

ケーブルトラス橋の風による振動測定

神戸製鋼所 正○荻野 啓 日本道路公団 正 佐久間 智
 神戸製鋼所 正 安田 克典 日本道路公団 坂東 誉浩
 神戸製鋼所 正 濱崎 義弘 東京大学 フィロ 藤野 陽三

1.はじめに

日本で初の道路橋として施工されたケーブルトラス橋において、橋梁全体の振動特性に関する基礎データの収集を目的とした長期計測を行い、空力不安定振動の有無を調査した。調査対象は、徳島自動車道竹花橋（井川池田IC-川之江東JCT間）、調査期間は、2001年10月6日～2002年3月14日である。図-2に示す位置に、ひずみゲージ式加速度計及び風向風速計を設置し、トリガー機能により風速6.5m/s（一部4.0m/s）以上、又はケーブル振動0.16G以上時のデータを50秒間づつ記録するものとした。



図-1 竹花橋

2.調査結果

2.1 風環境 50秒間の平均風速と乱れ強さ（標準偏差/平均風速）及びガストファクター（最大瞬間風速/平均風速）の関係を図-3に示す。乱れ強さは20%～70%程度、ガストファクターは1～3であり、乱れが大きい風条件であると言える。また、風向の乱れも大きいため、以降、風速・風向としては、最大瞬間風速と最大瞬間風速時の風向を使用する。測定期間中の最大瞬間風速は11.0m/sであり、図-4の風向別発生頻度図に示すように、橋軸方向の風が卓越している。現地の地形の影響で、谷から吹き上げる風が支配的である。

2.2 ケーブル振動 図-5に振動トリガー、図-6に風速トリガー作動時の加速度波形を示す。また、モードを考慮し、算出した風速-最大片振幅の関係を図-7に示す。図-7から、振動トリガー作動時の最大振幅は4.1mmとなり、これは主に通行車両により発生する振動である。一方、風速トリガー作動時の最大振幅は1.4mmであり、車両走行時に比べ十分に小さいことが分かる。尚、図-7の振幅はケーブルの左右・上下方向の値であり、実際の振動は図-8に示す軌跡を描き、軌跡を考慮した最大振幅は、振動トリガー時5.5mm、風速トリガー時1.5mmとなる。

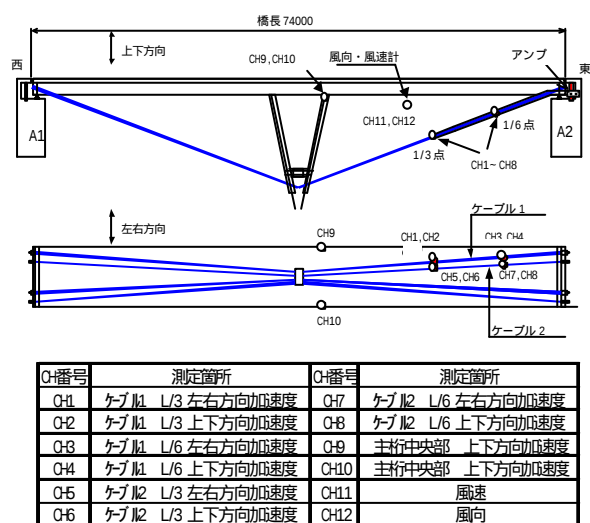


図-2 計測箇所

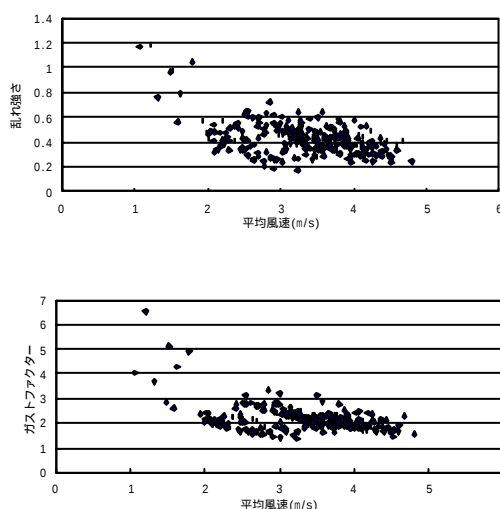


図-3 風分析結果

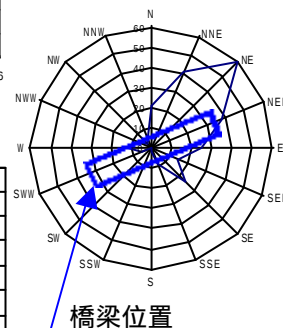


図-4 風向別頻度

キーワード：ケーブルトラス橋、振動特性、振動測定

〒658-0845 神戸市灘区岩屋中町4-2-15 TEL 078-261-7815 FAX 078-261-7799

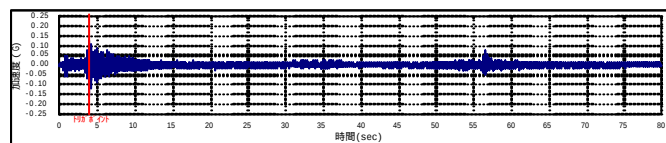


図-5 加速度波形(G)(振動トリガーCH8 上下方向)

