

# 철도 안전을 위한 요건 관리시스템 개발

## Development of the Requirement Management system for the railway safety

최돈범<sup>†</sup>, 왕종배<sup>\*</sup>, 박찬우<sup>\*\*</sup>, 곽상록<sup>\*\*</sup>, 김민수<sup>\*\*\*</sup>  
Choi, Don-Bum, Wang, Jong-Bae, Park, Chan-Woo, Kim, Min-Soo

---

### Abstract

It is necessary to develop the requirement management system that could trace hazards and manage safety requirements for risk control of railway accident as low as reasonably practicable. In this paper, the requirement management system for control of railway accident risk is introduced. The requirement management system is containing the railway system configuration and safety activity related with identified hazards. The system shall be used to derive safety requirements for risk control and support the traceability of hazards on railway's operation & management. In the future, the system will be applied in the areas such as risk assessment and management, performing safety assurance and revising national regulations etc. for continuous safety improvement in the railway.

---

### 1. 서 론

위험도 기반의 철도 안전을 위해서는 공통 안전관리 방법과 접근법은 시스템 수준, 하부시스템, 구성요소 단계별로 “안전목표(허용 위험도)의 달성을 위한 안전요건의 준수”를 적절히 평가하고, 검증할 것인지를 결정하는 것이 필요하다.[1]

안전요건 분석을 위해서는 분석대상 시스템의 정의에서 시작하여, 시스템, 하부시스템, 구성요소별로 안전목표 달성과 안전지표(위험도)의 효율적인 관리를 위하여 국가수준의 안전원칙 및 지침을 수립하고 관련 위험도를 경감할 수 있는 핵심적인 안전대책을 선정하는 것이 필요하다. 그러나 안전대책의 선정에서 위험도 분석의 결과와 안전요건과의 명확한 연관성을 찾지 못해 과도하게 규제화되거나 위험도에 부적절한 대책이 수립되는 경우가 발생할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 위험도 분석을 통한 위험원과 안전요건의 연관성을 추적하여 부족한 안전대책이나 지나치게 강화된 요건의 갱신등을 지원 할 수 있는 안전요건의 관리체계 모델을 개발하고자 한다.

### 2. 안전요건관리의 구성

철도시스템 위험요인-안전요건 검증관리체계는 '위험도를 허용가능 수준으로 제어하기 위한 합리적인 안전요건 도출 및 안전대책 관리'를 목적으로 한다. IEC 61511에 의하면 사고시나리오 기반의 위험사건을 대상으로 위험을 예방하고 피해를 경감할 수 있는 안전요건을 도출할 것을 권장하고 있다. 본 연구에서는 법이나 표준에서 요구하는 필수요건과 기술기준 등에서 권고하는 사항, 이에 도달하기 위한 다양한 선택요건에 따라 다음과 같은 3가지 구성 원칙에 따라 선정, 관리하고자 한다.

---

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 연구원  
E-mail : eye@krri.re.kr

TEL : (031)460-5563 FAX : (031)460-5540

\* 정회원, 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 책임연구원

\*\* 정회원, 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 선임연구원

\*\*\* 정회원, 과학기술연합대학원, 석사과정

- ① 안전원칙: 안전목표(위험도) 달성을 위한 안전요구사항 (필수요건)
- ② 안전지침: 안전원칙을 만족할 수 있는 안전권고사항 (권고요건)
- ③ 안전대책: 안전지침을 만족할 수 있는 적용 가능한 안전대책 (선택요건)

