

IV-209

道路トンネル内における自動車の走行に伴う排気ガス拡散

建設省 土木研究所 正 会 員 ○ 堀 内 浩三郎

水 谷 敏 則

1. ま え が き

道路トンネルでは、トンネル通行者に快適な環境を確保するための換気が必要である。延長の短いトンネルの換気は、自然換気の他に自動車の走行に伴う昇圧力による換気風や自動車の走行によるかく乱によってトンネル軸方向への拡散が助長され汚染物質がトンネルの外に排出される作用によって行われる。トンネル換気設計の合理化、省エネルギー化を図るうえで、これら自動車の走行による拡散作用を明らかにする必要がある。本調査では、対面交通トンネルにおける自動車の走行に伴う拡散作用を明らかにするための調査を実施した。

2. 実験目的

本研究では、対面交通トンネルで走行する自動車のかく乱による汚染物質の軸方向の拡散作用(拡散係数)を把握する目的で、外風等の影響を受けにくい風洞に設置された模型トンネルを用いて模型自動車の走行実験を行いトンネル軸方向の濃度分布を測定し解析を行った。

3. 実験方法

実験は、図-1に示す縮尺 $1/100$ のトンネル模型(代表寸法 $d_r = 7.4\text{cm}$, 延長 4m)を用いた。トンネル内には大型車および小型車の模型を配置し、その形状寸法および車頭間隔は模型の縮率に合わせた。なお、車頭間隔は 500 および 1000 台/ km 車線に相当する 0.6 および 1.2m 、大型車混入率は 30% とした。模型自動車の走行速度については縮率を考慮せず、実車と同じ 60km/h とした。

実験は、表-1に示すように走行速度と交通量をパラメータとしてトンネル内を対面交通で自動車を走行させながら、トンネル延長の中央アーチ部に設けた注入口からトレーサガス(C_2H_4)を一定量ずつ注入し、トンネル内の軸方向の濃度分布が定常に達したのち等間隔(100mm)に設けられたサンプリング孔(40断面)から抽出したガス濃度を測定した。濃度の測定には、FID分析計を用いて、1断面で3ヶ所を同時に測定した。

4. 実験の結果

実験から得られたトンネル内の濃度分布の模式図を図-2に示す。図に示すようにトンネル断面内が一様な濃度分布にむらばい注入口付近の左右 0.8m 区間を除き(濃度分布の直線性が良く成り立っており)坑口から 1.2m の

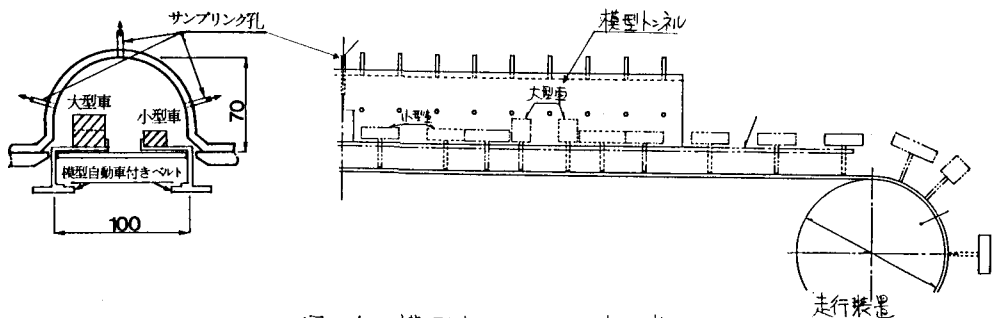


図-1 模型トンネルおよび走行装置

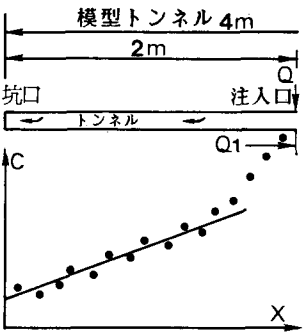
12点のガス濃度値から最小二乗法により濃度勾配を求めた。走行する自動車による軸方向拡散係数 D は、トンネル内の濃度勾配 dc/dx を用いて次式のように表される

$$D = \frac{Q_1}{A_r} \times \frac{dc}{dx}$$

ここに Q_1 : 注入された総ガス量のうち片側坑口方向に流れたガス量

$\frac{dc}{dx}$: (最小二乗法により求めた) ガス濃度勾配

A_r : トンネル断面積



実験から得られた、 Q_1 を用いて上式から軸方向拡散係数 D を整理し表-1に示した。表には、実際のトンネルの軸方向拡散係数

図-2 濃度分布の模式図

を推定するために関連する代表寸

法を用いて次元解析した無次元車

頭間隔、走行レイノルズ数、無次

元拡散係数の値を示した。図-3

は、無次元車頭間隔をパラメータ

に取り無次元拡散係数と走行レイ

ノルズ数の関係を示したものである。

図には他の実験結果 D を併記

した。図から本実験の無次元拡散

係数 D は、走行レイノルズ数 Re_t

が 10^4 前後において Re_t に依存する

こととくにほとんど一定の値をと、

ており、この傾向は他の実験の結果

と異なり、ている。一方、無次元拡散係数 D は、無次元車頭間隔に依存しこの値が小さくなるに従、増加する

傾向にある。この傾向は、他の実験値と同じである。

表-1 諸条件及び拡散係数一覧表

実験 番号	交通量(相当) 台/レーン/h	車頭間隔 l t (m)	無次元車頭間隔 l t / d r	車速 V t (m/s)	拡散係数 D (m ² /s)	無次元拡散係数 D / (V t · d r)	走行レイノルズ数 Re t = V t · d t / ν
1	167	1.2	16.22	5.56	0.37	0.90	6.59×10^3
2	250	↑	↑	8.33	0.62	1.01	9.87×10^3
3	333	↑	↑	11.11	0.77	0.94	1.32×10^4
4	417	↑	↑	13.89	0.94	0.91	1.65×10^4
5	500	↑	↑	16.67	1.125	0.91	1.98×10^4
6	333	0.6	8.11	5.56	0.50	1.215	6.59×10^3
7	500	↑	↑	8.33	0.79	1.28	9.87×10^3
8	667	↑	↑	11.11	1.02	1.24	1.32×10^4
9	833	↑	↑	13.89	1.34	1.30	1.65×10^4
10	1000	↑	↑	16.67	1.42	1.15	1.98×10^4

車 両 模 型 代表直径 $d t = 1.73 \times 10^{-2} m$
トンネル模型代表直径 $d r = 7.40 \times 10^{-2} m$

5、今後の課題

今後、走行レイノルズ数および無次元車頭間隔の範囲を拡大した場合の無次元拡散係数について解析し、自動車による拡散効果の計算法について整理する必要がある。

参考文献

- 1)、天橋秀雄他、「自動車トンネルにおける排気ガス拡散」48巻436号、日本機械学会論文集

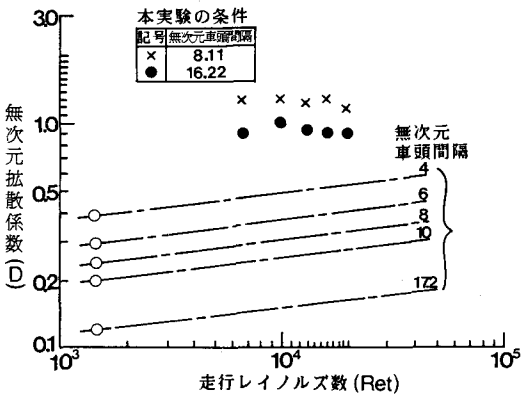


図-3 無次元拡散係数と Re_t の関係