

## 荒津大橋の動特性とダンパーの制振効果

|             |           |
|-------------|-----------|
| 九州大学工学部     | 正員 成富 勝   |
| 九州大学工学部     | 正員 鳥野 清   |
| 福岡北九州高速道路公社 | 正員 井上 朝登  |
| 三菱重工機       | 正員 佐々木 伸幸 |

**1. まえがき** 本研究は、福岡市北部を博多湾沿いに延びる福岡都市高速道路1号線の荒津大橋（3径間連続鋼斜張橋）に対する振動試験より得られた主桁、主塔、ケーブルの動特性をまとめたものである。また、本橋には耐風安定性を確保するため、主塔にダイナミックダンパー、ケーブルには油圧ダンパーが設置されており、これらの制振効果を確認したので報告する。

**2. 試験概要** 図-1に示すように、本橋は橋長345m、総幅員21m（有効幅員16.6m）、主塔の高さ60mの3径間連続鋼斜張橋である。また、主桁は逆台形鋼床版箱桁で、海上からの高さ約43m、P1、P3、P4は鋼製ラーメン橋脚、P2はRC中空橋脚で、ケーブルは左右13本ずつある。試験は大型起振機で完成後の主桁を加振し、耐震、耐風設計で重要となる橋梁の曲げ、振りなどの主要振動の動特性（固有振動数、モード、減衰定数）を実測により把握し、理論値との比較検討を行なった。また、主塔を人力で、ケーブルを小型加振機

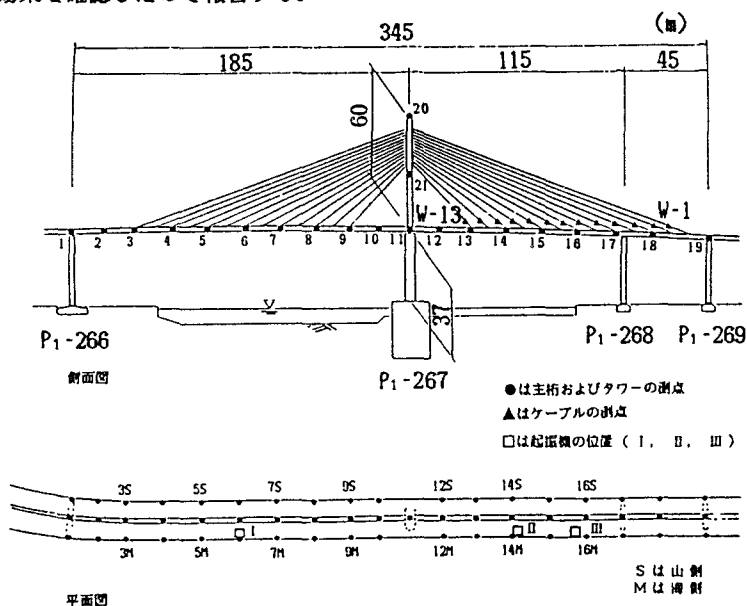


図-1 橋梁の概要および測点図

で加振し、ダンパーの制振効果を実測確認した。図-1に示すように測点は主桁に57測点、主塔に2測点、またケーブルについては主塔右側のケーブル13本（W-1～W-13）の13測点とし、振動のピックアップとして、主桁、主塔にサーボ加速度計を用い、ケーブルにはひずみ式加速度計を用いた。加速度計は、主桁の上下と橋軸直角方向の振動については桁中央の測点に設置し、振れについては山側と海側の橋面上両端の測点に設置して測定を行った。また、起振機の設置場所は図に示すように振動の節にならないように3ヶ所に設けた。

**3. 試験および計算結果** 表-1に振動試験および理論解析より得られた固有振動数とを比較して示す。理論値と実験値比較すると面外1次を除けば理論値の方がやや低くなっている。本橋のようにスパン長が大きい柔構造物では低周波領域に数多くの固有振動数が現れるため、起振機試験においては2Hz以下の振動を対象とした。表-2は主桁と主塔の対数減衰率を示したものである。低次においては起振機の起振力が不足しているため、人力による加振も同時に行い、その時の値を井で示す。主塔については起振機による加振ができないため人力による加振を行った。また、井井は主塔のダンパー作動時の値である。共振曲線および自由減衰振動から得られた対数減衰率は、面外4次を除いてほぼ等しいといえる。ケーブル振動の対数減衰率 $\delta$ を最大にするダンパーの最適減衰係数 $C$ は振動モードで異なる。本橋のケーブルに取り

付けられたダンパーは1次～5次の全てのモードに対し有効な制振を行う条件で最適値を選定するとC＝65kg・s/cmであった。このダンパーの制振効果を確認するため、小型加振機で油圧ダンパーのある場合と無い場合に対して振動試験を実施した。図-2に実験より得られたケーブル(W-1)の自由減衰振動波形を例として示す。表-3はケーブルの振動試験結果をまとめたもので、ダンパーを作動させることにより、対数減衰率は4倍から15倍程度大きくなっており各ケーブルにおいて0.07以上の対数減衰率が得られた。このことより、ケーブルに対してダンパーの制振効果が大きいことが確認された。

