

I-363

ウェイクギャロッピングに対する減衰付加の制振効果

建設省土木研究所 正員 佐藤 弘史 建設省土木研究所 正員 鳥海 隆一 (株)エスイー 正員 及川 孝一
鹿 島 建 設 正員 竹田 哲夫 鹿 島 建 設 正員 向 弘晴 鹿 島 建 設 正員 佐野 演秀

1. まえがき

PC斜張橋やダブルデッキの鋼斜張橋は、桁の重量が大きいため斜材に並列ケーブルが用いられることが多い。並列ケーブルでは、ウェイクギャロッピングと呼ばれる比較的低風速から顕著に発生する振動が観測される事例が多い。この振動は利用者に不安感を抱かせたり定着部に疲労損傷を与える可能性があるため、実橋ではダンパーを取り付ける方法やワイヤーでケーブル同士を相互に連結する方法がとられてきたが、その設計法や効果に付いては必ずしも明確になっていない。そこでこれらの点を明かにするために、今回風洞実験を行ってダンパーにより減衰を増加させた場合の制振効果について調べたので報告する。

2. 試験方法

実験はケーブルの振動モードの影響も観測できるように3次元弾性模型(図-1)を用いて行った。模型ケーブルの諸元はポリエチレン被覆されたケーブル長100mクラスの実橋ケーブルをプロトタイプとして次のような方針のもとで密度、風速パラメータ、構造減衰を相似させて決定した。表-1に実橋ケーブル及び模型ケーブルの諸元を示す。

①実橋と同じレイノルズ数領域（亜臨界領域）にする、②質量パラメータを実橋に合わせる、③風洞風速で設計風速を再現する、④できるだけケーブル径と長さの比を実橋に近づける、⑤ウェイクギャロッピングが最も顕著に現れるように設定する。なお⑤の条件から風はケーブルに直角に作用させるものとし、ケーブル中心間隔はケーブル径の3倍に決定した¹⁾。また構造減衰は両ケーブルのケーブル下端から50cmの所にそれぞれ電磁ダンパーをピアノ線でケーブルに直角に結ぶことによって付加させた。構造減衰の大きさは4種類としそれぞれ、無風時の自由振動波形から構造減衰と固有振動数を求めた。表-2に1次振動数と構造減衰（対数減衰率）の測定結果を示す。ケーブルの有風（一様流）時の振動変位はカンチレバー式

表-1 実橋ケーブル及び模型ケーブルの諸元

	実橋ケーブル	模型ケーブル
ケーブル長 (m)	100	4.212
ケーブル径 (mm)	75	20
単位長さ重量 (kgf/m)	11.05	0.785
たわみ1次振動数 (Hz)	1.45	3.2
最大風速 (m/sec)	40	22
レイノルズ数	1.14×10^6	1.46×10^6

表-2 1次振動数と構造減衰（対数減衰率）

対数減衰率	鉛直方向	たわみ1次振動数	
		水平方向	鉛直方向
0.0029	0.0017	3.30	3.28
0.0348		3.30	3.30
0.0764		3.30	3.33
0.1184		3.33	3.30

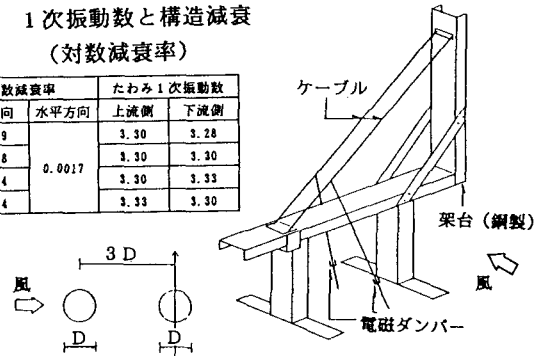


図-1 3次元弾性模型

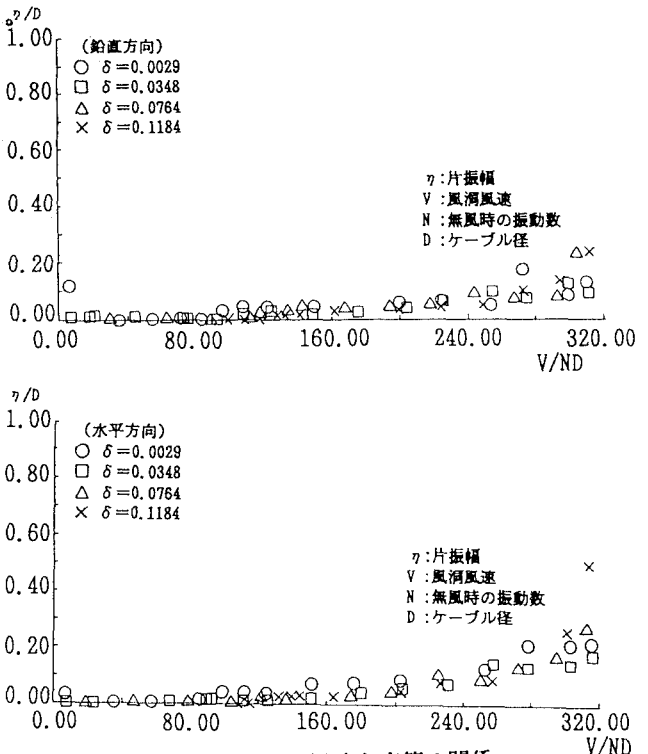


図-2 上流側ケーブルの風速と応答の関係

変位計で計測し、振動特性を評価した。

3. 試験結果

図-2に上流側ケーブルの風速と応答の関係を示す。いずれのケースにおいても、ケーブルは、1次モードで振動していたので、縦軸は、モード最大点（ケーブル中央）における片振幅をケーブル径で除した無次元振幅で示した。上流側ケーブルは、鉛直方向水平方向ともに低風速で渦励振の発生がみられた。振幅は風速の増加にともない徐々に増大したが鉛直水平の両方向ともに小さく顕著な振動はみられなかった。

