

## I-400

## 吊橋の不規則振動に対する考察

本州四国連絡橋公団 正員 辰巳 正明

大田 享

横河橋梁製作所

正員 清田 鎌次

正員 佐々木 保隆

## 1. 概要

吊橋の不規則振動応答は、外力である風の観測結果や風洞実験による断面の空力特性を用いた動的応答解析により求めている。風や橋体の挙動は複雑であり、ガスト応答解析にあたっては種々のモデル化がおこなわれる。したがって、実橋の応答結果と理論解析結果を比較し、理論の信頼性を確認しておくことは、今後の不規則振動の解析に有効と思われる。ここでは、大鳴門橋における強風時の補剛桁の応答とガスト応答解析結果を比較検討したものである

## 2. ガスト応答解析

ガスト応答解析に使用した補剛桁中央部における橋軸直角方向成分の風速を図-1に、風速変動のスペクトルを図-2に示す。平均風速 $17.5\text{ m/s}$ 、乱れ強さ $0.09$ である。解析においては、本四連絡橋耐風設計基準・同解説の計算方法を用い、鉛直、水平方向の decay factor  $K=8$ 、構造減衰率は曲げモードに対しては $0.10$ 、ねじれモードに対しては $0.03$ とした。入力モードは水平方向、鉛直方向、ねじれに対してそれぞれ3次、8次、13次モードまでとした。 $L/2$ 点での応答結果は、次のとおりである。

|        | 平均応答                           | ガスト応答                          |
|--------|--------------------------------|--------------------------------|
| 水平方向成分 | 361mm                          | 100mm                          |
| 鉛直方向成分 | 6mm                            | 20mm                           |
| ねじれ成分  | $1.2 \cdot 10^{-5}\text{ rad}$ | $3.3 \cdot 10^{-5}\text{ rad}$ |

## 3. 実測結果

図-3は、水平方向の変位応答である。ガスト応答はその評価時間によって異なる。図-4は変位応答のスペクトルである。水平変位は極低周波成分と固有振動モード近傍の周波数成分が卓越している。図-5～6は変位応答を長周期成分と短周期成分に分離した結果である。 $T=50\text{ sec}$ で分離すると短周期領域では固有振動モード近傍の周波数が卓越し、振幅は、最大100mm、平均50mm程度である。 $T=600\text{ sec}$ では短周期の変動成分は大きくなり、固有振動モードより長周期の $0.01 \sim 0.004\text{ Hz}$ の成分が現われる。

## 4. 変位計測方法

変位計測は光学式非接触変位計によった。一般には、加速度から変位を求めることが多い。そこで、この測定では両者の比較を試みた。図-7は、非接触変位計による変位と加速度から求めた変位の最大変動成分を比較したものである。 $0.04\text{ Hz}$ より高周波域では10%程度の差であるが、低周波数域になるに従い差は益々大きくなる。原因は加速度の低周波成分の誤差を積分することによるものである。

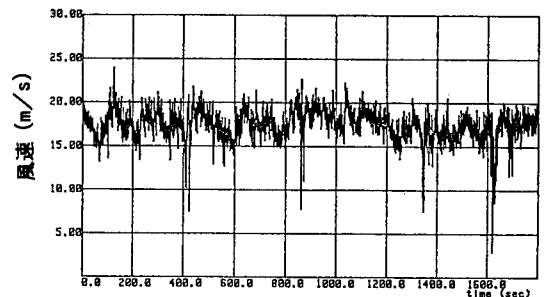
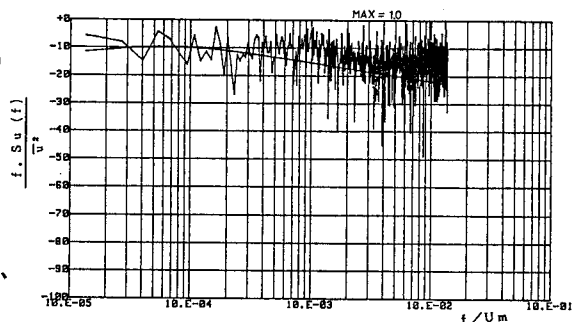


図-1 橋軸直角方向の風速波形



\*日野の式

$$\frac{f \cdot S_u(f)}{U^2} = \frac{0.4751}{2} \frac{f/\beta}{(1 + (f/\beta)^2)^{5/6}}$$

$$\beta = 1.169 \times 10^{-2} \times \frac{\sigma \cdot U_{10}}{\sqrt{K \cdot Z_1}} \left( \frac{Z}{10} \right)^{2\alpha - 1}$$

