

偏平二箱桁断面の耐風安定化対策の検討

土木研究所 正会員 麓 興一郎 土木研究所 正会員 村越 潤
 本州四国連絡橋公団 正会員 楠原 栄樹 本州四国連絡橋公団 正会員 秦 健作
 日立造船株式会社 正会員 〇白井 秀治 J F E 技研(株) 正会員 村上 琢哉

1. まえがき

近年の研究によれば、種々の空力対策を施した偏平箱桁断面を採用することで、中央支間長が2000mを超える超長大吊橋においても目標とするフラッター性能を満足できることが確認されているが、計画実現のためには、建設コストや維持管理費をさらに縮減した経済的な構造が必要であり、シンプルでより効果的な耐風対策の開発が必要である。著者らは、中央支間長2800m級の超長大橋において、上下端部にフランジを設けた鉛直スタビライザーを開口部に設置することによって、従来の空力対策ではクリアが困難であったフラッター目標性能を満足した。選定した最良断面は、フラッター発現風速が、設計目標の80m/sをほぼ満足し、ゼルベルグ式による予測値と比べても約2倍であり、従来に比べて優れた耐風対策効果を有している。

2. 実験概要

表-1に耐風安定化対策の検討対象とした中央支間長2,800mの想定吊橋の諸元を示す。本検討では、図-1に示す偏平二箱桁断面に耐風安定化対策として水平・鉛直スタビライザーおよび桁下面鉛直板(検査車レール想定)を取り付けることを前提とし、これらの耐風安定化部材の最適化・改良を行い、設計目標風速を満足する断面の選定を行った。フラッター性能の評価は、縮尺1/85の2次元剛体模型を用いた曲げ・ねじれ2自由度のバネ支持試験による応答特性結果をもとに行った。耐風安定化部材は、設置位置や大きさがフラッター性能に影響を及ぼすため、これらをパラメトリックに変化させた試験で概略特性を把握し、断面を絞った上で詳細な計測を行った。

表-1 想定吊橋諸元

項目	単位	想定諸元
桁幅	m	34.3
桁高	m	3.0
等価質量	tf/m	26.9
等価極慣性	tf・s ² /m	299.6
固有振動数	たわみ	0.0668
	ねじれ	0.1352
振動数比(ねじれ/たわみ)	—	2.02
構造減衰	たわみ	—
	ねじれ	0.02

3. 耐風対策の概略検討結果

図-2に下面鉛直板および鉛直スタビライザーに取り付けたフランジの位置・大きさがフラッター特性に及ぼす影響を示す。下面鉛直板は、桁端部から中央に移動させるに従って耐フラッター性能は悪化する傾向にあり、フランジは幅の増加に伴ってフラッター性能が改善する傾向にある。最終断面では、下面鉛直板位置 $R_D=3.1$ m、鉛直板高 $R_H=0.5$ m、フランジ幅 $H_W=1.0$ mを採用した。

