

도시터널 제연시스템의 설계와 문제점

각국의 도로터널 제연시스템 설계기준을 비교하고 도시터널의 제연방식에 대한 소개 및 문제점을 검토한다.

유 지 오 / 편집위원

신흥대학 건축설비과(jolew@shc.ac.kr)

서론

도로터널은 반밀폐공간이라는 특성으로 인해서 터널내부에서 화재가 발생하면 인명 및 재산상의 피해를 가중할 개연성이 아주 높다. 특히 몽브랑 터널이나 고타드터널의 화재에서 알 수 있는 바와 같이 화재지점을 기준으로 하여 양방향에 대피자가 존재할 우려가 있는 대면통행방식의 터널이나 도심지의 정체빈도가 높은 터널의 경우에는 인명피해가 확대될 우려가 아주 크다.

국내의 경우, 도심지역의 교통난 해소를 위해서 소형차전용도로의 도입 등 도심지역에서의 터널건설 계획이 증가하고 있는 실정이다.

이에 본 원고에서는 각국의 제연설비기준에서 도시터널을 중심으로 제연방식에 따른 적용성을 알아보고 도심지터널에 적합한 제연방식에 대한 고찰 및 현재 적용되고 있는 터널의 문제점에서 대해서 분석하고자 한다.

도시터널현황

서울 및 부산지역의 터널의 총 개소는 각각 43개소와 32개소이며, 이중 터널연장이 1,000 m 이상인 터널은 표 1과 같다. 표 1에 의하면 도심지역터널은 33개의 튜브중 11개소 제외한 22개소의 터널이 반횡류 환기방식을 적용하고 있으며, 이중 18개소는 균일급기방식의 반횡류방식을 적용하고 터널중 4개소

는 선택배기(또는 대배기구 방식이라 함)방식의 반횡류방식을 적용하고 있다.

반횡류방식은 일반적으로 환기목적상 평상시에는 급기방식으로 운영을 하며, 화재가 발생하면 배기방식으로 전환하는 운전모드를 적용하고 있다.

그러나 홍지문 터널 화재에서 알 수 있는 바와 같이 급기방식으로 전환할 때 동력이 단락되는 사고가 발생할 우려가 있으며, 또한 급기방식으로 가동중에 배기방식으로 전환하는데 소요되는 시간이 길며, 환기방식의 특성상 화재시 연기류의 방향성 제어가 곤란한 것으로 평가된다.

환기방식별 제연설비에 적용성 검토

터널에서는 차량에서 발생하는 오염물질을 희석·배기하기 위한 환기설비를 화재시에는 제연설비로 운영하고 있으며, 따라서, 환기풍량이 제연을 위한 풍량보다 작은 경우에는 제연을 위한 풍량을 기준으로 환기설비용량을 산정하고 있다.

터널환기방식은 일반적으로 종류환기방식과 횡류(또는 방횡류)환기방식으로 대별된다. 종류환기방식은 화재시 터널내 열기류를 젯트팬에 의해서 일방향으로 제연하는 방식이다. 즉, 화재하류에는 대피자는 차량을 운행하여 터널을 탈출하고 화재상류에만 대피자가 존재한다는 가정하에 젯트팬에 의해서 연기류의 방향을 화재하류로 제연하여 화재상류의 정체로 인한 대피자의 대피환경을 확보하는 방식이다.

<표 1> 도심지 장대터널현황

도로구분	터널명	터널연장(m)	환기방식
도심국도 (서울)	남산1호터널	1,530	횡류식
	남산2호터널	1,620	급기 반횡류식
	남산3호터널	1,280	급기 반횡류식
	구룡터널	1,180	상행 : 제트팬 종류식 / 하행 : 급기 반횡류식
	홍지문터널	1,980	급기 반횡류식
	정릉터널	1,650	급기 반횡류식
	우면산터널	1,840	제트팬 + 전기집진기방식
	관악터널(설계중)	4,520 / 4,540	성산방향 : 집중배기식 수서방향 : 집중배기 + 수직관 급 · 배기종류식
	신림터널(설계중)	2,400	제트팬+전기집진기방식
	서초터널(설계중)	2,600	제트팬+전기집진기방식
도심국도 (부산)	광안터널	1,130 / 1,090	반횡류식
	수정산터널	2,350	상행 : 제트팬 + 전기집진기방식 / 하행 : 제트팬 종류식
	구덕터널	1,870	반횡류식
	만덕2터널	1,740	반횡류식
	황령터널	1,860	반횡류식
	백양산터널	2,640	반횡류방식(대배기구방식)
	수정산터널	2,330	제트팬 + 전기집진기

