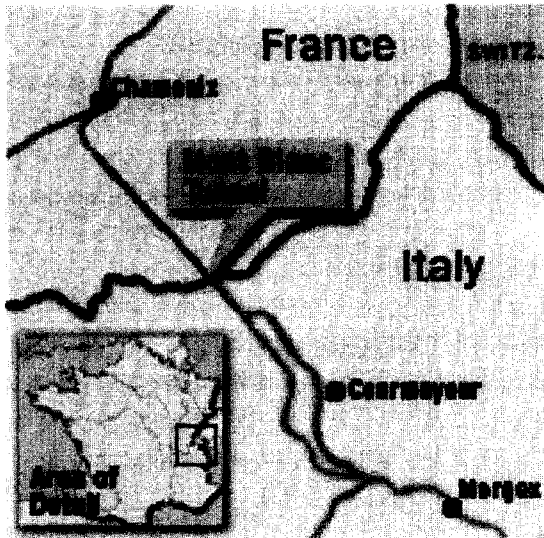


몽브랑 터널 화재참사의 교훈

김복윤

정회원, 한국자원연구소 책임연구원



몽브랑 터널은 불란서의 Chamonix와 이태리의 Courmayeur를 연결하는 길이 11.6 km의 2차선 자동차 터널로 1965년에 건설되었으며 그 당시는 세계 최장 터널이었다. 기반암은 화강암으로 되어 있으며 30 cm 두께의 콘크리트 라이닝이 되어 있다. 터널에는 화재를 대비하여 화염이나 유독 가스로부터 2~6시간 정도 보호될 수 있는 대피소가 600 m간격으로 모두 17개가 터널 건설 이후에 추가로 설치되었다. 대피소 하나의 용량은 25명을 수용할 수 있다. 이 터널은 건설 당시 연간 약 350,000대의 차량 통과를 예상하였으나 요즘은 연간 약 2,000,000 대의 차량이 통과하고 있으며 대형 트럭만도 700,000대나 통과하고 있어 사고 위험성을 내포하고 있었던 터널이다.

이 터널에서 1999년 4월 24일 오전 11시경 화재가 발생하였다. 사고는 불란서쪽에서 마가린과 밀가루를 싣고 이태리 쪽으로 가던 한 대의 벨지움 냉동 트럭이 터널의 중간지점 쪽에서 화재가 발생하면서 순식간에 화염이 터널내로 확산되어 41명이 사망하는 엄청난 피해가 발생하였다. 운전자는 본능적으로 입기측인 이태리 방향으로 피

신하여 목숨을 건졌으나 風下쪽인 불란서 방향의 자동차들이 큰 피해를 입었다.

화재원인은 트럭의 냉동장치 과열이나 전기합선이 원인인 것으로 추정되고 있다. 운전자의 증언에 의하면 마주오던 차에서 전조등으로 경고를 보내와 차를 세우고 차 밑을 둘러보는 순간 적재함의 냉동장치 부근에서 불길의 솟아올랐으며 순식간에 화염에 휩싸였다고 한다.

차량은 트럭 25대 승용차 9대 등 34대가 소실되었다. 화염의 온도는 섭씨 1000도 이상까지 상승하였으며 아스팔트와 천장의 일부가 녹아 내리고 자동차도 엇가락 같이 뒤틀렸으며, 시신은 형체를 알아볼 수 없을 정도로 참혹하게 소실되었다. 사상자 중에는 사람을 구출하다가 숨진 불란서 소방관 1명과, 이태리측 터널 관리회사 직원 1명도 포함되어 있다. 이 불은 이태리, 불란서, 스위스 등 3개국 소방관들의 노력으로 화재발생 2일(50여시간)만에 진화되었다.

이와 같은 사고에 대하여 터널 관리측면에서 많은 이익을 내면서도 안전에 대한 투자를 하지 않았고 비상사태에 대비한 기류 simulation 및 이에 대비한 모의훈련 등 대책이 없었다는 비판의 소리가 나오고 있는 것은 당연하다. 설계 전반에 관한 문제를 제외하고도 다음과 같은 문제점들이 지적되고 있다.



