

철도사고 위험원 분석을 통한 철도신호안전기준(안) 작성

윤용기, 황종규, 이재호, 김용규
한국철도기술연구원

A draft of a safety criteria of railway signal based on the hazard analysis of railway accidents

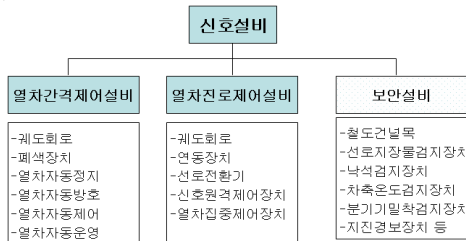
Yoon Yong-Ki, Hwang Jong-Gyu, Lee Jae-Ho, Kim Yong-Gyu
Korea Railroad Research Institute

Abstract - 고속철도 운행, 도시철도 고밀도화, 무인자동운전의 경량전철 등 신교통시스템 도입 등 급변하는 철도환경에 따른 철도안전의 위험요인이 증가하고 있다. 국내 철도사고 사망자는 설비개량, 노후차량교체, 건널목입체화로 감소하고 있으나 10년을 주기로 대형참사가 발생하고 있으며, 철도관련 중사자의 안전의식이 낮은 수준이다. 이러한 대형참사의 발생을 방지하기 위하여 철도안전법이 제정되고 이의 효율적인 시행기반을 구축하기 위하여 철도시설안전체계 구축 및 기술분야별 안전기준을 개발하고 있다.

본 논문에서는 철도종합기술개발사업의 철도사고 위험요인분석(PHA: Preliminary Hazard Analysis)을 토대로 관계있는 위험원을 선정하였다. 또한 위험원에 의한 사고발생을 예방하기 위한 철도신호분야의 안전기준항목을 기술하였다.

1. 서 론

신호설비는 열차간격제어설비, 열차진로제어설비 및 열차집중제어설비로 구성되며, 열차의 선행열차와 후속열차간의 충돌사고 방지와 분기구간에서의 열차충돌사고 방지 등의 기능을 수행하여 열차운행의 안전을 책임지는 안전설비이다. 또한 여러 종류의 보안설비와 긴밀히 연계하여 철도운영의 안전성을 보다 높이고 있다. 신호설비의 장치구성은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 신호설비 장치구성도

규정신호를 무시하고 운전하는 신호취급위반, 열차위치검지실패, 선로변 공사시 신호현시 및 임시속도제한계 미흡 등 신호설비로 인한 사고는 열차운행지연장애 등의 소형 사고는 물론 열차간 충돌사고 열차의 탈선, 열차의 이선진입 등의 대형사고까지 유발시킬 수 있다.

위와 같은 철도신호설비에 의한 사고를 방지하기 위한 철도신호안전기준은 철도신호와 관련된 철도사고를 발생시키는 위험원중에서 사고의 발생빈도와 사고의 심각도와 같은 위험도(risk)평가 결과를 토대로 작성된다.

2. 본 론

2.1 철도사고위험요인분석(PHA)

철도사고위험요인분석에서는 철도시스템을 대상으로 사고종류를 충돌, 탈선, 건널목, 화재, 기타, 사상 및 체계로 분류하였으며, 철도사고를 발생시키는 위험요인을 상세하게 분류하였다. 이 분석내용을 토대로 하여 신호설비에서 고려해야 할 사고를 <표 1>과 같이 분류하였다.

<표 1> 철도신호설비의 사고 분류표

1단계	2단계	3단계
철도차량의 충돌	움직이고 있는 철도차량의 충돌사고	철도차량 전면의 충돌사고 철도차량 후면의 충돌사고 철도차량 측면(중간부분)의 충돌사고
	정차(주차)하고 있는	철도차량의 충돌사고