횡류환기방식은 터널의 천정부에 덕트를 시설하여 배기구를 통해서 화재에서 발생하는 연기를 배연하는 방식으로 균일배기방식과 대배기구 방식이 있으며, 최근에는 대배기구방식이 적극적으로 검토되고 있다. 균일배기방식은 작은 사이즈(0.5 × 1 m 정도)의 배기포트를 짧은 간격(5 ~ 15 m 정도)으로 설치하여 터널전체에서 균일한 배기풍량을 얻도록 하는 방식이며, 대배기구방식은 대형배기포트(3 × 4 m ; 수정산 터널)를 100 ~ 200 m 정도로 설치하고 각 포트에 전동댐퍼를 설치하여 개폐가 가능하도록 하는 방식이다.

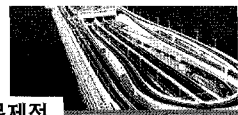
각 방식의 제연특성은 균일방식의 경우, 환기기의 배기풍량이 터널전체길에 균일하게 배분되므로 화재지역의 할당되는 배기풍량이 감소하여, 소정의 배연풍량을 얻기 위해서는 설계풍량이 급격하게 증대하게 된다. 메모리얼 터널에서 실험결과에 의하면 이와 같은 이유로 배연능력 및 연기의 제어효과가 미흡한 것으로 보고되고 있다. 대배기구 방식은 화재시 화재지점의 배기구만을 개방하여 배기함으로

서 화재지점에서 집중적으로 배기를 수행할 수 있는 장점이 있다. 이와 같은 이유로 몽브랑터널의 경우에는 화재이후 복구 공사시 연기의 제어 능력향상을 위해서 대배기구 방식으로 환기방식을 전환하였다.

제연설비의 터널적용성에 대한 각국의 기준을 요약하면 다음과 같다.

독일의 경우 제연방식의 적용을 대면통행 터널 및 정체빈도가 높은 터널과 정체빈도가 낮은 일방통행 터널로 통행방식 및 교통류특성을 고려하여 구분하고 있으며, 터널특성별 권장환기방식은 표 2에 나타냈다. 표에서 정체빈도가 낮은 터널의 경우에는 경제성면에서 효과가 높은 종류환기방식의 적용을 권장하고 있으나 화재지점을 기준으로 상하류에 모두 대피자가 존재할 가능성이 높은 대면통행 및 정체빈도가 높은 일방통행터널의 경우에는 선택대배기방식을 권장하고 있다.

표 3은 프랑스의 제연설비 적용특성을 나타낸 것으로 일방통행터널과 대면통행터널로 구분하며 지방지역의 터널과 도시지역의 터널로 구분하고 있다.



<표 2> 독일의 제연설비 설치기준(RABT 2002)

터널특성	터널길이	화재시 적용 환기방식 및 방법
대면통행 터널 또는 정체빈도가 높은 일방통행터널	400 m 이하	자연환기
	400 ~ 600 m 미만	종류식 기계환기
	600 ~ 1200 m 미만	위험도 분석에 따라: a) 종류식 환기, b) 대배기구방식, c) 선택배기방식
	1200 m 이상	선택배기방식
정체빈도가 낮은 일방통행터널	600 m 이하	자연환기
	600 ~ 3000 m 미만	종류환기방식
	3000 m 이상	집중배기(수직갱등)를 포함한 종류식 또는 선택배기방식

<표 3> 프랑스의 제연설비 설치기준(CETU 2002)

