

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 非会員 藤本賢二
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。

そこで、本研究では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、橋梁に用いられることの多い辺長比 5 ($B/D=5$) の扁平矩形断面模型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することを本研究の主な目的としている。

2. 既往の研究 これまでに行われてきた研究では、扁平矩形断面 ($B/D=5$) の模型を用い、水平プレートの諸元や取り付け位置を変化させた場合の制振効果を検討するため、可視化実験およびねじれ 1 自由度振動応答実験が行われてきた。この実験結果を以下に示す。

図 1 に可視化実験模型断面図 ($B=150\text{mm}$, $D=30\text{mm}$)、図 2 に図 1 の隅角部付近の拡大図 (b : 水平プレート幅, θ : 剥離制御角) を示す。可視化実験ケースは、基本断面 (水平プレートを設置していない断面) および $b/D=0.33$ ($b=10\text{mm}$) の時の $\theta=15^\circ$, 25° , 35° , 45° と変化させた計 5 ケースである。可視化実験では模型上面の剥離流が小さくなるほど耐風安定性に優れているという考えから、

$\theta=35^\circ$, $\theta=25^\circ$, $\theta=15^\circ$, $\theta=45^\circ$, 基本断面の順に耐風安定性に優れた断面であるという結果が得られた。

表 1 に、ねじれ 1 自由度振動応答実験模型諸元を示す。ねじれ 1 自由度振動応答実験ケースは、基本断面および $b/D=0.17$, 0.33 , 0.50 ($b=10\text{mm}$, 20mm , 30mm) の場合の各水平プレートの幅に対して θ を 15° , 25° , 35° , 45° と変化させた計 13 ケースである。

図 3 にねじれ 1 自由度振動応答実験結果を示す。実験結果より、「 $b/D=0.17$ $\theta=35^\circ$, 45° 」, 「 $b/D=0.33$ $\theta=25^\circ$, 35° 」 ($\theta=45^\circ$ は高風速域において比較的大きな振幅が発現したため、耐風安定性は良好ではないと判断), 「 $b/D=0.50$ $\theta=15^\circ$, 25° , 35° 」のケースにおいてフラッターが発現しなかったことから、この 7 ケースにおいて耐風安定性に優れた断面であるという結果が得られた。

以上より既往の研究をまとめると、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同様に、「 $b/D=0.33$ $\theta=25^\circ$, 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、 $B/D=5$ の扁平矩形断面での水平プレートの制振効果は剥離制御角に依存しているのではないかと考えられる。

以上のことから、 $B/D=5$ 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という知見が得られた。

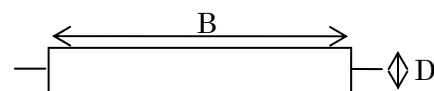


図 1 模型断面図

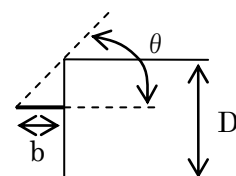


図 2 隅角部付近拡大図

表 1 ねじれ応答実験模型諸元

桁幅 : B (mm)	300
桁高 : D (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_0 (Hz)	2.591
ねじれ構造減衰率 : δ_0	0.007~ 0.009

