

## 중정비 신뢰성 향상을 위한 Burn-in 시험 적용 사례연구

### Burn-in Test Case Study for Heavy Maintenance to Improve the Reliability

김한영\* · 이진춘

Hanyoung Kim · Jinchoon Lee

**Abstract** The door systems in urban railway vehicles, through heavy maintenance checks by six years, 75 parts for 34 part types in 75 units have to be replaced periodically, and the remaining 68 parts for 40 part types to be replaced occasionally based on the necessity. Even though this process makes the door systems almost to be initial status, the systems have complicated mixes of components with new parts and used and then have different property from the original ones. This study suggested a burn-in test as a subsidiary tool to improve the reliability of urban railway vehicles, and suitable for testing conditions and the proposed new target value.

**Keywords** : Burn-in, Bathtub curve, Door system, Heavy maintenance, RCM

**초 록** 도시철도차량의 출입문 장치는 중정비 6년 검사에서 총 75종 단위부품 중 34종 75개의 부품을 정기적으로 교체하며, 나머지 비정기 교환부품인 40종 68개 부품도 필요 시 교체하고 있어 사실상 초기제품에 가까운 상태가 되며, 한편으로는 기존 부품과 다수의 교환된 부품이 혼용 사용되면서 완전한 신품과는 또 다른 제품특성을 가지게 된다. 본 연구는 이러한 출입문 장치의 정비 후 특징을 고려하여 도시철도차량의 신뢰성을 향상하는 방법으로 번인시험을 제안하며 시험에 적합한 조건과 목표 값을 새롭게 제시하였다.

**주요어** : 번인, 고장곡선, 도어엔진, 출입문장치, 신뢰성기반유지보수

## 1. 서 론

도시철도차량 시스템의 안전과 운영 신뢰성을 확보하기 위해서는 개별 부품의 신뢰는 물론 결합된 장치의 기능 안정이 우선되어야 한다. 일반적으로 다중복합시스템의 중대한 장애가 사소한 부품의 결함 혹은 기능저하에서 비롯되고 있다. 최약링크이론에 따르면 사슬 전체는 사슬의 가장 약한 부분보다 강해질 수 없으므로 결국 가장 약한 체인 고리가 전체 체인의 품질을 결정한다는 현상이 유지보수 현장에서 빈발하고 있다. 고장의 발생비용을 나타낸 욕조곡선(Bathtub curve)에서 보면 제품의 초기 사용기간에 고장이 집중되는 현상을 보이고 있다. 사용 초기에 발생하는 고장은 제품의 재질결함, 작업자의 실수, 설치나 운반 미숙 등에 의해 발생하는 경우가 많다. 현재까지 유지보수는 주로 차량 전체에 대한 수명주기에 초점을 두고 정기점검 등의 유지보수정책을 수행하여 왔다. 그 동안 경험적으로 신규도입 후 수년이 지난 차량에서 발생하는 고장은 우발고장이라고 판단하고 우발적 고장은 예방점검으로 고장을 줄이기 어렵다는 관념 때문에 차량 유지보수 관리자는 적극적인 정비 계획을 수립하지 않고 현장의 작업자 역시 어쩔 수 없는 고장으로 치부하는 경향이 있었다. 그러나 중수선 후의 출입문장치와 같

이 유지보수 형태와 결과에 따라서 장치의 결함발생 원인이 달라질 수 있다고 보았을 때 향후로는 장치 별로 고장 분석을 새롭게 하여 장치에 적합한 유지보수 정책과 신뢰성 있는 정비방법을 도입 하여야 한다. 이를 위해 본 연구는 중수선 후 출입문 장치 고장 성격을 신규차량과 유사한 초기 고장기간으로 새롭게 정의하고 신뢰성 있는 유지보수 점검 체계로서 번인(Burn-in) 시험을 제안하며 현장의 중요한 시험체계로서 3년, 6년 검사를 실시하는 중수선 공정에 추가하여 적용할 수 있도록 시험에 적합한 조건과 목표값을 새롭게 제시하였다.