터널방향	터널종류	자연환기		종류식 또는 횡류식		합계
		길이 (m)	조건	길이 (m)	조건	
일방통행 터널	지방터널 (교통량 소)	0 ~ 300	자연환기	300 ~ 800	종류식 (*)	종류식 + 대배기구 ¹⁾
	지방터널	0 ~ 300	자연환기	300 ~ 800	종류식 (**)	횡류식
	도시터널	0 ~ 300	자연환기	300 ~ 800	종류식 또는 횡류식	종류식 + 대배기구 ²⁾ , 횡류식
양방향 터널	지방터널 (교통량 소)	0 ~ 300	자연환기	300 ~ 800	종류 또는 횡류식 (*)	횡류식
	지방터널	0 ~ 300	자연환기	300 ~ 800	종류 또는 횡류식 (**)	종류식 또는 횡류식
	도시터널	0 ~ 300	자연환기	300 ~ 800	횡류환기방식	
	도시터널	0 ~ 300	자연환기	300 ~ 800	횡류환기방식	

□: 제연시설 필요치 않음

*: 탈출 및 보호장치를 강화한 경우

** : *과 동일, 특정한 경우

1): 집중배기구(예:수직갱)간격 4000 m,

2): 집중배기구간격 800 m

프랑스의 경우 도시의 일방통행 터널은 정체가 발생할 수 있는 위험성 때문에 500 m 이상은 종류환기 방식을 지양하며, 종방향 기류흐름을 제어할 수 있는 시스템을 갖춘 경우에는 종류환기방식의 최대 적용연장을 800 m로 하며 500 m 또는 800 m마다 집중배연시설을 설치하여 적용을 확대할 수 있으나, 종방향 유속제어를 효과적으로 수행할 수 있는 횡류환기방식의 적용을 권장하고 있다.

도시지역의 대면통행 터널은 종류환기방식의 적용을 금지하고 선택대배기방식의 횡류환기방식의 적용을 권장하고 있다.

국내 도시터널 방재시설 기준

국내 도로터널방재시설 설치기준은 2004년 12월에 건설교통부에서 제정한 도로터널방재시설 설치지침이 있으며, 이 지침에서는 지방의 일방통행터널과 도시 및 대면통행 터널을 구분하여 도시지역의 터널에 대한 방재시설의 설치를 강화하고 있다. 현재 터널환기 및 방재시설 설치기준에서 도시터널에 대한 분류는 명확하게 제시되지 못하고 있는 실정이며, 터널설계시 도시지역에 대한 구분에 근거가 될 수 있는 규정은 표 4와 같다. 또한 도로터널방재시설

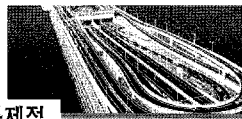
<표 4> 도시지역 도로에 대한 분류기준

기 준	내 용
도로설계기준(2001)	시가지지를 형성하고 있는 지역이나 그 지역의 발전추세로 보아 시가지지로 형성될 가능성이 높은 지역을 말한다.
도로용량편람(2004)	가. 신호밀도 1.0개/km 초과지역 (p. 133), p.135 도로의 구간에 대한 분할예에 잘 나타나고 있음. 나. 도로 주변의 개발현황에 따라서 도시지역과 지방지역을 구분한다. 다. 도시지역으로 구분된 구간은 제 9장 도시 및 교외 간선도로 분석방법에 따라 분석한다. 라. 도로용량 편람의 제9장 도시 및 교외 간선도로의 정의(p.369) 간선도로는 도시내·외의 주요지점간을 연결하고, 대량 통과교통을 주로 처리하는 등 도로망의 주 골격을 형성하고 있는 도로를 의미한다. 교차로에 교통 신호등이 설치되어 있으며, 신호교차로간의 거리는 3 km 이내로서, 신호교차로간 평균거리는 300 ~ 500 m, 동일기능 도로간의 간격은 500 ~ 1,000 m, 차로수는 편도 2차로 이상인 도로이다.

