

I - B 347

4車線一箱桁断面を有する超長大吊橋のフラッター特性検討

NKK基盤技術研究所 正会員 村上 琢哉

NKK基盤技術研究所 正会員 武田 勝昭

NKK橋梁建設部 正会員 高尾 道明

1. まえがき 海峡横断プロジェクトでは中央径間 2000m を超える長さの超長大橋が計画されている。その実現のためには、耐風性、中でもフラッター限界風速を如何に確保することが最重要課題の1つとして挙げられる。一方では社会的要請からコスト縮減の要求も強いため、耐風性と経済性の両面からのアプローチが必要となる。筆者は6車線一箱桁断面を有する超長大吊橋のフラッター特性の検討を実施してきたが^{1),2)}、ここでは、より経済性に配慮した4車線一箱桁断面を有する超長大橋のフラッター特性を検討した。

2. 検討内容の概要 検討対象吊橋は、既往の6車線一箱桁検討¹⁾と同様に、サグ比 1/9、中央径間 2500m、側径間 1250m とした。検討は以下の手順で行なった。

① 6車線一箱桁の試設計を参考に4車線一箱桁吊橋の構造諸元を概略決定した。桁断面の断面辺長比は6車線と同一とし、桁幅 32m、桁高 5.5m とした。

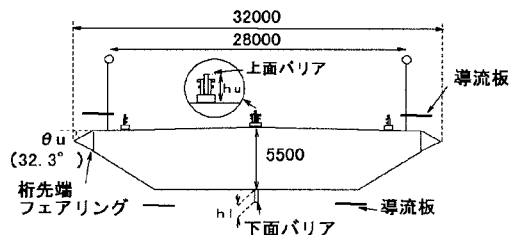
② 固有値解析を実施して振動特性を比較検討し、さらに平板空気をを用いたフラッター解析を実施した。

③ 4車線一箱桁断面の耐風安定化対策を検討した。具体的には、図-1に示す様に、6車線断面で実施したフェアリング形状、上下面バリアの設置の他に、新たに導流板を設置した断面(断面A~C)について非定常空気を測定し、2次元フラッター解析を実施した。

④ 上記検討で実測した空気をを用いて、クロスステイを設置した場合のフラッター発現風速を全橋(3次元)フラッター解析により算定した。解析手法は低次 100 モードを全て取り込んだモード組合せ法を用いた。取り込みモードは有風時(風速 80m/s)の振動モードを代表モードとして全ての風速域で用い、桁の静的ねじれ変形による空気力の変化も考慮した。クロスステイの断面積は断面積 0.04m²とし、設置位置は中央径間部 L/4 点(主塔から中央径間側 625m の位置)と側径間中央部の合計4カ所とした。

3. 結果および考察

4車線断面の構造諸元を6車線断面と比較して表-1に示す。4車線化によって吊構造部重量は約74%、極慣性モーメントは約50%に減少しているが、ねじれ剛性、鉛直、水平たわみ剛性が半減していることがわかる。さらに、固有値解析結果と平板翼を用いたフ



断面	θu (deg.)	h_u (m)	h_l (m)	導流板
A	27.3	—	—	—
B	32.3	1.5	1.1	—
C	32.3	1.5	1.1	○

(備考) ○:設置 —:設置せず

図-1 4車線1箱桁断面

表-1 想定超長大吊橋の構造諸元

項	目	4車線一箱桁	6車線一箱桁
形式	構造形式	3径間2ヒンジ吊橋	
	支間長	1250+2500+1250	
	サグ比	1/9	
メインケーブル	中心間隔	28.0 m	35.5 m
	有効断面積	0.9 m ² /Br	1.2 m ² /Br
	許容応力度	100 kgf/mm ²	
ハンガー	ハンガー間隔	70 mでモデル化	
	断面積	0.015 m ² /格点	0.02 m ² /格点
	断面積	1.1 m ⁴ /Br	1.3 m ⁴ /Br
補剛桁	鉛直曲げ剛性	6.0 m ⁴ /Br	12.0 m ⁴ /Br
	水平曲げ剛性	80 m ⁴ /Br	160 m ⁴ /Br
	ねじれ剛性	13 m ⁴ /Br	26 m ⁴ /Br
	極慣性	153.1 tf·s ² /m/Br	336.7 tf·s ² /m/Br
死荷重	吊構造部	18 tf/m/Br	24 tf/m/Br
	ケーブル	8 tf/m/Br	11 tf/m/Br
	合計	26 tf/m/Br	35 tf/m/Br
主塔	塔高	369.5 m	
	底面下面	T. P. + 10.5 m	