## 2. 출입문장치의 번인

### 2.1 출입문 장치 개요

국내 전동차 출입문의 구조는 대부분 유사한 형태로 기존의 공기식과 근래의 전기식 두 종류가 주로 사용되고 있다. 공기식 도어엔진을 사용하는 출입문 장치는 Fig. 1과 Fig. 2 같이 1개의 도어엔진과 좌우 두 쪽의 출입문으로 구성되어 있으며, 전동차 1량당 좌측 4개, 우측 4개로 모두 8개의 출입문 장치를 가지고 있다. 6량 기준 1개편성에는 48개의 출입문 장치가 장착되어 있고 수도권권의 중량 전동차는 10량 기준 1개편성에 모두 80개의 출입문 장치가 설치되어 있으며 역 정차 시 마다 좌 또는 우측의 40개의 출입문이 정확하게 동시에 열리고 닫혀야 한다. 출입문 고장 발생 시 대부분 영업운행을 중단하고 기지로 차량이 회송된다.

\*Corresponding author.

Tel.: +82-53-640-2770, E-mail : seebysee@naver.com

©The Korean Society for Railway 2012

<http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2012.15.6.566>

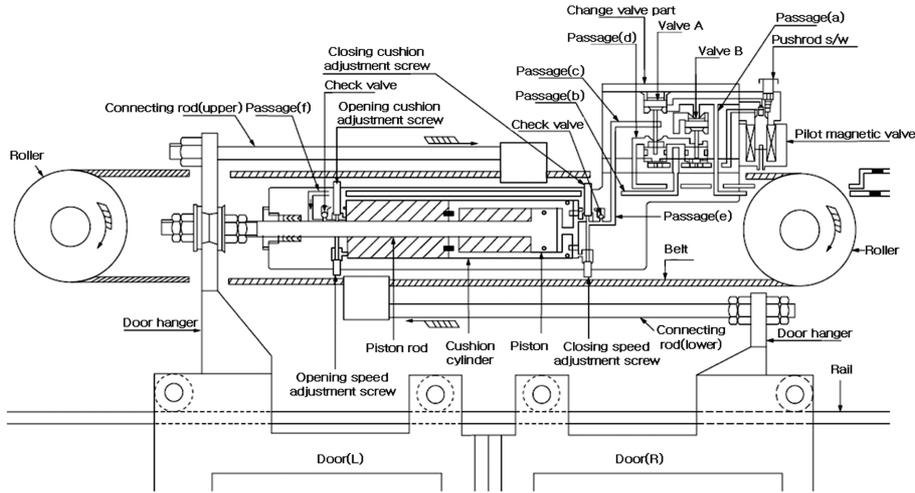


Fig. 1 Structure of door system

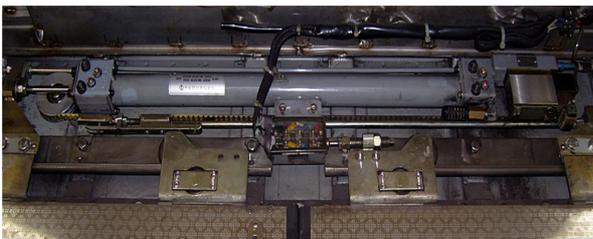


Fig. 2 Picture of door system

## 2.2 고장과 변인의 정의

고장(Failure)이란 IEC 60050-191에서는 제품(부품) 또는 시스템이 요구기능을 수행하지 못하게 되는 사건(Event)[1]으로, MIL-STD-721에서는 아이템이나 아이템의 어느 부품이 사전에 규정된 대로 기능을 수행하지 못하는 사건 또는 작동불가 상태라고 정의[2]하고 있다. Fig. 3의 욕조곡선에서 초기고장(Early failure), 우발고장(Random failure), 마모고장(Wear out failure)의 3단계로 구분하고 있다.

