

도로터널의 방재대책



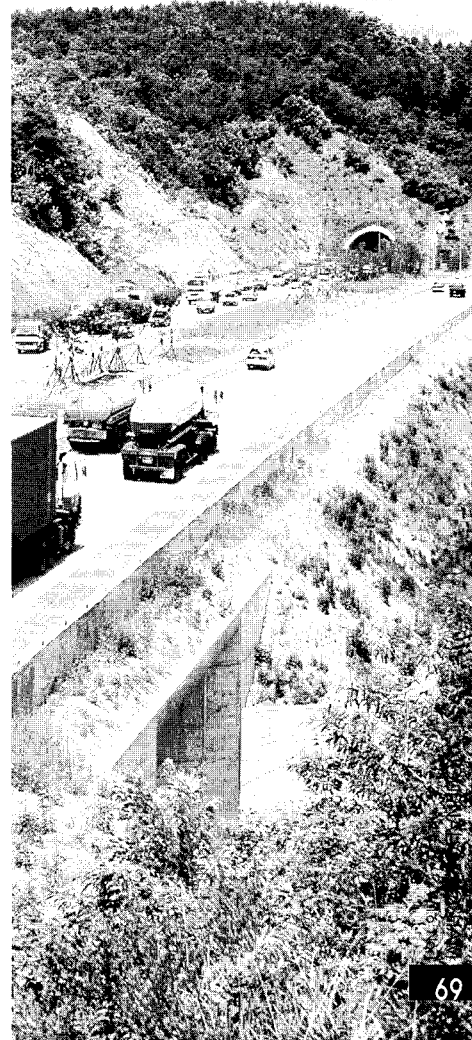
한상대 >>
소방방재청 소방시설장비팀, 소방장

1. 서언

국가 경제의 성장으로 인하여 산업계의 물류수송량이 증가하고 사람들의 이동 필요성이 증가하는 추세에 있다. 최근에 정부에서 추진하고 있는 국토의 균형발전계획에 따라 이러한 물류 및 사람의 이동에 대한 욕구는 더욱 커질 것으로 예상된다.

이러한 교통량의 증가는 필연적으로 물류비 및 교통비의 증가를 가져오며, 이에 따라 늘어나는 교통수요와 비용을 줄일 수 있는 새로운 도로에 대한 건설 필요성이 확대되고 있다. 한편 국가 경제의 발전에 따라 도로건설에 필요한 토지 매입에 필요한 비용도 아울러 증가하여 이를 줄이기 위한 필요성과 함께 산지가 70% 이상을 차지하는 우리나라의 여건으로 인하여 터널 건설의 필요성은 점점 커지고 있다.

그러나 도로의 건설에 따라 필연적으로 건설되는 터널은 “반밀폐공간”이라는 기본적인 특성으로 인하여 항상 화재 사고의 위험을 가지고 있다. 또한 1999년 프랑스와 이탈리아 접경 지역에 위치한 몽블랑 터널의 화재참사와 2001년 스위스 고타드터널 화재사고에서 볼 수 있듯이 터널 내 화재사고가 발생하면 대형사고로 이어질 수 있는 잠재 위험성을 가지고 있다. 다행히 지난해 11.1 경부고속도로 달성터널에서의 화재사고에서 인명피해는 발생하지 않았으나, 2003년 대구지하철 화재참사에서 볼 수 있듯이 터널 등의 지하공간에서는 사고가 대형 사고로 이어진다는 점을 생각하면 터널 내의 화재 사고 방지를 위한



방재설비는 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다. 터널 내에서의 대형 화재 사고는 터널 사용자의 생명을 위협할 뿐만 아니라 터널구조물이나 각종 설비 등의 손상에 따른 심대한 직접적인 피해를 가져오며, 또한 터널 복구에 따른 비용과 복구되는 동안의 통행 불능 상태로 인하여 사회적으로 지불하여야 하는 간접비용이 엄청나다. 따라서 터널 내의 안전을 확보하고 사회적으로 비용을 줄이기 위하여 터널에는 일반 도로보다 더 많은 안전시설이 요구되며, 불가피하게 발생하는 화재사고에 대비하여 터널 사용자의 대피와 탈출, 사용자 및 소방대원들의 소화활동을 위한 방재시설의 설치가 기본적으로 요구된다.

