

지하교통공간 방재안전관리 기준 수립에 관한 연구

A study on the standard for disaster prevention & safety management in the traffic space under ground

신태균* · 윤우진 · 홍지훈 · 조원철** · 이태식***

Shin, Tae Gyun · Yoon, Woo Jin · Hong, Ji Hoon · Cho, Won Cheol · Lee, Tae Shik

Abstract

This paper discusses the standards for disaster prevention and safety management of rail tunnel. The purpose is to establish safety management standards and methods of disaster prevention for each underground traffic spaces, after the full revision of the cause of accidents and its effects, the function and selection of safety equipment, and the efficiency and convenience of maintenance, standards based on prevention and reduction is proposed to reaction to disaster.

key words : disaster prevention, safety management, traffic space, standard

1. 서 론

산업의 발전과 국민소득의 증대는 우리들로 하여금 삶의 질 향상을 더한층 요구하게 되어 보다 안전한 생활을 영위하고자 하는 욕구가 증대되고 있어 재해에 대한 많은 관심을 가지게 되고 있다. 또한 현대사회의 특징이라 할 수 있는 인구의 집중화, 고밀도화 및 고령화는 복잡한 대도시화를 요구하게 되며 이는 필연적으로 도시의 입체화 건설을 필요로 하게 된다. 이런 현상은 국토의 7할 정도가 산악지대인 우리나라인 경우 국토개발시 지하교통공간 건설이 필연적이라 할 수 있으며 여기서 지하교통공간이란 도로, 지하철 및 철도터널 등을 의미한다.

최근 우리나라에서는 교통관리주체별로 다양한 지하교통공간의 방재안전관리기준이 수립되고 있으나 사고에 대한 발생원인과 결과, 안전시설물의 선정과 기능의 범위, 유지관리 효율성과 편리성 등의 기준설정에 있어 사고를 최소화하기 위한 원칙적이고 일괄된 기준이 필요하게 되었다.

본 연구는 최근 제정된 철도터널 방재안전관리기준을 중심으로 국내기준과 국제기준을 비교하여 향후 개선되어야 할 과제를 제시하고자 한다.

2. 철도터널 방재안전관리 기준

2.1 철도시설 세부기준 개요

건설교통부에서는 대구지하철 화재참사(2003.2.18)이후 국내 철도터널에 대한 적정수준의 화재안전성을 확보하기 위해 실시한 국가 안전정책의 일환으로서 철도터널의 계획, 조사, 설계 및 유지관리를 수행하는데 있어서 터널 내 여객열차의 화재, 충돌 및 탈선 등 비상사태를 대비하여 승객과 승무원들이 안전하게 대피, 구조될 수 있도록 시설물의 규모 등 기준을 결정하고, 비상사태가 발생할 경우 그 피해를 최소화 할 수 있는 사고경감 방안을 수립하여 이에 따른 안전성 및 경제성을 제고시키는데 그 목적을 두고 철도안전법(2004.10.22) 철도시설안전기준에 관한규칙(2005.10.27) 및 철도시설안전세부기준(2006.9.22)등을 제정하게 되었다.

* 정희원 · 연세대학교 공학대학원 방재안전관리전공, 석사과정 (E-mail : airmaker@youone.co.kr)
** 정희원 · 한국방재학회 부회장, 연세대학교 교수, 방재안전관리전공 주임교수
*** 정희원 · 연세대학교 겸임교수, 방재안전관리전공 지도교수

