

住友重機械工業(株) ○正員 荒居 祐基
 " 正員 宮崎 正男
 " 正員 久保田 浩

1. まえがき

中央支間長1990mの世界最大の吊橋である明石海峡大橋の建設が順調に進んでいるが、近い将来に予想される国内外のビッグプロジェクトでは、2000mを超えるような超長大吊橋の計画も取り沙汰されている。周知のように、このような超長大吊橋では、支間長の増加とともに固有振動数(特にねじれ振動数)が低下し、その耐風設計上最も注意を要する曲げねじれフラッターの限界風速が低下するという問題が存在する。

本論では、中央支間長2000~5000mの超長大吊橋を対象として、その試設計と振動特性の把握を行うとともに、曲げねじれフラッターの限界風速に影響するねじれ固有振動数に着目し、著者らが既往の研究¹⁾で提案した水平ステイ(図1)の振動数上昇効果についての検討結果を報告する。

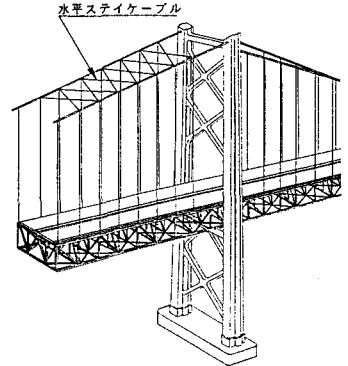


図1 水平ステイ概要図

2. 検討吊橋の試設計と振動特性

検討対象は、表1に示す中央支間長2000, 2500, 3000, 5000mの4ケースの吊橋とした。各吊橋の補剛桁はトラス形式とし、風速60m/s相当の静的な風荷重によってトラス部材を設計している。

次に、表1のごとく静的試設計を行った各支間長の吊橋に対して固有値解析を実施し、曲げねじれフラッターの照査において基本となる鉛直曲げとねじれの最低次振動数を求める。その結果を図2に示すが、図より支間長の増加に伴い、曲げ、ねじれの振動数が減少して行き、特にねじれ振動数の減少が顕著であることがわかる。これらの振動数を用いて、曲げねじれフラッターの限界風速をSeiberg式(補正係数 $K=1.3$ と仮定)により求めると、2000m吊橋では $V_{cr}=87\text{m/s}$ となるのに対して、5000m吊橋では $V_{cr}=63\text{m/s}$ にまで低下し、支間長の増加によってねじれ振動数が減少し、それに起因する耐風安定性の悪化が明らか

表1 検討吊橋の構造諸元一覧表

			CASE-1	CASE-2	CASE-3	CASE-4	
中央支間長			m	2000	2500	3000	5000
死荷重	補剛桁	t/m	31.5	32.9	34.4	35.0	
	ケーブル	t/m	15.5	22.6	32.0	71.0	
	合計	t/m	47.0	55.5	66.4	106.0	
極端な慣性	補剛桁	t・s ²	729	762	801	894	
	ケーブル	t・s ²	586	855	1210	3833	
	合計	t・s ²	1315	1617	2011	4727	
補剛桁の剛度	水平曲げ	m ⁴	216.8	227.5	243.5	264.0	
	鉛直曲げ	m ⁴	34.7	36.4	39.0	41.2	
	ねじれ	m ⁴	18.1	23.5	27.5	37.2	

