

철도차량의 효과적 RCM 적용을 위한 연구 A Study on the Effective RCM Application of Railway Vehicle

김 중 곁*김 형 만**송 정 무**

Jong-Gurl Kim*Hyung-Man Kim**Jung-Moo Song**

Abstract

최근 철도차량은 안전성과 신뢰성 향상을 위해 점차 복잡하게 설계·제작되고, 품질에 대한 기대와 요구수준이 점차 높아짐에 따라 운영기관에서는 과학적이고 체계적인 예방 정비를 통한 안전성과 가용성 향상을 위해 노력하고 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 여러 방안들이 연구되고 있으며, 대표적으로 신뢰성 기반 유지보수(RCM; Reliability Centered Maintenance)가 철도분야에 지속적으로 도입되고 있는 추세이다. 본 연구에서는 새로운 예방정비 기술로 대두되고 있는 RCM의 기본이론에 대한 고찰과 RCM의 일반적 실시 절차를 소개하고, RCM의 국제규격인 IEC 60300-3-11, NAVAIR 00-25-403, MIL-STD-2173을 비교·분석하여 이를 바탕으로 철도차량에 RCM 도입 시 효과적이고 적합한 절차 및 방안을 제시하고자 한다.

Keywords : RCM(Reliability Centered Maintenance), TPM(Total Product Maintenance), TBM(Time Based Maintenance), CBM(Condition Based Maintenance), LTA(Logic Tree Analysis), FMEA(Failure Mode and Effect Analysis), RAMS(Reliability, Availability, Maintainability & Safety), 예방정비기술, 유지보수

1. 서 론

철도시스템은 차량, 전기, 신호, 선로구축물이 결합된 매우 복잡한 구조를 가진 복합 시스템이다[16]. 고장 또는 사고가 발생하면 원인 규명의 어려움과 사고에 대한 영향이 매우 크기 때문에 시스템의 신뢰성은 매우 중요하다. 따라서 철도 차량은 운행 중에 고장이 발생하지 않도록 적절한 시기에 효과적인 방법으로 정비를 하는 것이 중요하

* 성균관대학교 시스템경영공학과

** 성균관대학교 산업공학과

며, 신뢰성과 안전성의 확보와 오랜 사용연한 동안 전 기간에 걸쳐 이를 유지할 수 있는 경제적인 유지보수 체계의 확립이 무엇보다 중요하다. 철도차량은 전기, 기계적으로 결합된 매우 복잡한 구조를 가진 대형시스템으로 안정성의 확보와 이를 유지할 수 있는 유지 보수 시스템의 구축이 필수적이다. 일반적으로 대형복잡시스템(Complex system)의 운영 및 유지, 보수에 필요한 비용은 총 수명 주기비용(Life Cycle Cost, LCC)의 60% 정도를 차지할 정도로 유지 보수비가 전체 운영비에 미치는 영향이 크다고 알려져 있어 효율적인 운영, 유지, 보수 시스템의 구축을 통하여 유지 보수비용의 절감을 추구하는 일이 무엇보다 시급하다[13][14][17].

철도 차량은 고가의 부품으로 구성되어 유지 보수비용이 높을 뿐만 아니라 유지 보수 시에 차량의 효율적인 운영에 크게 영향을 미치게 된다. 이를 위해 최근 철도 운영 기관에서는 첨단기술이 적용된 철도차량을 한정된 자원을 이용하여 최적으로 운영하기 위한 과학적이고 체계적인 차량 관리를 위해 노력하고 있으며, 기존의 비효율적인 운영 및 유지보수 방식을 탈피하여 보다 효율적이고 경제적인 유지관리 업무를 수행하기 위한 활동을 실시하고 있다. 그 대표적인 활동으로 신뢰성 중심의 유지보수(RCM; Reliability Centered Maintenance)를 적용하고 있으며 이를 통해 시스템의 신뢰성, 가용성, 유지보수성, 안전성의 유지 및 향상과 유지보수 최적화를 추구하고 있다.

RCM체계는 항공사, 미 해군의 항공기, 원자력 발전소 등 안전성이 주요 초점이 되는 시스템에서 주로 적용되어 온 유지보수체계로서 철도차량의 안전성과 신뢰성 향상을 위해서는 매우 유용한 기법이다[17]. 철도차량에서 RCM 기법 적용은 차량 고장 발생 시 고장이 시스템이 미치는 영향을 안전성, 운용성, 경제성의 관점에서 분석하고, 이에 큰 영향을 미치는 장치를 선별하여 고장을 예방하기에 가장 효과적인 예방정비 주기, 정비방법 등을 선정하여 적용하며, 부품과 정비인력 비용을 정비계획에 고려하는 등 과학적이고 체계적인 분석기법으로 활용 할 수 있다[8]. 따라서 국내 철도차량에 맞게 적용하여 시스템을 구축하면 크게 향상될 것이다.

