

철도시스템의 효과적 RCM접근을 위한 신뢰성 기반 검사(RBI)적용 Application of Reliability based Inspection for an Effective RCM Approach of Railway System

송기태*
Song, Kee-Tae

김민호**
Kim, Min-Ho

백영구**
Baek, Young-Gu

안은진***
Ahn, Eun-Jin

이기서****
Lee, Key-Seo

ABSTRACT

In the current railway industry in Korea, a lot of researches and studies have been progressed to establish RAMS process and construction of RCM system in accordance with international standards. On the point of view of applying the RCM to the railway system, many problems (i.e., reliability of the existing field data, the lack and incorrectness of failure information, etc) are described. To solve these problems, it is need to study and effort the RCM, practically.

In this paper, lots of problems and solutions for methods determining the preventive maintenance interval of application of the RCM will be described. To do this, the method using the theory of RBI (Reliability Based Inspection) which is applied to the existing chemical plants and power plants is described.

From this study, it is expected that in this situation that the quantitative data is not enough, the results that an analyst quantifies the qualitative factors and/or items will be a good reference that can effectively approach, on the side of determination about each maintenance task and inspection interval.

1. 서 론

현재 국내의 철도 산업에서는 국제기준에 부합하는 RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) 체계 확립과 신뢰성 중심의 유지보수(Reliability Centered Maintenance) 시스템 구축에 많은 연구와 노력이 진행되어 왔다. 그 중에서 RCM을 국내 철도시스템에 적용하기위한 많은 관심과 활동들이 이루어지고 있다. 이러한 노력에도 불구하고 실제 기존 군수, 항공기 산업, 화학 설비 산업, 원자력 및 기타 대형 발전소등을 시작으로 하여 적용되고 발전되어온 RCM을 철도 시스템에 적용함에 있어서 존재하는 데이터의 신뢰성, 고장데이터의 부족 및 부정확성 등의 많은 문제점들로 인하여 효과적인 결과를 얻지 못하고 있는 실정이다. 특히, RCM을 통해 예방정비 업무주기(Preventive Maintenance Task Interval)를 결정하는 문제는 다른 정성적인 데이터를 분석하여 얻을 수 있는 예방정비 업무유형 선정(PM Task Type Selection) 및 업무선정(PM Task Selection)과는 달리 여러 비용 및 시간과 같은 신뢰성 있는 정량적인 데이터 들을 필요로 하기 때문에 이러한 정량적 데이터가 분석되고 관리되지 않은 상황에선 예방정비 업무의 최적 주기에 접근하기는 매우 어렵다.

본 논문에서는 위에서 언급한 여러 문제점들을 감안하여 철도 시스템 RCM 적용을 통한 효율적인 유지보수 계획 및 정책 수립을 위해 중요한 신뢰성 기반 예방정비 업무 주기 결정 방안을 제시하기 위하여 예방정비 업무 주기를 결정하는 몇몇 방법들을 철도시스템에 적용함에 있어서의 문제점을 제시하고,

* (주)마이크로트랙, RAMS 팀, 비회원

E-mail : keetae@microtrack.co.kr

TEL : (02)2249-2382 FAX : (02)2249-2386

** (주)마이크로트랙, RAMS 팀

*** (주)마이크로트랙, Software 팀

**** 광운대학교 정보제어 공학과, 교수

이러한 문제를 최소화하여 현 시점에서 신뢰성 기반한 예방정비 업무주기 결정 방안 제시를 위해 기존 해외 및 일부 국내의 대형 화학 플랜트나 각종 발전소등에 적용되어온 신뢰성 기반 검사(Reliability(or Risk) Based Inspection-RBI)이론을 적용하는 방안에 대하여 설명하고자 한다.

2. 예방정비 업무 주기 결정의 개념

일반적으로 RCM을 적용하는 목적은 불필요하고 비효율적인 유지보수 업무들을 최소화함으로써 결과적으로 시스템의 운영 및 안전성의 향상을 높이하고자 하는 것이다. 이를 위해서는 신뢰성에 기반한 유지보수 업무 선정 및 계획 수립이 매우 중요하다고 할 수 있다.

