

고속철도 터널 방재기준 제정 배경 및 해설

On Background & Explanation of the Prevention Disasters

Standard in a High Speed Railway Tunnels

박병은* 이종일** 김성용*** 김동기**** 김시격*****
Park, Byung Eun Lee, Jong Ill Kim, Sung Yong Kim, Dong Gi Kim, Si Kyeok

ABSTRACT

As industry develop rapidly, a possibility of railway-disasters(fire), are growing in consideration of speedy railway and increasing long tunnels. In Korea, KTX consists 46% of tunnels constructed since early 1990, prescribed prevention disasters standard, taking into account that the train accident occurred. On this provision which refers other country's a high-speed railway fire safety regulation and is synthetically reflected topographical circumstance and tunnel size in Korea, in order to minimizing valuable casualty and securing safety operation of train from rapid evacuation and rescue a passenger from accident in tunnel.

1. 서론

1.1 터널내 안전에 관한 일반 원칙

터널 내부의 사고는 크게 화재, 탈선, 충돌 등 3가지 유형으로 분류될 수 있으며, 자연재해 등을 수반하는 노출된 철도보다는 사고발생 빈도가 상대적으로 작다고 할 수 있다. 그러나, 일단 화재등의 사고가 발생되면 폐쇄된 공간이라는 조건때문에 대형사고로 이어질 가능성이 높으므로 비록 발생 확률은 낮지만 적극적이고 광범위한 안전대책이 필요하게 되는 것이다. 터널내부의 안전은 기반시설 (Infrastructure), 운용 (Operation) 및 차량 (Rolling Stock) 이 조화를 이루어야 이상적으로 실현될 수 있으며, 모든 철도에 공히 적용되는 일반 원칙은 사고 예방 → 사고 충격의 최소화 → 대피 촉진 → 구조 촉진의 순으로 요약될 수 있다.

* ,
** ,
*** ,
**** ,
***** ,

1.2 방재기준 설정 근거

1) 터널 화재 위험도 분석

20세기에는 산업이 급성장하고 지역간 교류가 활발해지면서 여객 및 화물을 정기적으로 수송할 수 있는 열차의 수요가 세계적으로 증가해왔다. 특히, 1960년대부터 일본, 프랑스를 필두로 고속으로 운행되는 열차가 등장하면서 지형적인 특성에 따라 장대철도 터널 발생이 증가함에 따라 열차 운행에 의한 사고발생 가능성도 커지고 있다.

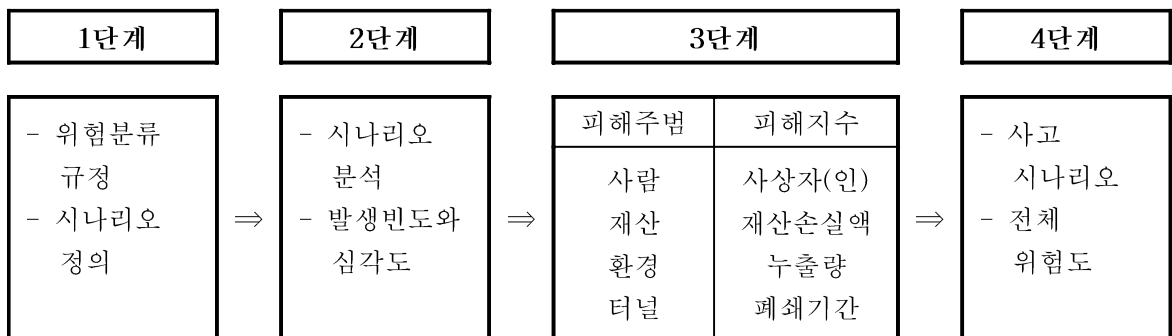
각국에서 발생한 열차사고를 살펴보면 화재에 의한 사고가 주류를 이루고 있으며 간헐적으로 충돌 및 탈선이 발생하고 있는데, 위험물질을 운송하는 충돌이나 탈선에는 화재가 동반되는 경우가 많기 때문에 최근에는 각 국가별로 화재에 대한 기준이나 규정이 강화되고 있는 실정이다. 우리나라에서도 지하철 이용이 급증하면서 소규모의 화재사고가 종종 발생하다가 급기야 2003년 초 대구 지하철 참사와 같은 대형사고가 발생하여 터널 방재에 대한 기준정립의 필요성이 대두되었다. 특히, 1990년 초부터 본격적으로 건설 중인 경부고속철도 구간에는 터널연장이 노선연장 대비 46%에 이를 정도로 많은 비중을 차지하고 있다.