1. 터널 화재를 대비하여 단 한 명의 훈련된 소방관이 근무하고 있었다. Chamonix 시 당국에 의하면 터널 입구에 소방서를 설치하라고 권고하였으나 듣지 않았다고 한다. 그렇기 때문에 이번 사고 당시에도 멀리 떨어진 불란서 Chamonix 나 이태리 쪽의 Courmayeur 소방서에 의존해야 했으며 심지어는 멀리 스위스에서까지 소방관이 동원되는 소동을 빚었다.
 2. 600 m 간격으로 설치된 대피시설은 캄캄한 매연 속에서 쉽게 찾을 수 없었으며 찾아 들어 가더라도 2 시간 정도 밖에 견딜 수 없어 실용성에 문제가 있음이 입증되었다. 2명의 시신은 대피소 안에서 발견되었다.
 3. 화염이 차량 행렬을 뒤덮게 된 근본 원인은 전체적인 통기 제어장치에 문제가 있었다는 지적이다. 불란서 터널관리회사(ATBM) 측 조사결과에 의하면 화재가 발생한 후에도 이태리측 터널관리회사(SITBM)는 불어넣기 통기를 하고 있었다. 화재가 발생하면 자동으로 역방향으로 운전하여 매연을 빨아내도록 하여야 하는데 이 자동 장치가 작동을 하지 않은 것이다. 화재 발생 20분 후 수동으로 재시도하였지만 실패하여 계속 불어넣기를 하였다. 한편 불란서 측은 즉시 역방향 운전을 실시하여 빨아내기를 하였다. 따라서 이태리 측에서 불어오는 신선한 공기는 트럭의 연소를 촉진시켰고 터널내 기류는 이태리 측에서 불란서 측으로 흐르게 되어 불란서 측의 차량이 큰 피해를 입었다.
 4. 비상시 경보시스템의 불비를 들 수 있다. 화재가 인지되어 보고된 것도 자동 감시 장치가 아니라 목격자의 제보였다고 한다. 불란서 쪽에서는 화재가 발생한 후에도 한동안 차량이 진입하였다고 한다.
 5. 불란서 측의 자동 비디오기록장치 고장. 사고당시에도 이태리 측 기록에 의해 확인되었다.
- 이와 같은 직접적인 문제점 이외에도 터널관리 회사의

사장은 항상 정치성을 띤 인물이 정부에 의해 임명되었다는 사실이다. 주식의 54%를 중앙 정부가 갖고 있기 때문에 사장은 대통령이 임명해왔다. 연간 1억3천만불의 매출과 7백 4십만 불의 순익을 내면서도 안전을 위한 재투자에 소홀하였다는 비판이 있다.

그리고 이번 사고로 소방관 1명을 잃은 소방서는 지난해에도 배연 시스템이 부적합하다는 것과 유사시 자동차 행렬 때문에 현장 진입에 문제가 있다는 문제점을 지적하였으나 터널회사 측은 위험성을 과소 평가하고 모의 훈련 한번 실시하지 않았다고 비난하였다.

불란서 운수성은 터널 내에서도 이와 같은 화재가 발생할 수 있다는 사실에 놀랐고 특히 순식간에 발생하는 막대한 매연을 어떻게 일시에 제거할 수 있는지 기술적인 문제에 대한 관심을 갖게 되었다. 이번 사건을 계기로 통기 시스템은 단일 관리체제로 변경되어야 할 것이라는 사실도 확실해졌다.

또한 터널 입구에는 구급시설이 없었고, 구조대가 착용할 구명복도 부족하였다. 사망한 불란서 소방관도 구명복이 4개밖에 없어서 경험이 부족한 젊은 소방관에 주고 자기는 구명복도 없이 구호 작업을 하다가 사망하였다.

이와 유사한 재해는 금년(99)의 몽브랑 터널 화재사건 말고도 이미 여러 번 있었다.

이러한 참사를 남의 일로 보아 넘기기에는 국내의 사정이 너무나 불안한 것이 사실이다. 터널 내 화재의 특성은 밀폐된 공간이라는 특수한 사정 때문에 화염이나 매연이 순식간에 터널 전체로 확산되어 대피할 시간 여유가 없이 큰 재해를 일으킨다는 것이다. 지금까지 많은 실물크기 시험이나 simulation에 의한 연구결과 화재발생 후 약 2분 이내에 약 500 m 까지 확산되는 것으로 밝혀졌다. 이 속도는 화재상황에서 보통 사람이 대피하는 속도보다 빠른 속도이다. 따라서 초기 대응을 실패하면 참사를 피할 수 없다. 몽브랑 터널의 참사도 이러한 현상의 결과였다.

그러나 아직 지하철이나 지하 터널의 화재예방에 대한 법적인 규제가 없으며, 오직 미국의 화재예방법(National

[지하철 및 자동차 터널의 화재사고 사례]

연 도	장 소	피 해		
		사망	중상	물적피해
1995	아자르바이잔의 수도(바쿠) 지하철	289	265	
1987	영국, 런던지하철 King's corss 역	31		
1979	미국, Sanfrancisco 지하철	1	44	
1979	일본, Nihonzaka 터널			차량 173대 소실

Fire Protection Act) 130조(NFPA 130)에 지하철의 통기 체계 설계 및 운전에 관한 특별한 기준이 정해져 있다. 미국을 위시한 여러 도시의 지하철(런던, 뉴욕, 보스턴, 시카고, 부카레스트, 부에노스아이레스 등)은 이러한 제안에 따라 기존 지하철 통기체계의 개선작업을 하고 있다.

