

I-703

鶴見つばさ橋のケーブル挙動観測

首都高速道路公団 正会員 寺島 善宏
首都高速道路公団 正会員 黒川 誠司
NKK 正会員 村上 琢哉

1. まえがき

鶴見つばさ橋は、橋長1,020m、中央径間510mの一面吊形式の3径間連続鋼斜張橋である。使用しているケーブルの特性は以下に示すとおりである。①一次モードの振動数0.38～1.47Hz、②ケーブル長84～284m、③ケーブル径 ϕ 149～192mm、④ケーブル重量89～157kgf/m、⑤ケーブル傾斜角27.3～67.3°

本橋のケーブルについて、活荷重によるケーブルの曲げに起因する2次応力およびレインバイブレーション等の風による振動について検討した結果、図-1に示す制振装置を採用することとなった。本橋で採用した制振方式はオイルダンパーと高減衰ゴムを併用しており、実橋によるケーブル振動実験により、設計で目標とした付加減衰 $\delta=0.02$ を確保することを確認した。¹⁾

本橋では制振装置の制振効果を把握する目的で、ケーブルの架設時期から制振装置の設置時期までの約15か月間、ケーブルの挙動観測を行ったので、その概要を報告する。

2. ケーブルの挙動観測方法

測定した項目は、ケーブルの加速度、風向風速および雨量である。ケーブルには面内、面外方向に加速度計を取り付けた。図-2に加速度計の設置図を示す。ケーブルの加速度データは10分間を1単位としており、風速10m/s以上が10秒間以上続いた場合に加速度データを記録することとした。ケーブルの加速度から、フーリエ変換によりフーリエ加速度スペクトル（以下「スペクトル」と記述する）を求め、卓越周波数と振幅を求めた。算定された振幅は加速度計設置位置（鋼床版上約3.5m）の値であるため、振動モードに応じて各モードの最大縦距位置（腹）の振幅に換算している。風向風速の測定には、風向風速計をC14ケーブル付近の外側防護柵（鋼床版上約2mの位置）に設置し、10分間を1単位とした常時観測を行った。雨量については、雨量計を風向風速計と同じ位置に設置しており、降雨量が0.5mmに達すると、計器中の枺が転倒して雨量を記録する機構になっている。

3. ケーブルの挙動観測結果

(1) 風向風速の観測結果

風向風速観測の結果、図-3に示すように、風向については橋軸直角方向の発生頻度が高かった。風速については10m/s以下の風速が全体の約96%を占め（主な風向はNW、SSE）、10～20m/s、20m/s以上の風速がそれぞれ約3%（主な風向はNW、SSE）、約1%（主な風向はNNW）であった。

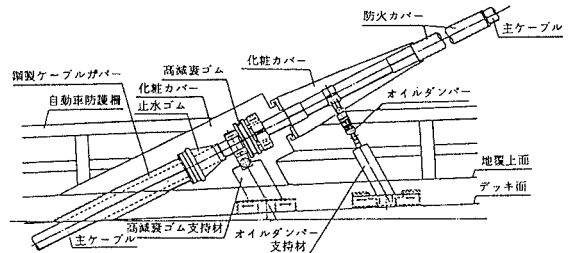


図-1 ケーブル制振装置の概要

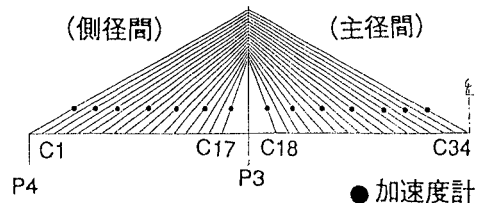


図-2 加速度計の配置図

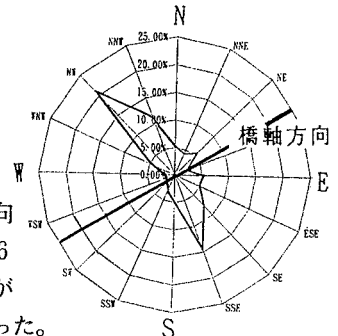


図-3 風配図

（2）制振装置設置前のケーブル振動状況

数mm～1cm程度の振幅で、渦励振と思われるケーブル振動が頻繁に観測された。スペクトル図から判断すると、卓越した振動モードがある場合と複数の振動モードが混在する場合とがあることが確認されたが振動モードは高次モードが多かった。ストロハル数を0.2と考えると²⁾、渦励振の共振風速を計算すると、実際に観測された風速が計算値よりも若干大きい傾向にあった。

