

# 도시철도 차량 내구연한 연장을 위한 정밀진단 사례 연구

## The case study on precise diagnosis for extending durability period of urban railroad cars

김용욱†  
Yong-Wook Kim

박희철\*  
Hee-Chul Park

---

### ABSTRACT

As the urban railroad durability period law has revised on march 19, 2009, the life cycle of urban railroad cars has lengthened to 40 years for the longest period. It seems to be attributed to the development of railroad car making technique along with their durability being longer thanks to the quality improvement of their materials and parts. As the stability of urban railroad cars is directly linked to the safety of passengers, safety should be considered first, and more precise examination is necessary for endurance extension. Hereupon, the rolling stocks with their durability near expiration should get precise diagnosis following the revised " RDG for urban railroad cars" This study aims to suggest a diagnosis method for the institute and the urban railroad operating body which enforce the revised diagnosis, through the case of Busan transportation corporation which firstly started the revised diagnosis after the durability related law has been revised.

---

### 국문요약

2009년 3월 19일 도시철도차량의 내구연한 관련 법령이 개정되면서 도시철도차량이 최장 40년까지 사용 가능하게 되었다. 이는 차량제작 기술의 발전과 더불어 소재와 부품의 품질 향상으로 내구성이 우수해졌고 체계적인 관리와 노후 부품의 교체 등으로 도시철도 차량의 수명이 길어졌기 때문이라고 판단된다. 도시철도 차량의 안전은 승객의 안전과 직접적인 관계가 있으므로 안전성을 최우선적으로 고려하여야 하며 내구연한 연장을 위해서는 더욱 정밀한 안전 검정이 필요하다. 이에 내구연한이 도래한 전동차는 개정된 “도시철도차량의 정밀진단지침”에 따라 정밀진단을 실시하여야 한다. 본 연구는 내구연한 연장 관련 법령 개정 이후 최초로 정밀진단을 시행하고 있는 부산교통공사의 사례를 통해 정밀진단 시행기관과 도시철도 운영기관에 정밀진단에 대한 진단기법의 방향을 제시하고자 한다.

### 1. 서 론

도시철도차량의 사용내구연한이라 함은 도시철도법에 따라 최초 영업시운전을 시작한 날로부터 25년으로 내구연한 도래시 정밀진단기관의 진단결과에 불합격할 경우 폐차하거나 정밀진단결과 우수하더라도 5년 범위 내에서만 연장사용이 가능하였다.

과거에는 차체의 재질로 연장을 사용했지만 지금은 대부분 스테인리스, FRP 등 반영구적 재질을 사용

---

† 책임저자 : 정희원, 부산교통공사, 노포차량사업소, 차장  
E-mail : putakyw@hanmail.net  
TEL : (051)509-4319 FAX : (051)509-4326

\* 정희원, 부산교통공사, 운영본부, 차량검수팀, 팀장

하는 점과, 특히 부산도시철도차량 1호선은 해안도시임을 감안하여 염해예방을 위하여 국내 최초 스테인리스 차체를 제작 적용하였을 뿐 아니라 2년, 4년 주기로 차량을 완전분해하여 부품의 주기적 관리로 신차수준으로 유지관리하고 있는 등 현재 철도차량 제작 기술의 발전과 외국의 사례 등을 검토한 결과 해당 전동차에 대한 정밀안전진단 체계를 강화시켜 전동차를 기존 내구연한을 초과하여 사용해도 운행 안전성 확보가 가능하다고 판단되어 전국 도시철도 운영기관들이 법 개정을 건의하였다.

그 결과 2009년 3월 19일 도시철도차량 관리에 관한 규칙 일부가 개정 되어 전동차 내구연한에 대한 기준을 발주 시 제작사양서에 명시한 수명까지로 하되 수명이 명시되지 아니한 경우에는 25년으로 하였으며, 정밀진단결과 안전운행에 적합하다고 인정된 도시철도차량에 대한 사용내구연한의 연장은 사용내구연한 만료일의 다음날부터 15년의 범위에서 정밀진단자가 인정하는 기간까지로 하였다.