터널화재의 위험도를 정량적으로 산정하기 위해서는 신뢰성 있는 통계자료가 있어야 하는데 우리나라는 고속철도의 운행이 없었고 일반철도차량의 자료 또한 화재의 발생보다는 탈선이나 충돌등에 의한 사상자만 통계화 되어있어 정량화 하기는 사실상 곤란하기 때문에 아래와 같은 산정절차를 거쳐 위험도를 정의할 수 있다.

○ 화재 위험도의 정의

$$\text{화재위험도 (Risk)} = \text{화재발발가능성 (The likelihood of fire occurring)} \times \text{재난에 의한 사망지수 (The consequence of a fire (fatalities))}$$

○ 터널 화재 위험도 분석



2) 기준설정 방향 고찰

철도터널 방재기준은 수송물질, 터널 연장, 동력, 설치위치 등에 따라 시설물 기준이 달라지게 되는데 일반적으로 기준이 수립된 선진국들의 예를 살펴보면, 화물과 여객을 동시에 수송하는 복합열차인 경우에는 방재에 대한 기준이 강화되고 있으며, 동력이 디젤 기관차인 경우, 기준에 운행하고 있는 터널의 경우, 지하철과 같이 도심지 중심부를 통과하는 경우 및 터널 연장이 긴 경우를 구분하여 기준이 정해져 있으나 우리나라와 같이 여객 전용이면서 전기를 동력으로 하

는 고속철도에 대한 기준만을 별도로 규정하고 있지 않기 때문에 대부분 객화 혼용 철도의 기준이 거의 모든 고속철도터널에 적용되고 있다.

UIC 규정이 유럽국가들의 대표성을 지닌것으로 평가되고 있기 때문에 방재기준 작성시 표준 모델로 삼았으며, 고속철도의 선진화를 이룩한 프랑스, 독일 및 일본의 기준들도 참고로 하여 한국형 고속철도 방재 기준을 수립하였다.

각 기준별로 특징을 살펴보면 지형적 여건이 불량하여 터널이 많은 비중을 차지하는 일본에서는 수십 km에 이르는 초장대 터널 이외에는 기본적인 시설만 설치되도록 규정되어 있는 반면 장대 산악터널의 규모가 작은 독일이나 프랑스에서는 비교적 강화된 규정을 준수하고 있는 실정이다.

2. 방재시설기준 해설

2.1 대피시설

1) 대피통로

터널을 계획할 경우에는 지형적 여건, 시공조건, 방재대책, 경제성, 민원 등 여러가지 요소를 종합적으로 검토하여 가장 적합한 형식을 선택하여 결정하여야 한다.

터널 형식이 단선병렬터널(하나의 터널에 열차가 일방향으로 운행하는 터널)이나 서비스 터널이 있는 복선터널(하나의 터널에 열차가 교행운행하는 터널)의 경우에는 두 개의 병렬된 터널 사이로 연결통로를 설치함으로써 적은 비용으로 대피통로의 확보가 용이하지만, 서비스 터널이 없이 복선터널만으로 이루어진 경우에는 별도의 경사 또는 수직터널을 설치하여야 하기 때문에 상대적으로 비용이 크게 증가할 뿐 아니라, 특히 산림이 울창한 산악구간에서는 환경훼손, 민원 등의 제약요소가 커 현실적으로 경사터널을 많이 만들기가 어려운 것이 사실이다.

유럽에서는 2002년 이후 모든 철도터널의 대피통로간의 간격을 1km 이내로 할 것을 권장하거나 법으로 규제하고 있으나 2002년 이전에 건설된 복선터널에 대해서는 적용을 예외로 하고 있으며 또한 지형여건이 열악하여 대피통로 간격을 1km 이내로 할 수 없는 터널은 대피통로 간격을 엄격하게 적용하지 않는 대신에 이에 상응하는 사고경감 방안을 추가로 적용하고 있는 있다.

즉 대피통로 간격이 1km 이내인 경우에는 대피에 필요한 기본시설(handrail, 비상조명, 비상 유도등, 유도 표지판 등)만 있으면 별도의 방재시설 없이 가능하도록 허용하고 있지만, 그렇지 못할 경우에는 가상화재시물레이션 등을 실시하여 요구시간이내에 터널내의 승객의 대피가 가능한지를 판단하여 설계시 제시하도록 권장하고 있다.

