철도 선로안전시설에 관한 기초연구
A Fundamental Research on the Safety Facilities of Railroad

이승원* 김승환** 신승교*** 김태욱****
Lee, Seong-Won Kim, Seung-Hwan Shin, Seung-Kyo Kim, Tae-Wook

ABSTRACT

In this research, safety requirements for guard rail, buffer stop, car stop scotch block, protection device, fire protection facilities, safety siding, escape facilities and inundation protection facilities are studied to establish a standard. First, various kinds of guard rails and their construction methods are investigated. Researches on the level difference of main track and guard rail, joint, length, and fastening force of guard rail are done. Second, the classification of buffer stop and car stop scotch block and its characteristics are examined, and the impact force, speed limit and capacity of buffer stop are summarized. Details of protection device, fire protection facilities, safety siding, escape facilities and inundation protection facilities are also investigated. From this fundamental research results, basic data on the safety facilities of railroad system are established.

1. 서 론

현재 일본, 미국, 유럽등과 같은 철도선진국에서는 선로시스템의 안전과 관련된 많은 연구가 수행되고 있으며, 열차주행 안전성 확보를 위한 세부적인 안전기준을 마련하고 있다. 선로시스템의 안전시설 및 기준은 각 국가별로 철도시스템이 다르고 운영방식이 다르기 때문에 독자적인 연구개발을 통하여 확보되어야 한다. 철도 선로시스템의 안전성 향상을 위한 연구는 공공여객 수송수단인 철도에서 확보되어야 할 가장 중요한 기술사항이라 할 수 있다. 철도선로의 취약지점을 열차가 통과할 경우 열차의 탈선 또는 전복으로 인하여 사고가 발생하게 되고 심한 경우 대량 인명사고가 일어나게 된다. 실제 철도현장의 많은 사고는 선로의 취약개소에서 발생하며 그 유형도 매우 다양하게 나타나고 있다.

본 연구에서는 국내·외 철도에 적용되고 있는 선로 안전시설에 관한 자료조사 및 분석을 통하여 안전관련 시설의 현황 및 특징을 분석함으로써, 추후 주요 안전시설에 대하여 필수적으로 요구되는 최소한의 지침작성을 위한 기초자료를 정립하고자 하였다. 즉 국내철도의 운영기관과 궤도설계사 및 시공사 등을 방문하여 선로 안전시설 관련 각종 관계법령, 설계자료, 시공자료 등을 수집 분석하였으며, 국제 자료검색을 통하여 외국자료 등도 수집 분석하였다. 그리고 수집 분석된 자료들은 궤도 실무전문가들의 실무 차원에서의 자문검토 등을 수행하여 연구결과에 반영하였다. 본 보고서의 내용 중 각종 수치나 규정 등은 기초자료로서, 추후 규정이나 지침서 작성시 더욱 정밀한 검토가 요구될 수도 있다. 따라서 본 보고서의 연구내용들은 추후 선로 안전시설 계획 및 설계시의 기본적인 자료(설계기준 등)로 활용이 가능한 것으로 판단된다.

* 정북대학 토목설계과 교수, 정회원
** 도시환경센타 연구원
*** 정북대학 토목설계과 강사, 학생회원
**** 한국철도기술연구원 궤도구조연구그룹 주임연구원, 정회원

2. 가드레일

탈선방지 가드레일은 본선으로서 반경 300m 미만의 곡선에 위험이 큰 쪽의 반대쪽 레일 궤간 안쪽에 부설하는 것을 원칙으로 한다. 가드레일은 특수한 경우를 제외하고는 본선 레일과 같은 레일을 사용하여야 하며 본선레일보다 낮거나 또는 25mm 이상 높게 하여서는 안 된다. 폭은 80-100mm로 부설하고 그 양단은 2m 이상의 길이를 깔대기형으로 구부려서 종단은 본선 레일에 대하여 200mm 이상의 간격이 되도록 하여야 한다. 곡선반경 200m 이상 단선구간(일반철도는 300m 이상)이나 복선구간 중 인접선과의 거리가 8m를 초과하는 경우에는 탈선방지 가드레일을 적용하지 않아도 된다.

교량 상 가드레일은 교량침목을 사용하는 교량에서 트러스교, 플레이트거더교 및 전장 18m 이상의 교량, 곡선중에 있는 교량, 10‰이상의 구배 또는 종곡선 중에 있는 교량, 열차가 진입하는 쪽에 반경 600m 미만의 곡선이 근접되어 있는 교량 등에 설치한다. 교량 상 가드레일을 설치할 때, 본선 레일 양측의 궤간 안쪽에 부설하고 특수한 경우를 제외하고는 본선 레일과 같은 레일을 사용하며, 본선 레일보다 25mm 이상 높거나 낮아서는 안 된다. 교상가드레일의 이음부는 특수한 경우를 제외하고는 이음매판을 사용하고 이음매판 볼트는 플렌지웨이 바깥쪽에서 조여야 한다.

