

道路トンネルの換気設備設計に用いる速度勾配補正係数に関する一考察

(独)土木研究所 正会員 ○石村 利明、真下 英人

1. はじめに

現在の道路トンネルの換気設備設計は、トンネル延長・断面等の諸条件、交通量、換気対象物質である煤煙・一酸化炭素の自動車 1 台あたりの排出量および走行速度や縦断勾配による影響を考慮した煤煙の補正等をもとに、所要換気量を算定している。しかし、現行基準で定めている煤煙の速度勾配に対する補正係数は、平成元年の台上試験結果をもとに設定されたものであり、その後実施されてきた自動車排出ガス規制の効果を反映されたものとなっていない。トンネル換気設備設計を合理的に実施するためには、自動車 1 台あたりの排出量や速度勾配補正係数を見直していく必要があり、台上試験および実態調査等により自動車排出ガス量の変化を調査・把握し、基準での対応を考えていく必要がある。本報告は、近年の自動車排出ガス規制の適合車を対象としたディーゼル車を用いた台上試験を行い、速度および縦断勾配を変化させた時の自動車から排出される煤煙の排出量から、道路トンネルの換気設備設計に用いる速度勾配補正係数について検討を加えたものである。

2. 検討方法

近年の排出ガス規制を考慮した速度勾配補正係数の検討を行うため、自動車排出ガス規制の新短期規制および新長期規制に適合したディーゼル車を用いて、台上試験により速度および縦断勾配を変化させた時の自動車から排出される煤煙の排出ガス濃度の測定を行った。

試験に使用した台上試験装置(シャシダイナモメータシステム)の概要を図-1に示す。システムは、シャシダイナモメータ、吸入空気流量計、燃料流量計、直接排出ガス用分析計、オパシメータ等から構成される。煤煙は、オパシメータを用いて光源と受光部の間に排出ガスを流した際の光強度の損失を測定することにより、透過度、吸光係数を測定した。

試験車両は表-1に示すように小型車 1 台および大型車 4 台、合計 5 台の新短期および新長期の排出ガス規制適合車として、排出ガスの後処理方式の異なる車両とした。

試験条件は、定速走行モード(40km/h、60km/h、80km/h)および実走行モード(新建設省モードの

TEC6(平均車速:56.3km/h)、TEC7(平均車速:61.3km/h)、TEC9(平均車速:83.4km/h)で縦断勾配(-4%~+6%)を変化させて実施した。試験時の積載条件は、半積載および定積載とした。

3. 検討結果

3.1 縦断勾配による煤煙および排出量

図-3に走行速度 60km/h(定速 60km/h、実走行 TEC7)時の各車両における 1 台あたりの煤煙の排出量について、走行モード・積載条件毎に縦断勾配との関係を示す。まず、0%勾配の時の排出量を見ると、車両によるばらつきはあるものの、小型車・大型車の区別を含む車両、走行モード、積載条件の違いによる顕著な差異は見られず、煤煙の排出量は最大でも 0.1m²/km と非常に少ない。過去に実施された長期規制車の台上試験

