

I-A 215 経済性を考慮した2500m級吊橋の開発

石川島播磨重工業 正会員 松田 一俊

石川島播磨重工業 正会員 樋上 琇一

1. まえがき

超長大橋を開発する上での重要なファクターとして、耐風安定性と並んで経済性がある。ここでは特に経済性を重視して、フラッター特性に優れた桁断面を検討した。検討の初めに着目した桁断面は吊構造部とケーブルの死荷重が1箱桁断面¹⁾に比べて約10～20%小さい無補剛桁¹⁾である。しかし、無補剛桁は剛性が比較的小さいため、良好なフラッター特性が期待できない。そこで、本研究では死荷重を無補剛桁と同程度に低く抑えつつ、無補剛桁の断面形状を改良してフラッター特性を向上させることに努めた。

2. 構造概要

表-1に実橋諸元、図-1に桁断面図を示す。本橋は経済性を考慮して桁高を1.6m、吊構造部+ケーブルの死荷重を明石海峡大橋の約80%である32.4t/mとした。橋軸方向に4カ所設置したクロスハンガーは、ねじれ対称1次モードの固有振動数を16%高めると同時にダイバージェンス風速を高める機能も有している。

3. バネ支持試験結果・風荷重静的変形

図-2より、正迎角におけるフラッター特性が比較的良好となる傾向を示した。なお、図中の試験値と解析値の対応関係から非定常空気力係数の計測精度および空気力の重ね合わせの妥当性を確認した。

図-3に示す三分力係数を用いて得られた風速90m/sにおける風荷重静的変形を図-4に示す。フラッター特性に影響を与える中央径間中央付近における静的桁ねじれ変形が約+6度（頭上げ）となる。したがって、図-2より判断して、この中央付近は良好なフラッター特性が期待できる範囲である。なお、静的桁ねじれ変形量が大きいため、本橋は静的変形を考慮した実橋フラッター解析を行う必要がある²⁾。さらに風速を高めると、95m/s付近でダイバージェンスが発生する。ただし、現行の耐風設計基準による照査風速はクリアしている。2箱桁形式橋梁の場合、フラッターと並んでダイバージェンスに対する検討も重要である。

4. 実橋フラッター特性

フラッター解析では上記理由により風荷重静的変形を考慮し、計測された非定常空気力係数を使用した。振動モードは低次から50次までのすべてのモードを用いた。図-5より、実橋風速90m/sまではフラッターは発生しない。なお、図中の解析値は起点モードがねじれ1次の場合の数値である。風速90m/sにおけるフラッター応答波形を図-6に示す。主として鉛直曲げ対称1次、2次およびねじれ対称1次のモードが混在した多自由度フラッター応答となっている。

5. まとめ

- (1) 実橋風速90m/sまでフラッターが発生しない2箱桁形式橋梁を開発した。吊構造部+ケーブルの死荷重は明石海峡大橋の約80%に相当する32.4t/mである。
- (2) 明石海峡大橋大型模型風洞試験・解析および本橋の検討結果などから、超長大橋のフラッター特性を評価する場合には風荷重静的変形を考慮した解析を行うことが必要不可欠であると言える。
- (3) 2箱桁形式橋梁の耐風検討を行う場合、フラッターと並んでダイバージェンスに対する検討も重要である。

なお、本研究は建設省土木研究所、本州四国連絡橋公団、(財)土木研究センターおよび民間8社による共同研究「耐風および経済性に優れた超長大橋の開発」の一環として行われたものである。

参考文献 1) 大谷、北川、金崎、勝地、「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」、土木学会第50回年次学術講演会 I-688、平成7年9月
2) 樋上、松田、「長大橋梁のフラッター応答に影響を与える非定常空気力の特性」、土木学会第50回年次学術講演会 I-687、平成7年9月