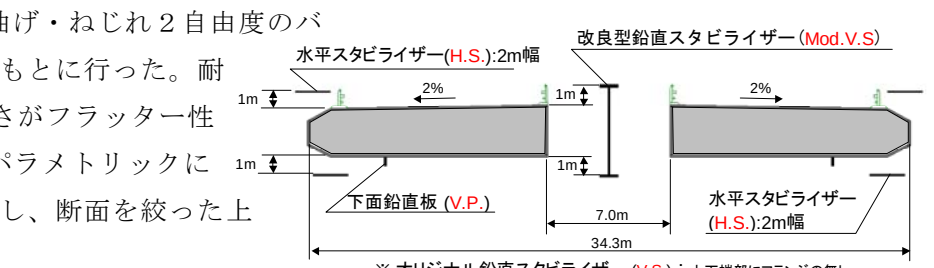
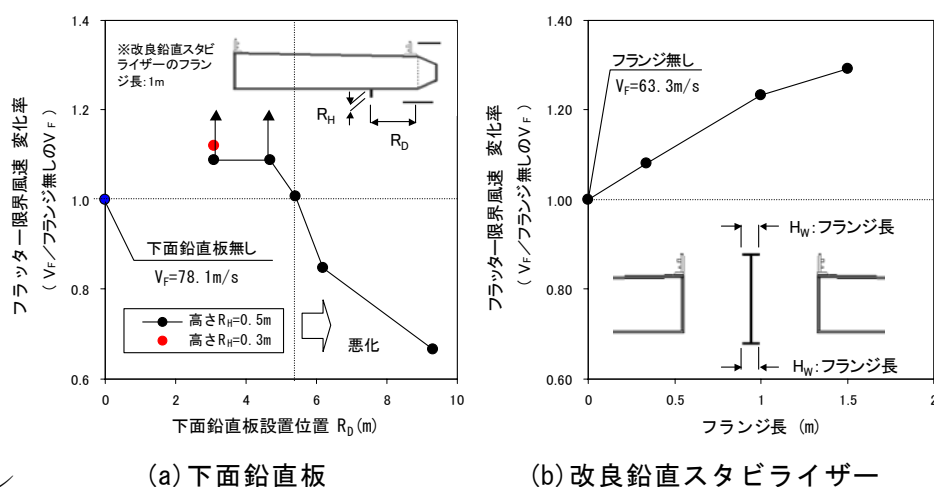


図-1 検討断面および空力対策部材



(a) 下面鉛直板

(b) 改良鉛直スタビライザー

図-2 耐風安定化部材の特性($\alpha=-3^\circ$)

キーワード：超長大吊橋, 偏平二箱桁断面, 耐風安定化対策

〒551-0022 大阪市大正区西船町2-2-11 TEL (06)6551-9239 FAX (06)6551-9841

4. 最終選定断面の特性

図-3に、最終的にフラッター特性が最も優れていた断面A(改良鉛直スタビライザー・水平スタビライザー・下面鉛直板を設置)の迎角-フラッター限界風速の関係を示す。図には、比較の為に改良鉛直スタビライザー及び水平スタビライザーを取り付けた断面B、鉛直スタビライザー及び水平スタビライザーを取り付けた断面Cの結果も併せて示す。また、図にはゼルベルグ式による平板翼のフラッター限界風速の比(κ)も示す。今回提案する断面Aは、迎角 $\pm 5^\circ$ の範囲内で設計目標風速をクリアし、 κ 値も2以上であり優れた耐フラッター性能を有する。 $\alpha = -3^\circ$ における3断面の結果の比較から鉛直スタビライザーに付加したフランジの効果が特に大きいことがわかる。一方、低風速では、ねじれの渦励振が5m/sおよび35m/s付近で最大 2° 発生する。(図-4)風荷重による静的変形量の検討を行うために実施した、三分力試験の結果を図-5に示す。係数算出時の代表長は、桁幅(抗力)と桁高(揚力、モーメント)とした。断面Aだけが、負迎角で断面B・断面Cと大きく異なる傾向にあり、モーメント係数の絶対値が小さくなり、抗力が増加する。断面Bと断面Cには大きな違いは見られない。

