

터널화재 예방대책

최근 유럽 8개국 25개 터널에 대한 시험결과를 토대로 문제점, 화재규모, 화재발생시 대응방법, 진화장비 및 화재안전대책 등에 대하여 간략하게 소개한다.

■ 터널화재 무엇이 문제인가?

모든 터널은 사용수명 기간동안 화재로 인한 문제가 발생하게 된다. - 이는 너무 단순화된 가정일까요? 2000년 1월, AIT/FIA(유럽 모니터링기관)으로부터 2차 터널시험 조사연구의 수행을 위임 받은 Deutsche Monton Technologie(DMT)의 데이비드 레인이 첫 번째 도로 터널에 대한 연구결과에서 던진 질문이다. 유럽 8개국, 모두 25개의 터널에서 시험이 이루어졌는데, 보고서에는 개방된 자동차도로와 비교하여 개선책이 언급되었고, 터널 내에서의 사고위험이 더 적은 것으로 나타났다. 개방된 도로에서보다 터널에서 사고가 더 적게 발생한다는 것을 통계로 알 수 있다. 이는 터널 내에는 교차로나 연결로가 적은 것뿐만 아니라, 기후조건에 영향을 적게 받고, 속도제한, 일정한 조명 등이 있기 때문이다. 그러나, 터널에서는 작은 사고일지라도 처리가 어렵고, 특

히 구조대원(의료진, 소방대원, 경찰 등)에게는 매우 제한적인 접근경로를 허용할 뿐이다. Montblanc, Leinbach, Tauern 터널에서처럼, 발생한 화재사고는 대재해로 발전할 수도 있다. 이들 재앙적 화재사고 이후 스위스 철도 터널(도로 및 철도)의 안전기준이 환경·교통·에너지·통신 담당국(UVEK)에서 위임받아 수행하는 심층연구 주제가 되었다. 1999년 연방교통사무국(BAV)은 철도터널의 안전과 관련된 추가연구를 시작하였다.

철도터널에 대한 이 연구분석 결과를 보면 :

- ▷ 검토된 689개 터널의 16%는 안전상의 문제가 있는 것으로 판정되었다. - 110개의 터널이 위험요소 내포
- ▷ 3,000m 이상의 길이를 갖는 26개 터널에서, BAV는 다음과 같이 구조시설과 관련된 확실한 조치를 추가적으로 설치할 것을 고려하였다. :

- a. 보도와 난간
- b. 비상 조명
- c. 환기
- d. 비상탈출로 표시

과거 수년간 터널에서의 주요 화재 사례를 보면,
 1995년 Baku Subway 289명 사망
 1996년 Euro Tunnel 사망 없음
 1999년 Mont Blanc 39명 사망
 1999년 Tauern 12명 사망
 2000년 Kaprun 155명 사망

■ 문제점

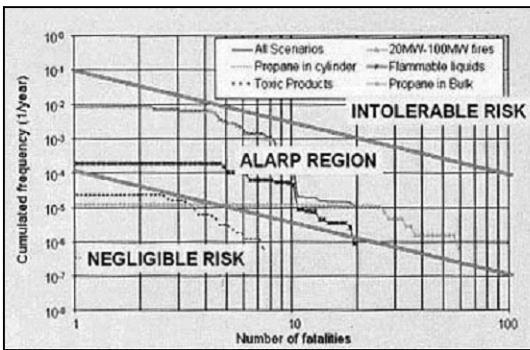
소방대원, 소방엔지니어, 안전관리자는 화재 조건에서 열방출량, 연기 및 가스농도, 급속한 화재전파가 인명에 얼마나 위협한 환경을 만드는 지 알고 있다. 화재시 분출되는 일산화탄소 및 유독성 물질은 아주 빠른 시간 내에 위험수준에 도달하게 된다. 터널은 양쪽 출입구 사이에 다양한 모양, 곡선, 표고차로 설계된다. 다양한 변수의 상층, 기후조건, 교통혼잡, 운행속도 등이 화재 사이클의 중요한 변수가 된다. 우리 대부분은 인화성 액체나 화학물질과 같은 위험물의 수송과 관련된 위험을 잘 알고 있고, 인화성 가스나 증기는 공기와 혼합되면 폭발성 혼합기체가 형성될 수 있다는 것을 알고 있다. 그러나 밀가루, 커피, 설탕, 코코아 및 분유와 같은 일상적으로 사용하는 물질이 분진운을 형성하여 심각한 결과를 초래할 수 있는 폭발이 일어날 수 있다는 사실은 별로 인식되고 있지 않다. 또한, 그 자체로는 위험하다고 생각되지 않는 목재 펠릿, 기타 플라스틱

