

# 철도화재 안전개선대책수립을 위한 위기관리프로그램 개발 연구

## A study on the development of emergency management program for railway fire safety improvement

왕종배\*                      광상록\*\*                      홍선호\*\*\*  
Wang, Jong-Bae           Kwak, Sang-Log           Hong, Seon-Ho

---

### ABSTRACT

In this paper, the fire safety management plan and the emergency action program for the railway safety improvement were reviewed. In the fire safety management plan, a series of preventive methods answering to such as a smoke exhaust installation, a fire warning device and a guide inducement will be come into preparation. Also, the damage reducing methods such as complement of fire safety equipments, establishment of refuge & escape system, consolidation of real-time control on fire response and operation procedure will be required for early repressing fire and minimizing fatality.

---

### 1. 서론

대구지하철 참사를 계기로 철도터널 또는 지하철의 설계, 건설, 운영 및 유지보수 단계별로 화재예방 및 피해경감을 기본원칙으로 하는 아래 제시한 화재안전 기본개념에 대하여 관계자 모두가 공통적인 인식을 하는 것이 중요하다.

- 피난시설 확보와 화재확산 방지에 우선순위를 둔 화재위험감소 대책
- 안전보장에 필요한 구조물, 안전시설물 및 관리방안 제공
- 이를 운영하기 위한 적절한 지침과 완벽한 논리순서 제정

우선, 철도화재 안전예방 및 피해경감 대책으로서 종합적인 시스템 위험도 분석에 의한 체계적인 배연설비, 화재경보, 화재진압, 비상탈출, 안내유도 등 일련의 체계적인 터널 및 지하구간의 화재안전 관리계획을 시급히 마련해야 하고, 이에 따른 안전설비보강 및 피난대책의 수립이 중요하다.

특히 화재 수준에 따른 화재안전 시설 규모 및 설비 기준의 마련, 구난체계 구축, 실시간 통제관리가 가능한 화재대응 및 운영절차 확립 등을 통해 화재의 조기진압 및 인명피해를 최소화하는 대책 마련이 절실히 요구된다. 또한 기관차에 의한 배연문제와 열차운행에 따른 터널 또는 지하구간의 내부 온도상승으로 인한 철도종사원들의 작업환경 문제도 아울러 고려해야 한다.

본고에서는 이러한 점들을 고려하여 철도화재 안전개선대책 수립을 위한 위기관리 프로그램의 구성과 개발 방안을 제시하고자 한다.

### 2. 철도화재 안전개선대책 수립방안 및 기본절차 검토

- 철도에서 터널이나 지하구간의 열차화재에 대한 근본적인 대책은

---

\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

\*\*\* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

- a) 차량 및 시설의 화재안전성을 개선하는 것과
  - b) 화재발생감지부터 탈출개시까지의 반응시간을 줄이는 것이며
- 아울러 화재와 같은 비상상황 발생시 이를 적절히 대응하고 조치할 수 있는 비상상황 제어 대책도 핵심사항 중 하나이다.
- 사상자를 줄이기 위한 안전대책은
    - a) Flashover가 발생하기 전에 탈출하도록 하는 것이 가장 효과적인 안전대책이며
    - b) 화재발생 초기의 조기섬락에 대비한 자동화재검지시스템 도입과 스프링클러 설치에 의해 화재감지부터 탈출개시까지의 소요시간 단축, 화재진압 및 섬락지연을 도모하는 것도 효과적이다.

