

金沢工業大学 正会員 ○本田 秀行
金沢大学工学部 正会員 梶川 康男
金沢大学工学部 正会員 小堀 為雄

1. まえがき 道路橋を走行する自動車の振動原因の一つである路面性状に関して、伸縮装置部における段差と橋軸方向の路面凹凸に対して昭和50年から継続して調査を行ってきた。その一部はすでに報告^{1),2)}してきた。この路面性状の定量的な把握は衝撃係数・疲労強度・歩行者の振動感覚の問題のほか、近年では高架橋付近の地盤振動・低周波空気振動などの環境事項としての問題、自動車の乗り心地や走行性の問題、さらに橋梁の健全度に対する評価事項や維持管理の問題として重要となり、データの蓄積が必要である。また、諸外国^{3),4)}においても、これらの確率統計的な把握が必要であることが強調されている。

著者らが行っている測量用ポールと測量用レベルを用いた“人海戦術”測定法は、国を選ばず地域を選ばずどこでも測定が可能であり、また精度の点からも比較的信頼度が高いことから、すでに全国あちこちで測定が初められている。そこで、上述した諸問題を考究する上で、路面性状に関するデータの公表・交換および蓄積が今後必要であり、ここにその測定法とデータ整理の書式について提案するものである。

2. 伸縮装置部の凹凸調査とデータ整理 伸縮装置部の凹凸測定には図-1のような3mの直線定規とスケールあるいはノギスを用いるが、測量用レベルによってもよい。測定位置は、自動車の通行頻度が比較的高いと思われるセンターラインから0.5mか2mの位置とあるが、わだち振れが著るしい箇所があるときは、その位置も測定するのが望ましい。そして、測定間隔は5cmか10cmとある。その凹凸値は図-2に示のように、最初と最後の測定線を結んだ線を基準線とし、その基準線からの凹凸の最大値(y_{max})と基準線に平行な平均値線からの標準偏差値(σ_y)を凹凸性状の評価値とする。なお、調査項目はつぎの通りである。

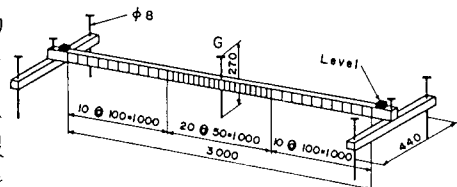
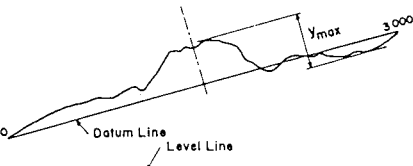


図-1 伸縮装置部凹凸の測定様式

①測定データ番号/②橋名/③橋梁形式/④橋格/⑤橋長/⑥幅員/⑦測定位置のセンターラインからの距離/⑧舗装種別(アスファルト、コンクリート)/⑨床版材料(鋼床版、RC床版)/⑩床版支持構造(主桁、縦桁、床版橋)/⑪架設年月/⑫調査年月/⑬測定間隔 図-2 最大凹凸値 y_{max} の読取方法
/⑭測定データ数/⑮通過交通量/⑯特記事項(冬期のタイヤチェーンやスパイクタイヤの装着など)/⑰測定装置前後の支間割/⑱装置下の下部構造(橋台、橋脚)/⑲装置の形式(鋼製フィンガー、鋼製重合せ、ゴム製、盲目・オーバーレイ、その他)/⑳凹凸パターン(ハ、U、〜)/㉑最大凹凸値 y_{max} /㉒標準偏差 σ_y /㉓測定数値データ(個々のデータはコンマで区切るものとする)。【各項目は記号(/)で区切ること。】



3. 縦断方向の路面凹凸調査とデータ整理 路面凹凸の測定には測量用レベルを用いるのを原則とあるが、他の計器による場合も同様の調査・整理を行うものとする。測定位置はセンターラインから0.5mか2m位置とし、測定間隔は10cmとある。ただし、測定時の交通状況や路面状態から考えて粗くする場合、50cmまでとする。なお、路面凹凸に対する調査項目はつぎの通りである。

①~⑬は伸縮装置部の場合と同じ/⑭橋梁の支間割/⑮格間長・対傾構間隔/⑯縦断勾配/⑰平滑度パラメータ α の値/⑱指数 n の値/㉒ $\Omega=0.05\text{ 1/m}$ でのスペクトル値/㉓測定数値データ/。

ここで、路面凹凸のパワースペクトル密度は次式で示されるものとする。
$$S_r(\Omega) = a\Omega^{-m} \text{ -----(1)}$$