프랑스 남부지방에 위치한 마르세이유(Marseille) 터널의 경우 연장이 7.8km에 달하는 복선장대터널로서 산악지형에 위치하고 있으나 대피통로로 활용 가능한 수직터널이 한 개소밖에 설치되어 있지 않은데 그 열악한 대피환경을 보완하기 위해 소화설비나 구조용 장비 등을 소방 및 구조활동에 적합하게 추가함으로써 터널내부의 안전대책을 강구하고 있는 것이다.

우리나라 경부고속철도인 경우 1990년도초 계획시 환경훼손, 지장물, 민원, 경제성 등 여러가지 제약요소에 인하여 복선터널이 타당한 것으로 검토되어 전구간이 복선터널로 건설되어 있는데 이 경우 대피통로간 간격을 얼마로 하느냐가 큰 과제로 부각되었다.

경부고속철도의 터널내 운행하는 열차는 여객전용의 열차로서 가연물이 상대적으로 적고 차량의 모든 부재가 불연성 또는 극난연성으로 처리되었기 때문에 유럽의 터널을 운행한 객화혼용 열차와는 상대적으로 화재발생 확률이 낮을 것으로 예상된다.

운행열차의 터널내 화재발생시 피해예상시간은 60분으로 가정할 경우 1250m를 탈출하는데 소요되는 피난시간은 약 40분으로 안전율 1.5를 확보할 수 있다.

따라서 일반적인 장대터널은 대피통로 간격을 2.5km 이내로 제한하여도 안전한 대피가 될 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 산악지형으로서 부득이하게 대피통로를 2.5km 간격으로 설치하지 못하는 터널은 최대 5km 간격이내에서 대피통로가 설치되도록 규정하고 연기로부터 일정시간동안 대피할 수 있는 임시대피소를 500m 마다 추가하도록 하였다.

2) 기타 대피용 시설

① 대피로

- 기준 : 터널 양측면에 폭 70cm 이상인 보도로서 견고하고 장애물이 없어야 하며 스테인레스 스틸로 Handrail 을 지면에서 1.2m 이내에 설치하되 대피자가 용이하게 활용가능한 구조가 되어야 함

- 외국사례

프 랑 스	독 일	UIC
<ul style="list-style-type: none"> - 시설한계 폭 0.7m, 높이 2.0m 이상 - Handrail 규정은 없음 	<ul style="list-style-type: none"> - 시설한계 폭 1.2m, 높이 2.2m 이상이며 부분적인 부착물이 있을 경우 폭 0.3m, 높이 3.0m로 제한됨 - Handrail은 설치 규정만 있음 	<ul style="list-style-type: none"> - 시설한계 폭 0.7m 이상이나 적정폭원 1.2m 권장 - Handrail은 설치규정만 있음

- 설정배경

대피통로의 간격이 클수록 비상시 대피할 수 있는 대피로의 폭원을 가급적 크게 규정해야만 대피가 원활하게 이루어질 수 있으나, 터널 단면 등을 고려하여 한 사람이 이동할 수 있는 최소치를 규정한 것임

Handrail의 높이규정은 다른 국가에서는 별도로 정하지 않고 있으나, 보통 성인이 자연스럽게 잡으며 걸어갈 수 있는 높이를 1.1 ~ 1.2m로 보고 규정한 것임

② 대피통로 접속부

- 기준 : 대피통로 간격이 2.5km 이상인 대피통로 접속부는 필요시 압력조절이 가능한 제연 설비가 필요하며 대피통로가 차량진입이 가능한 경사터널인 경우에는 접속부에서 회차가 가능하도록 하여야 한다.

③ 비상조명 : 10 Lux 이상으로 이중화 전원으로 공급하여야 함

④ 비상 유도등 및 유도 표지판

- : 외부전원공급 차단시 20분 이상 자가발전이 가능한 축전지가 내장되어야 하고, 설치간격은 양측 100m이며 설치높이는 지면에서 1m 이하이어야 함

⑤ 대피통로 출구문 개폐장치

- : 비인가자가 무단으로 출입할 수 없도록 개폐장치를 설치하되 비상시 대피자가 외부로 쉽게 열수 있어야 함

⑥ 피난계단

- : 수직터널이 대피통로인 경우에는 폭 1.2m 이상인 계단을 설치하되 난간을 부착하여야 함

2.2 구조시설

1) 구조용 기반시설

① 본선터널 입·출구부 진입로

- 규정 : 연장 1 km 이상인 터널 입출구에는 폭 4.0m 이상의 진입로를 설치하여야 한다.
- 외국사례

프랑스	독일	UIC
구조차량들이 터널 입출구 부까지 접근이 가능하여야 한다 라고만 규정됨	1 km 이상의 터널에서는 진입로와 진출로를 분리하여 설치하는 것이 원칙이나 불가피할 경우 5.0m 이상 대면교통 가능	일반 소방차 진입이 가능하여야 하며 최소폭은 3.0 m 임

