

扁平矩形断面柱の空力弾性振動における水平プレートの制振効果に関する研究

九州工業大学 学生会員 ◯土居竜二 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

1.はじめに 現在の橋梁の設計段階において、耐風性の検討は構造断面が決定した後に行う場合がある。その場合には主桁の耐風制振対策としてフェアリング、フラップ、水平プレート等の付加部材の設置で対処している。本研究では、その付加部材の一種である水平プレートに着目した。水平プレートは構造部材ではないため経済性に優れていないという短所はあるが、構造が極めて簡単で、かつ、制振効果も高いという大きな長所もある。しかし、既往の水平プレートに関する研究では基本的な断面を対象とした研究はほとんど行われていない。そこで、本研究では橋梁に用いられることの多い辺長比 5 ($B/D=5$) の扁平矩形断面桁を用いて水平プレートの諸元や取り付け位置を変化させることにより、水平プレートの制振効果を確認し、最終的には水平プレートの特性を生かした構造断面を提案することを目的としている。

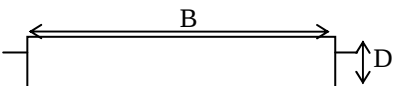


図 1 実験模型断面図

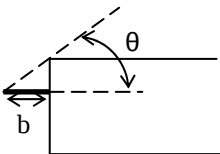


図 2 図 1 の隅角部付近拡大図

表 1 ねじれ振動実験模型諸元

桁幅: $B(\text{mm})$	300
桁高: $D(\text{mm})$	60
質量: $m(\text{N} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^2)$	4.95
極慣性モーメント: $I(\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2/\text{m})$	0.0679
ねじれ固有振動数: $f_{\phi}(\text{Hz})$	2.5907
ねじれ構造減衰率: δ_{ϕ}	0.007 ~ 0.009

2.実験概要 図 1 に可視化実験およびねじれ 1 自由度振動応答実験で用いた模型の断面図、図 2 に図 1 の隅角部付近の拡大図、表 1 にねじれ 1 自由度振動応答実験模型の諸元を示す。可視化実験には、 $B/D=5$ ($B=150\text{mm}$, $D=30\text{mm}$) の扁平矩形断面模型を用いた。可視化実験における実験ケースは、基本断面および $b/D=0.33$ ($b=10\text{mm}$) の時の $\theta=15^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 45^\circ$ と変化した計 5 ケースである。ねじれ 1 自由度振動応答実験には、 $B/D=5$ の 2 次元剛体扁平矩形断面模型を用いた。ねじれ 1 自由度振動応答実験における実験ケースは、基本断面の場合および $b/D=0.17, 0.33, 0.50$ ($b=10\text{mm}, 20\text{mm}, 30\text{mm}$) の場合の各水平プレートの幅について θ を $15^\circ, 25^\circ, 35^\circ, 45^\circ$ と変化した計 13 ケースである。

3.可視化実験結果 図 3 に可視化実験で得られた映像の静止画を示す。図 4 のグラフは、縦軸に桁高に対する剥離の大きさの比(以後、剥離桁高比と称す)を、横軸に桁幅に対する模型前面隅角部からの距離の比を示しており、剥離の大きさを定量的に比較している。表 2 には、各断面の最大剥離桁高比を示している。

