

桁構造に着目した合理化構造吊橋に関する研究

横浜国立大学 学生会員 ○岡崎 洋子
横浜国立大学 フェロー 山田 均

横浜国立大学 正会員 勝 地弘
横浜国立大学 正会員 西尾 真由子

1. はじめに

近年、低コスト化を目的とした橋梁構造の合理化が重要課題となっており、鋼道路橋においては、少数主桁橋梁の採用が広がっている。一方で、我が国の近年の橋梁建設は長大橋から中小橋梁へと移行してきている。吊橋は、長径間橋梁として極めて適した橋梁形式であるが、美観に優れていることから、長支間の橋梁ばかりでなく中小支間の橋梁としても架設されることが多い。しかし、吊橋を中規模橋梁に適用するには、経済的合理性の追求が課題となる。そこで、少数主桁構造の吊橋への適用が検討されている¹⁾。しかし、プレートガーダー吊橋はねじれ剛性が低く、空力特性に劣ることから、適用にあたっては耐風安定性の確保が最重要課題となる。

本研究では、プレートガーダー形式の超長大吊橋への適用は難しいものの、スパン 500m前後の中規模吊橋であれば、何らかの耐風安定化策を施すことで適用できるのではないか、という考えの下、スパン 540mのプレートガーダー吊橋を対象とし、風洞試験と数値解析の双方から耐風安定化策を検討することで、その実現可能性を探った。

2. プレートガーダー吊橋の概略試設計

はじめに、プレートガーダー吊橋の構造特性を把握することを目的として、ケーブル、主塔、補剛桁の各構造について試設計を実施した。橋梁モデルの基本条件を表-1に示す。ケーブル断面については、ケーブルの引張強度を 1800N/mm^2 、安全率を 3.0、サグ比 1/10 として設計した。

また、試設計結果に基づき、汎用解析ツールを用いてモデル化し、ケーブル重量、桁重量(床版重量を含む)を載荷させて、固有値解析を実施した。

表-1: モデル橋梁の基本条件

構造形式	単径間吊橋		
支間	540m		
幅員	12.5m		
ケーブル間隔	13.0		
ハンガー間隔	10m	15m	20m
サグ比	1/10		
主塔高さ	120m		
桁構造	2主桁	3主桁	6主桁
舗装	アスファルト舗装(70mm)		
床版	RC/I形鋼格子/開口		

3. 風洞実験による耐風安定化策の検討

3.1 実験条件

風洞実験は、縮尺 1/40 のプレートガーダー吊橋の部分模型を用いたバネ支持実験を適用した。模型断面図を図-1に示す。実験ケースは、床版をグレーチング構造とした開口床版と合成床版の2ケースとし、フェアリングについても形状を変えて効果を検討した。迎角については -3° 、 0° 、 $+3^\circ$ の3ケースを実施した。また、本研究では重量付加の有効性を検討するため、開口床版を想定した基本の質量、極慣性を2倍、3倍に変化させたケースでも実験を行った。

3.2 実験結果

風洞実験の結果、以下のことが分かった。

- ・ねじれ剛性の低さに起因するねじれフラッターが低風速で発現し、その抑制が大きな課題となる(図-2-a)。
- ・空力的対策としては、先端角度 30° 三角形フェアリングの設置がフラッター特性の改善策として最も有効であったが、迎角によってその効果が大きく異なる(図-2-c)。

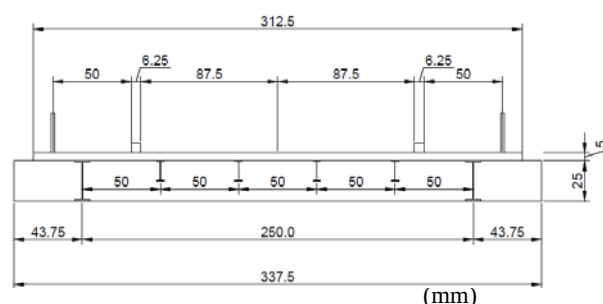


図-1: 風洞実験模型断面図

キーワード 吊橋 プレートガーダー 耐風安定性

連絡先 〒240-8501 横浜保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4243 FAX 045-348-4565

・先端角度 30°三角形フェアリングを設置したケースにおいて、重量が増すほど、無次元風速におけるフラッター発現風速は向上することが確認できた。重量の増加に応じて固有振動数は低下するため実橋換算風速での発現風速は低下するが、重量増が許容されればその分部材の

