

고속도로 터널 오염물질과 환기시설 설계

이 상 표 | 한국도로공사 설비과장
E-Mail : khclsp@freeway.co.kr

1. 서론

고속도로 터널에 연장이 1,000m가 넘는 장터널은 2003년도 현재 20개소에 이르고 있다. 1969년 정부고속도로 개통이후, 1994년 영동고속도로 마성터널이 최초의 기계식 환기터널이었으며, 이후 10여년만에 현재와 같이 장터널이 증가하여 2007년도에는 50개소 이상이 될 전망이다.

과거 고속도로 건설시에는 기술적, 경제적 사유로 장터널이 많이 포함되지 않았으나, 터널관련 건설기술의 발달과 함께 도심지를 통과하는 시가지도로 건설이나 국립공원 등 자연환경 보존지역을 통과하는 도로의 건설시, 도로선형을 직선화하면서도 자연환경 훼손을 최소화할 수 있는 건설방법의 일환으로 장터널이 증가하고 있다.

장터널 건설관리 경험이 풍부한 일본 및 유럽 등지에서는 터널내 오염물질 처리에 대한 연구가 활발히 이루어져 오염물질별 처리기술이 다양하게 소개되고 있다. 국내 터널 환기기술도 1990년대초 외국의 설계방식을 그대로 적용하는 단계를 벗어나 국내 실정에 맞는 설계, 시공, 유지관리 등 기술 전권이 빠르게 정착되고 있으나, 터널내 오염물질의 종류와 운전자에게 미치는 영향도 등 공기질 관리분야에서는 적절한 기준이나 연구가 미흡한 실정이다.

본고에서는 한국도로공사가 관리하고 있는 고속도로 장터널내 오염물질 상태와 이를 처리하기 위한 환기시설 설계 및 운전기준 등 도로터널 환기분야 전반 사항을 실무 경험을 토대로 소개코자 한다.



그림 1. 터널내부 전경



그림 2. 중앙감시실 전경

2. 본 론

2.1 도로터널 특성

도로터널은 차량이 주행하는 도로조건과 지하공간과 같은 밀폐된 공간 특성을 갖고 있어 주행중 차량에서 배출되는 매연 등 여러가지 오염물질이 쉽게 외부로 배출되지 못함에 따라, 연장이 길어질 경우 오염도 값이 누적되어 터널내 운전자에 불쾌감과 함께 안전운전에 지장을 초래할 수 있다.

이와 같은 공기오염 문제와는 별도로 차량사고에 의한 화재발생 위험이 상존하며, 이때 발생하는 화재연기는 자칫 인명피해를 불러올 수 있어 오염공기 처리와 함께 화재로부터 고객 안전확보를 위한 여러시설을 필요로하게 된다.

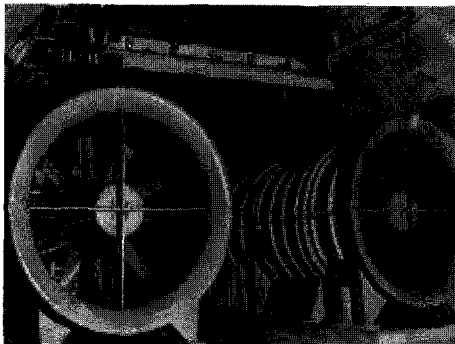


그림 3. 수직갱 축류팬 전경



그림 4. 터널내 차량화재 전경

2.2 오염물질 종류와 기준

도로터널 환경조건으로는 건설교통부 「도로의 구조·시설기준에 관한 규칙」에서 CO(일산화탄소) 및 NO_x(질소산화물)의 농도와 터널내 최고 풍속에 대한 허용기준을 제시하고 있다. 한국도로공사에서는 '97.10월 「고속도로터널 환기시설 설계기준」 제정시 위 기준값과 국제상설도로회의(Permanent International Association of Road Congresses, PIARC) 권장값을 참고하여, 상기 CO 및 NO_x의 입자상 오염물질인 매연에 의한 소광계수(가시거리)의 농도를 제한하여 시설설계의 기준으로 운용하고 있다.

