신뢰성 측면에서 고속차량 유지보수 발전 방향

Orientation of the development within reliability for maintenance of KTX

강기석† 신백철*

Kang, Ki-Sok · Shin, Beak-Chul

ABSTRACT

The present paper to relate with the maintenance of the high-speed vehicle, KTX and is to treat a reliability evaluation. The reliability of the high-speed vehicle while operating between-failure average mileage (MKBSF) and parts between-failure average mileage (MKBF), 1,000,000 per km service failure number of items and availability and per km evaluated a maintenance expense. The reliability evaluation results and 2007 year reliability management indexes compared in 2006 years and they improved, per km the maintenance expense compared at 2006 and 36.6% was decreased.

Reliability management activity leads and availability of the high-speed vehicle, safety improves and with the fact that will be able to decrease the maintenance expense which is an economic scale of railroad service is expected.

1. 서 론

우리나라에서 고속철도가 개통되어 운행된지 5년째 접어들었다. 이 기간 동안 국내 교통 환경은 많은 변화를 가져왔으며, 특히 고속차량(KTX)을 이용한 승객은 2008년 8월말 현재 2억1500만 명을 돌파하였다[1].

많은 사람들이 고속열차를 이용하는 것은 시간의 귀중함을 알기 때문에 조금이라도 목적지에 빨리 도착하기를 원할 것이다. 이러한 승객들의 기대에 부응하기 위해서, 고속차량은 운행 도중 장애나 고장 없이 출발역에서 종착역까지 운행되어야 한다.

고속차량이 고장 없이 운행되기 위해서는 차량의 신뢰성이 높아야 한다. 자동차뿐만 아니라 철도차량은 수만 내지 수십만 가지의 부품으로 구성되어 있기 때문에 어떤 부품 하나의 고장은 전체 시스템의 고장을 유발할 수 있기 때문에 유지보수를 담당하는 분야에서는 시스템 및 각종 부품들의 신뢰성관리가 필수적으로 이루어져야 할 것이다.

코레일은 고속철도 개통 이전에 고속차량의 신뢰성 관리 기법을 도입하기 위하여 신뢰성을 기반으로 하는 전산시스템 즉, KTX-RCM(Reliability Centered Maintenance) 시스템을 구축하였다. 초기에 구축된 RCM 전산시스템은 자료수집 단계에 있어 차량 운영 및 유지보수 환경과 잘 맞지 않아 여러 가지 문제가 있었으나 수차례에 걸친 수정·보완작업으로 지금은 정상적으로 운영되고 있다.

KTX-RCM에 축적된 유지보수 관련 자료를 분석하여 고속차량의 신뢰성 정도를 확인하고, 향후 고속차량 유지보수 발전 방향에 대하여 살펴볼 것이다.

† 책임저자 : 정회원, 코레일 수도권철도차량관리단 팀장
E-mail : pierrekang@yahoo.co.kr
TEL : (031)810-8304 FAX : (031)810-8332
* 수도권철도차량관리단 고속신뢰성관리팀

2. 철도차량의 신뢰성 및 유지보수

철도시스템은 안전이 우선시되는 시스템(safety critical system)으로, 시스템 전반에 걸쳐 신뢰성 확보가 매우 중요하다[2]. 시스템의 신뢰성을 표현하는 지수를 신뢰도라고 하며, 대표적으로 알려져 있는 지수가 MTBF와 MTTF이다. MTBF는 수복계에 대한 신뢰성 지수이고, MTTF는 비수복계의 신뢰성 지수이다. 이를 기본으로 철도차량은 경험에 근거한 MKBSF(Mean Kilometer Between Service Failure) 또는 MKBF(Mean Kilometer Between Failure)를 사용한다.

신뢰성의 정의는 사전적인 해석으로 "아이템이 주어진 조건에서 규정된 기간 동안에 요구된 기능을 발휘할 수 있는 성질"이라고 규정되어 있다. 그러나 이것은 좁은 의미에서의 신뢰성을 의미하는 것이고, 넓은 의미에서의 신뢰성은 기술의 발달과 고객의 요구에 따라서 그 범위가 달라지고 있다[3].

철도차량은 고객에게 운송서비스를 제공하는 기본이 되는 상품이므로 최적의 비용으로 승객에게 요구된 서비스인 안락감과 수송의 안전조건을 보증할 수 있도록 신뢰성을 확보하는 것이다[4].

신뢰성을 관리하기 위해서는 고장 발생율이 낮으며 가동율이 높은 차량을 만들어야 하며, 이는 차량의 설계, 제작, 사용 중의 유지보수를 포함한 종합적인 검토를 통하여 가장 유효하다고 판단되는 방책을 각 단계에 적용하는 것이 중요하며, 철도 운영회사에서는 차량의 설계 제작단계에서의 신뢰성 관리는 그 접근이 어려운 사항이므로 유지보수 단계의 신뢰성 관리에 중점을 두어야 할 것이다.

