

2×4ケーブルシステムによる超長大吊橋の耐風安定化に関する一提案

大日本コンサルタント技術本部 吉村 利博

1. まえがき

超長大吊橋を実現するには、耐風安定性を向上させることが重要な課題である。ここでは、近年、活発に研究されているケーブルシステムの改善策に着目して、吊りシステムのねじれ剛性を向上させることを目的とした2×4ケーブルシステムを提案し、これについて振動解析を実施したので、ここに報告する。

2. 検討概要

超長大吊橋では、主ケーブルの本数が4本あるいは6本程度が必要となる。従来、主ケーブルは平行に架設されることが一般的であるが、今回の検討では、ケーブルに高低差（2レベル）を設け、さらに、この4本のケーブル間隔を保持するためのケーブルフォーマ（x4）を主径間側に複数取付けることで、吊橋全体のねじれ剛性が高められることを確認したので以下に示す。

検討の対象は、主径間長3000mの3径間吊橋と将来、出現の可能性がある多径間（5径間）吊橋の二つの形式とした。解析ケースとしては、主径間に複数のケーブルフォーマを設けたケースとこれを設けない基本系（CASE-0）にたいして振動特性とSelberg式により簡易的にフラッター限界風速を求め比較した。なお、補剛桁は桁高7mの偏平六角型箱桁の1BOXタイプである。ケーブルのサグ比は、上・下段のケーブルとも1/10とした。表-1に主要構造の構造諸元を示す。

3. 2×4ケーブルシステムによる振動特性

この解析結果から、たわみ振動数は3ケースとも大きな差はない。しかし、ねじれ振動数については、ケーブルフォーマの設置による影響が顕著にでており、ねじれ振動数が向上していることが分かる。さらに、ケーブルフォーマを主径間に8ヶ所設けた場合（CASE-1）に、フラッター限界風速が31.7%、14ヶ所（CASE-2）で35.8%、18ヶ所（CASE-3）で40.5%も向上しており、最近検討されているケーブルシステムに比べ2×4ケーブルシステムによる耐風安定性の改善効果が大きいことが分かった。また、ねじれ振動のモード図を見ると水平モードにねじれモードが連成する現象やその反対の現象が見られる。このシステムでは、クロスハンガーで見られる振動性状とは異なり、ケーブルフォーマが一つではほとんど効果が無いこと、設置数を増加させるとその効果が比例して向上することである。

4. まとめ

以上の結果をまとめると、次のとおりである。

（1）本対策の特徴は、主ケーブルに高低差を設け（今回の検討では $h = 15\text{ m}$ としたが今後パラメトリックな検討を行う予定である。）、形状保持的なケーブルフォーマを取り付けたシンプルな吊橋であること。

（2）超長大吊橋クラスになると、ケーブル本数は片側2本以上が必要で、且つ、ケーブル重量も全体重量に占める割合が大きいことから、ケーブルを有効に利用することを目的として、立体的なケーブル構成と形状保持的なケーブルフォーマを設けることで耐風安定性の改善効果があることが今回の検討で明らかとなった。

（３）ケーブルを２段に配置することによる問題点としては、ケーブル架設、塔頂部構造とケーブルアンカー部である。また、ケーブルフォーマの定着構造等の検討課題も残る。

以上、2x4ケーブルシステムは、耐風安定性の向上に大きな効果があり、その他の対策と併用することでより効果が期待できる。また、このような立体的なケーブル構成が、今後の超長大吊橋の耐風安定化に対する方法を広げるものとする。ただし、これらを具体化するためにはさらに検討を加え風洞実験等を行うことも必要と考えており、関係各位のご指導、ご協力をお願いする次第であります。

表-1 構造諸元

項	目	単 位	三径間吊橋	多径間吊橋	
ケーブル支間割		m	1500+3000+1500 1500+3000+3000+3000+1500		
補剛桁支間割		m	1480+2980+1480 1480+2980+2980+2980+1480		
桁 高		m	7.0	7.0	
桁 幅（総幅）		m	54.0	54.0	
ケーブル中心間隔		m	上段 38.0，下段 48.0		
ケーブル本数	本		4		
1ケーブルの断面積	m ² /cab		0.530		
サグ比	-		1 / 1 0		
補剛桁剛度	断面積 A	m ²	2.014	2.014	
	曲げ	鉛直 I _v	m ⁴	14.429	14.429
		水平 I _h	m ⁴	199.53	199.53
	純ねじり剛度 J	m ⁴	33.7	33.7	

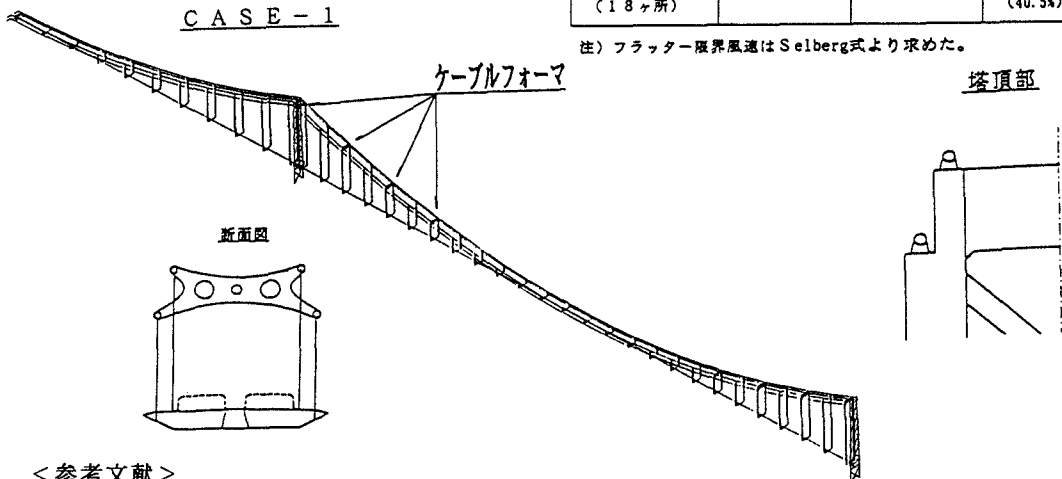
表-2 重量と慣性モーメント

項 目		単 位	数 値
重 量	吊 構 造 部	tf/m	34.174
	ケ ー ブ ル	"	17.472
	合 計	tf/m	51.646
慣 性 性	吊 構 造 部	tf・m ² /m	6.623
	ケ ー ブ ル	"	8.077
	合 計	tf・m ² /m	14.700

表-3 2x4ケーブルシステムによる振動特性の向上（5径間）

	たわみ振動数	ねじれ振動数	フラッター限界風速
CASE-0 (基本系)	0.034285(Hz)	0.108508(Hz)	40.4 (m/s)
CASE-1 (8ヶ所)	0.034448(Hz)	0.139268(Hz)	53.2 (m/s) (31.7%)
CASE-2 (14ヶ所)	0.034582(Hz)	0.143351(Hz)	54.8 (m/s) (35.7%)
CASE-3 (18ヶ所)	0.034603(Hz)	0.148114(Hz)	56.7 (m/s) (40.5%)

注）フラッター限界風速はSelberg式より求めた。



<参考文献>

- 1) 鈴木周一、保田雅彦；超長大吊橋の耐風安定化構造の検討、土木学会第48回年次学術講演会、平成5年9月
- 2) 佐藤弘史、島海隆一、渡辺正剛；超長大橋のケーブルシステムに関する検討、土木学会第49回年次学術講演会、平成6年9月