

# 철도안전관리체계 기술기준의 RAMS 요구항목 분석

## Analysis on RAMS Requirements of the Technical Regulation for Railway Safety Management System

김종운\*<sup>†</sup>, 신건영\*\* , 전조원\*\* , 이지영\* , 신화철\*

Jongwoon Kim \*<sup>†</sup>, Kunyoung Shin \*\* , Jowon Jeon \*\* , Jiyoung Lee\* , Hwachul Shin \*

**Abstract** There are various RAMS(Reliability, Availability, Maintainability, Safety) requirements for railway operation and maintenance in 「Technical Regulation for Railway Safety Management System」 and 「Guidance on Accreditation and Inspection of Railway Safety Management System」. RAMS requirements in those two regulation and guidance, are identified and RAMS tasks to fulfill the requirements are suggested in this article. In addition, functional requirements for a total RAMS system (S/W) supporting the RAMS task are proposed

**Keywords** : RAMS, Safety, Management S/W, Functional Requirement

**초 록** 「철도안전관리체계 기술기준」 및 「철도안전관리체계 승인 및 검사 시행지침」에는 철도 운영 및 유지보수에 대한 다양한 RAMS 요구사항이 있다. 본 연구에서는 이 두 가지 기준 및 지침에서 요구하는 RAMS 항목을 식별하고, 이를 충족하기 위해서 필요한 RAMS 활동들을 제시한다. 또한 제시한 활동들의 효과적이고 효율적인 수행을 지원하는 RAMS 통합시스템(S/W)의 기능 요구사항을 제시한다.

**주요어** : 신뢰성, 안전성, 관리 소프트웨어, 기능 요구사항

### 1. 서 론

「철도안전관리체계 기술기준」(이하 기술기준)은 「철도안전법」의 철도운영 및 철도시설의 안전관리에 필요한 기준을 정하기 위해 2014년 5월26일에 제정되었다.(국토교통부고시 제0132호) 그 후 2017년 7월6일 개정되었고(국토교통부고시 제 0477호), 2015.12.30일에 다시 개정되었다.(국토교통부고시 제1033호) 「철도안전관리체계 승인 및 검사 시행지침」(이하 시행지침)은 「철도안전법 시행규칙」에 따라 철도 운영자 및 철도시설관리자의 철도안전관리체계 승인(또는 변경승인)과 검사에 필요한 세부사항을 정하기 위해 제정되었다.

† 교신저자: 네모시스 주식회사(jwkim@nemosys.kr), 한국철도기술연구원(jong@krrri.re.kr)

\* 네모시스 주식회사

\*\* 서울특별시도시철도공사 기술연구소

이 두 기술기준 및 시행지침에는 다양한 RAMS 요구사항이 제시되어 있어, 철도운영자와 철도시설관리자는 안전한 철도운영 및 철도시설관리를 위해 운영 및 유지보수 단계에서 적합한 RAMS 활동을 수행해야 한다. 그러나 기술기준 및 시행지침에는 RAMS 활동에 대한 가이드라인이나 기준은 제시되지 않고 있어, 운영기관 및 시설관리자들은 자체적으로 RAMS 활동과 이에 대한 기준을 설정해야 하는 상황이다. 또한 이 두 규격에서 요구하는 RAMS 요구사항을 만족하기 위해서는 많은 설계 및 유지보수 정보를 다루어야 하는데, 이를 위해서는 통합적인 RAMS 시스템(S/W)의 활용이 필요하다.

본 연구에서는 철도차량 및 철도시설 시스템 측면에서, 기술기준 및 시행지침의 RAMS 항목을 분석한다. 즉 운영, 조직 및 인력 등의 측면의 문제는 본 논문에서 다루지 않는다. 기술기준과 시행지침에서 제시하고 있는 시스템 측면에서의 RAMS 요구사항들을 만족하기 위해 필요한 RAMS 활동들을 제시하고, 제시된 활동들을 지원하기 위한 통합 RAMS 시스템(S/W)의 개발을 위한 기능 요구사항을 제시한다.