RCM에서 예방정비 업무로써 분류되는 종류에는 TDM(Time Directed Maintenance), CDM(Condition Directed Maintenance), FFM(Failure Finding Maintenance), RTF(Run to Failure)로 크게 나눌 수 있다. 여기서 TDM(Time Directed Maintenance or Hard Time Task)은 예방 정비의 종류 중에서 시간적인 개념으로 고장이 발생되기 전에 고장의 예방 및 발생이 지연될 수 있도록 하는 유지보수 업무를 말하며 TDM을 효과적으로 하기 위해서는 해당 수준에서 정의된 장치의 신뢰성에 따른 수명주기 및 설계특성, 고장에 대한 정량적 데이터를 분석하여 TDM을 업무에 적용할 적절한 Interval을 예측하여야 한다. CDM(Condition Directed Maintenance or On Condition Task)은 완전한 고장 발생 전의 상태에서 그 징후 및 상태를 적합한 점검(검사)을 통해 검출하여 유지보수 하는 업무로써 해당 장치가 수명주기를 따르는 경우이든 아닌 경우이든 간에 적용되어 질 수 있고 장치의 수명을 최대한 보장하므로 비용 효과적이지만 안전성과 관련된 부분이나 시스템에 있어서 치명도가 높은 장치의 적용에는 적합하지 않다. CDM 또한, 효과적인 CDM업무를 위해서는 신뢰성에 근거한 고장 데이터 및 장치특성, 운영에서의 기타 주요 요인들에 대한 데이터의 정성, 정량적 분석을 통하여 적절한 검사주기(Inspection Interval)를 적용해야 한다. FFM(Failure Finding Maintenance)은 거대한 규모의 시스템이나 복잡한 구조의 시스템의 경우에서 고장의 검출 및 발견이 어려운 장치나 추가적인 고장을 일으킬 수 있는 장치를 시스템 운용 전 및 일정 주기에 시운전 및 기능 테스트 등을 통하여 발생되어 있는 고장을 발견하기 위한 예방정비 업무를 말하며, FFM은 시스템내의 주요기능 부분, 비상 대체 시스템, 우발적인 고장 특성을 가지고 있는 주요 장치들이 포함되어야 한다. FFM 또한, 신뢰성에 근거한 고장데이터의 정량적 분석을 통하여 적절한 Interval을 예측하여 적용할 수 있다. RTF(Run to Failure)는 일반적으로 PM Task 선택에 있어서 최종적으로 신중하게 결정되어야 하며 다음과 같은 항목에 해당되는 경우에 한해서 결정하고 결정된 RTF 리스트는 제도적, 법률적, 내부 여건 등의 기타 부가적인 요소를 통한 재검토를 통해 최종 결정이 이루어져야 한다. [참고2]

- 유지보수 비용 측면에서 적절한 PM 업무가 선택되어지지 않을 경우
- 예방 정비 비용 보다 고장 시 사후정비 비용이 더 적을 경우
- 안전성과 관련되지 않을 경우
- 장치에 대한 PM 예산 할당 순위가 현저히 낮을 경우

상기에서 언급한 예방정비 업무 유형들 중 직접적으로 업무주기 결정이 요구되는 예방정비 업무유형은 TDM, CDM, FFM이라고 할 수 있으며 각각의 업무 주기에 따른 정비 업무의 종류가 달라진다고 볼 수 있다. 즉, TDM에 의한 예방정비 업무로써는 각각의 최적 주기에 따른 교체 및 보수업무 등이 주요 업무가 될 수 있으며 CDM은 고장 발생 이전의 특정 징후 및 상태를 검출하기 위한 검사(Inspection)업무가 주요 업무가 된다. FFM 또한, CDM과 같이 검사업무가 주요업무이지만 그 특성상 고장의 발생의 징후를 검사하는 것보다는 상시 운영이 아닌 시스템을 운영하기 전에 고장의 발생 유무를 검사한다는 점에서 다르다고 할 수 있다. 이처럼 RCM을 통해 수행해야 할 예방정비 업무들은 기본적으로 최적 업무 주기를 필요로 함으로 효과적인 RCM 적용에 있어서의 예방정비 업무 주기의 결정하는 것은 중요하다고 할 수 있다.