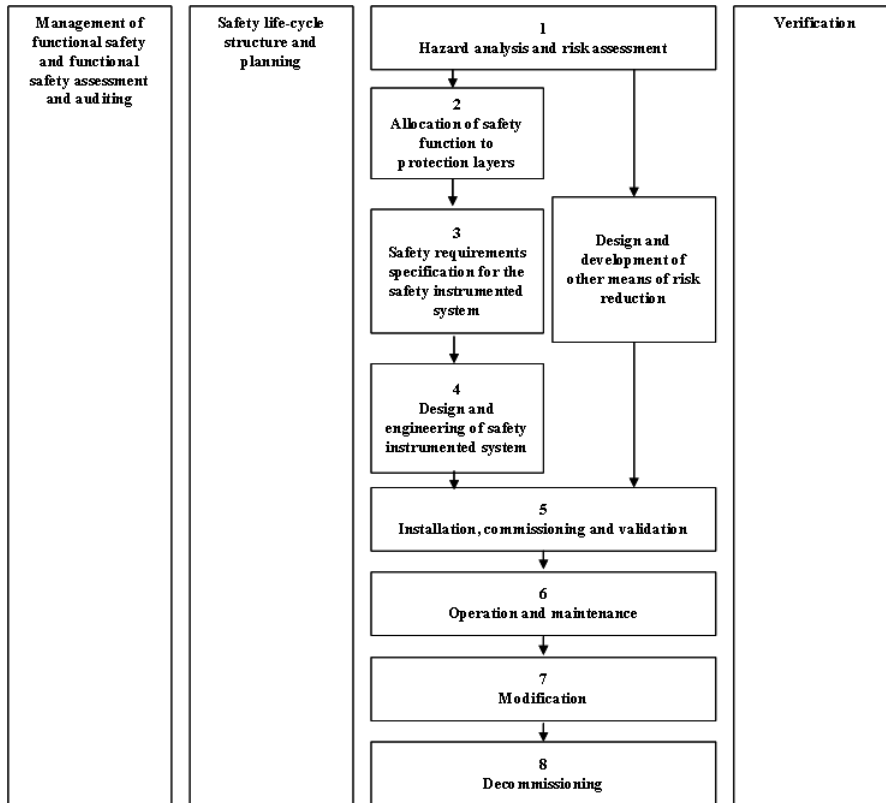


그림 1. 안전관리의 수명주기 (IEC 61511)

철도시스템 위험요인-안전요건 관리체계는 철도사고 종류별 위험사건을 대상으로 하며, 관련 위험요인을 제거하거나 결과피해를 경감할 수 있는 안전요건을 상기 구성 원칙에 따라 관리하고자 한다. 이를 위해 가장 먼저 고려해야 할 사항은 시스템에 대한 정확한 모델링이다. 따라서 본 연구에서는 유럽철도 안전지침의 시스템 구분과 안전관리활동을 반영하였다.

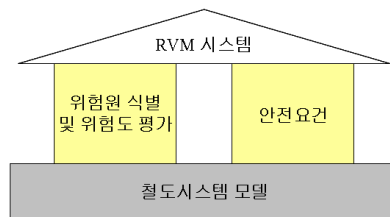


그림 2. RVM 시스템의 구성 체계도

## 2.1 철도 시스템

유럽철도안전지침에 따르면 철도시스템은 다음과 같은 하부시스템 구조와 기능을 가져야 한다고 제안하고 있다.[2]

- 구조적 하부시스템: 기반시설, 에너지, 신호 및 열차제어 시스템, 차량, 운영 및 규정
- 기능적 하부시스템: 유지보수(절차 및 교정/예방 업무), 운영(규정집), 환경, 여객

국내 철도의 경우에도 위험도 평가 기반의 안전관리 체계를 구축하기 위해서는 이를 적용한 철도시스템의 구성과 기능 정의가 필요하다. 여기에는 각 노선별로 상세한 분류가 가능하겠지만 앞서 언급한 바와 같이 규정 등의 갱신에 사용할 목적이므로 공통적인 시스템에 대한 사항으로 국한한다. 이에 대한 구성

을 아래의 그림3과 같이 개략적으로 표현할 수 있다.

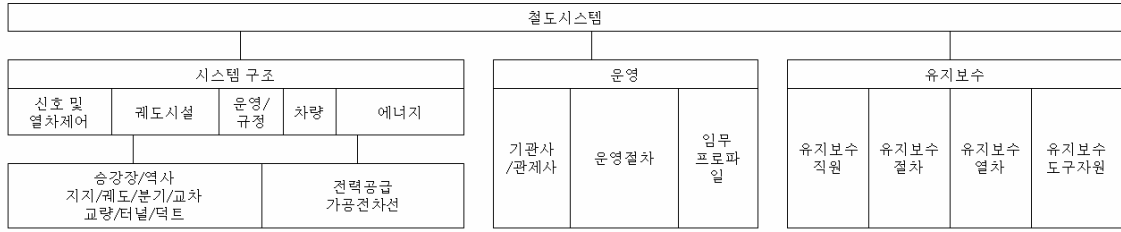


그림 3. 유럽연합의 공통 철도시스템의 구성

철도시스템과 관련된 업무는 정상운영, 축소운영 조건(하나 이상의 하부시스템 고장), 유지보수, 긴급상황에서 수행될 수 있도록 고려되어야 한다.

### 2.2 안전관리 활동 요소

운영에 관련된 안전관리 활동에 의해 위험도도 감소할 수 있으며 이에 대한 내용도 포함되어야 한다. 이는 각각의 활동과 함께 철도시스템의 수명주기와 관련된 사항으로 아래와 같다.