초기고장은 기계 고장률의 기본 모형으로서 고장곡선은 감소형(DFR: Decreasing failure rate) 곡선 형태를 가진다. 초기 고장의 원인으로는 품질관리문제, 불충분한 변인, 미숙련

작업, 불량부품과 오염 등이 있다.

우발 고장은 일정형(CFR: Constant failure rate) 곡선 형태를 가지며 고장률이 가장 낮다. 특히 우발고장을 포함하는 CFR 기간을 유효수명 또는 내용수명이라 한다[3]. 고장 원인으로서는 예상보다 높은 부하, 설명할 수 없는 결함, 오용이나 부적절한 사용 등이 있다. 마모 고장은 증가형(IFR: Increasing failure rate) 곡선 형태를 가지며 예방점검과 같은 정기 진단이 필요하며, 설비의 피로에 의해 생기는 고장을 말한다. 고장 원인으로서는 노화, 마모나 부식, 피로 등이 있다.

변인(Burn-in)은 길들이기라는 뜻으로 품질안정화를 위해 실시하는 전처리 과정이라 할 수 있으며 계획, 설계, 제작, 사용개시 전 단계 및 사용개시 초기에 결점을 찾아내 제거하여 설비의 초기고장을 경감시키기 위해 개선하는 디버깅(Debugging)[4]이라고 할 수 있다. 또 시험 대상 제품을 정상이나 가속상태에서 일정시간 작동시켜보아 고장 난 제품을 수리 또는 폐기처리 하는 스크리닝(Screening) 기법이다[5]. 사용 용어에 있어 런인(Run-in)시험, 웨어인(Wear-in)시험 등의 용어가 기계제품 시험에서 주로 언급되기도 하나 전기전자부품을 포함하여 대부분 변인 시험이라는 용어를 통상 사용하고 있다.

## 2.3 변인시험의 대상 및 필요성

검토 결과 변인시험의 적용 대상은 구체적이거나 목시적이거나 모두 신규 제작된 부품 또는 장치를 대상으로 하여 기술되고 연구되고 있으며 사용 중 부품 또는 장치에 대한 적용 규정이나 연구사례는 없는 것으로 파악되었다. 그러나 출입문장치와 같이 중정비를 종료한 장치의 결함이 작업자의 실수, 불량부품 사용, 신규부품과 사용부품의 혼용, 오염 등으로 초기고장원인과 유사하게 분석되므로 도시철도차량의 출입문장치를 변인시험 대상으로 선정하였으며 본 연구에서 그 타당성을 검토 하였다.

출입문장치에 대한 기존시험의 종류는 출입문장치 중에서

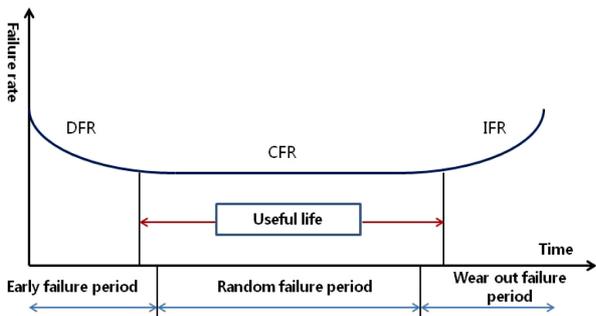


Fig. 3 Bathtub curve and failure mode

Table 1 Test level of door system

Test step	Main test content	Check standard	Testing location
①	Magnetic valve test	Operating voltage, Air supply & exhaust	Pass fail
②	Door engine test	Piston load actual test, Buffer distance	"
③	Monolithic door engine test	Door opening/closing test with belt tension	"
④	Field test	Speed & cushion, Interlock test	"
⑤	Yard commissioning test	Operation condition	"
⑥	Service line commissioning test	Operation condition	"

전자변(Electromagnetic valve), 도어엔진(Door engine) 등의 중요한 부품 및 장치에 대해서 Table 1과 같이 6단계의 시험 과정을 각 공정별로 작업장 시험대에서 시험을 거치고 있으며 각 서브단위의 기기별 시험에서 검사대상의 한시적인 합격여부만 판단하고 시험횟수에 대한 규정은 별도로 없는 상태이다.

