

I - 344 3000m級吊橋の連成フラッター特性に及ぼすケーブルシステムの効果について

川田工業（株） 正員 木村公男 川田工業（株） 正員○大野克紀
 川田工業（株） 正員 米田昌弘 川田工業（株） 正員 中崎俊三
 川田工業（株） 正員 野村国勝

1. まえがき

完成すれば世界最大となる明石海峡大橋の建設が現在急ピッチで進められているが、一方で、明石海峡大橋を上回る規模の超長大吊橋案がすでに国内外において計画されつつある。このような超長大吊橋の設計にあたっては、静的にも動的にも耐風性が最も重要な検討項目となる。そこで、著者らはスパン 3000mなる超長大吊橋を対象として、従来から提案されている各種のケーブルシステムに着目し、静的特性ならびに固有振動数特性に及ぼすケーブルシステムの影響を検討してきた¹⁾。本年度は、さらに、立体骨組みフラッター解析を実施して連成フラッター特性に及ぼす各種ケーブルシステムの効果について検討したので、その結果を報告する。

2. 超長大吊橋モデルと対象としたケーブルシステム

本年度も、前年度と同じスパン 3000mなる単径間吊橋を検討対象とした。ここに、超長大吊橋を設計するにあたっては補剛桁に作用する風荷重の低減を図ることも重要であることから、補剛桁として図-1に示すような流線形箱桁を採用するものとしている。対象吊橋の基本検討条件と構造諸元をそれぞれ、表-1、2に示す。

ケーブルシステムについては、図-2に示すような①従来形式、②クロスハンガー形式、③モノケーブル形式の3タイプに着目した。ここに、クロスハンガー形式とモノケーブル形式のスパン中央部におけるハンガー高さ

は建築限界等を考慮して 30mに設定することとしている。

一例として、固有振動解析ならびに連成フラッター解析で用いた、従来形式に対する解析モデルを図-3に示す。また、参考までに、各ケーブルシステムを採用した場合の代表的な固有振動解析結果を表-3に示す。なお、今回の連成フラッター解析にあたっては、平板翼の非定常揚力と非定常モーメントのみを補剛桁に作用させるものとし、桁とケーブルの横たわみ振動に伴う抗力およびケーブルの鉛直たわみ振動に伴う揚力は考慮していない。また簡単のため、有風時における横たわみの影響についても無視することとした。

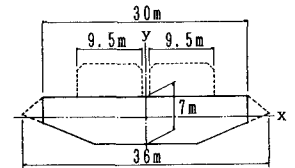


図-1 補剛桁断面

表-1 基本検討条件

項目	条件
形式	単径間吊橋
スパン	3,000 m
サグ比	1/10
幅員構成	第1種第3級4車線
ケーブル間隔	30m (or モノケーブル)
ハンガー形式	鉛直ハンガー

表-2 対象とした吊橋モデルの諸元 (t/Br)

単位重量	ケーブル	t/m	18.0
	吊構造部	t/m	19.5
	合	t/m	37.5
重量慣性モーメント		t・m ² /m	2100
ケーブル	断面積	m ²	2.0
補剛桁	断面2次モーメント	m ⁴	11.0
剛	断面2次モーメント	m ⁴	110.0
桁	ねじり定数	m ⁴	22.0

表-3 固有振動解析結果

		① 従来形式			② クロスハンガー形式			③ モノケーブル形式		
		振動数 Hz	等価重量 t/m	等価重量慣性 t・m ² /m	振動数 Hz	等価重量 t/m	等価重量慣性 t・m ² /m	振動数 Hz	等価重量 t/m	等価重量慣性 t・m ² /m
鉛直	対称1次	0.089	38.12	—	0.089	38.08	—	0.089	38.06	—
	反対称1次	0.064	39.95	—	0.064	39.93	—	0.064	39.92	—
ねじり	対称1次	0.166	—	6145	0.117	—	56661	0.115	—	52765
	反対称1次	0.187	—	6888	0.106	—	420156	0.106	—	372834

注) クロスハンガー、モノケーブル形式のねじり振動は、面外の振動と連成している。

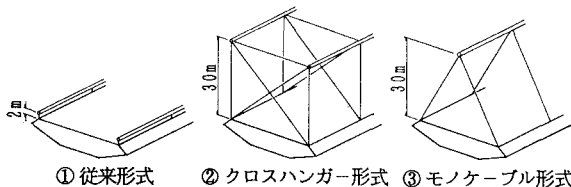


図-2 検討するケーブルシステム

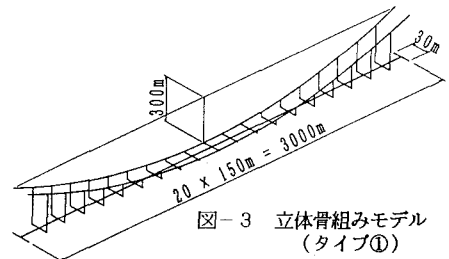


図-3 立体骨組みモデル (タイプ①)