유지보수란 어떤 시스템이 정상적 동작 상태를 유지하기 위해 행하는 모든 것 또는 한 아이템의 수명주기 동안 행하는 기술적, 행정적 관리 활동으로 기능을 달성 할 수 있는 범위내의 조건으로 복원시키거나 범위 이내를 유지하도록 계획된 모든 활동을 말한다. 유지보수의 유형 및 형태는 크게 고장을 수리하는 사후 유지보수와 예방유지보수로 나눌 수 있으며, 예방유지보수는 주기적 유지보수, 조건적 유지보수, 예견적 유지보수로 나눌 수 있다.

주기적 유지보수는 미리 계획을 수립함으로써 인력과 시간을 효율적으로 운영할 수 있는 장점이 있지만, 신뢰도를 유지하기 위해 시스템 법칙을 변경하여서는 안되며, 주기를 정할 때 시간 및 운행거리의 적용 해석이 어려울 뿐만 아니라 더 사용할 수 있는 부품의 교환으로 낭비를 초래할 수 있는 단점이 있다.

조건적 유지보수는 부품의 잠재 수명을 최대한 연장할 수 있으며, 불필요한 부품 해체를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 고장수리도 줄일 수 있는 장점이 있는 반면에, 부품의 수명이나 마모의 관찰이 어렵고 미리 계획을 수립할 수 없으므로 작업량이 일시에 몰리는 현상을 해결해야 하는 단점이 있다.

예견적 유지보수는 조건적 유지보수의 단점을 보완할 수 있으며 부품의 수명을 연장하거나 노후가 되는 시점을 관찰하여 결정하므로 유지보수의 방해가 적다.

3. 코레일의 고속차량 신뢰성관리

3.1 신뢰성관리 체계

코레일은 고속철도 개통 이전에 고속차량 유지보수와 관련하여 신뢰성 관리 업무를 도입하기로 결정하였다. 그래서 고속철도 개통에 따른 조직 발족 시 고속차량의 유지보수를 담당하는 차량관리단인 수도권철도차량관리단에 신뢰성관리팀을 두게 되었다. 또한 신뢰성 관리 업무를 효율적으로 수행하고 관련 자료를 수집할 수 있도록 KTX-RCM 시스템을 구축하였다.

KTX-RCM 시스템의 메뉴는 그림 1과 같이 신뢰성관리정보, 고장수집분석, RAM분석관리, RCM관리, LCC분석관리, 윤축관리로 구성되어 있으며, 각 메뉴들은 하위메뉴를 가지고 있다.

RCM 시스템의 자료 수집은 개통 초기에는 검수정보시스템(MICS, Maintenance Information Control System)으로부터 이루어 졌으며, 2006년부터는 전사적자원관리 시스테인 ERP 시스템(KOVIS)으로부터 이루어지고 있다. 그리고 KTX-RCM 시스템은 별도의 자료 입력을 최소화될 수 있도록 하였다.

그림 1. KTX-RCM 메뉴 및 편성현황정보

고속차량의 신뢰성 관리업무 체계는 본사 고속차량팀에서 고속차량 전반에 대한 유지보수 및 신뢰성 관리 업무를 총괄하며, 수도권철도차량관리단(고양기지) 신뢰성관리팀에서 신뢰성과 관련된 업무를 담당한다. 비상설 조직으로 본사 고속차량팀에 신뢰성관리위원회를 두어 신뢰성 관련 업무의 정책적인 업무를 심의 결정한다. 위원회는 매년 1/4분기에 정기회의를 개최하고 필요시 마다 임시회의를 개최한다.

신뢰성관리위원회에서 심의 결정하는 사항은 다음과 같다.

- 신뢰성 목표(관리지표) 설정
  - · MKBSF(Mean Kilometer Between Service Failure)
  - · MKBF(Mean Kilometer Between Failure)
  - · 백만 km당 service failure 건수
  - · 차량의 가용성
  - · 유지보수 효율(비용/주행거리[km])
- 전년도 신뢰성 목표 달성도 평가
- 신뢰성활동 결과에 따른 환류(feedback) 사항
- 신뢰성관리에 관하여 사장(고속차량팀장)이 정하는 사항

