

도시철도의 안전운행을 위한 시설물 설치에 관한 연구

이우동
한국철도기술연구원

A Study on the Facility Installation for Safety Operation of Urban Transit

Lee Woo-Dong
Korea Railroad Research Institute

Abstract - In field of Urban transit safety, It must be not only secured vehicle but also every areas like power, signal, communication, track, tunnel, operating facilities. Likewise it is very important not only hardware system like vehicles, facilities but also software system like action of engine driver, duty officer. In other to secure safety of hardware, software, it is very important systemic process. In Korea, Many operating companies neglect to invest in safety and ignore technical development about safety because of management. Safety was considered in subway system and many studies were accomplished about safety in subway system in advanced county like U.K, USA. Hence, in this paper, Conditions and improvement of minimum considerable hardware and software are proposed for safe operation in Urban transit.

1. 서 론

최근에 대구지하철사고를 계기로 도시철도의 안전운행에 관한 관심이 더욱 높아지게 되었다. 도시철도는 많은 승객을 수송하는 수단이고 한번 사고가 발생하면 국가적으로 엄청난 손실을 발생하므로 도시철도의 안전은 아무리 강조하여도 지나치지 않는 것이다. 이번 대구지하철 사고는 고의적인 방화로 인하여 대형사고를 불러일으켰지만 열차의 사고는 화재뿐만이 아니고 충돌이나 탈선등에서도 발생할 수가 있는 것이다. 특히 도시철도의 안전은 도시철도차량과 같은 어느 한 분야의 안전뿐만 아니라 전력설비, 신호설비, 통신설비, 선로설비, 터널설비 및 운영설비 등 인프라 분야의 걸쳐 안전이 확보되어야만 하는 것이다. 또한 차량이나 설비와 같은 하드웨어적인 시스템뿐만이 아니고 기관사와 사령자의 행동등과 같은 소프트웨어적인 시스템도 매우 중요하다는 사실을 알게 되었다.

이러한 하드웨어 및 소프트웨어적인 시스템의 안전을 확보하기 위하여는 제도적인 절차도 매우 중요하다. 국내에서는 그동안 운영처의 경영상의 이유로 안전에 관한 투자나 기술개발에 소홀히 했던 것도 사실이다. 미국이나 영국과 같은 철도선진국에서는 지하철시스템자체가 안전에 대하여 많은 고려를 하였으며 이에 대한 연구도 많이 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 도시철도 시스템의 안전운행을 위해 갖추어져야 할 최소한의 고려해야 할 하드웨어 및 소프트웨어적인 요건 및 개선방안을 제시하여 향후 지하철 안전을 확보하고자 한다.

2. 본 론

2.1 도시철도시설물 검토

도시철도의 안전은 차량 및 시설물의 안전이 확보되어야 하며 차량 및 시설물이 시스템적으로 안전하게 동작되도록 하여야 한다. 차량이 안전하다 하더라도 사고시에는 승객들이 시설물을 통하여 탈출해야 하기 때문에 시설물의 안전이 확보되지 않으면 그 도시철도는 안전하다고 정의될 수가 없다. 차량내에서 화재가 발생하더라도 난연/불연재의 사용을 통한 독성연기의 최소화, 기관사의 사고시 대응능력, 기관사와 사령실간의 통신, 역사내 대피시설의 확보, 발생된 연기의 배연 등의 측면에서 안전이 확보되었더라면 승객의 피해를 최소화할 수 있었던 것이다. 따라서 기술적인 측면에서 다음과 같은 사항들이 도시철도시설물의 안전을 위해 고려되어야 할 것이다.

- 분무식 스프레이의 설치
- 대용량배연팬의 설치
- 화재시 개찰구의 자동열림
- 연기감지기의 교체
- 승객대피동선의 고려
- 비상디젤발전기의 설치
- 승객대피유도등의 설치
- 별도피난장소의 설치
- 유지보수 및 탈출통로의 설치

2.2 분무식 스프레이의 설치

차량이나 역사내 승강장에서 화재가 발생시에는 일반적으로 승객들은 승강장 계단을 통하여 대합실로 올라가게 된다. 화재가 발생시에는 연기가 위로 올라가는 특징으로 인하여 승강장계단을 통하여 연기가 배출되는데 이 연기는 대부분이 승객에게 영향을 주게 되어 있다. 따라서 승강장에서 대합실로 가는 층계에 스프레이 설치하여 연기가 대합실로 배출되는 것을 일정시간 동안 억제해야 할 필요가 있다. 특히 차량의 내장재로 사용되는 FRP와 같은 플라스틱에서 화재시에 발생하는 연기는 독성을 지니고 있으며 이 독성은 물에 약하기 때문에 스프레이를 설치시에 분무식으로 설치하는 것이 효과가 매우 크다고 할 수 있다. 따라서 분무식 스프레이를 설치하여 열차 및 역사의 화재시에 자동으로 스프레이를 작동하면 승객들이 탈출하는 데에 많은 도움을 주게 되므로 도시철도시설의 기술적인 기준으로 고려할 필요가 있다.