출입문장치는 중정비 6년 검사에서 총 75종 단위부품 중 34종 75개의 부품을 정기적으로 교체하며 나머지 비정기 교환부품인 40종 68개 부품도 필요 시 교체하고 있다[6]. 그 결과 출입문장치의 품질 상태는 6년 검사 후에 신규 장치와 유사한 수준으로 회복된다고 할 수 있다. 그러나 기존의 계속 사용 부품에 다수의 새로운 부품이 조합되므로 장치 특성이 예측하기 어렵고 출입문 장치를 차량에 장착한 뒤의 불안정 역시 문제가 되고 있다.

2007년 중수선 후 출창한 차량 11개 편성의 출입문장치 고장을 2010년까지 36개월 동안 추적한 결과 Fig. 4와 같은 고장 발생 형태를 보였으며 출창직후인 1개월 내 총 25회, 편성당 평균 2.2회 고장이 발생하였고 출창 후 3개월까지 11개 편성이 총 51회로 평균적으로 편성당 4.6회의 고장이 발생하였으며 고장의 원인으로는 주로 동작지연, 조립불량, 부품불량 등이었다[7].

철도기술연구원의 연구보고서에 의하면 신규 도입한 KTX 고속차량의 주요 장치별 차량고장 통계분석 결과에서 견인제동 및 기계장치의 경우는 영업운전 2개월 정도에서, 보조장치와 차체장치의 경우에는 영업운전 1개월을 지나면서 일정한 상태로 안정화 되는 것으로 보고되고 있다[8].

김주원 등은 연구에서 한국철도공사의 무궁화호, 새마을호와 같은 일반열차에서 중수선 종료 차량의 일반설비의 고장발생률이 출고 후 3개월까지 높게 나타나고 이후로는 감소하고 있다고 기술하면서 그 원인으로는 같은 도면으로 발

주된 부품도 여러 업체로부터 납품되면서 동일한 부품의 수급이 어렵고 부품교환 시에 여러 제작사의 부품이 섞이기 때문이라고 보았다. 또 외관검사와 1~2회의 기능점검 외에 현실적으로 내구성을 확보하는데 문제가 있다고 보았으며 출고 전 최종 검사에서 고객 편의시설 검사방법의 개선이 필요하고 더불어 초기결함을 선별하고 초기 발생고장을 줄일 수 있는 방법의 연구 필요성을 제시하였다[9].

유양하 등은 디젤기관차의 전기장치는 정비 후 1년 이내에 발생한 고장이 12년정비는 26건(43%), 6년정비는 16건(48%), 4년정비는 26건(68%)으로 정비 후 1년 이내에 평균 약 50%가 발생되었으며 이 현상은 정비직후 고장이 빈발하다가 시간이 경과하며 급격히 줄어들며 안정화된다고 하였다[10].

그러므로 KTX 고속차량의 초기고장 안정화 기간과 일반 열차의 출창후 고장특성, 디젤기관차의 전기장치의 중수선 후 고장발생 빈도와 대구도시철도 전동차의 출창후 출입문장치 고장 통계분석을 근거하면 신규부품 사용의 신조차량과 중수선에서 혼합부품을 사용하며 해체·조립된 장치의 고장발생 유형이 초기고장과 패턴이 유사하다고 판단된다. 즉, 정비 후 고장의 형태가 초기 고장의 원인으로 분류되는 품질관리문제, 불충분한 번인, 미숙련 작업, 불량부품에 있다고 판단되므로 도시철도 차량의 중수선 후 출입문장치의 신뢰성을 높이기 위해서 제품 수명시간의 일정부분인 초기고장기간을 미리 소진하여 결함을 찾아내는 번인시험이 필요하다.