표 1. 오염물질의 종류 및 기준

오염물질		교통속도	
		40~50km/h	60~80km/h
가 시 거 리 (VI)	소광계수 (K _{lim})	0.007m ⁻¹	0.006m ⁻¹
	100m (투과율)	50%	55%
일산화탄소(CO)		전속도 100ppm	
질소산화물(NO _x)		전속도 25ppm	

표 2. 투과율과 쾌적성(PIARC '79)

투과율(%)	상 황	K _{lim} (m ⁻¹)
100~60	쾌적한 상태	0.000~0.005
60~50	매연이 눈에 보임	0.005~0.007
50~40	약간 불쾌한 상태	0.007~0.009
40~30	매우 불쾌한 상태	0.009~0.012
30이하	허용할 수 없는상태	0.012 이상

※ 터널내 제한풍속 : 10m/s 이내(일방향 통행기준)

표 3. 외국터널의 오염도 허용기준(PIARC '95)

교통상태	CO(ppm)		NOx(ppm)	소광계수 ($\times 10^{-3}m^{-1}$)	
	1995	2010		투과율(%)	
50~100 km/h	100	70	25	5	60
매일혼잡	100	70	25	7	50
극도로 혼잡한 통행	150	100	25	9	40
터널유지보수	30	20	25	3	75
터널차단	250	200	25	12	30

가스상 오염물질인 CO 및 NO_x의 유해성에 대하여는 일반적으로 많이 알려져 별도의 설명을 생략하겠으나, 도로터널 환경이 주행중인 차량 내부의 사람에게 비교적 짧은 시간 간접적으로 노출된다는 점에서 기존의 대기환경 및 일반 지하공간 환경과는 또다른 기준을 필요로 하게 된다.

입자상 오염물질은 경유차에서 배출되는 매연 등 미세 입자류를 지칭한다. 이러한 미세 입자류는 농도가 높아질수록 빛의 투과율을 저하시켜 운전자의 가시거리를 떨어뜨리므로 허용농도를 제한하게 되며, 이때 매연의 농도와 가시도와의 상관관계는 MIRA의 관계식을 적용하여, 소광계수(K)나 매연 투과율(τ)로 오염정도를 표시한다. 여기서 MIRA의 관계식은 $K = 6.25 C_s$ 이며 C_s 는 매연의 농도(g/m^3)이다.

이와 같이 터널에서의 매연 등 미세 입자류는 운전자의 가시도 확보차원에서 다루어지고 있으나, 최근 미세 입자의 인체 유해성이 알려지면서 터널 내 공기질상태에 대하여도 관심이 높아지고 있는 상태이다.

이밖에 터널내 과도한 풍속은 주행차량의 안전운행에 지장을 줄 수 있고, 유지관리를 어렵게할수 있어 일방향 터널은 10m/s, 양방향 터널은 8m/s를 넘지 않도록 제한하고 있다. 터널 설계시 풍속은 환

기방식 결정에 중요한 요인으로 작용되는데, 제한 풍속을 높일수록 터널 단면을 적게 할 수 있어 건설비가 절감되는 반면, 환기기 규모 및 운영비는 급격히 증가하게되어 여러 환기방식에대한 신중한 비교 검토를 필요로 하게된다.

일반적으로 실내 공기질은 지하역사와 지하상가를 대상으로 하는 환경부의 지하생활공간 공기질 관리법과 공중이용시설을 대상으로 하는 보건복지부의 공중위생 관리법 등으로 관리되고 있으나 도로터널에 대하여는 별도로 설정된 관리기준이 없는 상태이다. 최근에 이르러 도로터널 공기질에 대한 관심도가 높아지면서 기준 설정의 필요성이 제기되기도 하는데, 터널내 적정 공기질 수준은 차량이 주행하는 교통특성이 충분히 감안되어야 할 것으로, 대기 및 지하환경의 공기질 기준과 직접 비교는 바람직하지 않다고 생각된다.

외국의 경우에도 터널내 오염물질의 종류와 농도 기준 설정방법에 대하여는 국내와 큰 차이를 보이고 있지는 않으나, 허용농도 기준값 자체는 점차 강화되는 경향을 보이고 있고, 일부 국가별로는 특정 오염물질이 운전자나 터널내 기기에 미치는 유해성이 인정되어 오염물질별 제한 기준의 폭을 확대하고 있다.

