剥離干渉法を用いて箱桁形状(箱桁上下角、下部角形成比率：図 2 の記号を用いて定義)を変化させ、風洞実験を行った。

3.実験結果および考察 測定した応答については、横軸に換算風速($V_r = V/fD$)、縦軸にたわみ無次元倍振幅($2A/D$)として応答図に示す。空力減衰率については、横軸に無次元倍振幅($2A/D$)、縦軸に空力減衰率(δ_a)として空力減衰率図に示す。但し、 V ：風速(m/s)、 f ：鉛直たわみ固有振動数(Hz)とする。以下に、箱桁傾斜部水平長 p と箱桁張り出し側ウェブ高 D' から成る箱桁下部角形成比率を p/D' 、箱桁下部角を θ_d 、箱桁上部角を θ_u として実験結果および考察を示す。なお、風向はG1側を対象とし、 θ_u についてはどのケースにおいても $\theta_u=30^\circ$ に固定して実験を行った。

(1) 箱桁下部角 θ_d の変化： $p/D'=0.30$ の場合 $p/D'=0.30$ に固定し、 θ_d を $28\sim 38^\circ$ と 2° 刻みで変化させた。応答図を図 3 に示す。すべてのケースにおいて $V_r=4$ 付近より渦励振が発生し、 $V_r=5$ 付近で最大となっている。また、 $V_r=8$ 付近より再び渦励振が発生し、 $V_r=10$ 付近で最大となっている。どのケースにおいても $V_r=10$ 付近での渦励振の振幅の方が大きくなっているため、その最大振幅の比較を行った(図 4)。 $\theta_d=36^\circ$ の場合が最も小さくなっているが、 θ_d が $28\sim 36^\circ$ の場合ではそれほど大きな差はみられない。そこで、渦励振の最大振幅発生時の空力減衰率を比較した(図 5)。低振幅域での空力減衰率をみると、振幅が最も小さかった $\theta_d=36^\circ$ の場合では他のケースより大きな値を示しており励振力が大きくなっている。空力減衰率の面から

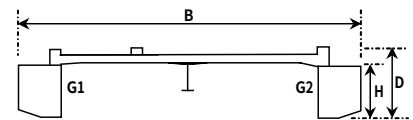


図 1 模型断面図

表 1 模型諸元

項目	実橋	実現値
桁幅員:B(m)	14.0	0.35
桁全高:D(m)	2.66	0.0665*
たわみ振動数(Hz)	0.493	約2.87
構造減衰率	—	0.005~0.008

※代表桁高さ：D=0.0665m

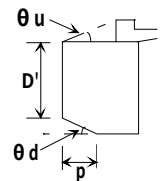


図 2 箱桁形状拡大図

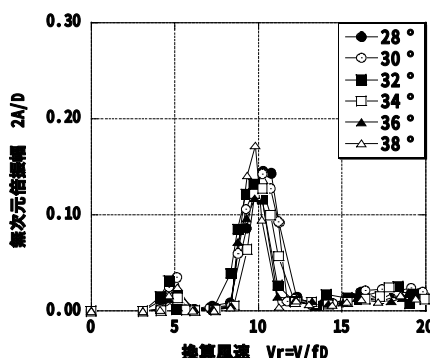
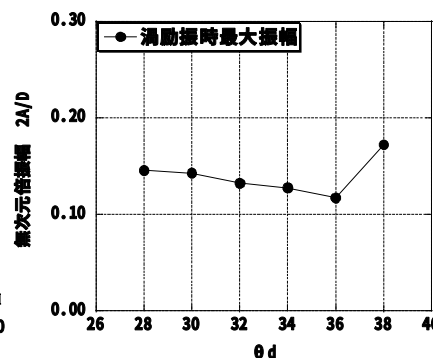
図 3 $\theta_d=28\sim 38^\circ$ の応答図

図 4 渦励振時最大振幅

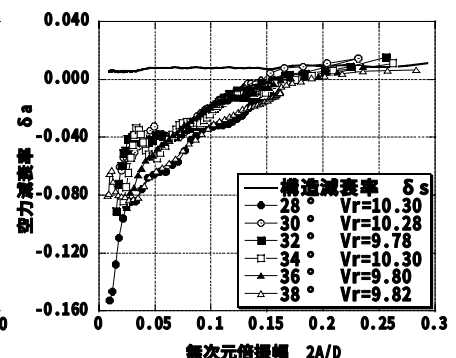


図 5 空力減衰率図

みると $\theta_d=30^\circ$ の場合が最も耐風性が良いと考えられる。よって、最大振幅に大きな差がなかったことから、これらの実験ケースの中では $\theta_d=30^\circ$ の場合が最も耐風性に優れていると考えられる。

(2) 箱桁下部角の形成比率 p/D' の変化 $\theta_d=30^\circ$ に固定し、 p/D' を 0.30~0.40 と 0.02 刻みで変化させた。応答図を図 6 に示す。すべてのケースにおいて $Vr=4$ 付近より渦励振が発生し、 $Vr=5$ 付近で最大となっている。この低振幅域での渦励振では、 $p/D'=0.34$ の場合の振幅が最小であった。また、風速が上昇すると $Vr=9$ 付近より再び渦励振が発生し、 $Vr=10$ 付近で最大となっており、 $Vr=5$ 付近の低風速域での渦励振よりも大きな振幅となっている。 $Vr=10$ 付近の渦励振時の最大振幅を比較する(図 7)と $p/D'=0.36$ の場合が最小となっているが、 $p/D'=0.34\sim0.38$ での振幅にはほとんど差がない。ここで、 $Vr=10$ 付近での渦励振の最大振幅発生時の空力減衰率を比較する(図 8)。振幅が最小であった $p/D'=0.36$ の場合では、 $2A/D$ が 0.02 以下の低振幅域において空力減衰率 δ_a が -0.1 の励振力を超えるような大きな値を示している。空力減衰率で比較すると、 $p/D'=0.38$ の場合が最も耐風性が優れていると考えられる。よって最大振幅にさほどの差もなかったことから、これらの実験ケースの中では、 $p/D'=0.38$ の場合において耐風性が最も優れていると考えられる。

