

## I-444 安治川橋梁ケーブルの雨・風による振動の観測

|          |    |       |          |    |       |
|----------|----|-------|----------|----|-------|
| 阪神高速道路公団 | 正員 | 宮坂佳洋  | 阪神高速道路公団 | 正員 | 南 莊 淳 |
| 日立造船 ㈱   | 正員 | 宮下 泰  | ㈱ニチゾウテック | 正員 | 牛尾正之  |
| ㈱ニチゾウテック | 正員 | ○南条正洋 | ㈱ニチゾウテック |    | 加道博章  |

## 1. まえがき

阪神高速道路公団安治川橋梁は橋長640m(120+350+170)のマルチケーブル形式斜張橋であり、'89.3月に橋梁本体工事が竣工している。本橋ケーブルの雨・風による振動については風洞試験が実施されており、風速10m/s付近での比較的雨量の少ない条件下で Rain Vibration が発生する可能性等が指摘された。<sup>1)2)</sup>

これを受けて、実橋ケーブルの振動を対象とした動態観測が、'87.9月より約1年半に

渡り実施された。動態観測では、風・雨・振動などの信号が一定のレベルを

越えた場合に10分単位で全データを磁気テープに記録する「自動

観測システム」により行われた。動態観測では、'88.5

月までの約半年に Rain vibration と思われる大振幅のケーブル振動が複数回観測された。本報告は、動態観測システムで得られたデータより、ケーブル振動状況とその原因となる雨・風の実態について述べるものである。

## 2. 測定項目

図1に測定項目・位置を示す。図示のように、AP-3側〔此花区側〕の上流側ケーブル面を観測対象とした。

風速、雨の検出には、3成分超音波風速計、転倒樹型雨量計を用いた。ケーブル振動は小型加速度計を用いケーブル面内・面外成分を検出した。また、補足的に塔中間部の塔面内方向振動もサーボ型加速度計により検出

した。なお、風向は図1に示す北(N)から時計回りに測った角度で定義した。

図1 測定項目・位置

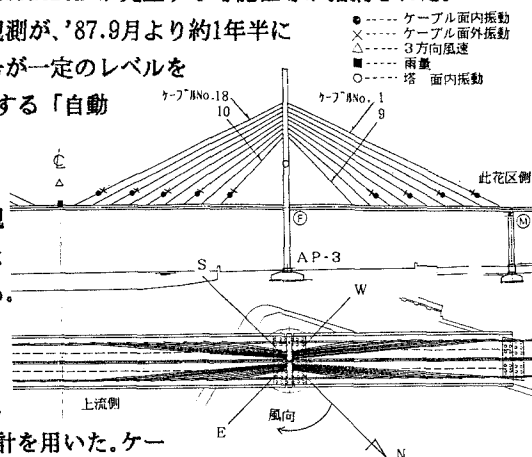
## 3. 測定結果

## (1) ケーブル振動の概要

表1に比較的大きなケーブル振動が観測された事例を示す。表中の「正姿勢」とは、下流方向に下り勾配となるケーブルを意味する。表2はケーブル No.12,14,16,18 を対象として、観測データのうちの最大振幅をモード別にまとめたものである。これらのデータはすべて降雨下で観測されたもので、Rain Vibration と考えられる。表よりRain Vibration の発生状況を以下に要約する。①ケーブルの大振幅振動は降雨を伴った、平均10m/s前後の風速条件下で発生するようである。②大振動は '88.5月まで(前半期)に集中的に発生している。6月以降(後半期)では、変位の大きい振動はほとんど発生しない。このような振動発生パターンの変化は「後半期」に雨・風の発生頻度が若干低かったことが一因と考えられる。③振動の発生は、側径間より中央径間の頻度が高い。また、大半が正姿勢で発生しているが逆姿勢のデータも見られる。④振動発生時の風向は橋軸から45°の方向より更に橋軸直角に近い方向である。

## (2) ケーブル振動波形とスペクトルの例

図2に'88.5月7日に観測されたケーブル振動の加速度波形例を示す。図中に1分毎に求めた風向・風速の値を併記した。図より、橋軸直角(約38°)を挟んだ風向で現象の発現が見られる。この場合では図示のケーブルにとって逆姿勢でも振動が生じていることになる。図3は、ケーブルNo.16及びNo.18を対象に、図2に示す20分間のデータのパワースペクトルを2分毎に求めたものである。図よりケーブル No.16 の卓越振動モードは2.5Hz(4次モード)→1.9Hz(3次モード)と変化していることがわかる。ケーブルNo.



