

I-245 レインバイブレーションに対するケーブル相互連結の制振効果

建設省土木研究所 正員 関谷 光昭
 // 正員 横山 功一
 // 正員 金崎 智樹
 // 正員 日下部 毅明

1. まえがき 斜張橋ケーブルのレインバイブレーションは、名港西大橋の架設時の観測により発見された比較的新しい問題であり、その後の研究により振動発生メカニズムが明らかになりつつある。また、その制振対策としては、ケーブルをワイヤーで相互に連結する方法、ダンパーにより減衰を付加する方法、さらに最近ではケーブルに突起を設ける方法等が採用されている。

本調査では、これまで経験的に行われていたケーブルを相互連結する手法に関して、振動抑制効果を定量的に評価するために、ケーブル模型を用いた風洞試験およびその数値解析を行い、両者を比較して考察した。

2. 試験方法 振動数の異なる3本の平行ケーブル模型を風洞内に設置し、まず、無風時及び有風時のそれぞれの振動特性、減衰率を調査した。模型の概要を図-1に、それぞれのケーブルの振動特性を表-1に示す。有風時には、円形断面の場合だけでなく、人工リブレットを取り付けて模擬的にレインバイブレーションを発生させ、その振動特性を調査した。

さらに、それぞれのケーブルを連結した場合についても無風時及び有風時の振動特性を計測し、連結前の特性と比較して連結の効果を評価した。

また、数値解析はモーダルアナリシスにより行った。

3. 試験結果

3.1 構造特性 3段連結時の構造特性を解析結果と比較する。表-2が振動数と減衰である。

一般にケーブルの連結は、①振動数を向上させる、②振動系に作用する空気力を振動系としての質量に対し相対的に小さくする効果がある、さらに③構造減衰を向上させる効果がある、と言われている。実験の結果、振動数およびモード形状は解析と整合性があり、①および②の効果が実橋でもかなり精度良く推定できることが分かった。一方、③に関しては、連結部材を剛なものとしたため、模型において構造減衰を向上させることはできなかった。

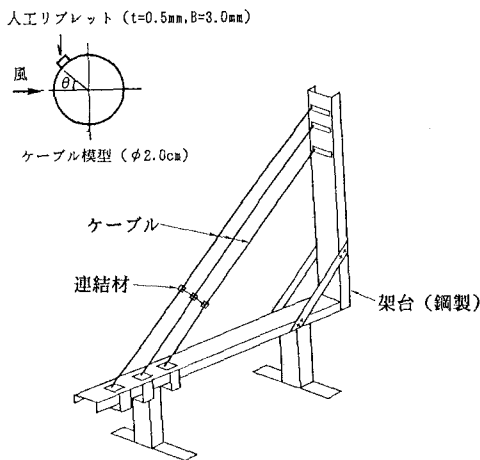


図-1 ケーブル模型概要図

表-1 連結前のケーブル模型の振動特性

ケーブル	特性	1次 $\tau-t'$	2次 $\tau-t'$	3次 $\tau-t'$
上段ケーブル (2.313 m)	固有振動数(Hz) (構造減衰率)	4.88 (0.013)	8.75 (0.017)	13.00 (0.040)
中段ケーブル (1.899 m)	固有振動数(Hz) (構造減衰率)	5.75 (0.013)	10.75 (0.068)	16.25 (0.030)
下段ケーブル (1.489 m)	固有振動数(Hz) (構造減衰率)	7.13 (0.015)	13.75 (0.033)	20.50 (0.067)

表-2 3段連結後のケーブル模型の振動特性

		1次 $\tau-t'$	2次 $\tau-t'$	3次 $\tau-t'$	4次 $\tau-t'$	5次 $\tau-t'$	6次 $\tau-t'$
固有振動数 (Hz)	模型	5.63	7.13	8.38	10.38	12.75	14.00
	数値解析	5.62	7.85	8.81	9.62	12.20	14.80
構造減衰率	模型	0.011	0.014	0.020	0.024	0.036	0.030
	数値解析	0.014	0.021	0.020	0.024	0.031	0.039

