

金沢工業大学 正会員 ○本田 秀行
 金沢大学工学部 正会員 小堀 為雄
 京都大学工学部 正会員 山田 善一

1. まえがき 本研究は文献¹⁾の解析法を拡張して、走行荷重による多径間連続桁橋の動的応答解析から、動的性状として曲げモーメント応答に着目した衝撃係数に対する考察を行い、活荷重による連続桁橋の動的影響をより合理的に設計に取り入れることを目的としたものである。解析にあつての活荷重は、設計活荷重(L-20)と等価な自動車荷重列を想定し、その荷重列の載荷方法も連続桁橋の設計時における活荷重の載荷方法と同じくするような移動を考えた。また、対象とした連続桁橋は実際に架設されている実績を考慮して、2~5径間連続桁橋とし、これらの径間と有する連続鋼桁橋の支間長とスパン比を変えて多数設計した橋梁を数値計算のモデル橋とした。路面凹凸については、文献²⁾の路面の平均的なパワースペクトル密度を用いて、多数の路面凹凸のサンプル波形を求め、これを走行自動車への入力値とした。さらに、自動車荷重の初期条件についても、備縮装置凹凸の調査³⁾による実測データを基に考慮した。

2. 動的応答解析 自動車-橋梁の振動系モデルを図-1に示す。いま、端支点からの距離xにおける橋梁のたわみ応答は次式のように表わされるものとする。

$$y(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} q_n(t) \varphi_n(x) \quad (1)$$

ここに、 $\varphi_n(x) = \sum_{m=1}^{\infty} A_{nm} \sin m\pi x/l$ に仮定し、その係数 A_{nm} は $\sum_{m=1}^{\infty} A_{nm}^2 = 2/l$ となるように正規化されているものとする。次いで、図-1の自動車-橋梁系の運動方程式は次式となる¹⁾。

$$\ddot{q}_n(t) + 2\zeta_n \omega_n \dot{q}_n(t) + \omega_n^2 q_n(t) = \sum_{i=1}^N \frac{2gR_i}{R_i'} Y_i \{ M_i'(\dot{z}_i - \dot{y}_i) + \dot{y}_i(\dot{z}_i - \dot{y}_i) + (R_i + 1) \} \varphi_n(Vt_i) \quad (2)$$

$$\ddot{z}_i + g \{ M_i(\dot{z}_i - \dot{z}_i') + \dot{z}_i(\dot{z}_i - \dot{z}_i') \} = 0 \quad (3)$$

$$\ddot{z}_i' + R_i' g \{ M_i(\dot{z}_i' - \dot{z}_i) + \dot{z}_i(\dot{z}_i' - \dot{z}_i) \} + g \{ M_i'(\dot{z}_i' - \dot{y}_i) + \dot{y}_i(\dot{z}_i' - \dot{y}_i) \} = 0 \quad (4)$$

橋梁の曲げモーメント応答 $M(t, x)$ は式(1)に示した $y(t, x)$ をxで2回微分して、次式で表わされる。

$$M(t, x) = -EI \partial^2 y(t, x) / \partial x^2 = EI \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} q_n(t) (m\pi/l)^2 A_{nm} \sin m\pi x/l \quad (5)$$

多径間連続桁橋の衝撃係数は、図-2に示すように、動的曲げモーメントの最大値の振幅を静的曲げモーメントの最大値で割った値として定義する。また、路面凹凸は、図-3に示すパワースペクトル密度²⁾を用いて、30個の路面凹凸のサンプル波形を求めた。そのサンプル波形をさらに最大エントロピー法によってスペクトル解析した結果の一例も図中

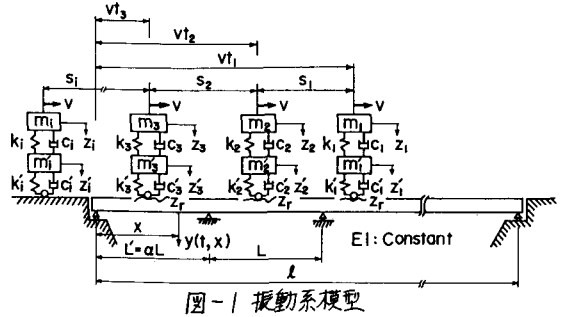


図-1 振動系模型

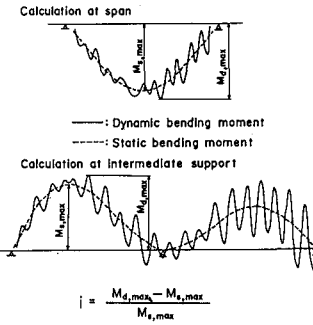


図-2 衝撃係数の定義

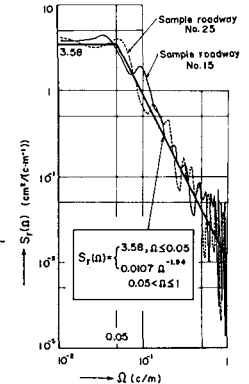


図-3 路面凹凸

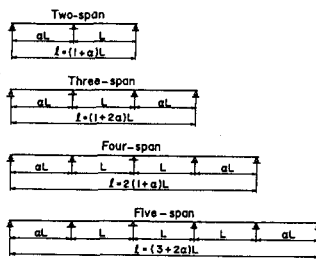


図-4 多径間連続桁のモデル橋

表-1 級数項 m による曲げモーメント応答の比較

L=40m, a=1.0, X=0.42aL,
Sample roadway No.15

Types	n	m			
		6	10	14	18
Two-span	4	1.000	1.005	1.050	1.064
Three-span	4	1.000	1.010	1.014	1.015
Four-span	6	—	1.000	1.002	1.039
Five-span	6	—	—	1.000	1.031