제품 등도 화재시에는 상당한 화재하중으로 작용하므로 도로 또는 철도차량으로 수송 운반시 중요하게 고려하여야 한다. 독일 BIA 보고서 'Brenn und Explosionsgrossen von Stauben'에서는 가연성 분진운이 열, 불꽃, 스파크에 의해 점화될 경우 분진폭발을 일으킬 수 있다고 언급하고 있다. 이 때 점화에너지는 10mJ 이상의 작은 양으로도 폭발이 가능하다는 것이다. 또한 초기 폭발에 의한 압력파는 더욱 큰 분진운을 발생시킬 수 있으며, 이는 2차 폭발로 이어져 대형사고가 될 수 있다. 터널화재는 엄청난 파괴력을 발생시킬 수 있으며, 연기전파, 복사열의 급속한 증가, 화재의 폭발적 전파현상이며 모두가 두려워하는 플래시오버 발생의 이상적인 조건을 갖추고 있다. 피난방향과 구조를 위해 들어가는 방향이 양측으로 2개뿐이므로 터널에서 플래시오버가 발생하는 경우 내부의 모든 인명이 희생될 것이라는 것은 쉽게 추측할 수 있다. 사람이 없는 케이블 또는 기계설비용 터널은 말할 필요도 없고, 수송용으로 사용되는 사람이 있는 터널, 특히 도로수송터널은 심각한 결과를 초래하는 매우 높은 화재위험이 있는 것으로 간주되고 있다.

■ 우리의 대응

기존 시설이 있다면, 통상 제일 먼저 해야 할 일은 화재위험평가(FRA)기술을 사용하여 위험을 평가하고 낮추는 것이다. 대부분의 프로젝트가 그렇듯이, 경제적 측면에서 어려움이 있어 무엇이 해결해야 할 위험인지 또는 무시할 수 있는 위험인지 결정해야 하는 상황에서

유럽 본토에서는 좋은 정의를 적용하고 있다. 이는 ALARP(As Low As Rationally Possible) 영역에서 찾을 수 있고 “합리적으로 가능하게 낮은” 위험은 그 사회에서 수용할 수 있다. 그림 1은 그것을 잘 설명해 준다.



[그림1] ALARP 도표 - 해결해야 할 위험과 무시할 수 있는 위험 사이에 경제적 존속가능영역인 ALARP 영역

FRA는 터널에서 나타나는 위험한 상황, 절차, 물질 등에 대한 평가, 어떻게 잘못 대처하여 화재, 폭발 및 피해를 입힐 수 있는 사고로 발전할 수 있는 지와 그러한 과정을 포함한 활동 등을 주의 깊게 시험하고 확인하여야 한다. 화재위험평가의 목적은 무시할 수 있는 안전위험이 될 때까지 위험요소를 제거하거나 감소시키기 위하여 터널관리자가 무엇을 할 것인가 결정하는데 도움을 주는 것이다. FRA와 사회적 위험평가는 인명안전을 향상시킬 뿐만 아니라, 피해감소, 재산보호, 시장 점유율의 보호, 및 환경보호 등의 부가가치적 이익이 발생할 수 있다. 이는 개인과 사회 모두에 정당성이 있을 뿐 아니라 꼭 필요한 비용지출이다.

신축일 경우, 터널설계 초안에 대해 ‘정성적 설계검토(Qualitative Design Review)’가 수

행될 수 있다. QDR이 수행되는 동안 화재안전 설계의 적용범위와 목표가 정해지며, 성능기준이 확립되고 대체 설계안이 제안되어, 통상적으로 허용할 수 있는 화재공학적 해결책이 정립된다. 컴퓨터정보기술을 이용한 화재모델링과 화재성장 및 존모델 기술을 포함시킴으로써 판단할 수 있는 정보를 구할 수 있다. 또한, 기존 및 신축 터널에서 ‘화재안전시스템 내에서의 인간행동’을 관찰할 수 있음으로 해서 방재계획과 절차를 보강할 수 있다. 터널의 화재안전문제를 정립하고 다음과 같은 주요 평가기준에 따른 적절한 영역을 고려하기 위한 QDR의 목적은 위험을 제어할 수 있도록 일련의 사전 조치를 하게끔 하는 결과를 도출해 내는 것이다.

1. 재산, 환경 및 사용자의 특성부여
2. 화재안전목표 설정
3. 피난전략 설정
4. 허용기준의 확인
5. 화재위험 및 그에 따른 결과 확인
6. 위험분석을 위한 화재시나리오 정립
7. 화재안전지침의 준비

■ 화재 규모

만약, 당신이 도로 또는 철도 터널의 화재위험을 낮추기 위한 설계책임자라면, 어떤 특성을 포함시킬 것입니까? 어떤 목표를 설정할 것입니까? 이러한 문제에 대한 완전한 대답은 화재와 관련되지 않은 많은 요소들을 고려해야 할 것이나, 여기서는 화재만 고려하도록 한다. 가장 기본적인 문제는 방호해야 할 화재의 규모, 즉 설계화재규모이다. 이 문제에 대하여

여러 가지 접근방법이 있으나, 우리는 하나의 가능성만 고려하도록 한다. 이른바, 합리적으로 예상할 수 있는 최대규모의 화재에 대한 설계이다. 이러한 전제는 예상할 수 있는 화재에서 가능한 모든 설비의 작동이 되더라도 희생자가 발생할 수 있는 안이한 터널설계를 방지해준다. “예상할 수 있는”의 적절한 한계선을 결정하는데 어려움이 있을 수 있으나, 실무적으로는 열방출량이 30MW~100MW의 범위에 있는 화재를 뜻하는 것으로 일반적으로 해석된다.