4. まとめ (1) 実験より得られた本橋の固有振動数および変位モードは理論解析結果と良く一致しており、本橋は所定通りの剛性を有していることが確認された。(2) 耐風安定性を確保するための恒久対策として、主塔およびケーブルに設置されたダンパーの制振効果が十分であることが確認された。

表-1 荒津大橋の固有振動数

|        | 振動<br>次数 | 起振機試験<br>による<br>実験値(Hz) | 常時微動<br>試験による<br>実験値(Hz) | 理論値<br>(Hz) |
|--------|----------|-------------------------|--------------------------|-------------|
| 面<br>内 | 面内 1     | 0.47                    | 0.46                     | 0.465       |
|        | 面内 2     | 0.89                    | 0.83                     | 0.853       |
|        | 面内 3     | 1.23                    | 1.22                     | 1.199       |
|        | 面内 4     | 1.74                    | 1.73                     | 1.683       |
|        | 面内 5     | ---                     | 2.12                     | 2.119       |
|        | 面内 6     | ---                     | 2.69                     | 2.680       |
| 面<br>外 | 面外 1     | 0.44                    | 0.44                     | 0.502       |
|        | 面外 2     | 0.69                    | 0.68                     | 0.637       |
|        | 面外 3     | 0.78                    | 0.78                     | 0.776       |
|        | 面外 4     | 1.34                    | 1.39                     | 1.240       |
|        | 面外 5     | 1.39                    |                          | 1.314       |
|        | 面外 6     | 1.44                    | 1.44                     | 1.240       |
|        | 面外 7     | 1.93                    | ---                      | ---         |
| 揺<br>れ | 揺れ 1     | 1.38                    | 1.39                     | 1.330       |
|        | 揺れ 2     | 2.09                    | 2.15                     | 2.076       |

表-2 荒津大橋主桁の起振機試験から求めた対数減衰率

| 振動数<br>(Hz) | 振動<br>次数 | 自由減衰                | 共振曲線  |
|-------------|----------|---------------------|-------|
| 0.47        | 面内 1     | 0.068<br>0.084 #    | 0.088 |
| 0.89        | 面内 2     | --                  | 0.062 |
| 1.23        | 面内 3     | 0.048               | 0.075 |
| 1.74        | 面内 4     | 0.031               | 0.041 |
| 0.42        | 面外 1     | 0.009 #<br>0.121 ## | --    |
| 0.69        | 面外 2     | 0.071               | 0.046 |
| 0.78        | 面外 3     | 0.040               | 0.069 |
| 1.33        | 面外 4     | 0.128               | 0.046 |
| 1.44        | 面外 5     | 0.073               | 0.070 |
| 1.38        | 揺れ 1     | 0.092 #<br>0.101 #  | 0.075 |
| 2.09        | 揺れ 2     | 0.090               | 0.082 |

# は、人力加振後の値  
## は、タワーのダンパー作動時

表-3 ケーブルの振動試験結果

| ケーブル<br>No. | 振動<br>次数 | 振動数<br>(Hz) | 対数減衰率  |       |
|-------------|----------|-------------|--------|-------|
|             |          |             | ダンパ-無  | ダンパ-有 |
| W-1         | 1        | 0.64        | 0.014  | 0.067 |
|             | 2        | 1.26        | 0.0065 | 0.088 |
|             | 3        | 1.90        | 0.0076 | 0.097 |
|             | 4        | 2.55        | 0.0038 | 0.070 |
|             | 5        | 3.16        | 0.0060 | 0.079 |
| W-4         | 1        | 0.76        | 0.0087 | 0.081 |
|             | 2        | 1.50        | 0.0039 | 0.085 |
|             | 3        | 2.25        | 0.0056 | 0.079 |
|             | 4        | 3.00        | 0.0039 | 0.078 |
|             | 5        | 3.77        | 0.0027 | 0.075 |
| W-7         | 1        | 0.97        | 0.023  | 0.093 |
|             | 2        | 1.93        | 0.0077 | 0.116 |
|             | 3        | 2.90        | 0.0048 | 0.099 |
|             | 4        | 3.91        | 0.011  | 0.076 |
| W-13        | 1        | 2.07        | 0.0070 | 0.088 |
|             | 2        | 4.17        | 0.0068 | 0.087 |

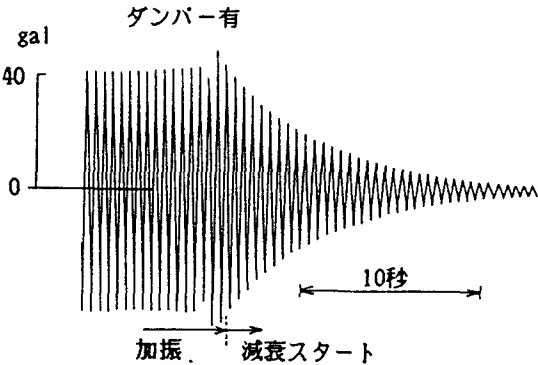


図-2 ケーブルの自由減衰振動波形  
(W-1, 1次振動)