본 연구에서는 RCM 개념의 검토를 통해, 철도차량에서 요구하는 신뢰성 및 안전성의 중요성을 도출 하고자 한다. 또한 RCM분석 절차와 IEC 60300-3-11, NAVAIR 00-25-403, MIL-STD-2173에서 권고하는 활동 절차를 비교하고 상관관계를 연구함으로써, 향후 철도 차량의 효율적인 RCM 도입 시 적합한 활동절차 및 방안을 제시하고자 한다.

2. RCM의 이론적 절차

2.1 RCM의 정의

대규모의 변화에 직면한 정비 분야에서 관리자들은 정비에 대한 새로운 개념을 찾으려고 하고 있으며, 이 개념은 그 정비작업을 명백하게 유형화 할 수 있는 종합적이고 전략적인 체계이어야 하는데 RCM은 이러한 체계를 제공하는 기술이며 또한 새로운 개념의 철학이라 할 수 있다[15].

RCM은 본래 이전부터 시스템의 고장으로 인한 안전상의 치명도가 높은 해외의 대형 플랜트, 항공분야 및 군수 분야 등에서 주로 적용되어 왔다. RCM의 기본개념은 시스템 정비가 아니라 기능정비에 역점을 두는 것으로 주어진 상태에서 정상적인 작동을 보장하기 위해 시스템의 특성을 고려하여 효과적인 정비정책을 선택·적용하기 위한 논리적인 방법론이라 할 수 있다. 즉 시스템의 가장 중요한 기능에 관리의 초점을 맞추으로써 시스템의 안전성과 신뢰성을 향상시키고 부품의 고장에 따라 나타날 수 있는 결과를 완화시키거나 예방하며, 필요하지 않는 정비활동을 제거하거나 피함으로써 정비에 드는 비용을 줄이기 위해 추진된 RCM은 시스템을 완전한 상태로 되돌린다는 것에서 좋은 기능을 갖춘 상태로 시스템을 유지한다는 것으로 정비 관점을 변화시켰다.

[표 1] TPM과 RCM의 보전분석기법에 관한 비교[5][15]

구분	TPM	RCM
1. 보전방식의 종류	운용자를 위한 정비, 예방정비, 개별개선, 품질정비, 설비초기관리(정비예방), 예지정비, 안전 및 환경정비	예방정비, 예지정비, 점검(FF업무), 비계획적 정비, 재설계
2. 보전방식 선정	PM 평가표에 따른 보전방식 선정	결정로직분석(LTA)에 의한 보전방식 선정
3. 보전방식 결정기준	생산량, 품질, 납기, 비용, 안전, 작업의욕	고장율, 고장에 따른 결과치, 경제성, 실행가능성
4. 보전 추진 방법과 보전 추진 방법 수	<ul style="list-style-type: none"> ● 보전 방식별 관리 주기 ● 설비에 대한 하나의 보전방식 	<ul style="list-style-type: none"> ● 하나의 관리 주기 ● 고장유형에 대한 하나의 정비 방식
5. 현상과악	PM평가표, 체크리스트, 로스분석	부품 고장율, 고장으로 인한 결과치, 고장율 형태, 기능블럭도, 시스템 구성 요소 전개도, 기능적 중요 항목 전개표, 기능고장 해석표
6. 고장률 형태	육조곡선	육조곡선을 중심으로 한 여러 형태의 고장률 패턴
7. 예방정비의 특징	일정시간에 따른 시간예방보전중심(TBM)	시간예방정비를 가능한 예지정비, 점검(FF 업무), 재설계 등으로 전환

현재 우리나라 산업현장에 널리 적용되고 있는 정비관리 기법인 전원 참가의 TPM(Total Product Maintenance)과 RCM을 비교하면 [표 1]과 같으며, 특히 TPM은 육조곡선을 근거로 고장률을 해석하여 일정시간이 지나면 주기에 따라 예방정비를 수행하는데 반해 RCM은 부품의 여러 가지 고장률 형태에 따라 정비방식을 선정하게 되며 시간에 따라 고장률이 크게 증가하는 마모고장이 아닌 경우에는 시간예방정비(TBM)보다 상태기준정비(CBM)를 중요시한다[5]. 또한 고장에 따른 결과치가 영향을 미치지 않거나, 적용 가능한 예방정비 업무를 찾지 못하거나, 자주 사용하지 않는 설비, 경제적으로 무의미한 고장유형 등에 대해서는 예방정비를 하지 않으며, 고장의 결과에 따른 영향이 크거나 긴급정비를 요하는 부품에 대해서는 가능한 한 점검을 실시한다[15]. 따라서 RCM에 있어서는 상태기준 정비 및 비계획적 정비가 큰 비중을 차지하며, 시간예방정비의 비중은 매우 낮게 된다.