탈선방지 가드레일이 필요한 개소로서 이를 설치하기가 곤란하거나 낙석 또는 강설이 많은 개소에 있어서는 안전 가드레일을 부설한다. 부설 위치는 pc 침목부설 구간 등 특별한 경우를 제외하고는 위험이 큰 쪽의 반대 측 레일의 내측에 부설하는 것으로 한다. 다만, 낙석, 강설이 많은 개소에서는 위험이 큰 쪽 레일의 외측에 부설한다. 레일은 본선 레일과 동종의 헌 레일을 사용하며 부설 간격은 본선 레일에 대하여 200~250mm의 간격으로 부설하고, 그 양 단부에서는 본선레일에 대하여 300mm 이상의 간격으로 하여 2m 이상의 길이에서 깔때기형으로 구부린다.

3. 차막이

특식차막이는 건물, 높은 축제, 절취선이 설치되어 있는 경우에, 열차 또는 차량이 정지 위치를 오인하면 중대한 피해를 줄 우려가 있는 개소에 설치된다. 그 구조는, 성토나 콘크리트블록 구조 및 이와 동등한 것을 표준으로 하지만, 통상은 콘크리트조로 하며, 높이는 2m 전후, 길이는 1.5~2.5m 정도로 설계된다. 차량의 강도를 감안하여 100tf 까지는 견딜 수 있는 것으로 하며, 그 이상이 되면 차막이가 전도되도록 설계하고 있다.

특정한 구내에서 유효장 확보 및 여객 공중에 대한 안전을 고려하여 유압 댐퍼를 사용한 기계식 차막이를 사용하는 경우가 있다. 이 설비는 본선로의 선로 종단에서 열차가 과주하면 여객 공중과 각종 역 설비에 중대한 피해를 줄 우려가 있거나 기설 건조물에 중대한 지장이 생기는 경우에 이용된다. 따라서 이것은 진입하는 열차의 중량과 속도에 견디고 동시에 차량, 승객, 지상설비의 피해를 최소한으로 제어할 수 있는 기능을 가질 필요가 있다.

유압식 차막이의 설계시에는 충격력을 받아 저지하는 부분의 구조는 차량의 피해를 감안하여 연결기를 끼워 넣어 충격력을 받아 저지하는 구조로 하며 저항력의 크기는 차체의 강도를 고려하여 결정하여야 한다. 또한, 완충의 용량은 차량에 과대한 충격력을 주지 않고 동시에 진입하는 열차의 운동에너지를 짧은 stroke로 효율성 좋게 흡수할 수 있는 구조로 한다.

4. 차륜막이

차륜막이는 측선에서 유치중인 차량이 자연적으로 굴러 타 선로와 차량에 지장을 줄 염려가 있을 때 레일상에 설치하는 반적식 차륜막이가 있고, 쐐기형으로 된 차륜막이는 차륜 밑에 고여 차량의 전주(轉走)를 막는다. 재료는 단단한 목재 및 고무재료를 사용하고 기타 재료는 설계도에 의하며, 형상치수 및 허용차는 설계도에 의하고, 허용차가 없는 것은 표준치수로 한다. 반전식 차륜

막이는 본선으로부터 분기하는 측선의 차량접촉 한계표지 내방 3m 지점에 설치하는 것으로 한다.

5. 방호설비

낙하물 방호설비는 통걸기 열차의 상하에 부착된 설빙 덩어리가 고속운전에 의해 선로에 낙하하거나, 또는 낙하된 설빙 덩어리가 도상 자갈층에 떨어져 열차의 안전운전에 방해되는 사고를 방지하기 위한 설비이다. 일반고가구간의 경우 전선로에 걸쳐 1m 작업용 통로 외측에 50m 간격으로 유형강구조(3600×1000)을 설치하도록 계획하는 것으로 하지만 현재 100m 간격마다 설치하여도 된다. 터널구간은 터널 순회차를 사용하지 않는 터널내의 중앙통로 노측벽에 아치 슬럽메달에 의한 도비라 형식의 설비를 설치한다. 간격은 터널 출입구 1km 이내에서는 50m 마다, 기타는 100m 마다 설치한다.

