

I-A 312 長大斜張吊橋のケーブルのサグの影響と補助ケーブルシステムの効果

鹿 島 正会員 佐藤 廣直

東京都立大学 正会員 成田 信之・前田 研一・中村 一史

川田工業 正会員 野村 国勝・中崎 俊三

1. まえがき 著者らは、Dischinger形式の吊形式橋梁を斜張吊橋と名付けて長大橋に適用することを提案し、中央径間長900m, 1,500mについて検討した結果、これらの領域では吊橋と斜張橋の中間的存在であるが、より長大化した場合、斜張橋に代わって吊橋と競合し得る有望な新形式であることを示唆できた¹⁾²⁾。そこで、現在、さらに中央径間長2,000mを超え3,000mに至る超長大橋への適用の検討に着手している³⁾⁴⁾。本研究は、その成果に先行して、超長大橋への適用を念頭に置き、上述の中央径間長1,500mの試設計モデルを対象に、静的特性や座屈・振動特性におけるケーブルのサグの影響と、その影響の軽減などのための補助的なケーブルシステム⁵⁾の効果を検討したものである。

2. 補助的なケーブルシステムとその効果 斜張橋部の斜ケーブルのサグの影響を軽減するための補助的なケーブルシステムとして、主ケーブルから中央点を鉛直に吊り上げる「サスペンションケーブル」と、法線方向に中央点を相互に結び下端を主桁に定着する「トラジェクトリーケーブル」を対象とする。図-1の簡単なモデルを用いたパラメトリック解析結果の一例を示す図-2から、補助的なケーブルシステムを模したモデルが、直線ケーブルと同程度の変位となって、サグの影響を軽減する効果があることが解る。なお、以下の検討では、吊橋部の斜めハンガーケーブルについても、参考のために対象に加える。

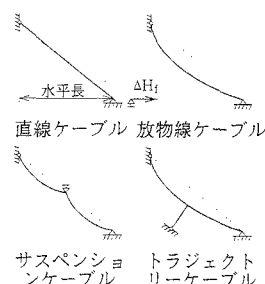


図-1 ケーブルモデル

3. 長大斜張吊橋の解析モデルと検討条件 中央径間長1,500mの斜張吊橋の試設計例を基に、図-3に示す解析モデル（構造諸元：表-1）を対象として、活荷重載荷による静的有限変位解析、活荷重を全径間に載荷した状態での接線剛性行列による座屈固有値解析、及び、固有振動解析を行った。立体解析を基本にし、斜ケーブルおよび主ケーブルのサグの影響の考慮は、リンク構造に置き換えることによる。

4. 静的特性と座屈・振動特性の検討結果 解析結果の一部を図-4～7、および、表-2, 3に示す。まず、図-4は基本モデルにおけるサグの影響を示したもので、全径間載荷の場合には主ケーブルの、左側径間載荷の場合には斜ケーブルのサグの影響が、それぞれ支配的で無視できないことが解る。図-5はサスペンションケーブルの効果を示したもので、左側径間載荷の場合には効果がみられるが、全径間載荷の場合には逆効果であることが解る。これは、側径間の主ケーブルのバックステイとしての効果が、

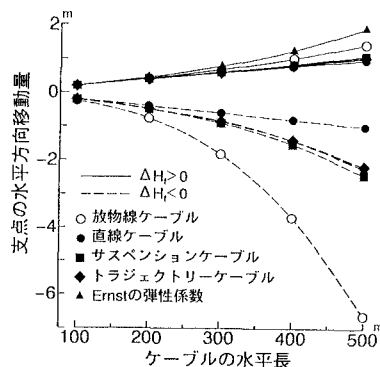


図-2 支点の水平方向移動量

($H_t/A_c \cdot \sec 45^\circ = 3.0 \times 10^4 \text{ tf/m}^2$,
 $\Delta H_t/A_c \cdot \sec 45^\circ = 2.0 \times 10^4 \text{ tf/m}^2$)

表-1 斜張吊橋の構造諸元

部材	A (m ²)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)	J (m ⁴)
主桁	1.43	6.09	113.73	12.22
	1.82	7.83	144.71	16.72
主塔	1.79	29.07	45.32	40.45
	1.54	9.59	9.59	26.54

部材	断面積 (m ²)
斜ケーブル	0.015 ~ 0.00748
メインケーブル	0.1958
ハンガーケーブル	0.0029
トラジェクトリーケーブル	0.0014
斜めハンガーケーブル	0.00145
センターステイ	0.05