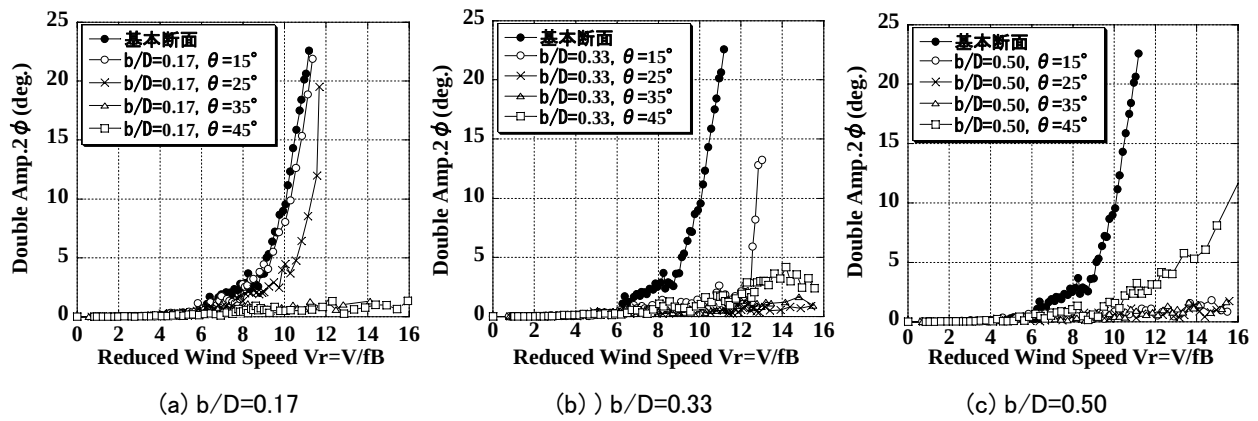
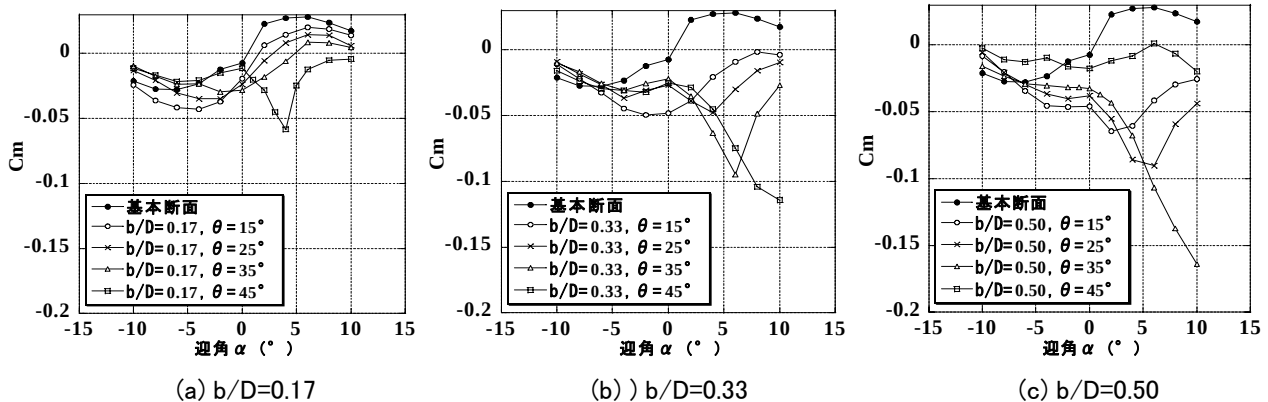


図3 ねじれ1自由度振動応答実験結果

3. 実験概要 既往の研究より、 $B/D=5$ の扁平矩形断面での水平プレートの制振効果は剥離制御角 θ に依存し、 $\theta=35^\circ$ で制振効果に優れた断面であるという結果が得られた。そこで、この応答実験結果の裏づけおよび制振メカニズムの解明を行うため、静的3分力実験を実施した。静的3分力実験には、既往の研究の応答実験と同じ模型を使用した。静的3分力実験ケースも、既往の研究の応答実験と同様である。実験結果を以下に示す。

4. 実験結果 まず、抗力係数 C_d について述べる。 C_d はフラッターの発生要因としては考えにくいいため、結果のみ述べる。既往の研究の応答図でフラッターが発現していたケースでは、 C_d の最小値が 1.2 より大きいという結果が得られた。次に、揚力係数 C_l についてみると、各ケースに明確な差がないことが確認された。最後に、空力モーメント係数 C_m について述べる。 C_m はフラッターの発生要因と深い関連性があると考えられるため、図4に空力モーメント係数グラフを示す。グラフより、フラッターが発現したケースでは迎角 0° での $dC_m/d\alpha$ の値が正となっているのに対し、フラッターが発現していないケースでは迎角 0° での $dC_m/d\alpha$ の値は負となっている。しかし例外として、「 $b/D=0.17, \theta=35^\circ$ 」のケースではフラッターは発現していないが、迎角 0° での $dC_m/d\alpha$ の値が正となる結果となった。この例外については現在検討中である。

図4 空力モーメント係数(C_m)グラフ

5. まとめ 3分力実験より、フラッターが発現したケースについてまとめると、 $C_d > 1.2$ 、迎角 0° での $dC_m/d\alpha > 0$ という結果になった（「 $b/D=0.17, \theta=35^\circ$ 」を除く）。また、 $dC_m/d\alpha > 0$ で発散するということは、準定常理論を用いて証明できると考えている。以上より応答実験結果と静的3分力実験結果に関連性が見られるため、静的3分力実験によりねじれ応答実験結果の裏付けをすることができたと考えられる。

6. 今後の課題 静的3分力実験において、基本断面は上下対称断面であるにもかかわらず、 C_l, C_m グラフが迎角 0° に対して完全な左右対称のグラフにはならなかった。これは、高風速での3分力測定が困難であり、低風速で測定せざるを得なかったことと、模型の精度に原因があると考えられ、今後、模型の精度の向上を図る必要がある。

なお、本研究は科学研究費基礎研究(B)19360204の補助を受けている。