

I-389

超長大吊橋の曲げねじれフラッターモード
選択に関する一考察

横浜国立大学大学院 学生員 矢野 一正

横浜国立大学 正員 宮田 利雄

横浜国立大学 正員 山田 均

神奈川県庁 西山 俊昭

(当時横浜国立大学学生)

まえがき 中央径間が2000m級の長大吊橋の耐風安全性を検討する際には、ねじれの振動数、曲げとねじれの振動数比の低下などの理由により、曲げねじれフラッターの発生問題を無視することができなくなっている。そのため、種々の状況を考慮し、条件を加味した複素固有値解析が行われてきたが[ref1]、吊橋によってはフラッター振動モードとして従来選択されていた曲げ、ねじれの固有振動モードと、発達し、発現するフラッター振動モードの起点とが食い違うことがあるという問題が残されていた。明石海峡大橋検討案において、補剛桁が箱桁のものとトラス桁のものとにフラッター解析を行った結果では、トラス桁の場合は横たわみ卓越のねじれモード(ケーブルの横たわみと連成している)が発達し、フラッター限界風速を与えるのに対し、箱桁の場合は通常、固有値解析結果から最低次のねじれモードとして選択される純捩れのモード(ケーブルの鉛直たわみと連成している)を起点とし、フラッター限界風速を与えていた。

これら二つの形式(箱桁、トラス桁)では、実際の補剛桁の形式は大きく異なっているものの、解析モデル上での大きな相違点は、桁とケーブルの諸剛性と桁高の違いからくる桁とハンガー取り付け点の相対的な位置関係の2点にすぎない。そこで本研究では、この相対的な位置関係がフラッター発生に至るモードの選択に何らかの形で寄与しているのではないかと考え、立体骨組みモデルにおける桁のせん断中心の位置を変化させ、フラッター解析を行った。また、桁の剛性を変化させたケースも試みた。剛性については、箱桁とトラス桁で最も違いのみられる横曲げ剛性について着目した。

解析モデルについて 解析モデルには現在検討中の明石海峡大橋のトラス補剛桁を基本とした。(CASE4として示している。) せん断中心位置を変化させたものを6ケース、剛性を変化させたものを2ケース行った(図1、表1)。CASE7、CASE8においてモデル形状はCASE4のものを用いた。

深さの変化による影響 フラッター解析方法については、過去、発表されてきた手法[ref2]を用いた。固有振動モードは全ケースともに①は桁の横たわみ卓越のモードであり、②は純ねじれのモードとなっている。解析結果のフラッター限界風速とそれを与える起点モードは、表2に示す通りである。CASE2を除いて、図2に示すように純ねじれモード②は、正減衰をしていたものがゆるやかに負減衰に移り、しだいにフラッターに至るが、①モードはそれまで横たわみ卓越の振動を保っていたものがフラッター限界風速の近傍において急激に曲げ-捩れ振動について負減衰を起こし、フラッターが発生するという現象が起きている。CASE2では最低のフラッター風速を与えるモードが②となっているが、このケースは横たわみとねじれの連成を抑えた(深さ0m)ため、①モードはほとんど確認できず、フラッターを起こすこともなく純ねじれモードの②がフラッターに至った。CASE6でフラッター限界風速を与えている③は、①と同じように桁の横たわみ卓越のモードであり、①モードと同様の変化をみせている。以上のことから、横たわみとねじれの連成を許さない状態でのみ①モードのフラッター発生を抑え、連成を許した場合には純ねじれモードの②がフラッター限界風速を与え、このことはモデルの形状によらず、それはパラメーターに成り得ないことが分かった。

剛性の影響 ハンガー取り付け点と剛性中心との位置はかわらない CASE7とCASE8とでは、CASE7は、トラス桁に箱桁の剛性を与えたもので、この場合には①モードがフラッター限界風速を与えているが、横曲げ剛性の大きなCASE8は、①モードがフラッターに発達している。図3に示す通り、CASE7では①モードは

