

トンネル換気設計の合理化検討

中日本高速道路(株)正会員山田隆昭

中日本高速道路(株)正会員○下田哲史

1. はじめに

トンネル換気設計の設計交通量には設計交通容量、設計時間交通量等が採用され、一般的に設計時間交通量を採用する場合は計画目標年次における 30 番目時間交通量とすることが標準とされている。

また、所要換気量を求めるには、対象路線区間における小型車、大型車別の走行台数を必要とし、従来、煤煙に対する換気量は煤煙発生量の多い大型車台数による影響が大きいものと考えられることから 30 番目時間交通量における 30 番目大型車台数を用いれば、換気量も 30 番目相当のものが得られると想定されていた。

しかし、昨今の排出ガス規制効果の実態によれば、大型車台数順位と所要換気量順位との相関性が低くなってきたことより、現状を踏まえた換気設計を行うための補正率等について検討を行った。

2. 設計交通条件の変遷

高速道路トンネル換気設計に用いる交通条件の変遷を表-1 に示すが、設計大型車混入率の算定に用いる修正率 α 、 β については導入時の昭和 53 年以降、基本的な考え方に変更は無い。

修正率 α 、 β はそれぞれの対象汚染物質に対する交通条件を算定するために、大型車および小型車の 30 番目時間交通量をもとに設計大型車混入率を導く修正率となっているものである。煤煙を対象とする α は、大型車による影響が大きいため 30 番目時間交通量に対する 30 番目時間大型車台数の比を用いて算出し、一酸化炭素 (CO) を対象とする β は、CO 排出量には大型車、小型車の区分がないことより小型車の 30 番目時間交通量を対象としているものである。

表-1 換気設計に用いる交通条件の変遷

日付	交通量などの設定																																		
S37.5 伊吹山氏 著書2)	少なくとも30番目時間交通量、すなわち年平均日交通量の15%を目標として設計すべきである。 ※アメリカの交通容量の本に、道路を計画するにあたって、交通量が非常に多いけれども、1年に2、3回しかおこらない時間交通量を対象とすることは、明らかに不経済であるということで、その変曲点として30番目時間交通量という記載がある。																																		
S39.9.7 設計要領①	可能交通量を使用（対面：2500台/h、一方2車線：4400台/h）																																		
S44.12.3 設計要領②	30番目交通量の記載あり																																		
S53.2.13 設計要領③	交通量 ・推定時間交通量＝20年後の推定交通量(台/日)×K/100×D/100 K：年平均日交通量に対する30番目時間交通量の割合 D：往復合計の交通量(1時間単位)に対する重方向交通量の割合(通常60) 設計大型車混入率 大型車混入率の路線区分による修正率α、β <table><tr><td></td><td colspan="2">燃煙に対するα</td><td colspan="2">COに対するβ</td></tr><tr><td>燃煙に対するα：</td><td>山地部</td><td>0.8</td><td>平地部</td><td>0.1</td></tr><tr><td>α＝$\frac{30\text{番目時間大型車台数}}{30\text{番目時間交通量}} \times \frac{1}{\text{年平均大型車混入率}}$</td><td>市街部</td><td>0.9</td><td></td><td>0.2</td></tr><tr><td>COに対するβ：</td><td></td><td>1.0</td><td></td><td>0.3</td></tr><tr><td>β＝$\frac{30\text{番目時間交通量}-30\text{番目小型車台数}}{30\text{番目時間交通量}} \times \frac{1}{\text{年平均大型車混入率}}$</td><td colspan="4"></td></tr></table>					燃煙に対するα		COに対するβ		燃煙に対するα：	山地部	0.8	平地部	0.1	α＝ $\frac{30\text{番目時間大型車台数}}{30\text{番目時間交通量}} \times \frac{1}{\text{年平均大型車混入率}}$	市街部	0.9		0.2	COに対するβ：		1.0		0.3	β＝ $\frac{30\text{番目時間交通量}-30\text{番目小型車台数}}{30\text{番目時間交通量}} \times \frac{1}{\text{年平均大型車混入率}}$										
	燃煙に対するα		COに対するβ																																
燃煙に対するα：	山地部	0.8	平地部	0.1																															
α＝ $\frac{30\text{番目時間大型車台数}}{30\text{番目時間交通量}} \times \frac{1}{\text{年平均大型車混入率}}$	市街部	0.9		0.2																															
COに対するβ：		1.0		0.3																															
β＝ $\frac{30\text{番目時間交通量}-30\text{番目小型車台数}}{30\text{番目時間交通量}} \times \frac{1}{\text{年平均大型車混入率}}$																																			
H9.10.1 設計要領	K値・D値・α・βの細分化 <table><tr><td></td><td>都市型</td><td>都市近郊型</td><td>郊外型</td><td>地方型</td><td>通過型</td></tr><tr><td>K値</td><td>8</td><td>10</td><td>14</td><td>18</td><td>11</td></tr><tr><td>D値</td><td colspan="5">60</td></tr><tr><td>α</td><td>1.1</td><td>1.1</td><td>0.7</td><td>0.6</td><td>1.3</td></tr><tr><td>β</td><td>0.4</td><td>0.3</td><td>0.3</td><td>0.2</td><td>0.4</td></tr></table>						都市型	都市近郊型	郊外型	地方型	通過型	K値	8	10	14	18	11	D値	60					α	1.1	1.1	0.7	0.6	1.3	β	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4
	都市型	都市近郊型	郊外型	地方型	通過型																														
K値	8	10	14	18	11																														
D値	60																																		
α	1.1	1.1	0.7	0.6	1.3																														
β	0.4	0.3	0.3	0.2	0.4																														
	以降、交通量の考え方については変更なし																																		

