

流れの可視化実験による箱桁の水平プレートの耐風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。その場合の主桁の耐風制振手法には、付加系による構造力学的手法と、外力として構造物に作用する空気力そのものを制御する流体力学的手法がある。前者の代表的なものには、TMD(Tuned Mass Damper)やTLD(Tuned Liquid Damper)などがある。橋梁の桁における空力不安定振動の制振対策としてTMDが用いられる例は多い。しかしながら、TMD、TLDなどの減衰装置の設置は、構造物の巨大化に伴い質量が大きくなる。また、製作、維持管理面での経済性などの問題が生じる。一方、後者は構造物側の幾何学的形状の変更によって、発生する空気力を小さくしようとするもので、主桁の耐風制振対策としてはフェアリング、フラップ、水平プレート等の付加部材がある。そこで、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。しかし、TMD、TLDと比較すれば経済性には優れており、構造が極めて容易で、かつ、制振効果も高いという大きな長所もある。そして、既往の水平プレートに関する研究は実橋を対象にしたものが多く、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、基本的な断面での水平プレートの制振効果について詳細に把握するため、基本的な断面である矩形断面にお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ということを目的としている。

2. 既往の研究 既往の研究で用いた実験模型を図1に示す。図2は、図1の隅角部付近の拡大図である。図2に示す θ が 25° 、 35° 、 45° 、 50° となる位置に水平プレートの幅 $b=20\text{mm}$ を設置した場合と、基本断面(水平プレートを設置していない場合)について、一様流中で静的3分力試験、ばね支持模型試験を行った。その結果、基本断面で認められた渦励振やねじれフラッターは $b=20\text{mm}$ 、 $\theta=35^\circ$ 、 45° の場合では発現しておらず、耐風安定性が向上する結果となった。以上より、既往の研究からは、 $b=20\text{mm}$ 、 $\theta=35^\circ \sim 45^\circ$ の場合に耐風安定性の向上を確認することができた。

3. 実験概要 九州工業大学工学部建設社会工学科所属可視化実験用小型風洞(測定断面: $400\text{mm} \times 400\text{mm}$)を使用し、可視化実験を行った。可視化実験用模型と水平プレートの諸元については図3、図4および表1に示す。模型の材料は透過性のあるアクリルである。可視化手法はスモークワイヤー法を用い、可視化映像の撮影には高速度ビデオカメラを用いた。風速は、可視化映像が良好である 0.6m/s に固定して可視化実験を行った。本実験では、既往の研究を参考にして図4に示す θ が 25° 、 45° および水平プレートを設置していな

