

I-204

斜張橋のケーブル緩衝装置に関する検討(その3 制振効果)

首都高速道路公団 正員 桜井 順
 川重・櫻田・東骨JV 正員 利 守 尚 久
 川重・櫻田・東骨JV ○ 正員 入 部 孝 夫

1. まえがき

斜張橋におけるケーブル緩衝装置は、主に角折れによるケーブルの2次応力の軽減を目的とした構造であるが、ケーブルの振動抑制に関しても、ある程度期待できると考えられる。本文は、首都高速道路葛飾江戸川線のS字形曲線斜張橋に用いたケーブルに着目して、ケーブル緩衝装置の制振効果を振動実験及び多質点系モデルによる数値解析により検討した結果を報告する。

2. 振動実験

(1). 実験方法

実験装置を図-1に示す。実験方法は、ケーブルに所定の張力を導入後、スパンセンターに加振力を与え減衰自由振動を発生させ、固有振動数の計測及び振幅による対数減衰率を測定した。実験に用いたケーブルの諸元を表-1、ケーブル緩衝装置の形状寸法を表-2に示した。ケーブル緩衝装置の取り付け位置は、片側及び両側のケースを行なった。固有振動数は、ケーブルの振動を加速度計によりピックアップし、FFT法により求め、対数減衰率は、電磁オシログラフに記録された減衰波形から算出した。

(2). 実験結果と考察

ケーブルの1次固有振動数と張力の関係を図-2に示す。図中に示す弦理論式による値は、ケーブル緩衝装置の位置(ゴム支持位置)を固定とした場合の値である。☆印と実線との差は、主にケーブルの曲げ剛性と定着部の支持条件の違いによるものと考えられる。ケーブル緩衝装置のある場合(○, △, □ 印)は、さらにゴム支持位置の支持条件の違いが含まれ、単純な弦理論式では、傾向が把握できないことがわかる。

対数減衰率と張力の関係を図-3に示す。実橋で導入される張力レベル(87ton)では、ゴム支持の無い場合に対して有る場合が2~3倍程度となっており、ケーブル緩衝装置に減衰効果があると判断できる。

また、ケーブル張力が大きくなるにつれて減衰効果も増すことがわかる。

3. 多質点系モデルによる数値解析

(1). 解析概要

斜張橋でのケーブルの振動は、たとえば走行車両による振動であれば、本来、斜張橋全体系の一部として解析する必要があるが、本解析では、ケーブル緩衝装置の制振効果を調べる上での複雑さを避けるため、ケーブルを単独に取り出し、多質点系のモデルとして解析した。また、本斜張橋は、図-4に示すように、長さ及び素線数の違う各種のケーブルを使用しているので、代表的なケーブルと振動実験で用いたケーブルについて解析した。解析モデルを図-5に示す。ケーブルは、サグを考慮し、曲げ剛性は、素線間のすべりが無いものとして算出した値を用いた。解析内容は、固有値解析及び正弦波強制変位による周波数応答計算とし、ケーブル緩衝装置のバネ定数及びバネ支持位置をパラメータとして行なった。正弦波強制変位は、周波数を斜張橋全体系での1次固有振動数(0.4195Hz)とし、変位量は桁と塔の変位の比を斜張橋全体系での1次モードに相当する値で与えた。

(2). 解析結果と考察

実験ケーブルにおける1次固有振動数と張力の関係をケーブル振動実験結果と併記して図-6に示す。ゴム支持位置の支持条件がある程度加味された値となり、単純な弦理論式より明確な傾向を示している。実橋でのケーブル緩衝装置による1次固有振動数の変化を表-3に示す。最上段ケーブルから最下段ケーブルまで、5~25%ほど変化することがわかる。ケーブルの1次モードを図-7に示す。ケーブル緩衝装置

の位置でモード形状が変化していることがわかる。バネ定数による固有振動数の変化は、バネ定数が2倍になっても、固有振動数は、1%程度の変化しかなかった。また、バネ支持位置による固有振動数の変化は、実橋でケーブル緩衝装置を取り付けられる範囲内では、ほとんど変化しないことがわかった。

正弦波強制変位による応答計算の結果では、ケーブル緩衝装置の有無によって、応答変位の値は、ほとんど変化しなかった。これは、斜張橋全体系の1次固有振動数とケーブルの1次固有振動数が、かなり違うため、ケーブル緩衝装置を取り付けることによる固有振動数の変化及び対数減衰率の増加では、ケーブルの応答に影響を及ぼさなかったと考えられる。