3. 미 해군 항공시스템 사령부(NAVAIR 00-25-403)에서의 예방정비 업무주기 결정방법

미 해군 항공시스템 사령부(U.S. Naval Air Systems Command)에서는 오랜 기간 동안 RCM을 통한 예방정비 업무를 실행해 왔다. 항공 시스템이라는 특수하고 매우 복잡한 부분에서 적용하기 위한 많은 연구가 이루어졌으며, 동시에 그에 따르는 결과를 얻고 있다. 이를 통해 본 논문에서 제시하고자 하는 예방정비 업무주기 결정 방법은 부분적으로 해외에서 이미 널리 수용되어 사용된 것과 특정 상황이나 조건에서 사용되어질 수 있는 방법들 중에서 기본적인 예방정비 업무 유형(TDM, CDM, FFM)에 따른 업무주기 결정 방법을 언급 하고자한다. 이러한 방법들은 NAVAIR RCM Working Group Steering Committee에 의해 적절한 경우에 사용될 수 있도록 검토되고 승인되었다.

3.1 Time Directed Maintenance 업무주기 결정

TDM의 주기 결정에 대한 방법으로는 정확한 고장 예측을 제공하기 위하여 고장데이터를 사용하는 통계적 기술인 와이불 분석(Weibull Analysis)과 아이템의 마모 수명 또는 안전 수명 제한(조건)을 결정하기 위한 시험(Testing), 그리고 균열(결함)이 시작할 때까지의 아이템의 수명을 결정하기 위해서 사용할 수 있는 피로분석(Fatigue Analysis)등의 방법을 사용하며 안전성과 관련 없는 고장에 대한 TDM Task Interval을 결정하는 수식은 다음과 같다. [참고1]

$$CBR = \frac{(C_{BF} \times N_S) + (C_{AF} \times (1 - N_S))}{N_S T + [(1 - N_S) MTTF_P]} \times \frac{C_{AF}}{MTBF}$$

여기서, CBR = 비용 편익 비율(cost benefit ratio)

C_{BF} = 고장발생 이전 수리 및 교체 비용

N_S = 제안된 업무 주기 까지 고장이 발생하지 않은 아이템의 비율

T = 제안된 업무 주기

C_{AF} = 고장 발생 후의 수리/교체 및 2차적 손해에 대한 비용

$MTBF$ = 평균 고장 간격(주기)

$MTTF_P$ = 제안된 업무주기 이전에 고장이 발생한 아이템의 평균 고장 간격(주기)

위에서 제시한 수식을 통해 얻은 CBR 값이 1보다 작을 경우에는 그 업무 주기 T 가 비용 효과적이라고 판단할 수 있다.

3.2 Condition Directed Maintenance 업무주기 결정

CDM의 업무 주기 결정은 보통 PF(Potential failure to functional failure) Interval에 근거해서 결정되며, CDM 업무 주기를 결정하는 방법은 검사(Inspection)의 신뢰성이 100%가 아니라는 가정에 기반한다. CDM에서의 업무주기는 고장의 확률을 허용 가능한 수준으로 감소시킨다는 것을 보증하기 위해 PF Interval 전체에 걸쳐서의 적절한 검사(Inspection) 빈도를 결정해야 한다. 따라서 CDM에 대한 검사주기 (Inspection Interval) 결정에 대한 수식은 다음과 같다. [참고1]

$$I = \frac{PF}{n}, \quad n = \ln(P_{acc}) / \ln(1 - \theta)$$

여기서, I = 검사 주기

PF = 잠재 고장에서 기능고장까지의 간격

n = PF 주기 내 검사의 수

θ = 잠재 고장의 존재를 가정한 상황에서 제안된 CDM 업무의 최초 1회 실시에 의한 잠재고장 검출 확률

P_{acc} = 고장의 수용가능 확률

로써 정의되며, 또한 PF Interval의 산출은 기존 검사 주기와의 비교를 통해 아래와 같은 각각의 수식에 의해 산출 가능하다.

