

철도차량의 신뢰성유지보수 적용방안 연구

A study of the application method of Reliability Centered Maintenance on railroad cars

유양하*
Yu, Yang-ha

For maintaining the modern railroad car, a scientific and systematic approach must be achieved due to the complexity and high-technology feature of its components and systems. The maintenance method also has to be well-organized via statistical analysis. We can note that our ultimate object to implement the maintenance of reliability is to reduce vehicle failures, which are inevitably generated in service, to the lowest possible level and also ensure the most cost-effective maintenance. In addition, it is aimed to reduce unnecessary maintenance works and perform the most suitable maintenance through systematically analyzing the time interval of replacement and maintenance, and maintenance method on the requisite components.

I. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

한국철도공사는 2004년 고속철도 개통과 더불어 신뢰성전산시스템(KTXRCM)을 구축하는 등 신뢰성 유지보수를 위해 부단히 노력해오고 있다. 그러나 업무 담당자 및 특히 관리자의 잦은 교체로 올바른 정책 수행을 하지 못하고 있는 실정이다. 고속철도 개통과 더불어 신뢰성유지보수 업무를 담당하면서 그 누구에게도 뒤지지 않는 의욕과 사명감을 가지고 추진하고 있으나 기존의 보수적 관념에서 쉽게 벗어나려 하지 않는 많은 난관에 부딪치고 있는 것이 현실이다. 특히 지금껏 한국철도 흐름에 중추적 역할을 하여왔고 현재는 철도를 이끌고 있는 기존인식의 저항은 쉽게 극복할 수 없는 큰 장벽이 아닐 수 없다. 철도차량유지보수는 그 특성상 많은 인력과 비용이 들기 때문에 얼마나 과학적으로 수행하느냐에 따라 경제성과 신뢰성의 효율에 엄청난 차이가 날 수 밖에 없다. 신뢰성을 기본으로 하는 유지보수를 하자는 것은 기존의 형식적이고 비유연한 정비체계를 효과적인 방법으로 탄력적이고 체계적인 시스템을 통해 수행하자는 것이다. 즉, 비능률적인 과거의 방식에서 하루 빨리 탈피하여 선진화된 정비체계를 갖추자는 것이다.

이에 본 연구는 철도차량유지보수 체계를 하루 빨리 선진화하는데 조금이라도 도움이 되고자 하며 한 사람이라도 더 공감대를 얻는데 연구의 목적을 두고자 한다.

* 정회원 한국철도공사 연구개발센터

1.2 신뢰성유지보수의 목적

현대의 철도차량은 부품과 시스템이 복잡하고 첨단화되어 유지보수 또한 과학적이고 체계적인 접근이 반드시 수행되어야 한다. 그러기 위해서는 유지보수 방법 또한 통계적인 분석을 통한 체계적인 방법이 되어야 한다. 신뢰성유지보수를 수행하는 최종적인 목적은 차량운행 중 필연적으로 발생할 수 있는 차량고장을 최소로 줄이고 가장 적은 비용으로 가장 효율적인 정비를 시행하는데 그 목적이 있다고 할 것이다. 또한 불필요한 정비는 줄이고 꼭 필요한 부품의 교환, 정비기간, 정비방법 등 체계적으로 분석하여 가장 적절하게 정비를 수행하자는 것이다.

신뢰성 중심의 정비체계를 나타내는 용어가 RCM(Reliability Centered Maintenance)이며, RCM은 2차 대전 이후 항공 산업분야에서 시작한 것으로 유지보수가 필요한 군수무기관리 등으로 발전되었으며, 고장예방과 정비를 함에 있어 체계적인 분석을 통해 시행하는 정비절차라 할 수 있을 것이다. 현대의 철도는 시스템이 복잡해지고 첨단화됨에 따라 철도차량정비야 말로 RCM의 절차를 발전시켜 철도차량 특성에 맞는 유지보수시스템의 실현이 가장 시급한 지상과제라 할 것이다.