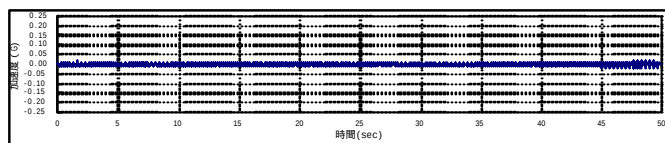
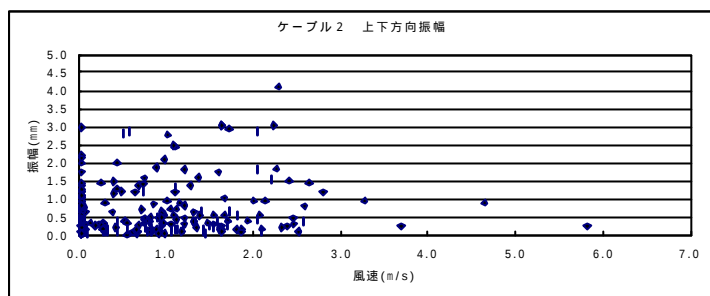
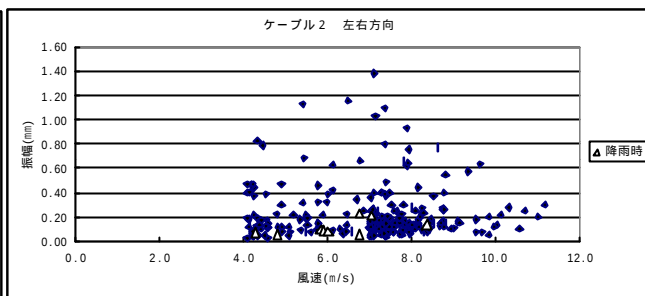


図-6 加速度波形(G)(風速トリガーCH8 上下方向)



(a)振動トリガー時



(b)風速トリガー時

図-7 風速-振幅の関係

3. 考察

ここでは、主なケーブルの空力不安定振動現象に関して、考察を加える。

3.1 渦励振 渦励振の共振風速は、 $U=f \times D/St$ (f : ケーブル固有振動数 2.95N Hz, N : 振動次数, D : ケーブル外径 110mm, St : ストローハル数 0.2) より算出され、今回計測された範囲は 3 次振動(4.9m/s)から 7 次振動(11.4m/s)に相当する。振幅は最大で 1.5mm であり、車両走行時の振動レベルに比べて小さく、特定の風速による振動増大現象も無いことから、渦励振の発生はないと言える。

3.2 ウェイクギャロッピング 文献 1) によれば、ウェイクギャロッピングの発現する主な条件は、ケーブル間隔 H : $1.5D \sim 6.0D$ とされる。計測の結果、後流側ケーブル 2 の振幅はケーブル 1 と同等であり、その値も小さく、ウェイクギャロッピングは発生していないと言える。その主な要因は、本橋の場合、各ケーブルは平行に配置されておらず、ケーブル間隔が $2.7D$ (タワー部) $\sim 10.9D$ (端部) であるため、振動が励起されにくいものと推察される。

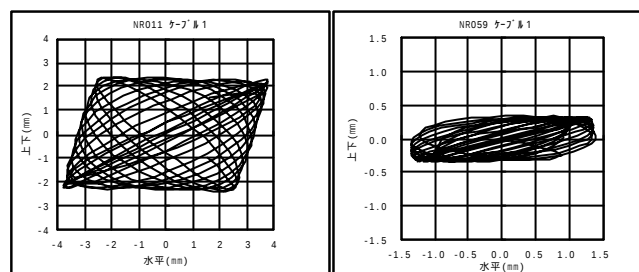
3.3 レインバイブレーション 過去の実橋観測結果²⁾から、レインバイブレーションは、無次元風速 20 以上において、低次モードで発現する可能性があると考えられる。竹花橋の場合、実風速 6.5m/s 以上の条件で、ケーブル 1 次振動(2.95Hz)の発現の可能性がある。今回の調査では、4.0 $\sim$ 8.5m/s の風速に対して、最大振幅は 0.3mm と小さく、風向による有意差も無いことより、レインバイブレーションは発生していないと言える。その要因は、図-1 のように、本橋ではケーブルが桁下に配置されており、水路の形成の可能性が低いと推察される。

4. まとめ

- 1) 風によるケーブル振動は、車両走行時の 5.5mm に比べ十分に小さく 1.5mm 程度であり、ケーブル特有の不安定振動現象は観測されなかった。この要因として、現地の地形等の条件により風速・風向の乱れが大きいこと、構造上風の影響を受けにくいことが挙げられる。尚、車両走行時の最大 5.5mm の振動に対してケーブルの疲労応力照査の結果、問題ないことを確認している。
- 2) 今後、ケーブルトラス橋を計画する上で、風によるケーブル振動が問題となる可能性は低いと考えられるが、海上・海岸等、風が一樣流に近い環境下への適用時には留意する必要がある。

参考文献 1): 建設省土木研究所、斜張橋並列ケーブルのウェイクギャロッピング制振対策検討マニュアル(案)、1995。

2): 財団法人土木研究センター、斜張橋ケーブルの耐風性検討報告書、1993。



(a)振動トリガー時

(b)風速トリガー時

図-8 ケーブル振動軌跡