

I-541 実橋観測に基づいたウェイクギャロッピングの振動特性について

鹿 島 正員 佐野 演秀 正員 竹田哲夫 正員 和田 信秀 正員 向 弘晴

1. はじめに

並列ケーブルを有する長大斜張橋において、ウェイクギャロッピングによるケーブルの振動が問題となっている¹⁾。この問題解決のために、現在風洞実験等により研究が進められているが、振動の発生メカニズムは十分に解明されたとは言えず、根本的な制振対策も確立されていないのが実状である。

実橋におけるウェイクギャロッピングの観測データを分析することは、現象の解明、制振対策の確立の1つの手段として、有効であると考えられる。しかし、実際の橋梁においてウェイクギャロッピングが観測された例は数多くあるが、振動計等で計測されたものは樫石島橋、呼子大橋等、数橋に過ぎない。

今回、図-1に示すスパン長約200mの2径間PC斜張橋でウェイクギャロッピングを観測し、その振動特性や、ダンパーによる制振効果を実橋において調べる機会を得たので報告する。

2. 風観測の概要

表-1に計測を行なったケーブルおよびダンパーの諸元を示す。また、図-2に橋体と方位の関係およびケーブル番号を示す。ここで、ウェイクギャロッピングの発生の重要な条件の1つである並列ケーブルの間隔S/Dは、S-50斜材(D5, D6, D7, D8)は2.6で一定であり、平行となっているのに対して、S-11斜材(D1, D2, D3, D4)は、ケーブルの軸方向に2.6から10.4まで変化し、斜行している。

観測は、作業台車に設置した風向風速計とケーブルに取り付けた振動計により行なった。これらの観測データは、橋面に仮設した観測室の記録器に記録し、自動計測を行った。S-11とS-50斜材の観測期間は平成4年4月26日から平成5年9月2日までのおよそ4か月であった。

3. ウェイクギャロッピングの振動特性

本橋で観測された振動のうち、ほぼ全方向の観測データがある風速4~6m/sにおけるD4、D8ケーブルの風向と振幅の関係を図-3、図-4に示す。これらの結果より、比較的大きな振幅の振動が発生する風向は、ほぼ橋軸直角方向でありウェイクギャロッピングの発生しやすい風向であることが分かる。また、これらの振動が発生しているときの卓越振動数はケーブルの1次振動数約0.9Hzに相当しており、ケーブルの振

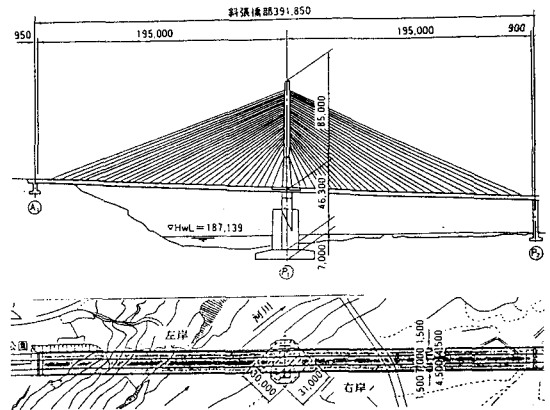


図-1 一般図

表-1 ケーブルおよびダンパーの諸元

ケーブル諸元		
長さ ■	径 ■■	間隔 S/D
142	96	2.6~10.4
ダンパー諸元		
設置ケーブル	設置位置 (m)	構造減衰
D6	9.4	0.1以上

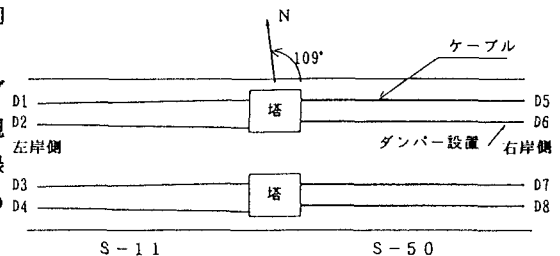


図-2 橋体と方位の関係およびケーブル番号

動は1次モードが卓越していたことが分かる。

また、D4は、D8に比較すると振幅が非常に小さい。これは、S-50のケーブル間隔が、一般にウェイクギャロッピングの発生しやすいと言われている間隔($S/D=2\sim 4$)²⁾内にあり、平行であるのに対し、S-11のケーブル間隔は2.6から10.4まで変化し、ケーブル間隔が平均で $S/D=6.5$ と広く、ウェイクギャロッピングを引き起こす励振力が小さかったことが考えられる。