표 4. 기준별 오염물질 허용농도 비교

항 목	환경기준	지하공기질기준	공중위생관리법 오염허용기준	고속도로터널환기 시설 설계기준
아황산가스 (SO ₂)	연간 평균치 0.02ppm 이하 24시간평균치 0.05ppm 이하 1시간 평균치 0.15ppm 이하	1시간 평균치 0.25ppm 이하	-	-
일산화탄소 (CO)	8시간 평균치 9ppm 이하 1시간 평균치 25ppm 이하	1시간 평균치 25ppm 이하	1시간 평균치 25ppm 이하	100ppm 이하
이산화질소 (NO ₂)	연간 평균치 0.05ppm 이하 24시간평균치 0.08ppm 이하 1시간 평균치 0.15ppm 이하	1시간 평균치 0.15ppm 이하	-	-
미세먼지 (PM-10)	연간 평균치 70 μ g/m ³ 이하 24시간평균치 150 μ g/m ³ 이하	24시간평균치 150 μ g/m ³ 이하	24시간 평균치 150 μ g/m ³ 이하 (실내공기정화시설 안의 퇴적분진량)	-
오존(O ₃)	8시간 평균치 0.06ppm 이하 1시간 평균치 0.1ppm 이하	-	-	-
납(Pb)	3개월 평균치 1.5 μ g/m ³ 이하	24시간 평균치 3 μ g/m ³ 이하	-	-
이산화탄소 (CO ₂)	-	1시간 평균치 1,000ppm 이하	1시간 평균치 1,000ppm 이하	-
포름알데히드 (HCHO)	-	24시간 평균치 0.1ppm 이하	-	-
가시거리	-	-	-	0.006 ~ 0.008m ⁻¹ 이하
질소산화물 (NO _x)	-	-	-	25ppm 이하
풍속(m/s)	-	-	-	10m/s이하

2.2.1 오염물질 측정

환기시설이 설치되는 고속도로 터널(일반적으로 1,000m이상 터널)에는 연속측정 방식의 계측기를 설치하여 년중 오염농도를 실시간으로 계측하고, 환기시설 운영의 기준으로 삼고 있다.

VI 계측기는 빛의 투과율이 미세입자에의해 저하되는 현상을 이용하여 측정하고, CO 및 NO_x 계측기는 가스물질이 종류별로 서로 다른 적외선 흡

수대역을 가지는 특성을 이용하여 측정하는 터널 전용 계측기이다. 설치위치는 오염도 값이 터널 연장에 따라 직선적으로 증가함을 고려하여 농도값이 최고를 보이는 출구부 설치를 기본으로 한다. 그러나 출구부의 오염농도 최고 위치는 외부 풍속과 통과 교통량 등의 영향으로 터널 중간부로 이동될 수 있고, 환기기 구역별 제어방법 적용 및 터널내 비상시를 대비한 모니터링 기능의 강화 필요성 등 여러

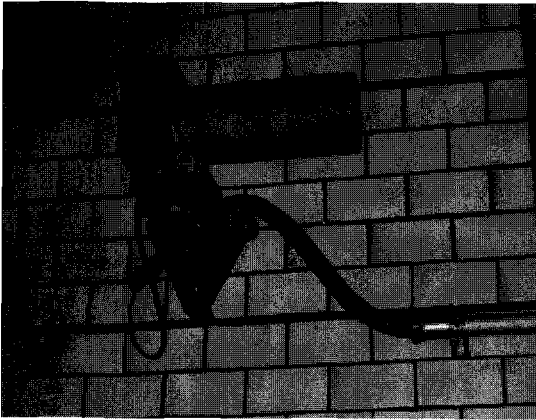


그림 5. V/CO계측기

설계조건을 종합적으로 검토하여 결정하게 된다.

터널내 설치되는 풍향.풍속계는 초음파 도달 속도가 풍속에 의하여 지연되는 특성을 이용한 터널 전용의 계측기로, 터널내 풍향.풍속은 위치에 관계 없이 일정한 것으로 간주할 수 있어, 중간부 설치를 기본으로 한다. 그러나 터널연장이 길어질 경우에는 터널내 국부적인 풍속 차이가 발생하는 등 상기 가스상 오염물질 계측기와 마찬가지로 여러 설계조건을 감안하여 설치하게 된다.

이상과 같은 터널내 오염물질 계측값은 실시간으



그림 6. 풍향풍속계

로 측정되며 매1분 단위 평균값으로 수집되어 환기 시설 자동운전 데이터로 제공된다. 다음은 환기관련 오염도 실태 조사차 휴대용 계측기를 사용하여 측정된 결과와 터널내 설치된 계측기의 측정결과를 요약한 것으로 도로터널내 오염도 수준을 가늠할 수 있도록 하였다.

