

道路橋の動的性状からみた路面の維持管理

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 走行自動車による道路橋の振動におよぼす路面性状の影響は大きい。その振動評価のみならず、その路面の維持管理に際しても重要な検討事項であらう。そこで、本研究は道路橋の動的性状からみた路面の維持管理に対する基礎的な資料を得る目的から、単純鋼桁橋の動的応答解析を行い、路面状態がおよぼす橋梁の動的影響評価に基づいた路面の維持管理に対する考察を行った。

2. 動的応答解析 図-1に自動車-橋梁の振動系モデル

を示す。この場合の運動方程式をエネルギー法から求め、Newmarkの β 法($\beta = 1/6$)で数値積分した。本論に先立ち、路面性状が橋梁の動的応答におよぼす影響を検討したのが図-2である。図中、曲線①は路面凹凸がない場合、曲線②は路面凹凸を振幅 ± 1.0 cm、凹凸波長を 1.0 mの $\sin$ 波とした場合、曲線③は曲線②と同様、振幅 ± 1.0 cm、凹凸波長を 2.5 mの $\sin$ 波とした場合である。この図から、路面性状が橋梁のため、あるいは曲げモーメント応答におよぼす影響は、路面凹凸の振幅もろることながら、路面凹凸の波長の因子も非常に大きいことが認められる。このことは、振幅の小さい極めて滑らかな路面であっても、自動車、あるいは橋梁の固有振動数に近い路面周波数が卓越している路面では橋梁の動的応答量は非常に大きくなることを示していると思われる。

図-3は、著者らの道路橋の路面性状に関する実態調査に基づき、ISOの評価基準に対応した路面凹凸パワースペクトル密度の特性値である平滑度パラメータ Q 値による路面状態の各カテゴリーを示している。図-3

の路面状態の各カテゴリーに対応するパワースペクトル密度を示したのが図-4である。本研究では、各カテゴリーの境界を示す4つのスペクトルを用いて、モンテカルロ法からそれぞれ10個づつの路面凹凸サンプル波形状を作成した。その路面サンプル波形状を路面状態がVery goodの方からRoadway case 1, 2, 3, 4とした。

図-5は、 $L=20$ 荷重に相当する自動車荷重列の計算モデルを示している。各自動車の走行速度は 10 m/s、自動車の載荷台数は $L=20$ 荷重

図-1 自動車-橋梁の振動系モデル

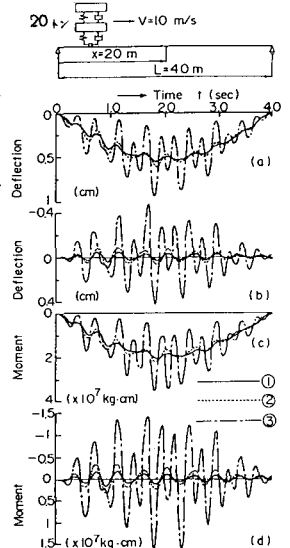


図-2 動的応答例

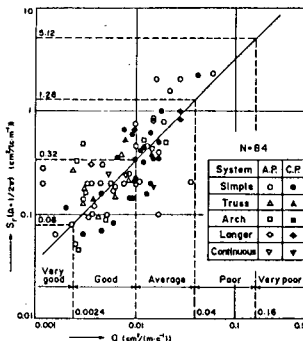
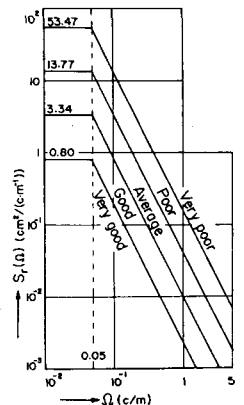
図-3 Q 値による路面状態の各カテゴリー

図-4 路面状態の各カテゴリーに対応するスペクトル密度

と等価になるように橋梁の支間長、車間距離、自動車の占有長さ(7m)などを考慮して決めた。

走行自動車に対する橋梁の動的影響を動的係数(Dynamic factor)と呼び、曲げモーメントに着目した動的係数 $i_m = (M_{d,max} - M_{s,max}) / M_{s,max}$ 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。ここに、 $M_{d,max}$ 、 $M_{s,max}$ は動的および静的曲げモーメントの最大値である。