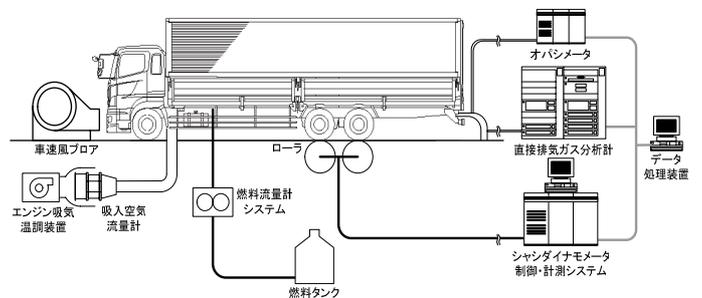


図-1 台上試験装置(シャシダイナモメータシステム)の概要
表-1 試験車両一覧

車体		小型車	大型車1	大型車2	大型車3	大型車4
		車両重量(kg)	1750	3790	11670	3740
	最大積載量(kg)	1050	4000	13200	4100	13900
	車両総重量(kg)	3130	7955	24980	7950	24915
原動機	燃焼方式	直接噴射方式	直接噴射方式	直接噴射方式	直接噴射方式	直接噴射方式
	吸気方法	インタークーラー付きター	自然吸気	インタークーラー付きター	インタークーラー付きター	インタークーラー付きター
	シリンダ配列・気筒数	直列4気筒	直列6気筒	直列6気筒	直列6気筒	直列6気筒
	圧縮比	18.5	18.5	17.5	17.5	16.5
	総排気量(cc)	2494	7166	12913	7545	9203
	最高出力(kW/rpm)	80/3400	140/2900	279/1800	177/2700	265/2200
	最大トルク(N·m/rpm)	260/1600~2600	500/1500	1912/1100	686/1400	1442/1400
	排出ガスの後処理方式	酸化触媒	粒子状物質低減装置(酸化触媒+セラミック製フィルター)	粒子状物質低減装置(酸化触媒+セラミック製フィルター)	粒子状物質低減装置(酸化触媒+ワイヤメッシュ式フィルター)	NOx還元触媒
	排気ガス規制年度	新短期	新短期	新短期	新短期	新長期
	既走行距離(km)	13600	7400	139100	3900	2800

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所 TEL 029-879-6791

結果¹⁾によれば、走行速度 60km/h 時の半積載の条件で煤煙の排出量は最大 1m²/km 程度であり、その値と比較すると約 10%と非常に小さい値となっている。

次に、縦断勾配の違いによる排出量は、車両および走行条件によって傾向が異なるものの、縦断勾配が下り（-）の場合に小さく、縦断勾配が上り（+）の場合で大きくなる傾向が認められる。

しかし、縦断勾配が上りの+4%の時で最大約 0.3m²/km であり、長期規制の排出ガス規制適合車を対象にした台上試験結果¹⁾では縦断勾配が上りの 4%の走行速度 60km/h の時の最大値の約 3m²/km と比較しても非常に小さい。また、0%勾配時と同様に、小型車・大型車の区別を含む車両、走行モード、積載条件の違いによる顕著な差異は認められない。

なお、走行速度が 40km/h、80km/h 時の条件でも同様な傾向が認められた。したがって、速度勾配補正係数を検討する上では、車両、走行モード、積載条件を区別せずに整理できるものと考えられる。

3.2 速度勾配補正係数の設定方法の考え方

図-3 に全車両の排出量の結果を用いて 0%勾配の排出量を基準として、各走行速度別に土の各縦断勾配における排出量の直線回帰による近似線を示した。ここで、直線回帰で近似したのは、一部の車両の排出量が近似式から求まる排出量以上を示すことになるが、一般には道路を走行する車両は種々の車両が混在していること

から、全ての車両が近似式から求まる排出量以上となることはないと考え、平均的な値を採用した。

図中の近似式より、走行速度の条件により多少の差異はあるものの、縦断勾配に

よる増加を考慮した場合、縦断勾配が上り 4~6%の時でも約 0.1 m²/km と少ないことが分かる。この値は、過去数年間にわたって実施された供用中の道路トンネルでの実態調査をもとに、2012 年の煤煙排出量は大型車で約 2m²/km（巻き上げ粉じん 1.22 m²/km、自動車からの排出ガス 0.72m²/km）、小型車で約 0.2 m²/km（巻き上げ粉じん 0.13 m²/km、自動車からの排出ガス 0.06 m²/km）まで減少するものと予測²⁾した時の自動車からの排出ガス分と比較すると、小型車で若干上回るものの、大型車では非常に小さく、自動車からの排出ガス分の値に包含されていることが分かる。したがって、新短期および新長期の排出ガス規制の適合車では、車両によっては速度勾配補正係数を設定する必要がない可能性が高いと考えられる。