- 철도시설/안전설비 관리활동: 설계, 설치, 시험/평가, 유지관리
- 안전운영 관리활동: 계획, 실행, 점검 및 감독
- 비상대응 관리활동: 사고보고, 긴급구조, 응급복구, 사고조사
- 인적자원 관리활동: 선발/자격, 교육/훈련, 배치
- 규정/절차 관리활동: 체계, 임무, 역할, 규정/지침의 제정/갱신, 위험분석/평가

### 3. 안전요건 및 추적성

본 연구에서는 한국철도의 사고시나리오를 구성하는 위험사건을 대상으로 상기의 구성요건을 바탕으로 현재 국내 철도안전법에서 제시하고 있는 원칙과 지침을 분류하였다.[3],[4] 아래의 예는 철도건널목 사고의 안전요건을 연계한 결과이다.

구분	안전대책	위험요인	위험상황	위험시간
<b>안전 원칙</b>				
건널목 사용자에게 위험을 알리고 이들을 보호하며 철도를 보호할 수 있는 적절한 대책을 마련해야 한다.				
<b>안전 지침</b>				
(1) 주기적인 위험분석 및 위험도 평가를 수행해야 한다.				
(2) 건물목 중별로 적절한 안전설계와 안전설비를 설치해야 한다.				
(3) 접근도로에 대한 적절한 안전설계와 안전설비를 설치해야 한다.				
(4) 건물목 진입후 감시시간의 발생 방지대책을 마련해야 한다.				
(5) 경보중 진입사건의 발생 방지대책을 마련해야 한다.				
(6) 차단기 돌파/우회사건의 발생 방지대책을 마련해야 한다.				
(7) 건물목 이용자에 대한 위반 감시와 단속 활동을 실시해야 한다.				
(8) 비정상/비상상황에 적절한 긴급대응 활동이 이루어져야 한다.				
(9) 건물목 안전운영/유지관리 활동을 지속적으로 시행해야 한다.				
(10) 건물목 이용자 대상의 안전 교육 및 홍보를 시행해야 한다.				
<b>구분</b>	<b>안전대책</b>	<b>위험요인</b>	<b>위험상황</b>	<b>위험시간</b>
<b>설치/개량</b>	<b>(1) 건물목 설치/개량</b>			
	-결차속도를 고려한 투시거리 확보 (곡선부 완화, 경면요 절감)	구조결함-투시지장 운전자 위반-판단착오	위반진입	경보중진입 차단기돌파/우회
	-보판 설치(표면상태, 경사면 설치, 여유폭 확보)	구조결함-통과 폭 부족, 운전자위반-운전부주의	보판이탈 연진정지 충구차단	건널목감함
	-교차각 확보(60도 이상)	구조결함-통과 폭 부족 운전자위반-판단착오	보판이탈 위반진입	건널목감함 경보중진입 차단기돌파/우회
	-건널목 방호 울타리 설치	운전자-법규위반 충돌통계소홀	위반진입	차단기 우회
	-건널목 조명 시설	구조결함-투시지장 운전자위반-판단착오	보판이탈 충구차단 위반진입	건널목감함 경보중진입 차단기돌파/우회
	<b>(2) 접근도로 설치/개량</b>			
	-인지거리 확보(직선부 30m 이상)	구조결함-경지거리미확보 운전자위반-판단착오	위반진입 돌파/우회	경보중진입 차단기돌파/우회
	-구배 제한(0.3%이하)	충돌통계소홀-차량정렬 구조결함-상구배수단부족 구조결함-하구배제동부족 운전자위반-판단착오	한계지정/결렬 유진/제동부족 위반진입 충구차단	건널목감함 경보중진입 차단기돌파/우회
	-도로 폭/높이 차이 최소화	구조결함-교통정체(영속유발) 운전자위반-운전부주의	충구차단 보판이탈 연진정지 한계지정/결렬	건널목감함
-중앙분리대/차선규제봉 설치	충돌통계소홀 운전자-법규위반	차단기 우회	차단기 우회	
-과속방지/미끄럼방지 설치	충돌통계소홀 운전자-법규위반, 운전부주의	위반진입 돌파/우회 충진/제동부족	경보중진입 차단기돌파/우회 건널목감함	

그림 4. 철도건널목에서의 안전원칙, 안전지침, 안전대책 예시

철도시스템 위험사건을 대상으로 안전원칙 및 안전지침을 만족하는 위험요인과 연계된 안전대책은 대상 시스템의 구성요소와 수명주기를 고려하여 작성되었다. 여기에서 구성요소는 운영/관리의 업무와 철도시스템의 구성요소로 구분하였다. 또한 위험원이 제거되거나 위험도가 제어될 때까지 지속적으로 관리할 수 있도록 추적성을 고려하였다. 이러한 추적성은 일반적인 안전요건관리가 책임소재와 진척사항에 대한 정보를 제공하는 추적성이 아니라 위험도의 평가의 결과에 따른 안전요건의 적절성에 대한 추적성을 제공하고 있다.

