

경전철 차량 화재안전 및 비상출구 기준에 관한 연구

Research of The Light Rail Vehicle for Fire Safety Regulation and Emergency Exit

*홍재성¹, 이안호², 류상환³, 성창원⁴, 백영남⁵

*#J.S. Hong¹(jshong@krii.re.kr), A.H. Lee², S. H. Rhy³, C.W. Sung⁴, Y.N. Paik⁵

^{1,2,3} 한국철도기술연구원, ^{4,5} 경희대학교 기계공학과

1. 서론

경전철은 일반적으로 소규모 도시에서는 주간선 교통축으로, 대도시에서는 지하철과 연계한 보조수단으로 사용하고 있으며 연장이 5~25km 내외인 노선으로 주로 운영되고 있다. 경전철에 대한 정의는 일반적으로 축중이 13.5톤 이하로 경량이고 시간방향당 수송량인 PPHPD(Passenger Per Hour Per Direction)가 약 5,000명 ~ 25,000명으로 일정한 궤도를 따라 고무차륜 또는 철제차륜으로 주행하는 교통수단을 말한다.

경전철의 도입배경으로는 다음과 같은 내용을 들 수 있다.

1) 급격한 도시집중화에 의한 승용차, 버스 등에 의한 노면교통으로 주행속도의 현저한 감소, 배출가스에 의한 대기오염, 소음공해 및 교통사고에 의한 사회비용의 증가

2) 무공해 대량교통 수송시스템인 지하철 건설에 대한 1,200억원/km 이상의 사업비 소요로 인한 재정압박

3) 열차길이 짧아 정거장 공사비 절감, 곡선반경이 탁월하여 도심내 건설 용이, 경량화에 의한 토목공사비 절감, 완전무인운전으로 운영비 절감

이와 같은 이유로 인하여 국내에서는 많은 지자체에서 경전철을 계획 및 건설중에 있다. Table 1에서는 현재 계획 및 건설중에 있는 국내 경전철의 현황을 나타내었다.

Table 1. The present stage for LRT in Korea

노선명	연장(km)	편성	차량특징	차량크기(mm)
용인	18.5 (100% 고가)	1량1편성	선형유도모터형식	17,600×3,200×3,939
부산 3호선	12.7 (60%지하)	6량1편성	고무차륜형식	9,140×2,400×3,500
부산~김해	23.5 (90%고가)	2량1편성	철제차륜형식	13,500×2,650×3,800
의정부	10.5 (90%고가)	2량1편성	고무차륜형식	13,700×2,080×3,670
우이~신설	10.7 (100%지하)	2량1편성	철제차륜형식	13,500×2,650×3,600
광명	10.4 (80%고가)	2량1편성	고무차륜형식	11,200×2,690×3,775
대구시3호선	23.9 (100%고가)	3량1편성	모노레일형식	15,100×2,900×5,287

경전철은 중전철과 함께 도시철도법의 적용을 받아야 한다. 도시철도법 제22조의2(도시철도차량의 안전기준)과 동법 시행령 제25조(도시철도차량의 구조 및 장치)에 근거하여 건설교통부령 제231호로 2000년 3월 18일 도시철도차량안전기준에 관한 규칙이 제정되었다. 그러나 이 안전기준은 경전철이 도입되기 훨씬 이전에 제정되어 그 내용이 1인 수동운전인 중전철에 맞게끔 되어있어 경전철을 적용하기 어려운 법 조항들이 많이 있다. 그래서 경전철 관련 법체계를 효율적으로 개정하고자 건설교통부 R&D 사업으로 “경량전철 표준화 기준연구”가 현재 한국철도기술연구원에서 진행되고 있으며 그 연구중 안전기준에 관한 연구를 본 논문에서 일부 다루었다.

2. 국내경전철 차량 특징

Table 1에서 보듯이 경전철 차량시스템은 다양하다. 경전철 차량시스템은 크게 5가지로 분류가 되는데 선형유도모터형식, 철제차륜형식, 고무차륜형식, 모노레일 및 노면전차이다. 그러나 Table 2에서 보듯이 차량시스템 전체를 지자체에서 수입하는 경우가 많아 안전기준에서 정한 차량크기 및 축중에 맞지 아니하거나 또는 아예 기준이 없는 경우가 있어 이에 대한 연구를 진행하였다.