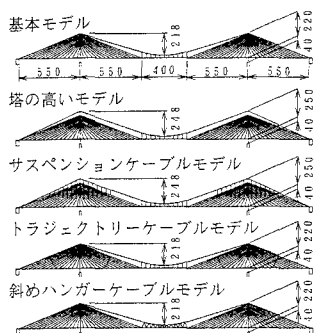
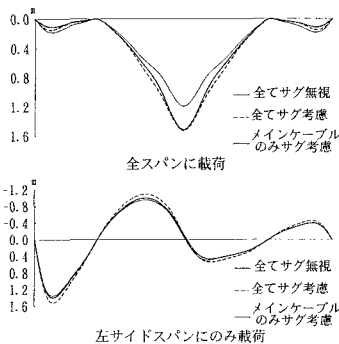
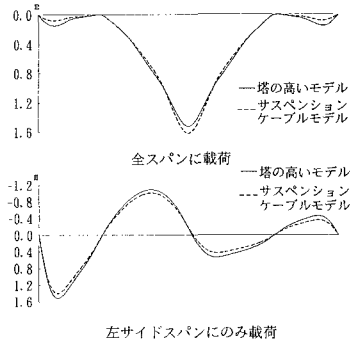


図-3 斜張吊橋の解析モデル

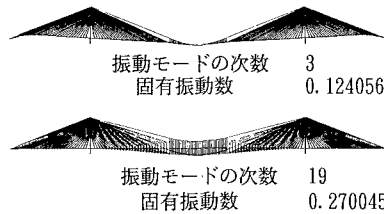
下方への変形に伴って低下することによるものと考えられる。また、トラジェクトリケーブルについては、種々の検討を加えても解析結果はほとんど変化せず，ここでは省略した。一方，図－6，7は，基本モデル（サグ無視）の主桁面内最低次の座屈固有値とモード，たわみと振りの対称1次固有振動数とモードを，および，表－2，3は，座屈固有値，固有振動数に及ぼすサグなどの影響と各ケーブルシステムの効果を示したものである。表－2から，サグの影響がほとんどないこと，塔の高さが面外の座屈固有値に及ぼす影響は大きいこと，サスペンションケーブルの場合はプレストレスの減少による主桁軸力の減少に伴って面内の座屈固有値が大きくなる効果があること，および，トラジェクトリケーブルの場合も面内の座屈固有値に多少効果がみられることなどが解る。これに対して，表－3からは，たわみ，振りともに固有振動数に及ぼすサグの影響は非常に大きい，主ケーブルのサグの影響が斜ケーブルのそれより大きいことが解る。また，斜ケーブルのサグの影響を軽減する効果は，各ケーブルシステムともほとんどみられない。



図－4 活荷重時主桁鉛直変位（基本モデル）



図－5 活荷重時主桁鉛直変位（サグ考慮）


図－6 主桁面内最低次の座屈固有値とモード
（基本モデル，サグ無視）

図－7 たわみと振り対称1次振動数とモード
（基本モデル，サグ無視）

表－2 座屈固有値に及ぼす影響と効果

調査項目	効果・影響 (%)	
	面内 (4or5次)	面外 (1次)
基本モデルでのサグの影響	0.10	-0.08
塔の高いモデルでのサグの影響	0.53	-0.21
メインケーブルのサグの影響	-2.23	-3.67
塔を高くしたことによる影響	-0.72	-18.11
サスペンションケーブルの効果	9.74	2.20
斜めハンガーの効果	0.08	0.09
トラジェクトリケーブルの効果	5.01	-0.07

表－3 固有振動数に及ぼす影響と効果

調査項目	鉛直たわみ (%)		ねじれ (%)	
	対称	逆対称	対称	逆対称
基本モデルのサグの影響	-13.75	-10.89	-5.07	-2.12
塔の高いモデルでのサグの影響	-14.28	-10.39	-6.01	-2.15
メインケーブルのサグの影響	-9.94	-5.31	-4.27	-1.14
塔を高くしたことによる影響	0.52	-6.25	1.70	-2.29
サスペンションケーブルの効果	-1.63	0.00	0.58	0.58
斜めハンガーの効果	0.30	0.34	0.29	0.34
トラジェクトリケーブルの効果	0.44	0.80	0.58	0.52

5. あとがき 検討の結果，長大斜張吊橋のケーブルのサグの影響は座屈特性を除いて無視できないが，サスペンションケーブルでは適切な配置の探求などが，トラジェクトリケーブルでは変形のメカニズムの解明などが不可欠といえた。今後，超長大斜張吊橋では，新しいシステムの提案も必要と思われる。

〔参考文献〕 1)野村・中崎・吉村・前田・成田：斜張吊橋の構造特性に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol.40A，1994。 2)野村・中崎・成田・前田・中村：長大吊形式橋梁の構造特性と経済性，構造工学論文集，Vol.41A，1995。 3)野村・中崎・田巻・成田・前田：超長大斜張吊橋の耐風安定性に関する基礎的研究，第50回年次学術講演会講演概要集(1)，1995。 4)後藤・野村・中崎・田巻・成田・前田・中村：超長大斜張吊橋の吊橋区間長と耐風・座屈安定性，第51回年次学術講演会講演概要集(1)，1996。 5)N.J.Gimsing（伊藤 宇 監訳，藤野・長井・杉山・中村 訳）：吊形式橋梁—計画と設計—，建設図書，1990。