

長崎大学 工学部 正員 ○岡林隆敏
 “ 学生員 河野孝明
 “ “ 西川敏明
 “ “ 細川賢慈

1. はじめに 道路橋の振動は、衝撃係数の合理評価、疲労強度等の構造強度ばかりでなく、振動感覚、低周波空気振動さらには地盤振動との関連から研究が進められている。道路橋の振動は様々な路面凹凸すなわち、伸縮継手、路面形状および凹凸、上を車両が走行するために生ずるものと考えられている。本研究では、実橋を対象にした実験に基づき、解析解の妥当性を検討したものである。解析解は、路面凹凸を実測し、それを入力とする応答解析より得た。さらに、著者らが提案した不規則振動論によるモデル化を適用し、得られる二乗平均応答と通常の応答解析の比較検討を行ったものである。

2. 橋梁-車両系の運動方程式

走行車両を図-3のような2自由度系でモデル化する。重心位置 $Z(t)$ と重心回り $\theta(t)$ の方程式は、

$$m\ddot{Z}(t) + \sum_{i=1}^2 C_i (\dot{Z}(t) + (-1)^{i-1} \lambda_i \dot{\theta}(t) - \dot{y}_{vi}(t) - \dot{r}_i(t)) + \sum_{i=1}^2 k_i (Z(t) + (-1)^{i-1} \lambda_i \theta(t) - y_{vi}(t) - r_i(t)) = 0 \quad (1)$$

$$J\ddot{\theta}(t) + \sum_{i=1}^2 C_i \lambda_i (\lambda_i \dot{\theta}(t) + (-1)^{i-1} \dot{Z}(t) - (-1)^{i-1} \dot{y}_{vi}(t) - (-1)^{i-1} \dot{r}_i(t)) + \sum_{i=1}^2 k_i \lambda_i (\lambda_i \theta(t) + (-1)^{i-1} Z(t) - (-1)^{i-1} y_{vi}(t) - (-1)^{i-1} r_i(t)) = 0 \quad (2)$$

となる。 m は車両の全質量、 J は慣性モーメントである。 $y_{vi}(t)$ は車輪直下の橋梁のたわみである。なお、 $i=1$ は前輪、 $i=2$ は後輪を表す。車両の接地力は、次式で与えられる。

$$P_i(t) = C_i (\dot{Z}(t) + (-1)^{i-1} \lambda_i \dot{\theta}(t) - \dot{y}_{vi}(t) - \dot{r}_i(t)) + k_i (Z(t) + (-1)^{i-1} \lambda_i \theta(t) - y_{vi}(t) - r_i(t)) \quad (3)$$

一方、橋梁の動的たわみは、 n 次振動まで考慮すると、 n 次元ベクトルである基準関数 $\phi(x)$ と基準座標 $\xi(t)$

$$y(x, t) = \phi(x)^T \xi(t) \quad (4)$$

となる。 k 次元モードの基準関数⁽¹⁾は、

$$\phi_k(x) = \sum_{m=1}^n a_{km} \sin(k\pi x/L) \quad (5)$$

で与えられる。 k 次の基準座標は、方程式

$$\ddot{\xi}_k(t) + 2h_k \omega_k \dot{\xi}_k(t) + \omega_k^2 \xi_k(t) = \frac{1}{M_k} \sum_{i=1}^2 P_i(t) \phi_k(vt - \delta_{2i} \lambda) \quad (6)$$

で与えられる。ここに、 $M_k = \int_0^L \phi_k(x)^2 dx$ 、 P = 橋梁全質量、

v = 車両の走行速度、 δ_{2i} = クロネッカーのデルタ である。

(1)(2)(6)式を状態空間で表示する。 $Y(t) = [\xi_1(t) \dots \xi_n(t) \dots \dot{\xi}_1(t) \dots \dot{\xi}_n(t)]^T$ 、 $Z(t) = [Z(t) \dot{Z}(t) \theta(t) \dot{\theta}(t)]^T$ とし、 $X(t) = [Y(t)^T Z(t)^T]^T$ を導入する。この状態変数を用いると、(1)(2)

(3)(6)式は、 $\dot{X}(t) = A(t)X(t) + F(t) \quad (7)$ で表すことができる。

3. 不規則振動論によるモデル化⁽²⁾

路面凹凸のパワースペクトル密度を図-5のようにモデル化する。これは、車面上から観測すると $S_R(\omega) = A v / (\omega/2\pi)^2$ となり、次式の定常解過程によりモデル化することができる。 $\dot{r}(t) + \beta r(t) = w(t) \quad (8)$ ここに、 $w(t)$ は $S_0 = (2\pi)^2 v A$ のパワースペク

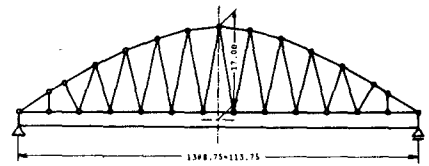


図-1 荒川橋

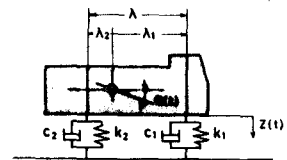


図-2 走行車両のモデル

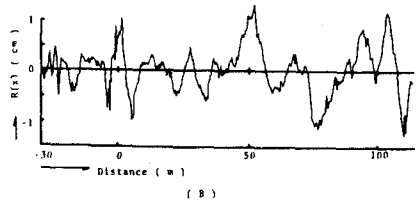
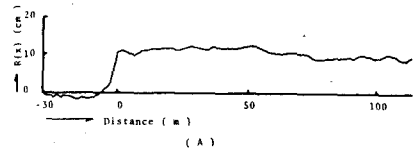


図-3 路面形状と凹凸

