

# 고속도로 터널 방재시설 현황 및 전망

윤철욱 (한국도로공사 설비부장)

## 1. 머리말

최근 신속하고 안전한 물류수송의 필요성과 균등한 지역발전을 위해 고속도로 신설 및 확장공사가 급속하게 이루어지고 있으며, 특히 우리나라의 경우 국토의 70%가 산지로 구성되어 도로건설에 따른 자연환경의 훼손을 최소로 하기 위하여 많은 장터널(1,000m이상)이 건설되고 있다.

장터널의 급증과 해외 터널의 대형화재사고를 접하면서, 도로터널의 방재시설에 대한 관심과 연구가 진행되고 있는데, 한국도로공사에서는 '90년이후 도로터널의 방재시설에 대한 설치기준을 제·개정하여 현장에 적용하고 있으며, 터널방재시스템에 대한 연구('01~'02)를 통하여 더욱 효과적인 방재시스템 마련에 온 힘을 기울이고 있다. 본 내용에서는 고속도로 터널의 방재시설현황과 향후 전망에 대하여 기술하였다.

## 2. 터널 화재사고현황

현재까지 우리나라 고속도로 터널의 대형화재 사고사례는 없으며 외국의 주요터널 사고사례를 조사하였다.

〈표1〉에서 보듯이 터널내에서 사고가 일어나면 대형참사가 되기 쉽고, 사망자의 대부분은 유독가스 및 열화에 의해 사망한 것으로 판단된다. 사고대형화의 주요원인으로는 첫째, 운전자들의 피난요령미숙과 전광안내판 또는 차선제어기등의 안내신호 무시 둘째, 차량간격의 근접운행으로 화재 확대 셋째, 터널 전단면에 퍼진 연기로 피난자의 대피로 확보 곤란 넷째, 화재대비훈련 등 체계적 훈련과 구조체계미흡 등을 들 수 있다.

우리나라의 경우 현재까지 터널에서의 대형사고사례가 없는 것은 교통질서를 잘 지켜서라기 보다는 최근까지 도로의 장터널(1,000m이상) 갯수가 매우 적었기 때문이며, 그나마 장터널의 개통년도가 대부분 1999년~2001년에 집중되었기 때문이다. 현재 국내 고속도로 장터널의 개수는 18개소로서 장터널이 많아짐에 따라 터널내에서 사고의 확률은 점차 높아질 것이다.

표 1. 외국의 주요터널 사고사례

터널명	발생년도	화재차량	화재원인	화재지속시간	피해내용
홀랜드	1949	11톤 화물차	탱크로리 폭발	4시간	66명 사상
몽블랑	1974	화물차	모터관련	15분	1명 사상
크로싱 BP-A6	1976	16톤 화물차	과속 전복	1시간	12명 사상
벨센	1978	화물차	앞뒤차 충돌	1시간 20분	5명 사망, 5명 중상
나혼자카	1979	화물차, 승용차	앞뒤차 충돌	159시간	7명 사망, 1명 중상

## 도시방재활동의 현황

터널명	발생년도	화재차량	화재원인	화재지속시간	피해내용
가지와라	1980	화물차	터널벽면 충돌	-	1명사망
칼더코트	1982	화물차, 승용차	앞뒤차 충돌	2시간 40분	7명 사망, 2명 중상
페코릴라칼레리아	1983	화물차	앞뒤차 충돌	4시간	9명 사망, 22명 중상
르아메	1986	화물트레일러	과속급정거	4시간	3명 사망, 5명 중상
구메펜스	1987	화물차	앞뒤차 충돌	2시간	2명 사망
몽블랑	1990	20톤 화물차	모터관련	-	2명 중상
세라리폴리	1993	화물차, 승용차	차량충돌	2시간 30분	2명 사망, 4명 중상
호브덴	1993	모터사이클, 승용차	앞뒤차충돌	1시간	5명 사상
후구노트	1994	버스	전기관련	1시간	1명 사망, 29명 중상
팬더	1995	화물트레일러	충돌	1시간	3명 사망, 4명 중상
아이솔라델레퍼민	1996	탱크로리, 버스	앞뒤차충돌	-	5명 사망, 20명 중상
몽블랑	1999	화물차	오일균열	-	39명 사망
타우언	1999	화물차	앞뒤차충돌	1시간	12명 사망, 59명 중상
셀제스타드	2000	화물차, 승용차	차량화재	45분	6명 사상
고트하드	2001	화물차	충돌	48시간	11명 사망