3. 煤煙発生量の低減と換気量

昭和 53 年から現在までの換気設計要領に用いる煤煙排出量の車種別設計基準値の変化を表-2 に示す。これよりディーゼル車の排ガス規制効果によって、煤煙排出量の大型車と小型車の比率が時代とともに小さくなっていることが確認できる。

表-2 煤煙排出量の車種別設計基準値

適用基準年	煤煙排出量(m ² /台・km)		比率
	大型車	小型車	
昭和 53 年	6.0	0.2	30：1
平成 9 年	5.1	0.5	10：1
平成 14 年	2.3	0.8	3：1

表-3 に示す算定条件で平成 15 年実績交通量データをもとに煤煙発生量を適用基準年毎に変化させ、時間別の換気量を算出した。その時間別交通量（全車,大型車）と対応する換気量との関係を図-1 に示す。 大型車交通量と換気量の関係に着目すると、昭和 53 年と平成 9 年の設計要領では大型車交通量と換気量に相関があり、

キーワード トンネル換気，設計大型車混入率，煤煙発生量，修正率 α

表-3 算定条件

項目	条件
対象トンネル	断面積 55.8m ² (Ⅲ-a：1種3級相当) 延長：2000m、勾配 拌み勾配±1.0%
排出量	平成 28 年度以降
煤煙透過率	$\tau = 50\%$
走行速度	80km/h

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 中日本高速道路（株）中央研究所道路研究部，Tel.042-791-1621

平成14年の基準では大型車交通量と換気量に相関は無くなり、むしろ、全車交通量との相関が高い結果となった。

これは、大型車と小型車の煤煙排出量の比が30:1から3:1に小さくなったため大型車の換気量への寄与率が小さくなったことが原因である。

4. 補正值 S_α , S_β の提案

煤煙に対する大型車混入率の補正率 α の見直しを行う算出方法に、設計所要換気量は30番目換気量相当を算定する従来の考えを踏襲することとした。

平成15年全国時間交通量データより79区間の時間交通量を抽出し、30番目換気量時に30番目時間交通量が通過すると仮定して30番目換気量から逆算した大型車混入率と年平均大型車混入率との比を算出し、修正率 α に替わる補正值 S_α = 「煤煙に対する30番目時間換気量への大型車混入率の補正值」と改めた。COに対する大型車混入率の補正率 β の見直しを行う算出方法には、COの場合は大型車、小型車ともに同じ排出量で、速度・勾配補正も無いため30番目時間交通量が通過すると仮定すれば、大型車混入率に関係なく換気量順位は30番目となることより、実現しうる交通状況を想定すると、30番目時間交通量時の大型車混入率と年平均大型車混入率との比を算出れば良いことになり、修正率 β に替わる補正值 S_β = 「COに対する30番目時間換気量への大型車率の補正值」と改めた。表-4に提案した大型車混入率の補正值 $S_\alpha \cdot S_\beta$ の算定結果を示す。