今後、車両別および各排出ガス規制適合車の構成割合等を考慮した検討を行い、1 台あたりの煤煙排出量の設定値とともに速度勾配補正係数を設定することが必要である。

参考文献

- 1) 財団法人高速道路調査会：平成 13 年度トンネル換気設計手法に関する調査研究報告書、P164~P165、平成 14 年 2 月
- 2) 真下英人、石村利明、森本智：道路トンネルの換気施設設計に用いる自動車 1 台あたりの排出ガスの排出量に関する研究報告書、P35、平成 18 年 3 月

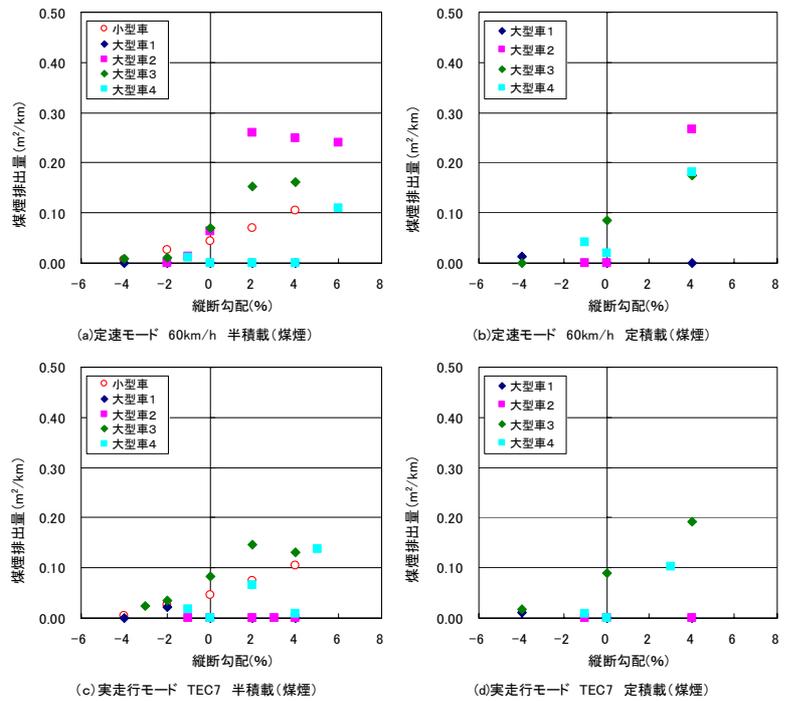


図-2 走行速度 60km/h 時の煤煙排出量と縦断勾配の関係

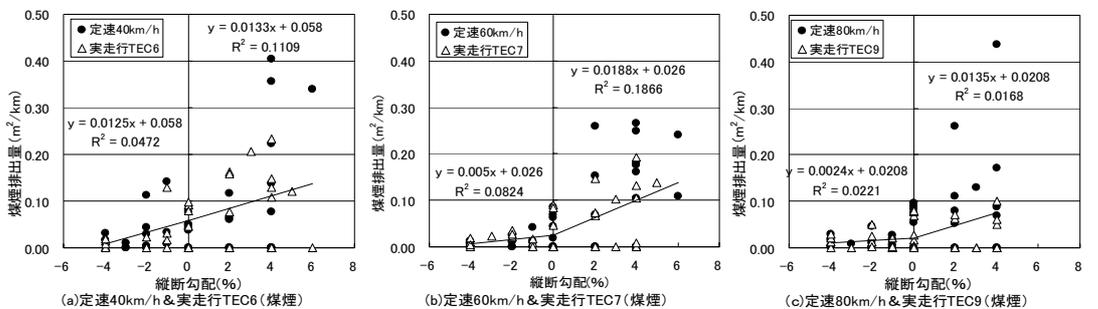


図-3 走行速度毎の排出量と縦断勾配の関係