■ 필요한 조치

화재발생에 대한 효과적인 조치 규정은 대단히 어려운 것이다. 이는 여러 가지 구상과 많은 비용이 요구된다. 위험평가 측면에서 ‘필요한 조치’에는 아마도 다음과 같은 것들이 포함될 것이다. - 주요 위험지역 또는 전체에 소방설비, 컴퓨터화된 화재경보시스템과 연결된 광섬유케이블 열감지기 또는 효과적인 화재경보시스템, 안전 모니터링설비, 비상조명등 및 구조명등, 비상안내표지 및 방향표지, 누설동축케이블 무선통신설비, 비상사태 지원용 차량, 현장 종합방재실, 열, 연기 방출량을 제어할 수 있는 강력한 환기설비, 신속한 대피 또는 진화대원의 접근을 위한 다중 피난로.

신속한 대응조치를 위한 세부계획이 개발되어야 하고 정기적으로 훈련되고 갱신되어야 한다. 이러한 세부계획에는 대원들의 주요 책임이 포함되며 경우에 따라 반드시 필요하다.

■ 진화장비

현재로서는 물이 가장 좋은 소화약제이다. 효율성을 높여 극히 적은 양의 물로 모든 상황에서 소화할 수 있도록 하는 것이 당면 과제이다. 작은 물방울을 만들수록 냉각시키는 표면적은 넓어진다. 더 많은 양의 물이 열과 접촉할수록 더 작은 양의 물로 소화할 수 있고 불활성화가 빨리 이루어진다. 위에서 언급된 화재에 대한 조사들과 기타 자료들로부터 화재 진압기술 및 장비, 제연설비의 제어, 특히 지역 소방대간의 활발한 상호교신, 원활한 소화용수 공급, 필요할 때 충분한 인력과 장비의 확실한 지원이 필수적인 광범위한 사전 비상계획 등이 필요했음이 지적된다. 현재 화재진압장비에는 미세 물분무 기술을 사용한 획기적인 기술장비가 개발되고 있다. 이 강력한 소화장비는 많은 진화작업과 위험한 가스운의 제어에 탁월한 효과와 진압능력이 있음을 보이고 있다. 이는 이론적 적용이 실제적 목표달성에 이른 개발의 한 예이며, 제대로 된 역할을 하고 있다. 고속 방수총 및 물대포는 소방차에 탑재될 수도 있고 고정식 또는 반고정식 소화설비로 설치될 수도 있다. 소방대원이 사용하는 이동 가능한 고정식 고압 미세 분무 방수총도 있다. 물대포와 방수총은 성능향상과 소중한 급수원의 사용효과를 극대화하기 위하여 다른 수계 포 및 생물학적 첨가제와 함께 사용될 수 있다.

■ 생명과 화재안전

우리의 생명은 소중하며, 우리의 모든 노력,

인내력, 환경적 세심한 주의, 최고의 기술을 사용하여 터널화재로부터 손실을 방지하여야 한다. 우리는 지금 이 상상하기 힘든 사고를 예견하고 있으며, 터무니없는 비극을 막을 수 있다. 적절한 조치가 취해져야 하고, 터널은 구조대원과 소방대원이 안전한 피난로를 확보하면서 접근할 수 있도록 건설되어야 한다. 이 시스템을 개발하는 숙련된 설계자 및 엔지니어도 제어할 수 있는 사용연한을 아마도 100년 이하로 제한할 수밖에 없을 것이다. 그들이 설치하는 시스템이 항상 작동하도록 최선을 다 하여야 한다. 잘못 설계되고 건축된 시설의 화재로 인한 희생은 허용될 수 없다. 시스템은 화재가 최소한의 피해를 발생시키며, 초기에 진화될 수 있도록 하고, 안전한 피난로를 통한 대피가 허용되어야 한다. 따라서, 화재진압 시스템은 화재안전에 대한 보장성을 증가시키고, 시설유지시간(피난시간) 제한선을 견딜 수 있게 설치되어야 한다. 조사와 시험을 통해 고정식 고압 미세 분무 소화설비의 엄청난 효과가 실증되고 있다. 이 첨단기술의 소화설비는 급속한 냉각과 화재진압 효과가 있으며, 화재와 연기를 즉시 감소시킴으로써 사람들이 대피하고 비상대응요원들이 안전하게 숨쉴 수 있도록 한다. 그러면, 누군가는 모든 터널에 이런 시스템을 설치하여야 한다고 결론을 내릴지도 모른다.

■ 작동가능성

그러나 세밀하고 기술적인 화재안전 시스템은 터널프로젝트를 착수하는 곳에서나 볼 수 있다. 이러한 시스템이 터널의 사용연한 내에

항상 작동가능 할까요? 터널의 시스템과 유지하기 위한 관리업무는 사용자, 초기 비상대응자, 운송물품, 일반통행자의 안전측면에서 검토되어야 한다. 그것이 바로 터널에서 의문시 되는 문제점인 것이다. ☹

— IFP(2003. 2)

— 정리: 기술지원부 과장대우 강영은