### 3. 출입문시스템의 번인시험 적용사례

#### 3.1 번인시험의 방법

번인 시험에서 KS A 3004에 정의된 가속시험을 참고할 수 있으나 복잡한 시험과정이나 조건으로 과도한 비용 및 시간이 소요되므로 중정비 후의 출입문장치라는 품질 특성에 적합하도록 가속시험의 목표 값을 새롭게 설정할 필요가 있다. MIL-HDBK-340A에는 시험 목적에 부합하는 경우 압력 조건에 대해서는 대기압으로 하고 온도조건인 경우 상온으로 시험을 수행하도록 언급되어 있다[11].

번인시험은 일반적으로 부품차원에서는 정상사용 조건보다 높은 온도에서 일정시간 저장 또는 동작 시키고 기기 차원에서는 정상사용 조건에서 일정시간 동작시킨다[12]. 가속 방법으로는 ①제품의 사용률을 증가 시키는 것 ②제품의 노화률을 증가 시키는 것 ③시험단위의 운용 스트레스 수준을

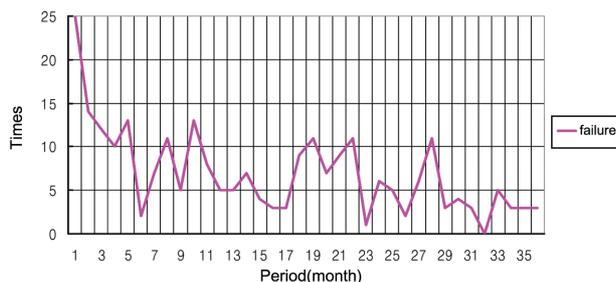


Fig. 4 Number of failure of 36 months after heavy maintenance

증가시키는 방법 등이 있으며[13] ①과 같은 가속방법에는 (a) 제품의 사용률을 더 빠르게 하는 방법과 (b) 휴지시간(Off time) 단축의 방법[14]이 있다.

자동차 엔진, 가전제품 등을 연속적으로 평상시보다 높은 사용률로 작동시키거나, 계전기와 스위치를 평상시보다 높은 사용빈도로 작동시키거나 피로시험에서 주기빈도를 증가시키는 경우 등과 같은 단순 사용률 가속모형[15]에서처럼 부품에 대한 사용률을 증가시켜 고장을 유발하는 마모나 열화를 가속화시킬 수 있다.

위의 검토 내용에 따라 출입문장치에 대한 번인시험방법은 주기형 스트레스 시험(Cycle-stress accelerated)과 같이 제품의 사용률을 증가시켜 번인하는 방법을 채택하였다.

### 3.2 번인시험의 목표값 설정

Table 2는 대구도시철도 1호선의 운행조건과 전동차 1일 평균 출입문 장치 작동 횟수를 나타내며 역간 운행 시간 약 100초 중에서 출입문 닫힘 제어 전원이 인가되는 시간은 역간 평균 75초, 열림 제어 전원이 인가되는 시간은 역정차 중 25초로서 출입문 장치 1개당 1일 평균 135회 사용되고 있다.

이것을 바탕으로 번인 시험횟수에 대한 목표 값을 편성당 1일 평균 출입문 작동횟수인 135회로 하고 역간 운행과 역정차로 100초 내에 1회의 열림과 닫힘 동작을 번인 시험에서는 50초로 단축한다면 약 9시간이 필요한 일일 동작 시간을 3시간45분 정도로 단축하여 번인 시험 목표 값 135회를 달성할 수가 있다. 그러나 단축된 시험 조건은 출입문 전자변(Door magnetic valve)에 대한 과도한 가압 스트레스로 인한 전자변 코일(Coil) 및 변(Valve)의 불량을 초래할 수 있

