경전철 차량 안전기준 적용을 위한 개정 연구

Amendment Research of Safety Standard of Urban Railroad Vehicle for LRT

홍재성* 이안호** 조봉관** 조홍식**

Hong, Jai-Sung Lee, An-Ho Cho, Bong-Kwan Cho, Hong-Shik

ABSTRACT

LRT is eco-friendly transportation system and can be constructed at less than half cost of subway. Therefore many local governments have planned to construct a various type of LRT and some of them were already under construction. In Para. 2 of Art. 22 of the "Enforcement Decree of Urban Railroad Act" - safety standard of urban railroad vehicle, It can't be operated if "structures and devices" don't come up to standard required to safety operation. Constructor or operator should give an order or operate according to safety standard in Art. 3 of the Safety Standard of Urban Railroad Vehicle.

Safety Standard of Urban Railroad Vehicle of 2000 was reformed once to tighten fire safety standard in 2004 after subway accident in Daegue. It was entirely made for medium and large-sized electric motor car. LRT, based on driverless operation and articulated bogie, has different safety standard in signalling devices and the axle load. etc. So many institutes related LRT have required to amend. In this paper, we described features of LRT vehicle and necessity of amendment and discussed how it should be amended.

국문요약

경전철은 중전철에 비하여 건설비가 50% 정도 소요되며 친환경적이어서 최근 국내의 많은 지자체에서 여러 가지 형식의 경전철을 계획하고 있으며 일부 건설이 진행중인 곳도 있다. “도시철도법제22조의2(도시철도차량의안전기준)”에서는 “구조 및 장치가 안전운행에 필요한 기준(구조 및 장치)에 적합하지 아니하면 운행하지 못한다.”도시철도차량안전기준에관한규칙 제3조에는 도시철도의 건설자 또는 운영자가 안전기준에 맞게 차량을 발주하거나 운영하도록 되어있다.

도시철도차량안전기준에관한규칙은 2000년에 제정되어 대구지하철사고이후 화재안전기준등이 강화되어 2004년에 한번 개정이 되었다. 이는 전적으로 중·대형 전동차를 위주로 작성되었다. 완전무인운전을 기본으로 하여 신호장치 등에 대한 안전기준이 다르고 연절형 대차등을 적용 및 축중등에 대한 안전기준 내용등이 달라 국내 경전철과 관련된 많은 기관 등에서 전반적인 개정요구가 많은 실정이다. 본 논문에서는 현재 국내 경전철 차량의 특징 및 개정의 필요성등을 다루어 향후 경전철 관련 안전기준의 개정 방향을 설정하는데 그 목적이 있다.

2. 본 문

국내서 계획하고 있는 경전철 형식의 차량 종류는 고무차륜형식 AGT, 철제차륜형식 AGT, 모노레일 형식, 노면전차 형식, 선형유도전동기 형식, 자기부상 형식등 총 6가지에 있으며 구체적으로 진행중인

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원 경량전철시스템연구단 선임연구원
E-mail : jshong@krri.re.kr
TEL : (031)460-5713 FAX : (031)460-5749

노선에 대한 차량 특징은 표 1과 같다. 특히 해외에서 수입을 하는 차량 형식의 경우 해외에서 그 안전이 입증되었기 때문에 안전기준을 지키지 않아도 된다라고 생각하면 아니되며 국내 법으로 제정된 본 안전기준은 반드시 지켜야 된다.

사업명	노선	연장(km)	차량특징
용인	구갈~에버랜드	18.5(100% 고가)	1량/1편성, LIM 방식, 축중 9.5톤
부산3호선	미남~안평	12.7(60%지하)	6량/1편성(총17편성), 고무차륜, 축중 9.5톤
부산~김해	사상역~삼계동	23.5(90%고가)	2량/1편성(총26편성), 철제차륜, 축중13.5톤
의정부	송산동~장암지구	10.5(90%고가)	2량/1편성(총15편성), 고무차륜, 축중 12톤
우이~신설	우이동~신설동	10.7(100%지하)	2량/1편성(총18편성),철제차륜, 축중 13.5톤
광명	철산~관악	10.4(80%고가)	2량/1편성(총14편성), 고무차륜, 축중 12.7톤
대구시3호선	칠곡~범물	23.9(100%고가)	3량/1편성(총30편성), 모노레일, 축중 11.0톤