Table 2. The LRT Characteristic in Korea

노선명	최고운행속도	승객정원 (1편성, 6명/m ² 기준)	제작사	축중(톤)	운전방식
용인	80km/h	226명	봄바르디어	9.5	완전무인
부산 3호선	60km/h	600명	(주)우진산전	9.5	완전무인
부산~김해	70km/h	304명	(주)현대로템	13.5	완전무인
의정부	70km/h	220명	지멘스	12	완전무인
우이~신설	70km/h	304명	(주)현대로템	13.5	완전무인
광명	70km/h	244명	미쯔비시	12.7	완전무인
대구시3호선	70km/h	434명	히다찌	11	완전무인

Table 2에서 알 수 있듯이 공통점으로는 완전무인운전방식이지만 축중이 서로 틀리며 수입차량이 많다는 특징이 있다. 특히 축중 및 차량크기는 현재 안전기준에서 고무차륜형식과 철제차륜형식 경전철에 대해서 그 기준을 과거에 정해놓았기 때문에 이를 개정하지 아니하면 법에 위배되는 내용으로서 차량의 안전 측면에서 타당성 검토가 선행되어야 한다.

3. 차량 시스템 차이에 의한 안전기준 연구

3.1 제10조(화재예방을 위한 기준)

대구지하철 사고이후에 차량 화재안전에 대한 내용이 강화되어 차체 및 실내설비는 불연재료를 반드시 사용하도록 개정되었다. 차체는 철, 구리, 알루미늄, 스텔레스 또는 ISO 1182 및 ISO 4589-2에 의하여 시험한 결과 안전기준에서 정한 값 이상인 경우에 그 재질로 인정받는다. 다시 말해서 철제류 이외에는 적용이 불가능하다. 그러나 현실적으로 차량 전두부는 미관을 고려하여 곡면으로 제작되는 경우가 대부분이며 이 곡면을 구현하기 위해서는 철제류의 사용이 불가능하여 FRP를 사용하고 있다. 차량 전두부는 차체에 해당되므로 이에 대한 사례조사 및 안전기준 개정이 필요하다. Table 3에서는 국내 경전철의 차체 재질 및 전두부 재질을 나타내었다.

Table 3. Carbody and Front Body Material For LRT

항 목	용인 경전철	미남- 반송선	부산- 김해	의정부 경전철	광명 경전철	대구 3호선
전두부재 질(차체 재질)	FRP (알루 미늄)	FRP (알루 미늄)	FRP (알루 미늄)	FRP (알루 미늄)	알루미늄 (알루 미늄)	FRP (알루 미늄)

FRP에 대한 시험을 거쳐서 다음과 같은 수치를 근거로 철재류 만큼은 못하지만 연기밀도나 연기독성에 안전성을 확보하여 화재시 승객안전이 유지되도록 하였다.

- 1) 산소지수(ISO4589-2) 28 이상
- 2) 연기밀도(ASTM E 662)
 - 연기밀도 Ds(1.5min) 100 이상
 - 연기밀도 Ds(4min) 200 이상
- 3) 연기독성(BS 6853) 3.2 이상

또한 차체를 완전 복합소재로 적용하는것이 연구중에 있으며 이와 더불어 복합소재도 차체 화재 안전기준에 적합하도록 시험 연구중에 있다.

3.2 제30조(승객용 출입문)

승객용 출입문은 승객의 안전과 밀접한 관계가 있다. 완전무인 운전으로 운행되는 경전철의 경우 특히 스크린도어와 연계된 정위치 정차의 중요성이 더욱 높아지고 있다. Table 4에서는 국내 경전철의 도어형식 및 정위치 정차기준을 정리하였다.

Table 4. Door Type and Standard of Regular Position

항 목	용인 경전철	미남- 반송선	부산- 김해	의정부 경전철	대구 3호선
정위치 정 차기준	±250mm	±350mm	±300mm	±300mm	±350mm
출입문 너비	±1829mm	±1026m m	±1250mm	±1300mm	1300mm
스크린도 어 너비	빔커팅 10800 mm	1800mm	1600mm	1640mm	2,000mm

정위치 정차가 안된 경우는 차량 운행기관에 따라 다르다. 미남-반송선의 경우 순회요원이 탑승하여 비상모드로 후진등을 하여 승객들을 내리고 고장내용을 조치한다. 의정부경전철의 경우 ±900mm를 넘으면 승객들을 싣고 다음역으로 간다. 대구3호선의 경우 ±800mm를 넘으면 승객들을 싣고 다음역으로 간다.

경전철 차량은 대부분 고가에서 운행하며 고가위에서 고장시 출입문의 개폐여부는 승객의 안전측면에서 상당히 중요하다. 주행중에 출입문이 열리면 비상제동을 하여 멈추느냐 아니면 다음역까지 우선 주행한 다음에 조치를 취하느냐는 아직까지도 논란거리이다. 승객대피로가 없는 모노레일의 경우는 다음 조항에 대해 논란의 조시가 있다.

