

# 철도안전관리체계 대응을 위한 도시철도 RAMS 활동범위 기준정의 연구

## A Study on the Scope of Urban Rail RAMS Activities for Railway Safety Management System

김지찬\*<sup>†</sup>, 이경복\*, 임경수\*, 김현종\*, 김기원\*

Jichan Kim<sup>\*†</sup>, Kyeongbok Lee<sup>\*</sup>, Kyeongso Lim<sup>\*</sup>, Hyeonjong Kim<sup>\*</sup>, Giwon Kim<sup>\*</sup>

**Abstract** Railway Corporation shall perform maintenance activities through a reliable analysis of the main railway safety components in accordance with the amendment of the Railway Safety Management System. Therefore, all Urban Rail Corporations need reliable analysis activities through the operating performance data, but the situation is incomplete except for rolling stock. For a reliable analysis on the Urban Railway facilities shall establish the criteria for the status and fault type should be made. This paper is to analyze the condition of urban Rail facilities failure data and to coordinate the activities range of RAMS.

**Keywords** : Urban Rail RAMS, Railway Safety Management System, Reliable analysis, Failure Pattern

**초 록** 철도안전관리체계 기술기준 개정에 따라 철도운영기관들은 철도 안전이나 운행에 관련된 주요 안전 부품에 대한 유지관리 활동, 부품관리 및 확보 등 신뢰성 분석을 통해 시행해야 한다. 따라서 모든 철도운영기관은 운영실적 자료를 통한 신뢰성 분석 활동 정립으로 개정된 법령에 대응해야 하지만 일부 차량분야를 제외하고는 자료 확보나 추진 사항들이 미비한 실정이다. 도시철도 시설물에 대해 신뢰성 분석을 위해서는 고장현황 및 유형에 대한 기준을 수립해야 한다. 본 논문에서는 도시철도 운영 현황과 평가기준이 고려된 도시철도 RAMS 통합시스템 구축을 위해 도시철도 운영기관 RAMS 추진계획을 기반으로 설비 별 고장유형 및 범위 관리 현황 분석 후 RAMS 활동범위에 대해 고찰하고자 한다.

**주요어:** 도시철도 RAMS, 철도안전관리체계, 신뢰성 분석, 고장유형 및 범위

## 1. 서 론

철도안전관리체계 기술기준 개정에 따라 철도 운행과 관련된 주요 부품에 대해 객관적이며 신뢰성 있는 유지관리 체계 마련을 위해 각 도시철도 운영기관은 RAMS를 추진해야 한다. 일반적으로 RAMS 추진을 위해서는 차량 또는 시스템 도입 단계에서부터 RAMS에 대한 요구사항을 구매 사양서에 반영하여 고도의 RAMS 성능을 가진 시스템을 도입하고, 도입된 RAMS 지표를 지속적으로 관리하기 위해 신뢰성을 기반으로 한 유지보수체계를 수립하고 시행해야

<sup>†</sup> 교신저자: 대전광역시 도시철도공사 연구개발원(wildlive@hanmail.net)

\* 대전광역시 도시철도공사

한다. [1] 하지만 KTX 고속철도와 최근 개통된 도시철도 노선을 제외하고는 RAMS 활동이 제한적으로 이루어지고 있는 실정이다. 개정된 법령에 따라 도시철도 운영기관별 RAMS 추진 현황을 살펴보고, 향후 평가기준이 고려된 RAMS 활동을 위해 관련 기준 수립에 필요한 고려사항을 도출하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 도시철도 RAMS

#### 2.1.1 RAMS 동향

방위산업분야에서 시작된 RAMS는 복잡한 시스템의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해 잠재적 위험요인에 대한 관심과 신뢰성 분석의 필요성이 증가하며 다른 분야로 확산되고 있다. 따라서 유지보수와 예비품의 교체비용을 줄이기 위한 방안으로 방위산업뿐만 아니라 우주, 항공, 원자력, 자동차, 화학플랜트 산업 등으로 RAMS 관리가 확대되었다. 철도분야의 경우 해외 철도시장에서 1980년대 이후 RAMS관리가 도입되어 발주자 및 운영기관들이 공급자에게 요구조건과 목표를 제시하고 이를 입증할 것을 요구하기 시작하였다. 국내 철도분야에서는 고속철도, 경량전철, 자기부상열차 등 신기술 분야에서 RAMS가 적용되고 있으며, 국내 제작사들도 해외 시장 진출을 위해 국제기준에 따른 RAMS 관리와 SIL 인증이 필요하게 되었다. [2]

