

長崎大学工学部 正員 岡林 隆敏
 復建調査設計 正員 森 昌弘
 中央コンサルタント 正員 長友 章二郎

1. はじめに 小型機械や自動車の振動測定法として、衝撃加振法が実用化⁽¹⁾されている。著者らはこの手法を大規模構造物である道路橋に適用し、いくつかの実橋実験を行ってきた。道路橋の振動測定では他の構造物と比較して、固有振動数が低い点、共用中の橋梁では常時微動による高いレベルの観測雑音が混在するなどの問題があり、データ処理の改善、雑音除去対策などの課題を解決する必要がある。本研究は、シミュレーションにより、測定データのSN比を変化させて、これまでに提案されている推定法⁽²⁾のパラメータ推定誤差について検討した。次に、実橋実験のデータより、データ処理の方法を改善することによる推定精度について考察を加えた。

2. 衝撃加振試験の概要 衝撃試験法は、図-1のように、衝撃試験装置により橋梁に衝撃力を加え、衝撃力と加速度応答波形より得られた橋梁の伝達関数及び単位衝撃応答関数から、橋梁の動的特性を推定するものである。多自由度系のコンプライアンスは、

$$G(\omega) = \sum_{r=1}^N \left\{ \frac{i\Omega_r^2 / (2k_r \omega_{dr})}{i(\omega + \omega_{dr}) + \sigma_r} - \frac{i\Omega_r^2 / (2k_r \omega_{dr})}{i(\omega - \omega_{dr}) + \sigma_r} \right\} \quad (1)$$

Ω_r : 固有円振動数、 $\omega_{dr} = \sqrt{1 - \zeta^2} \Omega_r$

σ_r : モード減衰率である。

単位衝撃応答関数は、

$$h(t) = \sum_{r=1}^N \frac{\Omega_r^2}{k_r \omega_{dr}} e^{-\sigma_r t} \sin \omega_{dr} t \quad (2)$$

である。図-2に処理手順を示した。

3. シミュレーションによる推定誤差の検討 シミュレーションは表-1の特性を有する系に、半正弦波の衝撃力を作用させ、応答に0~10(Hz)までの帯域制限された白色雑音が付加するものとする。雑音レベルを変化させて、シミュレーションによる応答波形より、系のパラメータを推定する。SN比は、応答については $\sigma_s = \gamma_{max}/\sqrt{2}$ を考え、雑音については、このパワー σ_n を用いる。SN比を、0.5, 10, 20, (%) と変化させて、SN比の劣化によるパラメータ推定誤差について検討した。このシミュレーションの手順を図-3に示した。

図-4は、5本の応答波系を平均化した伝達関数による最小二乗法、標本関数1本による最小二乗法、モード円適合及び単位衝撃関数適合による、パラメータの推定誤差を示したものである。

表-1 構造物の動特性

	1次振動	2次振動	3次振動
f_r	1.000	2.656	4.367
h_r	0.05	0.03	0.01

図-2 動特性推定法

(b) 時間領域推定

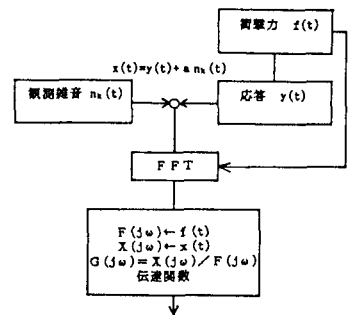


図-3 シミュレーションの手順

横軸は、SN比を示している。固有振動数の推定誤差はSN比に影響されていない。減衰定数は、推定値が小さいために、雑音が増加すると、推定誤差は増大する。いずれの場合

でも、時間領域の推定法が良い結果となっている。

4. 実橋による実験

図-5に示したランガートラス橋支間長 152m、ライズ 21.5 mの衝撃加振実験を行った。L/4点を加振したときの衝撃力と加振点加速度応答及びモビリティ（速度／力）を図-6に示した。衝撃力及び応答とも5回の平均である。