2.2 RCM의 일반 절차

RCM 적용 시 고려해야 할 기본적인 질문사항은 [표 2]와 같으며, RCM 절차에 대한 내용은 규격서, 논문 등에 다소 다르게 소개하고 있지만, 대상 시스템에 대하여 기존의 정비 프로그램을 최적화 하거나 또는 새로운 정비 프로그램을 수립하기 위한 체계적인 방법 이라는 공통된 내용을 포함하고 있다[9]. RCM 절차는 응용분야에 따라 상이하게 적용될 수 있으며, 일반적인 절차는 다음의 순서에 따른다. (1) 데이터 수집, (2) 계통(System) 구분, (3) 중요 아이템 선정, (4) 고장모드영향분석, (5) RCM 결정 논리구조에 의한 해석, (6) 결정된 유지보수 방식 적용 및 비교평가

각 과정별 구체적인 작업내용은 다음과 같다.

(1) 데이터 수집

RCM 초기 단계에는 대상 시스템에 대한 운영데이터, 신뢰도 데이터, 설계 데이터를 수집한다. 효과적인 분석과 예방정비 업무의 최적 주기에 접근을 위해서는 신뢰성 있는 운영데이터 수집이 필수적이다.

(2) 계통(System)의 구분

RCM 분석을 용이하게 수행하기 위해서는 계통(System)을 부계통(Sub-system)으로, 부계통은 다시 장치(Equipment) 또는 부품(Unit)단위의 하위 수준까지 분할 할 수 있다. 신뢰도분석에 활용되는 신뢰도 블록도가 있다면 구분 작업이 유용하게 쓰일 수 있다.

(3) 중요 아이템 선정

시스템에 중요한 계통이 정의되고 계통경계가 식별되면, 계통을 기능적으로 중요한 기기(Functionally Significant Item: FSI)를 선정한다. 각 FSI는 한 가지 또는 여러 기능을 갖게 되며, 능동(Active) 또는 수동(Passive)기능으로 구분 할 수 있다. FSI 선정은 선정 로직에 의해서 결정한다.

(4) 고장모드영향분석(FMEA)

FSI로 정의된 항목에 대해서는 고장을 유발하는 고장모드를 찾아내는 분석이 따른다. 고장모드영향분석(Failure Mode and Effect Analysis: FMEA)은 고장유형이 시스템의 안전성, 운용성, 경제성, 잠재적 안전성, 잠재적 경제성에 미치는 영향을 고려하여 분석하고 만약, 영향을 미칠 경우 논리구조에 의한 해석을 실시하여 고장을 사전에 방지하는 예방정비 방법을 찾아야 한다.

(5) 예방정비 방법의 결정

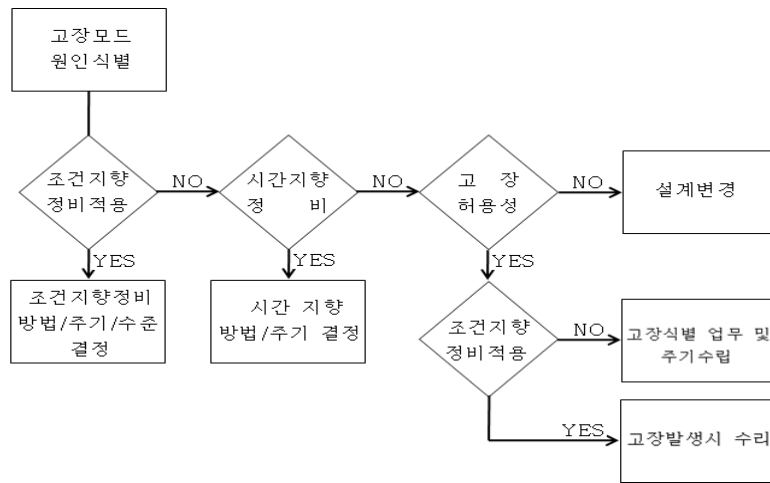
고장모드 및 원인을 분석한 후, 고장원인에 대한 적용 가능한 예방정비 업무를 찾는 단계로써 [그림 1]과 같이 결정논리트리(Decision Logic Tree)를 주로 활용한다. 결정논리트리는 일련의 질문을 던지면서 중요한 고장모드·고장원인에 대한 분류 및 성격을 규명한다. 질문들에 대하여 YES/NO에 따라 각 고장모드·고장원인을 판단한다.

