

道路橋の振動特性推定法について I (周波数領域における方法)

長崎大学工学部 学生員 ○長友章二郎

長崎大学工学部 学生員 森 昌弘

長崎大学工学部 正 員 岡林 隆敏

1. はじめに

実験モード解析として、種々の曲線適合理論が提案されているが、著者らは、道路橋の振動特性推定法を確定するため、衝撃加振法¹⁾による、3自由度系のシミュレーションと実橋実験においてそれら各種の曲線適合理論を検討した。採用した方法は、周波数領域では、1自由度法におけるコクアド線図の方法¹⁾、モード円適合¹⁾、それに多自由度法¹⁾。時間領域では、プロニーの方法¹⁾、カルマン・フィルタの方法¹⁾(時間領域は別報告)。この研究は、データ処理による観測雑音の処理の効果と、各推定法の精度について検討したものである。

2. データ処理の方法についての考察

実験データには種々の雑音に加わってくるので解析する前に雑音を除く必要がある。そこで、異なる雑音に加わった応答波形を加算平均することにより、雑音の軽減をする。この操作を周波数領域と時間領域との2通りに試み、比較した。その処理のフローチャートを図-1に示す。さらに、図-2

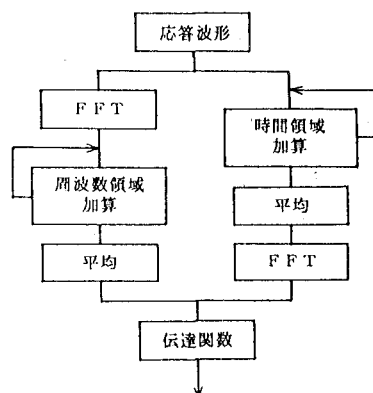


図-1 データ処理の方法

において、(a)は応答の時刻歴であり、(b)は伝達関数のボード線図を示したものである。(1)は、雑音が含まれない応答

であり、(2)は平均しない応答の標本関数である。この場合の時間応答は、(b-2)の逆FFTにより求められる。ここで、雑音は、

SN比が20%のものである。(3)

は周波数領域で加算平均した応答波形とボード線図で、(4)は時間領域で加算平均した応答とボード線図である。(2)と(3)(4)

の比較から、加算平均によって

雑音の軽減がなされていることが

わかる。(3)と(4)の間では、

若干の形状は違うものの、雑音

レベルの差異は見られない。時

間領域で加算平均すれば、FFT

の計算が1回でよく、計算時間

の軽減になる。

3. 周波数領域の動特性推定手法^{1) 2)}

モード円適合には、1自由度

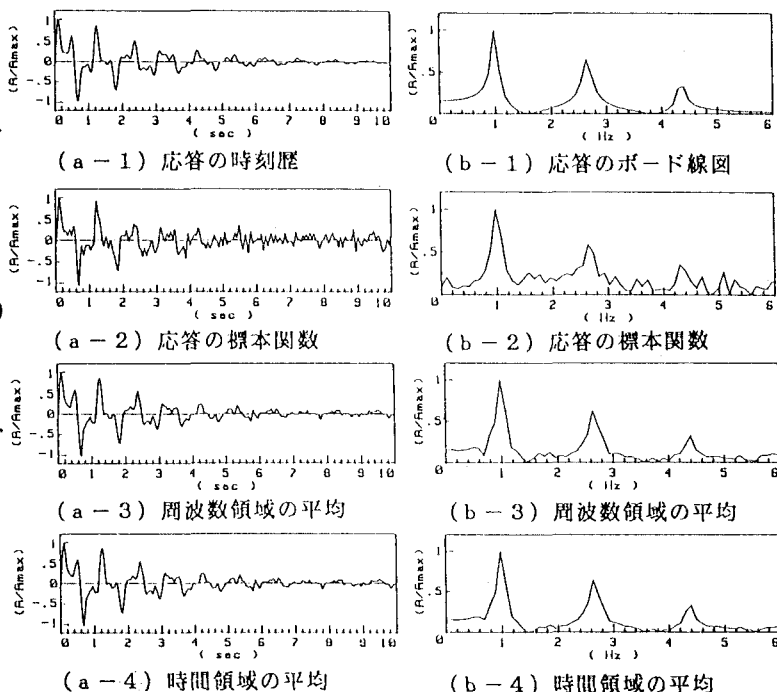


図-2

法と多自由度法がある。1自由度法は、多自由度系の応答や伝達関数とその共振点近傍で1自由度系とみなされるとき、個々のモード特性を決めるものである。このとき、コンプライアンスは次式で表すことができる。

$$G(\omega) = \frac{i V_r}{i(\omega - \omega_{dr}) + \sigma_r} + R_r + i I_r$$

$$\omega_{dr} = \Omega_r \sqrt{1 - \zeta_r^2}, \quad \sigma_r = \Omega_r \zeta_r$$

