

IV-1 自動車からのCO、ばい煙の排出量の推定

東北大学 学生員 戸田 英次
東北大学 学生員 ○ 小野寺 俊和
東北大学 正 員 武山 泰

1. はじめに

道路トンネルにおける換気計画を策定する場合に把握しておくべき要素の一つとして、自動車からのCO、および煤(ばい)煙の排出量が挙げられる。これについては、1台当りの排出量(排出係数)の分布の平均値および標準偏差を把握する必要がある。

今回は、この分布を決定する特性値の中で最も基本となる平均値を、実際のトンネル内での透過率、CO濃度、風速、交通量(大型車、小型車)の測定結果から推定し、検討を行なった。

2. 調査の概要

○ 調査地点 調査は一般国道48号仙台西道路(宮城県仙台市)の青葉山トンネル下り線(仙台→山形)において、昭和63年11月24日 1:30 AM ~ 昭和63年11月26日 9:30 AM の期間に行なった。

青葉山トンネルは上下線が完全に分離されており、それぞれ2車線ずつの一方交通のトンネルとなっている。トンネルは全長2233(m)、内空断面積 55.57 (m²)であり、ほぼ直線区間である。また、強制換気施設としてジェットファンを装備しているが調査期間中は作動させるほどの高濃度とはならなかった。
○ 調査方法 交通量は、トンネルの山形側出口付近に設置されているループ式の車両感知器による大型車、小型車別の5分間交通量を、また、透過率、CO濃度、風速はトンネル内の山形側出口から50mの地点において、常時測定が行われているデータから5分間隔の値を集計した。

3. 解析方法

トンネル内の排出ガス量の収支を考えることにより、濃度等の測定値から、トンネル内での単位延長当りの平均排出ガス量を把握することができる。

トンネル入口での濃度を c_a (m²/m³)、測定地点での濃度を c_1 (m²/m³)、測定地点までの距離を L (m)、トンネル内の空気流量を Q (m³/s)、時間平均排出量(トンネル単位延長、単位時間当りの排出量)を Q_t (m²/(m·s)) とすると、単位時間に区間入口(トンネル入口)より持ち込まれるガス量は、

$c_a \cdot Q$ 、区間内において発生するガス量は $Q_t \cdot L$ 、区間出口(測定地点)より運び出されるガス量は、 $c_1 \cdot Q$ となる。したがって、

$$c_a \cdot Q + Q_t \cdot L = c_1 \cdot Q$$

となる。ここで、トンネル断面積を A_R 、トンネル内風速を V_R とすると $Q = A_R \cdot V_R$ であり、 $c_a = 0$ と仮定すると、 Q_t は次式により得られる。

$$Q_t = A_R \cdot V_R \cdot \frac{c_1}{L} \quad (1)$$

また、時間平均排出量は交通量および車種別排出係数から次式を用いて求められる。

$$Q_t = V_w \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{1000} \cdot \sum_{i=1}^2 (E_i \cdot N_i) \quad (2)$$

E_i : 車種別排出係数(g/(km·台))

N_i : 車種別時間交通量(台/h)

i : 小型車 = 1、大型車 = 2

V_w : 体積換算係数(m²/g)

COについては、20℃、1気圧で859m²/g時間平均排出量を表す(1)、(2)の2式より

$$A_R \cdot V_R \cdot \frac{c_1}{L} \cdot \frac{1}{V_w} \cdot 3600 \cdot 1000 = \sum_{i=1}^2 (E_i \cdot N_i) \quad (3)$$

が得られる。

煤煙についても同様に表されるが、単位は、濃度(1/m)、 Q_t (m²/(m·s))、 E_i (m²/(km·台))となり、 V_w は無視される。また、煤煙濃度 α (1/m) は実測した100mの透過率 τ (%) から次式を用いて算出した。

$$\alpha = - \frac{1}{100} \cdot \log_{10} \frac{\tau}{100}$$

実測値(CO濃度、透過率、交通量、風速)の30分間(5分間×6)平均値を算出し、(3)式に測定時間(56時間)分のデータを代入することにより、

$$Y = E_1 \cdot X_1 + E_2 \cdot X_2$$

の形の式をCO、煤煙濃度のそれぞれについて112個

得る。ここで、Yは(3)式の左辺、 X_1 、 X_2 は小型車および大型車交通量である。これらに最小自乗法を適用することにより残差の自乗和を最小とする値として、小型車、大型車の排出係数の平均値 E_1 、 E_2 が次式により得られる。