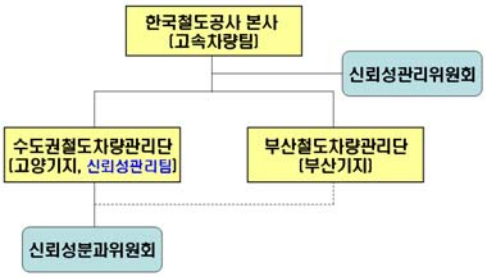


그림 2. 신뢰성관리 조직 구성도

3.2 KTX-RCM을 활용한 신뢰성관리

KTX-RCM 시스템은 신뢰성 관리 업무를 보다 효율적으로 수행하기 위하여 고속차량의 유지보수를 담당하는 2곳(고양 및 부산기지)에서 발생된 자료를 수집하여 관리하는 것이다. 고속차량의 유지보수를 수행하는 현장에서는 관련 자료를 KOVIS에 입력하면 이 자료가 KTX-RCM 시스템으로 인터페이스 되어 분류되도록 되어 있다. 이러한 자료는 시스템에서 자동으로 처리되어 그림 1과 같은 편성현황 정보를 보여주고, 고장정보 수집분석, RAM분석, RCM분석 및 LCC관리를 할 수 있도록 한다.

무엇보다도 고속차량의 신뢰성을 확보하기 위해서는 모든 부품의 신뢰성을 관리하여야 한다. 그러나 모든 부품을 관리하는 것은 현실적인 한계가 있으며 또한 소모품 등도 있으므로 RCM에서 관리하기 위

한 주요 부품 223개를 선정하였다. 또한 이들 부품을 고속차량의 기능구성 체계별로 구분하여 레벨 1부터 레벨 6까지 분류하였다. 고속차량의 레벨1과 2의 기능구성 체계는 표 1과 같다.

표 1. 고속차량의 기능구성 체계(레벨 1~2)

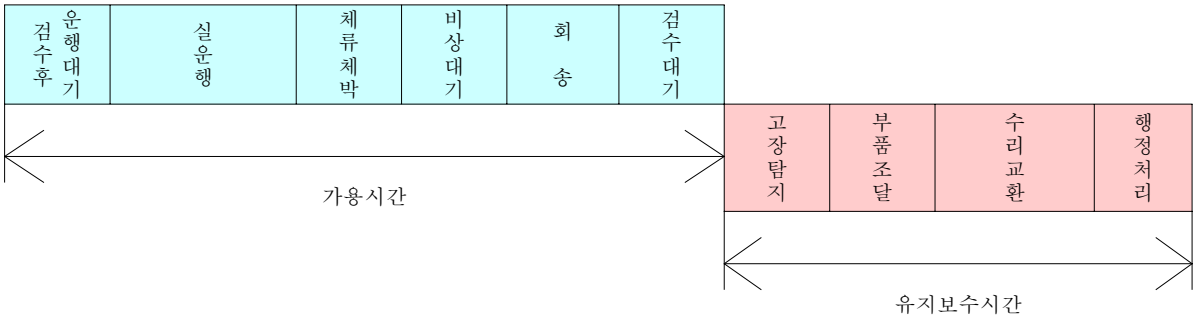
No.	기능분류체계 Level1		기능분류체계 Level2 국문		기능분류체계 Level2 영문
1	10	*공압생산및분배	10.1	보조공기압축기	Auxiliary comp air
2		*AIR P & D	10.2	주공기압축기	Principal air comp
3			10.3	동력차용 보조공압	Auxiliary pneu Power car
4			10.4	객차용 보조공압	Auxiliary pneu trailer
5	11	*대차	11.1	동력대차	Motor bogie PC
6		*BEARING	11.2	동력객차대차	Motor bogie TR
7			11.3	객차대차	Intermediate carrying bogie
8	12	*차체	12.1	동력차 배선	Wiring Power car
9		*BODY	12.2	동력객차/객차 배선	Wiring trailler
10			12.4	동력차 기관사 좌석	Interior fitting PC (Driver's seat)
11			12.5	동력차 실내설비	Internal fitting PC
12			12.6	객차 실내설비	Internal fitting TR
13			12.7	음식설비	Catering
14			12.8	차체댐퍼	Damper
15			12.9	동력차 각종 문	Power car door
16			12.10	동력차 커플러	Coupler power car
17			12.11	객차 커플러	Coupler power trailer
18			12.12	동력차 외부설비	External fitting power car
19			12.13	동력객차 외부설비	External fitting Motorized Trailer
20			12.14	객차 외부설비	External fitting Trailer
21			12.15	고압전원 보호 패널 조립체	HV protection panel assembly
22			12.16	키 박스	Key box
23			12.17	압력파 방지	Pressure wave
24			12.18	창문	Window
25			12.19	벨로스 및	Bellows and gangway assembly
26			12.20	케링링 라이닝 측면 패널	Carried ring lining lateral panel
27			12.21	케링링 라이닝 상부 패널	Carried ring lining upper panel
28			12.22	케링링 라이닝 하부 바닥	Carried ring lining lower floor
29			12.23	링-대차간 기계적 연결	Mechanical connection ring-bogie
30			12.24	머드 플랩	Mud flap
31			12.25	동력차 공기조화장치	Air conditioning power car
32			12.26	객차 공기조화장치	Air conditioning Trailer
33			12.27	객차 조명	Lighting trailer
34	13	*통신	13.1	전화/팩스	Phone / Fax
35		*COMMUNICATION	13.2	무선통신	Radio
36			13.3	방송 인터콤	Intercom-public address
37			13.4	승객 인터콤	Intercom system passenger
38			13.5	비디오	Video
39	14	*문	14.1	문	Door control
40		*DOORS	14.2	승강문	Access door
41			14.3	객실출입문	Internal doors
42	15	*운전	15.1	차상컴퓨터	OBCS
43		*DRIVING	15.2	안전설비	Safety equipment
44			15.3	동력차 저전압 설비	Apparatus LV PC
45			15.4	기관사 배전반	Cab cubicle
46	16	*전원생성및분배	16.1	객차 저전압 전기 캐비닛	Electrical cabinet LV trailer
47		*ELECTRIC P & D	16.2	동력차 하부 전원장치	Power car underframe
48			16.3	객차 하부 전원장치	Trailer underframe
49			16.4	보조블럭	Auxiliary bloc
50	17	*고압전원공급	17.1	주변압기	Main transformator
51		*HV SUPPLY	17.2	고압라인	HV line
52			17.3	지붕장치	Roof equipment
53	18	*기계제동	18.1	공압적 제동 제어장치	Pneumatic braking control
54		*MECHANICAL BRAKE	18.2	전기적 제어유닛	Electrical Control unit
55			18.3	동력대차 제동장치	Motor bogie brake
56			18.4	객차대차 제동장치	Trailer bogie brake
57	19	*견인및전기제동	19.1	견인전동기	Traction Motor
58		*TRACTION & ELEC. BRAKING	19.2	모터블럭	Motor Bloc
59			19.3	기타장치(견인제동)	HV apparatus