2.2.2 터널별 오염도

(1) 영동고속도로 마성터널

마성터널은 기계식 환기시설이 설치된 최초의 고속도로 터널로 수도권에 위치하고 교통량이 비교적 많아 그간 수 차례 환경 측정이 이루어졌다.

1996년 한국건설기술연구원에서 수행한 터널환기시설에 관한 연구와 관련하여 8.14~8.17일 기간 중 오염물질 농도를 측정된 결과, SO₂는 약 50ppb 정도로 입구에서 출구로 오염농도가 높아지다가 출구에서 다시 낮아지는 형태를 보였으며, NO는 50~600ppb 로 SO₂ 와 유사한 경향을 보였다. NO₂ 는 10~300ppb로 출구부분에서 농도가 가장 높았으며, 이는 NO가 대기중에 노출되면서 빠르게 NO₂ 로 산화되었기 때문으로 추정되었다.

CO농도는 1~15ppm수준으로 SO₂ 농도와 비슷하게 교통량 증.감과 유사한 변화 경향을 보였다. 이러한 오염물질 농도 수준은 당시 터널 환경 권고치(현재는 운용되지 않음)를 충분히 만족하는 수준이었다.

(2) 영동고속도로 둔내터널

1999. 10. 22~10. 23일 실시한 둔내터널(연장 3,300m)의 공기오염도 측정결과, CO는 3~12ppm, NO는 50~200ppb농도 범위를 보였으며, SO₂ 농도는 5~15ppb, 소광계수는 0.0029~0.0046m⁻¹ 수준이었다. 2002. 8. 23~8. 25일간의 측정된 결과 CO

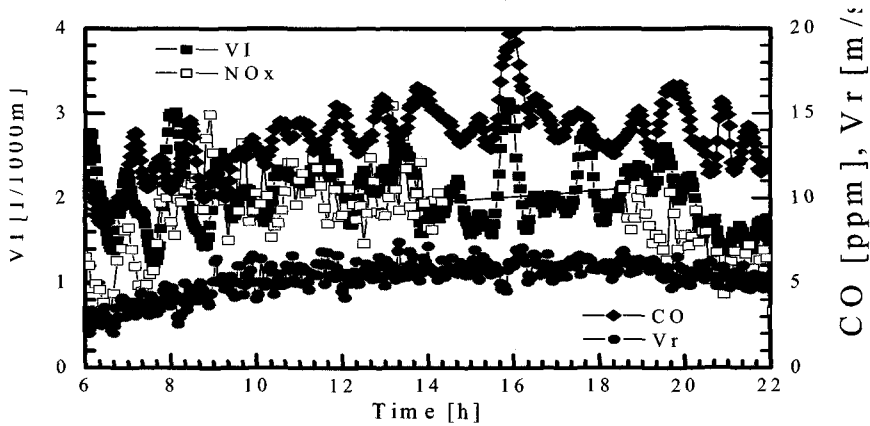


그림 7. 둔내터널 오염물질의 농도변화

농도는 서울방면에서의 전체 평균농도는 8.1ppm, 최고 11.7ppm이였으며, 강릉방면에서는 평균 3.8 ppm, 최고 5.9ppm으로 측정되었다.

NOx(NO₂+NO)는 서울방면 일 평균농도 1,617 ppb, 최고 2,700 ppb로 측정되었는데, 이러한 측정값은 당시 환경부의 실내공기질 권장기준 150 ppb 보다는 높은 수치이였으나 미국의 산업안전 허용기준값 3,000 ppb를 초과하지는 않는 농도 수준이였다. 측정당시 도로상의 최대 교통량은 2,000대/h · 2Lane 정도로 도로용량(약 3,600대/h · 2Lane)에 상당히 못 미치는 상태이였다.

이밖에 터널내 설치된 계측기로 2002년에 연속 측정된 결과 서울방면의 월평균 CO농도는 7.2~9.3ppm, 소광계수는 0.0011~0.0013m⁻¹, 풍속은 4.1~4.7m/s 수준으로 허용기준보다 상당히 낮은 수준을 유지하고 있는데, 이는 본 구간을 통과하는 전반적인 교통량이 적은 이유 외에도 오염물질 배출량이 많아지는 교통량 증가 시간이 하루중 오후 수시간대에 머무르는 교통량 특성과, 다음에 설명할 환기시설 운전기준에 의하여 환기기가 허용 농도값 이전에 자동 운전되어 오염물질이 처리됨에 따른 결과로 볼 수 있다.

