

斜張橋用 2 主鋼箱桁の剥離干渉法による耐風性能改善に関する研究

九州工業大学大学院 学生員 ○池田隼人 田中洋介 九州工業大学 学生員 野田辰徳
九州工業大学 フェロー 久保喜延 正会員 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が、フェアリング等の付加部材については構造部材ではなく、経済的に劣る。本研究では、2 主鋼桁橋の桁断面を検討対象とし、耐風性を向上させる手法である剥離干渉法を用いて、付加部材を用いることなく、箱桁形状を変化させることにより構造部材のみで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たたわみ 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)を変化させ、風洞実験を行った。箱桁形状の拡大簡略図を図 2 に示す。

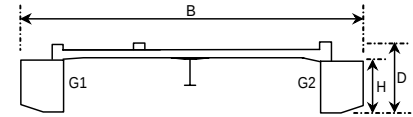


図 1 模型断面図

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: $D=0.0665\text{m}$

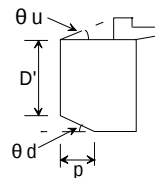


図 2 箱桁形状拡大図

3. 実験結果および考察 たわみ 1 自由度応答については、横軸に換算風速($V_r=V/fD$)、縦軸にたわみ無次元倍振幅($2A/D$)を示した応答図を表す。また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)を示した空力減衰率図で表す。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' からなる箱桁下部角形成比率 p/D' 、箱桁下部角 θ_d 、箱桁上部角 θ_u (図 2 で定義) として実験結果および考察を示す。なお、風向は G1 桁側を対象とした。

3.1 剥離干渉法 実験を行ったどのケースにおいても $\theta_u=30^\circ$ に固定し、 θ_d についても $\theta_d=30^\circ$ に固定して実験を進めた。以下では、最適な箱桁下部角形成比率 p/D' について検討した実験結果を示す。 p/D' を 0.30 ~ 0.40 まで 0.02 刻みで変化させた。図 3 に応答図を示す。図 3 から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 $V_r=9$ 付近から再び渦励振が発生し、 $V_r=10$ 付近で最大となっており、 $V_r=5$ 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。図 4 に各ケースにおける $V_r=10$ 付近の渦励振時の最大振幅を示す。図 4 から無次元倍振幅が $p/D'=0.30 \sim 0.36$ では減少し、 $p/D'=0.36 \sim 0.40$ では増加している。よって、渦励振時の最大振幅が最小となった $p/D'=0.36$ の断面において耐風性が最も優れていると考えられる。

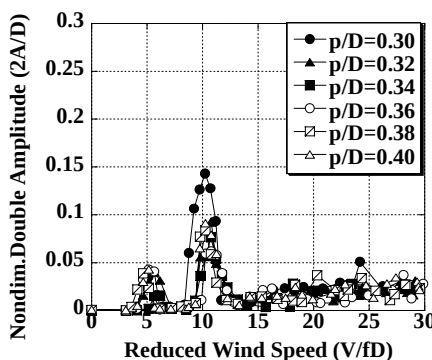


図 3 $p/D'=0.30 \sim 0.40$ の応答図

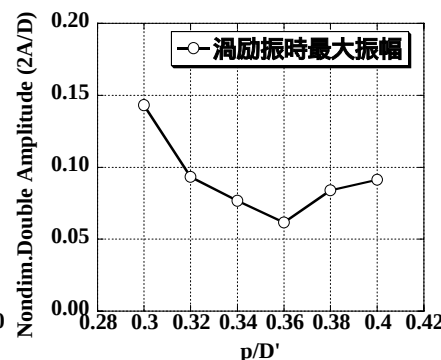


図 4 渦励振時最大振幅

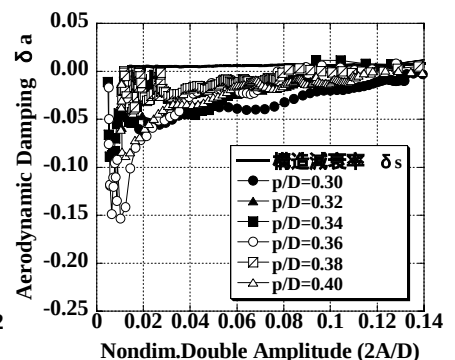


図 5 空力減衰率図

3.2 多段剥離干渉法 剥離干渉法では 1 次、2 次剥離点を設けることで剥離流の制御を行ってきたが、上流側で

の剥離流の鉛直成分が大きい場合や、1次、2次剥離点間の水平距離が短い場合に剥離流を制御できないことがある。そこで、さらなる耐風性能の向上を図るべく、剥離点間水平距離が短い場合においても耐風性を確保できるような制振対策として、剥離干渉法にもう1つ新たな剥離点を設けた多段剥離干渉法を考案し、耐風性能向上の可能性について検討した。多段剥離干渉法の概要図を図6に

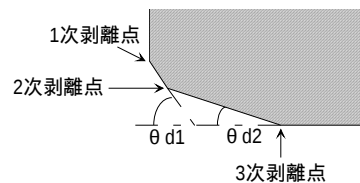


図6 多段剥離干渉法

示す。実験ケースは、剥離干渉法を用いた場合に最も耐風性が向上した $p/D'=0.36$, $\theta_d=30^\circ$ の断面を基本として、その形状において新たに3次剥離点を設けて多段剥離干渉法を用いた形状とした。