(1) $PF = (\ln(1 - \alpha) / \ln(1 - \theta)) \times I$ -----> 기존 검사주기보다 PF가 길 것이라고 예상되는 경우.

(2) $PF = (\alpha / \theta) \times I$ -----> 기존 검사주기 보다 PF가 짧을 것이라고 예상되는 경우.

α = 업무 유효성(예 - 잠재 고장 발견의 수를 전체 고장으로 나눈 값)

θ = 현 CDM업무로 잠재 고장을 검출할 확률(잠재고장의 존재를 가정)

I = 현재 업무 주기

3.3 Failure Finding Maintenance 업무주기 결정

FFM은 오직 Hidden Failure에 대해서 가능한 업무이며, Hidden Failure는 정상 운영 상태에서는 기능이 정지되어 있는 경우로 검출이 어렵고 그 기능자체가 어떤 다른 기능의 고장 발생 시 기능의 보호를 위한 기능을 수행하는 경우가 많으므로 2차적 고장을 유발하게 되며, 그러므로 숨겨진 안전/환경적 고장 유형을 위한 검사 업무를 실시하게 된다. 따라서 CDM 업무와 같은 논리로써 복합 고장의 확률은 기능적 고장의 수용 가능한 확률 수준을 구성할 수 있다. 다음은 복합고장의 확률을 나타내는 수식이다. [참고1]

$$(1) P_{mf} = P_{hidden} \times P_{additional}$$

P_{mf} = 복합 고장 발생의 확률

P_{hidden} = 숨겨진 고장 발생의 확률

$P_{additional}$ = 추가적 고장 발생의 확률

여기서, P_{hidden} 과 $P_{additional}$ 에 대한 우발 고장 분포를 가정하는 다음의 수식(2)는 기간 동안의 확률 지정에 의한 수식(1)로부터 고장의 확률 모델로 사용 될 수 있다.

$$(2) P = 1 - e^{-t/MTBF}$$

P = 기간 동안의 확률

t = 기간

$MTBF$ = 평균 고장 간격

기능(복합고장)을 위해 요구된 MTBF는 MTBF에 대한 계산과 이미 알려진 아이템의 수명 시간 동안에 대한 고장의 수용 가능한 확률을 정의하는 것에 의해 수립될 수 있다. 만약 hidden과 additional 고장에 대한 MTBF가 결정 될 수 있다면, 이 수식은 적절한 기간(t)을 찾기 위해 스프레드시트 상에서 그 두 가지 수식의 반복에 의해 쉽게 계산되며, 그 적합한 기간(t)은 즉, FFM업무 검사 주기가 된다.

4. 신뢰성 기반 검사(RBI)를 이용한 예방정비 업무주기 결정

신뢰성 기반 검사(RBI : Reliability Based Inspection)는 현재 국내외 공정 시스템 산업에서 고장유형의

특정 검사에 의한 검출도와 고장유형의 결과적 위험도(치명도)를 정량적으로 분석하여 각각의 허용가능 확률을 만족시키기 위한 검사의 최적 빈도를 도출하는 방법이다. 여기서, 각각의 설비별로 위험도를 특정시간 동안 발생하는 사고발생확률과 사람과 재산, 환경에 미치는 피해의 크기로 나누어 산정하고 그 위험도에 따라 검사의 우선순위, 방법, 주기 및 일정계획 등을 수립하여 과학적인 근거에 의해 종합적이고 체계적인 검사를 수행하는 것을 위험 기반 검사(Risk Based Inspection)라고 하며, 신뢰성 기반 검사와는 큰 맥락에서 동일하며 위험도의 분석에 비중을 두고 검사 방법 및 우선순위를 결정하고자 하는 것이 위험기반검사(Risk Based Inspection)라고 한다면, 그러한 특정 장치고장 유형의 검사 방법 및 검사 특성에 따른 검출 확률과 그 고장의 발생에 따른 결과적 치명도를 바탕으로 각각의 검사에 대한 허용확률을 이용하여 최적 검사 빈도를 구하고자 하는 것이 신뢰성 기반 검사(Reliability Based Inspection)라고 할 수 있다. [참고4]

