

金沢大学工学部 正 員 小堀 為雄
金沢工業大学 正 員 〇三上 秀行

1. まえがき. 近年, スパン長の大きな連続鋼桁橋の架設が多くみられる. 走行車両によつて道路橋に生じる応力は, 静的に載荷された場合より大きくなり, この動的影響による応力増加は衝撃といわれ, 設計時に考えられているが, この衝撃問題に関わる従来の研究は単純桁が多く, 連続桁は少ないようである. 一般に連続桁は単純桁に比べて動係率が小さくなると思われる. さらに長スパンの連続桁においては活荷重の影響は小さくなり, 実際の交通流において, 設計荷重(1 荷重)のような満載荷重による確率は非常に小さいと思われる. このことから, 本研究では走行車両の動的特性を把握し, この動的荷重に対する三径間連続鋼桁の動的性状から, 設計の合理化につつま検討するものである. 本文でのモデル橋は実在橋の諸元をもととし, 入力関数としての橋面凹凸は実測したパワースペクトル密度を用いている. もっとも基本となる単一走行車両による動的応答を不規則振動の手法を用いたモデル解析によって求め, 動的性状, 特に動的係数について検討を行ない, さらに設計荷重載荷による動的係数と設計衝撃係数とを比較している.

2. 動的応答解析 走行車両をタイヤ部と懸架部との2質量系に近似したモデルが, 三径間連続鋼桁橋上を走行する場合を図-1に示す. ここで α はスパン比を表わす. モデル解析から, 桁の第1次振動を式(1)に与える. 図-1に示す車両-橋梁システム

$$y_i(t, x) = \sum q_i(t) \cdot \phi_i(x) \quad (1)$$

をエネルギー法から運動方程式を求めると次式を得る. ここに

$$\left. \begin{aligned} A_1/g \ddot{y}_{ix} + C_1 A_2 \dot{y}_{ix} + E A_3 y_{ix} &= \{K_T(z_T - y_v) + C_T(\dot{z}_T - \dot{y}_v)\} \phi_{ix}(\omega) \cdot \phi_{ix}(x) \\ M_T \ddot{z}_T + K_s(z_T - z_r) + C_s(\dot{z}_T - \dot{z}_r) &= 0 \\ M_T \ddot{z}_T + K_s(z_T - z_r) + C_s(\dot{z}_T - \dot{z}_r) + K_T(z_T - y_v) + C_T(\dot{z}_T - \dot{y}_v) &= 0 \end{aligned} \right\} (2)$$

$$A_1 = \int_0^{(1+2\alpha)L} W(x) \phi_{ix}(x)^2 dx, \quad A_2 = \int_0^{(1+2\alpha)L} I(x) \phi_{ix}(x)^2 dx, \quad A_3 = \int_0^{(1+2\alpha)L} I(x) \phi_{ix}(x)^2 dx$$

$y_v = \{\phi_{iv}(\omega) / \phi_{ix}(x)\} y_x + z_0$ である. 連続桁の固有振動数と固有モードは結合法によって求めた. 正規化された固有モードは正弦級数として次式に与える. 式(2)を定常応答としてフーリエ変換

$$q_i(x) = \sum a_{im} \sin m\pi x / (1+2\alpha)L \quad (3)$$

し, さらにパワースペクトル密度で表わすと式(4)が得られる.

$$S_{y_{ix}}(\omega) = H_{y_{ix}}(j\omega) \cdot H_{y_{ix}}(j\omega) \cdot S_{z_0}(\omega) \quad (4)$$

ここで $S_{y_{ix}}(\omega)$, $S_{z_0}(\omega)$ は第1次振動における x 点での動たわみ y_{ix} , および橋面凹凸のパワースペクトル密度を示し, $H_{y_{ix}}(j\omega)$ は周波数応答関数である. 動的応答量を標準偏差の形で整理すれば, 単一走行車両による動的係数は式(5)になる. ここに

$$i = z \cdot \sqrt{z_0 \int_0^\infty S_{y_{ix}}(\omega) d\omega} / \sigma_{st} = \sigma / \sigma_{st} \quad (5)$$