Ω は路面周波数, α は路面の平坦性を表わす平滑度パラメーター, n はスペクトルの勾配を示す指数である。

橋梁の路面をレベルで測定すると縦断勾配も同時に測定される。そのため、従来は勾配を仮定してその成分を除去していたが、スペクトル解析に用いる手法が最大エントロピー法であれば長周期成分も解析できることから、縦断勾配を除去したもの(実線と破線)と除去しないもの(一点鎖線と二点鎖線)を比較した結果が図-3である。凹凸の周波数が0.05 c/m以下では両者は大きく異なるが、それ以上、すなわち橋梁の振動解析に影響する1~20mの周期の凹凸スペクトルはほぼ一致することがわかった。そこで、縦断勾配に影響されない0.05 c/m以上のスペクトル値を用いて、式(1)に対する回帰を最小二乗法によって行い、平滑度パラメーター α と指数 n を求めることとする。過去の実測¹⁾によると α は0.001~0.06 cm²/(cm²・c)に分布し(平均約0.011 cm²/(cm²・c))、 n は1.3~2.5(平均約2.0)である。また、最大エントロピー法を用いる予測誤差フィルターの項数については、データ数を N とすると、一般に $2\sim 3\sqrt{N}$ が適していると言われるが、 $2.0\sqrt{N}$ と $2.5\sqrt{N}$ を用いた結果を比較してみるとほとんどスペクトルの形状に変化がないことから、 $2\sqrt{N}$ を用いるものとする。なお、高速フーリエ変換法による解析では、高周波数領域でやや不安定なスペクトルとなるが、全体としての傾向は把握することができる。

実測結果¹⁾とISOの評価基準⁵⁾を用いて凹凸スペクトルから橋梁の路面状態を分類したのが図-4である。この図を用いて道路橋の路面管理も可能である。また、図-5は、天神橋(タイドアーチ)を一例として、路面凹凸のスペクトルの経年変化を示したものである。現時点では凹凸スペクトルの経年変化の定量的な把握は困難なようであるが、今後のデータの蓄積により明らかにされ得ると思われる。

4. あとがき 著者らは文献1,2)において北陸地方の橋梁についての調査結果を報告してきたが、北陸では降雪時のチェーンやスパイクタイヤの装着による路面の損傷が著しく、路面凹凸の実態には地域性がかなりあるように思われる。このような観点からも、橋梁の動的応答問題、環境問題、健全度評価などの解決策を探る上にも、全国的規模の路面性状に関する数値データベースが必要であり、ここに、その測定方法、整理手法の書式案を提案した。これに基づいてデータの収集・蓄積を行い、公表⁶⁾していきたいと考えている。

＜参考文献＞ 1)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，1981。 2)本田・梶川・小堀：道路橋の伸縮装置部の凹凸性状，土木学会論文報告集第324号，1983。 3)Committee: Bridge Loading; Research Needed, Proc. of ASCE, Vol.108, No. ST 5, 1982。 4)Wheeler J.E.: Bridge Dynamics in a Limit State Design Concept, Technical Report No.24, Main Roads Dept. Western Australia, 1981。 5)"BSI Proposals for Generalized Road Inputs to Vehicles", ISO/TC108/WG9, Document No.5, 1972。 6)Honda H. et. al.: Spectra of Road Surface Roughness on Bridges, Proc. of ASCE, Vol.108, No. ST 9, 1982。

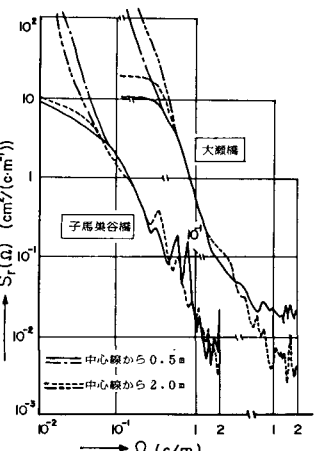


図-3 道路橋路面凹凸のパワースペクトル密度の一例

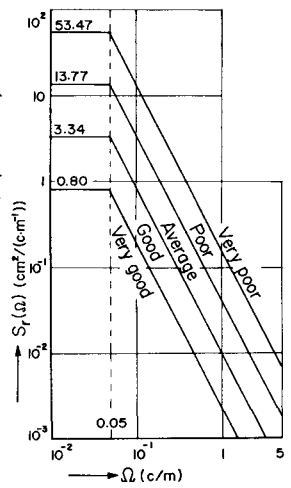


図-4 凹凸スペクトルからの路面状態の分類

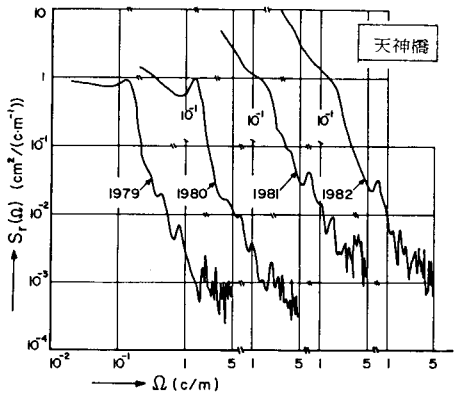


図-5 凹凸スペクトルの経年変化の一例