부산교통공사의 경우 1985년부터 1988년까지 도입되어 2010년도부터 법정 사용내구연한이 도달하게 되는 운영 중인 전동차 31개 편성 186량에 대하여 도시철도차량 관리에 관한 규칙 제9조 및 도시철도차량의 정밀진단지침에 의거 2009년 하반기부터 정밀진단을 시행하고 있다.

정밀진단을 시행하는 주요항목으로는 차체, 주행장치틀, 볼스타에 대한 외관 및 부식검사와 고압전선, 보조전원선에 대한 열화검사 후 구조해석, 실동응력측정 등이며 이를 토대로 잔존수명을 평가하게 된다.

내구연한 연장관련 법령이 개정되므로 인해 30년으로 사용기간이 제한되었던 전동차의 수명이 정밀안전진단 결과 최장 10년을 더 사용할 수 있게 되면 도시철도차량의 사용내구연한이 40년이 되므로 보다 세심한 안전검정이 필요하다. 그러므로 도시철도차량의 안전성확보와 영업운행 중인 도시철도차량에 대한 정밀진단 시행의 철저를 기하기 위해서는 도시철도운영자는 사전에 준비를 철저히 하여야 한다.

본 사례 연구에서는 도시철도운영자가 정밀진단자에게 정밀진단을 신청하기 전 진단 대상차량에 대하여 사전에 자체진단을 시행하여 전동차의 상태를 면밀히 조사해 두어야 할 필요성과 정밀진단 시행 장소인 주공장의 전동차 수용능력으로 인해 중수선 공정과 병행 시행하여야 하므로 검수기산일이 초과되지 않도록 중수선 공정검토, 정밀진단 시행중 발생하는 보완작업 명령에 대한 보수작업 진행시 기존 차량정비 작업에 지장을 주지 않도록 하기 위해 각종 보조장치 등을 제작하여 작업환경 개선 및 작업공정의 효율성을 높일 필요가 있으며, 정밀진단자의 진단업무에 대한 고유성과 기술적 전문성을 바탕으로 도시철도 운영기관들의 중수선 분야에 대한 객관성과 특수성이 상호 보완적으로 작용할 수 있도록 유연성을 확보하여 정밀진단을 수행하고자 한다.

## 2. 대상차량의 자체정밀진단 필요성

영업운행 중인 전동차에 대한 정밀진단을 시행하기 위해서는 대상 차량에 대한 자체진단을 시행하여 보수가 필요한 부분은 사전에 보수작업을 시행해 둘 필요가 있다. 우선 차량의 외형적 형상도 중요할 뿐만 아니라 전동차 운행으로 인한 보수작업에 상당한 기간이 소요되고 예산확보도 한꺼번에 반영되기는 어렵기 때문이다.

예를 들면 부산도시철도 1호선 전동차의 경우 1985년 국내 최초로 스테인레스 재질의 차체로 제작되어 운용 중 2006년 차체 UNDER FRAME 외관과 SIDE SILL 접촉부에서 일부 부식이 진행 중인 것을 발견하여, 전 편성 전동차에 대하여 자체진단 결과 장기사용으로 인한 정상적인 부식이 아니라 전동차 옥상으로부터 빗물관으로 유입된 물로 인하여 운전실 하부에만 국부적으로 발생된 것으로 조사되었으며, 제작사인 현대로템(주)에 질의한 결과 보수하면 강도상 문제가 없다는 회신을 받은 후 2007년부터 2009년까지 매년 15개 편성씩 현대로템(주)의 검토서 및 보수절차서 대로 보수하여 사용하고 있다.

또한 사용내구연한이 도래한 차량은 신조 운행 차량에 비해 운행 중 장애가 발생할 확률이 비교적 높을 뿐만 아니라, 고장유형으로도 그동안 전혀 발생하지 않았던 부품과 예상하지 않았던 장치에서 많이 발생하고 있다.

정밀진단기관에서 시행하는 검사항목으로서는 이러한 결함 발생을 예방하기 어려우므로 자체진단을 통하여 부품 및 장치 상태를 면밀히 조사하여 대책을 수립할 필요가 있다.