<표 5> 도로터널방재시설설치기준(대면통행터널및도시지역의 일방통행터널)

방재시설	터널연장(m)	1등급	2등급	3등급	4등급	비 고	
		(3000 이상)	(1000 이상)	(500 이상)	(500 미만)		
소화 설비	소화기구	●	●	●	●		
	옥내소화전설비	●	●				
	물 분무설비	△(1)					
경보 설비	비상경보설비	●	●	●			
	자동화재탐지설비	●	●	●			
	비상방송설비	●	●	●			
	비상전화	●	●	●			
	CCTV	●	●	●			
	라디오재방송설비	●	●	●	△(2)		
	정보표시판	●	●				
피난 설비	비상조명등	●	●	●	△(3)		
	유도표지판	●	●	●			
	피난대피 시설	피난연락경	●	●	●		도시지역의 일방통행터널
		피난경	●(4)	△(5)			
		피난대피소	●(4)	△(5)			
비상주차대		●	●				
소화 활동 설비	제연설비	●	●	●			
	무선통신보조설비	●	●	●	△(6)		
	연결송수관설비	●	●				
	비상콘센트설비	●	●	●			
비상전원설 비	무정전전원설비	●	●	●	●(7)		
	비상발전설비	●	●	●			

- 기본설비 : 해당터널에 반듯이 설치하여야 하는 설비, △ 권장설비 : 설치의 필요성을 검토하여 필요시 설치하는 설비
- (1) 터널연장이 3,000 m 이상으로연평균일교통량과 터널연장의 곱이 60×103 대·km/day·tube이상인 터널에 대해서 권장설비로 함.
- (2) 터널연장이 200 m 이상인 4등급 터널은 권장설비로 함.
- (3) 4등급 터널은 터널연장이 200 m 이상인 경우에 설치함.
- (4) 대면통행터널과 피난연락경의 설치가 불가능한 일방통행 터널로 터널 위험도가 2.0를 초과하는 터널에 설치
- (5) 대면통행 터널과 정체가 심할 것으로 예상되는 피난연락경 설치가 불가능한 일방통행터널에 권장설비로 함.
- (6) 4등급 터널의 경우, 라디오재방송설비가 설치되는 경우에 병용하여 설치함.
- (7) 4등급 터널은 방재시설이 설치되는 경우에 시설별로 설치함.



치지침의 도시지역터널에 대한 터널등급별 설치기준은 표 5와 같다.

표 6은 도시지역터널에 대한 터널연장별 권장환기방식을 나타낸 것으로 1,000 m 이상의 터널은 횡류 또는 반횡류방식의 적용을 권장하며, 2,000 m를 초과하는 경우에는 대배기구방식의 적용을 권장하고 있다. 또한 종류환기방식을 적용하는 경우에는 수직갱등과 같은 집중배기를 수행할 수 있는 방안을 800 m 간격으로 설치하도록 권장하고 있다.

<표 6> 도시지역 터널에 대한 환기방식 권장기준

터널길이	화재시 적용 환기방식 및 방법
500 m 이하	• 자연환기
500~1,000 m 미만	• 기계환기방식 적용
1,000 m 이상	<ul style="list-style-type: none"> • 횡류 또는 반횡류 환기방식 • 2,000 m 이상의 터널은 배연능력을 향상하기 위해서 대배기구 방식을 권장한다. • 약 800 m 간격으로 집중배기가 가능한 시설을 설치하여 배연능력을 향상한 종류환기방식적용가능

반횡류 방식의 배연풍량 산정

전술한 바와 같이 도심지 터널에 대한 제연방식은 횡류환기방식을 적용하여 화재지점에서 배연하는 경우에도 터널내 기류의 제어를 위해 집중배기방식(single point exhaust system)이나 개별적으로 개폐가 가능한 대배기구(oversized exhaust system)을 적용할 것을 권장하고 있다.

이에 본 절에서는 대배기구 방식을 적용하는 경우, 적정 배연풍량 산정방안에 대해서 외국의 기준 및 국내 연구결과를 소개한다(표 7 참조).

배연량 산정을 위한 화재강도는 일반적으로 20 ~ 50 MW로 하고 있으며, 연기발생량은 대부분의 국가가 80 m³/s(화재강도 20 ~ 30 MW 기준)로 정하고 있는 것으로 나타났다.