(6) 결정된 유지보수 방식 적용 및 비교평가

RCM 논리해석을 통해 결정된 유지보수 방식 일지라도 적용하는 단계에서는 정비방법을 적용할 수 있는가에 대한 적용성과 비용효과를 얻을 수 있는지 등을 고려해야 하며, 적용 후에는 효과성에 대해 평가한다.

[표 2] RCM 기본 질문사항[8]

분류번호	질문내용	정의
1	시스템의 기능과 관련한 성능기준은 무엇인가?	기능 및 성능기준
2	해당 기능이 어떻게 고장이 나는가?	기능고장
3	고장의 원인은 무엇인가?	고장유형
4	고장발생으로 초래되는 사항은 무엇인가?	고장영향
5	고장이 발생시키는 문제는 무엇인가?	고장결과
6	고장을 예측하고 예방하기 위한 방법은 무엇인가?	사전작업 및 작업주기
7	사전작업이 적절하지 않을 때의 방안은 무엇인가?	사후조치



[그림 1] 정비업무 결정 논리도[3][8]

3. 국제규격의 RCM 절차

RCM에 대한 정의와 절차는 규격에 따라 다소 다르게 소개하고 있지만, 대상 시스템에 대하여 기존의 정비 프로그램을 최적화 하거나 새로운 정비 프로그램을 수립하기 위한 체계적인 방법 이라는 공통된 내용을 포함하고 있다[9][14]. [표 3]은 IEC 60300-3-11, NAVAIR 00-25-403, MIL-STD-2173의 RCM에 대한 정의와 절차를 비교하여 정리한 것이다. RCM 절차는 응용분야에 따라 서로 상이한 절차를 갖고 있으나 예방정비 업무를 합리적으로 판단하기 위해 다음과 같은 공통된 내용을 포함하고 있다.

3.1 시스템 구분 및 기능 분석

RCM분석을 용이하게 수행하기 위해서는 시스템 및 하위시스템(Sub-system)에 대한 기능을 정의하고 하위시스템을 구성하는 구성요소(Equipment, Component 등)에 대한 명확한 물리적 분류가 필요하다. 하위 장치의 분류는 현장 교체가 가능한 유니트(LRU: Lineside Replace Unit)수준으로 정의 하도록 권고하고 있다.

3.2 중요 아이템 선정

시스템에 중요한 계통이 정의되고 계통 경계가 식별되면, 고장모드에 대해 고장에 의한 치명도에 의한 치명도에 따라 중요기기(FSI: Functionally Significant Item)의 우선순위를 선정한다. 보통 각 FSI는 한 가지 또는 여러 기능을 갖게 되며 분석대상 결정은 선정 로직에 의해서 결정한다.

3.3 고장모드영향분석(FMEA)

FSI로 정의된 항목에 대해서는 고장을 유발하는 고장모드를 찾아내는 분석이 따른다. 고장모드영향분석(FMEA: Failure Mode and Effect Analysis)은 고장유형이 시스템의 안전성, 운용성, 경제성, 잠재적 안전성, 잠재적 경제성에 미치는 영향을 고려하여 분석하고 만약, 영향을 미칠 경우 논리구조에 의한 해석을 실시하여 고장을 사전에 방지하는 예방정비 방법을 찾아야 한다.

3.4 예방정비 방법의 결정

고장모드 및 원인을 분석한 후, 고장원인에 대한 적용 가능한 예방정비 업무를 찾는 단계로써 결정논리트리(Decision Logic Tree)를 주로 활용한다. 결정논리트리는 일련의 질문을 던지면서 중요한 고장모드·고장원인에 대한 분류 및 성격을 규명한다. 질문들에 대하여 YES/NO에 따라 각 고장모드·고장원인을 판단한다.

3.5 결정된 유지보수 방식 적용 및 비교평가

RCM 논리해석을 통해 결정된 유지보수 방식 일지라도 적용하는 단계에서는 정비방법을 적용할 수 있는가에 대한 적용성과 비용효과를 얻을 수 있는지 등을 고려해야 하며, 적용 후에는 효과성에 대해 평가한다.