부산교통공사 노포차량사업소의 경우 법령에 의거 2009년 11월부터 정밀진단기관에서의 1호선 전동

차 정밀진단 시행을 앞두고, 2006년 7월부터 정비팀장을 총괄 책임자로 하여 10명의 분야별 전문가를 지정하여 자체 정밀진단반을 편성하고 활동에 들어가 2007년 12월까지 개조 및 보완이 필요한 사항에 대하여 정밀진단 결과표를 작성하였고 검수설비 및 시설물 보완사항도 동시에 점검하여, 2008년 1월부터 2009년 12월까지 예산범위내 보완작업이 가능한 작업을 완료하여 정밀진단기관의 진단에 대한 대비를 철저히 하였다.

### 3. 중수선 공정과 병행시행에 따른 공정검토

전국 도시철도 운영기관의 차량사업소 검수고 및 정비공장 규모를 비교해 보면 운행 전동차 량 수에 정확히 맞추어 건축되어 있고 차량 받침대 등 시설물도 한정 설치되어 있으므로 별도의 정밀진단 수행공간이 거의 없는 실정이다.

따라서 별도의 공간이나 진단 장소가 확보되는 운영기관은 어려움이 없겠지만 보편적 상황을 보아 정기 검수와 병행하여 정밀진단을 시행하여야 하므로 진단신청을 한 이후 진단계획을 작성하게 되면 무엇보다 검수계획에 대한 충분한 사전 검토가 필요하다.

정밀진단의 경우 경수선을 시행하는 검수고 보다는 중수선을 시행하는 주공장에서 진단하는 것이 효율적이다. 그러므로 정밀진단 계획수립 단계에 들어가면 중수선 검수계획을 조정해야 할 경우도 발생하고 있다. 다행히 운영기관 마다 차량관리규정에 검수주기 적용에 있어 검수주기 도래일을 기준으로 10%를 초과하지 않는 범위내에서 조정시행 할 수 있으므로 이례적인 상황이 발생하지 않는다면 조정이 가능하나 정밀진단 항목 중 전선열화 검사의 경우 내전압 시험과 직류누설전류 시험을 시행하게 되므로 중수선 검수 작업을 시행하면서 정밀진단을 위해 작업자가 해당 부품과 장치의 결선 체결 및 이완작업으로 인해 작업량이 상당히 증가할 수 있고 다른 장치의 보호를 위하여 결선의 이완상태 확인 등 준비를 철저히 한다 하더라도 검사 중 특이 사항이 발생하여 공정이 지연될 우려가 있으므로, 그러한 경우를 대비하여 작업자의 시간외 연장근무나 휴일근무 등 충분한 공정검토가 필요하다.

### 4. 정밀진단 시행에 따른 보조장치 제작

정밀진단을 효율적으로 수행하기 위하여 도시철도 운영기관별로 진단 장소의 전동차 수용능력과 검수인력, 진단 보조장치의 보유현황 및 기타 사항 등을 종합적으로 파악하여야 하고, 정밀진단자가 진단을 수행함에 있어 불충분한 준비로 진단이 지연되거나 중단되는 사태가 발생하지 않도록 도시철도 운영자는 사전 계획수립 및 준비를 철저히 해야 한다.

한국철도기술연구원은 정밀진단기관으로 1999년도부터 2009년까지 LG화학의 사유화차, 철도청의 전기동차, 서울시 1호선 사고전동차 및 2호선 전동차, (주)POSCO의 입환기관차, 한국철도공사의 디젤기관차 및 전기동차 등 160량의 정밀진단을 수행해 오면서 일부 운영기관의 사전 준비부족으로 애로사항이 다소 있지만, 부산교통공사의 경우 2009년 11월 1호선 전동차의 정밀진단을 시행함에 있어 본사 차량검수팀 및 노포차량사업소에서 최초 편성 진단 시작부터 면밀히 준비하여 중수선 병행 진단 일정에 전혀 차질이 없도록 하였다. 또한 차체와 대차의 용접부위 비파괴검사를 위해 협소한 공간에서 페인트 제거와 결함발생 부위 보수작업 시 필수공정인 그라인딩과 용접작업은 정밀진단자와 작업자 및 노동조합간의 마찰이 예상되어 크나큰 부담이었다. 실제 정밀진단 시행시 공장내 미세한 페인트 분진과 소음 발생으로 인해 노동조합의 반대로 타도시철도 운영기관에서는 정밀진단이 중단되는 사태까지 발생하였기 때문이다. 따라서 그에 따른 대책으로 작업보조장치(차단막)를 제작하여 그 장치 내에서 작업하게 하므로써 분진과 소음 등을 차단하여 다른 공정 진행자에게 지장 없이 작업자와 근접해서 시행할 수 있게 되었다.