II. 철도차량 신뢰성 유지보수 방법

2.1 의식공유

신뢰성 유지보수를 수행하는데 가장 필요한 것은 전 종사자와 관련자들의 신뢰성유지보수에 대한 개념 이해와 의식공유가 무엇보다 중요하다는 것을 깊이깊이 깨닫고 있다. 아무리 좋은 제도와 시스템이라고 하더라도 그것을 이행하는 사람이 올바르게 인식하지 못하거나 부정적인 시각을 가지고 있다면 그 제도는 실패하기 마련이기 때문이다. 신뢰성유지보수 정착을 위해 어떤 방법으로 어떻게 수행해야 하는지 다 같이 공감하기 위해서는 체계적이고 광범위한 교육이 시행되어야 한다. 신뢰성유지보수 즉 RCM이라고 표현함으로써 RCM이 도대체 무엇이며 왜 해야 되는지 무엇을 하자는 것인지 모르는 상태에서 성과나 결과가 나오기를 기대하기는 어려울 것이기 때문이다. 신뢰성업무를 수행하면서 초기에 부닥치는 물음이 '과연 RCM이 우리 실정에 맞는가?'라고 반문하는 것이다. 결론을 먼저 언급하면 평소에 잘못해 오던 것을 지금부터는 잘하자는 것인데 우리 실정에 맞지 않거나 시기상조라거나 하는 것은 맞지 않는 말이며, 그 물음은 곧 RCM의 정확한 개념을 이해하지 못하고 있기 때문이다. 결국 올바른 시작의 방법은 학습과 교육을 통한 의식의 공유에서부터 출발하는 것이라 할 것이다.

2.2 조직의 구성

어떤 조직이나 그 조직을 이끌어갈 관리자와 또한 그 조직의 구성원으로서의 조직원이 있게 마련이다. 관리자가 올바른 의식을 가지고 있지 않으면 그 조직은 올바르게 나아가지 못할 것이고 관리자가 의식을 가지고 있으나 각 구성원들이 의식이 없다면 그 조직은 불만이 쌓일 것이고 추진이 되더라도 많은 어려움을 겪게 될 것이다. 즉, 그 조직이 추진하고자 하는 목표로 나아가기 위해서는 관리자와 조직원이 공동의 목표를 가져야만 할 것이다. 신뢰성업무를 핵심은 모든 관련자의 의식공유와 더불어 신뢰성업무를 전담하는 전문조직의 구성과 운영이라 하겠다. 전문조직의 구성은 우선 차종별로 전국을 담당할 수 있는 소속을 지정하고 차종별 부품의 특성을 감안하여 부품별 전담자를 지정하는 조직을 구성 운영하여야 한다. 한국철도공사의 신뢰성전담조직의 구성안은 다음과 같다.

차량사무소는 차종별로 구분하여 관할 관리단이 동종의 차량 전체를 담당하며, 차량사무소에서는 각각의 운용을 담당하는 차종별 차량의 Data를 관할 차량관리단에 제출하여 분석되고 정비정책이 반영되도록 하여야 한다. 예를 들면 서울차량사무소와 같이 PP새마을 동차와 객차와 화차를 담당하는 경우 객차

와 화차 운용에서 발생하는 정비내용, 고장정보, 부품교환내용 등의 Data는 대전차량관리단으로 PP동차는 서울차량관리단으로 송부토록 하는 것이다. 또한 각 차량사무소에는 차종별 신뢰성업무 담당자를 두어야 함은 물론이다. 각 소속별 구성원의 수는 업무량 등을 감안하여 필요한 적정인원이 구성되어야 할 것이다.