[표 3] RCM에 대한 규격별 정의 및 절차[2][3][8][11][14][18][19][20]

구분	IEC 60300-3-11	NAVAIR 00-25-403	MIL-STD-2173
정의	효율적인 예방 보전업무를 식별하고 보전업무 간격을 수립하기 위한 체계적인 접근방법	효과적인 운영을 보증하기 위한 활동을 식별하고 예방정비 요구사항을 결정하기 위한 프로세스	장비의 고유 신뢰도를 달성하기 위해 예방정비 업무를 선택하기 위한 규율된 논리 또는 방법론
절차	<ol style="list-style-type: none"> 1. 정보수집 2. 시스템식별 3. 시스템선정 4. 장치선정 5. 아이템 선정 6. 업무선정 7. 업무적용 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 계획수립 2. 장치구분 3. FMEA 4. 장치선정 5. RCM 업무평가 6. RCM 업무선정 7. 업무실행 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 장치구분 2. 기능분석 3. 아이템 선정 4. FMEA 5. RCM 결정로직 6. 업무평가 7. 업무실행

4. 철도차량에 효과적으로 적용하기 위한 RCM 실시방안

위와 같은 규격에 따른 RCM 절차에 대한 자료 분석을 통하여 철도차량 분야에서 효과적으로 적용하기 위하여 선행적으로 이루어져야 할 조건과 절차를 다음과 같이 제시하고자 한다[9]. 한편, 공항철도에서는 RCM 실시를 위한 선행조건들의 체계를 수립하여 개통부터 RAMS 데이터를 분석·적용하고 있으며 RCM 절차를 수립하여 실시할 예정이다.

철도 차량시스템에 효과적으로 RCM을 적용하기 위해서는 철도차량시스템이라는 특수한 시스템의 특성을 고려 할 필요가 있다. 이를 위해서는 먼저 철도 차량시스템에서 주요하게 고려해야 할 요소가 무엇인지에 대하여 생각해 보아야 한다. 철도 시스템에서 고려해야 하는 주요 요소는 기본적인 요소인 안전성, 운영적 요소, 경제적 요소와 더불어 고객관련 서비스를 추가적으로 고려할 수 있다.

현재 철도 시스템은 급속한 기술발전과 서비스 개선을 통하여 많은 고객들이 주요 대중교통수단으로 이용하고 있는 상황에서 고객서비스는 보이지 않고 운영 이익 창출에 중점을 두고 있는 운영 요소라고 할 수 있다. 따라서 이러한 요소의 고려를 통하여 철도차량에 적용될 수 있는 효율적인 절차를 개발할 필요가 있다[10].

4.1 철도차량의 RCM 구축의 기본방향

(1) 항공사 수준의 유지보수체계 구축을 안전성 확보

철도차량은 항공기와 비교될 수 있는 안전성 및 신뢰성의 요구사항을 가지고 있으며, 구조에 있어서도 전기-기계적으로 복잡한 시스템으로 되어있다. 이러한 교통 시스템의 운영신뢰성을 향상시킬 수 있는 수준의 진보된 개념의 유지보수체계를 구축하고자 한다.

(2) 철도차량 유지보수체계의 자립화·한국화

철도차량은 복합기능을 수행하는 시스템으로, 한국철도에서는 이와 같은 시스템에 대한 유지보수체계를 조속히 마련하여 운영상에 요구되는 안전성 및 신뢰성의 요구조건을 만족시키도록 대비하고 있다.

(3) 철도차량 유지보수체계 관리 시스템의 국산화

한국화 된 철도차량의 유지보수체계는 이에 적합한 정보시스템(H/W, S/W)에 의해 수행되도록 한다.

(4) MBA 수준의 경영관리 개념에 입각한 경제적인 유지보수체계 구현

철도차량은 안전성에 대한 요구조건이 높은 수준이고, 한국철도에서는 이와 같은 시스템에 대해 유지보수 경험이 적은 상태이다. 이와 같은 상황에서는 유지보수정책이

비효율적으로 결정되기 쉽고, 이는 높은 비용투자를 야기한다. 현재의 유지보수체계는 이러한 과도기적 기간을 보내고 있으며, 이 기간을 최소화할 수 있는 방법은 적합한 시스템을 구축하여, 운영상에 요구되는 안전성 및 신뢰성을 만족하면서 비용요인을 제거해 나가는 것이다.

(5) 신뢰성 기반 유지보수(RCM) 체계 관리 시스템 구축

신뢰성 기반 유지보수체계는 미 항공기, 원자력 발전소 등 안전성이 핵심인 시스템에 적용되어 높은 효과를 거둔 유지보수체계이다. 따라서 신뢰성 기반 유지보수체계에서의 각종 원칙을 한국철도의 철도차량에 맞게 적용하여 시스템을 구축할 필요가 있다[13].

4.2 철도차량의 RCM 실시 구체적 방안

앞서 RCM의 국제규격인 IEC 60300-3-11, NAVAIR 00-25-403, MIL-STD-2173을 통해 각각의 절차와 특성을 조사·비교 하였다. 이를 보완하여 철도차량 분야에 적용하는 효과적인 실시 방안을 제시한다.