국가의 기준에서 배연풍량은 식 (1)에 나타낸 바와 같이 연기발생량에 신선공기의 유입 및 open된 배기구로 기류의 방향을 제어하기 위한 부가적인 풍량을 고려하여 배연풍량을 정하고 있다.

$$Q_E = Q_S + V_C A_R \quad (1)$$

<표 7> 각국의 배연량 비교

국가	배연풍량	비고	
미국	[화재강도 20 MW] -균일배기방식(single zone transverse ventilation System) : 0.155 m³/s · lane · m	186.0 m³/s · 600 m	
	-대배기구방식(Oversized Exhaust port system) : 0.132 m³/s · lane · m	158.4 m³/s · 600 m	
	[화재강도 50 MW] -대배기구방식(Oversized Exhaust port system) : 0.170 m³/s · lane · m	204.0 m³/s · 600 m	
독일 (RABT2002)	V _c = 3.0 m/s 600 m 기준 배연풍량 : 215.6 m³/s		
프랑스 (CETU2002)	- 최소배연량 ≥ 110 m³/s 종방향 풍속 제어가 이루어지지 않은 경우에는 V _c = 1.5 m/s 로 한다. 예) 몽브랑 터널 : 150 m³/s · 600 m = 80 + 45.2 × 1.5 = 147.8 m³/s		
오스트리아	≥ 80 m³/s · fire zone		
스위스	≥ 80 m³/s · km		
한국기계연구원	600 m 기준 배연풍량 : 102 m³/s		
건기평 연구결과	터널입구풍속	균일배기방식	선택배기방식
	0	80 m³/s (97 m³/s · 600 m)	80 m³/s(97 m³/s · 600 m)
	1.75	Q _E = Q _S + V _C × A _R (V _C > 5)	Q _E = 80 + V _C × A _R (V _C > 1.75)
	2.5	-	Q _E = 80 + V _C × A _R (V _C > 2.5)

독일기준에 의하면 열기류의 방향성 제어를 위한 풍속(V_C)를 3.0으로 하고 있다. 즉, 기류제어를 위해서 상·하류에서 화재지점으로 1.5 m/s로 기류를 유도하기 위한 풍량을 고려한 결과이다. 대배기구 방식을 적용하는 경우에 대한 국내의 모형실험을 통한 연구결과(건설기술평가원의 연구보고서)에 의하면 최적의 배연풍량은 터널내 기류가 존재하는 경우에는 급격하게 증가하는 것으로 보고하고 있으며, 도시지역과 같이 일방향 기류(2.5 m/s)가 존재할 가능성이 있는 경우에는 터널내 기류를 제어하기 위해서 V_C 를 2.5 m/s로 할 것으로 권장하고 있다.

그러나 대배기구 방식을 적용한 선택배기방식을 적용하는 경우, 배기구 형상 및 크기, 화재시 배기구의 운영, 화재시 터널내 풍속에 따라서 배연풍량이 상당한 차이가 발생할 수 있으므로 수치시뮬레이션이나 모형 실험을 통한 검토가 반드시 필요한 것으로 판단된다.

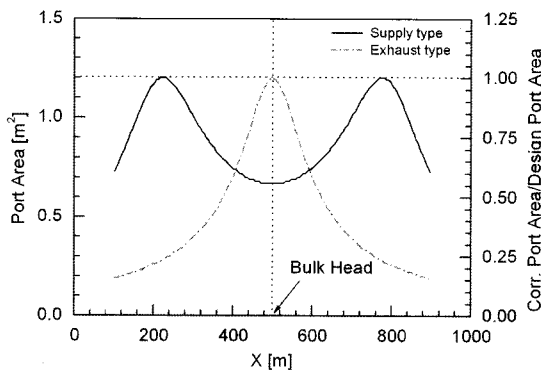
균일배기방식을 적용하는 터널의 문제점

도시지역 터널현황에 소개한 바와 같이 서울 및 부산의 도시지역 터널은 2/3 이상의 터널이 균일배기 방식을 적용하고 있으며, 대부분의 터널이 평상시에는 급기방식으로 운영하며, 화재가 발생하는 경우, 팬을 역전 운전하여 배기방식으로 전환하게 된다. 따라서 천정에 설치된 급기구의 개도는 환기목적상 터널전체에 균일한 풍량을 얻을 수 있도록 TAB를

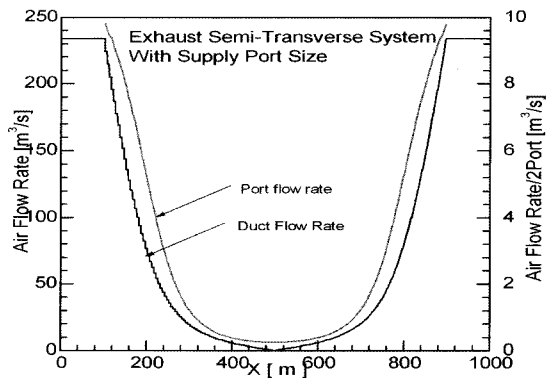
통해서 조정된 상태이다.