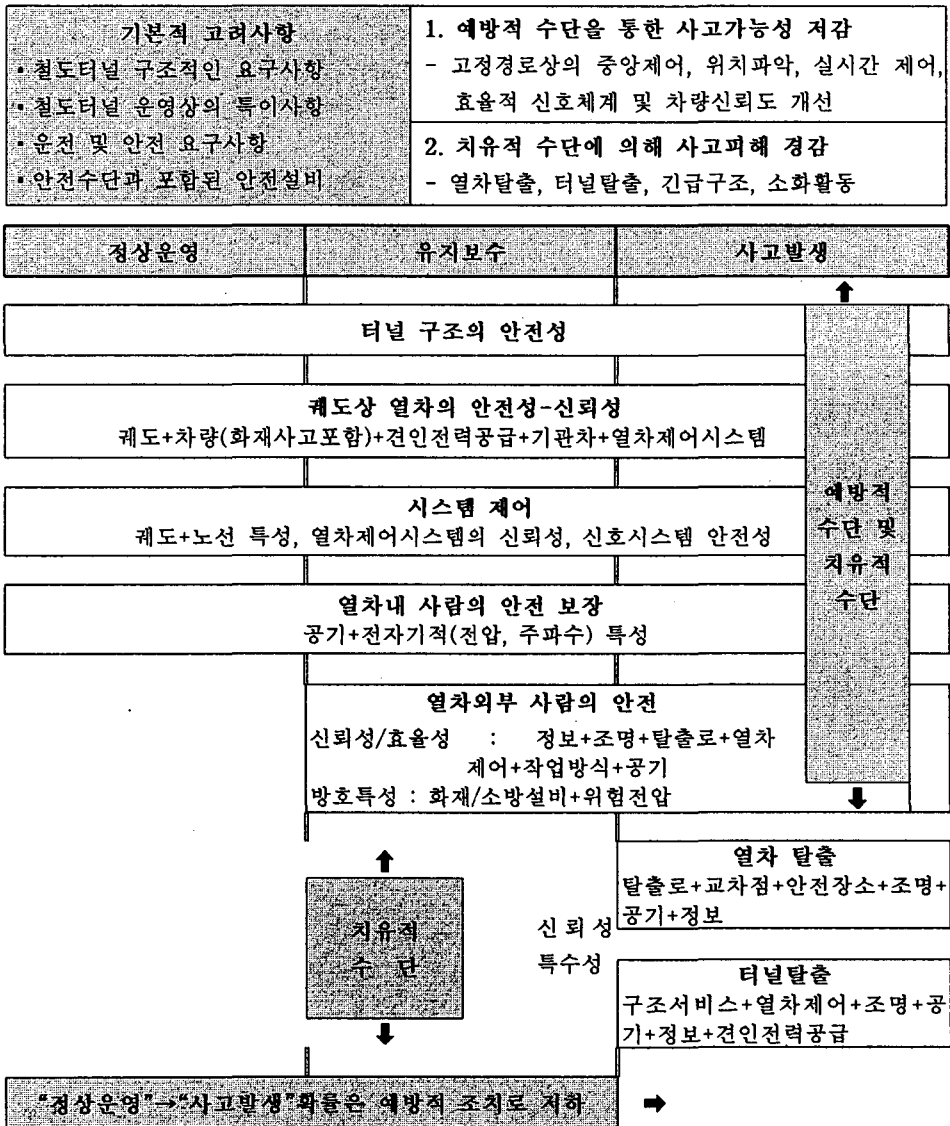


그림 4. 철도화재 안전대책의 기본개념 및 절차

(1) 터널 및 지하구간 화재시 탈출대피 기본전략

- 가능한 열차를 안전한 장소로 이동한 후에 승객 대피
- 가능한 신속히 모든 승객을 안전한 장소로 대피시키는 것
- 탈출시 통풍 가동 : 승객탈출 반대방향으로 연기 배출

(2) 화재시 운전취급/긴급탈출 요구사항 분석 및 시스템 운영절차 도식화

홍콩 지하철의 지하철 화재안전을 위한 “시스템 보증 작업그룹(SAWG)”의 활동내용을 바탕으로 그림 5에 터널 및 지하구간에서 열차운행 중 화재사고 발생시의 운전취급 및 긴급탈출에 필요한 요구사항을 제시하고 있으며, 이러한 열차 화재시 각 관련 주체별 책임과 임무에 따른 화재 발생시 비상대응 시스템 운영절차를 확립하여 이를 도식화해야 한다.