RCM 시스템에 많은 기능이 있지만, 아직까지 신뢰성관리업무의 초보단계 수준으로 인하여 주로 관리하는 것은 본사 신뢰성관리위원회의 심의 사항인 신뢰성 관리지표에 한정하는 수준이다.

신뢰성 관리지표에 사용되는 용어의 정의와 기준은 다음과 같다.

- 영업운행고장(Service failure) : 고속차량이 영업운행 동안 다음의 어느 한 경우라도 유발하는 결함, 고장 또는 이러한 두 가지의 결합으로 발생하는 고장
  - ·차량고장으로 인하여 종착역 10분 이상 지연 도착
  - ·차량고장으로 인하여 시발역 5분 이상 지연 출발
  - ·여객 환승
  - ·민원 발생(예, 갱웨이 소음, 냉난방 불량 등으로 인하여 여객분산 또는 편성 교체 등)
  - ※ 다른 시스템 또는 다른 편성의 고장으로 인하여 누적된 지연 등 외부요인에 의한 지연은 제외한다.
- 고장(Failure) : 고속차량 또는 부품이 규정된 성능을 발휘하지 못하거나 작동 불가능한 상태를 말하며, 부품을 교환함으로써 기능을 복구한 경우와 부품을 교환하지는 않았으나 기능회복을 위해 유지보수 작업자의 상당한 노력을 필요로 하는 경우
  - ※ MKBF 지표를 관리하기 위한 고장은 기본적으로 부품들의 고유결함을 대상으로 한다.
- MKBF 관리지표를 위한 고장분류에서 제외되는 사항
  - ·매뉴얼의 착오
  - ·작업자의 실수
  - ·사고
  - ·부적절한 공구 사용
  - ·유지보수상의 실수
  - ·부적절한 환경
  - ·주기검수 미실시
  - ·정상적인 마모, 포텐셜(수명) 도래로 인한 교체
  - ·시험목적 상 교체
  - ·소모품(단, 소모품 중 장치의 고장과 직접적인 원인이 되거나, 안전상 중요한 경우에는 고장으로 포함한다. 예, 감속기 레비린스 볼트, 살사장치 서포트 암 취부볼트, 팬터그래프 타이롯드 볼트 등)
  - ※ MKBF 지표관리에서 제외되는 항목도 MKBSF 지표관리에 해당하는 항목은 MKBSF 지표관리에 포함한다.
- 가용성 : 가용성은 유지보수를 위하여 기지에 체류하고 있는 시간을 제외한 시간으로 계산한다. 즉 유지보수 시간은 기지에 입고한 시각부터 유지보수를 완료한 시각까지이다.

$$가용성(\%) = (1 - \frac{유지보수시간}{24시간}) \times 100$$



KTX-RCM 시스템은 상기와 같은 기준으로 MKBSF, MKBF, 가용율 등을 자동으로 계산하여 신뢰성 월간보고(서)를 작성할 수 있도록 통계적으로 처리된다.