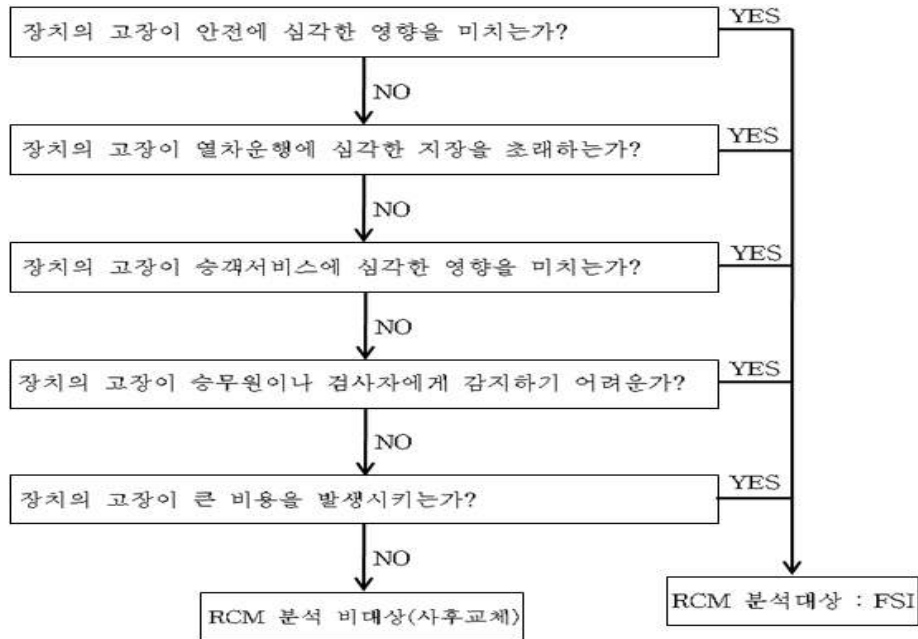
(1) 데이터 장치별 치명도 산출

첫 단계로써 현행 정비프로그램의 개선점을 파악하고 분석대상 장치 선정을 위하여 LBS(Logistic Breakdown Structure)별 RAMS 데이터를 분석하고 밀의 식과 같이 치명도를 산출한다. 장치별 치명도 산출은 정량적인 방법(고장결과와 고장빈도를 조합한 정량적 수치 산출)을 통하여, 사용자가 중요도의 우선순위를 부여할 수 있다[8][9].

$$\begin{aligned} \text{치명도 값 산출식} &= [\text{고장영향별 횟수} * \text{고장영향별 치명도 할당 값}] \\ &= (\text{위험고장횟수}) * (\text{위험고장 치명도 값}) + (\text{운행 장애 횟수}) * (\text{운행 장애 치명도 값}) \\ &+ (\text{기능장애횟수}) * (\text{기능장애 치명도 값}) + (\text{단순고장횟수}) * (\text{단순고장 치명도 값}) \end{aligned}$$

(2) 분석 대상장치 선정

산출된 장치별 치명도 값의 우선순위를 부여하여 분석 대상장치를 선정하고자 [그림 2]와 같이 RCM 대상 선정 로직을 실행한다. 이때, 예방정비와 사후정비에 대한 비용 산출 정보를 장치선정에 참조한다[8][9].



[그림 2] 분석 대상장치 선정 로직[8][9]

(3) 고장유형 영향 분류

전 단계에서 FSI로 확정된 LBS장치에 대해서 [그림 3] 와 같이 “고장영향분류로직” 을 순차적으로 실행한다. 순차적인 의사결정 로직을 통하여 다음의 5가지 고장영향 중 하나로 분류된다[7][8][9].

- ① 안전상 영향 고장: 안전성을 확보하기 위한 정비업무가 요구되는 고장
- ② 열차 운행상 영향 고장: 허용수준의 운영성능을 확보하기 위한 정비업무가 요구되는 고장
- ③ 경제성 영향 고장: 고장 후 발생비용보다 적은 비용의 정비업무가 요구되는 고장
- ④ 안전상 잠재고장: 다중고장으로 인한 안전상의 악영향을 방지하는 정비업무가 요구되는 고장
- ⑤ 비용상 잠재고장: 다중고장으로 인한 비용상의 악영향을 방지하는 정비업무가 요구되는 고장