## 2. 본 론

### 2.1 RAMS 요구사항

RAMS 요구사항이 제시되어 있는 기술기준 및 시행지침의 항목은 다음과 같다.

- 기술기준, 3. 위험관리
- 기술기준, 12. 유지관리
- 기술기준, 별표2. 철도 위험도 평가에 관한 세부기준
- 기술기준, 별표4. 노후 철도차량 및 철도시설의 유지관리 세부기준
- 시행지침, 별표3. 철도안전관리체계 기술기준 항목별 평가기준
- 시행지침, 별표6. 철도안전관리체계 작성지침

위의 기술기준 및 시행지침의 항목에 제시되어 있는 RAMS 요구사항을 정리하면, ‘Table 1’ 과 같다. 즉 총 36개의 RAMS 요구사항이 식별되었으며, 이는 RAMS 의 관련 범위를 확장하면 더 늘어날 수 있다. RAMS 요구사항 및 항목들 중 중복된 부분은 일부 대표적인 부분만을 기입하였다.

**Table 1** RAMS requirements in the technical regulation and guidance

번호	구분	항목	요구사항
SR1	기술기준	3.1.2	위험요인의 식별, 위험원 분석, 평가 및 안전대책 등에 대한 관리사항을 결정하기 위한 문서화된 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
SR2	기술기준	3.1.3 '별표 2' 11	위험도를 관리하기 위해 수용가능, 경감수용가능, 수용불가 등의 기준을 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
SR3	기술기준	3.1.4	철도차량과 철도시설의 설계단계부터 식별한 위험요인, 위험도 평가 및 결정된 안전대책 등의 적정성을 확인하고, 이에 대한 결과물을 운영단계에 활용하여야 한다.
SR4	기술기준	3.2.1	위험도를 관리하기 위한 안전대책을 수립, 실행 및 유지하여야 한다.

SR5	기술기준	3.2.2	위험도를 관리하기 위한 안전대책의 효과를 모니터링하고 필요할 경우에 안전대책을 변경하여야 한다.
SR6	기술기준	3.2.4 '별표 2' 14	안전대책 이행에 따른 위험도가 허용 가능한 수준으로 관리되는지를 검증하여야 한다.
SR7	기술기준	3.3.1 '별표 2' 17	새로운 위험 또는 변경되는 위험을 파악하고 관리하기 위해 문서화된 변경관리 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
SR8	기술기준	12.3.2	설비별 점검항목 및 점검 및 교체주기는 신뢰성 분석(RAMS) 결과에 따라 변경할 수 있어야 한다.
SR9	기술기준	12.5.2	RAMS를 검토하여 유지관리 업무의 기본 자료로 활용하여야 한다.
SR10	기술기준	12.5.2	유지관리 업무의 기본 자료 RAMS를 활용한 결과를 기록 유지하여야 한다.
SR11	기술기준	12.7.1	철도안전 주요부품의 유지관리 부품을 확보하기 위한 절차에 고장빈도 분석을 포함하여야 한다.
SR12	기술기준	12.7.3	안전과 직결되는 주요 핵심부품과 고장빈도가 높은 고장빈발부품을 선별하여 철도안전 주요부품으로 관리하여야 한다.
SR13	기술기준	12.7.3	철도안전 주요부품은 교체 및 정비주기를 정하는 등 안전에 영향이 최소화되도록 관리하여야 한다.
SR14	기술기준	12.7.3	철도안전 주요부품의 교체 및 정비주기는 운영실적 자료 또는 신뢰성 분석 등의 결과에 따라 변경할 수 있어야 한다.
SR15	기술기준	12.7.4	철도안전 주요부품은 신뢰성기반 유지보수체계를 적용하여 관리하여야 한다.
SR16	기술기준	12.7.4	철도안전 주요부품은 교체주기 변경 등 안전에 영향이 있는 사항을 변경하기 위해서는 신뢰성 기반 유지보수체계 분석을 시행하고 그 결과를 기초로 하여야 한다.
SR17	기술기준	'별표 2' 2의 나, 10의 나	위험도 평가(발생가능성과 심각도)는 사고 및 장애의 통계, 이력 등에 대한 자료를 통해 정량적으로 평가함을 원칙으로 한다. 다만 필요에 따라 위험도 관리표를 적용하여 준 정량적으로 평가를 시행할 수 있다.
SR18	기술기준	'별표 2' 6의 가, 나	초기 위험도 평가를 시행하여야 하며, 설계단계의 위험도 평가 및 종합시험운행 결과, 운행개시 전·후에 발생한 사고·장애에 따라 시행하여야 한다.
SR19	기술기준	'별표 2' 6의 가	위험도 평가 대상의 선정 등 사전준비 작업을 해야 한다.
SR20	기술기준	'별표 2' 6의 나, 9	위험요인이 식별되어야 한다.
SR21	기술기준	'별표 2' 6의 다, 10	위험요인별 위험도 분석을 수행하여야 한다.
SR22	기술기준	'별표 2' 6의 라, 11	위험도 분석결과에 대한 수용가능 여부가 결정되어야 한다.
SR23	기술기준	'별표 2' 6의 마, 13	위험도 해소를 위한 안전대책의 수립 및 조치가 관리되어야 한다.
SR24	기술기준	'별표 2' 6의 바, 12	위험도 평가 내용 및 결과에 관한 기록이 관리되어야 한다.
SR25	기술기준	'별표 2' 7의 가	설계단계의 위험도 평가를 시행하여야 한다.
SR26	기술기준	'별표 2' 9의 나	위험도 평가 과정에서 확인된 모든 위험을 체계적으로 관리하기 위하여 위험 기록대장을 작성하여야 한다.
SR27	기술기준	'별표 2' 7의 나	설계단계에서 식별된 위험요인, 위험요인에 대한 설계 보완사항의 적정성을 확인하고, 설계단계 위험도 평가결과 및 보완사항을 운영단계에 활용하여야 한다.
SR28	기술기준	'별표 2' 7의 다	설계단계 위험도 평가 결과와 초기 위험도 평가 결과를 비교 분석하여 안전대책을 수립하여야 한다.
SR29	기술기준	'별표 4' 2의 다	노후철도 차량 및 철도시설 관리 대상에서 제외되기 위해서는 RAMS 관리체계에 따라 고장률이 지속적으로 유지 또는 감소하고