표 1 철도안전시설물 관련법규 요약

구분	철도안전법 (2004.10.22제정) 법률 제7425호	철도시설안전기준에 관한 규칙 (2005.10.27제정) 건설교통부령 제476호	철도시설 안전세부기준 (2006.9.22제정) 건설교통부고시 제2006-395호
목적	· 철도안전확보를 위한 철도 안전관리 체계 확립으로 공공복리 증진 기여목적	· 철도안전법 제25조의 규정에 의하여 철도시설의 안전기준과 유지관리에 필요사항을 정함	· 철도시설 안전기준에 관한규칙 제 4조 의거 철도시설의 안전기준과 유지관리의 세부적 시행을 정함.
안전 기준 (터널 시설 중심)	(제25조:철도시설의 안전기준) · 철도시설 관리자는 건설교통부령이 정하는 안전 기준에 적합하게 철도시설을 설치하여야 한다. · 철도시설관리자는 건설교통부령이 정하는 바에 의하여 철도시설을 점검, 보수하는 등 유지관리 하여야 한다.	(제3조 : 적용범위) · 철도시설의 안전기준에 관하여는 다른 법령에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고 이규정에 의한다. · 본선터널의 길이가 1킬로미터 이상인 경우에 이를 적용한다. (제4조 : 세부기준) · 건설교통부장관은 이 규칙에서 정하는 기준의 시행에 필요한 세부기준을 정하여 고시할 수 있다.	(제5조: 안전성 분석의 일반사항) · 안전성 분석의 자료 타당성 유지 · 정량적 표현의 원칙 · 최근기법과 자료출처 기술 (제6조: 안전성분석 수행절차 및 방법) · 철도운영자의 협조의무 · 충돌·탈선·화재 등 위험확인 의무 · 시나리오별 피해영향 분석 · 피해정도산출, 안전대책수립 · 비용-편익분석으로 검증확인

2.2 안전성 분석의 이해

철도시설 안전세부기준에 기술된 안전성분석(QRA ; Quantitative Risk Analysis)은 위험을 평가분석하여 정량적으로 표현하는 기법으로 대중사회시설의 위험평가에 대한 사고발생 피해는 인명피해(사망자수)를 최대 위험의 결과로 환산하며 일반적으로 사망자수로 표현하게 된다. 즉 사망자수(N ; Number of fatality per year)와 사고발생확률(F : Frequency of fatality)의 관계FN-curve를 통해 도식화 된다.

위험도 분석은 분석대상의 통계분석을 통하여 평가 적용한다. 따라서 터널에 대한 위험도분석은 이벤트트리(Event tree)를 적용하여 철도통계연보의 데이터를 이용하여 열차탈선, 충돌 및 화재의 사고 등을 분류하여 사회적 위험기준(Societal risk criterion)값을 정하게 된다.

그림 1 영국의 사회적 위험기준

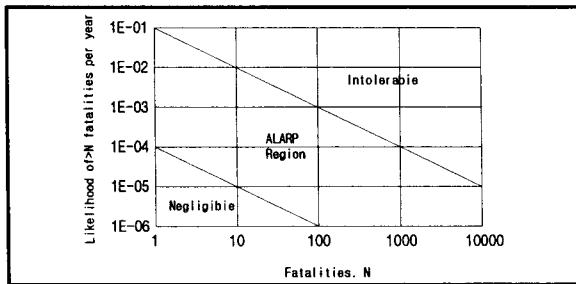
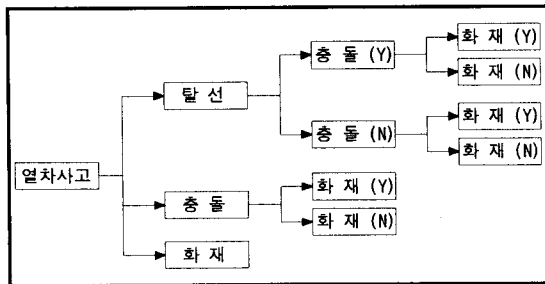


그림 2 이벤트 트리의 예



2.3 안전성 분석의 보완점

터널 안전성분석 적용되는 사고통계자료는 한국철도공사 및 한국철도시설공단에서 매년 발행되는 철도통계 연보중 열차사고(Train accident)분류체계에 따라 적용되며 적용되는 계수조건은 열차탈선, 충돌, 화재조건과 사고이후 차량진행방향과 정방향, 역방향으로의 탈출, 탈출시 대피로, 비상조명등, 유도표지 및 가이드 핸드레일 등의 유무에 따라 위험성이 가감되며 이때 화재규모를 변환시켜 유독가스 및 화염의 확산량을 변환시켜 위험도를 측정할 수 있다.

최근 개통된 경부고속전철(KTX)터널인 경우는 내공단면적도 크고 터널내 안전시설물이 대부분 국제적 규격에 맞추어 시공되어 있어 화재사고 시 승객의 대피가능성이 매우 크다고 할 수 있으나 기 건설된 일반철도 터널인 경우는 내공단면적이 매우작고 터널 내 조명조건 및 안전시설물이 거의 전무한 상태라 철도차량 화재시 터널내 정차된다면 승객의 대피는 거의 불가능 할 것으로 예상되므로 안전성 분석은 매우 불리할 것으로 판단된다.