降雨状態で、10cm程度の振幅のケーブル振動が複数回観測された。振動モードは1～4次の比較的低位モードが多く、発生風速は10～20m/s程度であること等から、レインバイブレーションであると考えられる。面内方向の振幅が10cm以上に達するケースも見られた。このときのスペクトル図を図-4に示すが、面内、面外とも振動モードは1次モードであり、面内方向の振動が卓越していた。

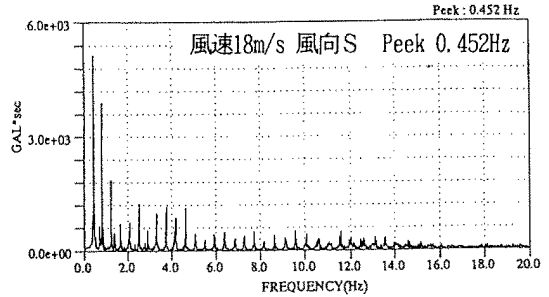


図-4 フーリエ加速度スペクトル(C30、面内)

また、台風来襲時の風速で、瞬間最大風速約36m/sの降雨まじりの強風を記録している。このときの振幅は数mm程度であり、大振幅の振動にはいかなかった。

（3）高減衰ゴム設置後のケーブル振動状況

高減衰ゴム単体の制振効果を把握する目的で、C8ケーブルの主桁側に高減衰ゴムを取り付けて観測を行った。C8ケーブルの振動状況を、設置前のC5およびC11ケーブルと比較した。高減衰ゴムによって、渦励振の振幅が低減された例を表-1に示す。

表-1 高減衰ゴムによる制振効果（風速14m/s 風向SSE）

NO	モード	加速度 (gal)		振幅 (cm)	
		面内	面外	面内	面外
C5	18次	5127	1978	1.46	0.56
C8	17次	110	46	0.02	0.01
C11	14次	1318	513	0.36	0.13

（4）制振装置設置後のケーブル振動状況

高減衰ゴムとオイルダンパーを設置した後の約2か月間、ケーブルの振動状態を測定した。風速10～25m/s程度の降雨を伴う風を数回経験したが、レインバイブレーション等の有意な振動現象は測定されなかった。制振装置設置後のケーブル振動の特徴として、図-5に示すように、スペクトル図に卓越した周波数成分が見られないことと、スペクトルのピーク値が無対策時の1/10以下まで低減されていることが挙げられる。

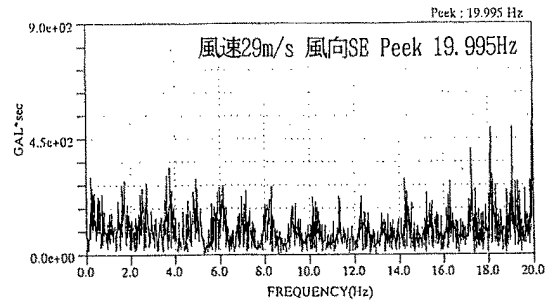


図-5 フーリエ加速度スペクトル(C27、面内)

4. まとめ

ケーブルの挙動観測を行った結果、制振対策を施さない状態においてレインバイブレーションの発生が確認された。また、高減衰ゴムによって渦励振の振幅が低減され、しかも高減衰ゴムとオイルダンパーとの併用による制振効果が確認できた。

参考文献

- 1) 下里哲弘・岡田昌澄・村上琢哉：鶴見航路橋（仮称）のケーブル振動実験、土木学会第49回年次学術講演会講演概要集、I-B、pp1208-1209、1994.9
- 2) （社）日本道路協会：道路橋耐風設計便覧、pp174-175、1991.7