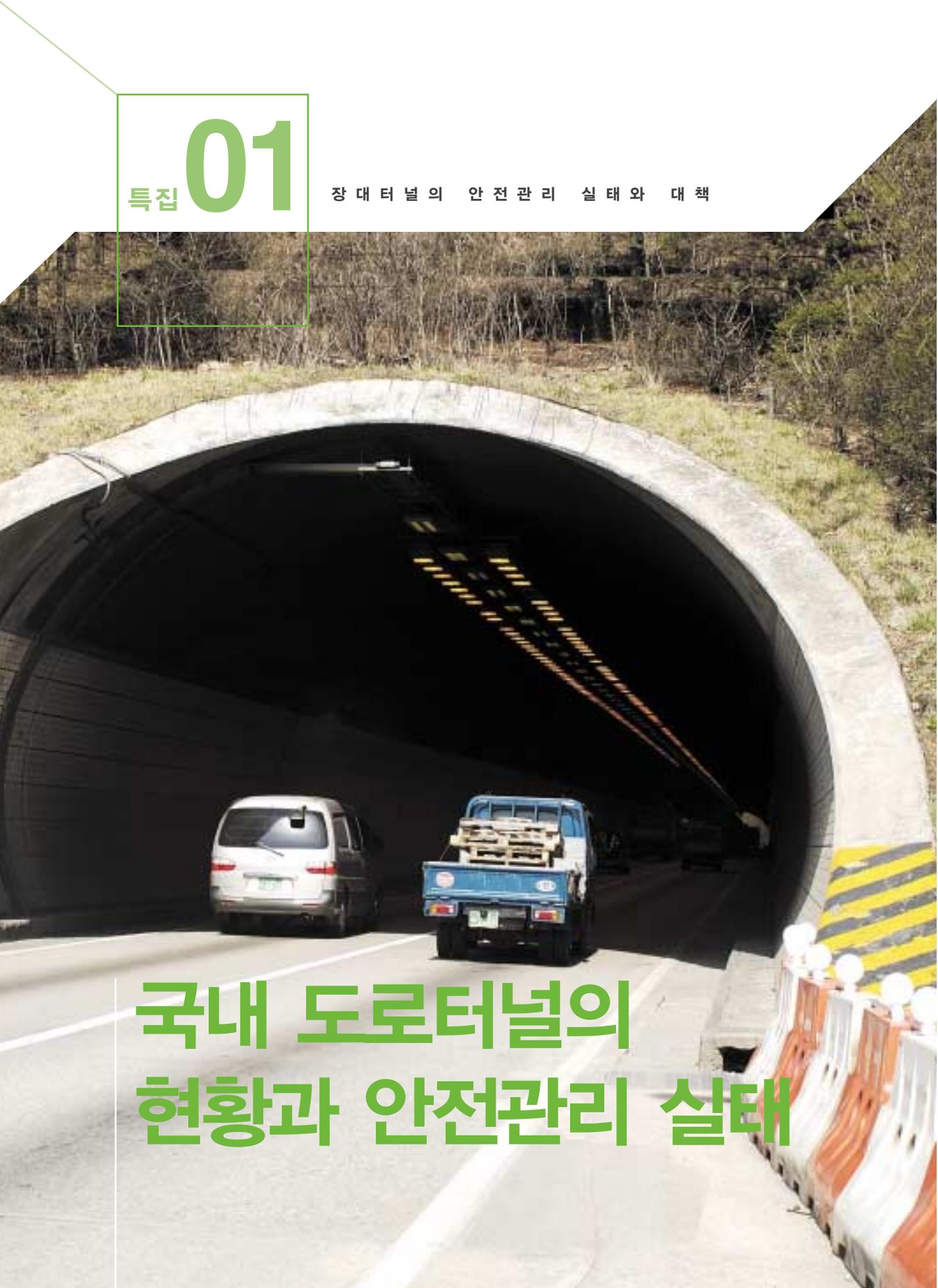


특집 **01**

장대 터널의 안전관리 실태와 대책



**국내 도로터널의
현황과 안전관리 실태**

1. 머리말

인류는 자연환경의 혹독함을 극복하기 위해 동굴과 같은 자연환경을 이용하기 시작하였다. 이후 농업에 필요한 수로를 건설하였고 20세기에는 물류 이동을 위한 본격적인 터널을 건설하게 되었다. 특히 교통수단의 진보로 인류는 산악, 해저, 강과 바다밑 등 다양한 자연적인 장애를 극복하고, 신속한 물류의 이동을 통한 경제적인 이익을 얻을 수 있었다. 그러나 터널의 경제적인 효과에 만족하고 있을 때 인류는 이제까지 경험하지 못했던 참혹한 사고를 터널 안에서 경험하게 되었다. 몽블랑(Mont Blanc)터널, 타우에른(Tauern) 터널, 고타드(Gottard) 터널에서 소방대원들은 화재에 접근하지 못했고, 화재 초기에 연기에 습격을 받은 사람들의 대부분은 사망하였다. 터널 구조물은 파괴되었고, 수개월에서 수년 동안 터널은 폐쇄되었다. <표 1>은 대형화재가 발생한 4개 터널의 피해정도를 보여준다.

■ 표 1. 터널 화재로 인한 터널 손상길이 및 손실액

터널명	몽블랑 터널	타우에른 터널	고타드 터널	유로 터널
터널 구조물 손상길이	900m	500m	700m	400m
터널 폐쇄 및 보수기간	3년	3개월	2개월	7개월
비용(€)	복구/개선비용	189 Mio. €	62 Mio. €	87 Mio. €
	수입손실비용	203 Mio. €	18.5 Mio. €	211 Mio. €
	합계	392 Mio. €(약 470억)	24.7 Mio. €(약 30억)	298 Mio. €(약 360억)
		직접경비 : 25 Mio. € (약 30억)		

