

## 橋梁振動の詳細測定と分析結果の活用法

鉄道総研 正員 富田 健 司  
 " " 上半文 昭

### 1. はじめに

橋梁の実態を把握する有効な手段のひとつが振動測定であり、さまざまな目的に応じた振動測定が実施されている。ここでは、着目した部位の振動特性や健全性の把握にとどまらず、その橋梁の実態を反映させた振動解析モデルの構築に必要な物理量のうち、とくに主要な部位のばね係数を現地測定で得られた振動データから容易に推定できる橋梁振動測定・分析技術の概要を述べる。

### 2. 測定・分析技術の概要

ひとつの橋脚とそれが支持する単純桁2連を対象にした測定・分析を例にとる。図1のようなセンサ（X, Y, Z 方向成分一体型の速度計）配置で、常時微動と列車通過時の振動を同時測定する。

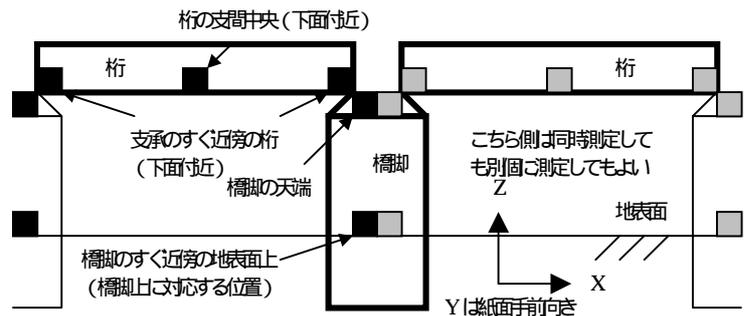


図1 センサ配置（ が同時測定するセンサ取り付け位置）

#### 2.1 橋脚の測定・分析

この主な目的は、橋脚の卓越振動数、増幅倍率の算定と振動形態の把握である。

常時微動測定結果から、橋脚の卓越振動数、増幅倍率を求める。橋脚天端で測定された常時微動の各方向成分のフーリエスペクトルを地表面上で測定された同じ方向成分のフーリエスペクトルで除すことにより、各方向成分ごとの伝達関数を得る。その第1ピークの部分が卓越振動数と増幅倍率を表している。

列車通過時の振動測定結果から、橋脚の振動形態を求める。各部位で測定された振動速度を変位に変換し、地表面上の測点を基準とした橋脚天端の各方向成分の相対変位の変動を算出する。

#### 2.2 支承部の測定・分析

この主な目的は、支承部の振動形態を求めて、支承としての機能が完全かどうかを見極めることである。

列車通過時の振動測定結果から、支承部の振動形態を求める。支承部を介して近接する橋脚天端と桁下面付近で同時測定された振動速度を変位に変換し、両者間の相対変位の変動を各方向成分について算出する。

#### 2.3 桁の測定・分析

この主な目的は、桁の卓越振動数、増幅倍率を算定し、振動形態を推定することである。

常時微動測定結果について文献 1)の分析方法を適用して、桁の鉛直方向の固有振動数、支承部の鉛直ばね係数を求める。

### 3. 実際の橋梁の測定・分析結果

支間長 22.3m の単線上路プレートガーダー橋の測定・分析結果を紹介する。橋脚は RC 造でフーチング底面から天端までの高さ 9.5m（地表面からの高さは 2.5m）、重量 155t で支承は線支承である。図 2 に列車通過時の振動にともなう橋脚の振動形態、図 3 に支承部の振動形態（支承の移動の軌跡）を示す。

図 2 の波形は、2カ所のセンサで測定された振動速度だけを使用して求めている上に、橋脚が剛体として振動しているという仮定に成り立っているため厳密性を欠いたものになっている。より厳密な振動形態を得るた

キーワード：橋梁，振動解析，常時微動，列車通過時振動，支承，同時測定

連絡先：〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 鉄道総研 構造力学 TEL (042)573-7290 FAX (042)573-7320

めには、橋脚の中間部に1カ所以上の測点を設ける（橋脚の曲げを考慮する）、橋脚と地表面が接する橋脚側と地表面側にそれぞれ1カ所の測点を設ける（橋脚の並進運動をより正確に把握する）、文献2)の測定法にもとづいて測点を設ける（橋脚のロッキング振動を測定する）などの対応が必要になる。図3はXY平面でみた支承の軌跡であるが、この固定支承と可動支承が支承としての機能を果たしていることが確認できる。