キーワード 超長大橋、4車線、一箱桁、フラッター解析

〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1-1 NKK京浜ビル TEL.(044)322-6337 FAX.(044)322-6519

ラッター解析結果を表-2に示す。固有値解析結果を見ると、4車線一箱桁における水平たわみ2次モード、ねじれ対称1次モードの振動数の減少が見られるが、これは剛性の低下に起因するものと考えられる。また、フラッター発現風速は、4車線一箱桁断面の方が6車線一箱桁断面よりも約10%低くなることがわかる。したがって、6車線を4車線に変更することにより耐風性が悪化するため、4車線断面で6車線と同程度のフラッター発現風速を確保するためにはより一層の耐風安定化対策が必要であると言える。

断面A～Cについて実測空気力を用いた2次元フラッター解析結果を図-2に示す。縦軸の κ は平板理論値を用いたフラッター発現風速との比を示している。6車線検討時と同様の対策を施した断面Bでは、断面A（以下、基本断面）より κ が約20%大きくなっている。導流板を設置した断面Cでは、 κ はさらに大きく、迎角0°の場合を比較すると、基本断面の約40%増、断面Bの約20%増となっており、導流板によってフラッター発現風速が向上していることがわかる。

上記検討で最もフラッター特性の良好な断面Cを桁断面としてクロスステイを設置した場合のフラッター解析結果を図-3に示す。これより、フラッター発現風速が73m/sであることがわかる。

4. まとめ 本検討の結果、以下の事が明らかになった。

- ① 4車線一箱桁断面は6車線一箱桁断面と比較してフラッター発現風速は低くなる。したがって、6車線から4車線への変更で6車線と同等のフラッター発現風速を確保するためには、より一層の耐風安定化対策を必要とする。
- ② 6車線断面の検討したフェアリング形状、上面、下面バリアの設置に加えて、導流板を付加することにより、4車線一箱桁断面のフラッター特性を改善できる。
- ③ 今回想定した中央径間2500mの超長大吊橋について全橋フラッター解析を実施した。今回検討した4車線一箱桁断面とクロスステイとの組み合わせた場合のフラッター発現風速は73m/sとなった。

なお、本検討は、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企業8社からなる共同研究「経済性を考慮した超長大橋の耐風設計法に関する研究」の一環として実施したものである。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 村上、武田、高尾：「1箱桁断面を有する超長大3本ケーブル吊橋の耐風性検討」第15回風工学シンポジウム論文集、pp.329-334、1998.12
- 2) 村上、武田、藤澤、高尾：「超長大吊橋1箱桁断面の空力特性」日本風工学会第71号 pp.85-86、平成9年4月

表-2 固有値解析結果とフラッター解析結果（平板翼）

		4車線一箱桁	6車線一箱桁
フラッター	フラッター発現風速	55 m/s	60 m/s
解析結果	応答振動数	0.1035 Hz	0.1047 Hz
固有値 解析結果	水平たわみ1次	0.0310 Hz	0.0311 Hz
	水平たわみ2次	0.0864 Hz	0.0981 Hz
	鉛直たわみ1次	0.0516 Hz	0.0525 Hz
	鉛直たわみ2次	0.0992 Hz	0.0992 Hz
	ねじれ対称1次	0.1573 Hz	0.1595 Hz

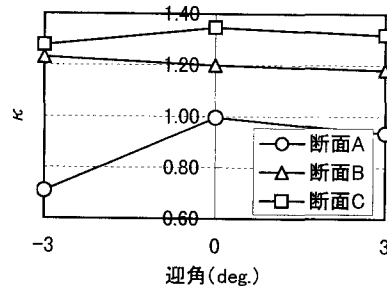


図-2 2次元フラッター解析結果

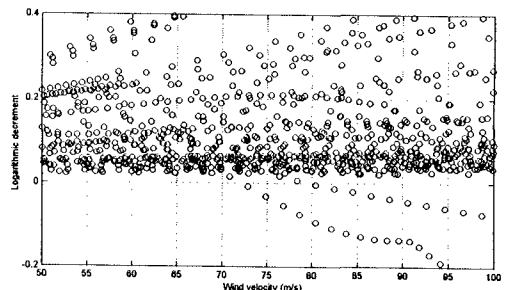


図-3 フラッター解析結果