

I-376 タイヤの接地長を考慮した場合の路面凹凸のパワースペクトル密度について

川田工業(株) 正 員 ○宮地真一 川田工業(株) 正 員 米田昌弘

1. まえがき 最近の交通量の増加と車両の大型化は著しく、その結果、市街地内の高架橋などに対して、走行車両による振動に起因した、橋梁の使用性や疲労損傷あるいは周辺家屋内での居住性等、種々の問題が指摘されるようになってきている。走行車両による動的応答解析は、当初、橋梁の衝撃係数評価に関するものが主流であったが、上述したように、最近では走行車両による振動問題も多様化し、また、一般利用者の質的向上に対する要求とも相まって、実務設計においてもこの種の問題に取り組む機会が増加しつつある。走行車両に起因した種々の振動問題を検討する際、まず第一に走行車両によって対象とした橋梁がどの程度振動するかを事前に把握しなければならない。それゆえ、動的応答解析の必要性は、実務設計においても今後ますます増加していくものと考えられる。

動的応答解析をより厳密に実施するためには、路面凹凸の影響を考慮しなければならない。従来の動的応答解析では路面凹凸の実測値やシミュレーションで得られたサンプル波形を用い、さらにタイヤの接地長による影響を考慮する場合が多い。しかしながら、動的応答解析における走行車両のモデル化やタイヤの接地長等の取扱いは、各研究者間で必ずしも統一がとられているとは言えず、一般の実務設計者にとって走行車両による動的応答解析を難解なものとしている一要因ともなっている。そこで、本研究では、まず、タイヤの接地長の影響を明確にするため、タイヤの接地長を考慮した場合の路面凹凸のパワースペクトル密度について検討し、動的応答解析を実施する実務設計者の便に供したい。

2. 路面凹凸のシミュレーション 路面凹凸のパワースペクトル密度 $S_r(\Omega)$ は、一般に指数関数で近似され、次式のように表される¹⁾。

$$S_r(\Omega) = a\Omega^{-n} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 a は路面の平坦性を表す平滑度パラメーター、 n は周波数によるパワーの分布を示す指数である。また、路面凹凸のサンプル波形 z_0 は、以下のようにシミュレーションできる。

$$z_0(t) = \sum_{k=1}^M a_k \sin(\omega_k t + \phi_k) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 a_k は平均値0、分散 $\sigma_k^2 = 4S_r(\Omega_k)\Delta\Omega_k$ で規定される正規乱数、 ϕ_k は0と 2π の間の一様乱数、さらに、 $\omega_k = 2\pi V\Omega_k$ 、 $\Omega_k = \Omega_L + (k-1/2)\Delta\Omega$ 、 $\Delta\Omega = (\Omega_U - \Omega_L)/M$ 、 V は車両の走行速度である。ただし、 M は十分に大きな正整数、 Ω_k は路面周波数(c/m)、 Ω_U と Ω_L はそれぞれ合成する路面凹凸の上限と下限である。

3. 検討結果と考察 15cm間隔のサンプリング波形を上述の方法でシミュレートするとともに、タイヤの接地長を30cmと仮定して路面凹凸を3ケつづ単純平均した場合としない場合の比較から、路面凹凸のパワースペクトル密度に及ぼすタイヤの接地長の影響について検討することとした。タイヤの接地長を考慮した場合としない場合の、路面凹凸のスペクトル解析結果を図-1～-4に示す。なお、スペクトル解析はFFTを用いて行うとともに、Hanningウィンドウを5回作用させてスペクトルの平滑化を行っている。

これらの図より、タイヤの接地長を考慮したことによる影響が現れる路面周波数は0.5c/m付近からであり、平滑度パラメーター a が極端に小さい場合を除き、1.0c/m付近から急激にその差異は大きくなることが判る。1.0c/m以上の高周波数成分が除去される状況は、一例として示した図-5と図-6の比較からも理解されよう。また、当然のことではあるが、タイヤの接地長を考慮した影響は、路面の平坦性を表す平滑度パラメーター a が小さくなるほど低下していることも判る。しかしながら、 a が小さい場合には、動的応答解析に及ぼす路面凹凸の影響は相対的に小さくなることから、一般にはタイヤの接地長を考慮した影響は1.0c/m付近以上の路面凹凸の寄与を大幅に緩和すると考えて良いものと思われる。それゆえ、動的応答に及ぼす1.0c/m付近以上の路面凹凸の影響が小さい場合には、 $\Omega_U = 1.0\text{c/m}$ としてシミュレーションした路面凹凸を用いて