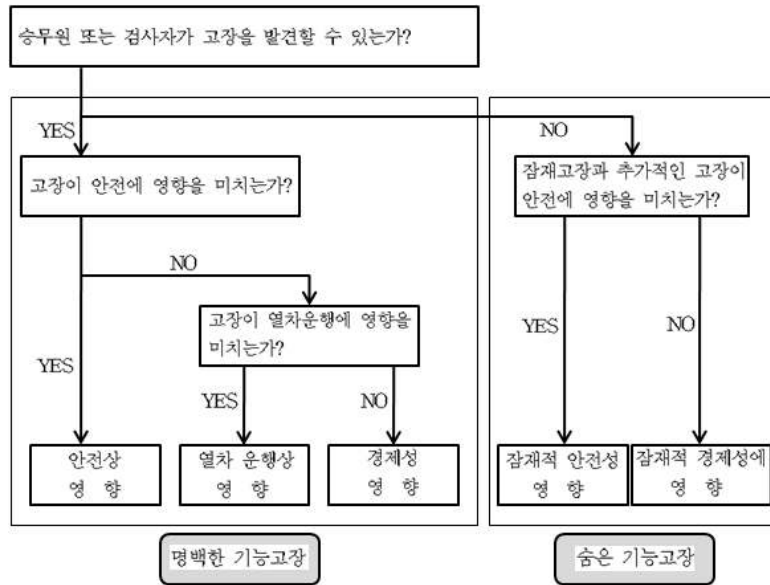
(4) 정비 작업방법 결정

전 단계에서 결정된 결과 값에 따라 [그림 4]와 같이 “정비 로직”을 순차적으로 실행한다. 순차적인 의사결정 로직을 통해 다음의 예방정비 활동 중의 하나로 결정된다 [8][9][12].

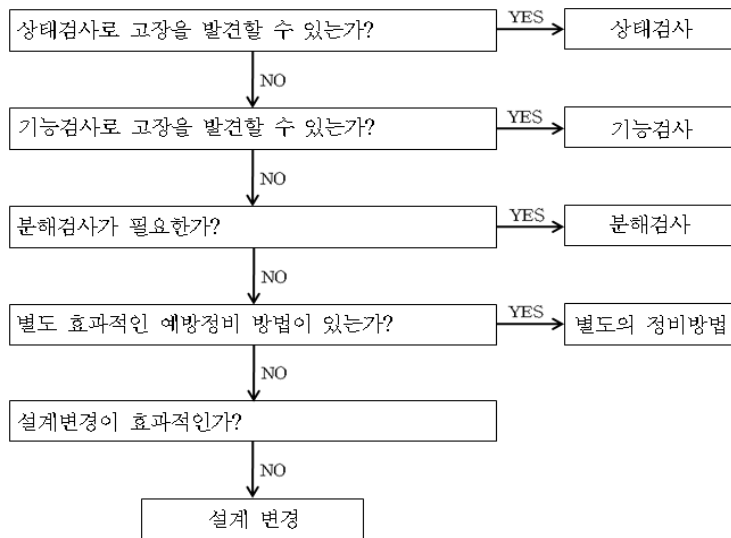
- ① 상태점검, ② 기능점검, ③ 분해검사, ④ 별도의 정비방법, ⑤ 설계변경

(5) 정비체계 개선

주요 고장유형 및 발생빈도를 근거로 하여 기존에 수립된 검사항목을 평가하고, 평가결과로부터, 기존의 검사항목이 부적합한 것으로 평가되면 해당 검사항목의 내용(검사주기, 검사방법 등)을 추가하거나 삭제하는 등 갱신을 실시한다[4][6][8][9].



[그림 3] 고장유형 영향분류 로직[8][9]



[그림 4] 정비작업 결정 로직[8][9]

지금까지 RCM 표준규격의 절차와 특성의 조사를 통해 철도차량 분야에 적용과 실시방안을 조사하였다. 이를 통해 기대효과인 신뢰성 향상, 신뢰성 유지, 보전성 향상 그리고 고장 및 유지보수 비용의 감소와 같은 결과를 획득할 수 있도록 전체 시스템에 관련된 연구자, 개발자 및 실무자의 정보공유와 문서화, 그리고 이에 대한 전문가 시스템의 개발이 중요하다.