			있다는 것이 입증되어야 한다.
SR30	기술기준	‘별표 4’ 3의 가	철도차량 및 철도시설을 신규로 제작·건설·구매하려는 경우에는 철도차량 및 철도시설에 대한 기대수명을 제작자에게 제시하여야 한다.
SR31	시행지침	‘별표 3’ 12.5.2의 다	주기적인 RAMS 분석 및 활용이 적정하게 이루어져야 한다.
SR32	시행지침	‘별표 3’ 12.5.2의 다	RAMS 관리, 분석 및 활용할 수 있는 전산시스템이 적정하여야 한다.
SR33	시행지침	‘별표 3’ 12.5.2의 다	시스템 계층구조별 분류체계가 관리되어야 한다.
SR34	시행지침	‘별표 3’ 12.5.2의 다	RAMS 지표가 관리되어야 한다.
SR35	시행지침	‘별표 3’ 12.5.2의 다	RAMS 분석 및 유지관리업무 개선활동이 이루어져야 한다.
SR36	시행지침	‘별표 3’ 12.5.2의 다	RAMS 목표가 설정되고 평가되어야 한다.

## 2.2 RAMS 활동

‘Table 1’의 기술기준 및 시행지침의 RAMS 요구사항을 만족하기 위한 RAMS 활동을 정의하면 ‘Table2’와 같다. 11가지의 안전성 활동과 9가지의 RAM 활동들로 구분될 수 있다. 활동의 개수는 안전성 활동이 많지만, 이것이 꼭 활동에 소요되는 인력 및 시간이 많다는 것을 의미하지 않는다. 예를 들면, RAM 활동 중 ‘신뢰성 기반 유지보수’는 IEC 60300-3-11 등 별도의 규격이 있을 만큼 많은 시간이 소요되는 업무이다.