18の卓越振動は1.1Hz(2次モード)であり、過渡的に1.7Hz(3次モード)3.4Hz(6次モード)等が重畳されている。

### (3) 渦励振の状況

'88.6月以降では5~6m/sの低風速時に高次振動の発生が数多く観測された。これらの振動は大半が雨なしの状態で生じた渦振振である。その代表例を表3に示す。表3ではケーブル No.16及びNo.18の振動

状況をまと

めた。表よ

り、平均風

速は4~8

m/sでケー

ブルの卓

越振動数

は3.8Hz~7.3Hzの範囲となっている。

また、乱れ強さ(主流方向)は5~12

%であり平均風速が低いにもかかわらず極めて乱れの少ない風といえる。

なお振動レベル

は、すべて倍

振幅3mm程度

以下の微

少振動

であつ

た。

4. あとがき

安治川橋梁の主桁閉合時期を挟んだ約1年半に渡り、雨・風及びケーブル振動の観測行った結果、風洞試

験で予想された風速域で Rain Vibration と考えられる現象を複数回観測することができた。その結果

を踏まえ、ロープによる応急的な対策が施されたが、その後は架設工事に支障を及ぼす様な振動の発生は

見られなかった。現在恒久的な制振対策として、オイルダンパーをフェアリング内部に設置する方法が検

討されている。最後に、本観測の実施とデータのとりまとめにあたって京都大学土木工学科白石教授及び

松本助教に貴重な御助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 中林・茅野：斜張橋ケーブルの振動に関する風洞実験研究、土木学会第42回年次学術

講演会(昭和62年9月) 2) Ohsima, k. & Nanjo, M.: AERODYNAMIC STABILITY OF CABLES OF A CABLE-

STAYED BRIDGE SUBJECTE TO RAIN, Proc.of US-Japan Joint Seminar on Natural Resources,1987

表1 Rain Vibration の観測例

| 観測年月日               | 平均風速<br>(m/s) | 風 向<br>(°) | 雨 量<br>(mm/h) | 振動ケーブル No.          |     | 振 幅 の 例  |            | 備 考                  |
|---------------------|---------------|------------|---------------|---------------------|-----|----------|------------|----------------------|
|                     |               |            |               | 正姿勢                 | 逆姿勢 | ケーブルNo.  | モード倍振幅(cm) |                      |
| '87. 5.13<br>(約 10) |               | (0~45)     | 2~11.5        | 10,11,12            | —   | 10,11,12 | 2次 30~40   | 目視                   |
| '87.10.19           | 9             | 250~260    | 0.5           | 12,14,16            | —   | 12       | 2次 31      |                      |
| '88. 4.19           | 9~10          | 255        | 1             | 12,14,16<br>18      | 7   | 16       | 2次 21      | 自動<br>観測<br>シス<br>テム |
|                     |               |            |               |                     |     | 14       | 2次 42      |                      |
|                     |               |            |               |                     |     | 16       | 3次 35      |                      |
|                     |               |            |               |                     |     | 18       | 1次 237     |                      |
| '88. 4.29           | 8~11          | 240~260    | 1.5           | 12,14,16<br>18      | 7   | 14       | 2次 55      | シ<br>ス<br>テ<br>ム     |
|                     |               |            |               |                     |     | 18       | 2次 60      |                      |
| '88. 5. 7           | 9~12          | 15~50      | 5~10          | 7,10,12,14<br>16,18 |     | 12,14    | 2次 40      |                      |
|                     |               |            |               |                     |     | 16       | 3次 50      |                      |
|                     |               |            |               |                     |     | 18       | 2次 68      |                      |
| '88. 6. 2           | 7~9           | 70~80      | 2             | 1,5                 | —   | 1        | 4次 20      |                      |