5. 결 론

본 논문에서는 RCM의 일반적인 개념과 분석 절차를 살펴보고, 국제 규격의 RCM 절차와 특성을 조사·비교 하였으며, 이런 절차와 특성을 이용하여 철도차량 분야에서 RCM을 효과적으로 적용하기 위한 방안을 연구 하였다. 본 연구의 적용을 통하여 철도차량의 신뢰성, 안전성, 가용성, 정비성 향상과 함께 운용효율이 향상 될 것이라는 기대와 본 연구가 비용 분석을 통하여 최소한의 자원으로 최대의 효과를 거둘 수 있는 효율적인 유지보수를 이행하기 위한 기본적인 활동이 될 것이라 생각한다. 향후 국내 철도 시스템에 RCM을 적용하기 위해 필요한 데이터 수집 및 분석의 노력과 더불어 경제성과 신뢰성 있는 예방정비업무 주기 결정 및 비용적 측면에서의 유지보수비용 산출 방안에 대한 더욱 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 강길현, 김성권, 유경중, 오석문. “고속철도차량의 유지보수와 IT”. 한국철도기술, 33 (2002) : 22-29
- [2] 권중근. “RCM과 약식 RCM”. 기계저널, 48 (2008) : 47-51
- [3] 김연중, 임현태, 이광남, 강선구. “신뢰도 중심 정비(Reliability Centered Maintenance: RCM)의 적용”. 가스산업과기술, 2 (1998) : 101-110
- [4] 김정식. “효과적인 RCM 실시 절차에 관한 연구”. 대한설비관리학회지, 10 (2005) : 93-103-
- [5] 김정식. “TPM과 RCM에서의 보전계획 비교”. 품질경영학회지, 25 (1997) : 31-43
- [6] 김환중. “보전에 중점을 둔 신뢰성”. 한국산업정보학회 2002년도 추계공동학술대회 (2002)-
- [7] 김환중. “통합신뢰성 경영에서 보전에 중점을 둔 신뢰성에 관한 연구”. 신뢰성응용 연구, 3 (2003)-
- [8] 박병노, 주해진, 이창환, 임성수. “철도차량의 신뢰성기반 유지보수(RCM) 실시 방안” 한국철도학회 추계학술대회, 8 (2008)
- [9] 박병노, 이창환, 임성수. “철도차량의 효과적인 RCM 실시 방안”. 한국철도학회지, 11 (2008) : 50-54
- [10] 송기태, 김민호, 백영구, 신건영, 이기서. “철도차량의 효과적 RCM 적용을 위한 LTA로직 개발”. 한국철도학회 추계학술대회, 8 (2008)-
- [11] 송기태, 김민호, 백영구, 안은진, 이기서. “철도시스템의 효과적 RCM접근을 위한

- 신뢰성 기반 검사(RBI)적용”. 한국철도학회 춘계학술대회, 8 (2008)
- [12] 신석균, 김수명, 이덕규, 이경학, 이기서. “철도시스템 RCM 적용을 위한 신뢰성 및 안전성 분석 활동에 관한 연구”. 한국철도학회논문집, 9 (2006) : 739-745-
- [13] 오석문, 강길현, 김성권, 유경중, 최석중. “RCM을 이용한 한국 고속철도차량의 유지보수체계 구축”. 한국철도학회 2002년도 춘계학술대회 논문집, (2002)
- [14] 이호용, 박기준, 안태기, 김길동, 한석윤. “도시철도유지보수체계 시스템의 RCM과 전문가시스템에 관한 연구”. 대한전기학회 하계학술대회 논문집, B (2003)
- [15] 임병옥, 윤덕균. “고속철도차량(KTX) RCM 적용에 관한 연구”. 한국철도학회논문집, 8 (2005) : 470-476
- [16] 한석윤, 하천수, 홍순기, 이호용. “도시철도운영기관의 종합신뢰성 경영시스템 적용방안 연구”. 한국철도학회논문집, 8 (2005) : 286-292
- [17] 한석윤, 하천수, 이한민. “고무차륜 AGT 차량의 신뢰성 중심 유지보수(RCM)에 관한 연구”. 한국철도학회논문집, 7 (2004) : 271-277
- [18] IEC 60300-3-11. “Application guide Reliability Centered Maintenance”. (1999)
- [19] Moubray, J. "Reliability Centered Maintenance". Industrial Press Inc. (1997)
- [20] MIL-STD-2173. "Reliability Centered Maintenance Requirments for Naval Aircraft". (1986)

저 자 소 개

김 종 결

서울대학교 계산통계학에서 석사, 한국과학기술원 산업공학과에서 박사학위를 취득하였으며, 현재 한국품질보증/PL 연구회 회장으로 활동하고 있으며, 성균관대학교 시스템경영공학과 교수로 재직 중이다.

주 소 : 경기도 수원시 장안구 천천동 300번지 성균관대학교 시스템경영공학과 27416호실

김 형 만

상지대학교 산업공학과 학사, 성균관대학교 산업공학과 석사, 성균관대학교 산업공학과 박사수료, 현재 남서울대학교 산업경영공학과 시간강사, 상지대학교 경영정보학과 겸임교수로 재직 중이며, 관심분야는 품질/신뢰성공학, TRIZ, 제품개발, 경영정보시스템 등이다.

주 소 : 경기도 수원시 장안구 천천동 300번지 성균관대학교 시스템경영공학과 26418B호실

송 정 무

남서울대학교 산업공학과 학사, 성균관대학교 산업공학과 석사과정에 있으며 관심분야는 RCM, SPC, 품질/신뢰성공학 등이다.

주 소 : 경기도 수원시 장안구 천천동 300번지 성균관대학교 시스템경영공학과 26418B호실