그림 1은 터널연장이 1000 m인 터널의 입출구부 100 m 지점에서부터 급기 또는 배기를 위한 포트가 설치한 반횡류방식의 터널(그림 3 참조)에서 터널 전연장에서 균일한 급기 또는 배기풍량을 얻을 수 있도록 하는 경우에 조정된 포트사이즈 및 설계크기에 대한 조정된 포트의 비를 나타낸 것이다.

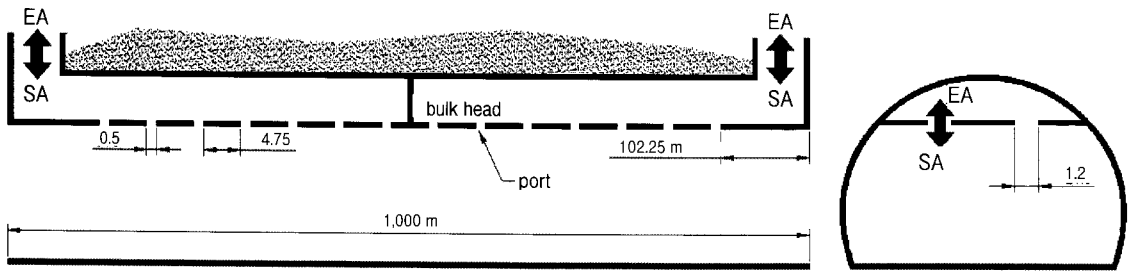
그림에서 급기방식의 경우에는 환기소에 근접한 입출구부의 포트사이즈를 작고 bulk head 방향으로 거리가 증가하면 포트사이즈도 증가하였다가 다시 감소하는 경향을 보이고 있다. 또한 배기방식을 적용하는 경우에는 입구 및 출구에서 포트사이즈가 가장 작게 조정되고 bulk head부에서는 설계사이즈로 개도가 조정되어야 균일한 풍량을 얻을 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 포트사이즈가 급기방식으로 조정된 상태에서 배기방식으로 운영하는 경우에 균일한 배기풍량을 얻는것은 곤란할 것으로 판단된다. 그림 2는 급기방식으로 조정된 포트사이즈를 가지고 배기방식으로 운전하는 경우에 덕트풍량을 나타낸 것이다. 이와 같이 운영하는 경우에 그림에서 알 수 있는 바와 같이 포트에서 풍량은 bulk head에서 아주 작은 값으로 보이며, 환기팬에 근접한 터널입출구부의 포트풍량이 급격하게 증가하는 것으로 나타나고 있다. 이 경우 균일하게 배기가 된다면 포트의 풍량은 평균 2.92 m³/s인 반면에 풍량이 가장 작은 bulk head에서 풍량은 0.26 m³/s이며, 풍량이 가장 큰 입