본 글은 이런 대형터널 화재사고로 인한 피해가 커지고 있는 상황에서, 국내 장대터널의 효율적인 방재시스템 구축과 인명안전 대책을 수립하기 위한 기초자료로서 국내 도로터널의 현황과 문제점을 파악해 보고자 한다.

2. 터널 화재의 특징

일반적으로 터널 내에서 사고 발생 확률은 개방공간에서 사고 발생률보다 낮은 것으로 알려져 있다. 그 이유는 터널 내부는 항상 조명시설이 되어 있고 눈이나 비와 같은 위험요소를 상당히

인명피해를 넘어 터널 내부의 설비와 구조물의 파손에 이르는 피해정도가 대형화되는 추세이다. 이에 장대화되고 있는 국내 도로터널의 현황 및 방재설비 기준에 대한 문제제기를 통해 효율적 방재시스템 구축과 화재시 안전기준의 개정을 살펴봄으로써, 직·간접적인 피해를 최소화하는 노력이 필요하다.



글 | 박경환
영설계엔지니어링(주) 소방기술사

줄여주기 때문이고, 그에 비해 상대적으로 터널의 출구나 입구 부근에서 사고가 많고 인터체인지를 가지는 입구와 출구 부근은 매우 높게 나타나기 때문이다. 그러나 화재사고 1건당 피해정도는 개방공간에 비해 매우 심각한 수준이다. 그 이유는 연기의 유동, 화재 인지 시간의 지연, 피난거리가 길어지고 터널의 위치가 소방대의 접근이 어려울 뿐만 아니라 소화용수와 장비배치가 용이하지 못한 외진 산악지형에 있다는 특징 때문이다. 이와 같이 터널 화재의 특징은 다음의 3가지 특징으로 요약될 수 있다.

첫째, 연기 이동은 화재에서 발생한 이동력 이외에 차량 진행에서 발생하는 피스톤 효과와 지형적인 특성으로 인한 굴뚝효과가 추가되어 결과적으로 연기층의 이동을 가속화시킨다. 또 다른 측면으로 연기의 배출구는 터널의 입구와 출구 또는 일부 수직 샤프트 등 매우 제한적이고, 이곳을 통과해야만 안전할 수 있는 이용자들은 결국 연기와 속도 경쟁을 해야 한다는 점이다.