4. ダンパーの効果

本橋では、ウェイクギャロッピングの制振対策の1つとしてダンパーの効果を調べた。図-5に風速と振動振幅の関係を示す。ここで、D6はダンパーにより減衰を付加し、ケーブルの対数減衰率を使用温度の範囲では0.1以上になるように設定している。また、D8については施工中の振動を制振するためにケーブル中間部をナイロンロープで主桁に仮固定しており、このときの対数減衰率は0.03~0.05であった。同図より、D8の最大振幅をみると風速にかかわらず、約30mm(ケーブル中央位置)の振動が発生している。それに対してダンパーを取り付けたD6では風速の増加とともに振幅が増加する傾向が見られ、7m/s以下ではD8よりも小さいが、8m/s以上になると逆に大きくなっている。D6で大振幅が発生しているときの記録波形を図-6に示す。以上のことから、ナイロンロープが振幅を拘束する効果があるのに対し、ダンパーは風速の増加と共に振動の大きい定常振動が発生する可能性があり、ウェイクギャロッピングの制振対策としてダンパーの設置は必ずしも有効でないことが分かる。

5. まとめ

今回の観測結果から明らかになった事項をまとめると次のとおりである。

- ①橋軸直角方向の風が吹いた場合に、ウェイクギャロッピングが発生しやすい。
- ②ウェイクギャロッピングによるケーブルの振動は1次モードが卓越する。
- ③斜材S-11は、ケーブル間隔が $S/D=2.6\sim 10.4$ (平均6.5)と広く、ウェイクギャロッピングの振幅は小さい。
- ④本橋のようなケーブル間隔($S/D=2.6$)の斜材に対してダンパーは、ウェイクギャロッピングの制振対策としてあまり有効ではない。

参考文献 1) 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

2) 白土博道：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

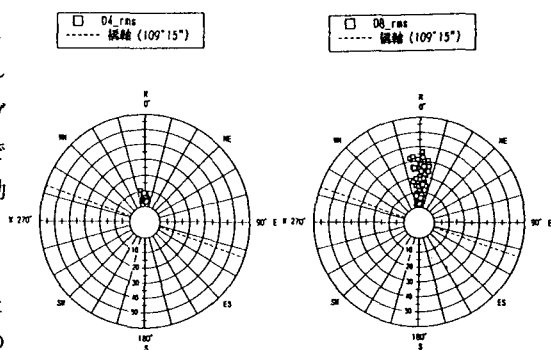


図-3 風向と振幅の関係 (ケーブル間隔変化、 $V=4\sim 6$ m/s) 図-4 風向と振幅の関係 (ケーブル間隔一定、 $V=4\sim 6$ m/s)

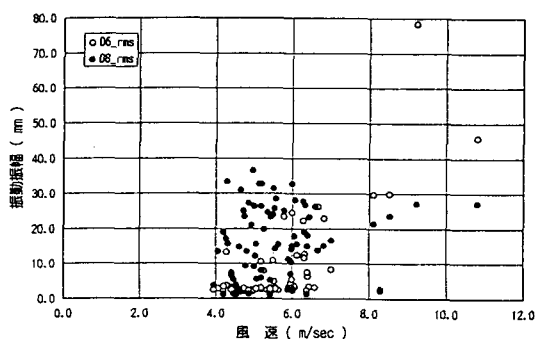
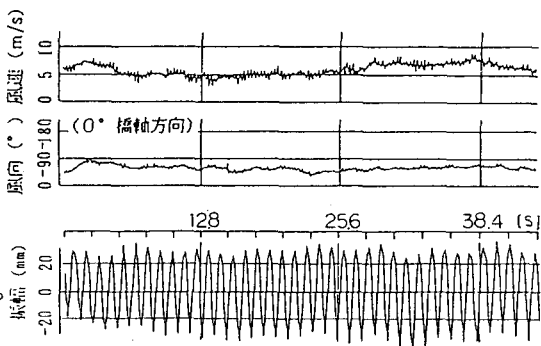


図-5 風速と振幅の関係 (ケーブル間隔一定、風向 $-10^\circ\sim 10^\circ$)



(ケーブル中央換算値は、測定振幅の4倍)
図-6 D6ケーブル(ダンパー設置)の記録波形