タイヤ/路面騒音の研究 (第3報:路面バンブによるエアーポンピング音)

Study on Tire/Road Noise (3rd. Report, Air-pumping noise in road bumps)

正 往岸 達也 (機械技研)

Tatsuya Ohgishi, Mechanical Engineering Laboratory, AIST, METI, Namiki-1-2, Tsukuba, Ibaraki,

Key Words : Tire/Road Noise, Air pumping noise, Road bump, Indoor test, Porous asphalt pavement

1. はじめに

自動車交通騒音問題の解決に当たっては、走行中の自動車から発生する騒音の内、高い相対比率を占めるタイヤ/路面騒音の低減化が、必須であると考えられている。具体的な騒音低減策の導出においては、その発生メカニズムを明らかにすることが重要であるが、一般に複数存在する発生メカニズムの詳細については、未だ十分な理解が得られていない。前報までの報告においては、タイヤが路面表面の凹部(キャビティ)を通過する際に発生する、エアーポンピング音の音響学的特性について述べた¹⁾。同種の現象は、逆に路面表面の凸部(バンブ)によっても発生することが、指摘されている²⁾。これはすなわち、タイヤとバンブとによって形成される微小空間中の圧縮空気が、外気に放出される際に生じるエアーポンピング音(バンブ音)である。この現象には、路面表面形状の特性が深く関与するであろうことは想像に難くないが、これは問題を著しく複雑化させる懸念がある。そこで本報では、そのような状況を避け、現象の素過程を明らかにするために、幾つかの単独のバンブによって発生するエアーポンピング音を、タイヤ試験機を用いた室内実験により調べ、その発音特性に対する知見を得た。

2. 実験方法

本実験は、タイヤ騒音の解析を目的として開発された、ドラム式の室内タイヤ試験機を用いて行った。走行路面を模擬する平滑なドラム表面上には、実路面上のバンブのモデルとして、図1に示すような鈍頭の鋼製ピンを取り付けた。ピンの足部にはねじ切りが施され、ドラムに設けられた円筒状の穴に埋め込まれたプラグに固定されている。直径(d)、高さ(h)等が異なる別種のピンに対する実験を行う場合は、ピンならびにプラグを交換した。また実験に使用したタイヤは、トレッドパターンの無いスリックタイヤ(ホイール呼び: 185/70R14、タイヤ空気圧: 196kPa)を用いた。

試験機は、タイヤとドラムを接触(接地圧荷重: 1.23kN)させ、タイヤ側を駆動軸とする回転運動により、走行状態を模擬する。またこの時発生するタイヤからの騒音は、タイヤが収められ、これに接触するドラム表面の一部が露出する、無響室構造のチャンパー内で測定される。音圧データは、ドラム軸のエンコーダ信号の計数により、ピンの中

心線がタイヤ接地面の中心軸上を過ぎる瞬間にトリガーパルスが発生させ、その前後の波形をタイヤの回転軸上に在って、タイヤ側面から 500mm の位置に設置したマイクロフォンによって収集した。この後音圧信号は、バンドパスフィルターを通し、FFT アナライザーによって記録した。

Fig.1 Bump model on drum surface

3. 実験結果および考察

バンブ音は、タイヤを境界に持つバンブ周囲の微小空間中にある圧縮空気によって発生すると考えられる。そこでこの圧縮空気を適当な方法で逃がせば、発音を生じないことが予想される。図2には、ドラム表面上のピンの足下に直径 1.2mm の透過孔を6本設け、微小空間中の圧縮空気を中空のドラム内部に導く構造を持つバンブと、この透過孔がないバンブにおける、速度 60km/h 時の音圧波形を示す。なお図中の t_f , t_r は、ピンの中心線がタイヤ接地面の前、後縁に達する時間をそれぞれ示している。同図より透過孔が存在しない場合のみ、9msec 前後に高周波のバンブ音を確認される。音波の伝播時間を考慮すると、このバンブ音はバンブがタイヤと離脱する直前に発生していることがわかる。多孔室構造の排水性路面では、一般にタイヤ/路面騒音が低減する事実が知られているが、本実験によればその要因の1つは、バンブ音の消失にあると考えられる。

図3には、大きさの異なる3種類のピンに対し、発生するバンブ音の最大音圧値(最大振幅値)を持つ、速度依存性を示す。ピンのサイズが大きいほど、最大音圧値は高く、その値はどのピンも速度の2乗に従って増大することがわかる。この特性は、速度が大きいほどバンブ周囲の微小空間中にトラップされる空気圧力が、一般には高いと考えられ、また同一速度では、バンブが大きいほどタイヤと接触後、微小空間の体積変化が大きく、空気圧力が上昇するためではないかと考えられる。

図4には、バンプ音の周波数に対し、その速度依存性を示す。ただしこの場合の周波数は、音圧の時系列データによって計算される自己相関関数により、その1波長分に相当するラグから算出した。バンプ音の周波数は、バンプの

Fig.2 Sound pressure of bump noise
($d=5.3\text{mm}$, $h=1.8\text{mm}$, through 0.1~20kHz bandpass filter)

Fig.3 Maximum pressure($P_{\max}$) versus velocity(U)

Fig.4 Frequency(f) versus velocity(U)

サイズが小さいほど高く、どのバンプも速度の $1/3$ 乗に比例し高くなる。これは、バンプが小さいほど微小空間に存在する空気質量が少なく、外気に接した際の空気の流出、流入に対する緩和時間が短くなること、および速度の増加とともに、外気に通じる微小空間の流路断面積が急速に増加するためではないかと考えられる。

同一のバンプであっても、速度の違いにより、最大音圧値、周波数が異なることは、上記したとおりであるが、各バンプの速度に対する音圧波形自体には、相似性のあることが伺われる。図5には 10km/h 毎に得た速度 40~80km/h までの音圧波形の圧力(P)、時間(t)を、図3、4から得た特性をもとに、それぞれ速度の $2, -1/3$ 乗で除したスケールでプロットした時系列波形を示す。各バンプ音波形の主要部はほぼ一致し、相似性が確認される。この事実は、圧力および時間に対し適当なスケールの変換を行えば、同種の関数形で現象を記述できる可能性を示している。

Fig.5 Similarity of sound pressure profile
(through 2~10kHz bandpass filter)

4. おわりに

路面バンプによって発生するエアポンピング音について、室内タイヤ試験機を用いた実験を行った。この結果、発生する音圧、ならびに周波数の特性等を明らかにし、現象の素過程について知見を得た。

文 献

- 1) 往岸、東北支部第 35 期総会・講演会講演論文集、001-1(2000),74-75.
- 2) D.Ronneberger, Mitteilung Nr. 57 Institut für Strassen- Eisenbahn- und Felsbau der E.T.H. Zürich,(1984),79-116