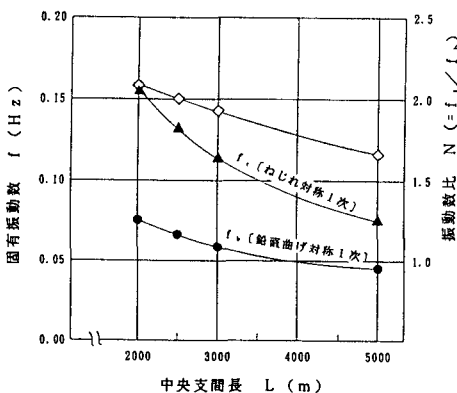


図2 中央支間長に対する固有振動数の変化

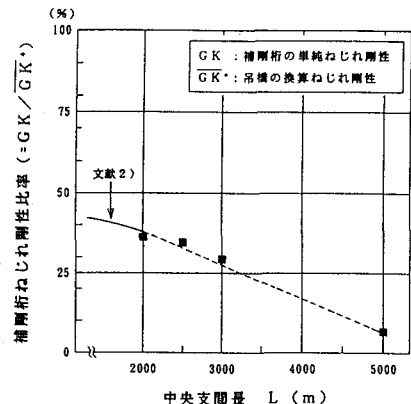


図3 ねじれ振動に及ぼす補剛桁ねじれ剛性の寄与

かとなった。

さて、従来の長大吊橋では、ねじれ振動数を上昇させるために桁のねじれ剛性を高める試みがなされてきたが、図3に示すように、5000m級の吊橋では、吊橋のねじれ振動に対する桁ねじれ剛性の寄与は非常に小さく、このような超長大吊橋では、経済性を大きく犠牲にした桁ねじれ剛性を高める試みは得策ではないようである。

3. 水平ステイの効果

2. で示したように、5000m級の吊橋では桁のねじれ剛性を高めるよりも、ケーブルシステム全体のねじれ剛性を高めてねじれ振動数を上昇させ、それにより吊橋の耐風安定性を向上させる方が有効であると考えられる。

そこで本研究では、図4に示すねじれ振動モードから、桁のねじれ振動時に連成する主ケーブルの橋軸方向逆対称振動（主塔ねじれ振動）に着目し、これを水平ステイによって拘束して吊橋全体のねじれ剛性を高め、ねじれ振動数を上昇させる方法を検討する。

図5は水平ステイの設置長とねじれ振動数の上昇率の関係を示したものである。また、図6は水平ステイの設置長を支間長の25%に設定し、設置位置を変化させた場合のねじれ振動数の上昇率を示している。図5および図6より、水平ステイはわずかな設置長であっても、その振動数上昇効果は大きく、また中央支間の1/4点付近に設置するのが効果的であることが判明した。さらに、水平ステイ部材の伸び剛性と水平ステイの（主ケーブルに対する）設置角度も振動数上昇効果に影響するパラメータとなることがわかった。水平ステイの伸び剛性を主ケーブルの0.1%程度とし、中央支間1/4点付近で支間長の25%の区間に水平ステイを主ケーブルに対して約25°で設置すると、ねじれ振動数は約30%上昇する。

4. まとめ

超長大吊橋において、水平ステイ方式は吊橋のねじれ固有振動数を上昇させ、耐風安定性を向上させる有効な一手法であることが確認できた。今後の課題として、曲げねじれフラッターが発生するような暴風時の横変形状態における水平ステイの応力特性、および非抗圧縮部材としての水平ステイの実効果に関して、さらに詳細な検討が必要であると思われる。

参考文献

- 1) 荒居ほか：超長大吊橋の耐風設計と耐風安定化構造に関する考察，第48回年次学術講演会概要集，1992年9月
- 2) 田中淳之：吊橋上部工の設計，橋梁と基礎，1984年8月

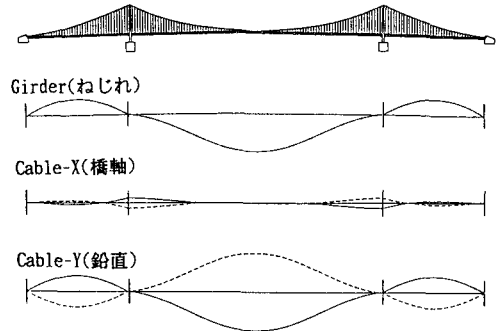


図4 ねじれ対称1次振動モード（ステイ無）

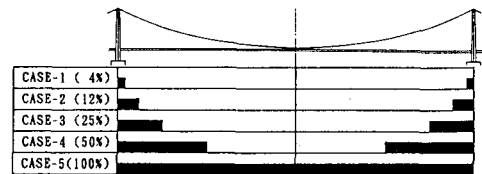


図5 水平ステイの設置長とねじれ振動数上昇率

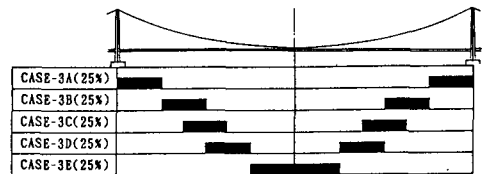


図6 水平ステイの設置位置とねじれ振動数上昇率