6. 방화시설

현재 국내 철도터널에는 환기설비 뿐만 아니라 방재 설비가 설치된 사례가 적으며 특히 환기 및 배연시스템 즉, 수직 환기구에 의한 화재배연 및 환기시스템에 대한 도입은 미미한 실정이다. 그러나, 최근 장대화되고 있는 철도터널에서 터널 공조시스템이 설치되어 있지 않으면 매연 문제와 열차운행에 따른 터널내부 온도상승으로 안전뿐만 아니라 철도 종사원들의 작업환경 문제도 크게 대두되고 있다.

우리나라의 경우, 소방법령 및 건축법령 중 관계규정을 준수하는 선에서 배연설비가 설치되는 것이 현실이며, 비록 흔치 않은 경우이기는 하지만, 특수한 구조와 용도에 따라 소방당국에서 권장하는 장소에 설치되기도 한다. 또한, 배연에 관한 기본 개념과 설시방식에 대한 체계적인 보급이 제대로 되지 않아 구성과 설계에서부터 오류를 범하는 일이 많다. 이와 같은 실정임에도 불구하고 우리나라의 배연설비는 관계법령의 구속하에 시행되고 있으므로 실제상황과 관련하여 문제점과 개선방향을 생각하여야 한다.

현재 소화 및 방화시설로는 소화설비, 피난설비, 경보설비, 소화용수설비, 소화활동설비, 소화 및 방화시설의 유지관리로 구분할 수 있으며 각 시설은 소방법에 따라 설치하여야 한다.

터널 화재안전 설계 기준에 필요한 사항으로는 터널내의 온도, 환기기준, 화재크기에 대한 설정문제, 비상 연결터널 간격, 환기설비의 용량문제, 구조물의 내화성능, 화재규모에 따른 임계속도 등이 있다. 그림 1 및 그림 2는 최근 설치예로 최근 설계 시공중인 대구지하철의 방화시설중 소화전 및 소화기, 배기팬 통제장치 등이다. 국내 신설 철도터널에 적용되는 터널내 방재설비 기준은 현재 표 1과 같다.

7. 안전측선 및 피난선

7.1 안전측선 및 피난선 부설위치

안전측선은 상하행 열차를 동시에 진입시키는 정거장에 있어서의 상하 양 본선의 선단이나 연락 정거장에 있어 지선이 주요선에 접속하는 경우에는 지선의 종점, 정거장 가까이 하구배가 있어 열차가 정지위치를 잃을 우려가 있는 경우에 있어서의 본 선로와 선단에 설치한다. 피난선은 긴 하구배의 종단에 정거장이 있는 경우 정거장 전체를 방호하기 위하여 본선으로부터 분기시키는 경우에 설치한다.

안전측선은 수평 또는 상구배로 하고 그 종점에는 부도에 의하여 제동설비를 하여야 하고, 피난선의 설비표준은 부도에 의하여야 한다. 또한, 안전측선과 피난선은 본선로와의 간격은 되도록 크게 하여야 한다.

7.2 대피시설과 관련된 안전측선 및 피난선 설치기준 (외국자료)

본선과 본선사이 또는 본선과 측선사이에는 안전측선을 설치하여야 하며 폭은 900mm 이상이어야 하고, 충분한 시간동안 열차 진입을 인지할 수 없는 곳에서는 자동으로 열차 진입을 알릴 수 있는 장치를 설치하여야 한다. 한계 선로 유효장을 표시하는 신호는 눈높이로 적어도 40m 간격을 두고 설치되어야 하며, 열차 운행시 직원의 출입이 허용되지 않는 경우 출입금지 표시를 양옆에 설치하여야 한다. 또한, 40m 거리내에 안전 대피소가 설치되어 있지 않거나 열차진입 시간내에 안전 대피소로 피난할 수 없는 경우를 대비해서 안전측선을 설치해야 한다.

피난선은 선로 작업자들이 열차진입을 인지한 후 작업을 중지하고 안전하게 대피할 수 있도록 충분한 공간을 확보해야 하며, 측선간 간격이 40m를 넘지 않도록 각 궤도마다 설치되어야 한다. 단선일 경우 피난선 간격은 최대 20m를 넘지 않아야 하고, 충분한 대피인원 및 작업자의 경우 작업장비까지 수용할 수 있도록 충분한 공간을 확보해야 한다. 또한, 피난선은 높이 2000mm, 폭 1400mm, 깊이 700mm 이하여서는 안 되고, 대피자가 쉽게 접근할 수 있도록 피난선의 바닥 높이는 주변 선로와 높이차가 많이 나서는 안 된다. 피난선의 위치는 신호등이나 눈에 잘 띄는 표시로 대피자들이 한번에 알 수 있도록 하여야 하고, 피난선 내에는 열차 주행동안 대피자들이 몸의 균형을 잃지 않도록 손잡이를 마련하여야 한다.