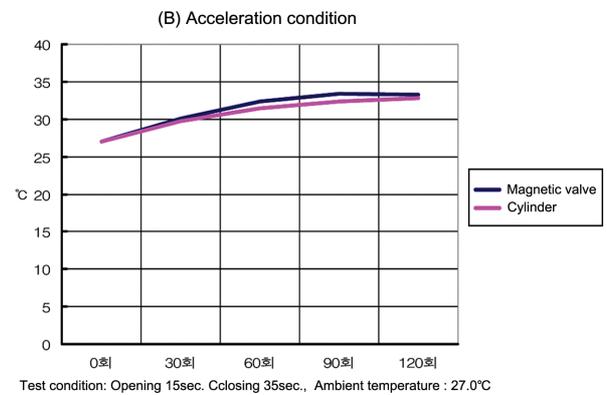
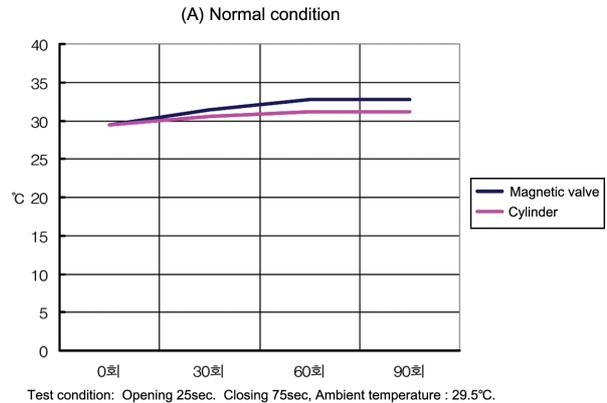


Fig. 5 Average temperature of door engine

음을 고려하여야 한다. 이와 관련하여 현장에서 4개의 출입문 장치에 대해서 온도상승 정도를 측정된 결과 Table 3의

Table 2 Data of door system operating condition

Operating conditions				Train				Average driving times of daily per train
One way distance	Stations	Running time		Driving times of daily		Retained train	Driving times per train	
		Between stations	Stop					
25.9Km/50min	30	Avr 75Sec.	Avr 25Sec	weekday	321 times	34 trains	9 times	135 times
				holiday	288 times			

Table 3 Result of door engine operating test

Operating temperature measurement of door engine [unit: °C]																
Operating times	Tc1 Car															
	Door 1				Door 3				Door 5				Door 7			
	Magnetic valve		Cylinder		Magnetic valve		Cylinder		Magnetic valve		Cylinder		Magnetic valve		Cylinder	
	Test1	Test2	Test1	Test2	Test1	Test2	Test1	Test2	Test1	Test2	Test1	Test2	Test1	Test2	Test1	Test2
30times	32.2	30.6	30.6	29.8	31.4	29.8	30.5	30.3	31.6	30.6	30.7	29.6	30.5	29.4	30.2	29.7
60times	33.9	32.7	31.8	31.7	33.1	33.1	31.2	31.7	32.8	32.2	31.4	31.4	31.6	31.7	30.7	31.3
90times	33.8	33.1	31.6	32.7	33.2	33.6	30.9	32.6	32.9	34.5	31.5	32.6	31.3	32.5	30.9	31.8
120times	-	33.7	-	32.4	-	33.1	-	32.8	-	34.3	-	32.4	-	32.4	-	31.6
Test conditions	© Test 1: Door opening 25sec. Door closing 75sec., Ambient temperature : 29.5°C © Test 2: Door opening 15sec. Door closing 35sec., Ambient temperature : 27.0°C															

