

走行荷重に対する単純鋼桁橋の動的影響評価

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

1. まえがき 著者らは道路橋の衝撃問題の研究を進めるにあたって、一般に橋梁の支間長が大きくなれば死荷重応力に比べて活荷重応力が小さくなることから、かねてより支間長が大きくて長大橋梁の一つである連続鋼桁橋に対する衝撃係数の照査が必要であると考えてきた。そこで、走行自動車荷重に対する橋梁の動的影響を動的係数(dynamic factor)と呼び、設計示才書に採用されている衝撃係数と区別して考え、多径間連続鋼桁橋のたわみ、曲げモーメントに着目した動的係数に対する考察を行ってきた^{1),2)}。しかし、道路鋼桁橋の動的影響をより合理的に設計に取り入れるためには、連続鋼桁橋で得た知見に加えることの単純鋼桁橋に対する動的影響の把握も必要であろう。

そこで、本研究では、自動車荷重の走行による単純鋼桁橋の動的応答解析から、たわみ、あるいは曲げモーメントに着目した動的係数に対する考察を行った。そして、単純鋼桁橋と連続鋼桁橋との橋梁形式を統合したより一般性のある道路鋼桁橋の設計動的係数を検討するための基礎資料を求めた。

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。橋梁のたわみ $y(t, x)$ と曲げモーメント $M(t, x)$ は、一般変座 $q_n(t)$ と基準関数 $q_n(x)$ を用いて次式で表わされる。

$$y(t, x) = \sum_{n=1}^{\infty} q_n(t) q_n(x) = \sum_{n=1}^{\infty} q_n(t) \sin(n\pi x/L) \quad (1)$$

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

たわみ、あるいは曲げモーメントに着目した動的係数 i_y 、 i_M を次式のように静的最大値に対する動振幅の最大値の比に定義する。

$$i_y = (y_{d,max} - y_{s,max}) / y_{s,max} \quad (3) \quad i_M = (M_{d,max} - M_{s,max}) / M_{s,max} \quad (4)$$

ここに、 $y_{s,max}$ 、 $M_{s,max}$ はそれぞれたわみと曲げモーメントの静的最大値で、 $y_{d,max}$ 、 $M_{d,max}$ は動的たわみと動的曲げモーメントの最大値である。

表-1に対象とした橋梁の諸元を示す。この諸元は建設省土木研究所の合成鋼桁標準設計書より概算された値である。橋梁の固有振動数は4次まで、減衰定数は0.02を代表値として用いた。図-2の太線に示した路面凹凸のパワースペクトル密度は、著者らの実態調査³⁾で得た測定ライン84の平均的なパワースペクトル密度である。数値計算上、取扱いの簡単なパワースペクトルとして、Cut-off周波数を0.05 1/mとし、その値以下の路面周波数域では平坦なパワースペクトルとした。そして、図-2に示したパワースペクトルを用いてモンテカルロ法から、30個³⁾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パワースペクトル解析した結果の一例を図-2の細線に示した。走行自動車荷重の諸元については表-2に示す値²⁾を用いた。

図-3に示した設計活荷重(L-20)に相当する自動車荷重列の走行によ

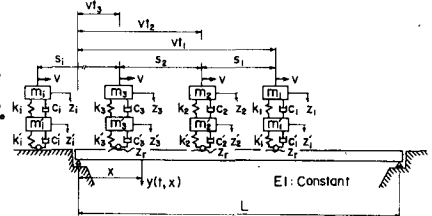


図-1 振動系モデル

表-1 対象橋梁の諸元

L (m)	W (kN)	EI (MN·m ²)
20	948.6	12.712
30	1520.8	24.343
40	2093.3	47.844
50	2665.6	82.712
60	3237.9	128.929
70	3810.2	157.094

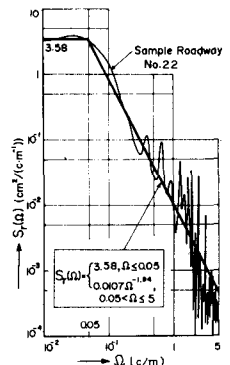


図-2 路面凹凸のパワースペクトル密度

表-2 自動車荷重の諸元

走行速度(V): 10 m/s (40 km/h 相当)	
基準自動車総荷重: 196 kN (いね上部 176.4 kN, いね下部 19.6 kN)	
いね	定数
懸架部 (k_1)	6830.6 kN/m
タイヤ部 (k_2)	13 328.0 kN/m
減衰	係数
懸架部 (c_1)	24.5 kN/(m·s ⁻¹)
タイヤ部 (c_2)	29.4 kN/(m·s ⁻¹)