に示した。図-4に対称径間を有する多径間連続桁橋のモデル橋を示す。その橋梁の動的特性は平井の提案する方法から求めた。橋梁の固有振動の次数は、大型自動車の周波数特性を考慮して、2, 3径間で4次, 4, 5径間で6次振動まで考えた。また、固有振動モードの級数和の項数は、表-1の比較検討から、2, 3径間で6項, 4, 5径間で10項を採用した。本研究では、Newmarkのβ法から式(5)の曲げモーメント応答を求めた。20mの自動車全支間120mの3径間連続桁橋上を10m/sの一定速度で単独走行した場合、各着目点xでの曲げモーメント応答を式(5)から求めた結果の一例として、図-5に示す。

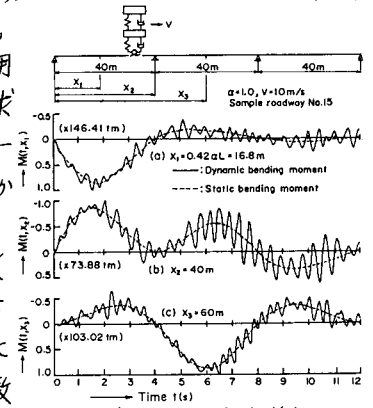


図-5 曲げモーメント応答の計算例

3. 等価自動車荷重列の走行による衝撃係数 現行示す書の設計活荷重(L-20)に相当する自動車荷重列を、T-20荷重車(196kN)1台とT-15荷重車列(147kN列)が間隔14mおよび速度10m/sで走行する荷重列に仮定し、それを図-6に示す。なお、以下に示す多径間連続桁橋の衝撃係数は、路面凹凸30個のサンプル波形に対する計算を平均した結果である。図-7は、3径間連続桁橋を例にとり、曲げモーメントに着目した衝撃係数 i_M とたわみ応答に着目した衝撃係数 i_y とを比較した結果の一例として示した。連続桁橋のスパン比や剛度などによって多少異なるが、 i_M は i_y より小さい値と考えてもよいものと思われる。

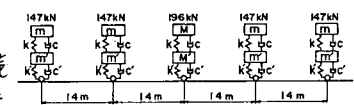


図-6 自動車荷重列の数値計算モデル

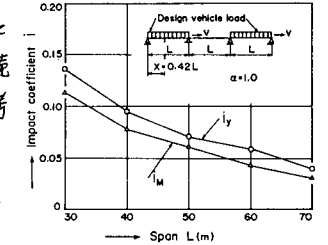


図-7 i_M と i_y の比較

等価自動車荷重列の走行による多径間連続桁橋の曲げモーメントに基づく衝撃係数を示したのが図-8~11である。これらの図から、現行示す書の規定はかなり大きな値が採用されており、連続桁橋に対しては過大に評価されていることがわかる。なお、以上の計算結果に対する考察から、多径間連続桁橋に対するより一般性のある衝撃係数を発表時に報告する予定である。

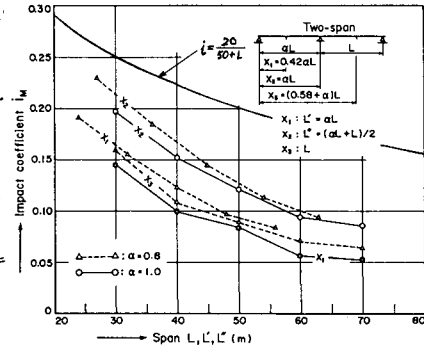


図-8 2径間連続桁橋の衝撃係数

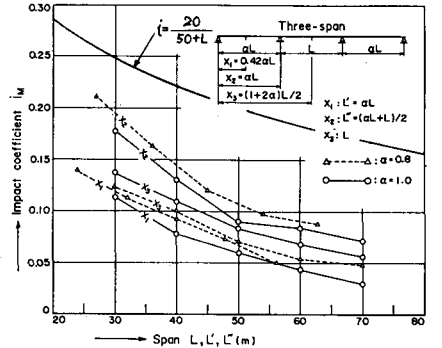


図-9 3径間連続桁橋の衝撃係数

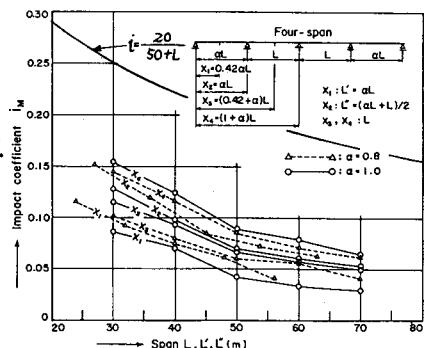


図-10 4径間連続桁橋の衝撃係数

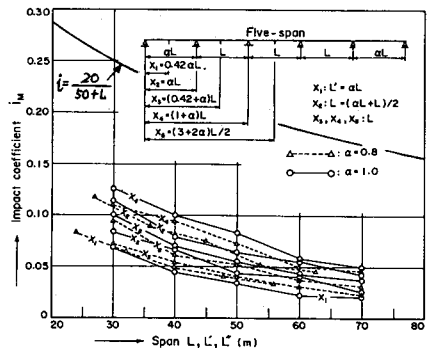


図-11 5径間連続桁橋の衝撃係数

<参考文献> 1) 本田他: 走行自動車による3径間連続桁橋の動的応答と衝撃係数, 土論集第313号, 1991. 2) 本田他: 道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する調査, 土論集第315号, 1981. 3) 本田他: 道路橋の伸縮装置部の凹凸性状, 土論集第324号, 1982.