1단계	2단계	3단계
기타 대상의 충돌	철도선로상에 있는 물체(객체)의 충돌사고	움직이는 물체(객체) 고정되어 있는 물체(객체) 서있거나 기다리고 있는 사람 움직이고 있는 사람
	건널목(평면교차로)상에 있는 물체(객체)의 충돌사고	움직이는 물체(객체) 고정되어 있는 물체(객체) 서있거나 기다리고 있는 사람 움직이고 있는 사람
고정선로시설물위에서의 탈선사고	직선선로구간에서의 탈선사고	
	곡선선로구간에서의 탈선사고	
	분기구간에서의 탈선사고	
가동선로시설물에서의 탈선사고	선로전환기 설치구간의 선로에서의 탈선사고	
	탈선기 설치구간의 선로에서의 탈선사고	
기타사고	자연현상	
	화재	
	화확/생물학 물질	
	전기	
	방사(전자파)	

<표 1>의 사고분류표에서 설정한 사고를 입는 유발하는 대상은 철도차량, 철도시설물, 건널목, 사람 및 물체(객체)로 고려한다. 사고분류표의 사고가 이러한 사고대상에게 발생하는 위험요인을 분석하였다.

1) 철도차량

철도차량은 <표 1>에서와 같이 충돌사고, 탈선사고 및 기타사고를 유발하는 대상으로서 사고발생의 위험요인은 다음과 같이 분석되었다.

- (1) 충돌사고, 탈선사고의 위험요인
 - 철도차량의 부정확한 속도정보
 - 철도차량의 부정확한 위치정보
 - 철도차량의 부정확한 속도제어
 - 철도차량의 부정확한 속도설정지
 - 철도차량의 부정확한 속도수행
- (2) 기타사고의 위험요인
 - 부정확한 상태정보
 - 부정확한 기타 제어작업
 - 부정확한 기타 설정지
 - 부정확한 기타 실행작업

2) 철도시설물

철도시설물은 <표 1>에서와 같이 충돌사고와 탈선사고를 발생시키는 대상으로서 사고발생의 위험요인은 다음과 같이 분석되었다.

- 선로시설물에 대한 부정확한 상태정보
- 선로시설물의 부정확한 방향제어
- 선로시설물의 부정확한 방향제어 설정지
- 선로시설물의 부정확한 방향제어 실행

3) 건널목

철도건널목은 <표 1>에서와 같이 건널목상에 있는 객체(사람, 차량, 물체)가 충돌사고를 유발하는 대상으로서 사고발생의 위험요인은 다음과 같이 분석되었다.

- 건널목의 부정확한 상태정보
- 건널목의 부정확한 기타제어
- 건널목의 부정확한 기타설정지
- 건널목의 부정확한 기타실행

4) 철도신호설비운영요원

철도신호설비운영요원은 철도선로상에 있는 객체(물체, 사람)과 건물목에 있는 객체(물체, 사람)에 충돌사고를 초래할 수 있으며, 이들이 사고를 발생시키는 위험요인은 다음과 같다.

- 사람의 부정확한 속도정보
- 사람의 부정확한 위치정보
- 사람의 부정확한 속도제어
- 사람의 부정확한 방향제어
- 사람의 부정확한 속도설정
- 사람의 부정확한 방향설정
- 사람의 부정확한 속도제어실행
- 사람의 부정확한 방향제어실행

이상과 같은 내용을 정리한 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 철도사고와 위험요인간의 관계

사고	위험요인				
	차량	시설물	건널목	사람	객체
움직이고 있는 철도차량의 충돌사고	◎	◎	-	-	-
정차(주차)하고 있는 철도차량의 충돌사고	◎	◎	-	-	-
철도선로상에 있는 객체의 충돌사고	◎	◎	-	◎	◎
건널목상에 있는 객체의 충돌사고	◎	◎	◎	◎	◎
고정선로시설물위에서의 탈선사고	◎	◎	-	-	-
가동선로시설물위에서의 탈선사고	◎	◎	-	-	-
기타사고	◎	-	-	-	-

2.2 철도신호안전기준항목

지금까지 수행한 철도사고위험요인분석, 철도신호설비와 관련한 철도사고 및 위험요인을 토대로 철도신호설비안전기준에 들어갈 항목을 작성하였다.