- 설정배경 : 여기에서 규정한 최소폭원 4.0m는 순수 차도폭원을 의미하는 것이므로 실제로는 대형 소방차가 교행할 수 있도록 좌·우측으로 길어깨를 어느정도 확보하여야 할 것으로 판단됨

② 본선터널 입·출구부 구조공간

- 기준 : 연장 5km 이상인 터널 입·출구부에는 구조 또는 소방용 차량들이 정차하고 회차할 수 있는 일정규모의 공간(100m²)을 확보하여야 하며, 비상시 구조가 용이한 위치에 설치하여야 함
- 외국사례

프랑스	독일	UIC
구조차량들이 정차하고 회차하기에 충분한 규모의 공간을 각 터널 출입구에 둔다.	구조장소는 DIN 14090에 따라 시행하되 선로의 높이에 맞추어 설치한다.	소방차가 진입하여 회차가 가능하여야 함 이것이 불가능할 경우 헬기장(20m×20m)을 설치하여야 한다.

- 설정배경
고속철도 방재측면에서의 장대터널을 5km로 볼 때 5km 미만인 터널은 입·출구부로의 접근로가 필요하지만 그 이상인 터널은 구조차량들이 충분히 활동할 수 있는 공간도 추가되어야 하므로 최소면적 100m²로 규정하였음

③ 대피통로 터널 진입부 구조공간

- 기준 : 경사터널 또는 수직터널이 대피통로인 경우에는 터널 입구부에 구조·소방차량이 정차하고 회차하기 용이한 공간인 60m² 이상을 확보하여야 함

- 외국사례

프랑스에는 특별한 규정이 없으며, 독일과 UIC 에도 본선터널 입·출구부 구조공간과 동일한 규정을 적용하고 있음

- 설정배경

: 경사터널을 대피통로로 활용할 경우 비상시 응급환자를 신속하게 후송하거나 소방차의 진입이 용이하게 하기 위한 구조 공간으로서 대형차가 2대 정도 주차 가능한 60m² 이상의 공간을 확보토록 함

④ 구조 지휘공간

- 기준 : 연장 5km 이상인 터널 대피통로 접속부에는 30m² 이상의 구조공간을 확보하되, 조명, 통신 등의 시설을 설치하여야 함
- 설정배경 : 프랑스, 독일 및 UIC 에는 구조 지휘공간이라는 항목은 없고 본선터널 입구부와 비상터널(수직, 경사터널) 진입부에만 구조공간이 필요한 것으로 규정되어 있는데, 이는 터널 연장이 비교적 짧은 경우에는 큰 문제가 없으나, 경사터널의 길이가 긴 경우에는 본선터널과 경사터널의 접속부에 일정공간을 두어 대피 및 구조에 용이하도록 규정한 것임

3. 맺음말

- 본 방재기준은 여객 전용인 고속철도 복선 터널내에서 비상사태 발생시 신속한 대피 및 인명피해 최소화를 위하여 국내실정에 적합하도록 수립하였으나, 실제 적용하면서 보완되어야 할 부분이 있을 것으로 판단됩니다.
- 본 기준에서 제외된 해·하저터널, 객화차 혼용 또는 단선병렬인 터널방재기준에 대해서는 지속적인 연구가 요구됩니다.
- 터널방재부분은 국내외적으로 지속적인 개선이 거듭되고 있는 추세등을 감안하여 고속철도 1단계 운용과 2단계구간 건설과정에서 보다 적합한 방안의 지속적인 검토가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국고속철도건설공단 (2003), “고속철도 터널방재기준 작성 보고서”
2. 건설교통부 한국건설교통기술평가원 (2003) “장대 철도터널 화염방재 기술 및 환기공조 시스템 개발”
3. UIC 779-9 Safety in Railway Tunnels
4. INSTRUCTION TECHNIQUE INTERMINISTERIELLE RELATIVE A LA SECURITE DANS LES TUNNELS FERROVIAIRES N°98 300 DU 08 JUILLET 1998
5. Anforderungen des Brand-und Katastrophenschutzes an den Bau und den Betrieb Von Eisenbahntunneln
6. BRAND-UND KATASTROPHENSCHUTZ IN EISENBAHNTUNNELN