2.3 대용량 배연팬의 설치

일반적으로 열차에 화재가 발생하거나 또는 고장이 발생할 경우에는 열차가 운행상 어느 위치에 있는 간에 열차용 역사로 이동하는 것이 필요하다. 열차를 역사로 운행해야 만이 승객에 대한 대피유도가 용이하기 때문이다. 일본의 지하철의 경우에도 그림 1과 같이 역사와의 선로에 일정한 구배를 두고 역중앙에 대용량의 팬을 설치하였다.

선로에 구배를 두는 이유는 열차에 전원이 차단되는가

고장이 발생하여 운행할 수 없을 때에도 무동력으로도 열차가 역사로 이동될 수 있기 때문이다.

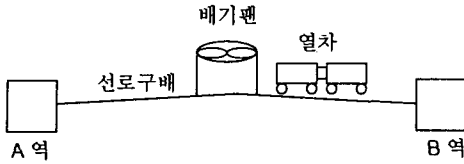


그림 1 역사이 배기팬 설치

화재가 발생시에는 열차는 자연구배에 의하여 역사로 움직이고 중앙에 설치된 대용량의 배연팬이 자동으로 동작함으로써 승객이 탈출하는 역사로 연기가 배출되지 않도록 하는 것이다. 역중앙으로 연기를 배출시킴으로써 화재시에 승객이 대피할 수 있는 최소한의 시간을 줄 수 있는 것이다. 역중앙이 아닌 역사마다 배연팬을 설치할 경우에는 승객이 대피하는 역사로 연기가 배출되기 때문에 배연팬의 동작이 승객에게 피해를 줄 수 있으므로 가능한 한 각 역에 배연팬을 설치하는 것은 지양해야 한다. 따라서 역사 사이의 선로에 구배를 주고 중앙에 대용량의 팬을 설치하는 것을 도시철도시설의 기술적 기준으로 고려할 필요가 있다.

2.4 화재시 개찰구의 자동 열림

국내 지하철개찰구는 봉식과 판식이 있는데 서울시 1, 2, 3, 4호선 등 기존의 지하철의 경우에는 봉식이 설치되어 있으며 서울시 5, 6, 7, 8호선 및 인천지하철의 경우에는 판식개찰구가 설치되어 있다. 봉식의 경우에는 구조상 승객의 동선이 많이 제약을 받기 때문에 화재와 같은 비상상황시에 많은 승객들이 개찰구를 통과하기가 어렵게 되어 있다.

또한 기존 개찰구는 일반승객들이 출입하는 개찰구와 단체승객들이 출입하는 개찰구가 있으며 장애인들이 출입 가능한 개찰구가 있다.

기존 개찰구들은 비상상황시에 역무원의 판단에 의하여 수동으로 단체나 장애인용 개찰구를 열도록 되어 있다. 지하철 화재와 같은 비상상황시에는 승객들이 혼란상태에 빠져 짧은 시간에 개찰구로 모이게 되고 단위시간당 일반승객들이 출입하는 개찰구로 승객들이 신속히 탈출을 하는 것이 거의 불가능하다. 화재와 같은 비상상황시에는 모든 비상장비나 시설들이 신속하게 동작해야 하므로 개찰구의 개폐를 중앙사명실에서 통제할 필요가 있으며 특히 단체승객용 개찰구나 장애인용 개찰구는 화재와 같은 비상상황시에 자동으로 열리도록 하는 것을 도시철도시설의 기술기준으로 고려할 필요가 있다.

2.5 연기감지기의 교체

국내 지하철역사에는 화재시에 이를 감지하는 연기감지기가 설치되어 있다. 그러나 연기감지기의 경우에는 고장과 오동작이 많으며 실제 화재발생시에도 발생하는 연기를 감지하지 못하고 있다. 그 이유는 대부분의 지하철역사가 도심에 위치하고 있기 때문에 환경조건이 열악하다. 도심의 경우에는 매연과 먼지 등으로 인하여 연기감지기의 잦은 고장의 원인이 될 수 있으며 승객들이 피는 담배연기는 오동작의 원인이 되기도 한다. 따라서 실제 화재시에 연기감지기가 동작되지 않을 우려가 있으며 동작을 하더라도 어느 정도 화재가 진행된 다음에 동작할 수가 있다. 국내에 지하철에 설치된 감지기와 외국기준과의 차이는 다음과 같다.

○ 현재 국내 생산되는 연기감지기, 열감지기 등이 전국 지하철 역사에 설치되어 있다. 이 감지기들은 KS 규격과 소방검정공사에서 검인을 받은 제품이나 국내

화재 감지기 관련 KS 규격이 완화되어 있다는 사실이 많이 알려져 있다.