**Table 2** RAMS tasks to fulfill the RAMS requirements in the technical regulation and guidance

구분	RAMS 활동	설명
Safety	위험요인 식별, 관리	위험요인을 식별하고, 식별된 위험요인을 관리한다.
	위험요인별 발생빈도 평가	위험요인별 발생빈도를 정량적인 자료를 기반으로 평가한다. 단 정량적인 자료가 없는 경우에는 준 정량적으로 평가한다.
	위험요인별 심각도 평가	위험요인별 심각도를 정량적인 자료를 기반으로 평가한다. 단 정량적인 자료가 없는 경우에는 준 정량적으로 평가한다. 심각도는 최악의 상황에서 가장 큰 사망자, 중상자, 경상자를 고려하여 결정한다.
	위험요인별 위험도 평가	위험도를 ‘수용가능’, ‘경감수용가능’, ‘수용불가’로 구분하여 평가하고, 각 항목별 기준에 따라 관리한다.
	안전대책 관리	위험도 평가 결과, 위험도가 경감수용가능 또는 수용불가에 해당된 경우에 안전대책을 수립 및 시행한다. 또한 안전대책의 우선순위를 결정한다.
	위험도 모니터링 (검증)	위험도가 수용가능한 수준으로 관리되는지를 모니터링하고, 안전대책이 추가적인 위험요인을 발생시키거나 위험도의 변경을 일으키지 않음을 검증한다.
	위험원 기록대장 관리	확인된 모든 위험원에 대해 위험사건 및 위험요인의 특성과 출처, 위험도, 안전대책 및 책임자 등을 확인할 있는 위험원 기록대장을 관리한다.
	위험도 변경 관리	내외부 변화에 따른 새로운 위험 또는 위험도의 변경이 있을 경우 위험도 평가를 시행하고 그 변경을 관리한다.
	설계 위험도 평가 산출물 관리	설계단계의 위험도 평가 산출물을 관리하고 이를 운영단계에서 활용한다.
위험도 평가 버전관리 (초기)	위험도 평가는 초기 위험도 평가를 1년 이내 시행하고,	

	위험도 및 주기적)	주기적으로 시행하므로 이에 대한 버전관리를 수행한다.
	철도안전 주요부품 목록 관리	안전에 직결되는 주요 핵심부품과 고장빈도가 높은 고장빈발부품을 선별하여 철도안전 주요부품으로 관리한다.(기술기준 12.7.3 참조)
RAM	RAMS 목표 관리	RAMS 목표 지표를 선정하고, 그 목표지표에 대한 목표값을 설정하며, 목표값 달성여부를 평가한다.
	RAMS 지표 산출 및 모니터링	RAMS 성능 모니터링을 위한 RAMS 지표를 선정하고 (RAMS 목표 지표와 상이할 수 있음), RAMS 지표를 모니터링 한다.
	신뢰성 기반 유지보수(RCM: Reliability Centered Maintenance)	유지보수 업무 및 교체주기 변경 등의 유지보수 업무에 대한 의사결정 수립시 신뢰성 기반 유지보수 체계를 수립, 적용한다.
	유지보수(교체 및 점검) 주기 산정	운영실적 자료 및 RAMS 분석(RCM 포함)을 통해 유지보수 주기를 산정(변경) 한다.
	유지관리 부품 소요량 산정	운영실적 자료 및 RAMS 분석을 통해 유지관리 부품의 보유 수량을 산정한다.
	고장률 변동 모니터링	주요부품에 대해 운영시간(또는 거리) 기준으로 고장률의 변화를 모니터링한다.
	고장률 변동 검증	고장률의 변동이 있는지에 대한 통계적 검증을 수행한다.
	기대수명 산정	철도차량(구성품 포함) 및 철도시설(구성품 포함)의 기대수명을 산정하여 관리한다. (제작자에게 제시 포함)
	시스템 계층구조 관리	철도차량 및 철도시설에 대한 물리적 계층 구조(Physical Breakdown Structure)를 관리한다.