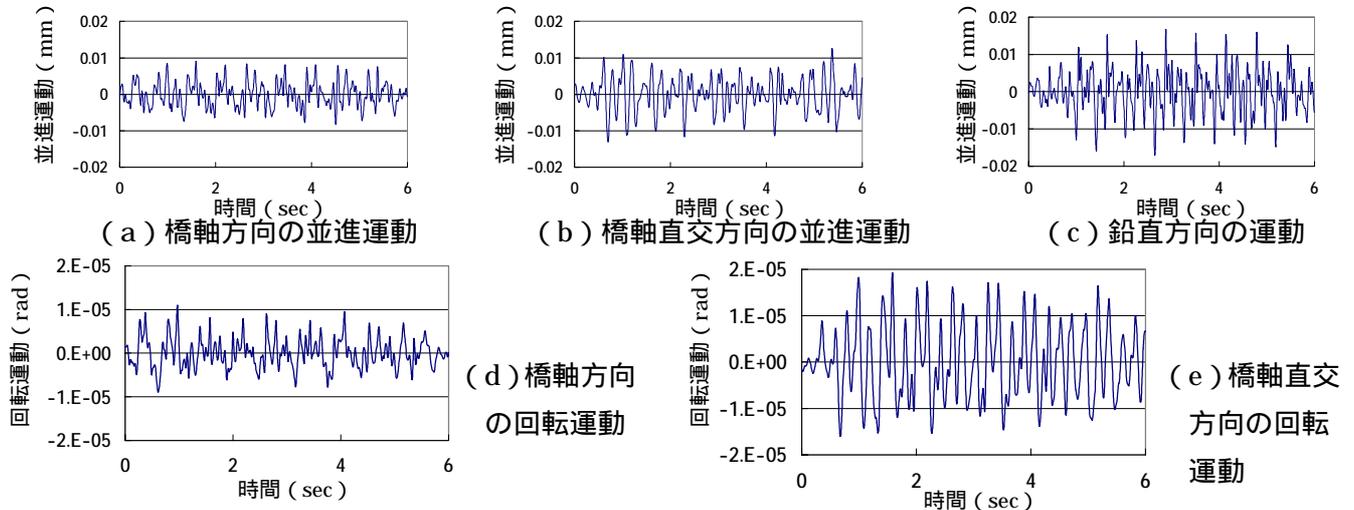


図2 橋脚に発生する列車通過時の振動にともなう振動形態

4. 各部位のばね係数の算出

桁の常時微動測定結果に文献1)の方法を適用して分析すると、表1に示す桁の鉛直方向の固有振動数  $F_B$  と支承部の鉛直ばね係数  $K_M, K_F$  が求まる。

通過列車の軸配置、軸重を考慮し、それが桁上を移動したときに橋脚に作用する変動荷重が図2に示す橋脚の各振動を励起していると考えれば、桁を載せた剛体橋脚の変動荷重による強制振動と見なせるので、表1に示す地盤の橋脚支持ばね係数  $K_X, K_Z, K_R$  を求めることができる。

ここで得られた各部位のばね係数と測定対象とした橋梁の構造諸元を組み合わせることによって、その橋梁の特性を反映させた振動解析モデルを構築することができる。表2に橋脚の現地測定結果から得られた固有振動数と振動解析モデルから得られた固有振動数を比較したものを示す。測定の粗さと厳密性を欠く仮定の影響による精度の低下が現れたと考えられるが、より厳密な測定方法を

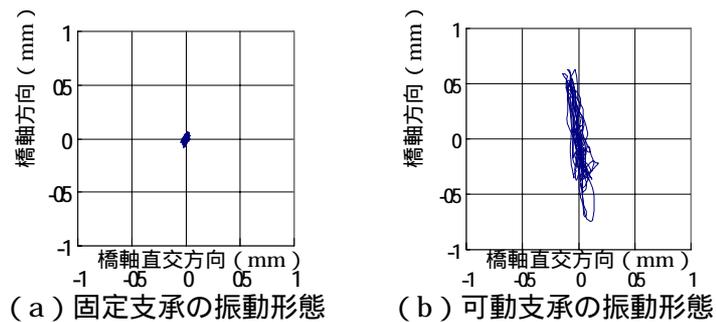


図3 支承部に発生する列車通過時の振動にともなう振動形態

表1 算出された各部位のばね係数など

桁の鉛直方向の固有振動数	$F_B$	7.9Hz
可動支承の鉛直ばね係数	$K_M$	170MN / m
固定支承の鉛直ばね係数	$K_F$	720MN / m
地盤の橋脚水平支持ばね係数	$K_X$	350MN / m
地盤の橋脚鉛直支持ばね係数	$K_Z$	690MN / m
地盤の橋脚回転ばね係数	$K_R$	16300MN・m / rad

表2 橋脚の現地常時微動測定結果と振動解析モデルから求めた固有振動数の比較

	常時微動測定結果	振動解析モデル
水平(X)方向	7.7Hz	6.9Hz
鉛直(Z)方向	10.2Hz	9.6Hz

を採用することでそのような弊害を軽減化でき、より実態に即したモデルが構築できるものと考えられる。

この研究は、国土交通省の補助金を受けて「自然災害制御技術の開発」の一環として実施したものである。

参考文献 1)中村・富田ほか：常時微動による橋梁振動特性の推定，鉄道総研報告，Vol.7，No.12，1993.12．  
2)中村・田母神ほか：常時微動を用いた新しい橋脚健全度評価法の提案，鉄道総研報告，Vol.8，No.5，1994.05．