<p><b>운전제어사령</b></p>	<p><b>탈출과정 전반에 걸친 안전 보증</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 운행중인 열차의 안전</li> <li>-탈출지역에 진입하는 후속열차의 제한과 정지</li> <li>-기관사에 탈출방향 지시</li> <li>-승객 탈출을 돕도록 역직원 현장 배치</li> <li>• 궤도상 보행 안전</li> <li>-승객 안내를 위한 역직원 현장 배치</li> <li>• 연기와 열에 대한 안전</li> <li>-역관리자에 적절한 터널동풍장비 긴급모드 작동 지시</li> </ul>
<p><b>정거장/역사 직원</b></p>	<p><b>궤도상의 승객 안전 보장</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연기와 열에 대한 안전</li> <li>-적절한 모드의 터널동풍장비 긴급 작동</li> <li>-화재와 연기로 영향을 받는 정거장 탈출</li> <li>• 운행중인 열차의 안전</li> <li>-최근접 안전장소로 승객 유도</li> <li>-교차로나 분기지역의 승객 접근 방지</li> </ul>
<p><b>기관사</b> <b>열차와 궤도상의 승객 안전보장</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정체와 혼잡상황의 안전</li> <li>-운전사령에게 긴급탈출 연락</li> <li>-승객질서유지 당부 및 탈출준비</li> <li>• 연기와 열에 대한 안전</li> <li>-운전사령과 합의한 방향의 승객탈출유도</li> <li>-상황에 따라 상방끝, 하방끝 및 양방향 끝으로 승객 탈출 유도</li> </ul>	<p><b>승객 : 기관사의 권고에 따라 열차를 탈출하여 안전장소로 대피</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 연기와 열에 대한 안전</li> <li>-연기, 화염 및 불꽃 관찰</li> <li>-기관사에게 화재 통보</li> <li>-화재진압 노력</li> <li>-하부창(hopper) 개방</li> <li>• 정체와 혼잡상황의 안전</li> <li>-기관사지시에 따른 탈출</li> <li>-탈출시 질서유지</li> </ul>

그림 5. 화재시 운전취급 및 긴급탈출 요구사항 분석

**(3) 재난 시나리오 수준 및 대응 절차 결정**

① 연소물에 따른 화재 규모 구분 ② 자동화재감지시스템 운영 여부 ③ 비상화재통보 ④ 승객의 자체 소화 및 진압 활동 ⑤ 화재 정보 제공	⑥ Back-layering 및 연기 계층화 ⑦ 환기제어 및 운행제어 ⑧ 피난 시설 / ⑨ 대피 안내 ⑩ 화재 진압 및 구조 활동 ⑪ 연기배출과 신속한 복구작업
--	---

**① 연소물에 따른 화재 규모 구분**

- 위험물의 터널통과 금지 : 인화물질, 가연성물질 구분
- 발열량, 연기발생량 및 유독가스 위험 대응 방안 : 화재원(기관차 엔진, 화물, 누설오일, 쓰레기 등)과 점화방식에 따른 대응
- 화재 규모 : 5~30MW사이의 열 발산과 연기 발생의 과도특성 및 연소 지속시간에 따른 피난시설 마련이나 소화활동 고려

**② 자동화재감지시스템 운영 여부**

- 가장 신속한 반응을 하는 화재검지시스템(열감지/연기감지)
- 텔레비전 카메라(ITV cameras)에 의한 화재검지 및 위치 식별

**③ 비상화재통보**

- 푸쉬버튼 경보장치 및 경보발령을 확인하는 비상전화 사용
- 휴대전화에 의한 긴급 연락 또는 새로운 무선통신기술 검토

**④ 승객의 자체 소화 및 진압 활동**

- 소방대원 도착전 승객의 화재 진압 노력이 좋은가?
- 소화를 시도하기보다는 피난시설로 가는 것이 더 나은가?
- 최적의 판단을 누가 내려야하는가? (기관사, 승무원 및 통제실 운영자)

**⑤ 화재 정보 제공**

- 화재 위치, 화재 종류, 발생 가능한 위험경고, 경보무시의 위험성
- 화재 발생시 운영자의 정보제공 수준에 따른 승객의 반응심리

**⑥ Back-layering 및 연기의 계층화**

- 연기 특성과 화재로부터의 피난과의 관계
- Back-layering을 방지하기 위한 환기방식(강제통풍, 자연통풍)에 따른 공기의 흐름 제어 및 탈출 확보 방안

**⑦ 환기제어 및 운행제어**

- 화재경보시 화재위치 추적과 원인판단 : 화재 경보기나 비상 전화기에 의한 위치확인, 기관사 열차무선이나 감시카메라 모니터에 의한 판단
- 화재의 확산을 막기 위한 후속열차의 터널 진입 금지 및 운행정지

**⑧ 피난 시설**

- 연결 통로, 피난 통로 및 안전 공간이 포함된다.
- 3km가 넘는 터널에는 피난 통로와, 양방향 터널의 경우 최소 500m마다 연결 통로를 갖추고 있어야 한다. 건설시 사용되었던 임시 터널들을 피난 통로로 이용할 수 있다.