一方、下流側ケーブルの鉛直方向振動は一度発生すると振幅が0.3D程度まで急激に増加しその後、緩やかに増加した。水平方向振動は振動が発生したときの振幅は鉛直方向の約1/3の0.1D程度で、その後鉛直方向振動と同様に0.5D（無次元風速280）程度までは緩やかに増加するがその後急激に増加し、鉛直方向振動振幅よりも大きくなり上流側ケーブルに衝突しそうになるほど大きくなった。図-4にウエイクギャロッピングの発現風速と構造減衰の関係を示した。今回の実験では、構造減衰を大きくすると、ウエイクギャロッピング発現風速は大きくなる傾向があるが、0.12程度の構造減衰では、ウエイクギャロッピングの発生は止まらないことが分かった。従って、設計風速内で、ウエイクギャロッピングの発生を止めるには、かなり大きな減衰を付加する必要があると思われる。

4. まとめ

今回の実験から明らかになった事項を以下にまとめた。

- ①ウエイクギャロッピングはある特定の風速から急に発生し、本実験では振幅は鉛直方向で0.3D、水平方向で0.1D程度であり、風速を増加させると、振幅は緩やかに増加する。
- ②減衰を増加させると、ウエイクギャロッピングの発現風速は高くなるが、上記のウエイクギャロッピングの振動特性はほとんど変わらない。
- ③設計風速内で、ウエイクギャロッピング発生を抑制しようとするとかかなり大きな減衰が必要となる。

なお本実験は建設省と民間15社による共同研究「並列ケーブルの耐風制振に関する研究」の一環として実施したものである。

参考文献 1) 白土博通：複数構造物の空力学的挙動に関する研究、京都大学博士論文、昭和63年

2) 国土開発技術研究センター：斜張橋ケーブルシステムの耐風性に関する検討報告書、昭和63年

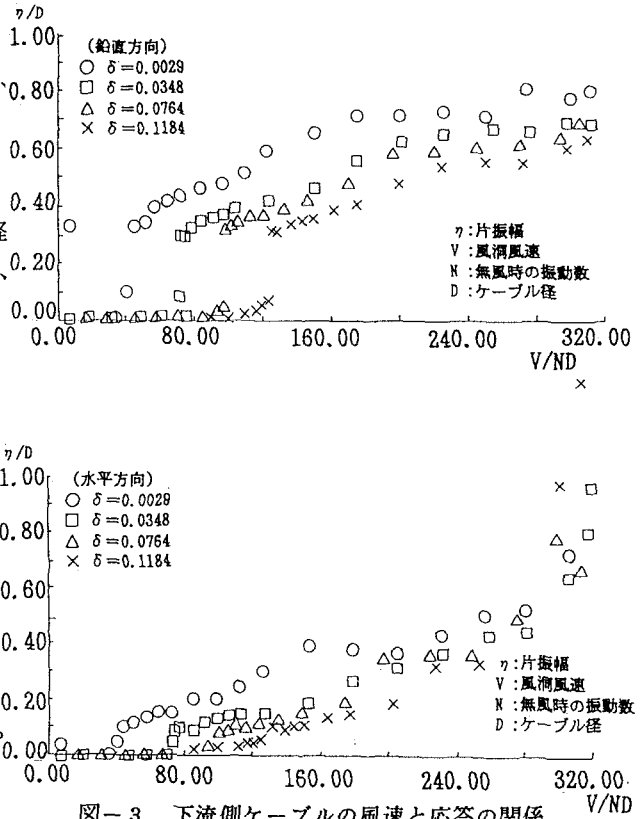


図-3 下流側ケーブルの風速と応答の関係

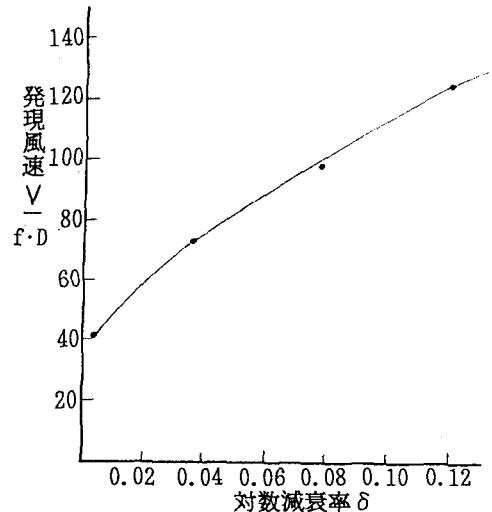


図-4 発現風速と構造減衰