

固有振動数測定による
構造物の劣化診断技術

Bridge-REZONA

1. 技術の概要

殆どの構造物は、その質量と構造的な剛性によって、固有の振動数を持っている。このような構造物において、その固有振動数が経年変化するとすれば、質量の変化よりも、何らかの理由によってその構造的な剛性が低下したと判断することが可能である。つまり、設置条件に経時的変化の少ない構造物では、固有振動数の経年変化をモニターすることによって、構造物の健全性の経年変化を知ることができると考えられる。

2. 測定原理

橋梁は、質量(死荷重)及び構造剛性によって簡単な単弦振動系となっている。単純桁の場合の固有振動数 (f) は式(1)によって求められる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{G}{\delta}} \quad (1)$$

G : 重力の加速度
 δ : 死荷重による最大撓み

また単純桁の死荷重による撓み量 δ は、等分布荷重(橋梁の自重)が作用すると考えると式(2)で与えられる。

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI} \quad (2)$$

w : 橋梁の単位長さ当りの重量
 l : 支間長
 E : 縦弾性係数
 I : 断面 2 次モーメント

経年劣化により固有振動数が低下するとすれば、式(2)において橋梁の重量、支間長が経年変化することはなく、変化するとすれば曲げ剛さ EI の値である。

考えられる曲げ剛さ EI の低下要因としてコンクリート橋では、①ひび割れ ②鉄筋の腐食 ③導入プレストレスの減少 ④支承部の損傷 ⑤ASR による劣化など、鋼橋では、①腐食による鋼材断面の欠損 ②リベット又はボルトの緩み・脱落 ③溶接部などの亀裂 ④支承部の損傷などが考えられる。

3. 測定方法

3-1 センサーの設置

高感度振動センサーの設置位置は、1次モードの固有振動数のみの測定であれば、測定点の厳密な設定は必要ではない。設計上最もたわみ量が大きくなる位置近傍に設置する。すなわち、測定点は径間中央及び1/4の2点である。また、橋軸直角方向（横断方向）の設置位置は、路側帯又は地覆上でも可能であり、特別な交通規制の必要もない。

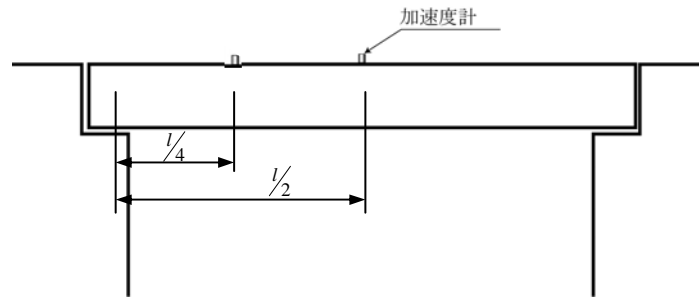


図 3-1 橋軸方向の設置位置



写真 3-1 橋軸直角方向の設置位置

センサー自体の設置は、写真 3-2 に示すように油粘土により固定するだけで、非常に短い設置時間で済む。



写真 3-2 センサー設置状況

3-2 測定方法

測定方法は、通過車両による発生する振動を測定する。なお、車両が橋梁上を走行している状態では実施せず、通過した直後に測定を開始し、橋梁振動の周波数と減衰率を測定する。これは、車両による交通振動周波数が混入し、橋梁のみの固有振動数測定が困難となるためである。



写真 3-3 通行車両と測定状況

また、交通荷重が期待できない場合には、人がジャンプして動荷重を作用させることでも良い。



写真 3-4 人による起振

4. 測定解析例

4-1 固有振動数

測定波形のうち、橋梁が自由振動状態となった時点からの波形を切り出し、パワースペクトルを求める。測定波形を図 4-1、パワースペクトルを図 4-2 に示す。減衰係数算出図は、示していないが、固有振動数 4.35Hz、減衰率 0.126 となっている。