3.3 하자보증기간 전후의 신뢰성관리

3.3.1 하자보증기간 동안의 신뢰성 평가

고속차량의 신뢰성은 경부고속철도 도입계약에 따라 신뢰성 평가를 하도록 되어 있었다. 신뢰성 요구사항으로 MKBSF는 121,000km이며, 평가기간은 상업운행 2년 또는 누적 110,000 편성-시간으로 명시되었다[5].

이 기간 동안 신뢰성 평가에서 적용되는 기준은 다음과 같다.

- 차량결함, 고장 또는 이들의 복합적인 것이 아래의 결과를 초래하는 것
  - · 계획된 운행시간에 비하여 종착역에 10분 이상 지연 도착
  - · 영업열차에 배정하지 못함(유지보수 잘못 또는 미비로 인한 때는 제외)
  - · 영업운전으로부터 열차의 철회
- 상기 항목은 단지 차량에서 기인하는 고장으로 인한 것이며, NFF(No Fault found)는 제외됨
- 열차의 고장이 다른 열차의 방해를 일으키는 것은 단지 1회로 계산
- 열차를 서울에서 서울까지 왕복 운행의 출발에서 정상상태이어야 함

하자보증기간 동안 코레일은 매월 계약자와 신뢰성평가협의회를 개최하여 고장이나 지연사항 등이 상기조건에 적용되는 계약자 귀책사유인지에 대하여 평가를 하였다.

평가결과, 고속철도 개통 후 2년간의 MKBSF 추이는 그림 3과 같으며, 신뢰성 평가 종료 시점인 2006년 3월말의 12개월 이동평균 MKBSF 값은 173,870km로써 경부고속철도 도입계약에서 요구한 121,000km를 초과하였다. 그리고 MKBSF 추이에서 보는 것과 같이 12개월 이동평균 MKBSF는 지속적으로 성장한 것을 확인할 수 있다.