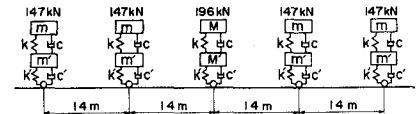


図-3 設計活荷重と等価な自動車荷重列のモデル

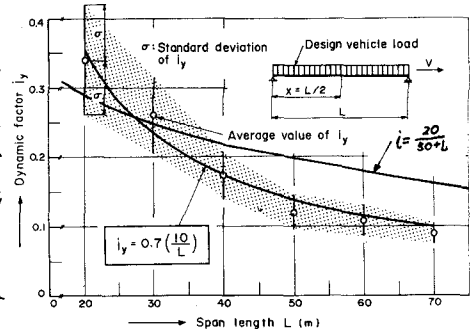


図-4 たわみに着目した単純鋼桁橋の動的係数

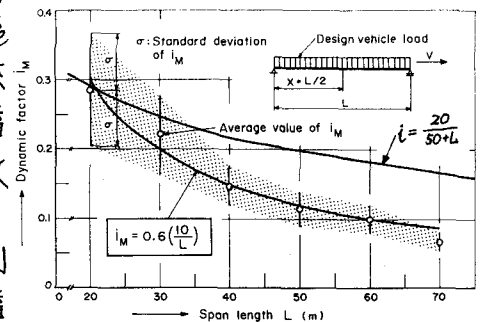


図-5 曲げモーメントに着目した単純鋼桁橋の動的係数

る単純鋼桁橋のたわみに着目した動的係数 i_y と支間長 L の関係を示したのが図-4である。なお、自動車の載荷方法は文献 2) に準じている。図中の○は、路面凹凸の 30 個のサンプル波形に対して計算された動的係数の平均値を、 σ はその標準偏差を示している。動的係数の平均値に標準偏差をプラス・マイナスした動的係数の範囲を考えると、例えば $L = 40$ m で計算した動的係数の約 76% はこの範囲に入る。この図から、その動的係数の範囲は支間長の増大によって縮減していること、および支間長が 20 m 付近では自動車が単独走行するために動的係数の標準偏差が最も大きくなっているが、支間長の増大によってその標準偏差は減少する傾向にある。従って、自動車荷重が橋梁の動的性状に及ぼす影響は、短支間橋梁の場合は路面性状などから特に顕著であるが、支間長の増大によって小さくなることが認められる。

ところで、文献 2) でも指摘したように、本研究でも路面凹凸の 30 個のサンプル波形に対する動的係数の計算値を平均した結果を用いることにした。その平均値を見ると、支間長によって変動しているが、支間長の増大とともに縮減している。そこで、支間長と動的係数の平均値との関係を近似式で表わすことを検討した。その結果、たわみに着目した単純鋼桁橋の動的係数 $i_y = 0.7(10/L)$ の縮減関数で表わすことができたので、それを図中に示した。

一方、設計活荷重 ($L = 20$) に相当する自動車荷重列 (図-3) の走行による単純鋼桁橋の曲げモーメントに着目した動的係数 i_M と支間長 L の関係を示したのが図-5 である。図中の記号は図-4 と同様である。動的係数の平均値にその標準偏差をプラス・マイナスした動的係数の範囲、あるいは動的係数の標準偏差は図-4 と同様な傾向を示している。そこで、動的係数の平均値に対する近似式を検討した結果、曲げモーメントに着目した単純鋼桁橋の動的係数を $i_M = 0.6(10/L)$ で表わすことができたので、それを図中に示した。なお、以上に示した動的係数 i_y 、 i_M の近似式と連続桁橋で著者が提示したことの動的係数^{1),2)} とを統合した道路鋼桁橋の設計動的係数に対する検討は発表当日に行う。

〈参考文献〉 ① 本田・小堀：走行自動車による径間連続桁橋の動的応答と衝撃係数，土木学会論文報告集，第 313 号，pp. 13～22，1981 年 9 月。 ② 本田・小堀・山田：多径間連続桁橋の動的応答と衝撃係数に関する考察，土木学会論文報告集，第 331 号，pp. 65～73，1983 年 3 月。 ③ 本田・城戸・梶川・小堀：道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する調査，土木学会論文報告集，第 315 号，pp. 149～155，1981 年 11 月。