8. 대피시설

8.1 열차대피 손잡이

열차운행중 본선 점검시 복선 터널구간은 단면 폭이 넓어 열차(교행) 진입시 대피거리가 멀어 사고발생 우려가 있으므로, 유지관리 점검반(선로, 본선환기실, 기타)의 안전을 위하여 반드시 열차대피 손잡이를 설치하는 것이 타당하다. 열차대피 손잡이의 설치위치는 복선터널의 직선, 곡선부에 설치하며 곡선부인 경우 R=2000이하인 경우 설치한다. 설치높이는 터널 중앙부 1.1m 높이에 스트롱 앵커로 고정하며 5m 간격으로 설치한다. 복선 터널일 경우에는 양쪽 측벽에 모두 설치하고 단선병렬 터널일 경우 보도 헌치가 설치된 측벽에 설치한다.

8.2 본선 출입용 계단

정거장 시, 종점 부위에 본선 출입용 계단을 설치하며, 터널구간은 콘크리트 계단으로 Box 구간은 철제형 계단으로 설치한다. 그림 3은 최근 설치예로 최근 설계 시공 중인 대구지하철의 열차대피 손잡이 및 본선출입용 대피용 계단을 나타낸다.

9. 침수방지설비

9.1 Middle Slab 배수로 설치

Side 배수로를 Slab concrete 타설시 깊이 10cm, 폭 26cm 이상으로 동시 시공하여 일체화 구조물이 되도록 하고, 수직배수 Sleeve 관은 5m 간격으로 설치하고 각 층별 일직선화 한다. Side 배수로 배수관과 배수관사이의 구배를 조정하여 배수처리를 원활토록 하며, 수직배수 파이프 설치는 오수가 튀지 않도록 승강장 하부의 배수로 내까지 연장 설치한다.

9.2 역사 환기구 배수처리

본체 구조물 측벽 개구부 하단에 차수턱 설치(H=25cm) 후 방수 처리하며, 차수턱 좌우에 노출배수관($\phi = 100mm$)를 설치하고 거름망 설치 및 배수 Pipe를 고정한다. 환기실에서 환기구 점검 가능토록 점검구를 설치하고 점검구 하부까지 진입사다리를 설치한다. 환기닥트 중간 콘크리트 칸막이 벽에 통행이 가능하도록 통행구를 설치하여 점검 및 청소 용이토록 한다.

9.3 환승역 승강장 하부 배수처리

상부에 위치한 정거장의 경우 승강장 하부 배수럭 시공시 방수를 철저히 하고 물고임 개소가 없어야 하고, 승강장 끝단부가 아닌 중간부에 구배 저점부가 있을 경우 반드시 그 위치에 수직 배수관을 설치하여 하부 승강장 층 기둥에 부착 설치하여야 한다. 수직 배수관의 수량은 저점부를 중심으로 좌우에 3개소를 설치한다.

9.4 횡단 배수공 및 집수정 유입구

횡단 배수로 및 집수정 유입구는 구배 변곡점에 종곡선을 설치하여 최저점을 선택하여 배수로를 설치하고, 횡단 배수공은 반드시 정사각형 단면으로 설치한다. 집수정 유입구는 정사각형 단면 2개소를 2% 경사로 설치하고, 유입구 설치위치는 침사조 위치에만 한정하고 저수조, 생활오수조 등에는 유입구를 설치해서는 안 된다.

10. 결론

본 연구에서는 국내·외 철도에 적용되고 있는 선로 안전시설에 관한 자료조사 및 분석을 통하여 안전관련 시설의 현황 및 특징을 분석함으로써, 추후 주요 안전시설에 대하여 필수적으로 요구되는 최소한의 지침작성을 위한 기초자료를 정립하고자 하였다. 따라서 국내철도의 운영기관과 궤도 설계사 및 시공사 등을 방문하여 선로 안전시설 관련 각종 관계법령, 설계자료, 시공자료 등과 국제 자료검색을 통하여 외국자료등도 함께 수집 분석하였다. 즉 국내·외 철도에 적용되고 있는 선로 안전시설 중 가드레일 및 차막이 시설, 차륜막이, 방호설비, 방화시설, 안전측선 및 피난선, 대피시설에 관한 각종 자료조사 및 분석을 통하여 다음과 같은 연구결과를 얻었다. 먼저 국내에서 적용되고 있는 가드레일 중 탈선방지 가드레일, 교상 가드레일, 안전가드레일, 건널목 가드레일 등에 대하여 국내철도의 설치기준 및 특성에 대하여 검토하였다. 차막이 시설 중에는 목식, 유압식, 자갈 돌기식 차막이에 대하여 국내 설계기준을 검토하였다. 방호설비로는 낙하물의 방호설비, 교량 전낙방지망, 선로 방호책, 교량 및 교각 방호공, 자동차 전낙 방호공 등에 대하여 검토하였다. 방화시설은 현재 국내 현황 및 앞으로의 개선방향에 대하여 연구하였으며, 안전측선 및 피난선은 국내와 국외의 설치 기준을 비교·검토 하였다.