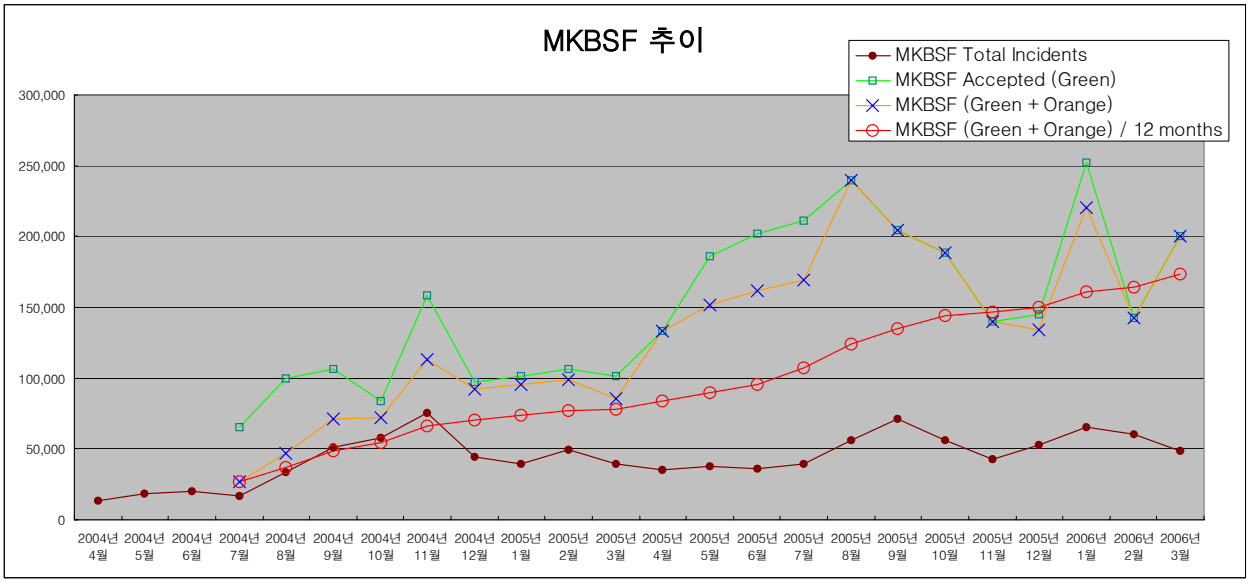


그림 3. 신뢰성 평가 기간 동안 MKBSF 추이

3.3.2 하자보증기간 이후의 신뢰성 평가

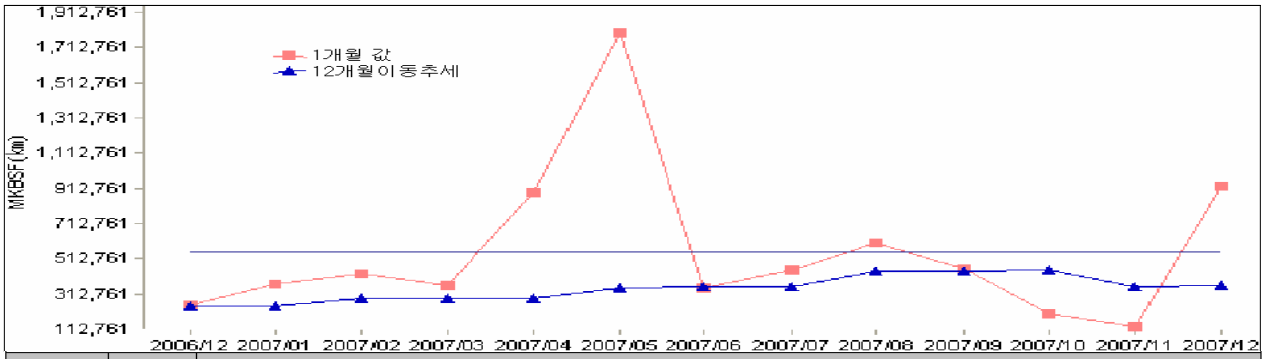
2006년 3월말까지는 고속차량의 하자보증기간으로 이 기간 동안의 신뢰성 평가는 계약자에 의해서 MKBSF만 평가하였다.

하자보증기간 종료 후, KTX-RCM 시스템에 의하여 수집된 자료를 통하여 분석된 신뢰성 관리지표는 다음년도 1/4분기에 신뢰성관리위원회를 개최하여 평가하도록 되어있다.

2006년도와 2007년도 12월말 현재 신뢰성 관리지표 평가 결과는 표 2와 같으며[6], 그림 4는 KTX-RCM 시스템에서 분석된 2006년12월부터 2007년 12월까지의 MKBSF 추이를 나타낸다.

표 2. 신뢰성 관리지표 현황

구 분 / 연 도	MKBSF (km)	MKBF (km)	백만 km당 Service Failure 건수	가용성 (%)	*km당 유지보수비용 (원)*
2006년	282,437	1,048	3.54	70.6	*3,754*
2007년	358,980	1,620	1.75	71.3	*2,380*



구분	2006년	2007년											단위 : km/건
	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
주행키로 (만키로)	176.0	184.0	170.8	182.5	177.8	179.3	175.2	180.7	181.9	181.8	179.8	175.4	184.6
운행지장	7	5	4	5	2	1	5	4	3	4	9	14	2
MKBSF	251,486	367,994	427,067	364,954	889,185	1,793,277	350,383	451,729	606,402	454,456	199,759	125,291	923,181
12개월 이동추세	241,557	243,304	286,440	290,158	291,639	350,701	352,221	353,127	442,962	445,785	445,923	357,547	358,980

그림 4. KTX-RCM시스템을 통한 MKBSF 추이

표 2에서 보는 바와 같이, 고속차량 KTX의 신뢰성이 향상되는 것을 알 수 있다. 운행 중 고장 간 평균거리인 MKBSF는 2007년 12월말 현재 358,980km로써 하자보증기간 종료시점인 2006년 3월말에 비하여 약 27% 증가하였다. 또한 부품고장간 평균거리, 백만 km당 service failure 건수 및 가용성도 2006년도에 비하여 2007년도에 증가하였다. 그리고 고속차량의 2007년도 km 당 유지보수 비용은 2006년도에 비하여 36.6% 감소되어 2,380원을 보이고 있다.

고속차량의 신뢰성 향상을 위하여, 코레일(고양기지)은 매월 KTX-RCM에 수집된 정보를 바탕으로 계통장치별 치명도, 기능구성체계별 MKBF 추세 등을 분석하여 고장형태별 영향 및 등급분석(FMEA)을 시행하고 개선대책을 수립하여 시행한다.

다음 표 3과 4는 고장형태별 원인 및 영향분석과 개선대책 도출 방향에 대한 사례로써, 2007년7월부터 2007년 12월 중에 발생한 운행 중 장애를 장치별로 구분하여 평균 치명도와 발생빈도를 산출하고, 이에 따라 개선대책을 도출한 것이다[7].