“시험1”과 Fig. 5의 “(A)정상조건” 그래프와 같이 본선 정상 동작조건인 동작 1주기 100초를 기준으로 열림 25초, 닫힘 75초, 외기온도 29.5°C 조건에서는 시험횟수 60회 이후로 실린더 온도상승은 평균 3.3°C상승, 전자변 온도상승은 1.7°C이었다. 또, 번인 시험 목표값인 가속조건에서는 Table 3의 “시험2”와 Fig. 5의 “(B)가속조건” 그래프와 같이 동작 1주기 50초를 기준으로 열림 15초, 닫힘 35초, 외기온도 27°C 조건에서는 실린더 온도상승이 90회 이후로는 평균 5.4°C 상승으로 안정되었으며 전자변 온도상승 역시 90회 이후로는 평균 6°C 상승으로 안정적이었다. 이 결과로부터 시험조건을 더 가속하면 번인시험 시간을 더욱 단축할 수 있음을 알 수 있었으나 이에 대해서는 더 많은 온도측정과 자료 분석 과정을 거쳐 적절한 목표값을 설정하고 고장감소율 등을 고려한 후 적용하여야 할 것이다.

3.3 번인시험의 적용 결과

종래에는 편성 전체의 출입문장치 동작검사를 위해서는 운전실의 출입문스위치(Door switch)를 검사자가 수동으로 취급하면서 5~6인의 작업자가 속도와 쿠션기능 및 인터록 기능을 점검하여야 했다. 그러나 Fig. 6, 7과 같이 PLC(Programmable



Fig. 6 Picture of door system burn-in tester

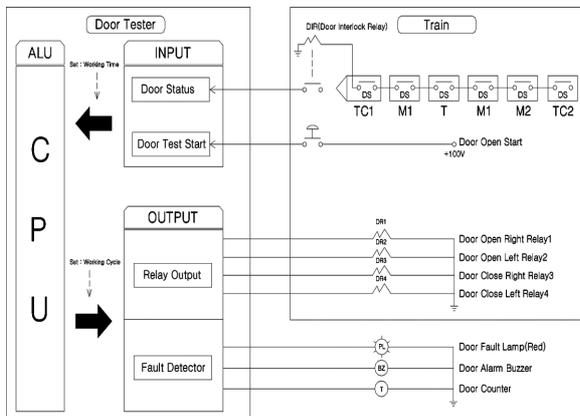


Fig. 7 Burn-in tester block diagram of door system

logic controller)를 기반으로 하는 번인 시험기를 제작하여 출입문스위치 취급을 자동으로 설정하면 실시간 검사는 물론 번인 시험기의 고장검지기(Fault detector)와 전동차 운전실의 열차정보장치(TGIS: Train general information system)에 기록된 고장 정보를 바탕으로 사후 작업도 가능하였다.

중정비 전체 작업 공정 중에서 출입문 장치 번인시험은 출창검사와 병행하여 도어엔진 인터록 조정이 끝난 뒤 시행하였다. 이때는 출입문장치 정비작업 담당자 외에도 출창 검사원이 기능점검을 합동으로 시행하기 때문에 점검과 결함 원인 규명과 피드백이 적절하고 신속하게 이뤄질 수 있기 때문이다. 그러므로 출창검사 기간 내에 출입문장치에 대한 번인시험을 실시하여 중수선 공정에 영향을 주지 않고도 충분히 시험목적을 달성할 수 있었다. 또, 적용 성과를 보면 기존에는 중정비 후 1개월 동안 1개편성당 평균 2.2회의 고장이 있었으며 3개월 동안의 고장누적평균이 1개편성당 4.6회였으나 번인 시험을 적용한 4개 편성은 3개월 동안 고장이 발생하지 않았다[16].

4. 결 론

도시철도차량 출입문장치의 중수선 후 신뢰성을 확보하기 위하여 번인 시험 체계 적용에 대한 사례연구를 실시하였다. 이 연구의 결과로 다음과 같은 효과를 도출 하였다.

첫째, 지금까지 논의되지 않고 불명확하였던 중수선 후 출입문 장치의 고장 성격을 초기고장으로 규정하는 근거를 마련하여 전동차 유지보수에 있어 관리자와 현장 작업자에게 신뢰성기반유지보수체계(RCM: Reliability centered maintenance)에 입각한 예방검수의 필요성을 제시하였다.