### 2.3 통합 RAMS 시스템 기능 요구사항

‘Table 1’ 과 ‘Table 2’ 에서 제시된 RAMS 요구사항 및 활동들은 많은 정보 처리와 수학적, 통계학적 계산이 필요하다. 따라서 이를 지원하는 통합 RAMS 소프트웨어의 활용이 필요하다. 본 절에서는 이에 대한 기능 요구사항을 ‘Table 3’ 과 같이 제시한다. 저장 및 출력과 같은 일반적인 정보시스템의 기능은 생략하였다.

**Table 3** Functional requirements for a total RAMS management system

기능 요건 그룹	기능 요구사항
시스템 체계 관리	유지보수 정보 시스템과 인터페이스 되어야 한다.
	시스템 계층구조별 분류체계를 관리할 수 있어야 한다.
	철도안전 주요부품을 관리할 수 있어야 한다.
설계 RAMS 정보 관리	유지관리 프로그램의 변동사항 및 RAMS 활용 결과가 관리되어야 한다.
	제작사에서 제공한 RAMS 정보(신뢰도 예측, FMECA 등)를 관리할 수 있어야 한다.
	제작사의 RAMS 정보(위험도 분석, 신뢰도 예측, FMECA 등)를 업데이트 할 수 있어야 한다.
	운영사의 자체 RAMS 분석 결과(위험도 분석 신뢰도 예측, FMECA 등)를 관리할 수 있어야 한다.
	RAMS 산출물 및 분석 결과의 버전을 관리할 수 있어야 한다.
	제작단계와 운영단계에서 모두 활용 가능한 표준화된 RAMS 템플릿을 제공하여야 한다.
RAM 지표/목표 관리	RAM 모니터링 지표를 설정할 수 있어야 한다.
	RAM 모니터링의 지표에 대한 현황 및 변동을 모니터링 할 수 있어야 한다.

	RAM 목표 지표를 설정할 수 있어야 한다.
	RAM 목표값 설정할 수 있어야 한다.
	설정된 RAM 목표값에 대한 평가 결과를 제시하여야 한다.
	설계 단계의 위험도 평가 결과를 활용할 수 있어야 한다.
위험도 관리	위험요인을 식별, 관리할 수 있어야 한다.
	위험요인의 발생빈도를 평가할 수 있어야 한다. (정량적 및 준정량적)
	위험요인의 심각도를 평가할 수 있어야 한다. (정량적 및 준정량적)
	위험도가 평가되고, 수용가능 여부가 확인되어야 한다.
	안전대책을 관리할 수 있어야 한다.
	위험도를 모니터링 할 수 있어야 한다.
	위험원 기록대장을 관리할 수 있어야 한다.
	위험도 평가의 버전이 관리되어야 한다.
고장률 변동 분석	운용시간 또는 거리 기준 고장률 변화를 모니터링 할 수 있어야 한다.
	고장률 변화 여부에 대한 통계적 검정이 이루어져야 한다.
유지보수 지원	신뢰성 기반 유지보수(RCM)를 지원, 관리할 수 있어야 한다.
	유지보수 주기 산정을 위한 분석을 수행할 수 있어야 한다.
	기대수명 산정을 위한 분석을 수행할 수 있어야 한다.
	유지관리 부품의 보유수량 산정을 지원하여야 한다.

### 3. 결론

본 연구에서는 철도차량 및 철도시설 시스템 측면에서 「철도안전관리체계 기술기준」 및 「철도안전관리체계 승인 및 검사 시행지침」에서 제시되어 있는 RAMS 항목을 식별하고, 이를 충족하기 위해서 필요한 RAMS 활동들을 제시하였다. 또한 제시한 활동들의 효과적이고 효율적인 수행을 지원하는 RAMS 통합시스템(S/W)의 기능 요구사항을 제시하였다.

### 후 기

본 논문은 국토교통과학기술진흥원의 철도기술연구사업인 ‘철도안전관리체계 기술기준을 지원하는 도시철도 RAMS 통합시스템 구축연구’ [과제번호 16RTRP-C113732-01]사업에 의해 지원되었습니다.

### 참고문헌

- [1] Technical Regulation for Railway Safety Management System, Issue 1033, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- [2] Guidance on Accreditation and Inspection of Railway Safety Management System, Issue 2014-133, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.