이와 같이 수집 분석된 자료들은 궤도 실무전문가들의 실무 차원에서의 자문검토 등을 수행하여 연구결과에 반영하였다. 본 보고서의 내용 중 각종 수치나 규정 등은 기초자료로서, 추후 규정이나 지침서 작성시 더욱 정밀한 검토가 요구될 수도 있다. 따라서 본 보고서의 연구내용들은 추후 선로 안전시설 계획 및 설계시의 기본적인 자료(설계기준 등)로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2003), "철도안전법"
2. 한국철도기술연구원 (2003), "건설교통 안전관리 개선방안 철도안전부문 연구"
3. 대구광역시 지하철 건설본부 (2002), "대구지하철 2호선 궤도설시설계 용역 설시설계 요약 보고서"
4. 대구광역시 지하철 건설본부 (2002), "대구지하철 2호선 궤도부설공사 레일체결장치 성능시험 시방서"
5. 대구광역시 지하철 건설본부 (2002), "대구지하철 2호선 궤도부설공사 궤도구조 및 선형 계산서"
6. 대구광역시 지하철 건설본부 (2002), "지하철 2호선 궤도설시설계 보고서"
7. 한국철도기술 연구원 (2002), "도시철도 표준화 연구개발사업 연구결과 최종보고서(도시철도 선로 시스템 표준화)"

표 1. 철도터널의 방재설비

방재시설			정 의
소방설비	소화설비	소화기	사람이 직접 조작하여 소화약제를 방출하는 기구
		옥내소화전설비	사람이 소화전함에 비치되어 있는 호스 및 노즐을 이용 물을 분사하여 소화작업을 행하는 설비
		물분무 설비	물분무헤드를 사용하여 물을 운무형상으로 분사하여 화재를 질식 또는 냉각작용에 의해 소화하는 설비
소방설비	경보설비	비상경보설비	화재발생시 화재장소 또는 중앙감시실에서 터널내에 경보를 발령하여 화재를 통보할 수 있는 설비
		화재 감시기	감시기에 의하여 화재로 인한 열, 연기, 및 불을 감지하여 화재를 수신반에 알리는 설비
		비상방송설비	비상시 중앙감시실에서 방송을 통하여 대피지시 등을 할 수 있는 설비
	피난설비	비상 조명등	화재로 인한 정전시 외부전원 없이 자체 전원으로 터널내 조명을 할 수 있는 설비
		유도 표시판	터널내 위치나 입출구부 방향 및 거리를 표시하여 사람을 유도하는 표지판 설비
		제연설비	화재시 발생하는 유독가스를 배출하거나 제거하는 설비
	소화활동설비	무선통신 보조설치	소방대원이 화재장소에서 화재 진압시 외부 소방대원과 무선통신이 가능하도록 소방 대상물에 동축 케이블 등을 설치하여 상호 연락이 가능하도록 함.
		연결 송수관 설비	소방대상물의 외부에서 내부의 화재 장소까지 소방용수를 송급 할 수 있도록 설치하는 배관, 송수구, 방수구 등으로 구성
		비상 콘센트 설비	화재장소에서 전원을 공급받을 수 있도록 설치하는 콘센트

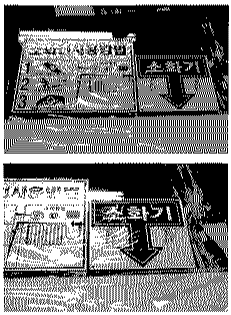

그림 1. 소화전 및 소화기 위치안내 및 사용방법

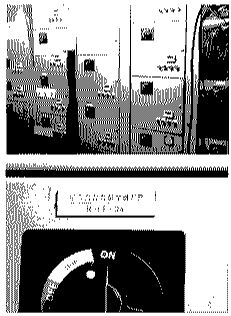

그림 2. 배기팬 물제장치

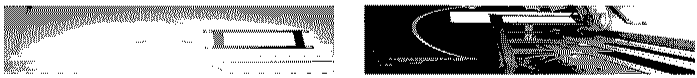

그림 3. 열차대피 손잡이 및 본선출입용 계단