이와 같이 터널 내에는 화재사고를 막고 피해를 최소화할 수 있는 많은 설비의 설치가 요구되므로 이러한 방재시설에 대한 합리적이고 과학적인 설치 기준의 마련은 국가적 차원에서도 매우 중요한 문제라고 볼 수 있다.

표 1. 국내 터널현황(도로구분 대 터널길이)

구분 \ 길이	2km이상	1.5 ~ 2km	1 ~ 1.5km	0.5 ~ 1km	500m미만	합계	백분율(%)
고속도로	12	9	19	113	121	274	41.08
일반국도	1	9	5	77	88	180	26.99
특별시도	4	14	7	23	70	118	17.69
국가지원지방도	0	1	1	8	7	17	2.55
지방도	2	2	2	8	20	34	5.10
시군도	0	2	2	16	24	44	6.59
합계	19	37	36	245	330	667	100
백분율(%)	2.85	5.54	5.40	36.73	49.48	100	-

표 2. 도로터널 화재사고 주요사례

구분	사고 대상	인명 피해
국내사례	<ul style="list-style-type: none"> · '91년 대전 대덕터널(승용차 추돌) · '98년 부산 광안터널(화물차 충돌) · '02년 서울 남산1호터널(버스정비 불량) · '03년 서울 홍지문터널(타량 추돌) 	<ul style="list-style-type: none"> · 사망 2, 부상 3 · 사망 2 · 12,500천원 · 부상2, 연기흡입 45
외국사례	<ul style="list-style-type: none"> · '99년 프랑스 몽블랑터널(차량화재) · '99년 오스트리아 타우이른(차량화재) · '01년 스위스 고타르(차량 연쇄추돌) 	<ul style="list-style-type: none"> · 사망 39 · 사망 12 · 사망 11

2. 국내 터널 현황 및 화재사고 사례

1) 국내 도로터널 현황

2005년 4월 현재 국내 도로터널 현황은 표 1과 같다. 도로구분에 따라 살펴보면, 국내에서 사용되고 있는 총 667개의 도로터널 가운데 41%의 터널이 고속도로에 속해 있으며, 약 27%의 터널은 일반국도에 속해있다. 서울시와 광역시도에 약 17.7%가 그 밖에 지방도와 시·군도에 속하는 터널이 약 14.3%에 이른다.

2) 화재사고 사례

국내의 도로터널에서의 화재로 인한 인명피해사례는 표 2와 같다. 국내의 최근 화재사고는 2003년 서울 홍지문터널에서 차량추돌사고로 화재가 발생하여 47명이 중경상을 입은 사고가 있었으며, 외국의 경우 1999년 프랑스 몽블랑터널에서의 차량추돌로 인한 화재사고로 39명이 사망하였고, 2001년 스위스 고타



도로터널은 일반도로에 비하여 일반적으로 사고 확률은 높지 않다고 알려져 있지만, 화재사고가 발생하면 그 피해의 정도는 열린 공간에서의 일반도로에 비하여 막대하다.

르터널에서의 차량연쇄추돌로 인한 화재로 11명이 사망하는 사고가 발생한 사례가 있다.

3. 도로터널 내 화재의 위험성

도로터널은 일반도로에 비하여 일반적으로 사고 확률은 높지 않다고 알려져 있지만, 화재사고가 발생하면 그 피해의 정도는 열린 공간에서의 일반도로에 비하여 막대하다. 특히 밀폐된 공간의 특성으로 인하여 차량화재에서 발생하는 열은 외부로 배출되지 못하고 터널 내에 집적되게 되므로, 복사열에 의한 후속 차량으로의 화재전이(fire jump 현상)가 일어날 가능성이 커지게 된다. 또한 화재로 인해 발생하는 연기는 터널 내 사용자들의 안전에 심각한 위협을 가하게 된다. 이러한 인명에 대한 직접적인 피해뿐만 아니라 터널 구조물의 손상으로 인한 장기간의 터널 폐쇄는 사회전반 나아가서는 국가 경제 전체에 큰 영향을 미치게 된다. 실제로 2001년에 발생한 고타드터널 화재의 경우 사고 발생 후 약 2개월간 터널이 폐쇄되었으며, 그로 인한 직접적 경제적 피해만으로도 약 120억원 정도로 추산된다. 따라서 언제 일어날지 모르는 터널 내 화재사고에 대비하여 터널 내의 방재시설에 대한 철저한 설치인 인명 피해와 경제적 피해를 줄일 수 있는 필수적인 것이라 할 수 있다.

