

九州大学工学部 学生員 大場 俊

〃 〃 正員 吉村 虎蔵

新日本製鉄 正員 肥後野孝倫

道路橋の走行荷重応答解析にあたって基本的に重要な要素の一つは外力モデルであろう。この研究では、単一荷重が橋面上を走行する場合を想定し、2種の走行荷重が、平滑および凹凸橋面上を走行する場合の応答を比較した。また橋梁形式としては、振動性状に特徴をもつ3スパンゲルバー橋とランガー橋を取上げた。

1. 基礎方程式

(a)一定力Pが平滑橋面上を一定速度vで走行する場合—(Model-a)

$$\ddot{Q}_n + 2\zeta_n \omega_n \dot{Q}_n + \omega_n^2 Q_n = \frac{1}{M_n} \varphi_n(vt) P$$

$$Y(x, t) = \sum_n \varphi_n(x) Q_n(t)$$

ここに、 Q_n はn次の基準座標、 ζ_n はn次の減衰定数、 ω_n はn次の固有円振動数 φ_n はn次の固有振動モード、 M_n はn次の換算質量、 Y は任意の点のたわみ(b)1自由度のSprung Mass¹⁾が一定速度で平滑橋面上を走行する場合—(Model-b)

$$\ddot{Q}_n + 2\zeta_n \omega_n \dot{Q}_n + \omega_n^2 Q_n = \frac{P_0}{M_n} \varphi_n(vt) (1 - \dot{z}/g)$$

$$\ddot{z} + 2\zeta_0 \omega_0 \dot{z} + \omega_0^2 z = 2\zeta_0 \omega_0 \dot{y}_0 + \omega_0^2 y_0$$

ここに、 P_0 、 ζ_0 、 ω_0 はそれぞれ車両の重量、減衰定数、固有円振動数、 z はSprung Massの鉛直変位 y_0 は $s=vt$ における橋梁のたわみ(c)1自由度のSprung Massが一定速度で、凹凸橋面 $\Delta(x)$ 上を走行する場合—(Model-c)

このとき(b)の場合の第2式の右辺は次のようになる。

$$2\zeta_0 \omega_0 \dot{y}_0 + \omega_0^2 y_0 + 2\zeta_0 \omega_0 \Delta(vt) + \omega_0^2 \Delta(vt)$$

(d)橋面の凹凸のサンプル関数

路面凹凸不整のパワースペクトル密度¹⁾は $\overline{S_\Delta(\Omega)} = a\Omega^2$ 良好な路面の値としては $a=10^{-3} \text{ cm}^2/\text{m}$ 。ただし、 Ω は路面凹凸の周波数。確定論的解析では上の値を用いてサンプル関数を求めた。用いた凹凸データは図-1である。

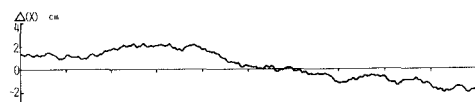
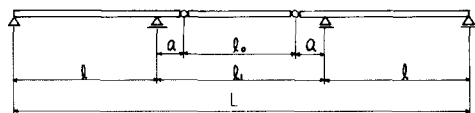
図-1 路面凹凸 $\Delta(x)$ のサンプル関数

図-2 F橋のモデル

2. 3スパンゲルバー橋の応答解析

図-2のモデルのF橋(諸元は表-1)の応答を解析した。確率論的解析と確定論的解析が同じ固有値を用いて解析できるように、連続体としての解析法²⁾を用い、固有値は5次まで用い、各モードの級数収束は $n=70$ 項までとった。表-2の荷重が走行するときの応答の一例として吊桁中点のそれを図-3に示す。静的応答 Y_0 、動的増加分 ΔY 、 ΔY の各振動次数毎の成分 ΔY_1 、 ΔY_2 、……を併記した。これらの解析結果から表-3が得られた。

3. ランガー橋の応答解析

表-4に解析に用いたK橋の諸元を示す。まず、確定論的解析結果の一例として、表-5の荷重による4点の応答を図-4に比較した。図は ΔY の

L (m)	109	次数	固有周期 (sec)	減衰定数
l (m)	34.3			
l ₁ (m)	40.4	1	0.539	0.01
l ₂ (m)	32.3	2	0.477	0.01
a (m)	4.04	3	0.380	0.01
単位重量 (ton/m)	5.96	4	0.144	0.01
曲げ剛性 (kg·cm ²)	15.8×10^2	5	0.123	0.01

