철도차량의 RCM 분석을 위한 유지보수비용 산출방안
Calculation of Maintenance Cost for RCM Analysis of Railway Vehicle

이창환* 박병노** 임성수***
Lee, Chang-Hwan Park, Byoung-Noh Lim, Sung-Soo

ABSTRACT

To apply more effective the RCM analysis for railway vehicle, the maintenance cost per equipment should be considered together with failure criticality per equipment considered in existing.

This paper is described the systematic calculation of maintenance cost considering the RCM analysis of railway vehicle. To calculate the maintenance cost systematically, the cost breakdown structure was established, and basic cost information and calculated cost items were defined. In addition, the linking between calculated cost and RCM analysis was considered. In future, this proposal would be used to analysis of cost effectiveness through RCM analysis of railway vehicle.

1. 개 요

철도 시스템은 운영 동안 지속적으로 안전성과 정시성을 유지하기 위해서는 사전에 예방정비를 실시하여 운행 중 사고를 예방하고, 열차 운행지연을 최소화 시켜야 한다. 이러한 목적을 효과적으로 달성하기 위한 여러 방안들이 연구되고 있으며, 대표적으로 신뢰성 기반 유지보수(RCM; Reliability Centered Maintenance)를 들 수 있다. 기존에 제시되고 있는 전통적인 RCM 분석에서는 주로 해당 장치에 대한 고장 발생이력 분석을 통한 신뢰도와 치명도를 고려하여 예방정비 대상의 선정 및 예방정비 방법을 결정하도록 권고하고 있다.

하지만, 철도 시스템은 초기 획득 비용보다 운영 및 유지보수 비용이 훨씬 큰 특징을 가지고 있기 때문에 철도 운영의 경제성 측면에서 유지보수비용을 간과할 수 없다. 이에, 철도 운영자의 입장에서는 보다 경제적이고 효과적인 예방정비 방법을 결정하기 위한 RCM 분석시 해당 장치별 고장이력분석을 근거로 한 신뢰도와 치명도 뿐만 아니라, 투입되는 유지보수 비용도 함께 분석되어야 최적의 예방정비 방안을 결정할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 공항철도에서 운영되는 전동차에 대하여 RCM 분석과의 연계성을 고려한 유지보수 비용의 산출 방안을 제시코자 한다.

2. 비용 산출 체계

장치별로 유지보수 비용을 체계적으로 산출하기 위해서는 비용 산출 구조, 장치 분류 구조, 비용 산출 범주, 비용 요소를 포함하는 비용 산출 체계가 선행적으로 수립되어야 하며, 상세 내용은 다음과 같다.

* 책임저자, 회원, 공항철도주식회사, 기술본부, 과장
E-mail : leech@arex.or.kr
TEL : (032)745-7204 FAX : (032)745-7905
** 회원, 공항철도주식회사, 기술본부, 과장
*** 회원, 공항철도주식회사, 기술본부, 부장

2.1 비용 산출 구조

비용 산출 구조(CBS; Cost Breakdown Structure)는 산출되는 비용을 대분류하기 위한 것으로, 비용 산출의 목적에 따라 결정된다. 본 논문에서는 전동차의 전체 수명주기 비용(LCC; Life Cycle Cost) 범위 중 유지보수비용의 산출만을 고려하였으며, 그림1과 같이 전체 유지보수 비용은 예방정비 비용과 사후정비 비용을 구분하여 산출한 후, 합산하여 산출되도록 CBS를 정의하였다.

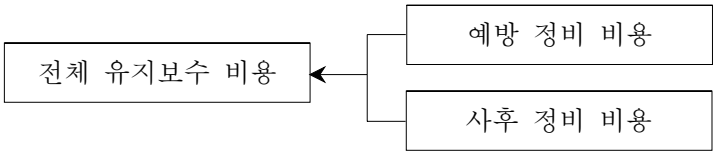

그림1. 비용 산출 구조

2.2 장치 분류 구조

장치 분류 구조(PBS; Product Breakdown Structure)는 상기에서 정의된 CBS에 의거하여 유지보수 비용을 산출하게 될 장치에 대한 구조를 나타낸다. 본 논문에서 제시한 장치 분류 구조(PBS)는 RCM 분석과의 연계를 고려하여 RCM 분석에서 적용된 구조(LBS; Logistic Breakdown Structure)를 동일하게 채택하였으며, 상호 연동이 되도록 구성하였다. 그림2는 전동차의 하부 장치별 분류 구조를 보여주며, 표1은 장치 중 전기추진장치에 대한 하위 분류 구조를 보여준다.

그림2. 전동차 분류구조

표1. 전기추진장치 분류 구조

기 호	장 치 명
P_{1}	전동차
$P_{1.1}$	전기추진장치
$P_{1.1.1}$	견인전동기
$P_{1.1.2}$	주변환장치
$P_{1.1.3}$	주변압기
$P_{1.1.4}$	교류피뢰기
$P_{1.1.5}$	주퓨즈
$P_{1.1.6}$	계기용 변류기
$P_{1.1.7}$	계기용 변압기
$P_{1.1.8}$	비상접지스위치
$P_{1.1.9}$	추차단기
$P_{1.1.10}$	판토그래프
$P_{1.1.11}$	옥상기기

2.3 비용 산출 범주

비용 산출구조(CBS)에서 정의된 비용은 비용 산출 범주와 함께 그룹화 된다. 표2는 본 논문에서 적

용한 비용 산출 범주를 보여주며, 비용별 상세 내용은 다음과 같다.