4. あとがき

本斜張橋のケーブル緩衝装置の制振効果について要約すると以下のとおりである。

- 1). 対数減衰率の増加が認められるので、風等によるケーブル自体の振動に対しての減衰効果はあるが、活荷重等による斜張橋全体系の振動に対しては、制振効果が少ないと考えられる。
- 2). バネ定数値は、ケーブルの2次応力軽減を目的とした時の値を基本とすると、ケーブル自体の固有振動数に及ぼす影響は少ない。

最後に、現在実橋を用いた振動実験を計画しており、今回の振動実験及び解析結果の検証を行いたいと考えている。

図-1 ケーブル振動実験装置

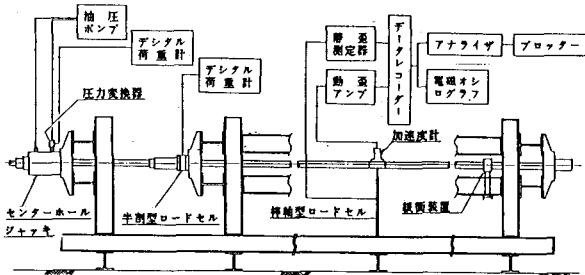


表-1 ケーブルの諸元

ケーブルの種類	HiA=55
素線	φ7mm PC鋼線
構成本数	55本
標準断面積	2118 mm ²
引張荷重	349 ton
弾性係数	20500 kg/mm ²
ケーブル重量	28.5 kg/m

表-2 ケーブル緩衝装置の寸法

材 質	クロロブレンダム
厚 さ	80 mm
長 さ	110 mm
内 径	125 mm
せん断弾性係数	5.0 kg/cm ²
バネ定数	2410 kg/cm

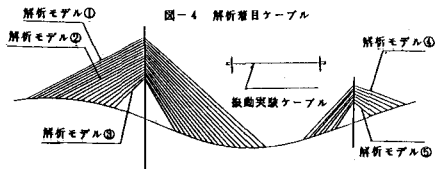


図-4 解析用目ケーブル

図-5 解析モデル図

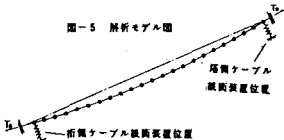


図-7 ケーブルの1次モード図

ケーブル緩衝装置の無い場合 ケーブル緩衝装置の有る場合



表-3 バネ支持による固有振動数の変化

解 析 モデル	ケーブル の種類	ケーブル 長 (m)	支持位置 (m)		1 次固有振動数(Hz)		
			桁 間	塔 間	バネ無し f ₀	バネ有り f ₁	f ₀ /f ₁
1	HiA=139	141.884	5.842	1.080	0.7305	0.7835	1.045
2	HiA=127	98.392	4.878	1.155	1.0329	1.0941	1.059
3	HiA=187	43.838	3.871	1.411	2.2243	2.5038	1.126
4	HiA=313	80.980	5.752	1.153	1.8936	1.8877	1.115
5	HiA=121	24.850	9.862	1.320	4.1067	5.2027	1.249

図-2 ケーブルの1次固有振動数と張力の関係

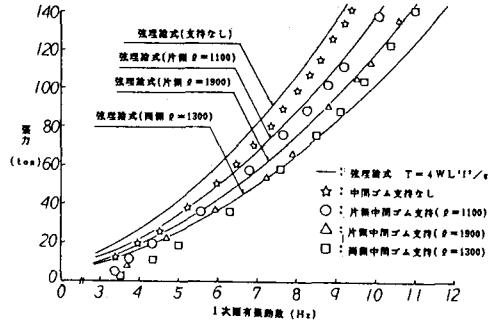


図-3 張力と対数減衰率の関係

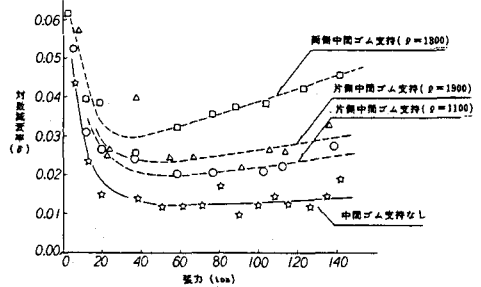


図-6 解析値と実験値の比較