### 3. 국내 터널 방재설비규정

터널 방재시설물의 설치에 소방법에 따르고 있지만, 1980년대 말까지만 하더라도 국내에 건설되고 있는 터널의 연장이 매우 짧고 도로에서 차지하는 비율이 미미하였기 때문에 터널내 방재시설에 대한 인식이 매우 부족하여 시설물에 대한 설치기준도 매우 미비하였다. 그러나 1990년에 들어서면서부터 터널의 장대화추세에 따라 터널의 안전사고에 대한 관심이 늘어나면서 관련법의 개정이 있었으나 아직까지는 터

널에 적용할 수 있는 세부설치기준에 대한 내용이 부족한 편이다.

### 4. 고속도로 터널 방재시설 설치기준

한국도로공사에서는 1997년 소방법시행령 개정에 따라 1998년 2월에「터널 방재시설 기준」을 개정하였다. 고속도로 터널 방재시설 기준의 특징은 소방법의 설치기준을 모두 수용하면서 더욱 강화된 시설기준을 통하여 안전시설의 측면을 더욱 강조한 것이다.

표 2. 국내 소방법에 의한 터널 방재설비 설치기준

연 장(m)		2000m이상	1000m이상	500m이상	500m미만
소화설비	소화기구	●	●	●	●
	옥내소화전설비	●	●		
경보설비	비상경보설비	●	●	●	
피난설비	비상조명등	●	●	●	
소화활동설비	제연설비	●	●		
	무선통신보조설비	●	●	●	
	연결송수관설비	●			
	비상콘센트설비	●	●	●	

표 3. 고속도로 터널 방재시설 설치기준

방재시설		터널연장(m)	4,000 이상	2,000 이상	1,000 이상	800 이상	500 이상	200 이상	200 미만
소방설비	소화설비	소 화 기 구	●	●	●	●	●	●	●
		옥내소화전설비	●	●	●				
		물분무설비	●						
	경보설비	비상경보설비	●	●	●	●	●		
		화재감지기	●	●					
		비상방송설비	●	●	●				
	피난설비	비상조명등	●	●	●	●	●	●	
		유도표시판	●	●	●				
	소화 활동 설비	제 연 설 비	●	●	●				
		무선통신보조설비	●	●	●	●	●		
연결송수관설비		●	●						
비상콘센트설비		●	●	●	●	●			
기타사항	통보· 경보설비	비 상 전 화	●	●	●	●	●		
		정보표시판(터널입구)	●	●	●	●			
	기타설비	비상지원설비	●	●	●	●	●	●	
		라디오재방송설비	●	●	●	●	●	●	
		CCTV	●	●	●				
		피난연락객	●	●	●				
		비상주차대	●	●	●				

### 5. 터널 방재시설 현황

터널에 설치되는 방재시설의 종류는 19종이나 되지만 터널 연장에 따라 설치여부가 정해진다. 본 원고에

국내 최초로 물분무 설비를 설치하여 화재사고시 화세를 억제하고 높은 열로부터 터널구조물을 보호할 수 있도록 하였다. 기타 설비로는 화재감지기, 옥내소화전설비, 피난연락객문 등이 설치되어 있다. 주요 방재 시설물에 대한 설명은 아래와 같다.

표 4. 죽령터널 제원

구 분	연 장	구 배(%)	평균고도	내공단면적	대표직경	교통량(목표년도)
영주방향	4,600m	+0.54,-0.54	400m	64.099㎡	8.8085m	3,957대/시
제천방향	4,600m	+0.50,-0.50	400m	64.099㎡	8.8085m	3,957대/시

서는 현재 방재시설기준의 모든 설비가 설치되어 있는 죽령터널을 예로 들어 설명한다. 죽령터널은 중앙선에 위치하고 있으며 경복 풍기와 중복 단양을 잇는 국내 최장의 도로터널로서 각종 대형환기시설 및 자동제어 시스템과 방재시설이 설치되어 있다.

죽령터널 방재시설중 가장 주요한 특징중 하나는

가. 소화기구, 옥내소화전설비, 물분무설비

(그림1)은 물분무설비 배치도이다. 물이 분무되는 곳은 상부의 노즐이고, 옥내소화전 및 연결송수관, 소화기, 비상콘센트, 비상경보설비가 설치되어 있다. 죽령터널에는 물분무설비가 터널단면모양에 따라 4가지

형태로 나누어 설치되고, 옥내소화전은 상하행선 각각 104개가 설치되었으며, 옥내소화전 1개소마다 6.5kg 용량의 ABC 소화기를 2개씩 비치하였다.