<표 5> 철도신호설비안전기준항목

세부항목	세부사항
일반사항	- 주요 기능 및 구성
신호기	- 신호기 종류 및 설치위치
열차검지장치	- 궤도회로를 이용한 방법
	- 궤도회로를 사용하지 않는 방법
연동장치	- 연동장치 설계 시 고려요소 : Fail-safe를 고려한 H/W 및 S/W 설계 : 열차의 이선진입 방지
	- 연동장치 구성 - 연동장치 동작 등
건널목	- 주요기능, 구성 및 운영
열차간격제어장치	- 열차간격제어장치 설계 시 고려요소 : Fail-safe를 고려한 H/W 및 S/W 설계 : 열차의 과속방지
	- 열차간격제어장치 구성 - 열차간격제어장치 동작 등
사령설비	- 주요기능, 구성 및 운영
열차운전보안장치	- 열차운전보안장치 일반
	- 기상장치
	- 경사지 등 지장물 검지장치 - 선로궤림검지 장치 등
교육	- 현장 신호설비 취급 및 유지보수

2.3 유럽국가의 철도안전지침

유럽은 회원국간 국경을 열차가 통과하는 서비스를 제공하고, 철도인프라건설·차량제작·운영·유지보수분야의 단일내부시장을 창출하는 것을 목적으로 철도의 기술표준과 운영표준을 위한 지침을 제정하였다. 첫 번째 지침은 고속철도망에 적용되는 Directive 96/48이고 두 번째 지침은 기존철도망에 적용되는 Directive 2001/16이다. 또한 유럽철도안전지침 Directive 2004/29를 제정했다. 이 지침의 목적은 유럽철도망의 연계를 용이하게 하고, 철도교통의 안전도수준을 높게 유지하는 것이다. 이 지침은 철도시스템의 안전성은 철도회사에 책임이 있다는 것을 중요한 원칙으로 한다. 또한 안전표준과 요건을 통일하기 위한 메커니즘, 안전인증을 위한 상세한 규정, 안전인증을 위한 직원훈련·열차설비취급·철

도차량 운행절차, 안전규칙의 관리·규제·집행·보고, 국가사고조사기관의 설립을 포함한 사고조사를 위한 원칙·책임·절차 등의 내용을 담고 있다.

유럽회원국은 철도안전지침(2004/49/EC)을 확장하여 해당 국가의 국가안전규칙을 제정한다. 해당 국가의 안전지침에 포함되는 항목은 1)안전의 목적과 방법, 2) 철도회사의 안전관리체계와 안전인증에 대한 요구사항, 3) 운행 또는 유지보수중인 신차 또는 부분개조차량에 대한 인증, 4) 철도운영의 일반지침, 5) 철도회사의 내부운영지침에 대한 요구사항, 6) 안전업무와 무관한 직원에 대한 요구사항, 7) 사고 또는 장애에 대한 조사 등이 있다.

3. 결 론

철도사고위험요인분석에 맞추어 철도신호설비안전기준에 포함할 항목을 작성하였다. 또한 유럽의 철도안전지침을 분석하였다. 고속철도건설·운영, 경량전철건설 등 철도산업이 발전하는 속도가 매우 빠르기 때문에 새롭고 혁신적인 장치와 시스템을 개발하여 운영하고 있다.

이러한 여건을 고려하여 철도안전법, 분야별 철도안전지침과 안전기준을 만들기 위한 연구를 수행하고 있다. 그렇지만 철도안전을 위한 법률체계를 지속적으로 보완하는 작업은 철도산업의 급속한 발전속도에 맞추어 시기적절하게 지원하는 것은 어려운 것으로 판단된다.

따라서, 철도신호설비를 포함한 철도시설물에 대한 안전기준을 작성함에 있어서, 안전기준의 범위, 내용의 깊이, 철도산업의 기술수준 등 세밀한 작업이 요구된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국철도기술연구원, “철도사고 위험요인(PHD) 분석기술개발”, 철도종합안전기술개발사업, 04철도안전C-01, 2005. 8
- [2] 한국철도기술연구원, “철도시설 안전기준 및 체계 구축 1차년도 연차 보고서”, 철도종합안전기술개발사업, 04철도안전B-02, 2005. 8
- [3] 한국철도기술연구원, “철도시설 안전기준 및 체계 구축 2차년도 연차 보고서”, 철도종합안전기술개발사업, 04철도안전B-02, 2006. 12