터널 내 화재사고가 발생하였을 때 인명피해를 심화시키는 주요요인을 정리하면 다음과 같다.

- 화재감지 및 통보시스템의 부족
- 유독성 연소가스의 확산
- 고온의 연기 확산
- 복사열 및 대류열의 증가
- 가시거리의 제약
- 대피통로의 부족
- 피난시스템의 부족 : 유도표시 및 경보음 부족
- 화재위험구역에 위치한 터널사용자들의 수동적 대응 및 패닉 현상

터널 내에서 화재사고가 발생하면 일반적으로 10분 내지 20분 이내에 위험한 정도까지 화재가 성장하고, 이로 인하여 열이나 연기가 발생하고 또 가시거리가 제약되어 터널사용자들에 대한 대피에 심각한 지장을 초래하게 된다.

따라서 터널사용자들의 안전을 위해서는

- 1) 화재의 조기감지,
- 2) 신속한 초기화재 대응
- 3) 초기화재대응 실패시의 편리한 대피 수단
- 4) 화재의 확산을 방지하기 위한 화원에 대한 냉각
- 5) 마지막으로 화재진화에 이르기까지 각각의 기능을 담당하는 터널 내 방재설비에 대한 정확한 설치와 운영·관리는 매우 중요하다.

4. 도로터널 내 방재시설 설치에 대한 기본원칙

터널 내에서의 안전을 위해서는 사고 예방이 가장 중요하다. 그러나 아무리 대비를 잘 하고 안전 운전을 하더라도 차량고장이나 기타 요인으로 인한 터널 내의 차량화재사고는 피할 수 없다. 이러한 경우 최우선적으로 고려되어야 할 것은 인명의 보호이며, 다음이 터널 시설물 및 터널 구조물의 보호이다. 인명 피해를 최소화하기 위해서는 다음과 같은 원칙들이 터널 내의 방재시설에 적용되어야 한다.

1) 터널 사용자에게 대한 초기 진화 능력 강화

터널 화재는 초기 몇 분이 화재 성장을 막는 가장 중요한 요소이므로 터널 사용자에게 의한 초기진화는 허용되어야 하며, 권장되어야 한다. 이를 위하여 소화기, 옥내소화전 등의 터널 사용자용 소화설비에 대한 기준은 강화되어야 한다.

2) 화재사고의 조기감지

터널 화재사고 발생시 사태를 더욱 심각하게 만드는 것은 후속 차량에 의한 2차 사고이므로 후속 차량 진입을 막기 위한 설비의 운영이 중요하다. 또한 화재 확산을 막고 인명 대피를 위한 방재시설의 적절한 운영은 필수적이며, 이들 설비들은 화재경보 및 화재 감지기와 연동되어 자동이나 수동으로 동작되는 것이 보통이다. 따라서 화재사고를 조기에(보통 1분 이내) 감지하여 후속차량의 진입을 막고, 터널 내의 운전자들에게는 적절한 정보를 제공하고 대피를 유도할 수 있게 하는 것이 중요하다.

3) 안전한 장소로의 편리한 대피 수단 제공

터널 내 화재사고가 발생한 후 10분(경우에 따라서는 5분 이내) 이상이 지나면 터널 사용자들이 계속하여 진화에 나서는 것은 현명하지 못하다. 터널사용자들은 초기진화를 위하여 소화기나 옥내소화전 등의 소화설비를 이용하지만, 어느 정도의 시간이 지나면 빨리 안전한 장소로 대피할 수 있어야 하므로 이를

위하여 대피경로를 전달하고 대피경로에 대한 올바른 정보를 터널사용자들에게 제공하며, 또한 안전한 대피시설을 제공할 필요가 있다.

터널사용자들의 대피를 어렵게 만드는 것은 주로 열보다는 연기이다. 따라서 사람들의 대피를 돕기 위해서는 연기나 유독성 가스의 적절한 조절과 배출은 매우 중요하며, 이를 위한 터널의 지리적 여건이나 구조적 특성 등을 고려한 제연설비의 올바른 설치는 매우 중요하다.