表-1 F橋の諸元

総重量 P_0 (ton)	20
固有周期 T_0 (sec)	0.45
減衰定数 ζ_0	0.03
走行速度 v (km/h)	40

表-2 車両のパラメータ

みの比較である。これらの資料から表-6を得た。
 また、表-5のSprung Massが $v=30\text{ km/h}$ で走行するとその確率論的解析から得られた4点の速度応答の標準偏差($\sigma_{\dot{y}}(w)$)と、荷重車が進入時に $z=-0.3\text{ cm}$ の初期変位をもつ場合の速度応答のR.M.S.値($\Psi_{\dot{y}}(w)$)を図-5に示す。

4. むすび

短支間のゲルバー桁橋、ランガー桁橋の応答を例にとったが、荷重車と路面のモデルの選び方によって、その変位応答、速度・加速度応答は著しい相異を示す。荷重車の振動特性、路面の不整度によっても応答はさらに相異なるであろうことが知られる。

モデル	Y_{smax} (cm)	ΔY_{max} (cm)	$L_d = \Delta Y_{max} / Y_{smax}$	ΔY_{1max} (cm)	ΔY_{3max} (cm)	$\dot{Y}_{max}$ (cm/sec)	$\ddot{Y}_{max}$ (gal)
Model-a	1.009	0.056	0.056	0.041	0.048	1.58	13.2
Model-b	1.009	0.107	0.106	0.057	0.063	1.84	23.2
Model-c	1.009	0.345	0.342	0.241	0.172	5.08	65.6

表-3

支間 (m)	57.2	次数	固有周期 (sec)	減衰定数
ライズ (m)	9.0			
総重量 (ton)	182.4	1	0.433	0.01
補剛桁の断面 二次モーメント (cm ⁴)	1.680×10^6	2	0.344	0.01
アーチ断面積 (cm ²)	233.7	3	0.215	0.01
		4	0.124	0.01

表-4 K橋の諸元

総重量 B (ton)	12.7
固有周期 T_0 (sec)	0.45
減衰定数 h ₀	0.03
走行速度 v (km/h)	40

表-5 車両のパラメータ

モデル	Y_{smax} (cm)	ΔY_{max} (cm)	$L_d = \Delta Y_{max} / Y_{smax}$	ΔY_{rms} (cm)			$\dot{Y}_{max}$ (cm/sec)
				1	2	3	
Model-a	0.885	0.0645	0.073	0.003	0.058	0.010	1.65
Model-b	0.885	0.0645	0.072	0.009	0.058	0.010	1.64
Model-c	0.885	0.325	0.367	0.058	0.313	0.057	4.52

表-6

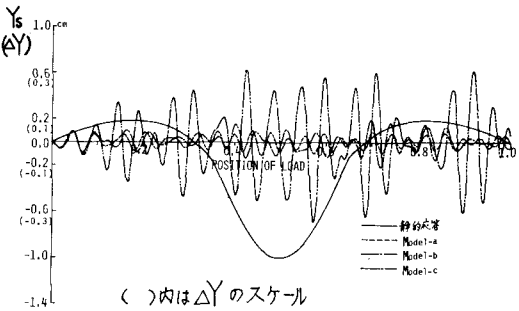


図-3 吊桁中心の動的増加たわみおよびその成分

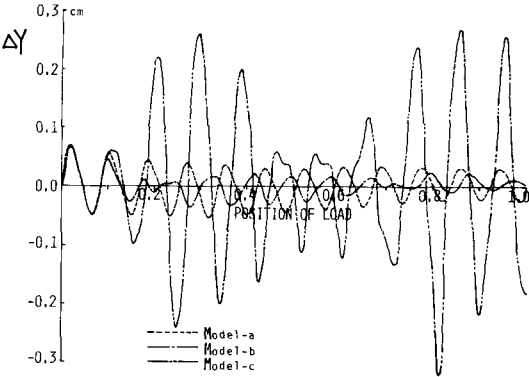


図-4 4点の動的増加たわみ

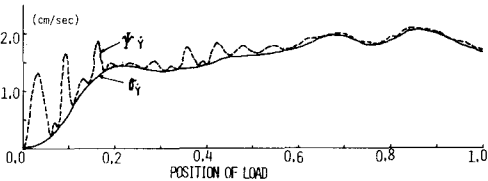


図-5 4点の $\Psi_{\dot{y}}(t)$ および $\sigma_{\dot{y}}(t)$

[参考文献]

- 1) 吉村彦坂 他: 単一走行車両による道路橋の非定常ランダム応答の解析, 土木学会論文報告集, 1977年2月
- 2) 井井・吉村: Eigenvalue Analysis of Structures by Folding Force, EM6, ASCE, Dec., 1970