#### 2.1.2 철도운영기관 RAMS 현황

2004년 9월 철도안전법 및 규칙의 제정 이후 위험도 기반의 안전관리 원리가 도입되었으며, 그 이후 철도안전법 개정에 따라 위험도 평가 및 RAMS 관리가 철도 안전관리체계에 포함되었다. 2015년 12월 철도안전관리체계 기술기준 개정에 따라 철도 운영기관은 신뢰성 분석을 통해 유지관리를 수행해야 한다. 개정된 기술기준에 의해 RAMS 분야는 3년유예로 2019년 1월 시행될 예정이어서 그때까지 운영기관들은 RAMS 추진을 위한 체계와 대상들을 선정해서 관련제도 시행에 대비해야 한다. 하지만 신규로 건설되고 있는 경량전철 노선을 제외한 기존 도시철도 운영기관의 경우 전동차 분야에만 국한되어 수행하고 있는 곳이 대부분이며 다른 분야에는 기초적인 자료와 기준조차 정립되지 않고 있다. 따라서 법령에 따른 평가기준에 부합할 수 있는 도시철도 운영기관별 RAMS 활동을 위한 기준 정립을 위해 기관별 추진 현황을 분석하고 그에 따른 고려사항을 도출하고자 한다.

### 2.2 도시철도 유관기관 RAMS 추진체계

#### 2.2.1 대전도시철도 RAMS 추진체계

대전도시철도공사는 철도안전관리체계에 따라 철도차량과 철도시설물에 대해서 유지관리 과정에서 축적된 고장정보와 부품이력 정보를 활용하여 고장분석 및 신뢰성 분석을 통해 유지관리 업무에 활용 할 계획이다. 따라서 차량과 기술분야 별로 자체 계획을 수립하여 추진하고 있다. 차량의 경우 유지관리 결과를 체계적이고 합리적으로 관리하고 데이터 분석을 통해 수명분

석, 정비주기 및 방법을 최적화하여 안정적인 열차운행 서비스를 제공하기 위해 RAMS 추진계획과 조직을 구성하였다. [3]



Fig. 1 The organization and role of RAMS within DJET

총괄책임자(분임책임자)는 등록된 RAMS 데이터를 기반으로 신뢰성 분석이 필요한 대상을 선정하고 그에 대한 신뢰성 특성(고장 발생빈도 추이 등)을 분석을 하게 되며, 상세 고장 분석이 필요 시 해당 장치나 부품에 대해 고장모드, 영향, 원인 및 치명도 분석(FMECA: Failure Mode Effect and Criticality Analysis)을 수행하도록 되어 있다.

다른 기술분야도 RAMS 적용을 위해 차량분야와 유사한 적용계획을 수립하였으며, 차량분야의 경우 적용대상을 물품 분류체계에 따라 선정하였고 나머지 분야는 RAMS 활동이 가능한 데이터 축적 여부와 열차운행에 미치는 영향 등을 검토하여 정한 것으로 보인다.

### 2.2.2 지방권역 도시철도 운영기관 RAMS 추진체계

나머지 지방권역 도시철도 운영기관의 RAMS 추진체계를 살펴보면 대전을 비롯해 대체로 유사한 방식으로 추진되고 있다. 연차 별 추진일정에 차이는 있으나, RAMS 관리조직의 역할이나 책임이 거의 동일하다고 볼 수 있다. 다만 뒤에서 살펴볼 각각 운영기관이 선정해 놓은 RAMS 적용대상은 약간씩 차이가 있다. [4]

지금까지 조사한 결과로는 광주도시철도의 경우 차량분야와 신호분야가 자체적으로 RAMS를 추진하고 있으며, 별도의 시스템 구축은 아니지만 엑셀 파일로 관리하고 있다. 대구도시철도의 경우는 1호선과 2호선의 경우 장애일지 검색시스템, 정기점검기록 모니터링 시스템 등을 통해 고장현황을 관리하고 있으며, 최근 개통된 3호선 개통 시 새로운 구축한 유지관리시스템을 통해 RAMS 지표 산출이 가능한 것으로 조사되었다.

## 2.3 도시철도 유관기관 RAMS 추진대상

### 2.3.1 지방권역 운영기관 RAMS 적용대상

운영기관이 수립한 철도안전관리체계에 따라 선정된 RAMS 적용대상을 Table 1를 통해 확인할 수 있다. 차량분야는 전동차 물품 분류 체계에 따라 선정하여 추진하도록 되어 있으며, 기술분야는 각각의 여건에 맞추어 선정하였다.