図-2 変動風速のパワースペクトル

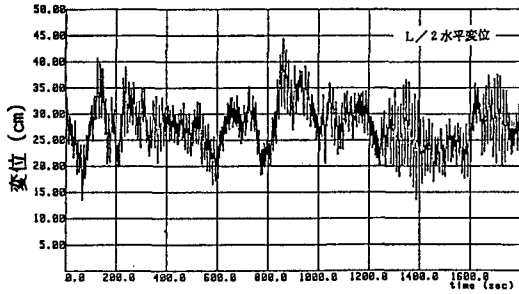


図-3 水平方向変位応答

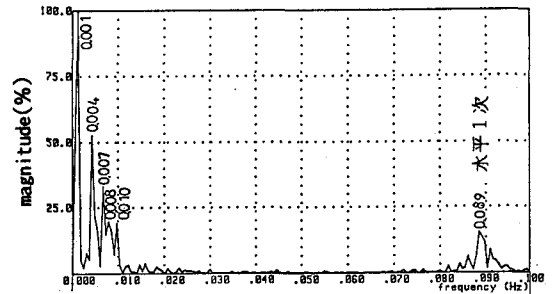


図-4 水平変位のフーリエスペクトル

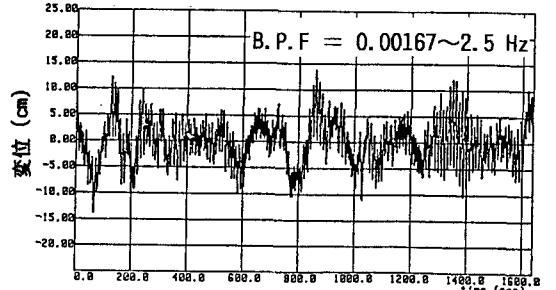
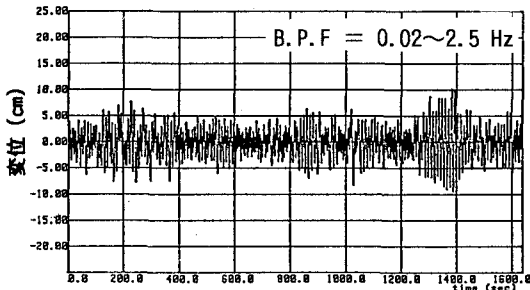
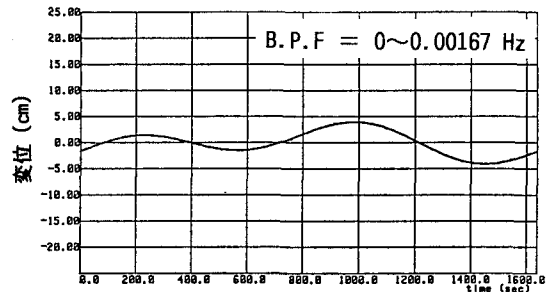
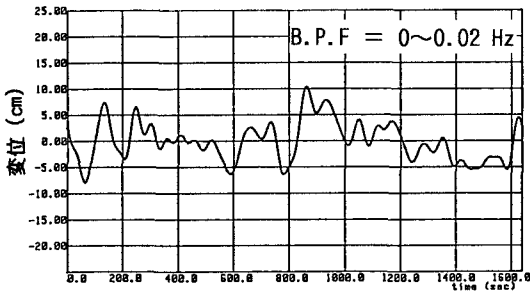


図-5 水平変動成分 (T=50secで分離)

図-6 水平変動成分 (T=600secで分離)

## 5. まとめ

大鳴門橋において実測された強風時の補剛桁の変位応答とガスト応答解析結果を比較し、以下のことが明らかとなった。

i) 吊橋の不規則振動においては、ガスト応答解析では評価されない固有振動モードよりかなり長周期の変動波形がみられる。これらは平均応答成分として求められるが、平均風速の評価時間はそれらの変位応答を評価できるものである必要がある。

ii) 不規則振動において、一般に加速度から変位を求めることは困難であるが、ガスト成分などある周波数領域の変動成分は求めることができる。

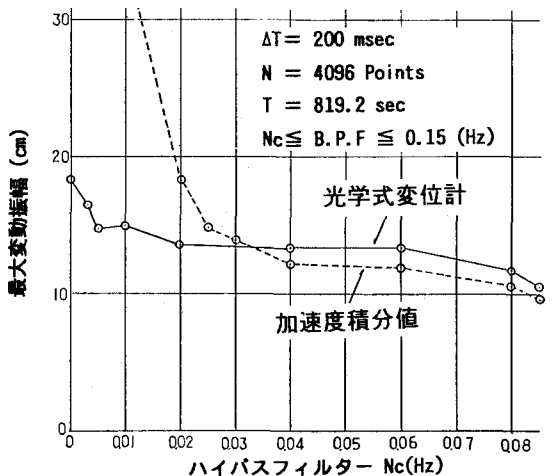


図-7 変位計測手法による比較