3. 連成フラッター解析結果と考察

連成フラッター解析によって得られた、風速と空力減衰の関係を図-4～図-6に示す。これらの図において、空力減衰が正から負になる風速が、構造減衰を無視した場合のフラッター発現風速に対応する。本研究で対象としたスパン 3000mなる超長大吊橋の構造減衰については議論の余地があるものと思われるが、ここでは充腹桁を有する吊形式橋梁の値として一般に採用されること多い $\delta = 0.02$ なる構造対数減衰率を仮定することとした。 $\delta = 0.02$ なる構造対数減衰率を仮定した場合の連成フラッター発現風速を構造減衰を無視した場合の結果とともに表-4に示す。表-4からわかるように、クロスハンガー形式とモノケーブル形式の連成フラッター発現風速は、従来形式に比べ、構造減衰を無視した場合には1割程度の増加しか期待できないものの、 $\delta = 0.02$ なる構造対数減衰率を仮定した場合にはいずれの形式も4割程度も上昇する結果となっている。これは、クロスハンガー形式とモノケーブル形式を採用した場合、従来形式に比べ、等価極慣性モーメントの増加に伴って連成フラッターの励振力がきわめて小さくなったことに主として起因する。

4 まとめ

以上の検討結果より、クロスハンガー形式とモノケーブル形式のそれぞれは、3000m級吊橋の連成フラッター発現風速を上昇させる有効な手段になり得る可能性が高いものと言えよう。今後は、クロスハンガー形式のハンガーを断続的に設置した場合や、側径間を考慮した場合の影響等について、詳細な検討を進めていく予定である。

なお、本研究での連成フラッター解析にあたっては、横浜国立大学の宮田利雄教授と山田 均助教授が開発されたプログラム²⁾を使用させていただいた。両先生には、本研究を実施するにあたり貴重なご助言も賜り、紙面を借りてここに厚くお礼を申し上げます。

〔参考文献〕

1)木村ほか：スパン 3000m吊橋のケーブルシステムについて、土木学会第47回年次講演会概要集，1992年 9月。 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桁の曲げねじれフラッター解析，土木学会論文集，第404号/I-11，1989年 4月。

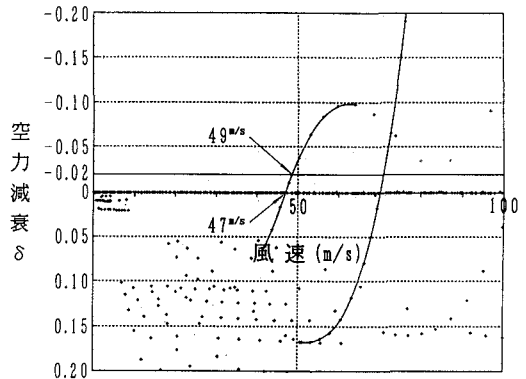


図-4 連成フラッター特性(ケーブル式)

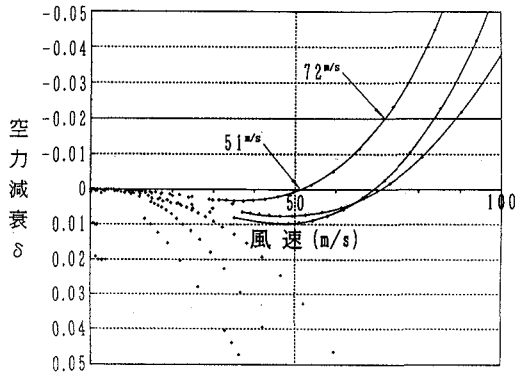


図-5 連成フラッター特性(クロスハンガー式)

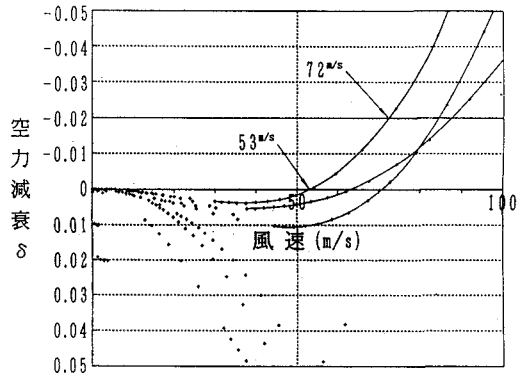


図-6 連成フラッター特性(モノケーブル式)

表-4 連成フラッター発現風速の比較

		従来形式	クロスハンガー式	モノケーブル式
連成フラッター 発現風速	構造減衰 $\delta=0.02$	49m/s	72m/s	72m/s
	構造減衰 $\delta=0$	47m/s	51m/s	53m/s