2.1 축중

변경전	변경후
제8조(축중) 정차중인 차량의 축중은 다음 각호의 기준에 적합하여야 한다. 1. 전동차 : 16톤 이하 2. 철제차륜형식 경량전철 : 10.8톤 이하 3. 고무차륜형식 경량전철 9.5톤 이하	제8조(축중) 정차중인 차량의 축중은 다음 각호의 기준에 적합하여야 한다. 1. 중량전철 : 16톤 이하 2. 경량전철 : 13.5 이하

차량의 크기와 축중이 안전과 큰 상관이 없다는 의견제시가 많다. 표 1에서 보다시피 같은 고무차륜형식의 차량이 모두 축중이 서로 다르다. 현재 제 8조에서 볼수 있듯이 고무차륜형식의 경량전철의 경우 축중이 9.5톤을 초과하면 도시철도법제22조의2 1항에 의거 운행을 하지 못하도록 되어있다. 축중은 차량 크기 및 길이에 영향을 미치는 요소이다. 차량 크기는 승객수송량과 밀접한 관계가 있어 차량을 계획하는 지자체에서 해당 수송수요에 맞게끔 차량크기를 선정해야 한다는 의견이 많이 제시되고 있다. 또한 도시철도관련 법 어디에서도 중량전철 및 경량전철에 대한 정의가 되어있지를 않다. 그래서 제2조(정의)에 다음과 같은 내용을 추가하는것이 축중에 대한 변경을 보다 정확히 할수있다고 생각된다.

도시철도차량이라 함은 일정한 궤도위를 주행하는 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 차량을 말한다.

가. “중량전철(重量電鐵)”이라 함은 전기를 동력으로 하는 전기철도로서 승객운송을 목적으로 하는 통근형 열차를 말한다.

나. “경량전철(輕量電鐵)”이라 함은 중량전철과 비교하여 축중이 적은 전기철도로서 모노레일형식, 노면전차형식, 고무차륜형식, 철제차륜형식, 선형유도전동기형식, 자기부상형식 등으로 구분되며 승객운송을 목적으로 1량 편성 또는 다량 편성의 운영이 가능한 통근형 열차를 말한다.

2.2 접지

변경전	변경후
제16조(접지) ①차량의 정상전류 및 예측할 수 있는 고장전류에 대응할 수 있도록 동력차량에는 모든 차축에, 부수차량에는 주행장치마	제16조(접지) ① 차량의 정상전류 및 예측할 수 있는 고장전류에 대응할 수 있도록 동력대차에는모든 차축에, 부수대차에는 주행장치마

다 1축 이상에 접지기구를 설치하여야 한다.	다 1축 이상에 접지기구를 설치하여야 한다.. 다만 고무차륜형식의 도시철도차량의 경우 승객의 안전확보를 위하여 별도의 접지기구를 설치하여야 한다.

기존 기준은 철제차륜을 사용하는 전동차(중량전철)에 적용하는 데는 문제없으나 경전철의 경우 철제차륜형식경전철(연접대차 사용), 고무차륜형식경전철, 모노레일형식 경전철 등 차량 형식 별로, 또한 같은 형식이라 하더라도 시스템별로 접지방식이 다르기 때문에, 구체적인 접지방식 규정 보다는 접지의근본적 목적을 살릴 수 있는 일반적인 형식으로 규정 변경. 또한 비접지방식의 경전철(고무차륜형식경전철, 모노레일 등의 일부 시스템)은 운행중에는 접지하지 않고 역사 내 등의 승객이나 검수원 등이 차량과 접촉될 수 있는 필요장소에 별도의 접지설비를 갖추어야 한다.
부산 미남-반송선의 경우는 고무차륜형식으로서 철제차륜과 달리 차체가 완전히 대지와 절연되는 시스템으로 구성된다. 비접지 방식의 구성에서 차체는 절연되어 대지로의 귀환 경로가 없으므로, 차축에서의 접지 기구는 불필요하다. 단, 차량에 설비되는 각종 전동기나 모터 등에 의하여 차체에는 유도 기전력이 발생하고, 발생된 기전력(잔류전력)은 대지로의 방전 경로가 없어 차량에 유기된 상태로 운행된다. 역간의 운행시는 아무런 문제가 없으나 차량이 역사에 도착하여 승객을 취급하는 시점에서는 승객 접촉에 의해 차량과 대지간의 인체를 통한 전류 경로가 형성 될수 있으므로, 차량이 역사에 진입하는 시점에서 차량에 유도된 전류를 대지로 방전시키는 기구(역사접지장치)를 설치한다. 차량의 공급전력은 급전선의 +측에서 공급되어 -측으로 귀환되도록 형성되어 차체와 접촉하지 않으며, 역사에 차량이 진입하는 시점에서 차량에 설치된 접지브러쉬와 지성 접지레일이 접촉되어 방전 경로를 형성한다. 모노레일 형식의 차량도 주행륜이 고무차륜으로서 부산 미남-반송선의 접지방식과 거의 유사하다(그림 1 참조)