신뢰성 기반 검사(RBI)는 검사가 가장 비용 효율적인 장비 또는 시스템에 중점을 두는 검사인 경우에 사용된다. 표면적으로 위험성이 높은 시나리오 또는 고장, 작업자의 실수에 의해 발생할 때 감지되며 이러한 고장은 적절한 검사에 의해 즉각적이고 효과적으로 사전조치를 수행하기 충분할 정도로 초기에 감지하기 위한 검사 일정이 수립되어야 한다. 물론, 검사 및 사전 조치 비용과 비교하여 예상되는 비용절감 효과를 산출하기 위해 예상 결함 및 발생빈도에 대한 전체 비용을 고려하여야 한다. 따라서 신뢰성 기반 검사(Reliability Based Inspection)방법의 적용에 있어서 고려해야 하는 사항으로써 전체 결함비용(유형 비용 및 부상, 환경피해, 이미지 손실 등의 무형 비용 포함), 검사가 필요한 빈도(주기), 검사 방법 및 검사 장비의 특성, 고장을 복구하는데 필요한 조치를 결정하고 승인하는데 필요한 경험 및 전문지식, 제시된 검사의 경제성 여부를 확인하기 위해 필요한 검사 및 조치에 수반되는 비용 등을 고려해야한다.

일부의 경우에 고장으로 인해 발생하는 비용과 비교하여 검사비용이 상당히 낮은 경우가 있다. 이것은 작동할 것으로 예상된 보호 시스템의 고장으로 인해 사고가 발생할 때까지의 고장을 감지 할 수 없는 경우가 특히 그러하며, 이러한 점에서 예방정비 업무 유형 중 CDM과 FFM에 대하여 유용하다고 볼 수 있다.

4.1 RBI를 이용한 예방정비 업무 주기 결정 방법

신뢰성 기반 검사(RBI)를 통해 신뢰성 기반한 검사 빈도, 즉 검사주기에 접근하는 방법은 고장 발생과 발생 상황에 대한 최대 수용 가능 확률을 정의하는 것이다. 이 경우 빈도 계산에 필요한 수학적 공식은 사용하거나 장치의 연간 고장 확률 빈도에 대한 데이터를 사용하여 장치를 검사하기 위한 적절한 최대빈도를 도출 할 수 있다. 이것은 이전에 NAVAIR의 예방정비 업무 결정 방법 중에서 CDM과 FFM의 업무주기에 접근하는 수학적 논리와 유사한 점이 있다.

신뢰성 기반 검사 빈도에 접근하기 위해서는 특정 고장을 거의 감지 할 수 없는 시간 이후의 고장 조건에 대한 시간(T)과 그 기간 내에서 고장을 성공적으로 감지할 확률(P), 기능적 고장이 발생하기 전에 고장을 검출하는데 필요한 확률(C)을 기본적으로 정의해야 한다. 다시 말해서 T는 장치의 부식, 마모, 균열 등의 열화 특성을 고려한 고장의 초기 진행 시점부터 완전한 기능 고장으로 발생할 때까지의 기간이라고 할 수 있다. P는 고장 및 징후의 명확성과 검사 방법 및 검사 장치에 의해서 결정될 수 있는 검사에 의한 검출 확률이며, C는 그 고장의 발생에 따른 결과적 심각성(위험성)의 이유로 기능적 고장이 발생하기 전에 고장을 감지해야만 하는데 필요한 확률이라고 할 수 있다. 이를 바탕으로 신뢰성 기반 검사 빈도(주기)를 수학적으로 표현하면 아래와 같다. [참고3, 4]

$(1 - P)$ = 진행되는 고장조건을 감지하지 못할 확률

$(1 - C)$ = 고장발생 전에 감지하지 못할 진행되는 고장 조건의 최대 수용 가능 확률

이라고 할 때, 다음과 같은 관계가 성립된다.