둘째, 신규 부품이나 장치가 아닌 기 사용 중인 장치에 대해서도 번인 시험을 실시하면, 장치의 길들이기와 병행해서 초기고장 기간을 미리 소진토록 하여 더욱 완성된 중정비 품질을 달성하는 방법을 처음으로 제안하였다.

셋째, 출입문 장치의 번인 시험의 조건으로서 장치의 운용 조건과 유사한 상온, 대기압 상태인 공장 내 시험으로 가능한 점을 규정하였다.

넷째, 구동부를 갖는 공압장치의 번인 시험에 적합하도록 본선 전동차 운행 시간을 기준으로 출입문 동작횟수를 산출하여 작동시간이 아닌 작동횟수를 번인시험 목표 값으로 제시하는 연구결과를 얻었다.

다섯째, 출입문장치 외에도 제동장치나 냉방장치 등과 같이 중정비 검사에서 분해 후 재조립되거나 다수의 부품을 교환하는 장치에 대해서도 본 연구결과를 적용한다면 도시철도 차량의 중정비 신뢰성을 더욱 향상 시킬 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

[1] IEC 60050-191, International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 191: Dependability and quality of service.  
 [2] MIL-STD-721, Definition of terms for reliability and maintainability.

- [3] S.K. Seo (2009) MINITAB Reliability Analysis, Eretec, pp. 42.
- [4] Korea Maintenance Technology Institute, Copyright(C) 2000 KMTI. All Rights Reserved.
- [5] K.O. Kim (2007) Optimal System Burn-in for Maximizing Reliability of non-series System, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 33(2), pp. 273-281.
- [6] Heavy Maintenance Process Guide Book of Line 1 Electric Vehicle's Door System (2012) Daegu Metropolitan Transit Corporation.
- [7] Electric Vehicle Fault data Analysis of Line 1(2007~2010), Daegu Metropolitan Transit Corporation.
- [8] K.J. Choi, Y.O. Cho, J.D. Jung, S.A. Kim, et al. (2010) Reliability Vehicle using the Durability Analysis and Precise Diagnostic Guidelines, *Korea Railroad Research Institute*, pp. 119.
- [9] J.W. Kim, H.S. Kim, Y.H. Yu, J.H. Jo (2011) Study on correlation between general inspection and failure of railway passenger car, *Spring Conference of The Korean Society for Railway*, Heongseong, PP. 1639-1641.
- [10] Y. Yu, et al. (2012) Reliability Centered Rolling stock Maintenance RCRM, *Spring Conference of Korean Society for Railway*, Mokpo, pp. 720-725.
- [11] J.C. Park, Y.D. Chun, E.S. Chung, J.J. Park (2007) Application Method of Burn-In Test to the Components for Space Launch Vehicle, *Aerospace Engineering and Technology*, 6(1), pp. 166-172.
- [12] S.K. Seo, et al. (2010) Reliability Engineering [Revision], Kyobobook, pp. 274.
- [13] S.K. Seo, et al. (2010) Reliability Engineering [Revision], Kobobook, pp. 291.
- [14] M.S. Kim (2006) Understanding of HALT, USW Reliability Innovation Center, University of Suwon.
- [15] S.K. Seo (2009) MINITAB Reliability Analysis, Eretec, pp. 297.
- [16] Electric Vehicle Fault data Analysis of Line 1 (2012) Daegu Metropolitan Transit Corporation.
- 접수일(2012년 8월 17일), 수정일(2012년 11월 20일),  
게재확정일(2012년 11월 20일)
- 
- Hanyoung Kim** : seebysee@naver.com  
Doctoral Candidate, Graduate School, Kyungil University, 50 Gamasilgil, Hayang-Eup, Gyeongsan-Si, Gyeongbuk, 712-701, Korea
- Jinchoon Lee** : jinclee@kiu.ac.kr  
Professor, School of Business, Kyungil University, 50 Gamasilgil, Hayang-Eup, Gyeongsan-Si, Gyeongbuk, 712-701, Korea