

# 「LabVIEW」による振動データ計測及び振動モード特性の同定

鈴木 源太 竹山 和美

## 1. はじめに

近年における構造物の多くは、巨大化・長大化し、それにともなって構造物の動特性はより複雑になってきている。特に振動情報のモニタリングなどにおいては、高い精度の振動計測、及び解析解析の必要性が高まっている。そこで振動計測により得られた実測データから、動特性を推定する構造同定（逆解析）が重要な手がかりとなる。本研究では、小型の加速度計を用いた振動計測システムにより、歩道橋から常時微動データを計測し、それをもとに歩道橋の動特性同定することを目的としている。この一連の処理を実現するための手段の一つとして、データ処理と計測に特化した仮想計測器ソフトウェア「LabVIEW」を用いる。

## 2. 振動データ計測の流れ

計測システムの概要を図-1に示す。歩道橋に取り付けた加速度計から、アンプを通じて出力された常時微動データを、データレコーダ内のコンパクトフラッシュに記録する。このときデータレコーダ上で、データ長、サンプリング間隔を設定する。

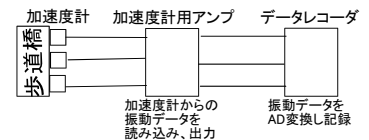


図-1 計測システムの概要

## 3. 同定の流れ

同定の流れは次のとおりである。

まず集録した常時微動データを、相互相関関数に変換する。次にその相互相関関数をフーリエ変換して振動数スペクトルにし、特定の振動情報を取り出し、逆フ

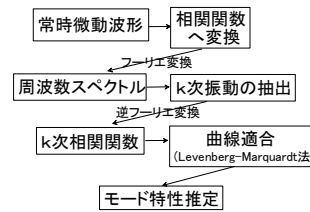


図-2 同定の流れ



図-3 鶴舞第一歩道橋

ーリエ変換で時系列データに戻し、k次振動情報の相互相関関数を抽出する。そして抽出したk次相互相関関数に、非線形最小二乗法により曲線適合して、動特性を推定する。曲線適合にはLabVIEWに組み込まれたLevenberg—Marquardt法を用いている。

またLabVIEWによる同定プログラムのフローチャートを図-2に示す。LabVIEWのプログラム（仮想計測器）には、フロントパネルとブロックダイアグラムがあり、視覚的で扱いやすいのが特徴である。

## 4. 計測対象及び条件

鶴舞駅前にある鶴舞第一歩道橋（全長42[m]の2径間I桁橋）を対象に常時微動を、サンプリング周波数240[Hz]、データ長5[min]で、加速度計の位置や計測する方向を変え、計11ケース行った。対象歩道橋の写真を図-3に、各ケースでの測定点と計測した方向を図-4に示す（図中のAは鉛直、Bは水平、Cは橋軸方向を表す）。また各ケースで3回ずつ計測を行った。

測定点	1	2	3	4	5	6	7	8
case1			A		A			
case2	A		A				A	
case3	B		B				B	
case4			B		B			
case5			C				C	
case6			ABC					
case7		A	A	A				
case8		B	B	B				
case9						A	A	A
case10						B	B	B
case11						ABC		

図-4 各ケースの測定点と

計測方向

## 5. 常時微動波形の同定

周波数スペクトルのピーク数をモード数、ピーク時の振動数を固有振動数として、各方向のモード数と固有振動数を決めるために、[11ケース×3回]の計測した全てのデータの周波数スペクトルを見て、鉛直、水平、橋軸方向のモード数と固有振動数を決め(図-5)、それを目安に各ケースで始点から10,000点ずつ、7つに分けたデータを同定し、どのデータでも同じように同定できることを確認した。またデータ数を3,000点、6,000点、10,000点と変えて同定し、データ数によらず精度良く同定できることも確認した。

	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード
鉛直(Hz)	5.8	6.8	8.4	10
水平(Hz)	3.7	4.3		
橋軸(Hz)	3.7			

図-5 モード数と固有振動数

そして各ケースで、歩行者などの影響が少ないと思われる6,000点を用いて、モード数1で同定した。例

として、Case1のCH1(測定点3:鉛直)の常時微動波形の2次モードを、データ数6,000点で同定したときの常時微動波形、周波数スペクトル、抽出した相関関数、同定後の相関関数を図-6に示す。また、同定結果から推定した各振動数のモード形状を図-7に示す。