(3) 중앙고속도로 죽령터널

2001년말 개통한 죽령터널은 국내 최연장(4,600m)으로서 2002.10.5~10.7일간 측정된 결과 원주방향 CO전체 평균농도는 5.8ppm으로 둔내터널의 70%정도 수준이였으며, 대구방향 전체 평균농도는 3.8ppm, 최고 5.9ppm이였고, 춘천방향 NOx 일평균 농도는 1,542ppb, 최고 농도는 2,000~2,300ppb로 측정되었다.

(4) 영동고속도로 대관령5터널

2001년말 개통된 대관령 5터널은 연장이 1,200m로 비교적 짧으나 경사가 심하고 외부 역풍에 의한 영향도가 심하여 환기시설 가동이 비교적 빈번하였다. 터널내 설치된 계측기로 연속 측정된 결과 2002.2.22일의 경우 CO는 평균 2.9ppm, 분당 최대 13.0ppm이였고, 일평균 소광계수는 0.00095m⁻¹, 최대 0.003m⁻¹이였으며, 2002.2.26일의 경우 CO는 일평균 2.6ppm, 분당 최대7.3ppm, 일평균 소광계수는 0.00091m⁻¹, 최대 0.0032m⁻¹이였다.

이외 2001년 년평균 CO농도는 2.2~4.2ppm, 소광계수는 0.0008~0.0012m⁻¹ 오염도 수준을 유지하였다.