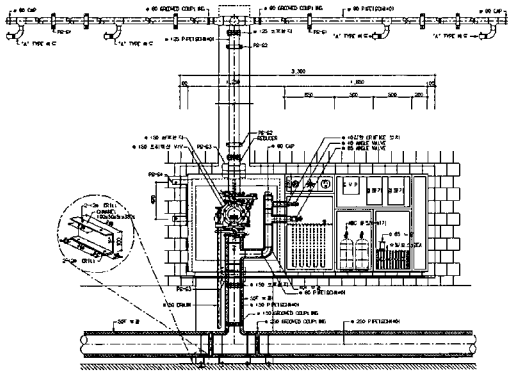


그림1. 물분무설비 설치도

나. 화재감지기, 비상방송설비, 유도표시판

〈그림2〉는 화재감지기의 구성도이다. 죽령터널에는 공기관식 화재감지기가 전구간에 걸쳐 설치되어 화재를 신속히 감지함은 물론 화재위치를 통보하며, 비상방송설비는 50m간격으로 유도표시판은 200m간격으로 설치되어 있다. 또한 터널환기용 계측기로 쓰이는 VICONO 계측기를 이용하여 급격히 계측수치가 높아지는 상태를 모니터하면 화재를 감지하는 것도 가능하다.

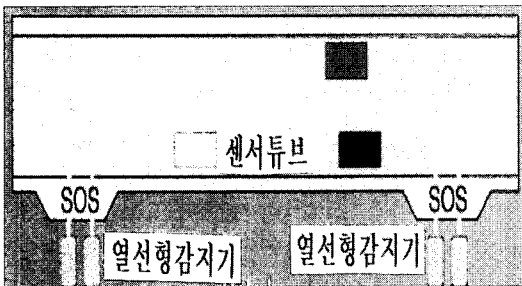


그림2. 화재감지기 구성도

다. 제연설비

죽령터널의 제연설비는 제트팬(φ 1030) 29대와 수직갱 액슬팬(250kw×4대, 200kw×4대)이다. 평상시에는 터널 환기를 위하여 작동을 하지만 화재시에는

터널내 풍속을 역류(Backlayering)를 방지하기 위한 임계속도인 2m/s이상을 유지시키기 위하여 배연설비로 작동하게 된다. 과거에는 터널내 화재규모를 5MW(승용차급)으로 설정하여 제연시설을 설계하고 있으나, 최근 20MW(대형버스급)으로 상향조정되고 있는 추세이다. 죽령터널 제연설비는 제트팬과 액슬팬을 조합하여 화재발생위치에 따라 관리자가 지침에 의해 배연을 할 수 있도록 하고 있다.

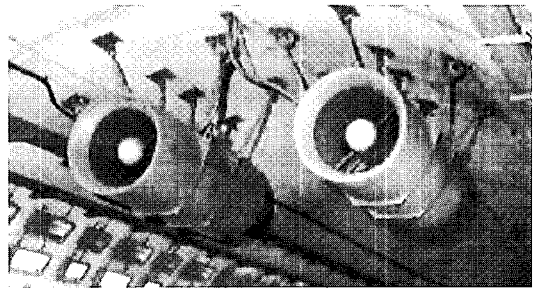


그림3. 제트팬

라. 피난연락객, 비상주차대, CCTV

죽령터널에는 총 6개의 피난연락객문이 설치되어 있다. 피난연락객문은 750m간격으로 설치되며, 최근에 설치한 피난연락객문의 특징은 토션스프링을 이용하여 수동으로 개폐하기가 편리하며, 쪽문을 두어 비상시 쪽문을 통하여 신속한 대피가 가능한 점이다. 또한 피난연락객문 반대차선에는 비상주차대를 설치하여 피난이 더욱 용이하도록 하였고, 평상시에는 차량이 안전하게 대기할 수 있도록 하였다. 또한 터널에는

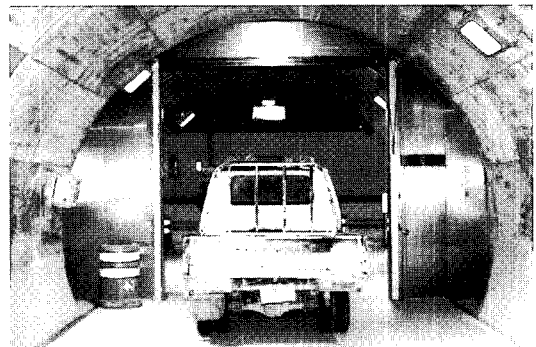


그림4. 피난연락 갭문

일정간격으로 CCTV를 설치하여 사고를 신속히 감지하고 상황파악을 할 수 있도록 하였다.