표 3. 열감지 동작(모터블록) FMEA

부품명	고장형태 (장애건수)	영 향 (Effect)	원 인 (Causes)	수리방법 (Action)	치명도 (C_1)	월빈도 (C_2)	등급 (Cs)
모터블록 콘덴서, 모터블록내 저항기	콘덴서 및 저항 발열손상 (3건)	열감지 호스 및 저항 소손 환승, 충당변경	저항 과부하로 인한 발열	역률개선장치 저항기, 콘덴서, 릴산튜브(열감지호스) 교체	14.3	0.5	7.15
모터블록 동력접촉기	가동레버부위 발열, 션트선 용융 탈락(3건)	열감지 호스 소손, 충당변경, 지연운행	접촉저항에 따른 발열 및 아크로 인한 용손	TCP 접촉기 및 릴산튜브 (열감지호스) 교체	4.6	0.5	2.3
모터블록 냉각송풍기	송풍전동기 동작불량, 송풍휀 절손(2건)	열감지동작, 모터블록 자동차단, 환승, 충당변경	모터블록 냉각송풍기 휀 회전자축 재질결함	냉각송풍기 교환	13	0.3	3.9

표 4. 개선대책 도출 방향

범례		
	대책실시요	○
	자체조치요	▲

구성품	부품명	고장형태	원 인 (Causes)	대 책 (Plan)	개선방향		
					설계	정비	운영
열감지 (모터블록)	모터블록 콘덴서, 모터블록내 저항기	콘덴서 및 저항 발열손상	저항 과부하로 인한 발열	역률개선저항기 콘덴서 개선, 에폭시→세라믹 콘덴서 교환 시행중(고속차량팀-1286, 2007. 8.13) 예방점검시 콘덴서 관리 점검 시행	○	▲	
	모터블록 동력접촉기	가동레버부위 발열, 션트선 용융 탈락	접촉저항에 따른 발열 및 아크로 인한 용손	전기기관차용 동력접촉기(TCP형) 시험조사 확대적용 시행중(고속차량팀-1399, 2007. 9.3) 접촉면의 전기저항 감소를 위해 은(silver) 그리스 도포 온도테이프구매/부착 열화상태에 따른 교환검토	○	▲	

우리나라 고속차량의 모태인 프랑스 SNCF TGV의 고장율과 유지보수 비용을 KTX와 비교하면 표 5와 같다[8].

표 5. 고장율 및 유지보수 비용 비교

구 분		1992년	1995년	1998년	2000년	2003년*	2006년	2007년
SNCF [TGV-A]	백만km당 고장건수	24.73	11.23	8.09	6.32			
	유지보수 비용**	3,371	3,263	3,107	3,263	2,330		
Korail [KTX]	백만km당 고장건수***						2.5	1.3
	유지보수 비용						3,754	2,380

* TGV-PSE의 2003년도 유지보수 비용[9]

** SNCF 비용 : 1유로=1553.65원 적용(2008.9.8 기준)

*** 백만 km 당 고장건수 : Korail 본사 입건 고장건수

고속철도 개통 이후 고속차량의 고장 발생 추이를 보면, 그림 5와 같다. 여기서 말하는 고장은 신뢰성 평가에서의 service failure와는 다른 개념이다. Service failure는 고장뿐만 아니라 여객환승이나 민원 발생사항도 포함하는 것으로 일반적으로 고장보다는 광범위한 개념이라고 할 수 있다.

그림 5에 나타난 것처럼, 고속차량은 개통 초기에 많은 고장이 발생하였으나 2005년 이후부터는 분기별 백만km당고장이 평균 2건 정도 발생하여 안정적인 형태를 보이고 있다. 또한 표 2와 5에서와 같이 고속차량의 km당 유지보수 비용도 2007년 말 2,380원으로써 SNCF TGV-PSE의 2003년도 유지보수 비용(2,330원)과 비슷한 것을 알 수 있다.