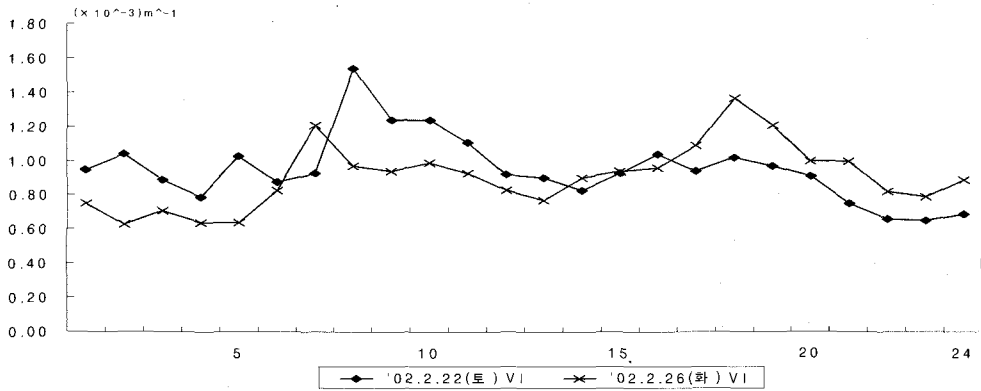


그림 8. 대관령5터널 소광계수 변화

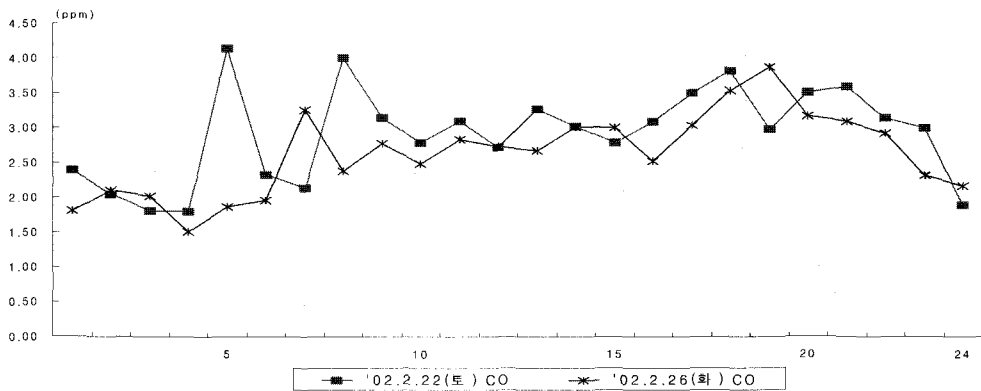


그림 9. 대관령5터널 일산화탄소 농도변화

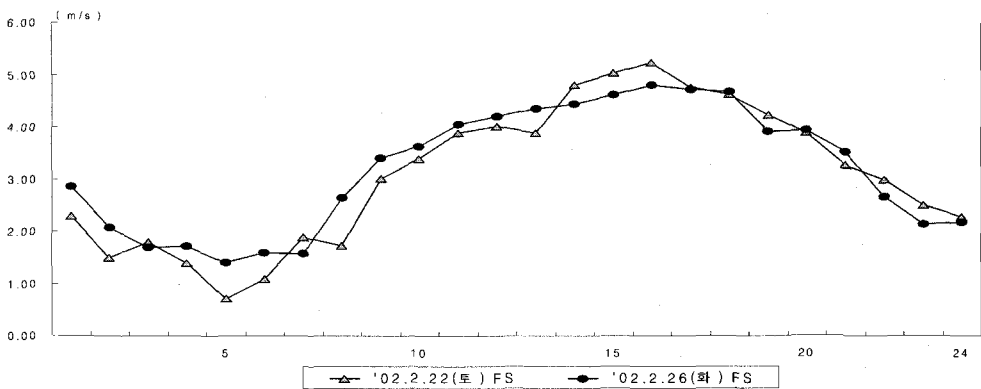


그림 10. 대관령5터널 풍속 크기 변화

2.3 환기시설 설계기준

터널 환기시설 설계에 필요한 계산인자는 차량에서 배출되는 오염 물질별 기준배출량과 해당터널의 연장, 경사도 등 토목 설계제원, 오염물질별 허용농도로 분류할 수 있다. 환기시설 산정은 터널내 공기 유동 분석을 위한 유체분야의 도로터널 토목 설계분야, 교통량 분석을 위한 교통분야, 오염물질과 관련한 환경분야와 화재시 위험도를 고려한 방재분야 등이 복합적으로 고려되어 설계되어야함에 따라 기존의 산업환기와는 또 다른 접근방법이 필요하다.

2.3.1 기준 수립과정

앞에서와 같이 고속도로 터널의 환기시설은 1990년도 전후부터 본격 검토되기 시작하였으며, 1993년도를 기점으로 그 이전까지는 일본도로공단의 산출방식이 주로 이용되다, 이후부터는 유럽의 국제도로상설회의(PIARC) 방식이 적용되었다. 1997.10월에 이르러 한국도로공사에서 「고속도로 터널 환기시설 설계기준」을 국내 최초로 제정하여 적용하여오다 2002. 10월에 1차 개정된 바 있다.

자동차 성능개선에 따른 오염물질 감소는 터널 환기량의 축소를 가져오는 반면 오염농도 허용기준의 강화 경향은 환기량의 증가를 가져오는 등 외적요인으로 주기적인 기준 개정을 필요로 한다.

2.3.2 환기소요량 산정

터널 환기소요량은 앞서 말한 매연, CO, NO_x을 대상으로, 차량별 오염물질기준배출량과 각종 보정계수, 오염물질별 허용농도값으로 산정한다.

▷ 매연 (Smoke)에 대한 환기량 계산식

$$Q_T = \sum_{i=\text{차종}} (q_0^T \cdot n)_i \cdot \frac{f_i \cdot f_v \cdot f_h}{3600} \cdot \frac{1}{K_{lim}} [m^3/(s \cdot km \cdot lane)]$$

▷ 일산화탄소 (CO)에 대한 환기량 계산식

$$Q_{CO} = \sum_{i=\text{차종}} (q_0^{CO} \cdot n)_i \cdot \frac{f_i \cdot f_v \cdot f_h}{3600} \cdot \frac{10^6}{CO_{lim}} [m^3/(s \cdot km \cdot lane)]$$

▷ 질소산화물 (NO_x)에 대한 환기량 계산식

$$Q_{NOx} = \sum_{i=\text{차종}} (q_0^{NOx} \cdot n)_i \cdot \frac{f_i \cdot f_v \cdot f_h}{3600} \cdot \frac{10^6}{NOx_{lim}} [m^3/(s \cdot km \cdot lane)]$$

여기서,

Q_T, Q_{CO}, Q_{NOx} : 오염물질에 대한 소요환기량 $[m^3/(s \cdot km \cdot lane)]$

$q_0^T, q_0^{CO}, q_0^{NOx}$: 오염물질에 대한 기준배출량 $[q_0^T : m^2/(h \cdot 대), q_0^{CO} : m^3/(h \cdot 대), q_0^{NOx} : m^3/(h \cdot 대)]$

f : 각종보정계수

K_{lim} : 허용소광계수 $[m^{-1}]$

CO_{lim} : 허용CO농도 [ppm]