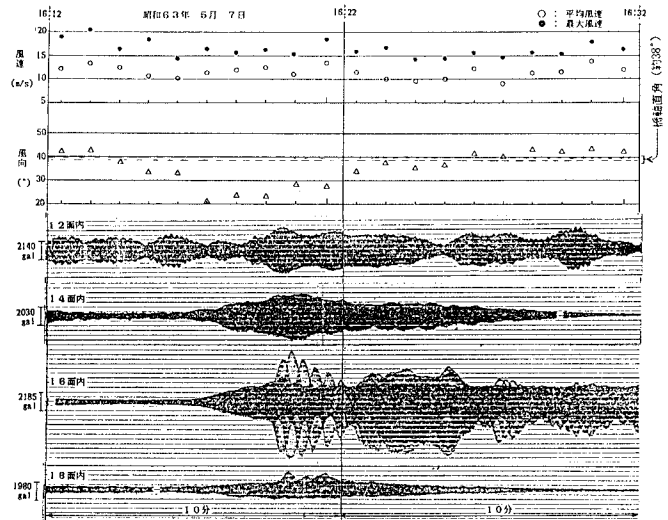


図2 Rain Vibration の記録波形例

表3 渦励振時の風とケーブル振動数

|    | 日 時             | 平均風速<br>V (m/s) | 風 向<br>(°) | 乱れ強さ<br>I u (%) | 卓越振動数 f (Hz) |           |
|----|-----------------|-----------------|------------|-----------------|--------------|-----------|
|    |                 |                 |            |                 | ケーブルNo.16    | ケーブルNo.18 |
| 1  | '88. 6/ 5 4:09  | 6.5             | 227        | 6.1             | 6.07         | 4.79      |
| 2  | '88. 6/ 7 18:17 | 7.7             | 222        | 7.2             | 7.29         | 5.84      |
| 3  | '88. 6/10 17:38 | 5.0             | 238        | 6.8             | 5.47         | 4.29      |
| 4  | '88. 6/14 12:28 | 6.9             | 220        | 6.7             | 6.05         | 4.79      |
| 5  | '88. 7/ 7 14:01 | 5.9             | 214        | 5.1             | 6.07         | 4.84      |
| 6  | '88. 7/12 14:51 | 6.5             | 233        | 7.7             | 6.05         | 4.82      |
| 7  | '88. 7/13 16:22 | 4.4             | 217        | 11.9            | 4.82         | 3.75      |
| 8  | '88. 7/15 13:22 | 4.4             | 229        | 6.1             | 4.79         | 3.73      |
| 9  | '88. 8/ 3 15:25 | 5.4             | 228        | 6.1             | 6.07         | 4.79      |
| 10 | '88. 8/31 11:40 | 6.2             | 229        | 7.7             | 6.02         | 4.79      |

図3 ケーブル振動のフーリエ変換

4. あとがき

安治川橋梁の主桁閉合時期を挟んだ約1年半に渡り、雨・風及びケーブル振動の観測行った結果、風洞試

験で予想された風速域で Rain Vibration と考えられる現象を複数回観測することができた。その結果

を踏まえ、ロープによる応急的な対策が施されたが、その後は架設工事に支障を及ぼす様な振動の発生は

見られなかった。現在恒久的な制振対策として、オイルダンパーをフェアリング内部に設置する方法が検

討されている。最後に、本観測の実施とデータのとりまとめにあたって京都大学土木工学科白石教授及び

松本助教に貴重な御助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献 1) 中林・茅野：斜張橋ケーブルの振動に関する風洞実験研究、土木学会第42回年次学術

講演会(昭和62年9月) 2) Ohsima, k. & Nanjo, M.: AERODYNAMIC STABILITY OF CABLES OF A CABLE-

STAYED BRIDGE SUBJECTE TO RAIN, Proc.of US-Japan Joint Seminar on Natural Resources,1987