自動車通過による路面上の圧力変動

名古屋大学大学院工学研究科	学生会員	○高柳	雅史
名古屋大学エコトピア科学研究所	正会員	北川	徹哉

1. はじめに

換気や照明などの高速道路トンネルの設備は、ドライバーの安全 や快適性のために必要不可欠であるが、昼夜を問わず電力を消費し ており、その消費電力低減化のための技術が必要とされている.本 研究ではトンネルの換気設備の省電力化のために、高速で走行する 自動車とその路面上との間の空間で生じる負圧を利用した補助的手 法(図-1)を提案する.本研究においては、この手法のフィージビリ ティーを検討するための第一段階として、自動車通過による路面上 の圧力変動を屋外実験によって実測し、その特性を調べるとともに モデル化した.

2. 屋外実験の概要

図-2 に示すように, 圧力センサーを路面上に設置し, その真上を 自動車を車速 U_v(60~120km/h)で繰り返し通過させ,路面状に発生す る圧力の時刻歴を計測した.ここで,サンプリング周波数は1000Hz である.また,実験に用いた自動車はトヨタ・プロボックスバン, トヨタ・bB ならびにトヨタ・ハイエースの3台である.

3. 自動車通過による路面上の圧力変動の特性

図-3 に屋外実験によって得られた圧力の時刻歴の例を車種ごとに 示す. U_v はいずれも 100km/h である.また, t は時間(s), P(t)は圧力 (kPa)である.図-3(a)~(c)の t=0.3s 近傍に自動車通過にともなうスパ イク状の圧力変動がみられる.最初の正圧は自動車の前面が空気を 押すことによるものである.その後,自動車の底面と路面の間に生 じる自動車進行方向の流れ¹⁾によって負圧に転じている.この時刻歴 の特性はいずれの車種のどの U_v においてもおおよそ同様であった. しかし、車種により圧力のピークの値が異なっている.そこで、ま ず圧力変動に依存性のあるパラメータを特定するため、第1 正圧ピ ークの値 P',第1 負圧ピークの値 P'を抽出し、これらの圧力係数 C_P^p , C_P^n を求めた.ここで、 $C_P^n = P''(1/2)\rho U_v^2$ 、 $C_P^n = P'' / (1/2)\rho U_v^2$ であり、 ρ は空気密度である.これらのピーク圧力係数と自動車の諸元との相 関関係を調べたところ、図-4 に示すように地上高 h_v に相関関係があ ることがわかった.

4. 圧力モデルの作成

プロボックスバンを用いた場合の時刻歴データ(U_v =80km/h)35 個 をアンサンブル平均し,無次元化したものが図-5 の黒線である.こ こで,横軸の t_r は無次元時間 tU_v/L_v ,縦軸の $C_P(t_r)$ は基準圧力係数

トンネル,換気,省電力化,自動車,高速道路

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 電話:052-789-5918 FAX:052-789-3734



1-268

 $P(t_r)/1/2\rho U_v^2$ である. なお, Lv は車長であり, "基準"とは車速 80km/h のケースを基準にするという意味である. $C_P^s(t_r)$ にフーリエ変換を 適用した結果が図-6の黒線である. f_r は無次元周波数 fL_v/U_v であり, f は周波数(Hz)である. これを次式によりフィッティングした.

$$\left| C_{P}^{s}(f_{r}) \right| = \begin{cases} a_{1} \exp\left(a_{2} \left| \log f_{r} + a_{3} \right|^{a_{4}}\right) & (f_{r} \neq 0) \\ 0 & (f_{r} = 0) \end{cases}$$
(1)

 $C_p^s(f_r) = |C_p^s(f_r)| \exp\{-i\{2\pi b_1(\exp(b_2(f_r - b_3)) + 1)(f_r - b_4)\}$ (2) 式(1), (2)に a_1 =0.011, a_2 = -3.1, a_3 =0.51, a_4 =1.2, b_1 =1.6, b_2 = -5.8, b_3 =0.065, b_4 =0.72 を与えた結果が図-6の赤線であり,実部と虚部の 双方において実測値のアンサンブル平均との整合性がみられる.式 (1), (2)による周波数領域における近似圧力をフーリエ逆変換すれ ば,圧力係数の時刻歴が得られる.この結果が図-5の赤線であり, 本手法は実測値をおおよそ近似できている.

次に、本モデルを他の車種へ拡張するために h_v の影響(図-4)を組 み込む.まず、第1正圧ピークの圧力係数倍率 A^p と第1負圧ピー クの圧力係数倍率 A^n を $A^p = C_p^a / c_p^{a,s}$, $A^n = C_p^a / c_p^{a,s}$ により 求め、 h_v に対してプロットした(図-7).ここで、 C_p^p および C_p^n はそ れぞれ第1正圧ピークの圧力係数、第1負圧ピークの圧力係数であ り、また $C_p^{p,s}$ および $C_p^{n,s}$ はそれぞれプロボックスバンにおける第1 正圧ピークの圧力係数ならびに第1負圧ピークの圧力係数である. これらの A^p , A^n と h_v の関係を次の近似曲線で表す.

$$A^{p} = \left(\frac{h_{v}^{s}}{h_{v}}\right)^{\alpha p} , \qquad A^{n} = \left(\frac{h_{v}^{s}}{h_{v}}\right)^{\alpha n}$$
(3),(4)

ここで、 h_r^i はプロボックスバンの地上高 (=0.2 m) である. ap およ び an はべき指数であり、それぞれ 0.3、0.6 とした. 点線ならびに 実線がそれぞれ式(3)、(4)による近似曲線である. これらを地上高 依存性による補正係数とし、圧力係数の時刻歴 $C_p(t_r)$ を次式のよう に作成する.

$$C_{P}(t_{r}) = \begin{cases} A^{P}C_{P}^{s}(t_{r}) & (C_{P}^{s}(t_{r}) \ge 0) \\ A^{n}C_{P}^{s}(t_{r}) & (C_{P}^{s}(t_{r}) < 0) \end{cases}$$
(5)

式(5)により生成された $C_P(t_r)$ と実測値との整合性をみるため、図 -8 に車種別に様々な U_v の実測値との比較を示す. 黒線が圧力モデ ルにより生成した波形であり、いずれの車種ならびに U_v について 実測値とほぼ整合している.

5. まとめ

トヨタ・プロボックスバンの車速 80km/h の実測データを基準と して圧力モデルを作成した後,地上高依存性を組み込み,様々な車 種に対応できるモデルにした.本圧力モデルにより生成される波形 は実測値と整合し,実際の圧力の挙動をほぼ模擬できた.

参考文献

1)Scibor-Ryski, A.J:Road Vehicle Aerodynamics, Pentech Press Limited. 1975