둘째, 화재 인지 시간이 건물에 비해 상대적으로 지연된다는 점이다. 자동화재탐지설비조차도 빠른 기류이동과 넓고 높은 구조물의 특성으로 지연되고, 자동화재탐지설비가 없는 대부분의 터널은 오직 사람에게 의해 발견되어야 하기 때문이다. 또한 보행거리 50~100m 이내에서 비상계단을 통해 안전공간

으로 이동할 수 있는 건물에 비해 도로터널은 500~1,000m 정도의 이동을 해야만 외부로 나갈 수 있는 비상구와 연결된다.

셋째로 구조 및 진압 작업에 투입되는 소방대는 인터체인지나 톨게이트 등 비교적 우회로를 통해 접근해야 하고, 사고 지점에 도착한 상태에서 터널 내부의 화원에 접하기 곤란하다는 것이다. 이 결과 초기 인명피해를 넘어 터널 내부의 설비와 구조물의 파손에 이르게 되어 피해정도는 더욱 대형화된다.

결국 이런 종합적인 특징으로 인해 터널 내부의 화재는 발생 빈도는 낮지만 피해정도는 급격하게 커질 수 있다.

3. 국내 도로터널의 현황 및 방재설비 기준

〈표 2〉는 2003년 6월까지 사용 중인 국내의 터널 현황을 연장 및 도로구분에 의해 정리한 것으로 1,000m 이상의 장대터널은 고속도로와 도심지역에 대부분이 있음을 알 수 있다. 고속도로 장대터널 증가속도를 보면 2004년 말 56개 중 1995년 이전 5개에서 2000년 16개로, 다시 2005년 현재 56개로 매우 빠르다는 것을 알 수 있다.

〈표 3〉은 1998년부터 적용된 도로터널 연장별 방재설비의 기준을 2005년 4월 개정된 내용과 비교

■ 표 2. 국내 도로터널 현황(2003. 6)

도로구분	500m 미만	500~1000m	1000~1500m	1500~2000m	2000m이상	계	
고속도로	119	113	18	10	12	272	47%
일반국도	70	53	2	6	0	131	22%
특별·광역시	58	21	6	13	4	102	17%
국가지원 지방도	6	7	0	1	0	14	2%
지방도	16	7	2	1	2	28	5%
시군도	22	10	2	2	0	36	6%
계	291	211	30	33	18	583	-
	50%	36%	5%	6%	3%	-	-

■ 표 3. 도로터널 방재설비 설치 기준 비교

방재시설		2005. 4월 이전							2005. 4월 이후			
		4,000 이상	2,000 이상	1,000 이상	800 이상	500 이상	200 이상	200 미만	1등급 (3,000 이상)	2등급 (1,000 이상)	3등급 (500 이상)	4등급 (500 미만)
소화 설비	소화기구	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	옥내소화전설비	●	●	●					●	●		
	물분무설비	●							△			
경보 설비	비상경보설비	●	●	●	●	●			●	●	●	
	자동화재탐지설비	●	●						●	●	○ ¹⁾	
	비상방송설비	●	●	●					●	●	●	
	비상전화	●	●	●	●	●			●	●	●	
	CCTV	●	●	●					●	●	○ ²⁾	
	라디오재방송설비	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●
	정보표지판	●	●	●	●				●	●		
피난 설비	비상조명등	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●
	유도표지판	●	●	●					●	●	●	
	피난 대피 시설	피난연락경	●	●	●				●	●	●	△
		피난경	대면통행 및 도시지역의 일방통행 터널에 적용									
		피난대피소										
비상주차대	●	●	●					●	●			
소화 활동 설비	제연설비	●	●	●					●	●	○ ³⁾	
	무선통신보조설비	●	●	●	●	●			●	●	●	●
	연결송수관설비	●	●						●	●		
	비상콘센트설비	●	●	●	●	●			●	●	●	
비상 전원 설비	무정전전원설비	●	●	●	●	●	●		●	●	●	●
	비상발전설비								●	●	○ ⁴⁾	

※ 주 1) 도시지역은 정체 빈도가 높아 오염물질량 배출이 증가하므로 제연설비 기준을 500m 이상에 적용하도록 하고, 작동에 필요한 CCTV, 자동화재탐지설비, 발전설비를 갖추도록 하고 있다.

