

I-363 走行荷重-はり系のシステム同定

(株)トーチコンサルタント 正会員 藤原 毅 武蔵工業大学 正会員 星谷 勝
フジタ工業(株) 正会員 斉藤悦郎 武蔵工業大学 学生員 丸山 収

1. はじめに

本研究は、構造系の動特性値の同定に関する実験的研究である。一般に、スペクトル解析法では、減衰定数などを定量的に同定することが困難となる問題点がある。このような問題点を解決するために著者らは、実測データを時間領域のまま、合理的かつ精度よく同定する方法(EK-WGI法)^{1),2)}を提案している。EK-WGI法に関するこれまでの研究では、主にシミュレーションデータによる解析が中心となっており、EK-WGI法の実観測データに対する有効性についての議論は十分になされたとは言えない。

本研究では、時間領域の解析法であるEK-WGI法の実観測データに対する有効性を検証するために、はり-走行荷重系のモデルモデルの振動実験を行い、得られた観測データにより同定解析および検討を行った。

2. 実験概要

本実験では、構造系モデルとして単純はり(図-1)、走行荷重系モデルとして走行車両模型(1自由度系振動モデル 図-2)を用いて振動実験を行った。まず、構造系および荷重系の振動を換振器により計測する。ここで換振器の周波数特性は、図-3に示すように低周波数から60Hzまでフラットな特性の換振器である。次に換振器より出力される微小電圧をA/D変換器に接続できるよう増幅器で増幅する。このとき、30Hz以上の高周波を内蔵されているローパスフィルターによってカットすることにした。なお、A/D変換器のサンプリング時間間隔は、0.01秒とした。荷重系は、はりに上載するまでに滑走部で十分に加速させて、上載後に等速運動をさせ、等速運動をしている荷重系が、はりに上載した瞬間より観測を開始する。

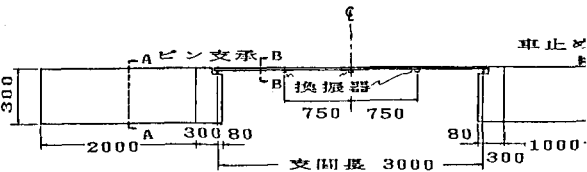


図-1 単純はり

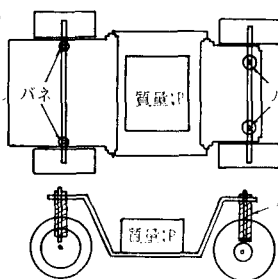


図-2 走行車両模型

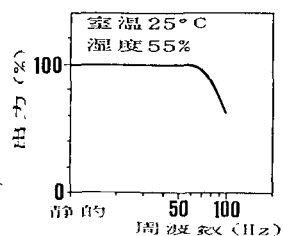


図-3 周波数特性

観測記録に対しては、単位変換、計測機器特性によるトレンドの除去および機器間の接続部で発生する高周波ノイズの除去などの処理を行った。

3. 解析および考察

走行車両模型が、はり上を走行するときのはり中央部で観測された振動記録と走行車両模型の振動記録を用いて、EK-WGI法によりはりの1次振動特性、荷重系の振動特性、荷重系の質量および走行速度を同定する。EK-WGI法の状態方程式と観測方程式は、図-4に示した解析モデルに対して定式化した^{1),2)}。そして、本解析では、同定効率を向上させるために数次のステップを踏んで順次パラメータを同定した。

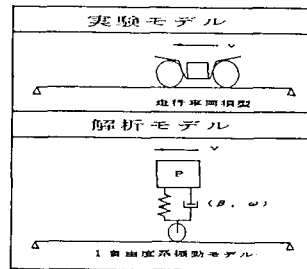


図-4 解析モデル

はり中央部で観測した代表的なはりの振動記録を図-5に示した。このときの走行車両モデルの振動記録は、図-6に示すものであった。また、各振動記録に対してスペクトル解析を行い、パワースペクトル密度関数曲線を求めた(図-7、図-8)。

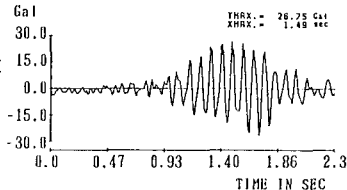


図-5 振動記録(はり)

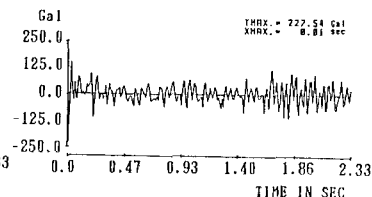


図-6 振動記録(車両)

はりと走行車両モデルの
連成振動記録を用いて、
EK-WGI法により各パラメー
タを同定した結果を表-1か
ら表-4に示した。以下、本
研究で得られた結果をまと
めると次の様になる。

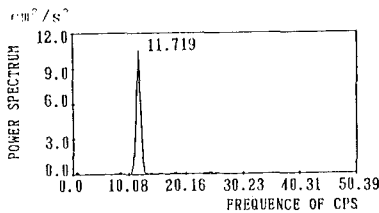


図-7 ハリススペクトル(はり)

