

吊橋ハンドロープの風による振動計測結果報告

本州四国連絡高速道路(株) 正会員 ○遠山 直樹
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 山田 郁夫
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 楠原 栄樹

1. はじめに

円形断面を有する部材は橋梁の各所に採用されているが、風による振動も数多く報告されている。^{1),2)} 来島海峡第三大橋(中央支間長 1,030m、単径間補剛箱桁吊橋)のメインケーブルに設置されている維持管理用のハンドロープにおいても、過去に風による振動が発生し、ハンドロープ支持部材が損傷した事例がある。しかし、振動が発生する風向・風速や、振動発生メカニズム等については明らかになっていないため、振動状況および現地の風況の把握を目的として、加速度計および風向風速計を設置し現地計測を行った結果を報告する。

2. 計測概要

図-1 に計測概要を示す。来島海峡第三大橋の今治側の側径間(9P~10A 間)の北側(上り線側)のメインケーブルに設置してある3段のハンドロープのうち、南側下段のハンドロープに加速度計を設置した。計測位置は、過去に支持部材が損傷したハンドロープ支柱に隣接するスパン(計測点2)およびその隣(主塔側)のスパン(計測点1)の2箇所とし、それぞれ主塔側のハンドロープ支柱から3mの位置に設置した。また、支柱に風向風速計を設置して同時に風況の計測も行った。下段ハンドロープは、直径22mmの被覆ロープで、約17.5m間隔で支柱により支持されている。なお、来島海峡大橋にはケーブル送気乾燥システムが導入されており、メインケーブル内に乾燥空気を送るための送気管(直径50mmのポリエチレン管)が下段ハンドロープに添えて敷設されている(写真-1)。今回の計測は平成18年8月末から平成19年3月中旬までの約6ヶ月半にわたって実施した。計測期間中にトリガ値を超えた場合に、自動的に風向・風速および鉛直方向・水平方向加速度の計測データが主塔内に設置されたPCに収録されるよう設定した。なお、計測データのサンプリング周波数は100Hzとした。

3. 計測結果

図-2 および図-3 は計測点1で記録された10分間ごとのデータについて、橋軸直角方向からの風作用時のハンドロープの挙動に着目して、10分間平均風速と鉛直方向加速度の関係をプロットしたものである。なお、紙面の関係で掲載していないが、水平方向加速度の大きさは加速度ピーク値と比較すると鉛直方向の6~7割程度である。また、計測点2で得られた加速度記録も計測点1と同様の傾向であり、計測位置による大きな違いは見られなかった。南側からの風向について整理した図-2によると、風速4m/s付近および風速6m/s付近に鉛直加速度のピークが見られる。ハンドロープの振動特性を確認するため、現地で強制的に加振させて固有振動数を計測した結果が表-1である。また、表-1には円柱のストローハル数 St を0.2と仮定して、渦励振発生風速を算出した結果も併せて示す。図-2に示す卓越振動数も勘案すると、風速4m/sおよび6m/sで見られた加速度のピークはそれぞれ3次、4次の渦励振に相当するものと考えられる。北側からの風向について整理した図-3によると、南側からの風向と同様、風速4~5m/sで加速度のピークが見られるのに加え、風速10~15m/sで比較的大きな加速度が記録されている。最大の鉛直加速度を記録した時刻の収録データより得られた鉛直加速度のパワースペクトルを図-4に示す。図より卓越周波数が3.4Hzであることが分かるが、表-1の整理と同様にメインケーブル径 $D=0.65\text{m}$ 、渦放出周波数を前述の3.4Hzとしてメインケーブルの渦放出風速を求めると11m/s程度となり、今回の北風作用時に加速度のピークが観測された風速範囲内の風速となる。北側からの風作用時のみにおいて確認されたものであることを考慮すると、この現象はメインケーブルの後流の影響

キーワード：円形断面 ハンドロープ 現地計測 渦励振

連絡先 : 〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通4-1-22 JB 本四高速 長大橋技術センター TEL:078-291-1073

を受けた振動であると推察される。

また、各計測点の加速度データを変位変換し、振動形を正弦波と仮定してハンドロープのスパン中央の変位を算出すると、鉛直方向で17cm、水平方向で8cm程度の片振幅となり、支柱部における折れ角にすると±1.7度程度であり、ハンドロープの安全性に影響を及ぼすほどの変位ではないと考えられる。

4. まとめ

来島海峡第三大橋のハンドロープを対象に振動計測を行った結果、1) 風速 4~6m/s で渦励振が発生、2) 北側からの風作用時に風速 10~15m/s 程度で比較的大きな鉛直方向加速度が記録された。今回の計測で得られたデータを基に、今後さらに詳細に分析を行い、制振対策の要否、具体的な制振対策方法等について検討を行う予定である。