$$(1 - C) = (1 - P)^n$$

여기서, n 은 요구되는 검사 확률에 도달하기 위한 T 시간 내에서 필요한 검사의 수라고 하면,

$$n = \log(1 - C) / \log(1 - P)$$

따라서 연간 필요한 검사 빈도(주기) F 는 아래와 같으며, 여기서의 T 는 년(Year)으로 환산한 값이 된다.

$$F = \log(1 - C) / T \log(1 - P)$$

4.3 예방정비 업무 주기 결정 방법의 철도시스템 적용 방안

상기에서 언급한 NAVAIR 00-25-403에서 제시하고 있는 예방정비 업무 주기 결정 방법과 본 논문에서 제시한 신뢰성 기반한 검사(RBI)를 통한 예방정비 업무 주기 결정 방법은 큰 맥락에서 부분적으로 유사하다. 이것은 같은 목적을 가진 방법들이기에 어떻게 보면 당연하다고 볼 수 있다. 이러한 예방정비 업무 결정 방법을 국내 철도 시스템에 적용 하려고 했을 때는 많은 문제점들이 있다.

해외의 경우에는 오래전부터 신뢰성에 기반한 유지보수 시스템을 적용하고 운영하기 위해 전략적으로 유지보수 관련 데이터와 비용에 관련된 데이터들은 체계적으로 관리해 왔기 때문에 이러한 방법들을 적용하는 것은 큰 어려움이 없었다. 하지만 국내의 철도 산업에서는 이전부터 매우 보수적인 유지보수 시스템을 운영해 왔으며 지금까지도 RCM 적용을 위한 데이터를 수집하고 관리하기 보다는 단순 고장 발생 건수 및 정비 실적 등을 기록하고 보고하기 위한 자료로써 관리하고 있는 실정이다. 이 같은 상황에서는 국내 철도시스템에 해외에서 널리 수용되어 적용된 신뢰성 있는 업무 주기 결정 방법을 적용하기는 매우 어렵다. 그 이유는, 그러한 결정 방법들에서 요구하고 있는 것 중에서 가장 중요한 것이 비용에 대한 정형화 된 Factor들이기 때문이다. 이처럼 향후 국내 철도시스템에 대해서 RCM을 적용하여 신뢰성 있는 업무 주기 및 비용 결과 등의 정량적인 결과들을 얻기 위해서는 먼저 그러한 Factor들을 정량화 하는데 많은 연구와 노력이 필요하다. 하지만 현재로써 그러한 연구와 노력이 끝날 때까지 예방정비 업무 주기결정을 간과하거나 생략해서는 RCM의 효과를 얻기 힘들다. 이를 위해서, 위에서 제시한 신뢰성 기반 검사(RBI)이론을 이용하면 NAVAIR 00-25-403에서 제시한 정형화된 많은 Factor들이 부족한 상황에서도 고장에 대한 검출 확률이나 결과적 치명도에 따른 최대 허용가능 확률을 통해 어느 정도 신뢰성에 근거한 검사업무 주기에 접근할 수 있는 대안으로 적용될 수 있을 것이다. 이 방법은 물론, NAVAIR 00-25-403에서 제시하는 결정방법에 비교해서 신뢰성이 높다고는 할 수 없지만 많은 정량적 데이터가 축적되고 관리되지 않은 국내의 철도 시스템의 상황에서는 기존의 고장의 검사에 의한 검출 확률과 고장 발생 시의 결과적 치명도 분석을 통한 정량화만 가능하다면 부분적으로 유용하게 적용 되어 질 수 있는 방법이다. 하지만, 그전에 중요한 것은 무엇보다도 RCM을 적용하면 모든 장치나 시스템이 효과를 볼 수 있다는 잘못된 생각을 버려야 한다는 것이다. 현 철도시스템의 경우 기술의 고도화로 인해 전기·전자적인 부분과 기계적인 부분이 복잡하게 구성되어 있기 때문에 더욱더 RCM적용에 있어서의 대상 시스템이나 장치의 선택 시 신중하게 고려하여야 한다. 실제로 해외의 많은 RCM 관련 기술 보고서에서는 전기·전자 장치로 구성된 시스템에는 RCM 적용자체가 비효율적이라고 언급하고 있다. 이처럼, 오히려 무리한 RCM적용으로 인해 시스템의 안정성과 가용도를 저하시키고 유지보수 비용을 증가시킬 수 있다.