- 선진국 규격 또는 국제규격에 맞추어 제작된 감지기는 NAPA 72[1]의 기준에 따라 설계 및 제작되므로 품질 면에서 월등하다고 볼 수 있다. 사용 경과시간에 따라 내구성과 오동작 문제에서 훨씬 뛰어나다고 볼 수 있다.

화재발생은 초기대응이 매우 중요함에도 연기감지기가 일정시간이 지난 후에 동작한다면 효과가 없으며 결국 승객들에게 피해를 줄 수 밖에 없다.

최근에는 연기를 감지하는 방식의 연기감지기보다는 화재시 발생하는 불꽃을 감지하는 불꽃감지기가 있는데 이는 초기에 화재를 감지하는데는 효과적이거나 화재감시의 범위가 제한적이라는데 단점이 있다.

일본의 경우에는 연기감지기를 설치하고 연기감지기의 오동작을 감시하는 시스템을 구축하는 방향으로 가고 있으며 연기감지기도 고가의 사양으로 적용 및 설치하고 있다.

따라서 국내 지하철의 경우에도 연기감지기에 대한 사양을 강화하고 이를 도시철도시설의 기술기준으로 고려할 필요가 있다.

2.6 승객대피동선의 고려

승객대피동선이란 화재와 같은 비상상황시에 승객들이 대피하도록 유도되는 동선을 말한다. 즉 승객들이 지상 지하철 출입구에서부터 열차에 승차하기까지 반대로 열차에서 하차하여 지상지하철출입구까지 승객들이 움직이는 공간이 승객대피동선이라 할 수 있다. 화재시에 이 승객대피동선은 승객들의 비상탈출에 매우 중요한 역할을 한다. 화재가 발생하면 통상 4분 이내에 화재가 전역사에 진행된다고 할때 승객들이 4분 이내에 승객대피동선을 따라 지상 지하철출입구까지 탈출하는 것이 필요하다. 승객들 중에는 노약자가 있으므로 탈출시간은 성인 남자가 아닌 노약자를 기준으로 해야 할 것이다. 국내지하철의 경우에는 이 승객대피동선이 매우 취약함을 알 수 있다. 특히 환승역사의 경우에는 비상상황시에 승객들이 대피해야 할 승객대피동선이 복잡하고 직진성이 확보되지 않아 승객들의 탈출이 용이하지 않으며 탈출하는데에 소요되는 시간도 많이 소요될 것으로 예측된다.

일본이나 유럽에서와 같이 철도선진국의 경우에는 이 승객대피동선을 최소화하는 방향 즉 비상상황시에 승객들이 최단시간에 대피할 수 있도록 역사를 설계하고 있다. 즉 역사를 직선화하도록 설계함으로써 비상상황시에 승객들이 신속하게 탈출하도록 하고 있다.

지하철에 화재와 같은 사고가 발생하면 통상 전원이 차단되기 때문에 승객들의 탈출이 용이하지 않으며 역사의 구조가 복잡하게 설계될 경우에는 승객들의 피해가 더욱 커지게 된다.

따라서 도시철도의 역사를 건설할 때 승객들의 대피동선을 확보하도록 하는 것을 도시철도시설의 기술기준을 고려할 필요가 있다.

2.7 비상디젤발전기의 설치

지난 대구지하철사고에서와 같이 화재사고가 발생하면 통상 역사의 주전원을 차단한다. 주전원이 차단되면 역내의 모든 전원이 차단되므로 승객들이 대피하는 데에 많은 지장을 받게 된다. 승객들이 대피하기 위하여는 승객대피동선을 따라 대피유도시설들이 있어야 하나 비상유도등과 대피시설을 승객들이 인식할 수 없게 되면 혼란이 가중되고 그에 따른 피해가 더욱 커지게 된다.

일본의 경우에도 각 역사마다 비상디젤발전기를 설치하여 역사내에 주전원이 차단될 경우에도 비상유도등과 출입구를 확인할 수 있는 등시설에 전원을 공급함으로써 승객들의 대피를 용이하도록 하고 있다.

국내 지하철의 경우에는 도시철도의 건설시에 소방법의

저속을 받지 않으므로[2] 비상유도등의 설치를 강제화할 수 없다. 또한 비상디젤발전기가 설치되지 않아 주전원이 차단될 경우에는 역사내에 전원을 공급하기가 용이하지가 않다. 주전원이 이중화개념으로 설계되었다 하더라도 이에 대한 고장을 대비하여 비상디젤발전기가 설치하는 것이 안전설계의 기본개념이다.

따라서 역마다 비상디젤발전기를 설치하도록 하는 것을 도시철도시설의 기술기준을 고려할 필요가 있다.