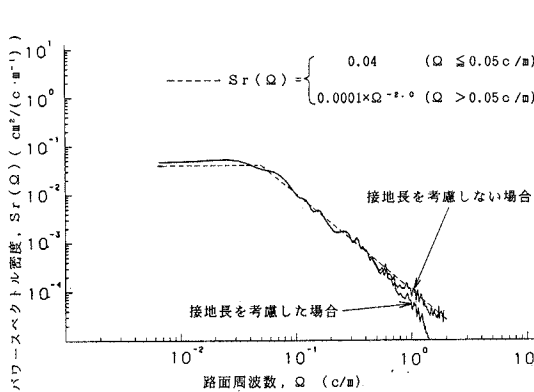


図-1 路面凹凸のパワースペクトル密度に及ぼすタイヤ接地長の影響 ($a=1.0 \times 10^{-4}$, $n=-2.0$)

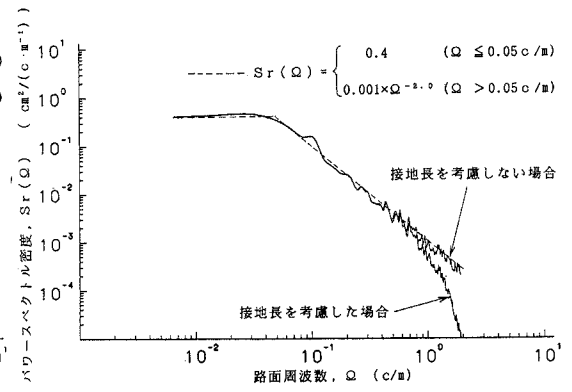


図-2 路面凹凸のパワースペクトル密度に及ぼすタイヤ接地長の影響 ($a=1.0 \times 10^{-3}$, $n=-2.0$)

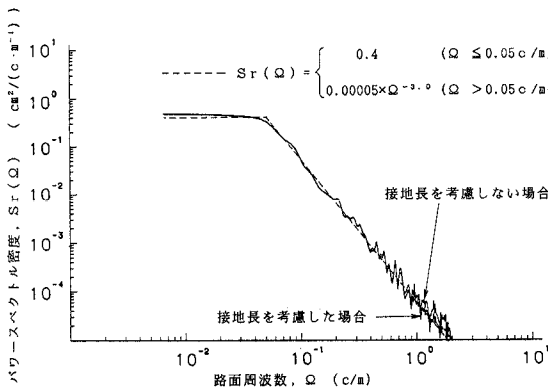


図-3 路面凹凸のパワースペクトル密度に及ぼすタイヤ接地長の影響 ($a=5.0 \times 10^{-5}$, $n=-3.0$)

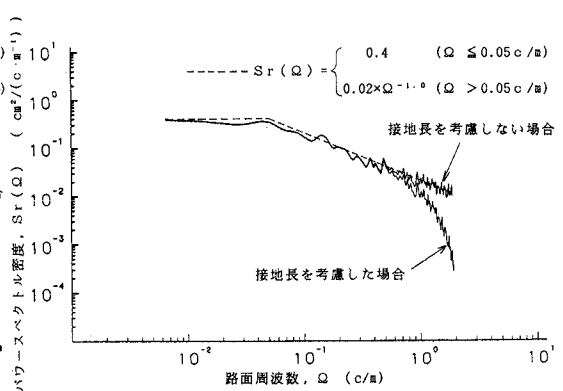


図-4 路面凹凸のパワースペクトル密度に及ぼすタイヤ接地長の影響 ($a=2.0 \times 10^{-2}$, $n=-1.0$)

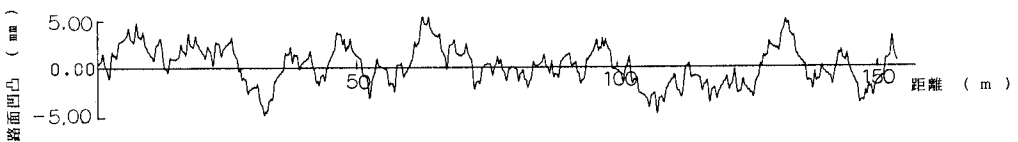


図-5 路面凹凸のサンプル波形（タイヤの接地長を考慮しない場合）

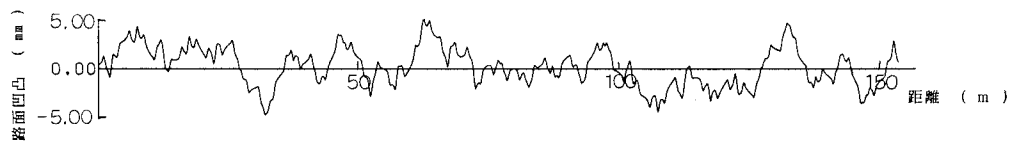


図-6 路面凹凸のサンプル波形（タイヤの接地長を考慮した場合）

動的応答解析を実施しても、タイヤの接地長による影響は比較的小さいと言えよう。なお、動的応答に及ぼす 1.0 c/m 付近以上の路面凹凸の影響は一般に小さいと予想されるが、今後は橋梁形式や車両の走行速度等も考慮し、この問題について検討して行く予定であることを付記しておきたい。

【参考文献】1) たとえば、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，土木学会論文集，第315号，1981年11月。