モード円適合による、固有振動数と減衰定数の推定結果を、表-2に示した。なお、計算値は有限要素法による結果である。曲げ振動のみを抽出している。図-7に実測と計算によるモードを示した。推定値に若干の変動が見られる。また、4次振動は節を加振したために、モードが正しく求められていないものと考えられる。

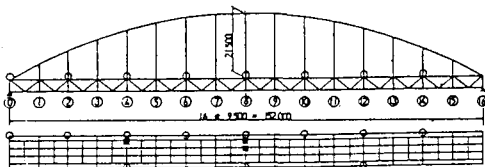
モードの推定が十分にできていないが雑音除去対策及びさらに高度な推定方法を適用することにより、この点の改善は可能である。

5. まとめ

シミュレーションによる推定では、かなり精度の高いパラメータが得られた。しかし、実橋では、低次の固有振動衰が極く小さく、また測定データにかなり雑音が含まれているために、特にモードの推定が十分に行われていない。FFTの分解能の改善、雑音を除去する方法など、データ処理の問題として解決しなければならない点がある。時間領域の推定による結果は、講演時に報告する。

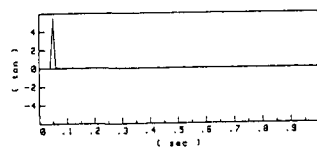
〔文献〕(1) 長松昭男：モード解析、培風館、昭和60年 7月

(2) 岡林・西村・他：第41回土木学会講演概要集、昭和61年11月、pp949-950

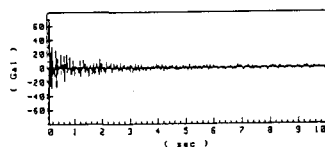


■：加振位置 ○：加速度計の設置位置

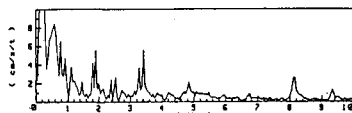
図-5 試験橋梁



(a) 衝撃力



(b) L/4点 加振点加速度応答



(c) L/4点 加振点モビリティ

図-6 衝撃力と応答

表-2 動特性値

次数	固有振動数		減衰定数 (X)	
	推定値	計算値	推定値	
1	0.8057	0.67	1.18	
2	1.099	1.04	1.15	
3	1.782	1.89	1.07	
4	2.368	2.29	0.31	
5	3.979	3.63	0.18	
6	4.858	4.90	0.31	
7	5.933	5.64	0.29	

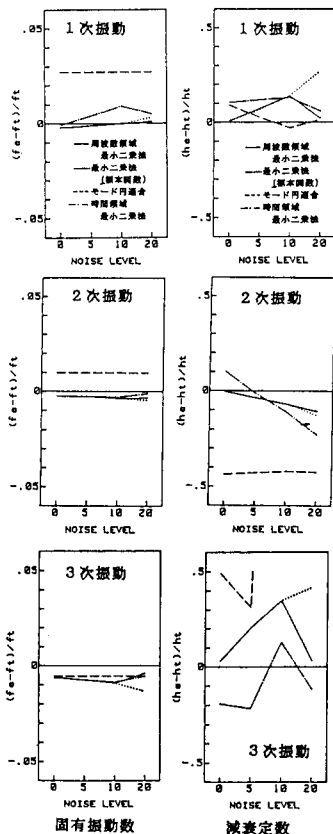


図-4 推定誤差

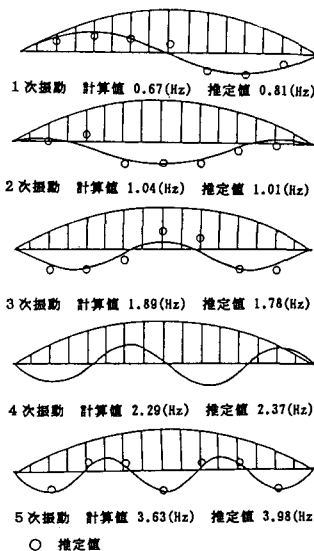


図-7 振動モード