

I-404

プロニーの方法による道路橋の振動特性推定

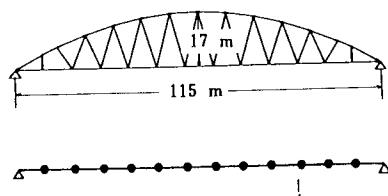
長崎大学工学部 正員 岡林 隆敏 (編) 長 大 正 員 有角 明
長崎大学工学部 正員 小西 保則 長崎大学工学部 学生員 龍 博志

1. はじめに

橋梁の耐風安定性の評価、都市高速道路の防振対策さらに既設橋梁の健全度の点検において、高い精度の橋梁の振動特性の推定が必要になってきている。著者らは、このための試験法として衝撃加振試験法⁽¹⁾を提案してきた。衝撃加振試験から得られた信号から、橋梁の動特性を推定する同定理論⁽²⁾にはいくつかの手法が考えられる。この報告は、モーダルパラメータの推定を時間領域で処理するプロニーの方法をシミュレーションモデルに適用し、その妥当性を検討したものである。実橋実験では、得られた信号に含まれる観測雑音が推定誤差の主要な原因となる。本研究では、プロニーの方法のSN比に対する推定誤差の傾向を調べ、周波数領域の推定法と比較したものである。

2. シミュレーションモデルと応答波形

図-1のようなトラスドラング橋を対象として、有限要素法により、図のような12自由度の離散化モデルを構成する。対象とする橋梁の諸元を表に示した。このモデルの7次振動までの固有振動数を表-1に示した。また、各次数の減衰定数を表-1のように仮定した。図-2 表-1 シミュレーションモデルの



橋梁の諸元	
橋長	115.0 (m)
ライズ	17.0 (m)
鋼重	469 (ton)

図-1 シミュレーションモデル

に、シミュレーションの各波形を示した。(a) は半正弦波の衝撃力、(b) はこの応答波形である。(c) はSN比20%で観測雑音が作用した応答波形である。(d) は5本の時間波形の平均に

振動特性		
振動数	固有振動数	減衰定数
1次	1.330	0.05
2次	2.632	0.05
3次	4.258	0.04
4次	5.730	0.04
5次	7.730	0.03
6次	8.768	0.02
7次	10.713	0.01

より雑音処理した応答波形であり、(e) に0~20Hzまでに帯域制限された白色雑音による観測雑音を示した。SN比は、応答の実効値 $\sigma_s = y_{\max}^2 / 2$ と雑音のパワー σ_n^2 の比で定義した。

3. プロニーの方法によるパラメータ推定

プロニーの方法は、図-3に示したように、構造系の単位衝撃応答関数のパラメータから、モーダルパラメータを推定する方法である。実測の単位衝撃応答関数は、伝達関数の逆フーリエ変換より得られる。

一般粘性系の単位衝撃応答関数は、次式で与えられる。

$$h(\Delta t \cdot k) = \sum_{r=1}^n (a_r x_r + a_r^* x_r^*) \quad (1)$$

ここに、 $a_r = U_r + iV_r$, $x_r = \exp(-\sigma_r + i\omega_{dr}) \Delta tk$ であり、*は共役複素数の記号である。この x_r と x_r^* は、2n次の代数方程式の