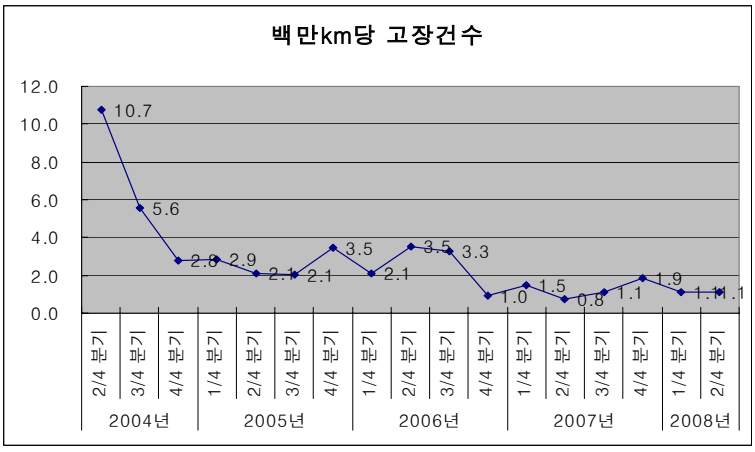


그림 5. 분기별 백만 km당 고장건수

4. 유지보수 발전 방향

고속차량의 신뢰성 평가(관리)에 대하여 살펴본 결과, 운행 중 service failure는 지속적으로 성장하여 2007년 12월말 현재 MKBSF는 358,980km에 이르며, 백만 km당 고장 건수도 개통초기인 2004년 2/4분기 10.7건에서 2008년2/4분기에는 1.1건으로 줄어들었다.

MKBSF를 증가시키고 백만 km당 고장건수 감소와 유지보수 비용을 줄이기 위해서는 유지보수 자료를 체계적으로 수집·분석하여 고장과 여객 서비스에 영향을 미치는 주요부품들에 대한 MKBF를 높여야 할 것이다. 그리고 MKBF가 낮은 부품에 대해서는 그 원인이 무엇인지를 집중 분석하여 정확히 밝혀야 할 것이다.

예상되는 원인들로는 유지보수 작업의 오류, 매뉴얼의 오류 등에 의한 인적 오류가 있을 수 있으며, 부품의 제작결함, 성능부족 등 각종 부품들의 자체 신뢰성이 낮은 것이 있을 수 있다.

고속차량의 전체 시스템에 대한 신뢰성을 향상시키기 위해서는 유지보수 과정에 수집된 자료를 분석하여 그 결과를 피드백 함으로써 인적오류는 작업방법 개선, 유지보수 매뉴얼 개정 등을 통하여 그리고 부품들에 대해서는 불량개소에 대한 원인을 제작회사로 피드백하든지 아니면 부품 구매 시 구매 사양을 강화하여 신뢰성 있는 부품이 입고되도록 하여야 할 것이다.

5. 결론

본 논문은 고속차량 KTX의 신뢰성 평가를 개통이후부터 2007년12월까지의 자료를 바탕으로 이루어졌다. 고속차량의 신뢰성 평가는 운행중고장간 평균주행거리(MKBSF), 부품고장간 평균주행거리(MKBF), 백만 km당 service failure 건수, 가용성 및 km당 유지보수 비용을 분석하였다.

하자보증기간 종료 후, Korail에서 수행한 신뢰성 평가결과에 나타난 것처럼 2007년도 신뢰성 관리지표는 2006년도에 비하여 향상되었으며, 특히 MKBSF는 358,980km로 경부고속철도 계약서의 신뢰성 값인 121,000km 보다 66% 증가하였고, 2007년도 km당 유지보수 비용은 2006년도에 비하여 36.6%가 감소되어 2,380원이 들었다.

철도차량에 대한 신뢰성관리의 목적은 차량 전체시스템과 각종 부품들의 신뢰성을 향상시켜 고장을 예방하여 고객 서비스를 향상시킬 뿐만 아니라 유지보수 비용을 줄이는 것이라고 볼 수 있다. 따라서 고속차량의 신뢰성을 확보함으로써 열차의 가용성, 안전성을 향상시키고 철도서비스의 경제적 척도인 유지보수 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. http://eis.korail.go.kr - BIS 영업정보시스템 (2004.4~2008.8 승차인원 누계실적)
2. 오석문, 강길현, 김성권, 유경종, 최석중 (2002), “RCM을 이용한 고속철도차량의 유지보수 체계 구축", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집 pp.53~60
3. 유양하 외 (2006), “철도차량RCM적용방안연구 1차년도성과보고서”, 철도연구개발센터
4. 최석중 (2000), “고속철도차량의 효율적인 유지보수 방안에 대한 고찰”, 건국대학교 산업대학원
5. KHRCA (1994), "Contract for provision of Rolling stock, Catenary, and Train Control System", Vol. 1, Exhibit D RS, p.32, p143
6. 한국철도공사 (2006, 2007), "신뢰성관리위원회 개최 결과”, 고속차량팀
7. 수도권철도차량관리단, “KTX-RCM 기반 고속차량 월별 신뢰성분석(2007.12월분)”, 고속신뢰성관리팀
8. 철도청 (2002), “SNCF-I 기술자문보고서(IOM RS 02-08-08, '02.8.14)”
9. "Etablissement Industriel de Maintenance des TGV de Paris Sud-Est", EIM TGV-2004.5