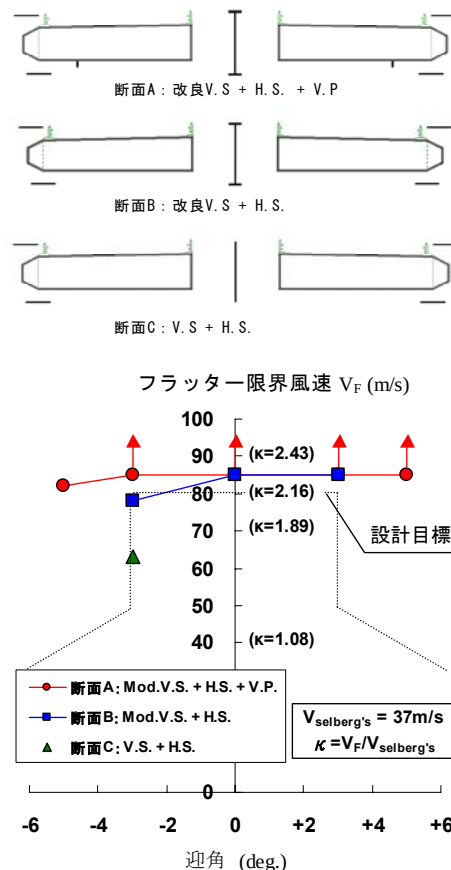


図-3 迎角-フラッター限界風速図

5. まとめ

- (1) 鉛直スタビライザーの上下端部にわずかなフランジを設けることで、大幅にフラッター限界風速を向上させることが可能である。この制振メカニズムについては、併せて計測を行った非定常空気力係数によって検討を進めていく予定である。
- (2) 桁下面に取り付けた鉛直板は、さらなるフラッター限界風速の改善と静的なねじれ変形の抑制が期待できる。ただし、設置位置や大きさによってフラッター性能を悪化させる可能性もあるので注意が必要である。

※尚、本検討は、(独)土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財)海洋架橋・橋梁調査会、(財)土木研究センターおよび民間企業9社による共同研究「経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する共同研究」の一環として実施したものである。

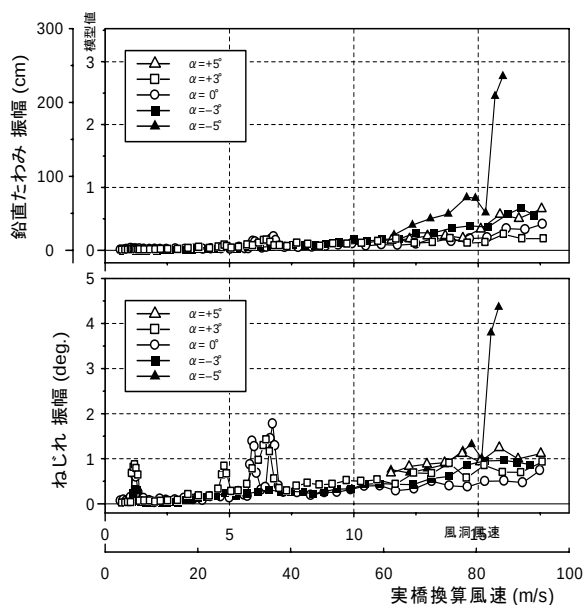


図-4 風速-応答図(断面A)

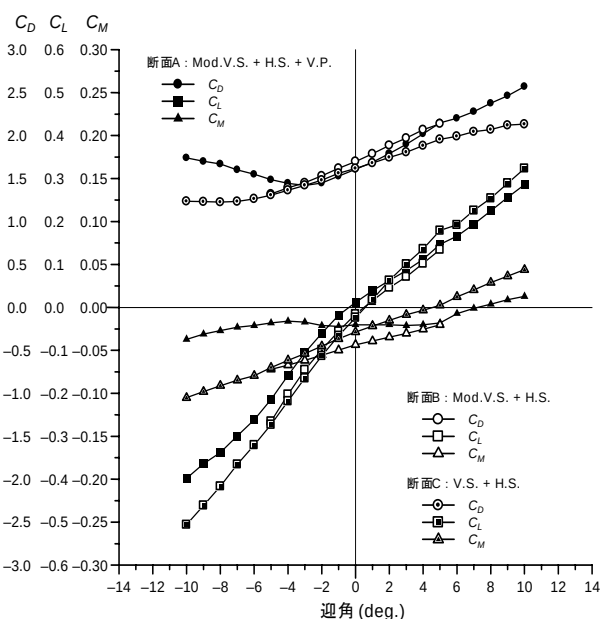


図-5 三分力係数