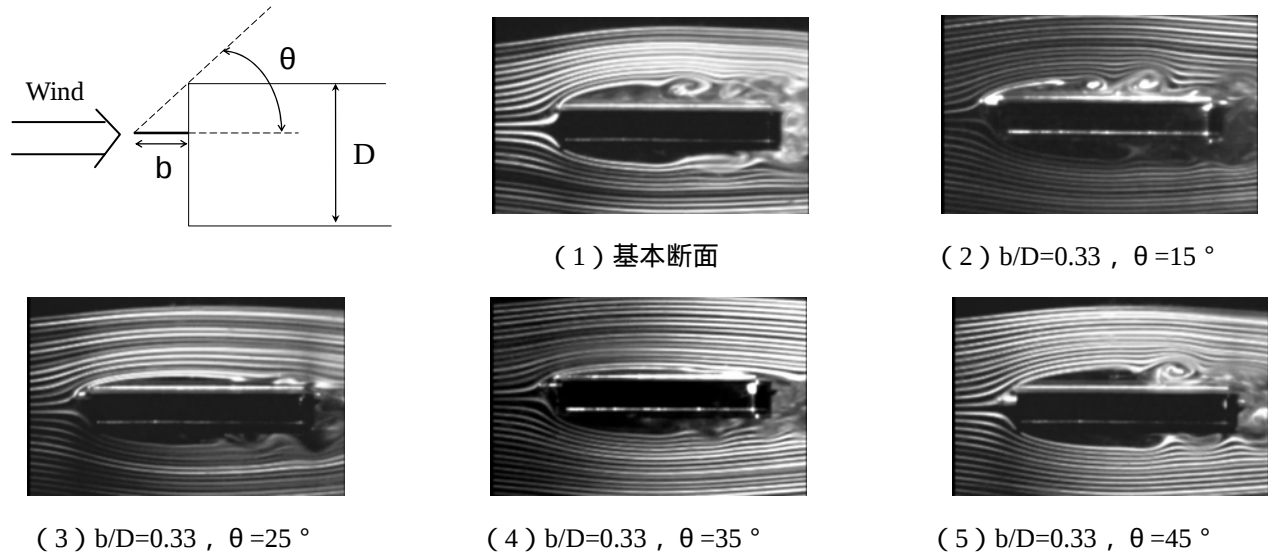


図 3 可視化実験映像静止画

図3(1)の基本断面の場合を見ると、剥離渦が発生しており、剥離も大きい。図3(2),(5)の $\theta=15^\circ$ 、 45° の場合では図3(1)と比べると剥離はやや小さくなってはいるが、剥離渦も発生しているため水平プレートの設置による有意性はあまり認められない。それに比べて図3(3),(4)の $\theta=25^\circ$ 、 35° の場合は剥離も極めて小さくなり、剥離渦も明確には発生せず、水平プレートの設置による有意性が認められる結果となった。図4、表2では以上のような見解を具体的な数値で示している。図4、表2を見ると、 $\theta=15^\circ$ 、 45° の場合の最大剥離桁高比は基本断面のそれと比べて2~3割しか小さくなっていないが、 $\theta=25^\circ$ 、 35° の場合は5~6割も小さくなっていることが確認できた。

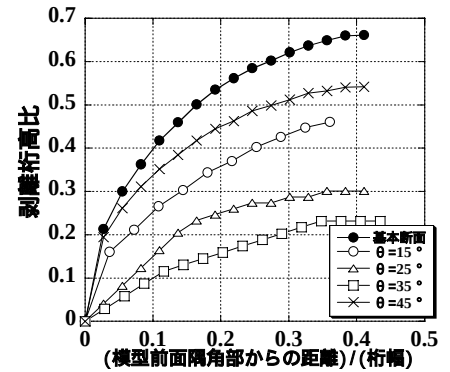
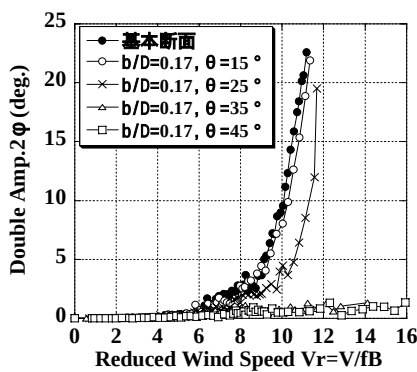
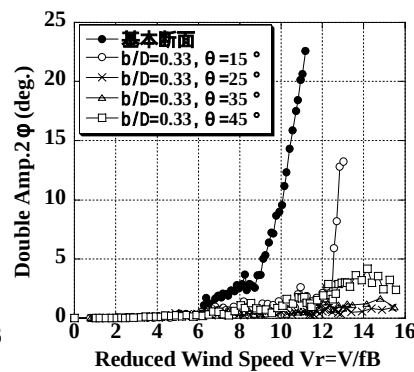
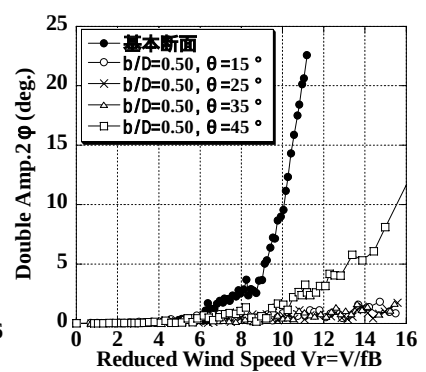


