

# 국제 공통의 안전성능관리방법 국내 적용성 검토

## Analysis of the Common Safety Performance Management Method for the Application to the Korea Railway

박찬우<sup>†</sup>

왕종배\*

곽상록\*

최돈범\*

김민수\*

Park, Chan-Woo Wang, Jong-Bae Kwak, Sang-Log Choi, Don-Bum Kim, Min-Su

### ABSTRACT

Railway safety is one aspect of the transport service quality delivered to passengers, employees and third parties. To improve safety by a cultural shift from a deterministic to a risk based approach, European Railway Agency (ERA) introduces common and transparent methods to monitor safety performance and set targets and establishes safety management systems. The objective of this study is to review the common safety performance management method of the ERA(European Railway Agency) for its application to the Korea railway. For this end, the risk assessment models were developed based on the accident scenarios and domestic railway accidents had been investigated and quantitative and qualitative analyses was performed using the developed information system.

## 1. 서 론

철도산업의 주요 과제는 지속적으로 철도를 안전하고 효과적으로 관리하는 것이며, 이것은 개선이 필요한 위험영역에 특별한 관심을 기울이는 동시에 현재의 안전 활동을 지속적으로 개선하는 것을 의미한다. 따라서 국내 철도산업도 조직마다 고유한 사업영역과 시스템 구성 및 다양한 기술이 적용되고 있지만, 국가 안전목표와 조화를 이루는 합리적인 위험도 관리전략의 개발과 적용을 통해 철도안전의 지속적인 개선을 도모하고 철도 중심의 국가 교통 경쟁력 향상에 기여할 수 있어야 한다. 유럽연합은 2004년도부터 SAMRAIL 프로젝트를 진행하여 공통안전목표를 개발하였고, 철도 안전목표를 설정하기 위한 공통 안전관리방법론을 개발하여 철도안전성능의 지속적 개선을 위한 노력을 수행하고 있다. 국가적인 안전목표의 수립은 적용 가능한 기술적 해결방안 뿐만 아니라 사회적, 정치적 이해당사자의 기대를 반영해야 하고, 안전목표 관리를 위한 공통 정책의 개발은 철도시스템 전체의 안전수준 또는 관련 기관별 안전수준을 비교하고 안전성능 개선의 기회를 제공하여야 한다. 이와 같은 이유로 본 논문에서는 위험도 평가를 기반으로 하는 국제 공통의 안전성능관리방법을 분석하였고, 국제 공통의 안전성능관리방법을 국내 사고사례를 기반으로 적용성을 검토하였다.

## 2. 철도 안전성능관리방법에 대한 국외현황

선진 철도운영국가에서는 철도 안전성능관리방법에 의해 국가적인 위험도 평가 프로그램의 구축을 구축하고 이미 실행을 의무화 하고 있다.

† 책임저자 : 정회원, 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단, 선임연구원  
E-mail : cwpark@krii.re.kr  
TEL : (02)123-1234 FAX : (02)123-1234  
\* 정회원, 한국철도기술연구원, 철도종합안전기술개발사업단

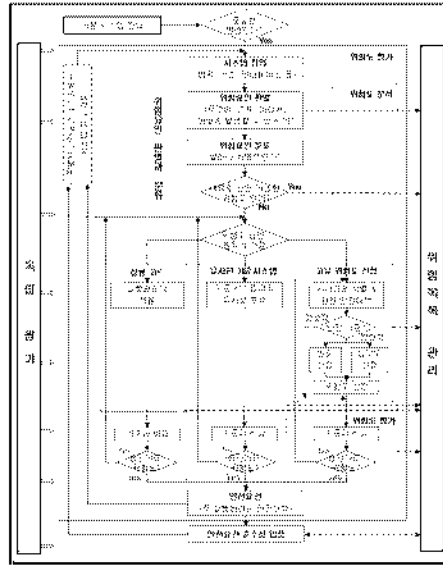


그림 1. 유럽연합의 공통안전방법

유럽연합의 철도안전지침(RSD 2004/49/EC)에서는 철도운영자 및 시설관리자가 안전관리시스템(Safety Management System, SMS)을 개발/승인/유지 할 것을 요구하고 있으며, 안전관리시스템은 공통안전목표(CST)와 공통안전방법(CSM)를 주요 내용으로 하고 있다. 공통안전목표는 철도시스템이 최소한 달성해야 하는 안전수준을 나타내고, 공통안전방법의 절차에 따라서 평가하고 있다. 공통안전방법은 그림 1과 같이 시스템 정의, 위험요인 판별/분류, 위험도 평가, 안전요건 관리, 안전요건 준수성 입증을 주요 내용으로 한다. 영국의 GE/GN8561, 일본의 안전관리규정 등에서도 유럽연합의 철도안전지침과 유사한 위험도 평가 프로그램을 구축하여 운영하고 있다. 선진국 수준의 철도안전관리체계를 구축하기 위하여 국내에서도 국제기준과의 부합성 유지하면서 국내환경에 적합한 철도사고 위험도 평가지표를 개발해야 하며, 안전목표 달성여부를 판정하기 위해 철도사고 Risk Profile이 작성이 요구된다.