표2. 비용 산출 범주

기 호	비 용	구 분
R_1	예방정비 노무비	예방정비
R_2	예방정비 자재비	
R_3	사후정비 노무비	사후정비
R_4	사후정비 자재비	

2.3.1 예방정비 비용

예방정비 비용은 차량의 유지보수업무 중 규정된 경정비 검사업무(입고검사, 3일검사, 3월검사)와 중정비 검사업무(주행장치검사, 3년검사, 6년검사)에 투입되는 검사인원과 검사시간, 그리고 예방정비 중 발견한 고장 및 비고장 사항에 대한 보수작업에 투입되는 작업인원과 작업시간, 자재수량과 자재단가의 정보를 근거하여 산출되며, 적용되는 수식은 (1), (2)와 같다. 이때, 규정된 검사 업무에 대한 비용은 장치별 검사항목에 대한 표준인시를 기초로 하여 산출된다.

$$R_1 : \text{예방정비노무비} = \sum[(\text{검사인원} \times \text{검사시간}) + (\text{작업인원} \times \text{작업시간})]_{\text{예방정비}} \times \text{평균노임단가} \quad (1)$$

$$R_2 : \text{예방정비자재비} = \sum(\text{소요자재수량} \times \text{자재단가})_{\text{예방정비}} \quad (2)$$

2.3.2 사후정비 비용

사후정비 비용은 차량의 운행중 이례적으로 발생된 고장 및 비고장 사항에 대한 조치 및 보수업무에 투입되는 작업인원과 작업시간, 자재수량과 자재단가의 정보를 근거하여 산출되며, 적용되는 수식은 (3), (4)와 같다.

$$R_3 : \text{사후정비노무비} = \sum(\text{작업인원} \times \text{작업시간})_{\text{사후정비}} \times \text{평균노임단가} \quad (3)$$

$$R_4 : \text{사후정비자재비} = \sum(\text{소요자재수량} \times \text{자재단가})_{\text{사후정비}} \quad (4)$$

2.4 비용 요소

비용 요소(CE; Cost element)는 장치분류 구조(PBS)의 개별 장치와 비용 범주간의 연계를 나타내며, 비용 요소는 CBS에 의거한 비용 산출의 기초자료가 된다. 비용 요소는 다음의 그림3과 같이 비용 행렬 형태로 나타나며, 운영 중의 장치별 유지보수에 따라 비용 범주에 상응하는 비용 데이터를 가지게 된다.

장치분류구조					
P_1	CE	CE	CE	CE	
$P_{1.1}$					
$P_{1.1.1}$		CE			
$P_{1.1.2}$	CE			CE	
$P_{1.1.3}$		CE			
$P_{1.1.4}$	CE				
$P_{1.1.5}$		CE	CE	CE	
$P_{1.1.6}$	CE	CE			
$P_{1.1.7}$		CE			
$P_{1.1.8}$	CE				
$P_{1.1.9}$			CE	CE	
$P_{1.1.10}$	CE			CE	
$P_{1.1.11}$		CE			
	R_1	R_2	R_3	R_4	비용 범주

그림3. 비용 요소 구성

3. 유지보수 비용 산출 및 RCM 연계

상기에서 언급된 비용산출 체계를 토대로 하여 전동차의 유지보수 비용 산출에 대한 사례를 소개하며, 산출된 비용이 RCM 분석 절차에 연계되는 방안을 제시한다.

3.1 예방정비 비용 산출

다음 그림4는 전동차의 샘플 정보를 토대로 예방정비 비용을 산출한 전산화면을 보여준다. 비용 산출을 위한 정비구분, CBS체계 및 장치, 검사주기, 차량편성, 검사MH, 인력구분, 적용임율, 자재품명 및 단가의 샘플 데이터를 기초로 하여 예방정비에 소요되는 노무비와 자재비를 산출하였다.

그림4. 예방정비 비용산출 화면

3.2 사후정비 비용 산출

다음 그림5는 전동차의 샘플 정보를 토대로 사후정비 비용을 산출한 전산화면을 보여준다. 비용 산출을 위한 CBS체계 및 장치, 고장구분, 고장번호, 차량편성, 조치MH, 인력구분, 적용임율, 자재품명 및 단가의 샘플링 데이터를 기초로 하여 사후정비에 소요되는 노무비와 자재비를 산출하였다.

