

金沢大学工学部 正員 小張 為雄
金沢工業大学 正員 ○三エ 秀行

1. まえがき. 走行車両による単軌打道路橋の動的応答解析は以前から研究されているが, 連続橋の挙動については少ない. そこで, 本文ではスパン比を種々変えて設計された三径間連続橋をモデル橋として, ランダムな走行車両による橋梁の動的応答解析を行なった. さらに, 設計自動車荷重列の載荷による橋梁の動的係数を求め, これと設計衝撃係数との比較検討から, スパン比の影響も考慮した連続鋼桁橋の動的係数も与え, 設計の合理化に資することをも目的としている.

2. 動的応答解析. 図-1はタイヤ部と懸架部の2自由度系にモデル化された大型自動車が, 不整な路面凹凸を有する三径間連続橋上を一定速度で左右車線とまランダムに走行している場合を示す. ここで, S は車頭間隔を, a は側径間と中央径間の比で定義されるスパン比を示す. いま, 支点からの距離が x における動たわみを $y(t, x)$ とすると, 一般座標 $g_n(t)$, 基準座標 $g_n(x)$ を用いて次式のように表わされる¹⁾. n は振動次数を示す.

$$y(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} g_n(t) g_n(x) \quad (1), \quad g_n(x) = \sum_{m=1}^{\infty} a_{nm} \sin \frac{m\pi x}{L} \quad (2)$$

ここで, t は自動車が橋梁に入った瞬間からの時間である. また, $g_n(x)$ は n 次振動の固有モードを示し, 一般的な形として式(2)のように正弦級数で表わされるものとする. ただし, 式(2)での係数 a_{nm} は $\sum_{m=1}^{\infty} a_{nm}^2 = 2/\pi l$ となるように正規化されているものとする. 図-1に示す自動車-橋梁振動系の運動方程式をエネルギー法から求めると次式を得る²⁾.

$$\ddot{g}_n(t) + 2\beta_n \dot{g}_n(t) + \rho_n^2 g_n(t) = \sum_{i=1}^N \varepsilon_i \left[\frac{2gR}{R_v} W_v \{ \mu'_i (\dot{z}'_i - \dot{y}_v) + \nu'_i (\dot{z}'_i - \dot{y}_v) + (R_v + 1) \} \right] \sum_{m=1}^{\infty} a_{nm} \sin \frac{m\pi x_v}{L} \quad (3)$$

ここに, β_n および ρ_n は橋梁の n 次振動の減衰定数および固有振動数を示す. i は自動車番号で奇数は右側を, 偶数は左側車線を示す. ε_i は i 番目の自動車が橋梁上に存在するか否かの判定で, $\varepsilon_i = 1$ は存在, $\varepsilon_i = 0$ は存在しないことを示す. R は自動車のばね上質量と橋梁の全質量の比, R_v は自動車のばね上質量とばね下質量の比, W_v は自動車荷重列中の基準自動車の重量に対する各自動車の重量比を示す. また, $\mu_i = k_i/(m_i g)$, $\nu_i = c_i/(m_i g)$, $\mu'_i = k'_i/(m'_i g)$, および $\nu'_i = c'_i/(m'_i g)$ と置く. y_v は i 番目の自動車載荷点での橋桁の動たわみと路面凹凸を表わす関数の和として表わされる. 以上の解析と同様に自動車荷重の運動方程式を求めると次式を得る.

$$\ddot{z}'_i + \varepsilon_i g \{ \mu_i (\dot{z}'_i - \dot{z}_i) + \nu_i (\dot{z}'_i - \dot{z}_i) \} = 0 \quad (4)$$

$$\ddot{z}'_i + \varepsilon_i [R_v g \{ \mu_i (\dot{z}'_i - \dot{z}_i) + \nu_i (\dot{z}'_i - \dot{z}_i) \} + g \{ \mu'_i (\dot{z}'_i - \dot{y}_v) + \nu'_i (\dot{z}'_i - \dot{y}_v) \}] = 0 \quad (5)$$

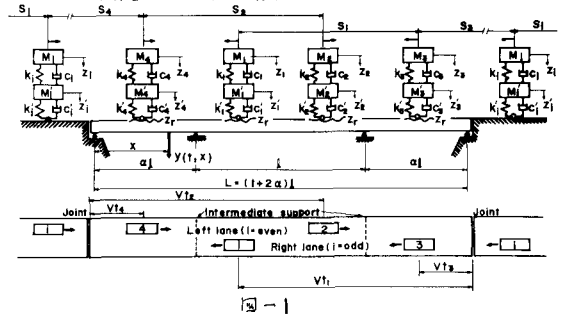


図-1

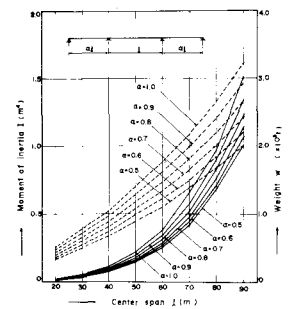


図-2

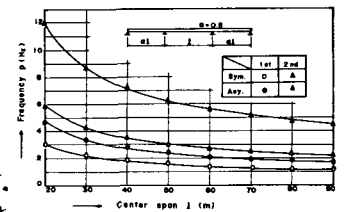


図-3

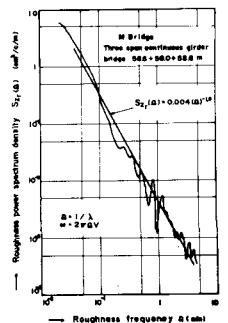


図-4

3. モデル橋の設計 非合成の三径間連続鋼桁橋（一等橋、有効幅員 10m, 床版厚 22cm, 主桁数 4 本、鋼種 SM50Y）の中央径間を 20 ～ 90m までとし、各中央径間に対し、側径間のスパン比を 0.5 ～ 1.0 までそれぞれを変えて設計を行った。設計橋の諸元を図-2 に示す。実線は変断面の主桁を平均化した場合の桁の断面 2 次元モデル、点線は橋梁の総重量をそれぞれスパン比をパラメーターとして示している。設計橋の固有振動数を結合法で求めた結果の一例（スパン比 0.8 の場合）を図-3 に示し、4 次振動まで考えた。