ほとんど負減衰には至らない。そのため、緩やかに負減衰に移った⑥がフラッター限界風速を与えている。それに対しCASE 8では、CASE 1～6と同様に①モードが急激に振動を発散させている（図2）。発生したフラッターモードには双方で大きな差はないものの、この2ケースは剛性に着目した場合の箱桁とトラス桁との比較と見ることができ、まさにまえがきで述べた、フラッター発生の起点モードの食い違いを見せている。フラッターモードの選択には、桁の剛性、特に横曲げ剛性が大きく影響しているといえる。

参考文献

- 1) 宮田、山田、岩崎：吊橋立体骨組み解析による曲げねじれフラッター推定に関する検討、第十回風工学シンポジウム論文集。
- 2) 宮田、山田、太田：立体骨組み解析法による横たわみしたトラス補剛吊橋の曲げねじれフラッター解析、土木学会論文集（印刷中）

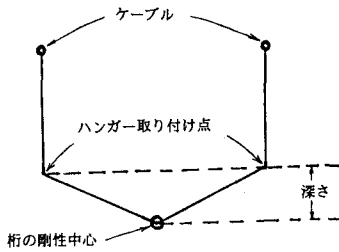


図1 深さの定義

		$(\times 10^8 \text{ t m}^2/\text{Br})$		
		CASE 1～6 (トラス桁剛性)	CASE 7 (箱桁剛性)	CASE 8
桁剛性	鉛直曲げ	4.64	1.40	1.40
	横曲げ	35.1	3.61	36.1
	ねじれ	1.42	1.35	1.35

表1 桁剛性の諸元

注) CASE 8 : CASE 7 の横曲げ剛性を 10 倍し、
ほぼトラス桁剛性と等しくした。

CASE No. (深さ m)	起点モード (Hz)	フラッター限界風速 (m/s)
CASE 1 (-3.5)	①(0.1273)	80.5
CASE 2 (0.0)	②(0.1635)	81.5
CASE 3 (+1.5)	①(0.1273)	80.0
CASE 4 (+3.5)	①(0.1273)	79.5
CASE 5 (+7.0)	①(0.1271)	77.5
CASE 6 (+14.0)	②(0.1640)	76.5
CASE 7 (+3.5)	②(0.1638)	86.0
CASE 8 (+3.5)	①(0.1394)	86.0

表2 フラッター解析結果

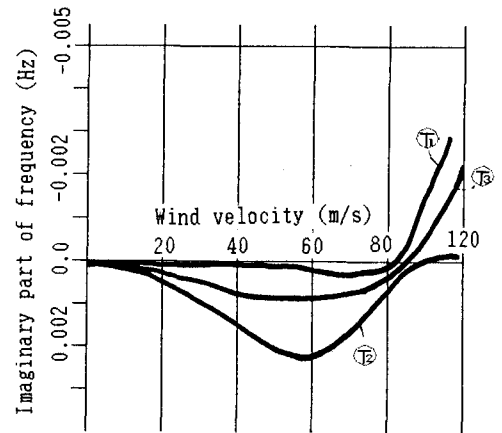


図2 風速-複素振動数（虚部）
（トラス桁の桁剛性を持つ場合）

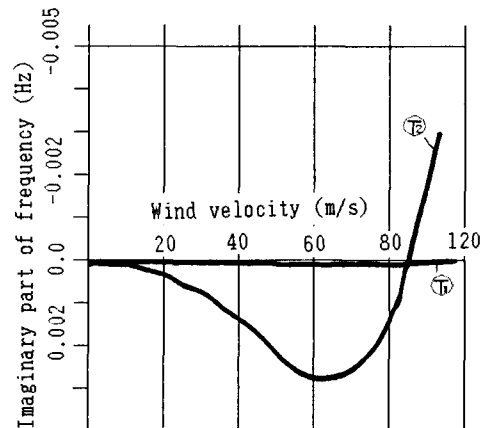


図3 風速-複素振動数（虚部）
（箱桁の桁剛性を持つ場合）