$$E_1 = \frac{\Sigma(Y \cdot X_1) \Sigma X_2^2 - \Sigma(Y \cdot X_2) \cdot \Sigma(X_1 \cdot X_2)}{\Sigma X_1^2 \cdot \Sigma X_2^2 - (\Sigma X_1 \cdot X_2)^2}$$

$$E_2 = \frac{\Sigma(Y \cdot X_2) - E_1 \cdot \Sigma(X_1 \cdot X_2)}{\Sigma X_2^2}$$

4. 結果と考察

実測結果から算出されたCO、煤煙の排出係数、および環境アセスメント¹⁾、トンネル技術基準²⁾で用いられている値を表-1に示す。

環境アセスメントでは、COに関して走行速度別排出係数が示されていることから、現地での平均走行速度約70km/hに対応する値を直線補間により算出し示した。煤煙については環境アセスメントの対象となっておらず、排出係数は示されていない。

また、トンネル技術基準では小型車、大型車という分類ではなく、ガソリン車、ディーゼル車という分類で排出ガス量が示されている。ここでは、昭和60年交通センサス³⁾から、走行台キロベースの、ディーゼル車の割合を求め(大型車 95.3%、小型車 14.8%)、これを用いて、小型車、大型車の排出係数を合成した。

COの排出係数については、今回の値と環境アセスメントの値が、小型、大型ともにほぼ一致しており、トンネル技術基準が、かなり大きな値となっている。これは、換気検討において、COに対しては

かなり大きい安全率が考慮されていること、また、近年、自動車からのCO排出量が大幅に減少していることなどによるものと考えられる。

煤煙の排出係数については、今回の値とトンネル技術基準の値とは、ほぼ一致しているといえる。ただし、今回トンネル入口での濃度を $c_0=0$ と仮定したことにより、トンネル内の排出量については幾分過大評価となっているものと思われる。

CO、煤煙それぞれの時間平均排出量について、実測した風速、濃度(30分間平均値)を用いて(2)式より求めた Q_{t1} と、今回推定した排出係数と実測した時間交通量(30分間平均値)を用いて(3)式より求めた Q_{t2} の相関を図-1に示した。

5. まとめ

トンネル内での実測データを解析し、CO、煤煙のそれぞれについて小型車、大型車別の排出係数を推定した結果、他の資料の値とほぼ一致した値が得られた。今後は、排出係数を分布形として、あるいは、分布のばらつきの指標である標準偏差について実測値から把握することが課題となる。

最後に、調査において多大な御協力を頂きました建設省東北地方建設局仙台工事事務所、並びに仙台西国道維持出張所の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 『道路の環境』交通工学研究会編、技術書院
- 『道路トンネル技術基準(換気編)・同解説』日本道路協会、昭和60年12月
- 『昭和60年度道路交通センサス(全国道路交通情勢調査)報告書』建設省道路局、昭和62年3月

表-1 排出係数一覧

	物質	小型車	大型車
調査結果	CO	1.14	1.37
	煤煙	0.199	3.74
環境アセスメント	CO	1.16	1.51
	煤煙	—	—
トンネル技術基準	CO	8.15	8.15
	煤煙	0.171	3.22

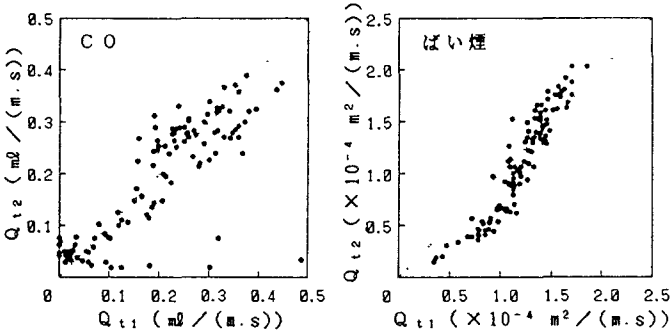


図-1 CO、ばい煙の Q_{t1} と Q_{t2} の相関