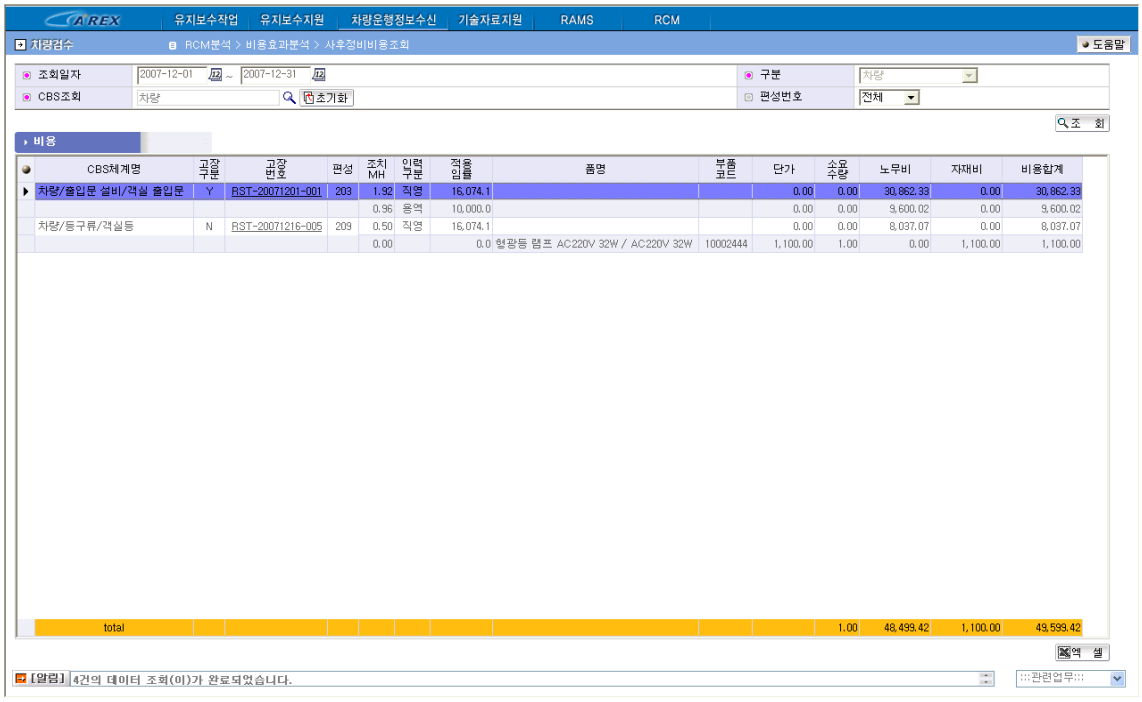

그림5. 사후정비 비용산출 화면

3.3 RCM 분석과의 연계방법

장치별 유지보수의 경제성을 고려한 RCM 분석 절차는 다음 그림6과 같다. 1단계에서는 해당장치에 대한 고장이력정보를 바탕으로 한 신뢰성 정보를 기초로 치명도를 정량적으로 산출하며, 2단계에서는 치명도가 상대적으로 높은 장치에 대한 예방정비와 사후정비에 대한 비용산출 정보를 참조하여 분석장치를 선정한다. 다음 3단계에서는 고장별 상세한 고장정보를 토대로 기존의 예방정비의 효과를 분석하게 되며, 분석결과로 기존 예방정비에 대하여 개선사항이 도출되면 검사항목의 추가 및 삭제, 변경을 최종적으로 검사표에 반영하는 절차를 거치게 된다.

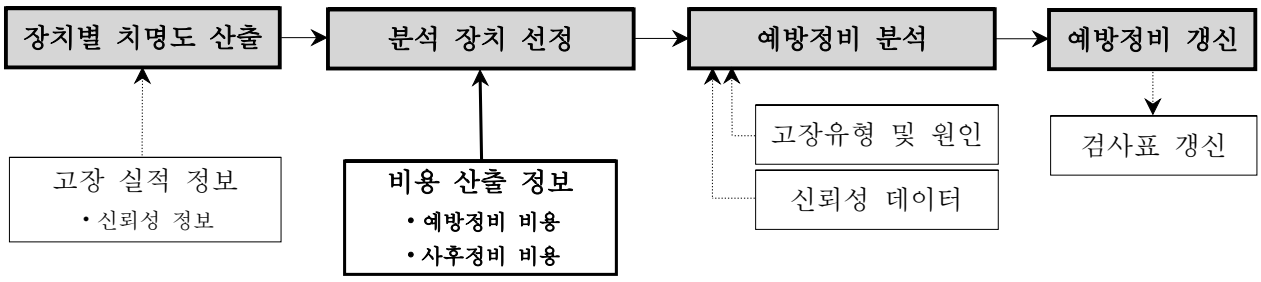

그림6. 경제성을 고려한 RCM 분석절차

4. 결 론

본 논문에서는 공항철도에서 운영 중인 전동차에 대한 RCM 분석시 유지보수의 경제성을 고려하기 위한 유지보수비용의 산출 방안 및 연계 방법을 제시하였다. 향후 본 방안이 연계된 RCM 분석을 통하여 전동차의 안전성 확보와 신뢰성 향상 뿐만 아니라, 유지보수의 효율성을 비용적 측면에서 효과를 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. IEC 60300-3-11, Dependability management- Part 3-11: Application guide- Reliability centred maintenance, 1999.
2. IEC 60300-3-3, Dependability management- Part 3-3: Application guide- Life cycle costing, 2005.