3. 各路面状態に対する動的係数 i_m 図-5に示した等価自動車荷重列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 の関係を各 Roadway case 1~4 ごとに示したのが図-6~9である。なお、元算計算の着目点は支間中央点である。これら図中の○は路面凹凸の10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、○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・マイナスした範囲は、各 Roadway case とも支間長の増大に従って狭く

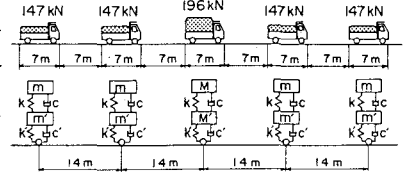


図-5 自動車荷重列の計算モデル

なる傾向が見られることより、短スパン橋梁では特に路面性状の影響が大きいことがわかる。また、各 Roadway case 1から4に増えるにつれ、すなわち、路面状態が「極良」から「良好」、「普通」、「悪い」、「極悪」になるに従って、動的係数の値も相対的に大きくなる傾向がわかる。例えば、 $L=50m$ で動的係数の平均値を比較すると、Case 4はCase 2の約3倍の値となる。

図-10は、動的係数 i_m の平均値と支間長 L の関係を Roadway case をパラメーターに示している。図中の太線は衝撃係数の現行規定である。多く架設されている単純鋼桁橋の支間長の範囲を20~40mとすると、Case 2の場合は衝撃係数とはほぼ等しい数値を示している。この結果から、路面状態が図-4に示した Cut-off wavenumber $\Omega = 0.05/m$ でのスペクトル値 $S_\Omega(\Omega) = 3.34 cm^2/(c \cdot m^{-1})$ 、それに対応する平滑度パラメーター Q 値は、図-3より、 $Q = 0.0 / cm^2/(m \cdot c^{-1})$ を超える路面状態では、設計時の衝撃係数を超過することになる。

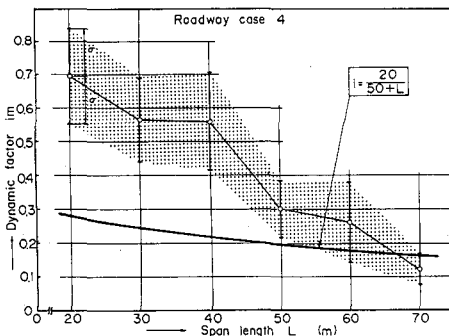


図-9 Roadway Case 4に対する動的係数 i_m

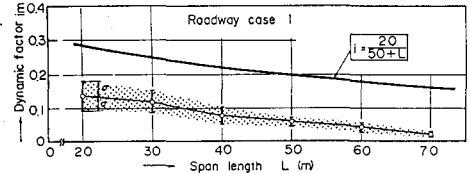


図-6 Roadway Case 1に対する動的係数 i_m

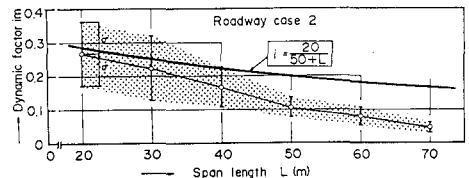


図-7 Roadway case 2に対する動的係数 i_m

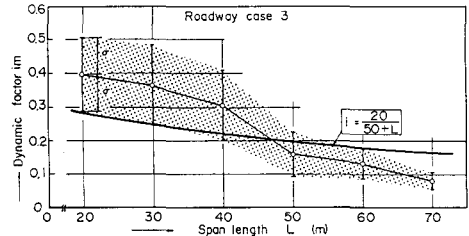


図-8 Roadway Case 3に対する動的係数 i_m

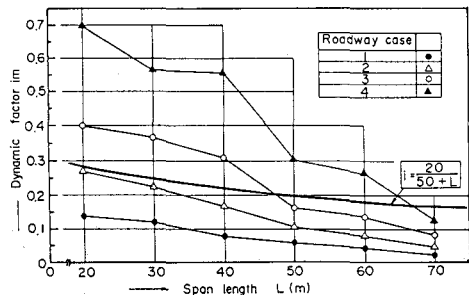


図-10 各 Roadway Case に対する動的係数