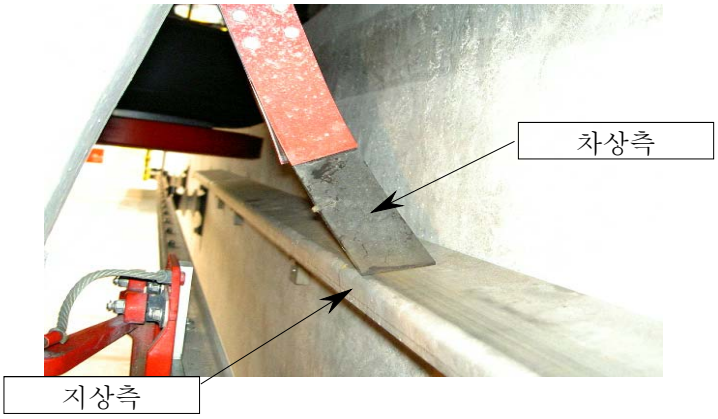

그림 1 모노레일형식 차량 접지방식

그러나 같은 고무차륜형식의 의정부 경전철은축 접지 방식이 아닌 3궤조 방식에 의한 접지 방법을 사용하며 “+”, “ -”, “접지”가 별도로 되어있다. 즉, (+)용 2개 및 대차당 1개 축(VAL차량은 전동차의 축구조는 아님) 구조이며 (-)용 2개와 별도로 접지용 1개의 3궤조 수전장치가 설치되어 있다.
국내 경전철 노선별 접지 특징을 표 2에 정리하였다.

표2 국내 경전철 노선별 접지 특징

항목	주행장치특징	접지기구설치
용인경전철	주동력장치:LIM방식, 주행장치는 차량의 진행방향의 guide역할만 수행함.	모든 축에 접지기구 설치
미남-반송선	차량당 동력대차 1대, 부수대차 1대	고무차륜 형식의 경량전철은 비접지 방식으로 접지기구를 설치하지 않으며, 다만, 역사에는 차체의 대전전위를 방출할 수 있는 접지판을 설치함
의정부경전철	모든 차륜당 1개 모터장착	모든 주행장치의 축에 접지기구 설치. 또한, 제어장치안전을 위한 접지기구 주행장치에 추가설치
광명경전철	모터:1개/축, 4개/편성	안내륜 좌우에 접지브러쉬 설치(8개/편성)
대구3호선	5MIT(동력대차 5대, 부수대차 1대)	대차에 접지기구를 설치하여(객차 1개 이상), 지상측에 설치된 접지설비를 사용하여 방전.

2.3 비상운전에 대한 고찰

추진제어장치는 1대가 고장난 경우에도 정상으로 작동하는 추진제어장치에 의하여 열차의 대피운행이 가능하도록 설계하여야 한다. 추진제어장치의 출력은 비상운전, 구원운전 및 최급구배와 밀접한 관련이 있다. 표4에 국내 경전철 추진제어장치에 대해 항목별 비교를 나타내었다.

표 4 국내 경전철 추진제어장치 현황

항 목	용인경전철	미남-반송선	부산-김해	의정부경전철	광명경전철	대구3호선
추진제어방식	1C1M	1C1M	1C2M	1C2M		1C2M
축수/대차	2축	1축	2축	1축	4축/편성	2축
대차당 모터수	1대	차체에 설치 (1대/량)	2대	2대	1개/대차	2대
전동기 용량(kW)	177kw	110 kW	125kW	65 kW	95kW	100kW
차량당 모터수	2개	1개	2개	4개	2개	10개/편성
차량당 인버터수	2대	3대/편성	2대/편성	2대	2개	5개/편성

경전철 차량에서 일반적으로 요구하는 비상 및 구원운전조건은 다음과 같다.

