

IV-112 自動車の走行に伴うトンネル内の排気ガス拡散

建設省土木研究所

正会員 水谷 敏則

建設省土木研究所

○正会員 堀内浩三郎

建設省土木研究所

平岡 弘志

1. まえがき

道路トンネルでは、通行する自動車が排出する有害成分によるトンネル内空気の汚染を防ぐため換気が必要である。延長の短いトンネルの換気は、気象条件によってトンネル内を吹きぬける自然風による他、自動車の走行に伴う昇圧力による換気風および自動車がトンネル内空気をかく乱することから生じる汚染物質のトンネル軸方向拡散の効果によって行なわれる。特に、対面交通のトンネルにおいては、自然風および上・下方向の交通量がつり合った状況を想定すると、走行車両によるトンネル軸方向拡散効果のみがトンネルの換気に重要な役割を果たすものである。

本報告では上記の観点から自動車の走行に伴う汚染物質の軸方向の拡散作用（拡散係数）を把握する目的で行なった模型実験の結果を紹介するものである。

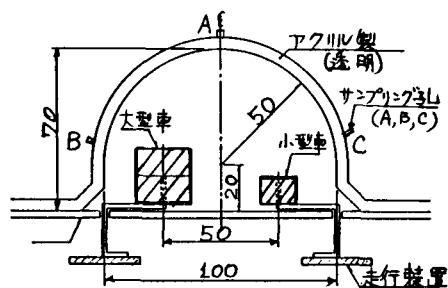


図-1 トンネル模型と走行装置

2. 実験方法

実験は、外風等の影響を受けない風洞内に設置された縮尺 1/100 のトンネル模型（図-1、延長 4m）を用いて行なった。トンネル内には、走行ベルトに取付けた大型車および小型車の模型を配置し、その形状寸法、車頭間隔はトンネル模型の縮率に合わせた。実験条件として車頭間隔は、167 台/h～2667台/h 車線に相当する0.3～2.4 m、大型車混入率は 0～100 % の範囲とし自動車の形状については前面投影面積と車の長さを変化させた。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 5 km/h～80km/h とした。

実験は、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中央のアーチ部に設けた注入口からトレーサガス（ C_2 H_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。濃度の測定は、FID分析計を用いて1断面で3箇所（図-1を参照）を同時に測定した。

4. 実験結果

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。断面内濃度が不均質な注入口付近を除いた区間のガス濃度値から最小2乗法により濃度勾配を求めた。実験から得られ

た注入ガス量 Q_1 を用いて次式から軸方向拡散係数 D を整理した。

$$D = (Q_1 / A_r) / (dc / dx)$$

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

A_r ：トンネル断面積

dc / dx ：ガス濃度勾配

実際のトンネルの軸方向拡散係数と関連づけるために次元解析を行ない、関係する無次元量として次のものを選んだ。

無次元拡散係数 $D_1 = D / V \cdot dr$

無次元車頭間隔 $L_1 = L / dr$

走行レイノルズ数 $Ret = V \cdot dt / \nu$

ここに、 dr ：トンネル代表寸法（7.4 cm）

dt ：自動車の代表直径（ 1.73×10^{-2} m）

V ：自動車の速度（m/s）

ν ：空気動粘性係数

L ：車頭間隔（m）

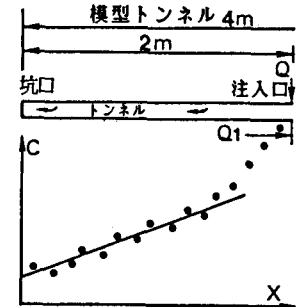


図-2 濃度分布の模式図

図-3は大型車混入率30%の場合について無次元車頭間隔をパラメータとして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。無次元拡散係数 D_1 は同じ無次元車頭間隔で走行レイノルズ数が 3×10^3 以上になると走行レイノルズ数に依存することなく、ほとんど一定の値になっている。

一方、無次元拡散係数 D_1 は無次元車頭間隔に依存し、この値が小さくなるに従って増加する。この図に示す他、無次元拡散係数は大型車の混入率が大きいほど、また、同じ前面投影面積の車両でも車長が長い方が大きい値になっている。

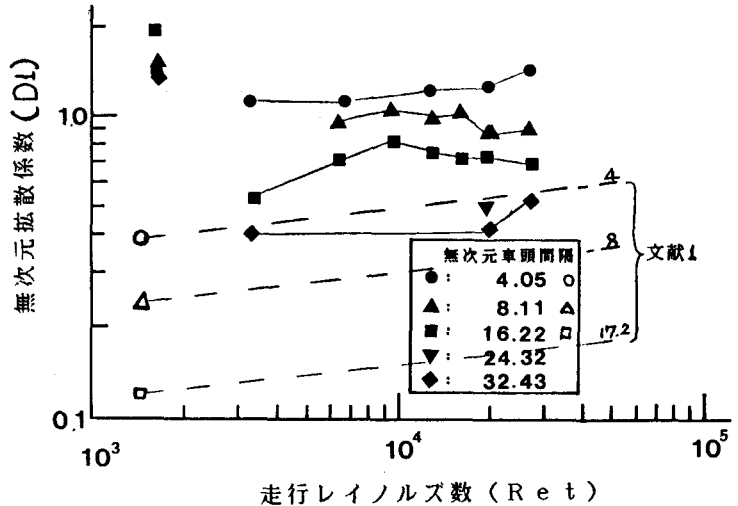


図-3 無次元拡散係数と Ret の関係

参考文献

- 1) 大橋秀雄他、「自動車トンネルにおける排気ガス拡散」 48巻436

日本機械学会論文集