NOx_{lim} : 허용NO_x농도 [ppm]

n : 차종별 교통량 $[대/(h \cdot km \cdot lane)]$

(단, 매연에 대한 환기량 산출시는 가솔린 엔진 차량(승용차)은 제외)

2.3.3. 기준배출량

터널 환기량 산정시 기준배출량은 환경부의 「제작차 허용배출기준」을 적용한다. 환경부의 「제작차 허용배출기준」은 실제 차량주행 상태에서 배출되는 오염물질량과 차이가 있어 신뢰성 저하의 측면이 있었으나, 자동차 공해연구소의 배출계수에 대한 연구가 진행되면서 기준배출량 산정방법에 개선이 가능하게 되었다. 그러나 2002년 1차 기준 개

표 5. 매연에 대한 기준 배출량

[m³/h·대]

구 분	승 용 차			버 스				트 렉					
				소 형		대 형	소 형	중 형	대 형	세 미	풀		
'00.1월 도로용량편람 ('97.10월 기준)	14.06			16.88		194.81	22.5	95.36	215.7	286.95	270.00		
자동차 공해연구소	-			29.12		138.28	37.7	72.08	167.01	204.5			
'95 PIARC	-			17.1		138.28	17.1	17.1	237.41	488.59			
'02.7월 도로용량편람	경차 동차	승용1 (가)	승용1 (나)	승용2 (가)	승용2 (나)	승용3	승용4	화물1	화물3	화물3	화물3	화물3	화물3
	-			17.69		77.92	21.24	38.15	86.28	114.78	108.0		

정시 상기 배출계수 적용을 검토한 결과, 환기량 산정결과의 변화폭이 크고 증·감 경향에 일관성이 없어 당초 기준을 당분간 유지키로 하였는데 이는 환기량 산정에 노후 차량계수, 허용 오염농도 강화 등 기준 배출량외 여러 계수의 영향도가 크기 때문이었으며, 마찬가지로 최근에 시행된 2002. 7월 환경부 「제작차 허용배출기준」 적용의 경우에도 배출기준 자체의 변화 폭이 커서 적용이 곤란하였다.

따라서 향후 기준배출량 산정식은 상당기간의 환경 측정과 환기운전 실적 분석을 통하여 환기소요량 산정에 영향을 미치는 다른 여러 계수와 함께 병행하여 개정을 추진할 예정이다.

여기서 최근의 배출계수 및 환경부 제작차 허용 배출기준을 적용하여 터널환기소요량을 검토한 결과 향후 CO에 의한 환기 소요량은 대폭 감소되고, 매연에 의한 환기소요량도 상당부분 감소되는 반

표 6. 고속도로 터널 환기시설 운전기준

구 분	허 용 기 준		운 전 값			터널내 유지보수 작업시 허용기준
	교통속도	허용기준	최초단계	중간단계	최종단계	
소광계수 (VI)	10~30km/h	0.008 m ⁻¹	0.006 m ⁻¹	0.006초과 ~ 0.0075m ⁻¹ 미만	0.0075m ⁻¹	0.003 m ⁻¹ (PIARC 95)
	40~50km/h	0.007 m ⁻¹	0.005 m ⁻¹	0.005초과 ~ 0.0065m ⁻¹ 미만	0.0065m ⁻¹	
	60~80km/h	0.006 m ⁻¹	0.004 m ⁻¹	0.004초과 ~ 0.0055m ⁻¹ 미만	0.0055m ⁻¹	
일산화탄소 (CO)	전속도	100ppm	50ppm	50초과 ~ 90ppm미만	90ppm	25ppm (지하공기질 조건)
질소산화물 (NOx)	전속도	25ppm	10ppm	10초과 ~ 24ppm미만	23ppm	10ppm

※ 터널 내부가 곡선부로 시야가 확보되지 않거나, 자연풍속의 영향이 큰 경우 등의 경우에는 운전기준을 조정할 수 있도록 하고 있다.

면, NO_x에 의한 환기 소요량은 상대적으로 감소폭이 적어 향후 NO_x 물질이 환기기 용량 결정에 많은 영향을 미칠 것으로 예상되었다.