### 6. 방재시설 연구소개 및 향후전망

최근 장터널의 급증으로 터널내 사고위험이 증가함에 따라 한국도로공사에서는 2001년부터 한국기계연구원과 함께 터널방재시스템에 관한 연구를 수행하고 있다. 현재 국내터널에서 적용되고 있는 방재시설기준은 체계적이고 과학적인 화재성능시험이나 소방대응기술에 기반을 두지 않고 제정됨에 따라 그에 따른 경제적 효과는 물론 최소한의 안전성능에 대한 평가가 필요하다.

또한 우리나라 터널의 소방설비 및 피난설비는 건축물에서 적용하는 규제위주의 설비를 장착하는 수준에 지나지 않아 화재발생시나리오를 기반으로 하는 성능위주 설계법에 의한 체계적이고 과학적인 접근이 필요할 것이다. 더욱이 현재 난립하고 있는 각종 방재설비의 성능평가 및 그 평가를 기초로 설치가능한 범위를 제시하여 합리적이고 경제적인 기준선정을 유도하고 이에 따른 유지관리비용을

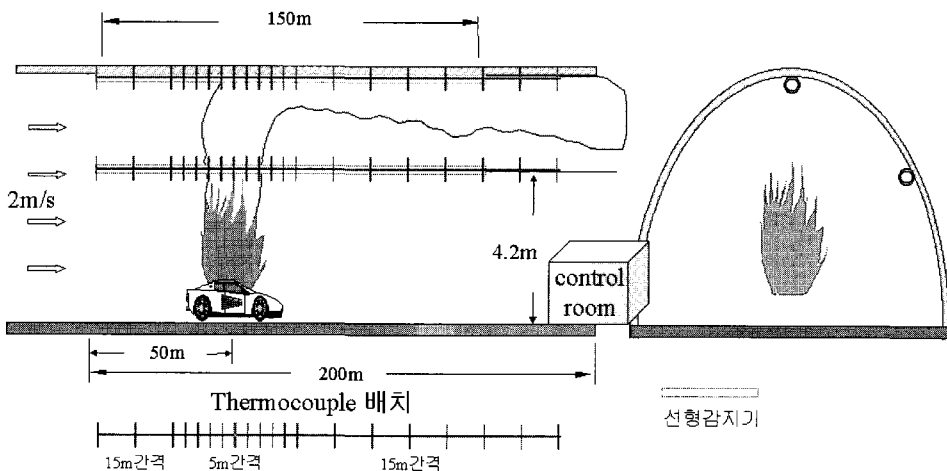
예측하여 원가절감에 기여하고자 한다.

터널 방재시설 연구내용은 1차(2001년)와 2차(2002년)으로 나누어 실시되고 있다.

1차 연구내용은 터널화재성상분석과 실험을 통한 화재감지능력 기준에 관한 연구이고, 2차 연구내용은 터널의 표준피난모델, 신설터널 방재시스템 기준, 기존터널의 방재시스템 개선방안, 터널 방재시스템의 관리방안이다. 특히 2001년 8월 14일에는 폐도구간의 대전터널(465m)에서 터널내 승용차 화재에 의한 연층형성 및 배연성능 확인실험에 관한 실험이 국내최초로 있었다.

실험내용은 승용차를 이용하여 화재를 발생시켜 연기선단의 형성과 이동속도 및 온도를 측정하고, 호흡선 높이인 지상 1.5m에서 연기의 온도를 측정하며, 피난방향으로 연기가 흘러오는 역류(backlayering)를 억제하기 위한 임계속도등을 평가하였다. 이를 위하여 온도측정 86개소, 기류속도측정 12개소를 설치하였다. 이와 동시에 감지기 성능평가를 위한 실험도 동시에 실시하였다.