3.2 対風応答特性 空力的な効果につ

いては全てのケーブルが同時には加振力を受けない場合と、逆に全てのケーブルが同時に加振力を受ける場合の二通りについてそれぞれ検討した。2段連結した上下段の両ケーブルにリブレットを取り付けた場合と2段連結の上段のみリブレットを取り付けた場合について振幅と減衰の関係を風速9m/sについて調べた結果を、それぞれ図-2、図-3に示す。両ケーブルに同時に加振力が働く場合は小振幅において上段のみに加振力が働く場合よりも減衰が小さくなっていた。これは、両ケーブルに同時に加振力が働いた場合には、連結の効果がなくなる可能性を示したものである。

また、解析においても、空気力が無次元風速に依存するとみなすことにより、実験における連結されたケーブルの対風応答特性を良く説明できることが分かった。この解析は単独ケーブルから推定される空気力に基づいて実施したものであるから、このような減衰の一致により、連結後においても単独時に作用した空気力と類似の空気力がそれぞれケーブルに作用したと考えられる。さらに、連結された上下段のケーブルが同一風速において加振力を得ると仮定して解析を行った結果、振幅の大きいレインバイブレーションが発現した。

4. まとめ 斜張橋ケーブルの相互連結による制振効果とその評価を以下にまとめる。

- ①剛性の向上(すなわち振動数の向上)に関しては、試験結果と数値解析結果との比較により精度のよい推定が可能である。
- ②連結ワイヤーによる減衰の付加は、連結ワイヤーのヒステリシスあるいは連結ワイヤーの定着点におけるエネルギーの消耗を考慮しなければ、ほとんど期待できない。
- ③連結後のケーブルの挙動は、単独ケーブルの挙動を正確に把握することにより解析的に推定可能である。また、全てのケーブルが同時に加振力を受ける場合には連結による振動エネルギー分散の効果がなくなる。
- ④レインバイブレーションが同時に全てあるいは大部分のケーブルに加振力を与えるほど安定して発現する現象であるかという問題については、今回の人工リブレットによる試験からは明らかにできなかった。

以上の結果から、設計の当初から見込むことの出来るケーブルの相互連結による制振効果としては振動数の向上のみであるといえる。

<謝辞> 本調査は、首都高速道路公団神奈川建設局依頼の研究の一部であり、多くの協力を得たことをここに記し、感謝の意を表します。

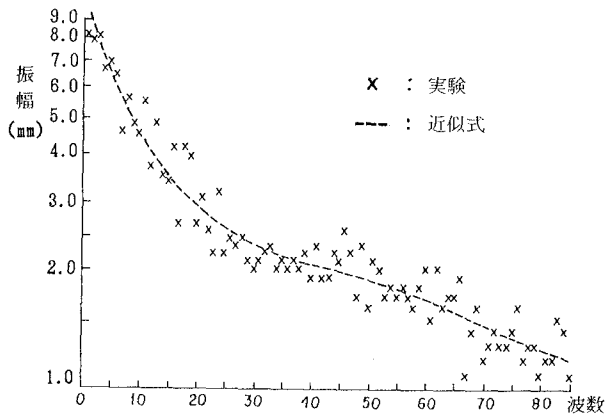


図-2 波数と振幅の関係(上下段リブレット, V=9m/s)

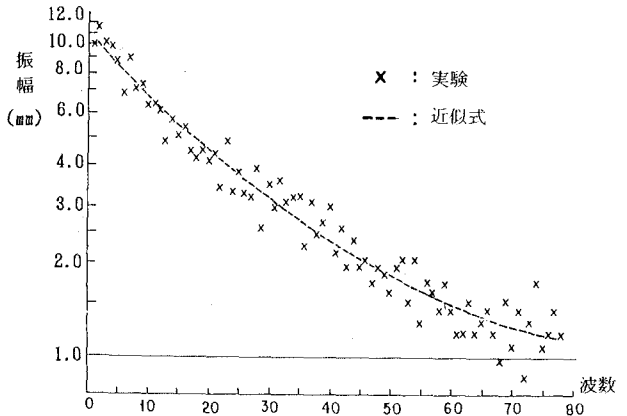


図-3 波数と振幅の関係(上段のみリブレット, V=9m/s)