2.4 환기기설 운전

2.4.1 운전기준

환기시설은 도로 설계시 고려된 최대 교통량에서의 오염물질 배출량을 허용농도 이내로 유지할 수 있도록 용량을 산정하여 설치한다. 그러나 실제 환기시설은 시시각각 변하는 교통량 변화와 환기기 작동후 효과 발생까지의 지연특성 등으로 작동 및 멈춤을 반복하게 되는데, 터널내 적정 오염농도를 경제적인 운전방법으로 유지하기 위하여는 환기기 자동운전 프로그램과 운전기준을 필요로 한다. 이러한 운전기준이 있기 전에는 사람에 따라 느끼는 오염 정도와 관리자 운전성향에 따라 운전방법이 다를 수밖에 없어, 터널별 오염도 유지 수준이 서로 상이한 결과를 초래하였다.

환기시설 운전기준은 오랜 기간의 운전경험과 터널별 환경특성에 따라 정하여 진다. 하지만 대부분의 외국터널 사례와 그간의 국내터널 운영경험을 볼 때 터널내 오염도가 설계시 고려된 최고 허용농도에 근접할 때 모든 환기시설을 전속 운전토록하고 오염도가 증가하는 초기 단계에서는 최소한의 환기시설을 우선 가동하여 오염도 변화에 따라 환기기도 단계적으로 운전하는 것이 일반적이다. 한국

표 7. 독일 터널의 단계제어 설정값 사례
(1,900m, Waukopt tunnel)

구 분	일산화탄소 (ppm)	매 연 (m ⁻¹)
최저한계값	50이하	0.002
정상적인 상태에서의 하한값	75	0.003
정상적인 상태에서의 상한값	150	0.0075
터널 폐쇄조건	200	0.009

도로공사에서는 이러한 외국의 운전기준과 운전경험을 살려 2002. 9월에 터널환기시설 운전기준을 정하여 운영하고 있는데, 현재까지 운영결과 오염도 유지정도와 환기운전 비용 측면을 비교적 잘 만족시키고 있다.

2.5.2 운전경향

현재 환기시설이 설치되어 있는 고속도로 터널중 연장 2,000km 내외의 터널은 대부분 소방법상 제연시설로 설치되어, 교통량이 급격히 증가하는 경우를 제외하고는 평상시 가동시간이 일 1시간 이내로 적은 편이다. 그러나 연장이 길거나 도로경사가 심하여 차량 배출 오염물질이 많이 발생하는 터널은 평상시 상당시간 환기시설이 자동운전되고 있

표 8. 터널 환기기 운전현황

(2002년 기준)

터 널 명	제 트 팬		축 류 팬	
	가동(분)	가동(일)	가동(분)	가동(일)
둔 내	341,072	296	1,387	48
대관령5	43,717	248	-	-

는 상태로, 운전시간은 터널내 자연풍속과 외부 기상상태, 터널내 곡선부 여부 등에 따라서 많은 차이를 보이고 있다.

3. 맺음말

이상은 고속도로 터널의 오염물질 발생에서 환기시설 설계, 환기기 운전에 걸친 전반사항을 소개하였으며, 터널내 오염물질의 발생과 처리방식이 일관건물, 지하공간과는 다른 접근방식과 시각이 필요한 점에 대하여 우선 이해가 필요하다.

도로터널 환기기술이 국내 소개된지는 이제 10여년을 헤아리고 있다. 우리나라 건설구조상 터널 환기분야가 독립적으로 발전되지 못한 측면도 있지만 도로건설의 급속한 증가에 따라 설계·시공분야는 빠르게 관련기술이 정착되고 있는 것으로 평가된다.

이에 반해 터널과 관련한 공기질 분야는 기 건설된 터널을 대상으로 상당기간의 환경 측정과 환기 운전 결과에 대한 분석이 뒤따라야하기 때문에 이제

초창기 단계를 지나고 있는 것으로 볼수 있어, 이 분야 연구가 계속되어야 할 것으로, 관계자 모든분들의 도로터널에 대한 애정 어린 관심과 조언이 필요한 시점이라 하겠다.

- 참고문헌 -

1. 한국도로공사, 한국건설기술연구원 - “터널환기 시설에 대한 연구”. 1996.12
2. 한국도로공사, 한국건설기술연구원 - “도로형태에 따른 최적환기량 산정 및 단계건설에 관한 연구”, 2000.12
3. 환경부, - “대기환경보전법시행규칙”, 2000. 10
4. 건설교통부, - “도로용량편람”, 2001
5. 한국도로공사, “고속도로터널 환기시설 설계기준” 2002. 10
6. 고속도로관리공단 - “대관령 터널통합관리시설 유지관리 결과보고서”, 2002.12
7. 한국도로공사, 국민대학교 - “터널환기 자동제어 시스템 개발 및 현장시험”, 2002.12