σ_{st} は静たわみであり, i については $z \cdot \sigma$ (95.5%)を考える. 設計荷重載荷(1 荷重, 20t, 車頭間隔10m)による動的係数を式(6)に与える. 式(6)は満載状態である各車両の振動が互いに

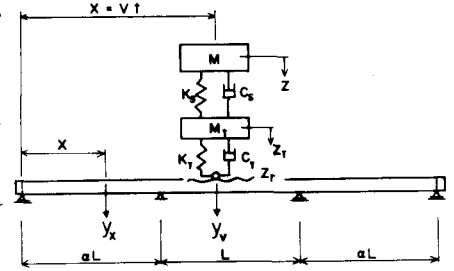


図-1

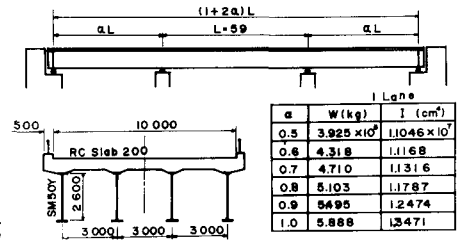


図-2

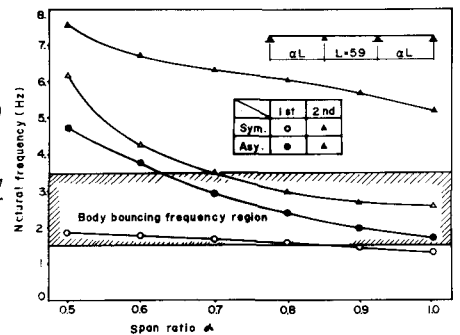


図-3

独立であると仮定し、応答量の二乗平均値の和を求めたものである。

$$i = \sqrt{\sum \sigma_v^2 y_{iv}(x) / y_{iv}(x) / d_{st}} \quad \text{--- (6)}$$

3. 数値計算例 数値計算に用いたモデル橋を図-3に示す。ここで用いた諸元は実在の美川大橋(三径間連続橋、58.6+59+58.6=176.2m)をもとにした。計算では一車線についての応答を考えた。スパン比による桁の断面二次モーメントは最大曲げモーメントの比率から決め、桁は一定断面として計算した。桁の減衰定数を0.02とした。桁の固有振動数を図-3に示す。式(4)の入力関数である橋面凹凸のパワースペクトル密度を図-4に示す。凹凸の波長入を20mから32mまでを入力とした。図-4は美川大橋の橋面上、10m間隔のレベル測量で得られた実測値であり、ISO規格から言えば、良好な橋面の部類に入る。実際に走行している大型車は種々な周波数特性を有しているものと考えられるが、わずかな特性の違いによって、動的応答量に大きな相違が生じるため、解析においては一台の、ある周波数特性を有する車種に固定するのが妥当ではないと思われる。そこで、表-1のような大型車の車体および車軸が卓越する振動数範囲を決め、各周波数特性を持ったモデル1から5の車種を考える。動的係数に影響を及ぼす種々パラメーターを理解するため、パラメトリック解析を行った結果、車両の周波数特性によって応答量に大きな相違が生じる。図-5は一例として桁の減衰定数が大きくなると動的係数は小さくなることを示している。また桁の固有振動数に関係する断面二次モーメントが大きくなると、一般に動的係数は静応力の影響が大きくなる。図-6は各モデル車による動的応答量を平均した値をモード別に示している。実線と点線は単一走行車両の場合で、式(5)から求めた。一点鎖線と二点鎖線は設計荷重を載荷した場合であり、式(6)から求めたものである。図中の曲線①、②は設計荷重係数を示している。この図から動的係数は単一走行車両よりも満載荷重状態の方が小さくなることがわかる。側径間載荷において、 $d=0.7$ 、 0.8 で対称2次と逆対称1次の振動が卓越している。特に逆対称2次の曲線①を越えている。これより図-3と表-1を比べると、桁と車両モデルの固有振動数が接近していることから共振応答を示している。本文での解析は定常応答とし、満載荷重の場合、各車両の応答は互いに独立であると仮定したが、実際は非定常応答であり、また満載荷重状態においても、各車両の付加質量によって、桁の振動数は小さくなり、応答量も定常応答に比べてと少ないものと考えられることから、対称2次と逆対称1次の卓越は生じなく、設計荷重載荷の場合、対称1次振動だけを考えたほうがよいと思われる。最後に多くの有益な助言を頂いた福井工大、梶川康男助教、および橋面凹凸の測定で当時卒研、南部利治、岩井卓その他の諸君の御協に感謝致します。本計算は金工大、IBM370モデル148を使用した。