4. 路面凹凸のサンプリング関数 三径間連続鋼桁橋の M 橋梁の路面を、センターラインから 2.0m 離れた地点を橋軸方向に 10cm 間隔でレベル測定した実測値を定常ランダムなガウス過程として最大エントロピー法から求めた路面凹凸のパワースペクトル密度を図-4 に示す。さらに、凹凸のサンプリング関数はモンテカルロ法から推定した。それを図-5 の上のおく示す。

5. 数値計算および考察 走行大型車を 20 トンを考え、ばね上と下部の固有振動数および減衰係数は H_e と 12.2 H_e および 25 kg/c/s と 30 kg/c/s とした。橋梁の減衰係数は 0.02 とした。式 (3), (4), (5) の連立方程式を Newmark β 法を用いて数値積分を行った。図-5 は単一走行車両による橋梁の応答を求めた側径間中央点と中央径間中央点での測定の場合を示す。図-6 はランダムな車両が走行した場合の橋梁の応答を求めた。このランダムな交通流量は国道 8 号線における交通量調査から、モンテカルロ法によってシミュレートされたランダム荷重列の一つのパターンである。点線は側径間中央点、実線は中央径間中央点での測定を示す。

図-7 は設計荷重 (L 荷重) に相当する自動車荷重列 (20 トンで車頭間隔 10m) が中央径間中央に満載になるように走行させた場合の中央径間中央点での動的係数を示す。点線は設計動荷重係数を示し、一点鎖線は単純橋で山田・小坂が提案した式³⁾、二点鎖線は曲線橋で中井・寿口が提案した式³⁾とそれぞれを示している。中央径間長が大きくなるにつれて動的係数は小さくなる。さらに、スパン比 α が 5 つまで変動する。図-8 は同様に設計自動車荷重列を側径間に満載になるように走行させた場合の側径間中央点での動的係数を示す。図-7, 8 から、三径間連続鋼桁橋の動的係数は中央径間 20m 以上において、スパン比の影響を考慮にいれ次式のようにならされると思われる。(但し $l \geq 20$ m)

○ 中央径間に対して $i = 0.5 \left(\frac{10\alpha}{l} \right)$ — (6)

○ 側径間に対して $i = 0.3 \left(\frac{10}{\alpha l} \right)$ — (7)

参考文献 1) 吉村・平井：ランザー橋の動的解析，土木学会論文第 101 号，2) M. Shinozuka and T. Kobori：Fatigue analysis of Highway Bridges, Proc. of JSCE, No. 208, DEC. 1972, 3) 構造物の安全性・信頼性，土木学会編，1976.

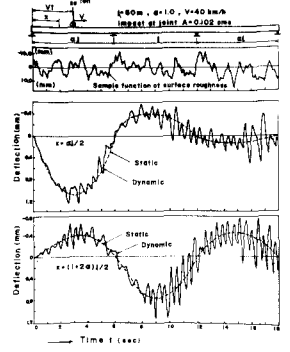


図-5

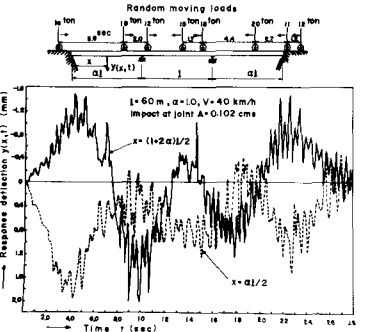


図-6

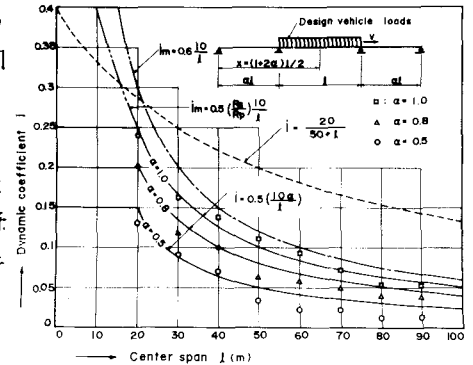


図-7

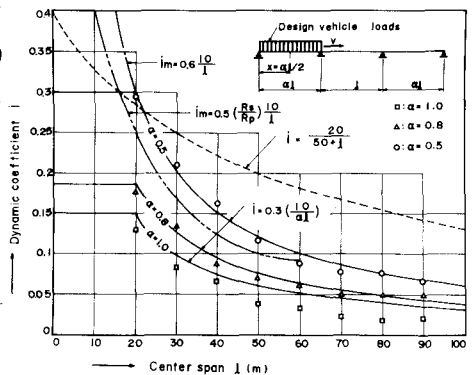


図-8