2010년 4월말 현재까지 4개 편성 32량에 대한 정밀진단을 작업보조장치 설치 후 시행하여 분진과 소음의 영향이 감소되도록 하였고, 작업자와 노동조합의 요구에 부응하고 진단의 효율성을 높이면서 불필요한 마찰이 없도록 하였다. 기 제작하여 사용 중인 작업보조장치를 소개하고자 한다.

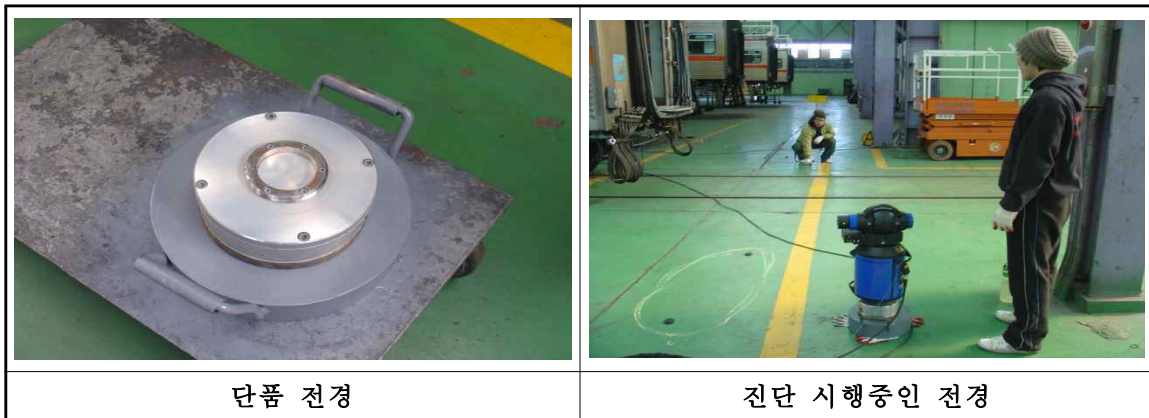
#### 4-1. 차체 치수 측정용 테이블

용도 : 차체 캠버 · 차체 언더프레임 수평도 · 차체하부 대각선 차 · 그 밖에 필요하다고 판단되는 주요치수를 중수선 4일전부터 측정하기 위한, 차체치수 측정 장비(3차원 측정 시스템)설치를 위한 테이블.



4-2. 치수 검사용 FARO 설치 받침대

용도 : 치수검사 장비(FARO PLATINUM ARM) 설치



4-3. 대차 및 볼스타 결함검사용 차단막

용도 : 대차 및 볼스타 용접부위 페인트 제거 및 비파괴 검사부위 철브러쉬 작업시 공장내 소음과 미세 분진 비상을 방지하고, 주공장내 타 공정작업에 방해가 되지 않도록 대차 및 볼스타 작업시 해당 부품 전체를 밀폐하여 작업자가 그 속에서 작업하도록 조치.



4-4. 연결기 받침대

용도 : 차체 외관 검사를 시행하기 위해 차호별 측정을 시행해야 하므로 차량의 연결장치를 분리할

때 상크가이드 상부에 연결기를 고정하기 위한 받침대.