한 것이다. 주된 내용 변화를 살펴보면 첫째, 터널을 도시지역과 비도시지역으로 구분하여 제연설비 기준이 강화되었다.

둘째, 터널 연장에 따른 등급을 국제적인 수준으로 정리하였다.

셋째, 자동화재탐지설비의 기준이 기존 2,000m 이상에서 도시지역은 500m 이상으로 강화되었다.

피난과 관련해서는 이제까지 750m 간격으로 설치되던 피난연락경의 설치 거리가 250m 이내로 강화되었고, 피난연락경 사이의 방화 기준이 구체적으로 수립되었다. 하지만 연결송수관과 같은 소방대 활동설비 기준이나 자동식 소화설비에 대한 기준은

아직 미흡해 보이며 보완이 필요해 보인다. 구체적인 내용은 ‘도로터널 방재설비 설치지침’을 참조하기 바란다.

4. 도로터널 사고 현황 및 문제점

〈표 3〉을 보면 장대터널이 급격히 증가한 1995년부터 2005년까지 자동화재탐지설비는 2,000m 이상에만 설치되었고, 제연설비는 1,000m 이상에만 설치되었다. 게다가 20MW 규모의 화재강도로 제연설비가 설계된 곳은 거의 없다. 이런 결과로 2003년 홍지문터널(1,890m) 화재시 자동화재탐지

■ 표 4. 국내 터널 사고현황

터널명	터널연장	사고일자	사고 상황	사고원인	피해 현황
대덕터널	408	91.	승용차 추돌		사망 2명, 부상 3명
광안터널	1,130	98.	화물차 충돌		사망 2명
남산3호터널	1,260	99. 10. 7	승용차가 매표소에 충돌	빗길과속	1명 사망
둔내터널	3,300	00. 6. 24	둔내 터널 상행선 출구부 소형차 화재	-	3시간 차량정체
장지터널	587.4	01. 2. 4	승용차가 입구옹벽에 충돌	과속	1명 사망, 4명 중상
다부터널	1,041	01. 3. 11	승용차화재, 20분 동안 차량통제	엔진부 합선	-
마성터널	1,460	01. 8. 29	관광버스와 승용차 11중 연쇄충돌사고	추돌	100여 명 부상
금화터널	555	01. 12. 23	택시와 승용차 3대 추돌	차선변경 추돌	-
무인3터널	280	02. 12. 5	승용차가 입구측벽 충돌 화재발생	추돌	2명 사망
남산호터널	1,530	02. 12. 15	좌석버스의 자연발화, 차량후미 화재 20분 지속	자연발화	인명피해 없음
옥천4터널	874	03. 2. 10	화물트럭이 터널 진입 후 화재, 연기에 의해 후속차량 10대 연쇄충돌	자연발화	차량 10대
홍지문	1,890	03. 6. 6	25인승 미니버스가 승용차 추돌화재, 2분후 전력공급차단	추돌	부상 2명, 연기중독 45명
옥천 3터널	1,613	03. 6. 9	승용차가 터널측벽 추돌, 6대 연쇄추돌	추돌	10명 부상
안영2터널	600	03. 7. 11	1톤 화물차에서 매트리스 추락으로 승용차와 관광버스가 추돌	추돌	5명 부상
월드컵터널	-	03. 8. 10	승용차가 갱구부 중앙분리대 벽과 충돌	충돌	1명
반포대교 지하차도	-	03. 11. 2	25톤 트럭이 지하차도 교각 정면충돌	졸음운전	3시간 극심한 정체
달성2터널	993	05. 11. 1	미사일 추진체 운반 트럭 화재(폭발)	브레이크	트럭 2, 제트팬, 구조용 파손

설비는 2,000m 미만으로 설치되지 않은 상태였고, 1905년 달성2터널(993m) 화재시 1,000m 미만으로 사용가능한 소화시설은 소화기뿐이었다.