전기분야의 경우 차단기가 공통적으로 포함되어있다. 신호분야의 경우 열차운행과 안전에 직결되는 선로전환기가 공통적으로 포함되어 있으며, 궤도회로와 연동장치 등이 포함되어 있다. 기계분야는 대체적으로 고객이 이용이 빈번하고 고장 발생 시 안전문제가 발생할 수 있는 승강설비와 승강장안전문을 적용대상으로 포함하였다.

Table 1 RAMS applications for the Urban Rail Corporations

| 구분 | 차량           | 전기                | 신호                      | 통신 | 기계                | 관제 |
|----|--------------|-------------------|-------------------------|----|-------------------|----|
| 대전 | 전동차          | 차단기<br>(GCB, VCB) | 선로전환기<br>궤도회로           | -  | E/S 권상기<br>및 제동장치 | -  |
| 대구 | 1,2호선<br>전동차 | 특고압 차단기           | 연동장치<br>선로전환기           | -  | 승강설비              | -  |
|    | 3호선<br>전동차   | 특고압 차단기           | 연동장치<br>선로전환기<br>승강장안전문 | -  | 승강정비              | -  |
| 광주 | 전동차          | 특고압 차단기           | 선로전환기                   | -  | 승강장안전문            | -  |
| 부산 | 전동차          | 정류기, 차단기          | 연동장치<br>선로전환기           | -  |                   | -  |
| 인천 | 전동차          | 차단기<br>(GCB, VCB) | 연동장치<br>선로전환기           | -  | 승강장안전문            | -  |

### 2.3.2 운영기관 RAMS 적용대상에 대한 고찰

차량분야의 경우 운영기관마다 RAMS 활동을 진행하고 있으나, 나머지 기술분야는 아직 초기 단계로 진행상황이 미진한 상태이다. 특히 설비에 대한 고장현황 및 범위 등 각기 다른 기준으로 관리하므로 RAMS 선정 대상부터 약간의 차이를 보이고 있다. 각 운영기관에서 발생한 고장현상과 축적된 데이터를 바탕으로 RAMS 활동이 가능한지 여부를 고려하여 선정된 것으로 예상된다. 현재 국가연구과제로 진행 중인 ‘철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구’에 따라 운영기관에서 범용적으로 사용할 수 있는 표준화된 시스템 개발을 추진하고 있다.

이에 따라 도시철도 운영기관에서 차량을 포함한 분야별 E&M(Electricity & Mechanic)설비에 대한 고장유형 및 위험요인을 파악하여 RAMS 관리대상을 선정하고 그에 대한 관리체계를 마련해야 한다. 또한 향후 철도안전심사 시 평가기준에도 적절히 대응할 수 있도록 시스템이 구축되어야 할 것이다.

## 2.4 RAMS 추진을 위한 고려사항

### 2.4.1 운영기관 유지관리시스템 환경분석

모든 도시철도 운영기관들은 효율적인 시설물, 작업, 물품 관리 등을 하기 위하여 유지관리 시스템을 구축하여 사용하고 있다. 각 운영기관마다 약간의 차이는 있지만 고장관리에 대한 통계와 분석기능이 시스템에 포함되어 있는 경우도 있다. 하지만 시스템 도입 초기 때만 해도 RAMS에 대한 필요성이 크게 부각되지 않아, 대구 3호선이나 최근 개통된 노선을 제외하고는 유지관리시스템에서 RAMS 활동을 지원하지 못하고 있다.



Fig. 2 Architecture of the Maintenance & Management System of DJET

하지만 RAMS 활동을 위해서 별도의 시스템을 구축해서 운영자에게 중복업무가 발생할 경우 활용도가 낮아질 수 있다. 따라서 효과적인 RAMS 활동 추진을 위해서는 기존 유지관리 시스템과 연동되어 기존 유지관리 활동을 통해 RAMS를 위한 신뢰성 분석이 이루어질 수 있도록 해야 한다.

### 2.4.2 도시철도 E&M 설비 고장범위 및 판단 기준 정의

도시철도 RAMS 시스템 구축을 위해서는 신뢰성 분석을 위해 필요한 장치들에 대한 고장정보 즉, 고장범위 및 증상에 대한 기준이 정립되어야 한다. 도시철도 기관별 전동차와 시스템이 유사하기는 하나 동일한 기준을 적용시키기에는 설비 구성자체가 다른 부분이 있다. 따라서 철도안전관리체계 기술기준에 대응하기 위해서 각 운영기관들의 고장관리 현황을 분석하여 일정한 기준을 마련할 필요가 있다. Table 2는 대전도시철도공사 차량분야에서 RAMS 활동을 위해 관리중인 장치와 그에 따른 고장 유형 수를 나타낸다.