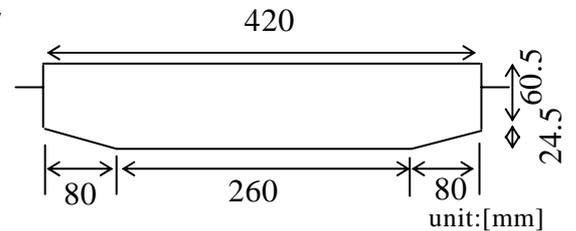


図1 既往の研究の実験模型断面図

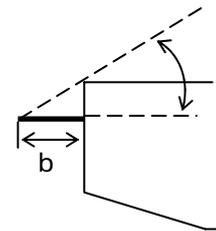


図2 図1の隅角部付近拡大図

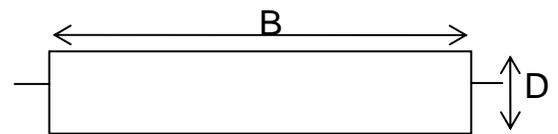


図3 可視化実験模型断面図

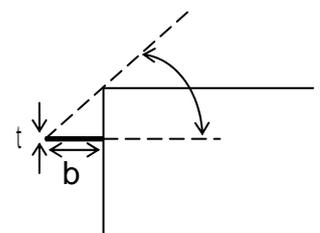


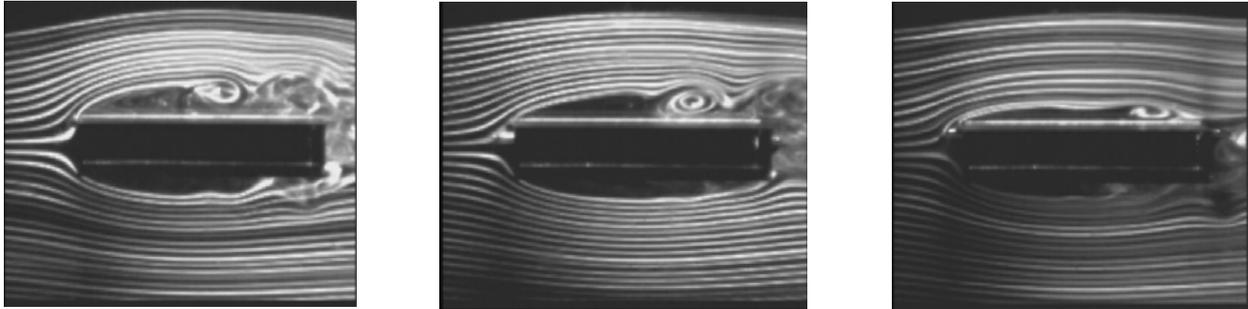
図4 図3の隅角部付近拡大図

表1 可視化実験模型諸元

模型幅 B(mm)	150
模型高 D(mm)	30
水平プレート幅 b(mm)	10
水平プレート厚 t(mm)	0.5

い(基本断面)場合の計3ケースを行った。そして現段階では行ってないが、今後、ねじれ1自由度応答実験を行う予定である。

4. 実験結果および考察 図5に可視化実験で得られた映像の静止画を示す。図6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、横軸には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。この縦軸の剥離桁高比は、1周期の剥離桁高比を平均した値を示している。ここでは、渦が発生してから次の渦が発生するまでを1周期と定義している。表2には、各断面における剥離桁高比の最大値(以後、最大剥離桁高比と称す)を示している。



()基本断面

() =45°

() =25°

図5 可視化実験映像静止画

図5の3枚の写真の模型下面側の風の流を比較してみると、模型風下側では僅かながら風の流が乱れているものの、明確な違いが見られないため、模型上面側の風の流を比較することにした。図5()を見ると、はっきりと剥離渦が発生しており、剥離も大きい。図5()では()と比べると僅かながら剥離は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5()は剥離も極めて小さくなり、剥離渦も僅かながら発生はしているものの極めて小さく、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ている。図6、表2では以上のような見解を具体的な数値で示しており、 $=45^\circ$ の場合の最大剥離桁高比は基本断面のそれと比べて2割程度しか小さくなっていないが、 $=25^\circ$ の場合は5割強も小さくなっていることが確認できた。しかし、前述した既往の研究では、 $=25^\circ$ の場合に水平プレートの効果がなく、 $=45^\circ$ の場合に効果があるという本研究の可視化実験とは全く逆の結果であった。このような実験結果になった理由と

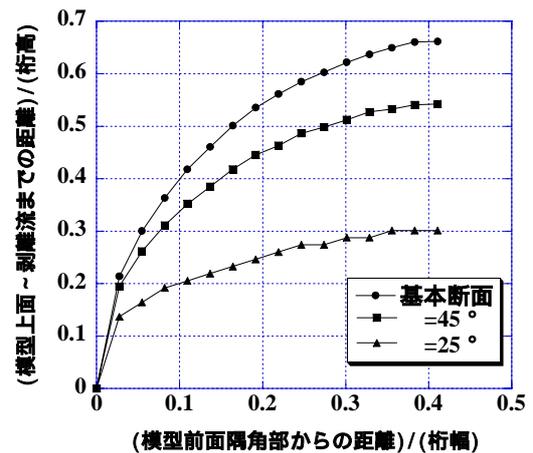


図6 剥離軌跡比較図

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
$=45^\circ$	0.54
$=25^\circ$	0.30

としては、既往の研究は実橋を対象とした模型での実験であり、図1に示すように模型下面の隅角部に隅取りが施されており、本研究の模型と断面形状が異なっているということが考えられる。

5. まとめ 可視化実験結果から、 $=45^\circ$ の場合には水平プレートの有意性があまり認められず、 $=25^\circ$ の場合には水平プレートの有意性が認められるという既往の研究とは全く逆の結果となったが、対象とした断面が異なっていることから、結論を出すことは応答実験の結果を待ってからにしたい。しかしながら、水平プレートの設置位置により耐風性能の向上が可能であるということは確認できた。

[参考文献] 米田昌弘, 宮地真一, 瀬戸内秀規, 枝元勝哉: 偏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)