2.8 승객대피유도등(3)의 설치

지하철 역사에서 화재와 같은 사고가 발생하면 주전원이 차단되므로 승객들이 바로 앞을 분간할수 없는 상황이 되고 시간이 진행됨에 따라 공포와 혼란으로 인한 패닉상태에 빠지게 된다. 이런 상태에서 승객들이 탈출통로를 확인한다는 것은 매우 어려운 일이며 승객대피동선의 지진성 확보와 같이 도시철도시스템이 안전하게 설계되었다 하더라도 승객들이 원활하게 대피하지 못하게 되고 안전장치들이 무의미하게 된다.

화재와 같은 사고시에는 승객들의 판단이 흐려지므로 무엇보다도 승객들이 탈출통로를 확인할 수 있어야 한다. 따라서 승객대피유도등을 설치해야 하며 어둠속에서도 승객들이 확인할 수 있는 발광재를 승객대피동선을 따라 설치하는 것을 도시철도시설의 기술기준으로 고려할 필요가 있다.

2.9 별도 피난장소의 설치

열차가 역사이에서 운행중에 지하철티널에서 화재가 발생하면 국내지하철의 경우에는 열차는 그 위치에서 정지하거나 필요에 따라 역사로 차량을 이동하여 승객을 대피시키게 된다. 그러나 상황에 따라서 열차가 역으로 이동할 수 없거나 역으로 이동하더라도 승객들이 미처 승강장에서 대합실 방향으로 탈출하지 못하는 경우가 생기게 된다. 이러한 경우에 대구지하철화재사고시에도 나타났듯이 대부분의 승객들은 역반대방향, 즉 터널방향으로 대피하게 된다. 또한 역대합실로 대피하더라도 일정시간 내에 탈출하지 못한 승객들은 방화벽등의 차단으로 인하여 지상 지하철헤출입구로 대피하지 못하고 역내에 잔류하게 될 수도 있다. 역내에 잔류하게 되면 역내에 연기가 들어차게 되고 결국은 승객들이 피해를 볼 수밖에 없다. 따라서 일본의 경우에는 역내나 터널근방에 별도의 피난공간을 마련하여 미처 대피하지 못한 승객들을 피난장소로 유도하고 그 피난장소에 환기시스템을 갖추어 승객의 안전을 확보하고 있다.

일반적으로 피난장소는 큰 공간이 필요하지 않으며 실제 시험에 의하면 6mx6m공간에 최대 360명이 들어갈 수가 있다. 따라서 이 피난공간을 화재와 같은 비상상황시에 승객들의 안전을 위해 주요한 장소로 제공되기 때문에 지하철 역마다 피난장소를 제공하도록 하는 것을 도시철도시설의 기술기준으로 고려할 필요가 있다.

2.10 유지보수 및 탈출통로의 설치

국내 지하철헤터널의 경우에는 역사를 통하지 않고 터널내에서 지상으로 승객들이 탈출할 수 있는 통로가 확보되지 못하고 있다. 유럽의 경우에는 역중간에 지상에서 지하철헤터널로 진입할 수 있는 비상통로가 설치되어 있으며 NFPA130[1]의 규정에도 화재를 대비한 유지보수/비상통로를 설치하도록 권고하고 있다. 이 유지보수/비상통로는 승객들의 탈출뿐만이 아니고 구조대가 외부에서 터널내로 진입하여 각종 구조활동을 벌이는 데도 이용될 수 있다. 따라서 유지보수 및 탈출통로의 설치하는 것을 도시철도시설의 기술기준으로 고려할 필요가 있다.

3. 결 론

도시철도의 안전을 확보하기 위하여는 차량, 설비 및 그것은 운영하는 측면에서 여러 가지 방법들이 있을 것이다. 그러나 안전을 확보하기 위하여는 기본적으로 국가적인 투자가 있어야 하며 안전을 위한 기술개발을 해야 한다. 따라서 안전을 위하여는 최소한 향후 다음과 같은 사항들이 추진되어야 한다.

첫째 안전은 차량뿐만이 아니고 전력, 신호 및 역사 등 시설들의 안전이 동시에 확보되어야 한다.

둘째 시설물 안전을 위한 세부적인 기술기준 및 기술 기준을 검증할 수 있는 시험기준에 대한 연구가 진행되어야 한다.

셋째, 안전을 확보하기 위하여는 단기적으로는 안전에 필수적인 사항들을 교체하고 장기적으로는 새로이 건설되는 도시철도에 대하여는 보다 엄격한 기술기준들을 적용해야 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 미국화재안전협회, "National Fire Protection Association, 72, 130", 1993
- [2] 건설교통부, "도시철도법" 2002
- [3] 한국철도기술연구원, 도시철도 선로체계 표준화 연구보고서 2001