**⑨ 대피 안내 : 최대한 빠르고 안전하게 피난장소(시설)로 승객 유도**

- 가능한 빠른 대피명령의 전달: 터널에 연기가 확산되기 전에 피난
- 해당하는 모든 사람들에게 정보 전달 보장: 터널내 방송설비 고려
- 운영자의 사전 대피안내 방송내용 준비 및 적절한 훈련 시행

- 상황에 따른 위치별 대피 안내 방송 : 정확한 위치 파악과 구조 유도

**⑩ 화재 진압 및 구조 활동**

- 소방차 진입, 소방대에 의한 소화, 환기 및 운행통제
- 3km 이상의 장거리 터널은 급수시설 및 소화전 구비

**⑪ 연기배출과 신속한 복구작업**

- 화재가 소화된 것으로 확인 후 연기 배출
- 조속한 운행 재개를 위해 신속한 복구

**3. 철도화재 발생시 단계별 위기관리 프로그램 개발(규정화 및 매뉴얼 보급)**

철도화재 발생시 단계별 위기관리 대응 프로그램은 국가적인 기본지침, 철도운영자 자체규정으로 제정되어야 하고, 세부절차는 매뉴얼로 제작하여 해당 관계자에게 보급해야 하며, 이에 대한 주기적인 교육훈련이 이루어져야 한다.

- ① 화재시 일련의 운영절차들이 최적화된 방법으로 수행되어야 한다; 감지기 또는 수동 경보를 통한 자동 감지, 비상 환기 및 비상 조명 방식에서의 전환, 대피 유도, 소방서 및 경찰에로의 통보, 통행 제어, 그리고 구조 및 화재 진압 활동. 하드웨어 설비 및 운영 소프트웨어는 이러한 운영사항들에 있어 필수적이다. 전체절차에 대한 논리는 완벽해야 한다.
- ② 화재로부터의 피난을 보장하기 위해서는 종방향 공기 흐름 제어하는 것이 중요하다. 이러한 조작용 환기 및 통행 시스템에 따라 준비된 논리에 근거하여 제어되어야 한다.
- ③ 적절한 비상운영 수행을 위한 시나리오가 중요하다. 운영자는 능력이 있는 경우에만 업무를 수행하도록 해야 한다. 화재 발생 직후의 피난 방식과 화재 진압 및 구조 방식이 마련되어야 한다.

**(1) 단계 1 : 초기대응 및 구출**

- ① 초기 경보발령 : 장애 현황과 손상 정도의 신속한 파악, 만약 승객의 구출이 필요하거나 승객이 부상당했을 때 긴급서비스 지원 요구.
- ② 지역 감독 : 원인과 손상의 범위, 또는 영향영역을 확인한다. 만약 열차가 정지를 필요로 하거나, 또는 우회되면 서비스는 유지될 수 있을까? 등을 결정한다.
- ③ 긴급서비스 도착 : 경찰은 주위 담당지역에서 대피와 구출현장을 돕고 화재서비스를 받아들인다.
- ④ 운영제어센터 역할 : 모든 대기 직원에 경보, 정부 종합상황실 통보, 경찰 및 소방서 연락
- ⑤ 성공요소
  - 반응속도 : 가능한 많은 자료를 수집하고 하나의 메시지로 통합
  - 효과적인 통신수단 확보 : 라디오, CCTV, 전화, 모든 기관으로의 공공방송
  - 확실한 장애관리 절차 : 간단 명료, 적용이 쉽고, 혼동이 없고, 직원이 모두 자동적으로 친숙할 수 있는 장애관리 절차는 모든 열차에 대해 충분히 모든 역에서 동일해야 한다.
  - 역과 시스템의 좋은 설계 : 장애제어의 용이성, 영향지역의 범위 축소, 승객탈출 용이성
  - 호출된 긴급 서비스의 역구내 대응 : 도로 접근과 역의 모든 부분의 접근성, 도착시 상황의 파악, 통신 유지, 역사내 안내방송 등
  - 증거의 보존 : 열차 기관사, 승객, 발생현황과 경로를 아는 목격자로부터 초기진술이 수집되고 기록된다. 노트를 만들고 사진을 찍고, 이름과 주소 그리고 목격자의 아이디를 획득한다.
- ⑥ 미디어 초기 대응/브리핑 대비 : 추가적인 위협 노출을 미디어로 경보, 직원과 승객을 보호