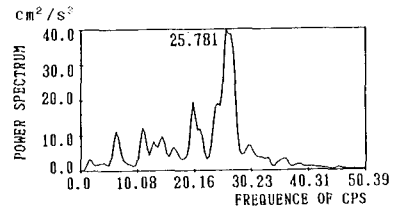


図-8 ハリススペクトル(車両)

表-1 同定解析結果

項目	初期値	EK-WGI法による同定結果			スペクトル 解析法
		ステップ1	ステップ2	ステップ3	
f_1'	15.915	12.031	Fix	11.844	11.718
β_1'	0.05	Fix	0.01041	0.00406	0.03735
$\bar{\sigma}$ (%)		62.779	42.102	12.543	$f_1' = \omega_1' / 2\pi$
初期値	R	1.0×10^3	1.0×10^3	1.0×10^2	
	W	100.0	100.0	100.0	

計量により求めた走行荷重の質量; $P=2.355$ (kg)
橋長/走行時間より求めた平均走行速度; $v=132.19$ (cm/s)

Note f_1' ; (CPS), β_1' ; (kg), v ; (cm/s), W ; (Weight), $\bar{\sigma}$; 評価値
R; 観測方程式に付加するノイズ共分散

表-2 同定解析結果

項目	初期値	EK-WGI法による同定結果			スペクトル 解析法
		ステップ4	ステップ5	ステップ6	
f_1'	12.031	11.589	Fix	11.855	11.718
β_1'	0.0104	0.02473	Fix	0.00394	0.03735
P	5.0	Fix	1.9535	2.3465	—
v	200.0	Fix	160.67	131.68	—
$\bar{\sigma}$ (%)		88.410	49.781	11.390	$f_1' = \omega_1' / 2\pi$
初期値	R	1.0×10^3	1.0×10^3	1.0×10^3	
	W	100.0	100.0	100.0	

計量により求めた走行荷重の質量; $P=2.355$ (kg)
橋長/走行時間より求めた平均走行速度; $v=132.19$ (cm/s)

Note f_1' ; (CPS), P ; (kg), v ; (cm/s), W ; (Weight), $\bar{\sigma}$; 評価値
R; 観測方程式に付加するノイズ共分散

表-3 同定解析結果

項目	初期値	EK-WG I 法による同定結果		スペクトル
		ステップ7		解析法
f_1'	15.915	11.848		11.718
β_1'	0.1	0.0042		0.03735
P	5.0	2.3308		—
v	200.0	132.21		—
$\bar{\sigma}$ (%)		10.973		$f_1' = \omega_1' / 2\pi$
初期値	R	1.0×10^3		
	W	100.0		

計量により求めた走行荷重の質量; $P=2.355$ (kg)
橋長/走行時間より求めた平均走行速度; $v=132.19$ (cm/s)

Note f_1' ; (CPS), P ; (kg), v ; (cm/s), W ; (Weight), $\bar{\sigma}$; 評価値
R; 観測方程式に付加するノイズ共分散

表-4 同定解析結果

項目	初期値	EK-WGI法による同定結果			スペクトル 解析法
		ステップ8	ステップ9	ステップ10	
f	31.831	25.627	Fix	25.613	25.781
β	0.1	Fix	0.09225	0.03499	0.05086
f_1'	11.855	Fix	Fix	11.875	11.718
β_1'	0.0039	Fix	Fix	0.00788	0.03735
P	2.3465	Fix	Fix	2.2897	—
v	131.68	Fix	Fix	131.59	—
$\bar{\sigma}$ (%)		90.118	91.645	76.358	$f = \omega / 2\pi$ $f_1' = \omega_1' / 2\pi$
初期値	R	1.0×10^7	1.0×10^7	1.0×10^8	
	W	10.0	10.0	10.0	

計量により求めた走行荷重の質量; $P=2.355$ (kg)
橋長/走行時間より求めた平均走行速度; $v=132.19$ (cm/s)

Note f ; (CPS), f_1' ; (CPS), P ; (kg), v ; (cm/s), W ; (Weight), $\bar{\sigma}$; 評価値
R; 観測方程式に付加するノイズ共分散

①各系の固有振動数の推定値は、スペクトル解析法から推定された推定値とよく一致した。②荷重系の質量に関してEK-WGI法の推定値と計量して求めた質量との両数値が一致した。③荷重系の走行速度に関しても、橋長を走行時間で割って求めた平均走行速度とほぼ一致した。④各系の減衰定数の推定値に関しては、スペクトル解析法とEK-WGI法とでは、異なった数値が得られた。

4. おわりに

本解析結果より、EK-WGI法は、実観測データに対するシステム同定解析手法として有効な方法であると思われる。しかし、問題点としては、実観測データを用いて同定するはりの振動モードを高次モードまで拡張した検証が行えなかったことが挙げられる。

- 【参考文献】1) M. Hoshiya and E. Saito: Structural Identification by Extended Kalman filter, Jour. of Eng. Mech., ASCE, Vol. 110, No. 12, Dec., 1984
2) M. Hoshiya and O. Maruyama: Identification of a Running Load and Beam System, Jour. of Eng. Mech., ASCE, (to be appeared at June, 1987.)