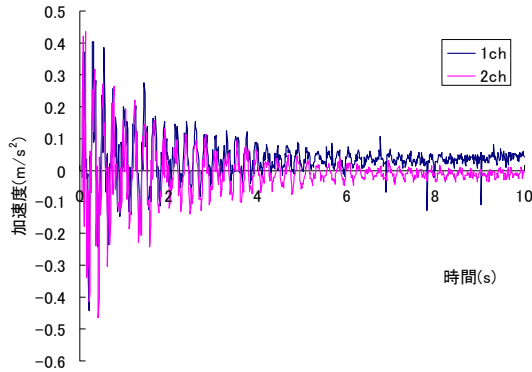


図 4-1 測定波形

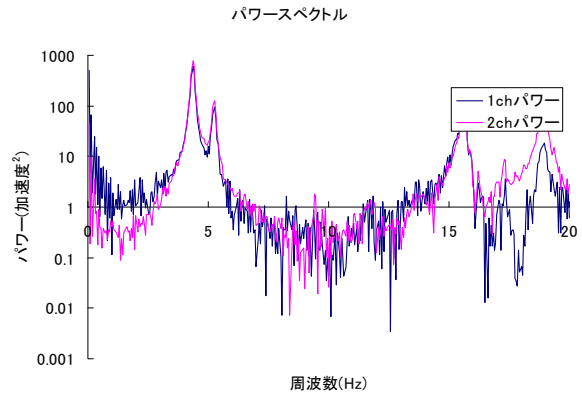


図 4-2 パワースペクトル

4-2 減衰率補正

一般的に、内部減衰(ダッシュポット)を持つ振動系では、式(3)の減衰振動となり、実際に観測される周波数と固有振動数は異なる。減衰振動系での真の固有振動数は、式(4)であり、この時の減衰係数は、波形が上に凸となる任意の時刻(T_1, T_2)での振幅を A_1, A_2 とすると、式(5)によって推定される。

$$x = ae^{-\lambda t} \sin(\sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2} t + \phi) \quad (3) \quad \omega_0^2 = \sqrt{\omega^2 + \lambda^2} \quad (4) \quad \lambda = \frac{\ln\left(\frac{A_1}{A_2}\right)}{T_2 - T_1} \quad (5)$$

3. 測定結果

図 1 に示す波形を得た橋梁は、径間 25m の単純支持梁であり、設計データから推測した 1 次モードの基本周波数は 5.14Hz であり、これに対し測定された基本周波数は 4.35Hz あるいは 5.4Hz である。

図 3 に位相スペクトルを示すが、信号成分の無い周波数で測定点 1、2 間の位相にバラツキが生じることを考慮すると、測定された橋梁の固有振動数は、5Hz、又は 15Hz 及び 19Hz 前後にあると推定される。この測定方法によって、高次モードの共振周波数も測定されているものと考えられる。固有振動数か否かの確定では、図 3 の位相スペクトル、図 4 のパワー伝送比を使用する。

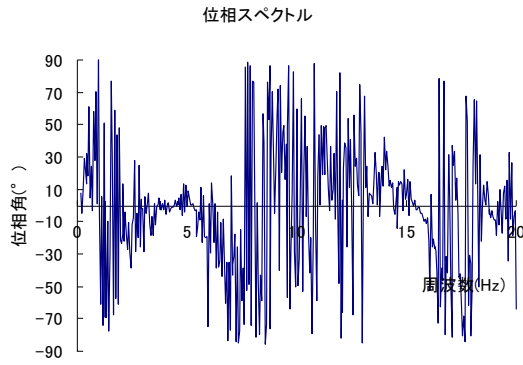


図 3 位相スペクトル

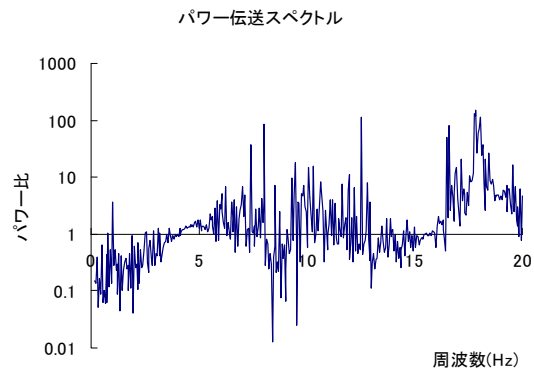


図 4 パワー伝送比

連絡先

- ◆本 社：紋別郡雄武町字雄武 1344-5 〒098-1702
TEL 0158-84-2715 FAX 0158-88-3031
- ◆札幌支店：札幌市白石区北郷 3 条 4 丁目 9-8 〒003-0833
TEL 011-874-6200 FAX 011-874-6245
- ◆函館支店：函館市大手町 5 番 10 号 ニチロビル 2F 〒040-0064
TEL 0138-84-1733 FAX 0138-84-1737
- ◆<http://www.nittokensetsu.co.jp/>
- ◆E-mail : info@nittokensetsu.co.jp