5. 考察

大型車混入率の補正值 S_α , S_β を採用した場合と従来の修正率 α , β を採用した場合のトンネル延長とその所要換気量の関係を図-2, 図-3に示す。煤煙及びCOに対する換気量のいずれにおいても補正值 S_α , S_β の採用により、H14年設計要領に比べて対面通行で1～2割程度、一方通行で1～3割程度の換気量の低減が確認された。また、同じ設計交通量であれば、従来と同様にCOよりも煤煙による換気量が常に大きいことが分かる。

今回、交通量実態の分析と換気設計に用いる設計交通量の算出方法を検討し、新たな補正值を提案することによって、更なる合理的かつ経済的な換気設計が可能となった。

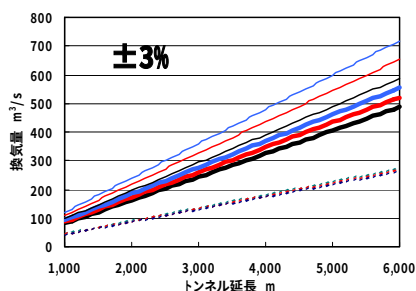


図-2 所要換気量の比較（対面通行）

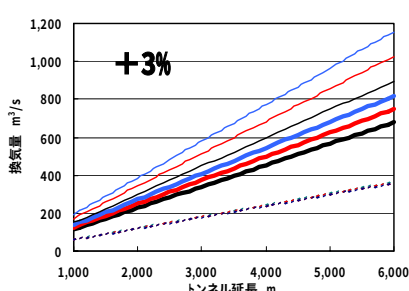


図-3 所要換気量の比較（一方通行）

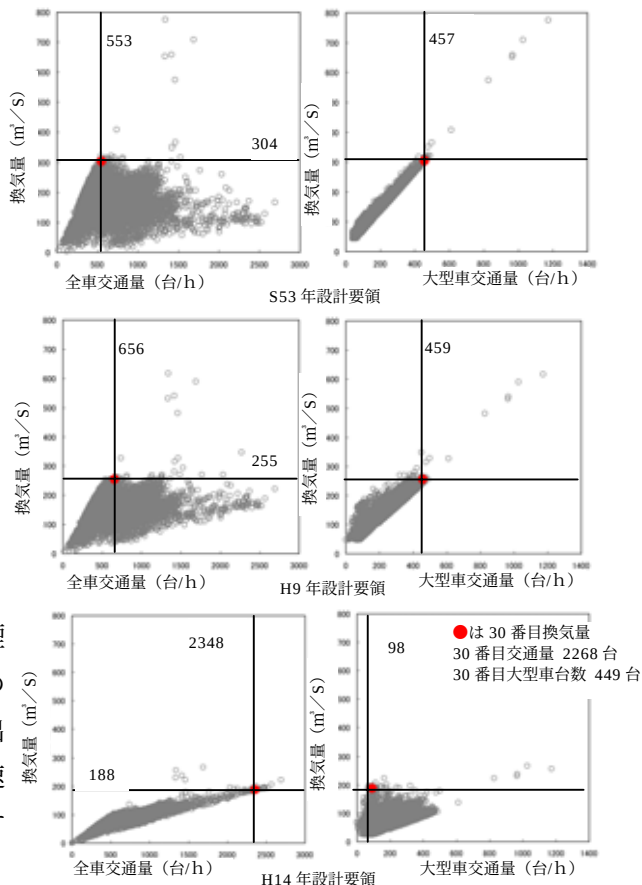
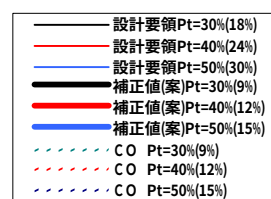


図-1 設計要領別の時間別交通量と換気量

表-4 大型車混入率の路線区分による補正值 $S_\alpha \cdot S_\beta$

煤煙に対する S_α 設計大型車混入率 = 年平均大型車混入率 $\times S_\alpha$					
COに対する S_β 設計大型車混入率 = 年平均大型車混入率 $\times S_\beta$					
	都市型	都市近郊型	郊外型	地方型	通過型
S_α	0.8	0.6	0.3	0.3	0.6
S_β	0.8	0.4	0.3	0.3	0.2

凡例



()内の数値は補正後の大型車混入率