〈표 4〉는 국내 도로터널에서 발생한 사고 사례이다. 상대적으로 2003년 이전의 구체적인 자료가 매우 부족하다는 것을 알 수 있다.



5. 맺음말

위에서 우리는 터널의 공간적 환경이 화재시 어떤 작용을 발생시켜 피해를 확대시킬 수 있는지와 국내 터널의 장대화가 어떤 속도로 진행되고 있는지, 그리고 이런 변화를 반영하는 안전기준의 개정에 대해 살펴보았다. 본인은 이런 변화와 함께 터널 화재시 직간접적인 피해를 최소화하기 위해 요구되는 포괄적인 내용을 제시하는 것으로 글을 맺고자 한다.

첫째, 소방대가 터널 화재에 직접적인 경험을 가지고 소방 전술을 연마할 수 있는 교육 및 훈련용 터널이 만들어져야 한다. 대부분의 소방대는 터널 화재를 거의 경험하지 못했고 장비들도 적합하지 못한 상태이므로 실제 화재시 효율을 극대화하는 데 많은 한계를 가지고 있다고 판단된다.

둘째, 건교부, 도로공사, 각 지자체 및 소방서는

터널 사고 및 화재에 대한 구체적인 자료를 수집하고 분류함으로써 한국형 데이터베이스를 만들고 유지해야 한다. 현재 많은 터널 연구자와 기술자들은 해외의 통계자료와 결과들을 설계 및 위험성 평가에 사용하고 있다. 이것은 국내의 지형적인 특성, 자연환경, 운전 문화의 특수성을 충분히 반영하지 못함으로써 정책 판단과 기술 적용의 논리적 기초를 약하게 만들게 된다. 따라서 모든 기관들이 통일된 관점에서 통계를 작성하기 위한 정책이 요구된다.

셋째, 터널 운영주체들에게 공학적인 학습과 훈련의 기회를 계속적으로 부여해야 한다. 1,000m가 넘는 터널은 터널관리사무소가 설치되어 상근자들이 관리하고 그 미만은 순환(원격) 관리하고 있다. 화재 초기 대응은 대부분 이들에게 의존하므로 화재, 피난, 소방전술 등 폭넓은 교육 훈련을 통해 비상대응 절차를 중심으로 주체적인 대응을 할 수 있는 역량을 강화할 필요가 있다.

넷째, 화재시 터널 이용자에게 필요한 행동요령을 계속적으로 교육시켜야 한다. 많은 화재가 소화기를 사용한 이용자에 의해 소화되어 대형 사고를 막을 수 있었다. 유럽연합은 도로터널 화재안전을 위해 운전자에 대한 교육훈련이 계속적으로 수행되

도록 정책을 변경할 것을 주장하고 있다.

다섯째, 2005년 개정된 ‘도로터널 방재설비 설치지침’ 이전에 완공되어 사용 중인 터널은 개정 기준에 의거해서 시설 보수작업이 수행되어야 할 것이다.

여섯째, 화재와 관련된 기술적인 사항에서 배제되었던 화재안전 기술자들이 적극적으로 참여할 수 있도록 조직과 운영을 개편해야 한다. 예를 들면 홍지문터널 화재시 250m³/s인 제연송풍기는 배출용 댐퍼작동 고장으로 신호가 투입되지 않는 절차상의 문제로 작동하지 못했고, 달성2터널에서 제연설비는 전력용 케이블이 화염에 녹아 작동하지 못했다. 화재 상황에서 이런 종류의 방재설비에 대한 작동절차와 설치기준은 화재안전기술자들에게는 기본적인 사항이지만 두 터널에는 반영되지 못했다.

아직까지 국내 도로터널에서 Mont Blanc 터널, Frejus 터널과 같은 대형사고가 발생하지 않은 것은 행운이라고 볼 수 있다. 이제 화재안전에 중사하고 있는 우리가 고민해야 하는 것은 우연을 필연으로 만들기 위한 정책과 기술을 발전시키는 것이다. 