터널 안에서 화재가 발생하면 화원의 높은 온도에 의해 소위 역류현상(Backlayering Effect)이 발생하면서 정상 통기 상태가 흐트러지고 기류의 양과 방향이 급변하게 된다. 최근에는 이러한 기류변화를 예측할 수 있는 수치 유체역학(Computational Fluid Dynamics)을 이용한 simulation S/W가 개발되어 이용되고 있다. 한국자원연구소에서는 이미 90년대초에 광산 갱내 화재 시 화염의 이동현상을 simulation 할 수 있는 S/W를 개발한 바 있으며 CFD에 의한 3차원 기류거동 예측 S/W도 개발하여 활용하고 있다.

이러한 역류현상에 의한 기류의 급변을 방지하고 화염 및 매연을 화원의 최 근접위치에서 외부로 흡출하고, 승객의 안전 대피통로를 확보하기 위해서는 역류 억제를 위한 임계속도(Critical Velocity)를 유지할 수 있는 비상통기시스템(Emergency Ventilation System)이 마련되어야 한다. 임계속도는 터널의 규격이나 화재 규모 등에 의해 다르기 때문에 simulation에 의해 설계되어야 한다.

비상통기 시스템은 기본적으로 어떠한 화재의 경우에도 승객들을 안전하게 지상으로 대피시킬 수 있는 안전 대피통로를 확보할 수 있는 용량이 되어야 한다. NFPA130에는 “비상통기 시스템은 출구측의 대피 승객들에게 오염되지 않은 공기가 흐를 수 있게할 정도의 통기량을 생산하여야 한다.”라고 규정되어 있다. 그 외에 지하 비상통기 시스템과 관련된 조항의 중요내용은 다음과 같다. 터널 화재에 대비하여 화원으로부터 한 방향은 안전한 대피로가 될 수 있도록 매연을 다른 한 방향으로 이동시킬 수 있는 충분한 기계통기를 해야한다.

○ 대피로의 허용조건은

- 대피통로의 온도는 방사열을 제외하고 최고 섭씨 60도 이하가 되어야 한다.
- 풍속은 매연이 대피로로 유입되는 것을 방지할 수 있는 임계속도 이상이 되어야 한다.
- 대피로의 풍속은 최대 10 m/sec 이하라야 한다.

○ 선풍기의 허용 조건

- 선풍기는 서로 다른 2개 전원으로부터 독립된 2개의 전원 공급체계를 갖추어야 한다.
- 배기 기류에 노출되는 선풍기 모터 및 모든 부품

은 섭씨 250도에서 최소한 1시간 이상 견딜 수 있어야 한다.

- 선풍기 배전반은 내화구조에 설치되어 기류로부터 최소한 1시간 이상 견딜 수 있어야 한다.
- 선풍기 토출구는 배기가 재순환되지 않도록 하여야 한다.
- 선풍기의 운전상태를 중앙 관제실에서 확인할 수 있도록 하여야 한다.

터널내의 가장 효과적인 통기방식은 Transverse system(橫方向通氣)이다. 이 방식은 바로 火源으로부터 매연을 吸出 함으로 火源 양방향에 안전한 대피통로가 될 수 있기 때문이다. 그 대신 이 시스템은 비용이 많이 든다. 천정에 매연을 吸出할 수 있는 duct를 설치하여야 하고 그러기 위하여 갱도 단면도 커져야 한다. 한편 Longitudinal System(縱方向通氣)은 비용은 적게 들지만 火源으로부터 어느 한 방향은 매연이 흐르게 되기 때문에 몽브랑터널 화재사건과 같은 참사를 야기할 수 있어 안전상 치명적인 단점을 갖고 있다. 따라서 광산 갱도같이 통로가 복잡하게 연결되어 있는 network 일 때는 Longitudinal system이, 지하철이나 자동차 터널일 때는 Transverse system이 적합할 것이다.

국내에도 점점 장거리 터널이 건설 되고 있는 이때에 몽브랑터널의 참사를 교훈삼아 유사시에 대비한 비상통기 시스템을 건설 초기부터 고려해야함은 물론이고 정기적인 점검과 비상훈련을 통하여 미래에 있을 수 있는 대형참사를 미리 예방하는 지혜가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

1. May 1999, Mont Blanc confirmed closed as re-creminations begin, T & T International, p7.
2. Paul C. Miclea, May 1997, Current Issues, Alternative Concepts, and Design Criteria for Subway Ventilation System, Proceedings of the 6th International Mine Ventilation Congress, SME.
3. B.Y. Kim, June 1994, Simulation Technology of Ventilation Network and Evacuation Route in Case of Fire, Proceedings of International Symp. on Underground Openings for Public Use, Gjovik, Norway.
4. B.Y. Kim, Oct. 1997, 3D flow simulation for optimizing environment of tunneling faces, Proceedings of Environment and Safety Concerns in Underground Construction, Seoul Korea.
5. B.Y. Kim, Oct. 1998, Study on Simulation of Dust Diffusion at Open Pit Mines, APEC, Santiago, Chile.