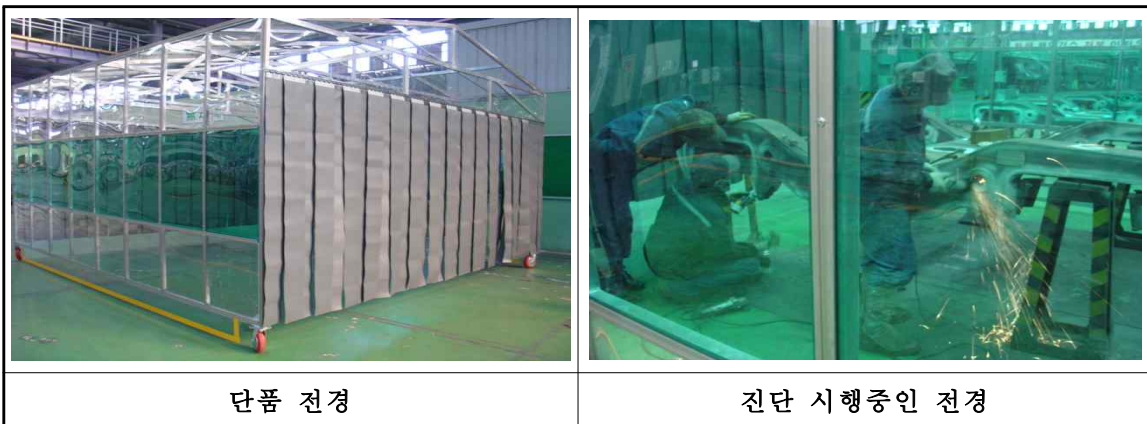
4-5. 차체결합검사용 차단막

용도 : 전동차 하부의 용접부위 (26개소) 결합검사를 위하여 페인트 제거시 철브러쉬 그라인딩 작업 시공장내 소음과 미세분진이 비상하여, 전장품함 및 분해정비 작업중인 T/M 케이스에 분진이 흡착되는 등 타 공정작업을 시행하고 있는 작업자에도 방해가 되므로, 페인트 제거가 필요한 해당 장치가 부착된 부품 주위를 밀폐하여 작업자가 그 속에서 작업하도록 함.



4-6. 주행장치틀 및 볼스타 보완작업용 차단막

용도 : 대차 및 볼스타 보완작업 시 용접섬광으로 인해 타 근처 공정작업을 시행하고 있는 작업자에도 크게 방해가 되고 있음. 결합부위 보완작업시 주위를 용접섬광 차단재질로 제작된 차단막을 설치하여 작업자가 그 속에서 작업하도록 조치.



4-7. 볼스타 명관

용도 : 정밀진단 결함검사 및 보완작업 대상인 볼스타에 대한 관리를 위해 볼스타의 고유번호가 필요하나, 제작당시부터 차체와 동일한 번호로 일부 각인이 되어진 것과 각인이 전혀 되어지지 않은 것과 혼재되어 있어 정비가 필요함.



## 5. 결 론

본 논문에서는 철도차량에 대한 정밀진단 수행 의미와 진단 사례 및 타도시철도 운영기관에서 정밀진단 시기 도래 전 사전에 준비하여야 할 작업보조장치를 소개하고자 한다.

도시철도 운영기관별 정밀진단을 위해 별도의 공간 및 시간 확보가 어려우므로 기관별 운용환경을 고려하여 정밀진단 시행중 애로사항 발생시 진단기관과 협의하고 신속한 대처로 진단이 원활하게 진행되어 애로사항 발생을 없애야 하고, 정기 검수와 병행하여 정밀진단을 시행하고 있는 것을 감안하여 중수선 검수공정에 지장이 없도록 보완사항 발생 및 보조공구 필요시 즉시 보완 또는 제작이 필요하다.

시민의 안전을 위하여 진단자는 기술적 전문성을 바탕으로 철저히 진단하여야 하고 도시철도 운영기관은 최고의 진단 조건을 잔존수명 평가시까지 진단자에게 제공하여 정확한 결과와 내구연한 연장이라는 좋은 결과를 도출하기 위해 노력하여야 할 것이다.

## 후 기

본 논문은 부산교통공사에서 수행 중에 있는 전동차 정밀진단에 대해 문제 발생시 해결한 경험들을 바탕으로 작성하였으며, 정밀진단 시행에 따른 초기대응에 관한 성공적인 사례들입니다.

향후 도시철도 운영기관들이 반복적으로 수행하게 될 정밀진단이 체계적이고 효율적으로 진행하는데 기여 할 것으로 사료됩니다.

## 참고문헌

1. 철도차량관리에관한규칙 (국토해양부령 제106호 2009. 03. 19)
2. 철도차량의정밀진단지침 (국토해양부고시 제2009 515호)