(1) θ_{d1} の変化 図7に $\theta_{d2}=25^\circ$ に固定し、 θ_{d1} を $32^\circ \sim 38^\circ$ と 2° 刻みで変化させた断面における応答結果を示す。全てのケースにおいて $V_r=4$ 付近より渦励振が発生している。また、 $V_r=8$ 付近で再び渦励振が発生し、どのケースにおいても $V_r=5$ 付近での渦励振よりも大きな振幅となっている。図8に各断面の $V_r=10$ 付近での渦励振時最大振幅を示す。図8から、 $\theta_{d1}=34^\circ$ の断面について渦励振時の最大振幅が最小となっており、耐風性が最も優れていると考えられる。

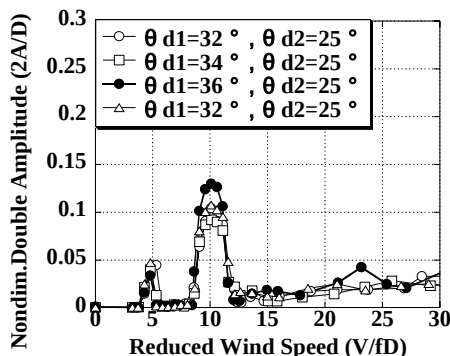
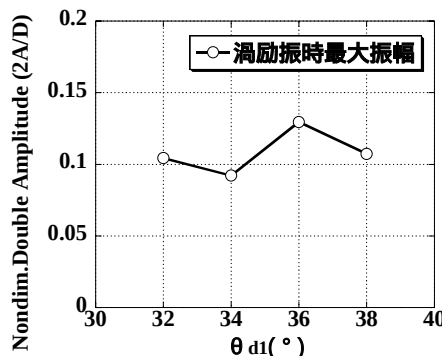
図7 $\theta_{d1}=32^\circ \sim 38^\circ$ の応答図

図8 渦励振時最大振幅

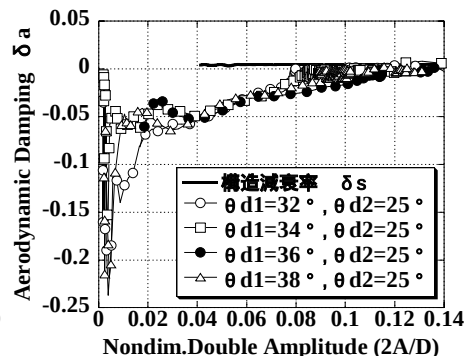


図9 空力減衰率図

(2) θ_{d2} の変化 次に $\theta_{d1}=34^\circ$ に固定し、 θ_{d2} を $22^\circ \sim 28^\circ$ と 2° 刻みで変化させた。図10に応答図を示す。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ている。また、 $V_r=8$ 付近で再び渦励振が発生し、どのケースにおいても $V_r=5$ 付近での渦励振よりも大きな振幅となっている。図11に $V_r=10$ 付近での渦励振時の最大振幅、図12に空力減衰率を示す。図11から、 $\theta_{d2}=24^\circ$ の断面が渦励振時の最大振幅が最小となっているが、 $\theta_{d2}=24^\circ$ と 26° の断面での振幅にほとんど差異は見られない。次に $V_r=10$ 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12から $\theta_{d2}=26^\circ$ の断面において無次元倍振幅(2A/D)が0.02以下の低振幅領域において、他のケースと比較して負減衰が小さくなっている。よって空力減衰率で比較すると、 $\theta_{d2}=26^\circ$ の断面において耐風性が最も優れていると考えられる。

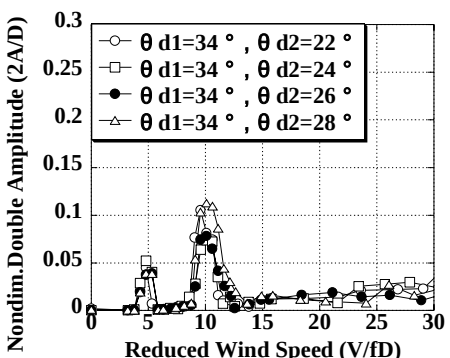
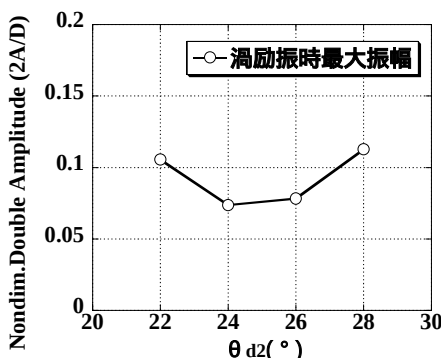
図10 $\theta_{d2}=22^\circ \sim 28^\circ$ の応答図

図11 渦励振時最大振幅

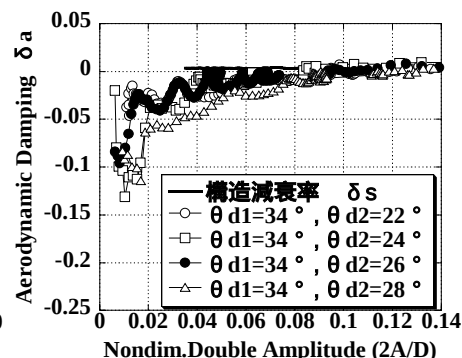


図12 空力減衰率図

以上より、 $\theta_{d1}=34^\circ$, $\theta_{d2}=26^\circ$ の断面において耐風性が最も優れていると考えられる。

4. まとめ 剥離干渉法および多段剥離干渉法に基づき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、構造設計の段階において剥離干渉法などの概念に基づいた耐風設計を導入することで、付加部材を用いることなくより合理的な設計ができると考えられる。

5. 参考文献 1) 久保喜延等：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 土木学会平成17年度全国大会第60回年次学術講演会 1部門 1-303