本数や腹厚を増すことで剛性を高めることが可能となるため、空力安定化策として重量付加が有効であると考えられる。

・開口床板の適用は、ねじれフラッターの問題を解消できるものの低風速で渦励振が発現し、渦励振の抑制には大幅な重量付加が必要となる(図-3)。

4. 構造力学的耐風安定化策の検討

ねじれフラッターの抑制に対しては、ねじれ 1 次固有振動数の向上策が有効的であると考えた。そこで、センターステイや横構の設置といったねじれ剛性の向上を図った構造的対策について検討した。検討には、[ハンガー間隔 15m- I 形鋼格子床板-3 主桁]のモデルを用い、重量は表-3 に示すように風洞実験における重量 3 のケースとほぼ同じ値としている。表-4 に示す限界風速は、実験結果から得られたフラッター発現風速(無次元風速)を各モデルの固有値解析から得られた振動数を用いて実橋風速に換算したものである。

検討の結果、センターステイは、逆対称モードのねじれ振動数を上昇させる

対策として有効であり、振動数は、ステイケーブル断面積や設置本数の増加に伴って 10%~20%程度上昇することが分かった。また、重量の増加とともにねじれ剛性を向上させるには、下横構の追設が最も有効であることが明らかとなった。

5. 結論

合成床版のプレートガーダー吊橋は、ねじれフラッターが低風速で発現し、その抑制が大きな課題となるが、空力的対策と構造力学的対策を施せば、限界風速は 55m/s 程度まで上昇することが示された。この場合、発散振動照査風速の補正係数(1.2)、および地表粗度、高度に関する補正を考慮した場合においても、基本風速 30m/s の地域での適用が可能となることから、プレートガーダー吊橋の実現可能性が示された。

参考文献

1) 山崎伸介ら：エッジガーダー形式合成桁を有する吊橋の概略試設計，土木学会第 65 回年次学術講演会，I-223，pp445-446，2010.9.

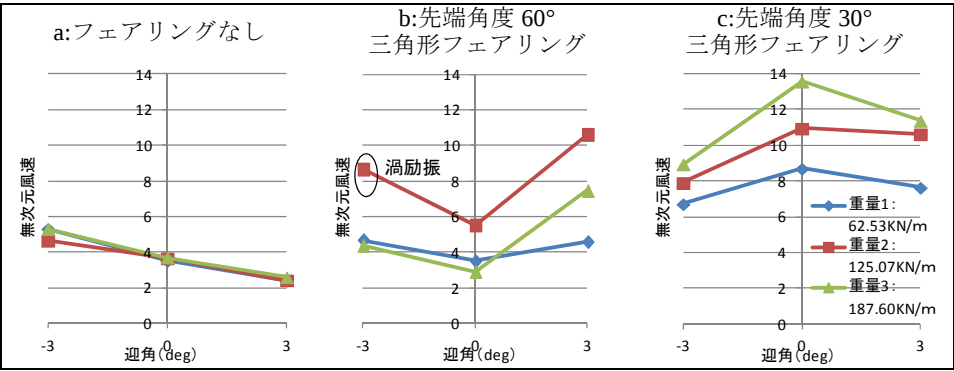


図-2：ねじれフラッター発現風速比較

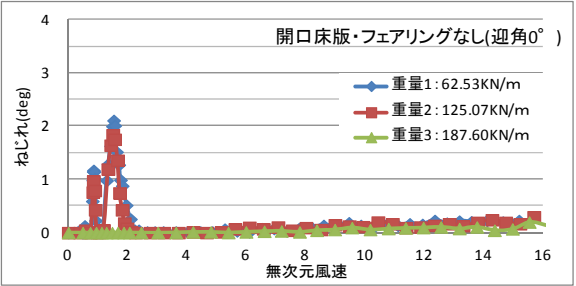


図-3：開口床版のねじれ振動

表-3：基本モデルの設定重量

吊構造部重量 (KN/m)	主ケーブル断面積(m ²) (1 本当たり)	主ケーブル重量 (KN/m)	単位長さ重量 (KN/m)
146.4	0.170	26.9	173.3
154.6	0.180	28.4	183.0

表-4：各対策と限界風速

空力的対策	構造的対策	ねじれ 1 次振動数(Hz)	限界風速(m/s)	
			無次元風速 (迎角)	実橋風速(m/s)
なし	なし	0.336	2.41 (+3°)	10.9
フェアリング (先端角度 30°)	なし	0.336	8.95 (-3°)	40.6
"	センターステイ (A=108.9cm ² -片側 8 本)	0.407	"	49.1
"	下横構	0.458	"	55.3
"	下横構+ステイ (A=6.8cm ² -片側 2 本)	0.461 (対称モード)	"	55.7