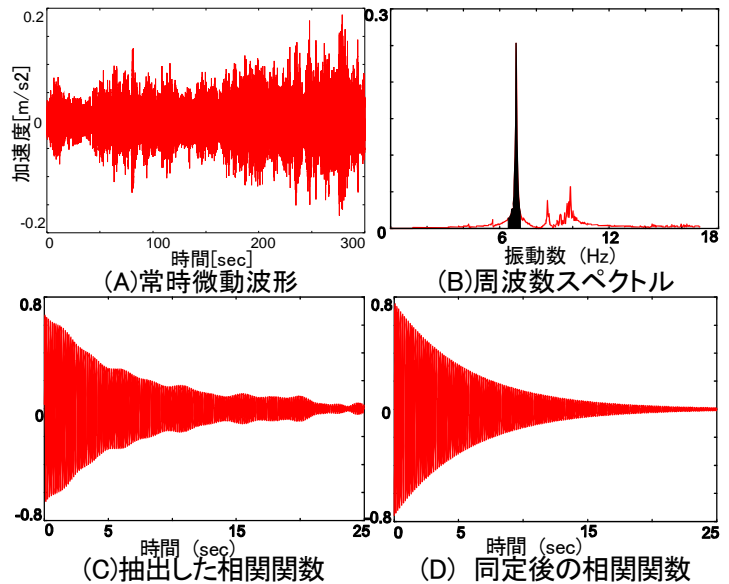


図-6 鉛直2次モードの波形

鉛直の1次モードの形状<図-7(a)>は、測点5を中心として、東側では揺れが小さく、西側では大きく揺れる。2次モードの形状<図-7(b)>は、橋脚がある測点1、5ではほぼ揺れが無く、支間の中心である測点3と7が一番大きく揺れ、測点5を中心として、東側と西側の揺れは上下に逆向きに揺れる。3次モードの形状<図-7(c)>は、測点1ではほぼ揺れないが測点5では揺れ、測点5を中心として、東側と西側の揺れは同じ向きに揺れる。4次モードの形状<図-7(d)>は、鉛直の1次モードとほぼ同じ形となる。

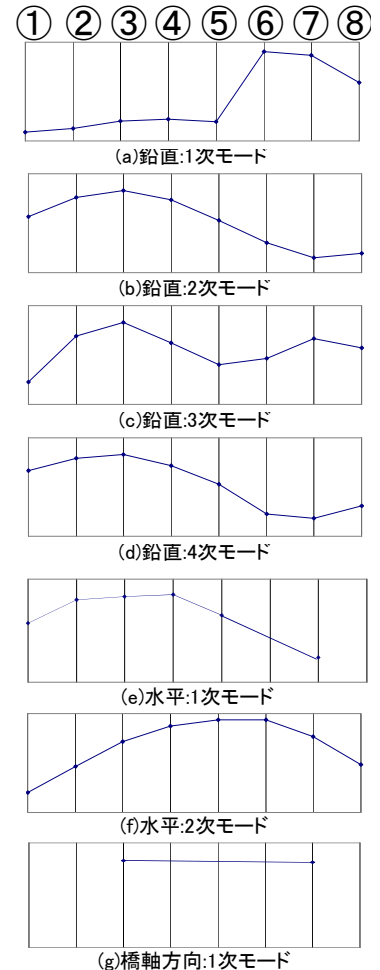


図-7 各振動数のモード形状

水平の1次モードの形状<図-7(e)>は、Case10で3.7[Hz]のスペクトルが小さかったため同定できず、測点6、8のモード形状が分からなかった。それ以外で考えてみると、歩道橋全体が真中の橋脚がなく単純な梁のように揺れ、西側より東側がよく揺れている。2次モードの形状<図-7(f)>は、水平の1次モードと同様に、単純な梁のように揺れ、こちらは東側より西側がよく揺れている。

測定点3、7以外で計測していないが、歩道橋が伸縮しないと考えると、橋軸方向の1次モードの形状<図-7(g)>は、歩道橋全体が一様に揺れている。

またCase6、11(1箇所の鉛直、水平、橋軸方向を計測)の同定結果より、3.7[Hz]では水平と橋軸方向が、6.8[Hz]では鉛直と橋軸方向が連成しているので、鉛直、水平、橋軸方向それぞれのモード形状と合わせて考えると、図-8のように推定できる。

次に上記の水平方向をモード数1で同定した結果と、1次モードと2次モードの振動情報を同時に抽出し、モード数を2として同定した結果を比較した。これより各モードともほぼ同じ結果となったが、波形の適合誤差は2モードまとめて同定した方が大きくなった。これはまとめて抽出したことで、波形にうねりが出たためである。

## 6. 結論

計測した常時微動波形には外力による多少の乱れがあったが、精度良く同定できた。さらに精度を上げるためには、外乱の少ない時間に計測することである。

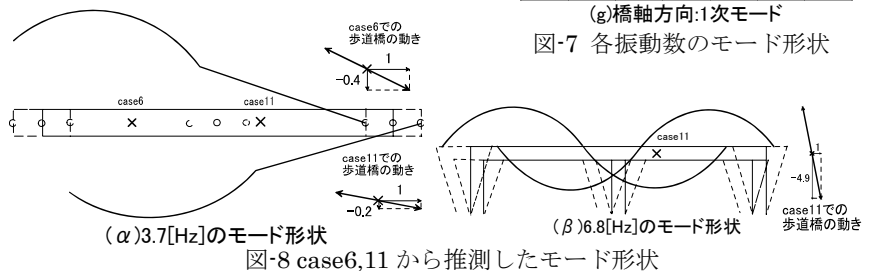


図-8 case6,11から推測したモード形状