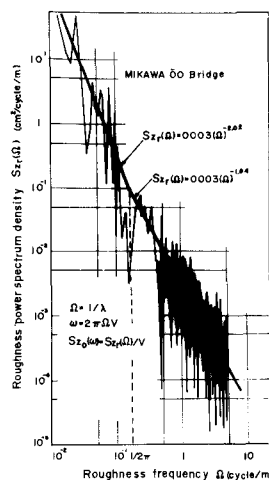


図-4

表-1

Vehicle model	K_s (kg/cm)	K_f (kg/cm)	f_s (Hz)	f_f (Hz)
1	1632.0	11600.0	1.5	12.0
2	2900.0	12590.0	2.0	12.5
3	4532.0	13616.0	2.5	13.5
4	6526.0	14684.0	3.0	13.5
5	8863.0	15790.0	3.5	14.0

$W=18^t$, $W_f=2^t$, $C_s=25$ kg/cm/sec, $C_f=30$ kg/cm/sec, $V=40$ km/h

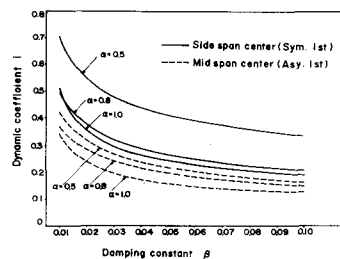


図-5

、0.8で対称2次と逆対称1次の振動が卓越している。特に逆対称2次の曲線①を越えている。これより図-3と表-1を比べると、桁と車両モデルの固有振動数が接近していることから共振応答を示している。本文での解析は定常応答とし、満載荷重の場合、各車両の応答は互いに独立であると仮定したが、実際は非定常応答であり、また満載荷重状態においても、各車両の付加質量によって、桁の振動数は小さくなり、応答量も定常応答に比べてと少ないものと考えられることから、対称2次と逆対称1次の卓越は生じなく、設計荷重載荷の場合、対称1次振動だけを考えたほうがよいと思われる。

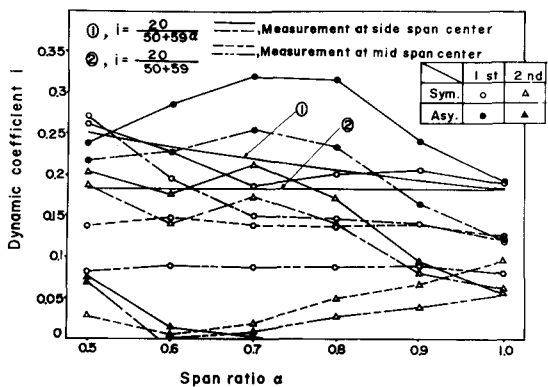


図-6

てもよいと思われる。最後に多くの有益な助言を頂いた福井工大、梶川康男助教、および橋面凹凸の測定で当時卒研、南部利治、岩井卓その他の諸君の御協に感謝致します。本計算は金工大、IBM370モデル148を使用した。