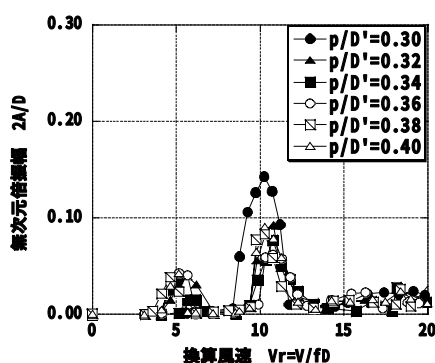


図 6 $p/D'=0.30\sim0.40$ の応答図

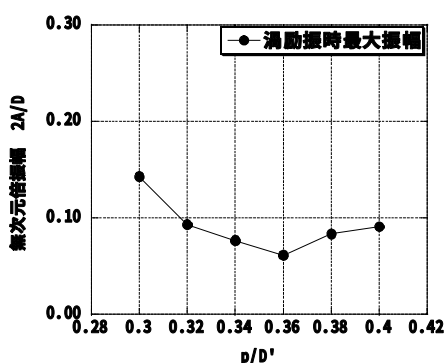


図 7 渦励振時最大振幅

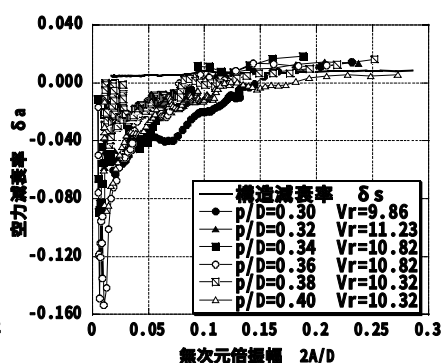


図 8 空力減衰率図

(3) 箱桁下部角 θ_d の変化: $p/D'=0.38$ の場合 $p/D'=0.38$ に固定し、 θ_d を $26^\circ\sim36^\circ$ と 2° 刻みで変化させた。その応答図を図 9 に示す。すべてのケースにおいて $Vr=4$ 付近より渦励振が発生している。また、 $Vr=8$ 付近より再び渦励振が発生し、どのケースにおいても $Vr=5$ 付近での渦励振よりも大きな振幅となっている。ここで、 $Vr=9$ 付近での渦励振の最大振幅を比較する(図 10)と、 $\theta_d=30^\circ$ の場合が最小となり、 $\theta_d=26^\circ$ から 30° までは減少する傾向がみられ、 $\theta_d=30^\circ$ よりも大きくなるにつれて増加する傾向がみられた。さらに、渦励振の最大振幅の発現風速についてみると、 $\theta_d=30^\circ$ の場合が $Vr=11$ 付近で最大となっており、 $\theta_d=26^\circ$ 、 28° の場合では $Vr=10$ 以上で最大振幅が発生しているが、 $\theta_d=30^\circ$ 以上になると最大振幅の発現風速が $Vr=10$ 以下となっている。以上のようなことから、 $\theta_d=30^\circ$ において耐風性が最も優れていると考えられる。

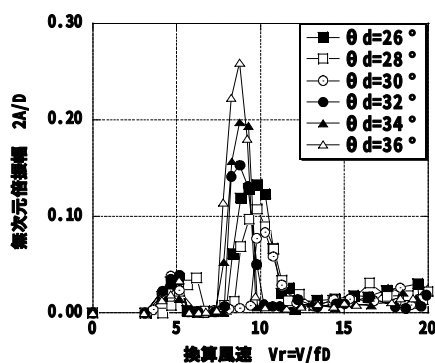


図 9 $\theta_d=26\sim36^\circ$ の応答図

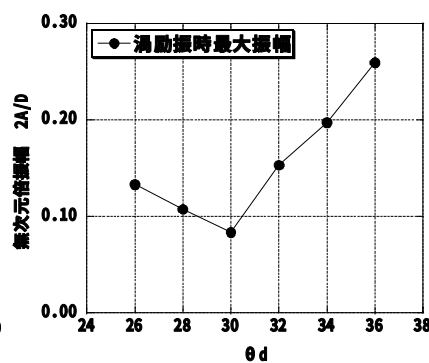


図 10 渦励振時最大振幅

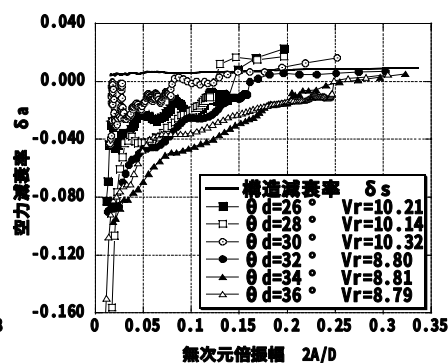


図 11 空力減衰率図

4. まとめ 剥離干渉法に基づいて箱桁形状を変化させることにより耐風性能を向上できることが確認できた。このように、構造設計の段階から耐風設計を融合させた設計を行うことで、付加部材を設置することなく、より合理的な設計ができるのではないかと考えられる。