따라서 사고발생자체를 감소시킬 수 있는 사고예방 및 감소시설물을 우선적으로 설치하여야 할 것이다. 표 2,3 국내고속전철터널 방재기준과 국제철도연맹의 방재기준의 비교로 국내기준은 국제기준에 비해 현저히 시설물이 적음을 알 수 있다. 특히 사고예방, 사고영향감소 설비는 보다 많은 시설물을 설치해야 할 것이다.

표 2 국내 고속전철터널 방재시설 기준

설비구분		방재시설		소계
사고 예방	연소방지시설	· 터널구조물 기준	· 터널내 전기 등 각종시설물	2종
	열차운행 통제설비	· 안전스위치		1종
	비상연락장구	· 비상연락 유선전화	· 휴대폰 및 열차무선	2종
대피	대피통로	· 경사, 수직터널	· 구난대피소	2종
	기타 대피용시설	· 대피로 · 유도등 유도표지판	· 대피통로 접속부 · 대피통로 출구문 개폐장치	· 비상조명등 · 피난계단 6종
구조	구조용 기반시설	· 본선터널 입출구부 진입로 · 구조 지하공간	· 방재구조지역 · 헬리콥터 착륙장	4종
	구조용 설비	· 콘센트 · 휴대전화	· 비상연락 유선전화 · 이정표지판	4종
	구조용 장비	· 케도트롤리		1종
소방		· 소화기	· 연결송수관설비 · 구난승강장	3종
사고경감 방안 등 기타		· 제연·배연·환기시설	· 신선공기 공급시설	2종
합계		10종류		22종

표 3 국제철도연맹(UIC ; International union of railways, 779-9) 방재시설 기준

설비 구분	방재시설(기반시설기준)	철도차량기준	운용대책기준	소계	
사고 예방	· 속도감시/신호시스템 · 열차탐지 · 스위치 배치 · 출입통제	· 열차무선통신 · 열차제어장비 · 선로 검사 · 터널상태 검사 (8종)	· 방화대책 · 탑재형 화재탐지기 (2종)	· 운용규칙 · 위험화물 수송규칙 (2종)	12종
사고 영향 감소	· 쌍굴단선터널 · 복선지하철의 교차지점 · 터널내부의 화재/연기/가스탐지 · 소화시스템 · 연기배출시스템/환기시스템	· 구조물의 방화요건 · 열차에 부착된 탈선표시기 · 비상브레이크 중립위치 · 기동능력유지 · 탑재용 소화장비 · 에어컨 중앙제어 · 열차분리가능성 · 열차내 응급처치장비(7종)	· 사고발생시 뒤따 르거나 다가오는 (터널외부의) 열차의 운행중지 (1종)	15종	
대피 축진	· 대피통로 · 비상전화/통신수단 · 수직출구/진입로 · 평행한 정비/안전터널	· 비상터널 등 · 대피거리 · 측면출구/진입로 · 교차통로 (8종)	· 대피장비 및 객차설계 (1종)	· 승객에게 비상사태 통지 · 열차승무원의 자질향상 (2종)	11종
구조 축진	· 접지장치 · 터널입구와 출구로의 진입 · 전시설물의 신뢰성 · 도로용 차량이 진입 가능한 선로 · 터널입구나 비상출구 쪽의 구조지역 · 구조활동용 전기공급 · 구조활동용 무선통신설비 · 구조용 도로/철도차량	· 용수공급 · 통제시스템 · 구조활동용 무선통신설비 (11종)	· 구조활동용 무선통신설비 · 구조용 철도차량 (4종)	· 비상 및 구조계획 · 구조활동훈련 · 위험화물수송에 관한 정보 · 구조장비의 공급 15종	
합계	34종	10종	9종	53종	