4)화재 확산 방지를 위한 소화활동설비

터널 내 화재사고로 인한 에너지의 접적은 후속차량에 대한 fire jump, 터널 시설물이나 구조물에 대한 손상 등 심각한 피해를 초래한다. 따라서 화재의 확산을 막기 위한 적극적 소화활동설비의 설치는 권장되어야 할 것이다. 차량 화재는 자체로 인한 화원 보호 효과와 화재의 특성상 유류화재이므로 완전한 진화는 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 일차적으로는 화원을 냉각시켜 격리시키고, 이차적으로 화재를 진압하는 단계적 접근방법이 요구된다고 할 수 있다. 화재의 격리는 소방대원들에 의한 본격 진화 시에도 많은 도움이 된다. 결국 소화활동설비의 가장 중요한 목적은 화재의 격리인 것이다.

5) 화재 진압을 위한 소화용수의 확보

일반적으로 건축물이나 일반도로에서의 화재사고에 있어서는 소화를 위한 소화용수의 공급이 용이하다. 그러나 터널 내 화재사고의 경우에 있어서는 터널의 밀폐성과 지리적 격리성으로 인하여 일반적으로 충분한 소화용수를 확보하는데 어려움이 있으며, 소방차를 이용하여 터널 내에 진압하는 것도 한계가 있으므로 터널 내의 어느 정도의 소화용수를 확보하는 것은 중요한 요소라고 할 수 있다.

6) 소방대원에 의한 화재 진압 편이성 제고

터널 내 화재사고 시 소방대원들에 의한 진압활동이 시작될 시점에는 대부분 화재가 상당히 성장한 상

태라고 할 수 있다. 따라서 소방대원이라 할지라도 효과적인 진압활동을 하는데 어려움을 겪을 수 있다. 또한 터널 내에 차량이 정체되어 있는 경우, 더욱 화원에 접근하기 어려운 상황에 처할 수 있다. 이러한 진압과정 상의 어려움을 일정부분 해소하기 위하여 터널 입출구에 반대 터널로 진압하기 위한 통로 확보, 소방차량을 위치시키기 위한 활동공간의 확보, 반대 터널에서 화재 터널로 진입할 수 있는 수단의 제공 등도 고려하여야 할 중요한 요소라고 할 수 있다.

5. 결론

터널내 화재나 각종 사고시 대형사고 발생가능성이 높고 경미한 사고라도 발생시 신속한 대처가 어렵고 통행마비 현상이 초래될 수 있다. 특히 밀폐공간인 터널안에서 사고가 발생하였을 경우 일반도로위의 사고보다 10배이상 위험할 수 있다는 점이다. 이는 차량에서 불이 나면 인체에 치명적인 일산화탄소(CO), 시안화수소(HCN)등과 같은 유독가스가 배출되기 때문에 불로 인한 피해보다 연기와 가스에 의한 피해가 더 우려되기 때문이다. 따라서 터널내에서의 안전은 확률에 따른 경제성 논리보다는 큰 재난을 사전에 예방하고 피해를 최소화하는 준비 개념으로 접

근할 필요가 있다.

도로터널의 지속적인 증가는 그 만큼 사고발생 가능성이 높아지기 때문에 만약에 화재시 인명 및 재산 피해를 최소화하기 위해서는 터널의 설계단계에서부터 테러나 화재등 유사시에 대비한 방재대책이 반드시 검토되어야 할 것이다. 터널 방재시설의 기본목적은 사고예방, 초기대응, 피난대피, 소화 및 구조활동, 사고 확대방지임으로 사고에 대한 예방적인 조치 및 사후 조치 전반에 걸쳐서 방재시설의 역할을 정확하게 인식하고 시설간의 연계성과 설치 목적을 고려하여 관리운영될 수 있도록 명확하게 계획되어야 한다는 점이다. 그리고 그 계획에 사고 예방계획, 초기대응 계획, 소화 및 구조활동 계획, 피난시설 계획, 방재시설 운용계획 및 화재시 대응계획으로 분류하여 운용함으로써 터널 방재시설 설치의 목적을 달성할 수 있을 것이다. 또한 방재시설의 시공후에도 철저한 사후관리로 시설이 제대로 작동되는지 수시로 점검하는 것도 유사시 인명피해를 줄이기 위해 매우 중요하다 할 것이다.

터널 내의 안전을 확보하기 위해서는 방재시설의 설치등 하드웨어적인 부분 뿐만 아니라 터널 관리자에 대한 교육이나 국가차원의 안전에 대한 교육 및 홍보, 비상계획 수립등의 소프트웨어적인 부분까지 철저히 준비되고 실행되어야 한다.