2.3 신뢰성유지보수방법

앞에서 언급되었듯이 신뢰성 유지보수 방법의 핵심은 전문조직을 구성하는 것이다. 한국철도공사에는 고속철도인 KTX를 포함하여 새마을동차(Push-pull), 디젤전기기관차, 전동차, 전기기관차, 새마을 객차, 무궁화객차, 발전차, 도시통근형인 CDC동차, 화차 등 다양한 종류의 차종이 운행되고 있다. 차량 정비 또한 차종별로 구분하여 정비를 담당하고 있다. 과거와 달리 현대의 차량은 기술적, 구조적 복잡성 측면에서 한사람이 모든 분야를 다 아는 것은 불가능하다. 우리가 잘 알고 있듯이 병을 고치는 의사 또한 내과, 성형외과, 치과, 이비인후과 등 다양하게 세분화되어 있는 것을 안다. 같은 내과의사라 하더라도 누구는 간, 누구는 신장 등 각각의 장기에 권위자가 있듯이 차량정비를 담당하는 기술자 또한 한 사람이 담당할 수 있는 단위를 구분하여 담당하고, 담당하는 분야에 대해 전문가가 되어야 신뢰성관리 개념의 업무수행이 가능하기 때문이다. 신뢰성업무 수행중 유지보수 매뉴얼의 업데이트 및 정비방법 개선 로드맵을 간략히 소개하면 다음과 같다.

- ① 유지보수 업데이트 대상 요구(현장직원 또는 관리자)
 - ⇒ ② 접수 및 명확화(차량관리단 신뢰성전담자)
 - ⇒ ③ 절차, 주기 등 관련 자료 연구조사(차량관리단 신뢰성전담자)
 - ⇒ ④ 관려자 회의 및 시험
 - ⇒⑤ 사용자 및 관리자에 대한 발표
 - ⇒ ⑥ 보완, 적용(시범적용 등)
 - ⇒ ⑦ 적용(매뉴얼 업데이트)