図4 剥離軌跡比較図

表2 各断面の最大剥離桁高比

	最大剥離桁高比
基本断面	0.66
$\theta=15^\circ$	0.46
$\theta=25^\circ$	0.30
$\theta=35^\circ$	0.23
$\theta=45^\circ$	0.54

4. ねじれ1自由度振動応答実験結果 ねじれ振動応答図は、横軸に風洞風速 V をねじれ振動数 f と桁幅 B で無次元化した換算風速 V_r ($V_r=V/fB$)を、縦軸に倍振幅 2ϕ を示している。図5、図6、図7にそれぞれ $b/D=0.17$ 、 $b/D=0.33$ 、 $b/D=0.50$ の場合のねじれ振動応答図を示す。なお、他のケースと比較するために基本断面の場合のねじれ振動応答図を全てのねじれ振動応答図に載せている。

図5 $b/D=0.17$ の応答図図6 $b/D=0.33$ の応答図図7 $b/D=0.50$ の応答図

基本断面では換算風速 $V_r=6.0$ 付近でフラッターが発現している。次に $b/D=0.17$ について述べる。 $\theta=15^\circ$ 、 25° の場合では基本断面の場合とほぼ同じ傾向を示し、水平プレートの有意性はあまり認められない。それに対して、 $\theta=35^\circ$ 、 45° の場合はフラッターが発現せず、水平プレートの有意性は十分認められる結果となった。次に $b/D=0.33$ について述べる。 $\theta=15^\circ$ の場合では $V_r=10.0$ 付近でフラッターが発現し、 $\theta=45^\circ$ の場合ではフラッターは発現していないが、 $V_r=12.0$ 以上の高風速域において無次元倍振幅が 5° 付近まで大きくなり、耐風性に優れた断面であるとは言にくい。それに対し、 $\theta=25^\circ$ 、 35° の場合ではフラッターは発現せず、水平プレートの有意性は十分認められる結果となった。最後に、 $b/D=0.50$ について述べる。 $\theta=45^\circ$ の場合では $V_r=9.0$ 付近から急激ではないがフラッターが発現しており、耐風性に優れた断面であるとは言にくい。それに対して $\theta=15^\circ$ 、 25° 、 35° の場合ではフラッターが発現せず、水平プレートの有意性は十分に認められる結果となった。

5. まとめ 可視化実験からは $b/D=0.33$ 、 $\theta=25^\circ \sim 35^\circ$ となる位置に水平プレートを設置すれば耐風性が向上することが確認できた。ねじれ振動応答実験からも $b/D=0.33$ の時の $\theta=25^\circ$ 、 35° となる位置に水平プレートを設置すれば耐風性に優れた断面になるということが確認できた。また、3種類全ての水平プレートの幅において $\theta=35^\circ$ ではフラッターが発現していないことから、 $B/D=5$ の扁平矩形断面において $b/D=0.33$ 、 $\theta=35^\circ$ 付近となる位置に水平プレートを設置すれば、耐風性に優れた断面になる可能性があると考えられる。

【参考文献】 米田昌弘，宮地真一，瀬戸内秀規，枝元勝哉：扁平箱桁断面に対する水平プレートの空力制振効果に関する実験的研究，構造工学論文集 Vol.42A(1996年3月)