방재시설연구에 대한 최종결론은 아직 나오지 않았으나, 터널 화재시뮬레이션의 해석결과는 실제와



감지기의 설치 방법 및 위치

그림5. 화재실험 개요도

많은 차이가 발생할 수 있으며, 터널내 화재감지도 건축물에서 설치하는 기준과는 상당히 다르다는 것을 알 수 있었다. 향후 터널 실물실험이 현실적으로 많은 제약이 있으므로 검증을 위해서는 실험실에서 축소모형실험으로 판단할 수 있을 것이다. 본 연구를 통하여 우리나라 터널의 방재시설 설치에 대한 설계기술이 많이 향상될 것이라고 판단된다. 그러나, 아직까지는 초보단계이기 때문에 터널방재시설에 대한 원천기술을 습득하기 위해서는 상당한 투자와 실험이 필요하리라고 생각된다.

화재실험 못지 않게 중요한 것이 설치되어 있는 시설물을 어떻게 활용하는가 이다. 지금까지 터널에 설치된 방재시설은 선진국과 비교해도 전혀 떨어지지 않는 시설이지만, 성능발휘가 100% 이루어질 지는 미지수이다. 그 이유는 현재 우리나라에서는 대형터널화재사고가 없어, 일반 국민이 그 위험성을 느끼지 못하고 또한 시설물 조작법도 잘 모르기 때문이다.

한국도로공사에서는 이러한 문제점을 파악하여 <그림6>과 같은 대응방안마련을 추진하고 있다. 먼저

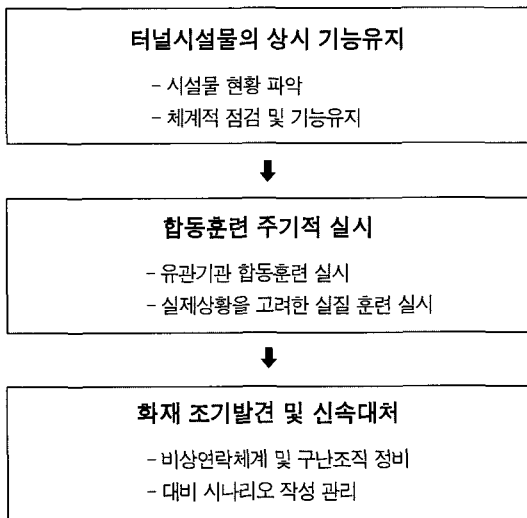


그림6. 터널 화재사고시 대응방안 수립

위급상황시 시설물 가동이 100%가 되기 위해서 상시 시설물에 대한 체계적 점검을 하고, 주기적인 유관기관 합동훈련실시로 터널 관리자가 실제 상황에서 신속하게 움직일 수 있도록 하며, 대비 시나리오를 작성 당황하지 않고 시나리오에 따라 가장 적합한 구급구난을 할 수 있도록 대응하는 것이다.

그러나, 도로를 이용하는 국민도 최소한의 방재시설 이용방법과 대피요령에 대해 알고 있어야 하므로, 터널 화재의 심각성과 대처요령에 대한 지속적인 대국민 홍보활동이 필요한 실정이다.

## 7. 결론

근간에 점차 장터널이 늘어감에 따라 터널내 사고에 대한 관심도 높아지고 있다. 터널의 경우 폐쇄된 공간이기 때문에 일단 사고가 발생하면 유독가스와 열기 때문에 많은 사상자를 발생시키고, 사고터널은 복구를 위하여 장기간 그 기능을 유지할 수 없게 되어 그로 인한 경제적 손실 또한 엄청난 것이다. 따라서, 수년에 한번 사용할 수 있더라도 터널연장에 따른 적정한 방재시설의 설치가 필요한 것이며 상시 그 시설기능을 유지해야 하고, 긴급구난체계와 대비시나리오가 실제 터널에 맞게 작성되어 상시 관리되어야 한다.

또한, 일반인 대부분은 터널내 화재시 대피방법 및 각종 소화기구 작동방법에 대하여는 무지한 상태이다. 화재가 나더라도 정지신호를 무시하여 터널로 진입하거나 방재시설을 사용할 수 없어서 피해가 발생하는 일도 예상이 가능하다.

따라서 터널방재시설의 효율적 설치와 터널시설물의 상시기능유지 그리고 터널관리자와 유관기관의 실질적 합동훈련을 통한 신속대처능력향상이 필요하며, 특히 운전자에 대한 비상시 대처요령숙지를 위한 지속적인 계도가 필요하다.

### 참 고 문 헌

- [1] 한국도로공사, 1998, 터널방재시설기준
- [2] 한국도로공사, 2000, 중앙고속도로 영주-재천간 (제9공구) 축령터널보고서, pp.20-90, pp.127-143
- [3] 한국도로공사, 2001, 고속도로 터널방재시스템 연구(2001년 중간보고서), pp.38-43