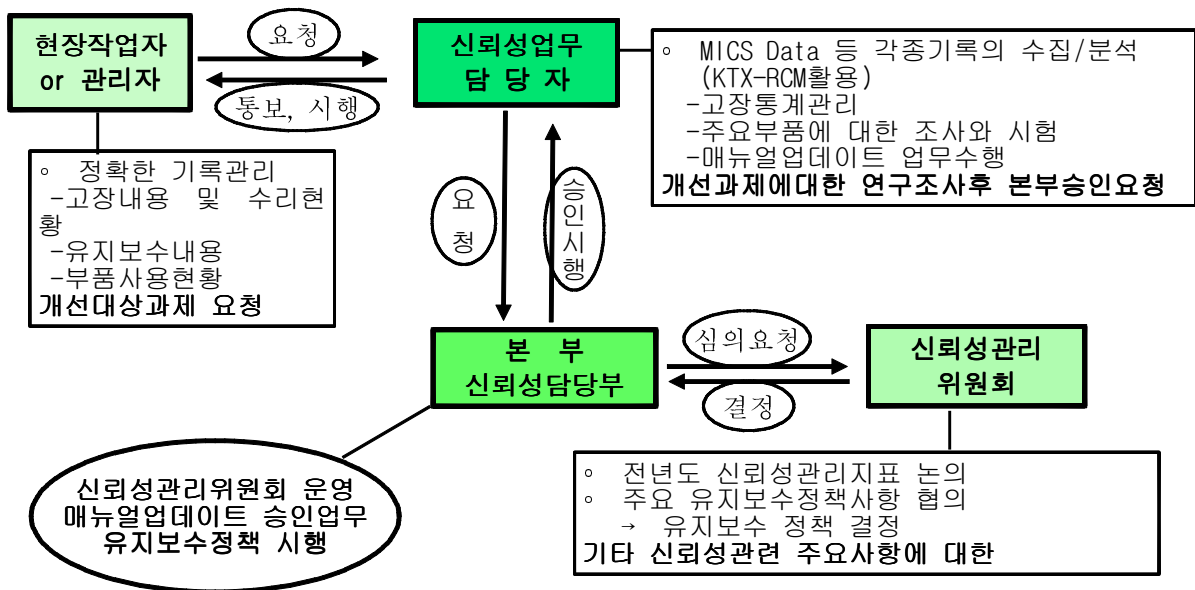


그림 1 신뢰성업무수행도

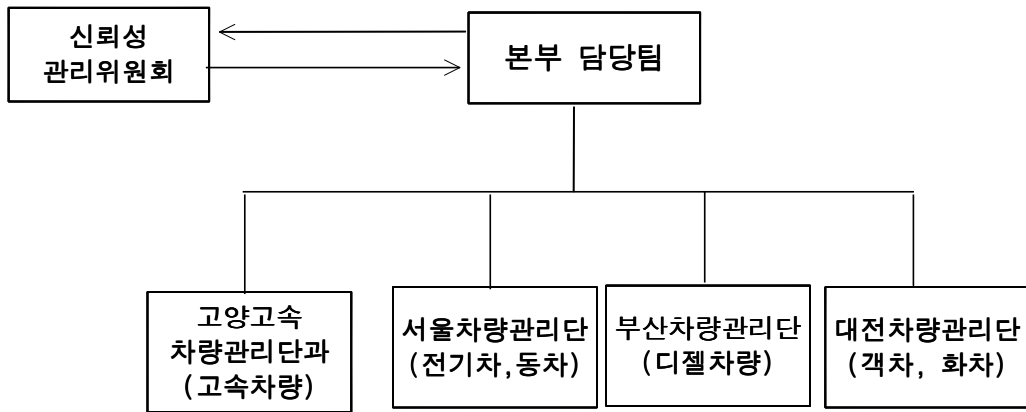


그림 2 차종별 전담조직도(안)

2.4 신뢰성업무 기법

신뢰성업무 전담자가 통계적 분석 등 업무의 수행을 위해서는 전문가가 되어야 함은 말할 것도 없다. 이러한 신뢰성업무 수행을 위해서는 고장분석을 위해 FMEA, FTA, RBD 등의 활용과 통계적 이론의 습득이 있어야 하며, 정확한 고장분석을 시행하고 통계적 개념을 이해하여 분석에 활용할 수 있어야 할 것이다. 여기서는 고장분석틀인 FMEA와 RBD의 개념에 대해 간략히 소개하고자 한다.

2.4.1 FMEA

FMEA는 이미 1950년대 초기 미해군기 조정시스템 설계 개발 시 최초로 정성적으로 시작하였다고 전해지고 있으며, 1960년대 후반부터 1970년대 초기에 정량적 해석을 다루는 치명도 분석(Critical Analysis)이 추가되어 FMECA가 시작되었다. FMEA목적은 시스템 운용 시 아이템의 고장영향 또는 고장의 결과(results)를 조사하고 고장의 가혹도(severity)에 따라 잠재적인 고장확인, 물론 근본적인 고장예방 틀로 활용하고자 한다. 분석방법은 다음과 같다.

·시스템 분해수준		·고장 형태 영향분석(FMEA)						·작성일자			
·참고도면								·페이지 /			
·임무								·작성 인			
1. 식별기호	2. ITEM 혹은 기능명	3. 기능	4. 고장형태	5. 고장원인	6. 고장 영향			7. 금지법.	8. 보상수단	9. 가혹도	10. 비고
					부분영향	상위수준영	최종품영				

표 1 FMEA양식

① 식별기호(Identification number)

시스템기능과 장비의 일관성 있는 확인을 위한 일련번호 또는 다른 참고번호, 블록도상의 번호 또는 설계상의 부품번호 등

② 아이템 또는 기능명

고장모드 및 효과분석을 위한 아이템의 이름 또는 시스템의 기능

③ 기능(Function)

앞에서 채택한 구성품이나 부품이 본래 수행해야 할 기능을 작성, 개발초기의 기능 FMEA에서는 부

품이나 구성품이 정해져 있지 않기 때문에 1 및 2항이 없고 여기서부터 시작한다고 생각하면 되며 설계상 정해진 경우 아이탬명만 기입하고 생략할 수도 있음

④ 고장모드(Failure Mode)

고장 형태라고도 하며 단락, 개방/변형, 마모, 고착/누수, 오염 등 한 개의 아이탬에서 2개 고장모드 예상 시 별도로 1개씩 채택하여 기술

⑤ 고장원인(Failure Causes)

예상되는 고장원인은 우발적으로 발생할 수도 있고 예기치 않은 환경조건에 의해서 발생할 수도 있다. 또한 제작상의 문제로 인한 고장일 수도 있으며 일반적으로 이 정보는 정비업무 부서가 많이 가지고 있음