根になっている。
$$\sum_{s=0}^{2n} b_s x^s = 0 \quad (b_{2n} = 1) \quad (2)$$

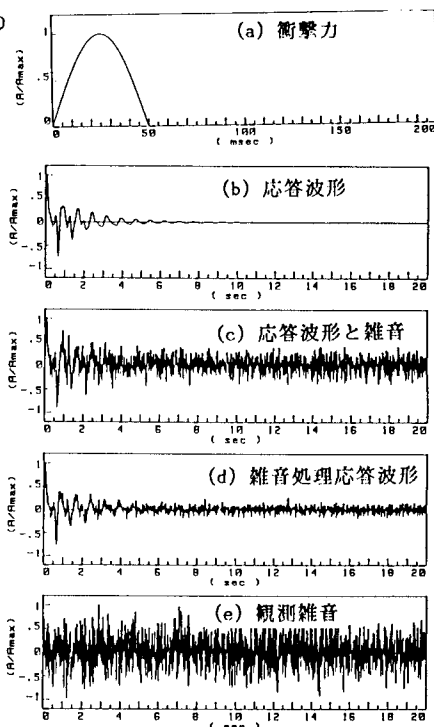


図-2 衝撃力、応答及び雑音の波形

(1) 式と(2) 式を用いて若干の演算を行うと、次の関係式を得る。

$$\sum_{s=1}^{2n-1} b_s h(\Delta t s) = -h(\Delta t 2n) \quad (3)$$

この式に最小二乗法を適用すると、次式を得る。

$$Rb = \bar{1} \quad (4)$$

ここに、

$$R(i, k) = R(k, i) = \sum_{l=0}^m h((i+l)\Delta t) \cdot h((k+l)\Delta t)$$

$$b = [b_0, b_1, \dots, b_{2n-1}]^T$$

$$\bar{1} = [R(0, 2n), R(1, 2n) - R(2n-1, 2n)]^T$$

である。 b が得られると、(2) 式より x_r と x_r^* が求められ、モード減衰率 σ_r 、減衰固有振動数 ω_{dr} が次のように決定できる。

$$\omega_{dr} = \frac{1}{\Delta t} \tan^{-1} \frac{x_{Imr}}{x_{Rer}} \quad (5)$$

$$\sigma_r = \frac{-\ln \sqrt{x_{Rer}^2 + x_{Imr}^2}}{\Delta t}$$

4. 推定結果と考察

図-4 は、SN比を0~20(%)に変化させた場合の、1~6次までの固有振動数と減衰定数の推定誤差を、周波数領域法とプロニーの方法について示したものである。固有振動数の推定は、本手法によれば2次振動を除いて、3%以内で可能である。また減衰定数についても、2次振動を除いて30%以内の推定を実現している。さらに、図-5 はモードの推定結果を示したものである。●が推定結果である。加振力が弱くなる6次図-5 モードの推定振動を除いて、良い推定が得られている。

このように、時間領域法は周波数領域法と比べて良い推定結果が得られることが確認できた。しかし、時間領域法では、構造系の次数以上に推定モデルの次数を多くとらなければ良い推定結果図-4 各推定法の推定誤差が得られない。今後、このような最適モデル次数を決定する方法を検討する必要がある。

【参考文献】(1) 岡林・他：衝撃加振法による道路橋の振動推定法、土木学会第41回、昭和61年11月
(2) 長松昭男：モード解析、培風館、昭和62年7月。

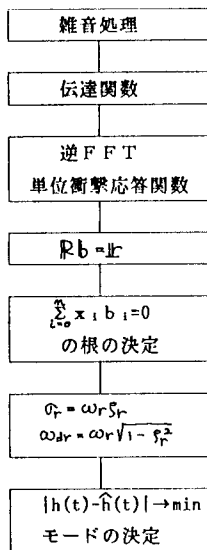
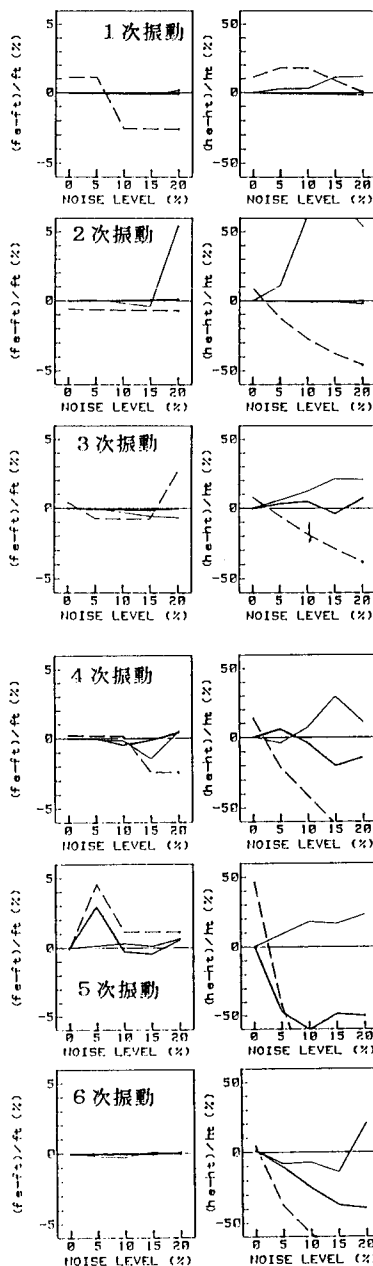
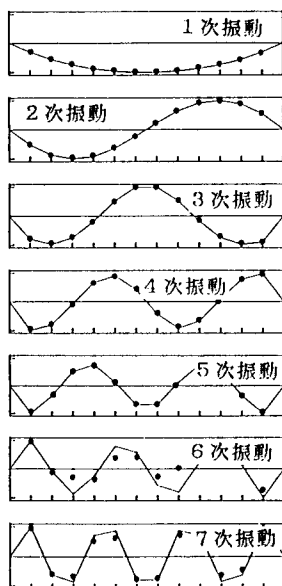


図-3 プロニーの方法の処理手順



--- 1自由度法
-.-.- 偏分反復法
—— プロニーの方法