

固有振動数測定による

構造物の劣化診断技術

Bridge-RESONA

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^{*1}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。

※1 ひび割れ、鉄筋腐食、プレストレスの減少、ボルトの緩み、溶接部の亀裂、支承部の損傷 etc

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)は次式によって求められる。

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

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は、等分布荷重(橋梁の自重)が作用すると考えると次式で与えられる。

$$\delta = \frac{5}{384} \frac{wl^4}{EI}$$

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

固有振動数が、経年的に低下するとすれば、起因は経年変化しない橋梁の重量や径間長などではなく、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の低下要因

コンクリート橋:

- 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
- ⑤ ASR による劣化など

鋼 橋:

- ① 腐食による鋼材断面の欠損
- ② 溶接部などの亀裂
- ③ リベット、ボルトの緩み・脱落
- ④ 支承部の損傷など

3. 測定方法

◆センサーの設置

高感度加速度センサーの設置位置は、設計上最もたわみ量が大きくなる径間中央近傍に設置する。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。

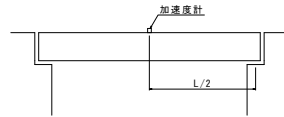


図-1 センサー設置位置



写真-1 センサー設置位置



写真-2 センサー設置状況

◆測定方法

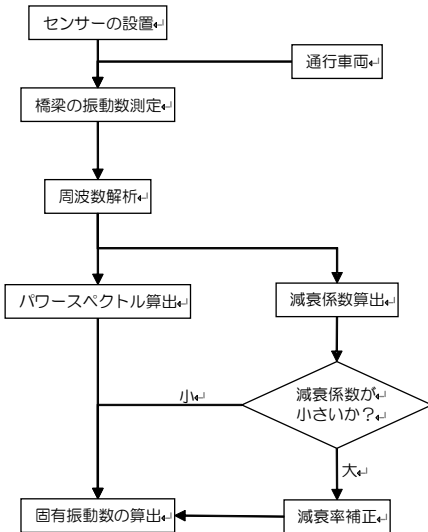
測定方法は、通過車両によって発生する振動を利用するが、橋梁のみの固有振動数を測定するため、通過した直後に測定を開始する。



写真-3 測定状況

4. 測定から解析例

◆解析フロー



5. 固有振動数の統計図

以下に、加藤らによる固有振動数と支間長の関係図を示す。この関係図は、約 200 橋のデータを両対数グラフにプロットしたもので、実際に測定された振動数を、このグラフにプロットすることにより、橋梁の大まかな健全性について知ることができる。

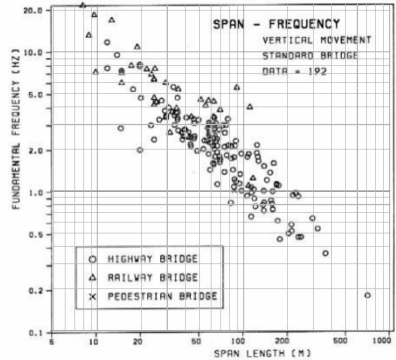


図2: 橋梁の固有振動数と支間との関係(加藤による)

◆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-2、パワースペクトルを図-3に示す。これより固有振動数は 4.35 Hz となる。

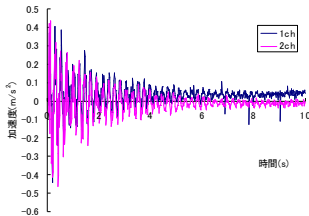


図-2 測定波形

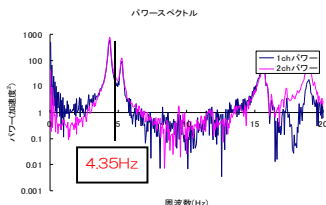


図-3 パワースペクトル