**(2) 단계 2 : 복구와 수리**

- ① 단계1의 초기대응과 구출이 진행되는 동안 승객과 직원으로부터의 초기 증거 수집은 모든 장애 조사에 관련되어 모든 자료가 계통적으로 기록되어야 한다. 열차 운전석에서의 모든 지시 기록, 콘트롤 센터/신호박스의 기록, 명령 등. 열차 탈선시에는 궤도형상, 인터락킹의 상태, 궤도회로, 캠핑 등을 보존하기 어렵지만, 복구 수리작업 동안에 이런 증거는 보존되어야 한다.
- ② "범죄 현장"과 같은 경우, 이 지역은 경찰에 의해 출입이 금해될 수 있고, 기관사 조사나 철도직원의 심문 등으로 복구가 지연될 수 있다. 이런 지연은 경찰과의 충분한 합법적 이해를 통해 최소화 되도록 절차를 합의한다.
- ⑦ 성공요소
  - 긴급복구 서비스의 목적은 손상의 완전한 수리가 아니라 열차가동에 필요한 최소한의 수리를 하는 것.(긴급서비스 직원의 가능한 빠른 투입, 대상지역의 전체 제어기능 회복)
  - 복구계획을 세우는 담당자와 기술자는 블록안에서의 업무분담, 열차의 제거, 조명의 복구, 장비의 동원과 재배치시에 어떤 궤도가 우선 시행 대상인가? 고장열차를 어디로 보낼 것인가? 작업의 중단 요소는 없는가? 운영자의 도움이 무엇이 가능한가?

### (3) 단계 3 : 서비스의 재개 및 회복

#### ① 열차 소통 재개

- 그러나 장비와 구조물의 전체 수리와 복구 공정은 남아있다. 수리의 계속은 일반적인 기술작업으로 수행되며, 이때 성능확장이나 장비의 향상의 기회를 삼는다.

#### ② 주요 쟁점 사항

- 장애발생의 세부조사 ; 모든 자료가 유용한가? 실험과 해석의 필요성 ?
- 장애로 인해 어떤 사건이 발생하였는가? 실수/장애를 만든 배경이나 근본원인?
- 앞으로 이 장애를 피하려면 또는 장애 발생이전에 발견하려면?
- 모든 견해로부터 장애관리의 고찰 및 향후 응답반응을 향상시킬 수 있는 특별한 가치의 도출 : 비상대응, 승객서비스, 버스운영, 통신, 기술적 접근, 복구시간, 공중 관계 등

#### ③ 피해 승객의 의견주장(손해배상등)관리 : 영업에 장기간 손상을 미치는 충격 최소화

### 3. 결론

본고에서는 철도화재 발생을 예방하는 화재안전관리 대책과 만약의 화재 발생에 대응하는 위기관리 절차를 검토하였다. 철도 터널 및 지하구간의 화재안전 예방대책으로서 배연설비, 화재경보, 화재진압, 비상탈출, 안내유도 등 일련의 체계적인 화재안전관리계획을 시급히 마련해야 하고, 이에 따른 안전설비보강이 시급하다. 또한 치유적 수단인 피해경감 대책으로서 화재 수준에 따른 화재안전 시설 및 설비의 보강, 구난(피난)체계 구축, 실시간 통제관리가 가능한 화재대응 및 운영절차 확립 등을 통해 화재의 조기진압 및 인명피해를 최소화하는 위기관리프로그램의 마련과 이에 따른 주기적인 교육훈련의 실시가 절실히 요구된다.

### 참고문헌

1. Proc. International Conference, "Tunnel fires and escape from Tunnel", Lyon, France, May. 1999
2. Peter Semmens & Yves Macheferf-Tassin, "Channel Tunnel Trains", Eurotunnel, 1994
3. Tunnel and underground station fires 2000, ITC
4. 新幹線運轉研究會, "新版 新幹線", 日本鐵道運轉協會, 昭和 59. 10
5. "新幹線總合事故復舊訓練について", 運轉保安 1991.1 VOL.50, No.1 p.4
6. 한국철도기술연구원 보고서, 왕종배 외 "고속철도 운행안전관리방안", 2001년 12월