写真-1 下段ハンドロープと送気管

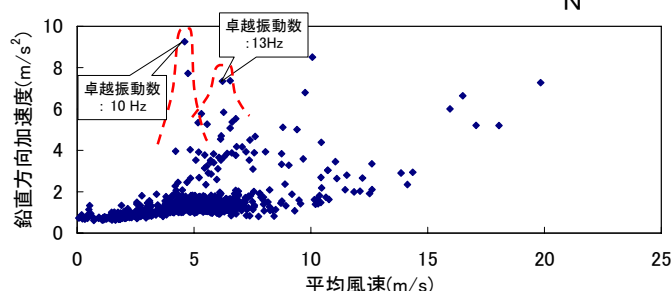


図-2 南風作用時のハンドロープ鉛直加速度 (風向 ESE~SW)

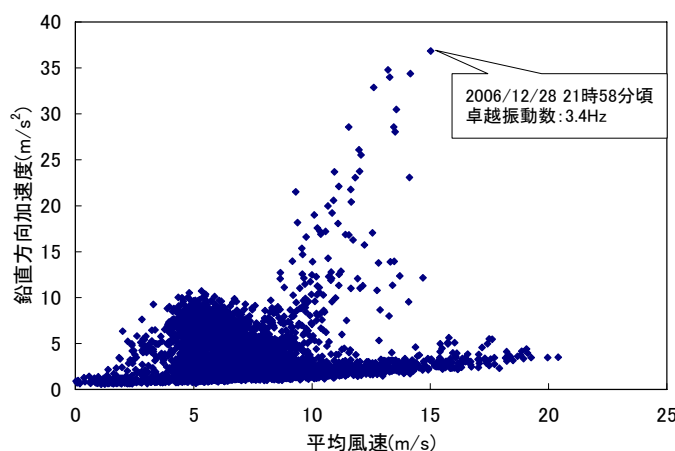


図-3 北風作用時のハンドロープ鉛直加速度 (風向 WNW~NE)

参考文献

- 1) 竹口：明石海峡大橋のハンガーロープ制振対策, 本四技報 No. 93, 2000
- 2) 秦, 楠原, 花井：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, 第18回風工学シンポジウム論文集, 2004

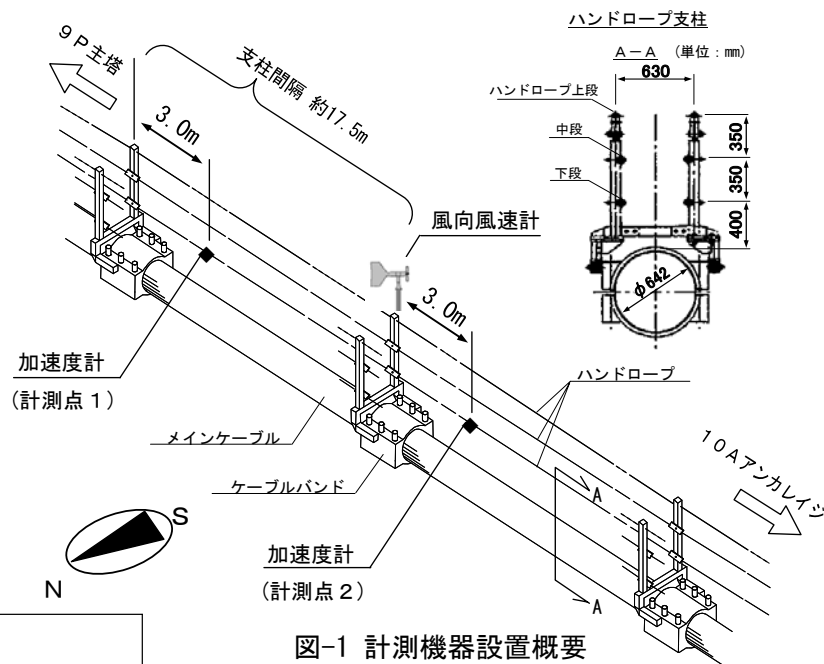


図-1 計測機器設置概要

表-1 ハンドロープの振動特性

振動モード	固有振動数(Hz) (鉛直および水平方向)	渦励振発生風速(m/s)
1次	3.1	1.4
2次	6.1	2.7
3次	9.2	4.1
4次	12.4	5.6

(注)渦励振発生風速は、ストローハル数 $St=0.2$ とし、次式により算出。
 $St=f \cdot D/V$
 f : 固有振動数(Hz), V : 風速(m/s),
 D : ハンドロープ径 ≈ 0.09 m(送気管含む)

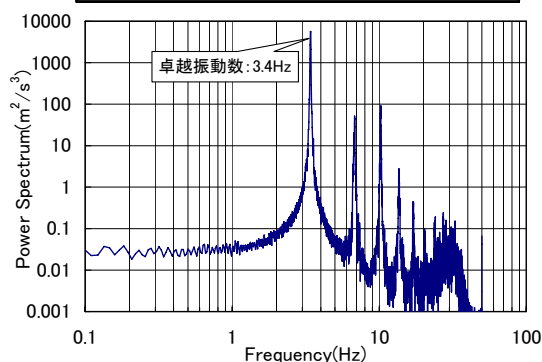


図-4 鉛直加速度のパワースペクトル

(計測点1, 最大の加速度を記録した時刻

2006/12/28 21:58 の前後1分間のデータ)