表-1 実橋諸元

スパン割り	ケーブル 桁	1250m + 2500m + 1250m 1226m + 2480m + 1226m
ケーブルサグ比		1/10
ケーブル本数		2本/桁×2桁=4本/Bridge
ケーブル間隔		17.5m
死荷重	桁	9.17tf/m/桁×2桁=18.3tf/m
	ケーブル	3.53tf/m/本×4本=14.1tf/m
	合計	32.4 tf/m
極慣性モーメント (2桁中心)	桁	4,522 tf・m ² /m
	ケーブル	5,558 tf・m ² /m
	合計	10,080 tf・m ² /m
桁剛性/桁	鉛直曲げ	0.301 m ⁴
	水平曲げ	11.4 m ⁴
	ねじれ	0.770 m ⁴
固有振動数 (対称1次)	鉛直曲げ	0.05494 Hz
	ねじれ	0.09341 Hz
振動数比		1.70

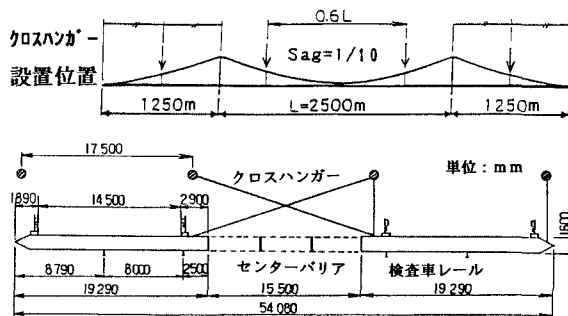


図-1 桁断面図

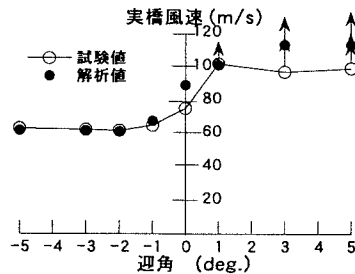


図-2 バネ支持試験結果

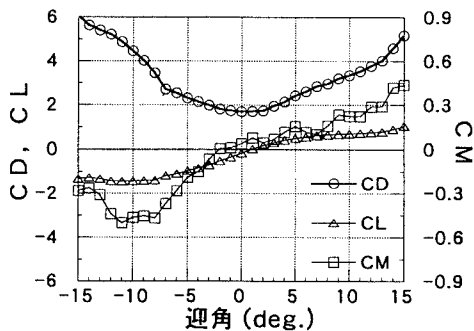


図-3 桁三分力係数

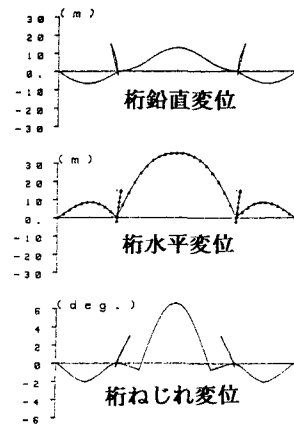
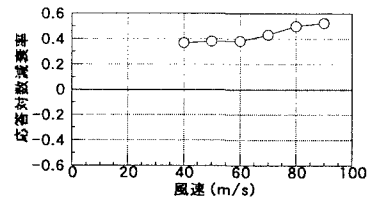
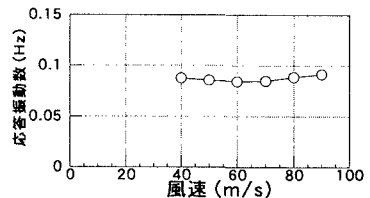


図-4 風荷重静的変形（風速90m/s）



(A) 風速一応答対数減衰率曲線



(B) 風速一応答振動数曲線

図-5 実橋フラッター解析結果

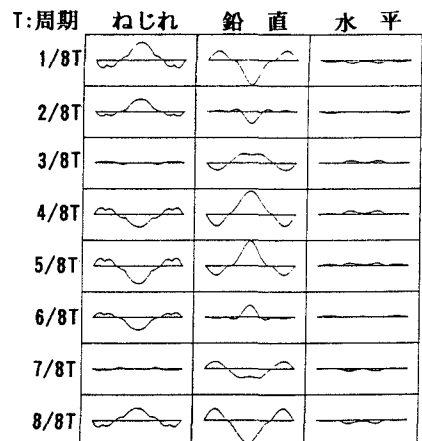


図-6 フラッター応答波形（風速90m/s）