これをナイキスト線図上に図示すると円を描く。

そこで、共振点近傍にデータを限り、最小二乗法でモード円を適合させる。これで得た中心と半径の情報から各パラメータを推定するのが、モード円適合の方法¹⁾である。コクアド線図の方法²⁾は、そのピークの持つ情報から各パラメータを決定付けるものである。さらにモード円適合のパラメータを初期値にして、周波数領域で非線形最小二乗法を適用する方法と、コクアド線図で得たパラメータを初期値にして、時間領域で非線形最小二乗法を適用する方法を用いている。

4. 各推定法による結果と考察

図-4は、雑音レベルを変えたときの各振動次数における手法別の固有振動数と減衰定数の推定誤差を示している。実線は、周波数領域の非線形最小二乗法、点線は、標本関数の周波数領域の非線形最小二乗法、破線は、モード円適合、一点破線は、時間領域の非線形最小二乗法を示す。固有振動数については、どの手法を用いても、また雑音レベルが変わっても誤差は3%以内に入る。中でも、周波数領域での非線形最小二乗法が精度が良い。雑音レベルの変化は、推定誤差に影響を与えていない。データ処理において加算平均したものと平均しないものとの間にも差が出てこない。減衰定数については、±50%の範囲を超えるものがあり、誤差は大きい。そのなかで精度が良いのは、周波数領域での非線形最小二乗法であり、時間領域の方法は、わずかに劣る。周波数領域の方法は、1次で約0~15%、2次で約0~10%、3次だと約0~35%に誤差が含まれる。時間領域の方法だと、若干、周波数領域の方法より誤差が大きい。加算平均したデータと平均しないデータの間には差はない。雑音レベルの変化も推定誤差に影響しないと考えられる。以上のことから、周波数領域での非線形最小二乗法を用いる場合には、共振点が読み取れないような雑音レベルでない限り、固有振動数と減衰定数の推定において、測定誤差の少ない推定が可能であると思われる。

参考文献 1)長松昭男：モード解析，培風館，1985.7, 2)岡林・西村・溝口・原：第41回土木学会年次学術講演会講演概要集，1986.11, 3)刀根薫：BASIC，培風館，1981.4,

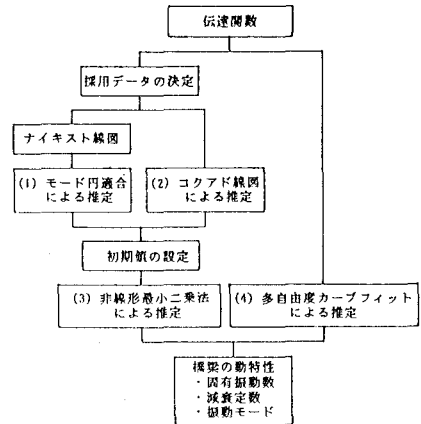


図-3 周波数領域の動特性推定処理

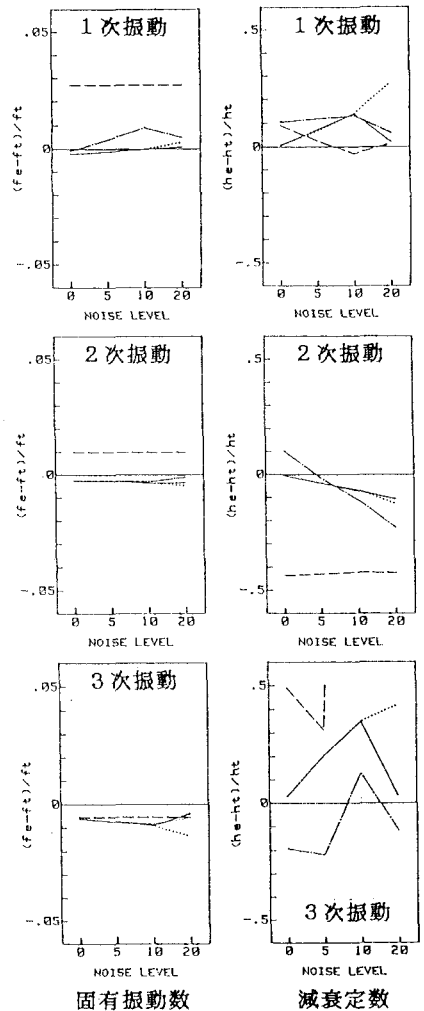


図-4 各推定量の推定誤差