3. 결론

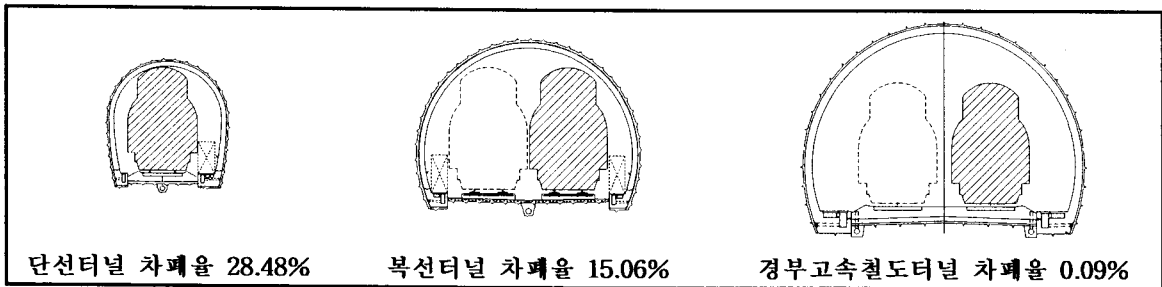
3.1 철도터널 방재시설물

건설교통부에서는 5년 마다 철도안전종합계획을 세워야 하며 그 일환으로 철도터널의 적정안전성 확보를 위한 세부계획으로 철도안전법, 철도시설안전기준에 관한 규칙 및 철도시설안전 세부규칙 등을 제정하였다. 따라서 철도시설안전 세부규칙에 의거하여 터널연장 1km이상 터널에 대해 안전성검토(QRA)를 시행하여야 하며 그 결과에 따라 표2에 있는 수준급의 방재시설을 설치해야만 한다. 특히 사고경감방안에 있는 제연 혹은 환기시설 및 연결송수관 설비는 대략 터널연장 2.5km이상 되는 터널은 대부분 설치하게 될 것이다.

3.2 안전성 분석계획

안전성 분석은 정량적인 결과값을 요구하지만 분석시 적용되는 입력값은 국내외적으로 정량화된 값의 적용이 어려워 결과에 대한 신뢰가 아직까지는 객관적이지 못한 것이 현재의 실정이다. 터널내 화재정차시 승객의 대피가능조건은 열차의 화재지점기준으로 대부분 입·출구부로 갈라지게 되는데 터널 중앙에 대피통로가 없다면 화재연기흐름방향으로 대피하는 승객은 치명적인 결과를 초래할 것이다. 따라서 차폐울(차량단면/터널단면)이 높은 일반터널의 경우 대피유도시설을 충분히 보완해야 할 것이다.

그림 3 철도터널별 차폐율



3.3 철도시설 안전분야 개선방안

시설안전분야에 대한 문제점은 안전관리 부서에서의 기술적인 사전검토 기능이 미약하고, 방재관련 조직이 임시조직으로 구성되어 위기관리 및 대응체계가 원활치 못한 점. 선로 및 구조물 유지관리 체계의 효율성과 시스템 기능이 미흡한 점. 시설물의 안전 확보와 유지관리를 위하여 원활한 예산지원이 늦은 점 및 터널/지하역사 화재안전관리, 재해업무처리규정 정립이 요구 등으로 요약되며 이것에 대한 개선방안은 분산된 기능을 통합하고 중·장기적인 연구검토 기능을 수행할 전담조직 구성과 방재업무 강화의 선로 및 구조물 유지관리를 위한 제도개선과 시스템 구축운영, 구조물 정밀안전진단 등이 적기에 수행될 수 있도록 원활한 예산지원 및 터널/지하역사 등 화재안전관리, 재해업무처리규정 수립 등이라 할 수 있다.

참고문헌

1. 건설교통부(2004). 철도안전법
2. 건설교통부(2005). 철도시설안전기준에 관한규칙
3. 건설교통부(2006). 철도시설안전세부기준
4. 한국철도시설공단(2005). 고속철도설계기준(노반편)
5. 한국철도공사·한국철도시설공단(2006). 2005철도통계연보
6. 한국건설기술원 . 국내외 철도안전 기술개발 현황분석
7. 조호성(2006). 성능위주 소방설계Ⅱ·도서출간 기다리.
8. 채경석(2004). 위기관리 정책론·대왕사
9. International union of railways (UIC 779-9, 2002). Safety in railway tunnels
10. Task force for technical investigation of the 24 march 1999 fire in the Mont blanc vehicular tunnel report of 30 June 1999. french