[그림 1] 급배기방식을 균일한 풍량을 얻기 위한 port사이즈 및 설계size에 대한 비



[그림 2] 배기방식으로 운영하는 경우 덕트풍량 및 포트에서 배기풍량



[그림 3] 반회류 방식의 터널모델

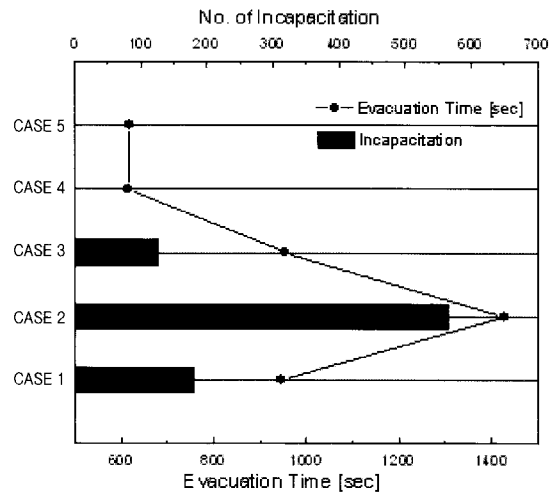
출부에서의 9.79 m³/s로 최소풍량에 37배에 달하는 것으로 예측되며, bulk head에서부터 100 m 간격으로 구간의 나누는 경우에 각 구간의 풍량은 6.33, 14.66, 67.57, 166.21 m³/s로 bulk head 부근에서 배기풍량이 아주 작은 것으로 나타나고 있다. 이와 같이 전형적인 방법으로 배연을 하는 경우, 전 터널의 총풍량이 486 m³/s지만 환기소에 근접한 입출구 100 m 구간의 풍량이 332 m³/s로 입출구에 집중되게 된다. 따라서 터널의 중앙부에서 화재가 발생하는 경우, 중앙부 200 m 구간에서의 배연풍량은 13 m³/s 정도로 배연효과가 거의 없을 것으로 평가된다.

이상의 검토에서 균일포트를 갖는 반회류 환기방식을 적용하는 터널은 효과적인 배연을 위해서 포트 사이즈를 배기모드로 조정할 필요가 있는 것으로 판단된다.

도시터널의 환기방식별 환기 운영방안 검토

본 절에서는 도시터널에서 환기방식 환기기 운전 방안을 검토하기 하기 위해서 환기방식별 환기기 운전 에 따른 위험도를 FED(Fractional Effective Dose) 측면에서 검토한 결과를 소개한다.

그림 4는 환기방식 및 환기기 운전 에 따른 대피시간 과 일반적으로 사망에 도달하는 것으로 평가되는 FED 값이 0.3 이상이 대피자의 수(No. of Incapacitation)를 나타낸 것이다. 비교조건은 터널연장 1500 m, 피난연 락강 간격 250 m이며, 화재(화재강도 30 MW)는 터널 에 중앙에서 발생하고 차량은 터널 전연장에 완전히 정체된 상황으로 가정한 경우이다. 이때 대피인원은 2371명이다.



[그림 4] 환기방식별 환기기 운전 에 따른 대피시간 및 사상자 평가

CASE 1과 2는 종류환기방식을 적용하는 경우로 CASE 1은 터널풍속을 0으로 제어하는 경우이며, CASE 2는 터널풍속을 임계풍속으로 제어하는 경우이다. CASE 3, 4는 균일배기방식으로 터널입출구부 의 자연환기력이 없는 경우이다. 즉, 화재상하류의 풍속이 대칭을 이루는 상태이며, CASE 3은 평상시 환기를 목적으로 균일한 급기풍량을 얻을 수 있도록 포트사이즈를 조정 한 상태에서 화재시 배연하는 경우이며, CASE 4는 배연시 균일한 풍량이 되도록 포트사이즈를 조정 한 경우이다. CASE 5는 대배기구 방식을 적용한 경우로 자연환기력은 없는 상태이다.

이상의 그림에서 알 수 있는 바와 같이 정체터널에 서 종류환기방식을 적용하는 경우에는 화재지점의

풍속을 0으로 하는 것이 효과적이며, 급기반회류 환기방식으로 적용하는 경우에는 환기목적상 균일한 급기량을 얻을 수 있도록 포트사이즈를 조정하는 것은 배연시 문제가 됨을 알 수 있다. 또한 배연방식을 대배기구 방식으로 적용하는 것이 도시터널에서 안전확보에 가장 효과적임을 알 수 있다.

맺음말

이상의 소개에서 도시터널의 제연시스템은 반회류

또는 회류환기방식이 주류를 이루고 있다. 그러나 국내 도심지터널에 적용된 사례가 많은 기존의 균일 배기 또는 급기 방식의 반회류 방식은 배연능력 및 기류제어를 효과적으로 할 수 없는 단점이 문제시 되어 유럽국가등에서는 종방향 기류의 제어능력을 향상하기 위한 대배기형 선택배기방식을 채택하고 있다. 따라서, 정체가 심할 것으로 예상되는 도심지 터널의 경우에는 배연효과와 기류의 제어효과를 기대할 수 있는 대배기구 방식의 적용을 적극적으로 검토할 필요가 있는 것으로 판단된다. 