1) 일부의 추진제어장치가 고장이 발생한 경우, 다른 정상적인 기능을 하는 추진제어장치에 의해 운행할 수 있어야 하며, 추진제어장치 중에서 최소 50 %의 정상적인 장치로 본선 최대구배 및 최대승객하중조건에서 출발할 수 있도록 한다.

2) 최대승객하중조건의 1개 편성이 고장으로 운행 불가능한 경우, 동일 조건의 정상편성이 본선 최대구배의 경사로에서 구원운전 할 수 있도록 한다.

이와 같이 구배 및 최대승객하중조건에서 구원등을 조건으로 추진제어장치를 설계를 해야되며 표 4에서는 국내 경전철 최급구배 조건을 나타내었다.

표4 국내 경전철 최급구배 요구사양

노선 명	차량형식	최급구배 (요구사양)	최급구배 (본선)	비 고
고무차륜형식 표준규격	고무차륜형식	58‰		1998년 제정, 2005년 개정
철제차륜형식 표준규격	철제차륜형식	48‰		1998년 제정
부산 미남-안평선	고무차륜형식	48‰ (만차-만차 조건)	39.8‰	우진산전 제작 (실제 만차-만차 조건에서 60‰ 등판 가능)
의정부 경전철	고무차륜형식	60‰(만차-만차 조건)	30‰	지멘스 제작
용인 경전철	선형유도전동기 형식	45‰ (만차-만차 조건)	45‰	봄바르디어 제작 (실제 만차-만차 조건에서 60‰ 등판 가능)
부산-김해 경전철	철제차륜형식	60‰ (만차-만차 조건)	50‰	현대로템 제작
대구시 3호선 경전철	모노레일 형식	60‰ (만차-만차 조건)	45‰	히다찌 제작

2.3 연장급전

보조전원장치는 가선으로부터 집전된 전원을 차량내의 냉난방장치, 공기압축기, 조명장치, 환기장치 및 제어장치 등에 필요한 안정된 전압을 공급하기 위한 장치이다. 그러나 이 중요한 장치는 부피가 상당히 크며 또한 중량도 1톤 이상 나간다. 2량 1편성을 기본편성으로 하는 경우 보조전원장치 2대를 설치하기에는 현재의 기술여건상 기기배치가 불가능 하다는 의견이 지배적이다.

변경전	변경후
제64조(연장급전) ①보조전원장치에 고장이 발생한 경우 당해 보조전원장치는 전기적으로 분리되고 정상으로 작동하는 보조전원장치로부터 연장급전이 가능하여야 한다.	제64조(연장급전) ① 보조전원장치에 고장이 발생한 경우 당해 보조전원장치는 전기적으로 분리되고 정상으로 작동하는 보조전원장치로부터 연장급전이 되거나 또는 기타 다른 방법에 의해 차량의 운행이 가능하여야 한다.

보통 고장이 발생하면 인버터부분에서 발생되므로 2대를 설치하는 대신 인버터부위만을 2중계로 구성하여 실내의 주요 장치에 비상시에도 전원공급을 할수 있도록 하는 것으로 변경이 필요하다.

3 결론

도시철도차량안전기준에관한규칙은 많은 장치별 안전기준이 2중구조로 되어있다. 2중구조 위해서는 차량 중량이 올라가는 단점이 있지만 차량의 안전을 위해서는 필수적이라 할수 있다. 경전철 차량은 대부분 2량 1편성을 기본으로 하기 때문에 기기배치가 2중구조로 하기에 어려움이 있을수 있지만 문구조정을 통해 이에 대한 개정이 필요하다. 또한 도시철도차량 차체에 복합소재 적용이 가능하도록 화재안전기준에 대한 수정도 필요하다. 무인운전차량의 경우 종합제어장치 기능이 신호보안장치에서 수행하는 경우가 많아 이에 대한 수정도 필요하다. 본 논문에서 언급한 내용 이외에 경전철 관련 축중 및 차량한계 등 많은 내용에 대한 검토 및 수정이 필요하며 합리적인 안전기준으로 개정될수 있도록 관계기관들의 많은 관심이 필요하다.

참고문헌

1. “전동차 안전기준 연구보고서” 1997년, 한국철도기술연구원
2. “알기쉬운 철도용어 해설집,” 한국철도학회