Table 2 Types in accordance with equipment failures of DJET Rolling stock

| 장치 명    | 유형 수 | 장치 명  | 유형 수 | 장치 명  | 유형 수 | 장치 명   | 유형 수 |
|---------|------|-------|------|-------|------|--------|------|
| TCMS    | 8    | 방송장치  | 9    | 전기회로  | 9    | 공기조화장치 | 10   |
| ATP_ATO | 15   | 제동장치  | 14   | 전기장치  | 14   | 연결장치   | 3    |
| VVVF    | 29   | 공기압축기 | 15   | 구동장치  | 5    | 차체     | 5    |
| SIV     | 26   | 설비    | 6    | 대차    | 11   | 의장     | 5    |
| 표시기     | 12   | 출입문   | 13   | 고전압장치 | 7    | 기타     | 9    |

자체적인 RAMS 활동을 위하여 전동차를 운영하면서 발생된 고장현상을 바탕으로 고장장치와 고장유형 수를 결정하였으며, 물품분류체계도 효율적인 관리를 위해 3단계로 설정하였다. 이는 다른 도시철도 운영기관도 거의 유사한 실정으로 각각의 전동차 운영현황을 기반으로 RAMS 활동을 추진 중이다. 운영기관 차량과 시스템이 동일하지 않기 때문에 일률적 기준 적용이 힘들지만, 향후 시행될 철도안전관리체계 기술기준에 대응이 가능하도록 운영기관별 관리중인 고장현황에 대한 조사와 분석이 추가적으로 필요할 것이다.

#### 2.4.3 핵심부품 관리대상 도출 및 RAMS 활동범위 정립

각 운영기관의 RAMS 활동범위는 기관이 자체 수립한 철도안전관리체계에 따라 앞에 2.3.1절에서 기술한 것처럼 RAMS 활동이 추진될 것이다. 또한 그에 대한 평가도 관련 제도의 시행 초기에 때문에 각 기관에서 제출된 RAMS 추진계획 시행여부를 확인하는 수준에서 받게 될 것이다.

하지만 기간이 지나면서 RAMS에 대한 확대 요구가 증대될 것이므로, 사전에 관리대상에 대한 명확한 기준을 정립하여 신뢰성 관련 데이터를 관리해야 할 것이다. 차량분야의 경우 이미 기관별 시행한 결과를 통해 각각의 차이점을 고려하여야 하며, 기타분야의 경우 고장데이터 관리현황을 비교 분석해야 한다.

이에 따라 차량분야는 물품분류체계, 고장유형, 고장원인 및 주기, 영향 및 위험도 등을 통해 신뢰도를 높여야 한다. 그리고 기타분야의 경우 열차운행에 영향을 주는 설비들 중 신뢰성 활동이 누적 고장 데이터를 여부를 고려하여 관리대상을 도출하고 활동범위를 정해야 한다.

### 3. 결 론

철도안전관리 기술기준 개정에 따라 철도 운영기관들은 열차운행과 관련된 주요 설비 또는 부품을 신뢰성 분석을 통해 유지관리 해야 한다. 따라서 운영기관들은 자체 철도안전관리체계에 따라 RAMS 추진 조직과 인력을 구성하고 대상을 선정하여 추진 중이다. 하지만 차량분야를 제외하고 나머지 분야의 경우 RAMS에 대한 준비가 미비한 실정이다. 현재 추진 중인 ‘철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구’ 국가연구과제를 통해 도시철도 운영기관이 향후 법 시행에 따른 평가에 적절히 대응할 수 있는 RAMS 체계 구축을 위해 연구 중이다. 각 운영기관별 유지관리시스템 현황과 주요 시설물 고장관리 현황에 대한 조사와 분석 결과를 고찰해보았으며, 향후 핵심부품 관리대상 도출로 RAMS 활동범위 정립을 위한 방향을 제시하였다.

### 후 기

본 논문은 국토교통과학기술진흥원에서 시행하는 철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축 연구(과제번호: 16RTRP-C113732-01)의 일환으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- [1] J.Y. Kim, J.S. Park, H.Y. Lee, J.H. Kim (2008) A Conceptual Procedure of RAMS Centered Maintenance for Railway Systems, *Journal of the Korean Society for Railway*, 11(1), pp. 19-25.
- [2] Y.S. Kim (2016) Material of Education for Managing Railway RAMS
- [3] DJET (2016) Railway Safety Management System, pp. 211-214.
- [4] DTRO, et al. (2016) Railway Safety Management System