국내 철도 시스템의 RCM적용을 통한 예방정비 업무 주기 결정의 가장 효과적 방안은 RCM대한 정확한 개념의 이해와 더불어 이를 적용시키고자하는 운영기관의 적극적인 제도적 뒷받침이 기본적으로

선행되어야 하며, 그에 따른 예방정비 업무 주기 결정의 문제에 있어서는 현 시점에서의 활용 가능한 데이터를 최대한 활용하여 본 논문에서 제시한 NAVAIR 00-25-403의 방법뿐만 아니라 기타 여러 신뢰성 있고 국제적으로 수용된 결정 방법들을 적용하는데 필요한 제반 연구와 노력을 계속적으로 진행되어야 할 것이다. 이와 동시에 이러한 적용이 어려운 경우에 이를 보완 할 수 있는 신뢰성 기반 검사(RBI)를 통한 예방정비 업무 주기결정 방법과 같은 보완적 방안을 적절히 활용할 수 있도록 그에 따른 정성적인 데이터의 정량화 방법들에 대한 연구도 병행하는 것이 현재로써의 국내 철도 시스템에 대한 RCM적용의 효과를 향상시킬 수 있는 방법이 될 것이다.

5. 결론

본 논문에서는 국내 철도시스템에 RCM을 적용함에 있어서의 문제점을 설명하고, 특히 그 중에서 예방정비 업무 주기를 결정하는 문제에 대한 방향을 제시하기 위해 미 해군 항공시스템 사령부(U.S. Naval Air Systems Command) - NAVAIR 00-25-403에 제시된 예방정비 업무 결정 방법과 신뢰성 기반 검사(Reliability Based Inspection) 이론을 이용한 예방정비 업무 주기 결정 방법을 설명하였다. 이를 통해, NAVAIR 00-25-403과 기타 RCM 예방정비 업무결정 방법을 국내 철도 시스템에 적용함에 있어서 필요한 유지보수 관련 비용 및 신뢰성 관련 데이터의 부족으로 인한 상황에서의 대안으로 일부 통계적 자료 및 치명도의 정량화를 통해서 요구되는 검사업무 주기를 결정 할 수 있는 신뢰성 기반 검사(RBI) 방법을 제시 하였다. 하지만 신뢰성 기반 검사(RBI)를 이용한 예방정비 업무주기 결정 방법은 국제적으로 적용되고 검증된 다른 방법들과 비교해서 비용적인 측면에서 최적화된 주기 결정에 많은 한계가 있으며, 데이터의 정량화에 따른 분석자의 기준에 따라 그 결과가 달라질 수 있으므로 적합한 경우에 있어서 제한적인 대안으로만 사용되어야 할 것이다. 이러한 사항에 근거하여 향후 국내 철도 시스템에 RCM을 적용하기 위해 필요한 데이터 수집 및 분석의 노력과 더불어 비용 효과적이며 신뢰성 있는 예방정비 업무 선정 및 업무 주기 결정을 위한 많은 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. NAVAIR RCM Working Group Steering Committee - NAVAIR 00-25-403
2. Anthony Mac. Smith (2002), "RCM-Gateway to World Class Maintenance"
3. 박경수(2006), “신뢰도 및 보전공학”, 영지문화사
4. 김인원(2006), “신뢰성 중심 유지 보수(RCM)와 신뢰성 기반 검사(RBI)”, 화학공학연구정보센터
5. Marc A. Maes, “Hierarchical Approach to Reliability-Based Inspection Planning of Hull Structures”
6. John Moubray, "Reliability-Centered Maintenance II", Industrial Press Inc. 1997