

I-688

長大吊橋のフラッター限界風速に対するクロスハンガーの改善効果に関する検討

本州四国連絡橋公団 正員 大谷康史 本州四国連絡橋公団 正員 北川 信
 本州四国連絡橋公団 正員 金崎智樹 本州四国連絡橋公団 正員 勝地 弘

1. まえがき

中央径間2500mを超える長大吊橋の可能性については、耐風安定性、特に良好な耐フラッター特性を確保することが、最重要課題となっている。本検討は、このフラッターに着目して、いくつかの橋梁案に対して、クロスハンガーを付け加えた場合の効果をフラッター解析によって、定量的に検討したものである。

2. 解析条件

解析対象として、図-1に示す3種類の桁断面を選定し、基本構造として図-2示す全体系を用いた。また、クロスハンガーの設置位置は、図-2に示すように中央径間に2ヶ所(クロスハンガー間距離 0.4L=992m)、両側径間に1ヶ所ずつ(側径間中央)である。クロスハンガーとしては、図-3に示すようにケーブルタイプと鋼材タイプの2種類を考えた。鋼クロスハンガーは、圧縮力に対抗できるため、桁が変形や振動した場合でも、その効果が確保されることを狙ったものである。

フラッター解析は表-1、表-2の条件を用いて、以下の方法で行った。

- ・解析モデル：各補剛形式での試設計結果を基に作成した立体骨組みモデル
- ・解析方法：複数の固有振動モード(本検討では50次まで)を組み合わせるモード解析法
- ・解析手順：立体骨組みモデルに非定常空気を作用させて運動方程式を立て、複素固有値解析を行いフラッター振動諸量を求めた。

本解析においては、明石海峡大橋の全橋模型風洞試験で得られた最新の知見を取り込んでおり¹⁾、具体的には以下の特徴がある。

- ①節点座標の移動・釣合条件の変化という構造特性の変化(風速 10m/s毎)
- ②固有振動数、モードの変化(風速 10m/s毎)
- ③静的ねじれ変形に対応した静的空気力係数、非定常空気力係数の考慮(風速 10m/s毎)

3. 解析結果

フラッター解析結果を表-3に示す。鋼クロスハンガー、ケーブルクロスハンガーともに解析対象とした、どの桁断面に対してもフラッター風速の改善が認められた。表-1より、クロスハンガーはねじれモードの固有振動数を上げる効果があることがわかるが、フラッターに大きな影響を及ぼす固有振動数に効果が大きいほど、フラッター風速も改善される傾向が見られる。また、フラッターモードを構成する固有振動モードは、1箱桁(H=7m)の場合には、基本断面(クロスハンガーなし)が鉛直対称1次モードとねじれ対称1次モードの寄与が卓越した連成フラッターであるのに対して、クロスハンガーを設置した場合には、さらに鉛直対称2次モード等4つのモードを加えた6つのモードが寄与しており、クロスハンガーは、単にねじれの固有振動数を上げる効果のみならずフラッターを構成するモードを制御する効果を持ち、それがフラッター限界風速の改善を行っていると考えられる。

4. まとめ

今回の解析結果の中で、最もよい結果であったのが、1箱桁(H=7m)に鋼クロスハンガーを用いた場合であった。クロスハンガーは、対象とする桁断面や設置位置によりその効果に差が生じることから、今後は、さらに最適桁高、最適クロスハンガー位置など、詳細な検討を行う必要がある。

[参考文献]

- 1)勝地、宮田、佐藤、北川 他；明石海峡大橋フラッター特性に関する解析的検討、土木学会第49回年次学術講演会、平成6年9月
- 2)保田、鈴木；超長大吊橋の構造特性と耐風安定化構造の一考察、土木学会第47回年次学術講演会、平成4年9月
- 3)鈴木、保田；超長大吊橋の耐風安定化構造の検討、土木学会第48回年次学術講演会、平成5年9月
- 4)鈴木、北川；長大箱桁吊橋の耐風安定化構造の検討、土木学会第49回年次学術講演会、平成6年9月

Figure 1: Cross-section of the bridge deck. The diagram shows a cross-section with a central span of 2,480m and two side spans of 1,226m. The total width is 4,932m. The deck is supported by three piers. The cross-section is labeled with dimensions in meters (単位: m). The top dimensions are 1,250, 2,500, and 1,250. The bottom dimensions are 613, 613, 744, 992, 744, 613, and 613. The total width is 4,932m.

鋼ハンガー
断面図

A diagram of a trapezoidal structure. It has two vertical side lines and two diagonal lines crossing in the center. At the bottom, there is a horizontal line with a dashed line above it, and a small vertical line segment in the middle of the bottom edge.

諸元	桁形式	1 箱桁 (H=4m)			1 箱桁 (H=7m)			無補剛桁		
スパン割		1,250+2,500+1,250 m								
サグ比		1/10								
鋼重 (tf/m)		38.41			42.70			34.38		
補剛桁		23.09			25.70			20.70		
ケーブル		7.66×2			8.50×2			6.84×2		
極慣性モーメント (tfm ² /m)		2711.5			3250.0			1892.0		
	クロスハガー のタイプ	なし	ケーブル	鋼	なし	ケーブル	鋼	なし	ケーブル	鋼
固有振動数	水平 1 次	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.034	0.033	0.033	0.034
	鉛直 1 次	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
H _z	ねじれ 1 次	0.126 (T1)	0.142 (TH1)	0.144 (TH1)	0.147 (T1)	0.147 (TH1)	0.15 (TH1)	0.107	0.13	0.134
	ねじれ 2 次	0.207 (T2)	0.186 (T1)	0.191 (T1)	0.159 (T2)	0.202 (T1)	0.208 (T1)	0.164	0.154	0.165

項 目	条 件
気流傾斜角	0°
空気密度	0.125 kgf/s ² /m ⁴
風速の鉛直分布	べき指数 1/8
有風時静的変形	考慮 風速10m/s毎に修正
有風時固有値	考慮 風速10m/s毎に修正
静的空気力係数	桁三分力係数：計測値 ケ-7 ⁸ 、ハケ- ⁹ ：C _D =0.7
非定常空気力係数	(振動方向)
	鉛直 ねじれ 水平
	空 〇 〇 〇
	力 M 〇 〇 〇
構造減衰 (対数減衰率)	〇：測定値 △：準定常理
	全モード δ=0.02

補剛桁形式	クロスハンガーのタイプ	気流傾斜角	限界風速	応答振動数
1 箱桁 (H=4m)	なし	0°	43.2 m/s	0.089 Hz
	ケーブルクロスハンガー		61.7 m/s	0.138 Hz
	鋼クロスハンガー		63.3 m/s	0.139 Hz
1 箱桁 (H=7m)	なし	0°	61.3 m/s	0.108 Hz
	ケーブルクロスハンガー		71.9 m/s	0.120 Hz
	鋼クロスハンガー		81.4 m/s	0.137 Hz
無補剛桁	なし	0°	38.7 m/s	0.127 Hz
	ケーブルクロスハンガー		66.2 m/s	0.103 Hz
	鋼クロスハンガー		65.1 m/s	0.136 Hz