⑥ 고장영향(Failure Effects)

만약 4)항의 고장형태가 발생했다면 이것이 상위 수준에 대해 어떠한 영향을 줄 것인가를 기술하며 우선 상위 수준의 하드웨어 즉 서브시스템의 영향을 기술하고 시스템 업무에 미치는 영향을 기술하기도 하며 인명 및 재산에 위험성을 중시하여 그것들이 미치는 영향을 기술하기도 함

⑦ 검지법(Failure Detection Method)

고장이 발생하면 어떻게 검지하는가를 기술 함 예를 들어, 소리가 조용해진다든지/계기판독 등을 말하며, 중요한 것은 현재 해석되고 있는 시스템에서 어디까지 검지할 것인가를 정의

⑧ 보상수단(Compensating provisions)

전항과 마찬가지로 고장이 발생하면 어떻게 보상할 것인가를 현재의 설계 상태에 대해서 기술, 운용시 주의사항 및 절차 변경 등을 통한 안전성측면에서 여러 방안 제시 필요

⑨ 가혹도(Severity Class)

가혹도 분류는 부품이나 구성품의 고장으로 인하여 발생할 수 있는 결과에 대한 정성적인 척도를 제공하기 위한 작업으로 고장 영향을 단계별로 구분 이를 기준으로 하여 할당

위의 형식이 절대적이라 할 수는 없으며, 분석과제의 특성에 따라 얼마든지 변화되고 발전될 수 있을 것이다. 중요한 것은 고장분석을 이와 같은 정해진 틀에 의해 체계적으로 시행하는 것이 중요하다고 할 것이다.

2.4.2 신뢰성블록다이어그램(RDB)

RDB(Reliability Block Diagram)는 각 부품의 신뢰도를 통하여 전체 시스템의 신뢰도를 산출할 수 있는 개념이다. 철도차량과 같이 많은 기능을 가진 부품이 조합되어 움직이는 시스템의 경우 연결된 각 부품의 신뢰도를 측정하여 전체 차량에 대한 신뢰성 예측이 가능할 것이다.

$$R_s = R_1 R_2 R_3 \dots R_n = \prod_{i=1}^n R_i$$

R s = 시스템이 작동할 확률

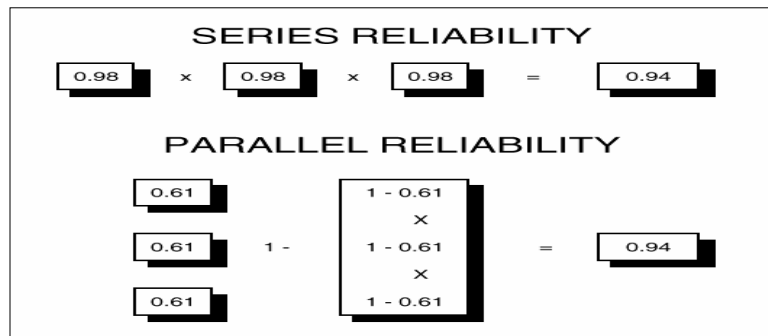
R i = i 번째 부품의 신뢰성

n = 부품의 총 수

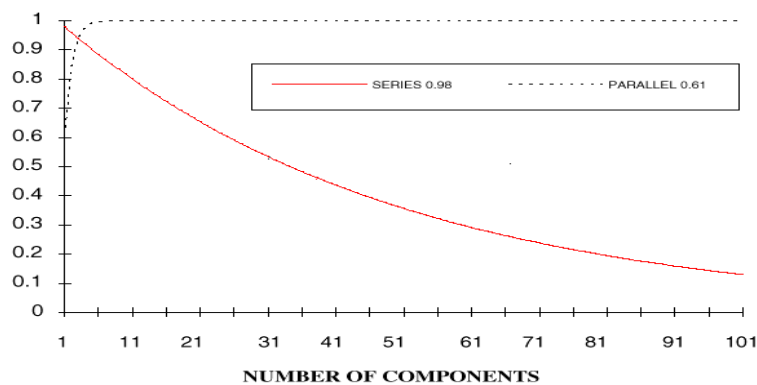
예를 들어, 철도차량이 100개의 기능을 가진 부품으로 구성되어 있다고 하고 각각의 부품의 신뢰도는 0.99 즉, 99%의 신뢰도를 가지고 있다고 할 때 이 차량의 운영 신뢰성은 36.6%에 지나지 않는다. 즉 3 개 열차가 운행하면 두 개의 열차에 고장이 발생한다는 개념이다.