제30조① 차량에는 비상시 승객용 출입문을 외부에서 수동으로 열 수 있는 장치(이하 이 조에서 “외부개방장치”라 한다)와 비상시 승객용 출입문을 차량 내부에서 수동으로 열 수 있는 장치(이하 이 조에서 “내부개방장치”라 한다)를 각각 구비하여야 한다.

모노레일의 특징상 대피로가 없는 경우에 고가에서 승객이 의도적으로 문을 열면 오히려 위험에 처할수 있다는 의견이다. 중요한 것은 승객의 안전측면에서 안전기준 문구를 접근하여야 하며 출입문에 대한 각 노선별 특징을 파악하여 현재 기술수준에 맞춰서 문구를 개정하여야 한다.

3.3 제39조(운전실)

“②운전실에는 비상시를 대비하여 1개 이상의 비상탈출구가 있어야 하며, 승객이 쉽게 탈출할 수 있는 구조이어야 한다.” 이 내용은 지하구간을 교행으로 운전하는 전동차를 위한 문구

이다. 지하구간에서 승객용 출입문을 이용하여 승객이 탈출하면 오히려 교행차량에 의해 승객이 더 위험해질 수 있기 때문이다.

국내 경전철은 모노레일을 제외하고 모두 비상시 대피로를 Table 5와 같이 설치를 하였다.

Table 5. Emergency Exit Door For LRT

항 목	용인 경전철	미남- 반송선	부산- 김해	의정부 경전철	광명 경전철	대구 3호선
비상탈 출구	설치 안함	설치 안함	설치 안함	설치 안함	설치	설치
비상대 피로	노선중 양에 설치	노선중 양 및 양측에 설치	노선 양측에 설치	노선 양측에 설치	설치	설치 안함

비상탈출구 및 대피로에 대한 현황 및 필요성은 다음과 같다.

- 1) 국내 중대형 전동차는 100% 비상탈출구 차량 전두부에 설치
 - 지하구간에서 차량 교행 때문에 측출입문으로 내리면 위험
 - 비상대피로가 없는 구간이 많아 측 출입문을 통해 내릴 경우 교행 차량에 따른 안전사고 위험 방지
 - 비상탈출구와 차량 바닥 지면 높이를 동일하게 구성 및 비상탈출구와 운전실과 객실간 출입문을 동일 방향으로 구성하여 비상시 승객을 신속하게 대피
- 2) 국내 경전철 차량의 경우 차량전두부에 비상탈출구를 설치하지 않음
 - 무인운전방식으로 운전실 및 운전자가 없음
 - 공간이 협소하여 비상탈출구와 차량바닥 지면 높이를 동일하게 구성하기가 어려움
 - 비상시 운전자가 없어 승객이 비상탈출구를 열고 탈출하기가 현실적으로 어려움
 - 비상시 대피로가 전구간에 있어 승객용 출입문을 열고 대피 가능
 - 대구지하철사고이후 승객이 비상시 승객용 출입문을 여는 것이 안전기준에 정확히 반영되어 있음
 - 도시철도건설규칙제63조(대피시설)에 의해 대피시설 설치가 의무화 되어 있음

결론

본 논문에서는 안전기준중 화재안전 일부와 차체안전기준의 승객용 출입문 및 비상탈출에 대한 내용을 다루었다. 이 3가지 내용은 승객의 안전에 대단히 중요한 부분으로서 도시철도의 건설자 및 운영자는 이를 반드시 고려하여 경전철 차량을 발주하거나 운영하여야 한다. 많은 지자체에서 경전철을 계획하고 있지만 “도시철도차량안전기준에 관한 규칙”이라는 법이 있는지조차 모르고 사업을 추진하고 있는 곳도 있다. 사업이 추진되어 진행중에 있는 상태에서 본 안전기준을 적용하기 위해서는 많은 설계변경, 그로인한 제작비 증가의 요인이 될 수 있다. 안전기준에 대한 홍보가 중요하며 더욱이 새로운 기술추세에 맞게 철도관련 많은 관련기관 및 제작사 등에서 안전기준의 개정에 대하여 의견개진 및 토의가 중요하다고 하겠다.

참고문헌

1. 백남옥 외 5명 공저 (2008년), “모노레일과 신교통시스템”, 골든벨
2. 이덕영 외 2명 공저(2006), “경량전철 개론”, 노혜출판사
3. “경량전철 기술”, 한국철도기술연구원(2001)
4. “용인경전철 차량 및 시스템 사양서”, 용인경전철주식회사 (2002)
5. 조연옥 외 다수(1997), “전동차 표준사양 연구보고서”, 한국철도기술연구원