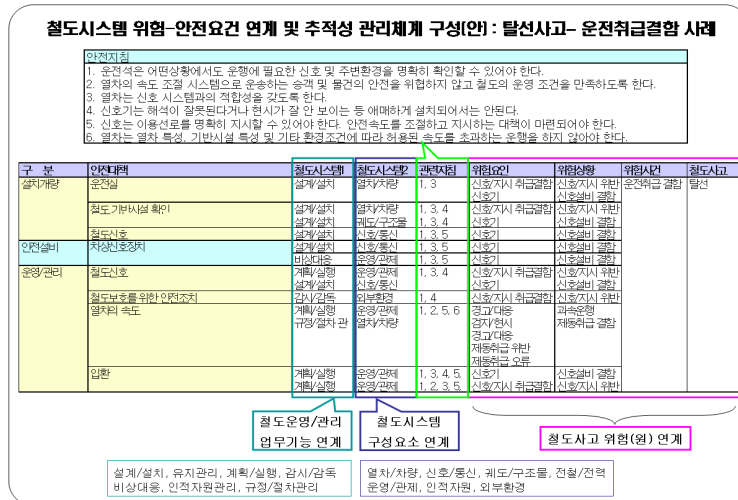


그림 5. 철도시스템의 추적성

#### 4. 전산 프로그램

철도시스템에서 발생할 수 있는 위험사건을 대상으로 안전원칙, 안전지침, 안전대책을 만족하기 위해서는 시스템 구성요소와 수명주기를 고려하여 지속적으로 추적, 관리할 필요가 있으며 위험도평가의 결과에 따라 수정, 보완이 이루어질 경우 이를 반영할 수 있어야 한다. 위험원과 연계된 안전원칙, 안전지침, 그리고 안전대책의 연관성을 효율적으로 추적하고 방대한 정보를 신속하고 유연하게 대처하기 위해 전산지원 프로그램이 필요하다.



그림 6. 추적성 관리를 위한 소프트웨어

#### 5. 결론

철도시스템 위험요인-안전요건의 관리는 철도사고 종류별 위험사건을 대상으로 위험을 제거하거나 피해심각도를 경감할 수 있는 안전성능요건을 도출하고 수명주기 단계별로 추적성을 관리하는 시스템을 개발하였다. 철도시스템 위험-안전요건 관리체계는 위험도 평가 및 안전인증 과정에서 다음과 같이 요구되는 핵심 활동을 성공적 수행을 지원하고, 필요한 기반정보를 제공해 줄 수 있다.

- ① 철도시스템 위험-안전대책은 철도사고 위험(원)목록과 연계하여 해당 안전대책/활동의 결함이나 실패로 초래될 수 있는 관련 위험요인-위험상황을 체계적으로 확인하고, 지속적인 위험추적 및 변경사항을 관리를 할 수 있다.
- ② 철도시스템 위험-안전대책은 수명주기를 고려한 철도시스템 운영/관리상의 업무기능과 연계하여 적절한 시점에 합리적인 안전계획 및 실행전략을 수립하여 위험도를 관리하는데 활용할 수 있다.
- ③ 철도시스템 위험-안전대책은 관련되는 시스템 구성요소와 연계하여 효율적인 위험도 제어수단의 선정과 위험도 경감효과 평가에 활용할 수 있다.

끝으로 한국 철도시스템의 위험요인-안전요건 관리체계는 향후 한국 철도시스템에 대한위험도의 평가 및 관리, 안전인증 수행 그리고 국가 안전규정의 개선에 활용하고자 한다.

### 참고문헌

1. Friedemann Bitsch (2006), "Process Model for the Development of System Requirements Specifications for Railway Systems"
2. SAMNET (2004), "Framework for identifying sources, stakeholders and the nature of risks", LSA/ PhG/WP2.3/D2.3.1/V4
3. Wang Jongbae (2006), "Establishment of Risk Analysis and Assessment System for Railway Accidents and Hazards", Annual report of an Integrated R&D Plan for the Railway Safety, Ministry of Construction and Transportation, Korea.
4. Wang Jongbae (2005), "Preliminary Hazard Analysis (PHA) for Railway Accident", Annual report of an Integrated R&D Plan for the Railway Safety, Ministry of Construction and Transportation, Korea.