$$R_s = (0.99)(0.99)(0.99) \dots (0.99) = (0.99)^{100}, \quad R_s = 0.366$$

각각의 부품은 고유의 신뢰도를 가지고 있고 다른 모든 구성부품이 신뢰도가 높다 하여도 구성품 중 하나라도 신뢰도가 낮으면 전체 구성장치의 신뢰도는 낮은 하나의 영향을 받는 것이다. 그리하여 전체 장치의 신뢰도 영향을 미치는 부품에 대하여는 중복장치(Redundancy)를 하여 신뢰성을 확보하여야 한다. 그림 3과 4에서 보는 바와 같이 각 부품의 신뢰도가 조합되어 전체 신뢰도를 나타낼 때 보완장치가 되어있어서 신뢰도를 확보해주는 것과 그렇지 않은 것의 신뢰도가 현저히 다를 수 있다.



[그림 3 직렬 대 병렬 신뢰성]



[그림 4 직렬 대 병렬 신뢰성 비교]

RBD은 대부분의 전기적 기계 시스템에 대해서 사용되어 질 수 있다. RBD는 신뢰성 할당을 돕는데 사용되어 질 수 있고, 시스템의 중요한 요소들을 인식하고 신뢰성 데이터 요소를 모으며, 시스템이 특별한 고장모드에 반응하는 방법을 보일 수 있다. 연속적이고, 수평적이며, 복잡한 시스템이 분석되어 질 수 있다.

III. 결론

신뢰성의 사전적인 해석은 「아이템이 주어진 조건에서 규정된 기간 중에 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 있고 신뢰성에 대한 범위와 해석도 시대의 요구에 따라서 달라질 수 있다. 이러한 신뢰성의 개념이 반영된 유지보수가 RCM이라고 할 것이며, RCM개념을 적용한 신뢰성유지보수의 빠른 정착이 오늘날 우리 철도가 살아남을 수 있는 길이라고 감히 확신한다. 철도차량을 유지보수 함에 있어서 신뢰성업무의 핵심은 운행 중 발생하는 고장과 부품의 교환 등 유지보수 실적을 정확히 데이터베이스화 하여 관리하고 이를 과학적으로 분석하여

실무에 적용하는 것이다. 이의 실행을 위한 전담조직이 구성되어야하고, 관련자 모두의 의식의 공감대가 형성되어야하고, 체계적인 절차에 의해 수행되어야 할 것이다. 이와 같이 할 때 신뢰성을 기본으로 하는 유지보수를 수행한다고 할 것이다. 신뢰성 기반이 다져지고 신뢰성유지보수가 정착될 때 비로소 우리는 세계 최고의 선진철도를 운영하고 있다고 자부할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 정현중 외 '신뢰도 기반 정비를 위한 기기 고장 데이터 분석' '98춘계 원자력학회논문
2. 최광희 외 'RCM분석기법을 활용한 정비규정 대상 SSCs결정 방안' 2001춘계 원자력학회논문
3. John Moubray 'Reliability-centered Maintenance' Industrial Press Inc. 1997
4. 철도청 차량본부 '고속철도유지보수이론' SNCF유지보수정책이론 번역집 2003
5. SNCF 'ESTABLISHING OF MAINTENANCE RULES(유지보수정책의 제정)' SYSTRA 2002
6. 김연중(주)유나이티드 퍼시픽 피엘지, 김찬주(주)유양기술주 'RCM 분석 기법 및 철도시스템에 대한 도입 필요성' 테마논문 2001
7. 오석문 외 'RCM을 이용한 한국 고속철도차량의 유지보수체계 구축' 연구논문 2002