### 3. 안전성능관리방법의 국내 적용성 검토

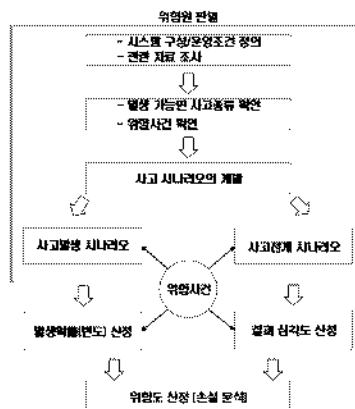


그림 2. 철도사고 위험분석 및 위험도 평가 절차

그림 2는 본 연구의 철도사고 위험분석 및 위험도 평가 절차를 나타낸 것으로서, 유럽연합의 철도안전지침과 ISO/IEC Guide 51 등의 국제지침에서 제시된 위험원 판별, 위험도 산출, 위험도 경감으로 이어지는 국제적인 공통 절차를 따르고 있다. 우선, 위험분석 과정에서 위험사건을 정의하고, 위험사건의 발생원인과 최종적인 결과피해에 이르는 사건진전 과정을 논리적으로 연결한 사고 시나리오를 구성한다. 여기에서 위험사건은 사고로 발전될 잠재적 가능성이 높은 상황을 말한다. 그리고 위험도 평가 단계에서

는 이들 시나리오를 기반으로 위험사건의 발생확률(빈도)과 사건진전 과정의 인명피해에 대한 결과심각도를 산정하여, 최종적으로 발생확률과 인명피해의 곱으로 표현되는 위험도를 정량적으로 평가하는 것으로 하였다.

#### 4. 국내 철도의 안전성능 평가

본 장에서는 3장에서 제시된 철도사고 위험분석 및 위험도 평가 절차에 따라 한국철도공사의 2007년도 사고자료를 상세 분석을 수행하였다. 철도사고 위험분석 및 위험도 평가 절차 중 사고 시나리오 모델이 국내 철도의 안전성능을 적절히 표현하고, 위험도 평가 모형의 통계자료를 수집할 수 있는지를 검증하였다. 아래의 표와 그림은 평가 결과를 나타내며, 아래의 결과는 개발된 사고 시나리오 모델을 활용함으로써 국내 철도의 안전성능을 분류할 수 있다는 것이 위의 표와 그림을 통하여 확인할 수 있다. 즉, 도출된 각 위험사건에 대한 발생확률 및 심각도를 분석함으로써 위험도 평가를 수행할 수 있다.

표 1. 2007년도 철도사고 발생조건별 위험도 프로파일

발생조건		건수	위험도-등가사망	
공중행동	불법행위	48	34.23	85.38 (68%)
	건널목	46	12.10	
	부주의	3	0.21	
	자살/추정	48	38.84	
여객행동	역구내	26	10.88	28.00 (22%)
	열차	5	1.04	
	승/하차	8	0.26	
	자살/추정	25	15.82	
직원행동	외부작업자	8	4.40	11.82 (9.4%)
	시설관리원	8	3.42	
	차량관리원	19	1.45	
	전기원	9	0.82	
	기관사/승무원	9	0.79	
	수송원/입환원	6	0.51	
	역무원	4	0.31	
	기타작업자	4	0.12	
기술결함	차량결함	4	0.23	0.44 (0.35%)
	시설결함	3	0.11	
	설비결함	1	0.10	
합 계		284	125.64	

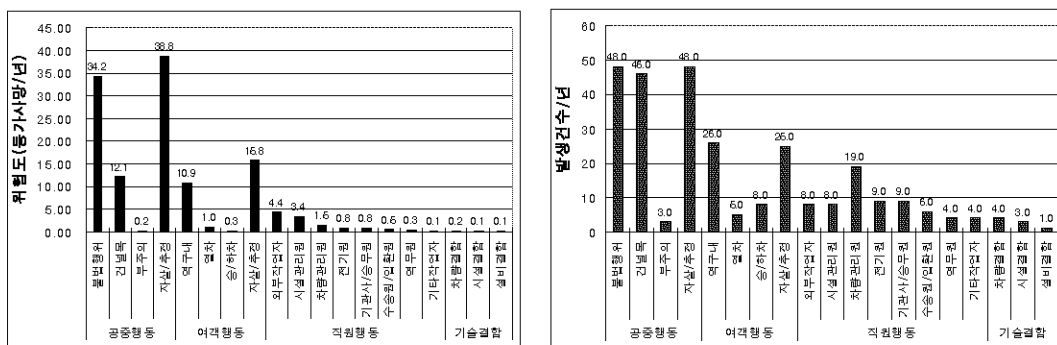


그림 3. 2007년도 철도사고 발생조건별 위험도 프로파일

표 3. 2007년 철도사고 여객의 위험도 프로파일

발생조건	형식	위험사건	위험요인	건수	위험도(BF)			
여객행동	역구내	자살추경	열차충격	역구내 선로침입/통행	4	3.10	15.82	
			열차충격	승강장 추락	21	12.72		
		부주의	열차충격	승강장 안전지역 이탈	12	4.35	6.77	
			열차충격	승강장 추락	3	0.21		
			전도(넘어짐)	역구내계단 전도	1	0.01		
			추락	승강장 추락	3	2.10		
	불법행위	추락	승강장 추락-음주	1	0.10	4.11		
		감전-전차선	차량지붕 올라감	1	0.10			
	열차	불법행위	열차충격	역구내 선로침입/통행	5	4.01	1.01	
			열차충격	운행열차 뛰어내림/출입문 무단취급	1	1.00		
		부주의	추락	운행열차 뛰어내림/출입문 무단취급	1	0.01	0.03	
			물체충격	열차출입문에 충격	1	0.01		
			물체충격	열차내 설비에 충격	1	0.01		
			협착(끼임)	열차출입문에 끼임	1	0.01		
		승/하차	부주의	전도(넘어짐)	승하차중 전도	1	0.10	0.15
				추락	승강장 추락	1	0.01	
	협착(끼임)			승강장-열차사이 끼임	2	0.02		
	협착(끼임)		열차출입문에 끼임	2	0.02			
	불법행위	추락	열차 매달림/뛰어오름	2	0.11	0.11		
	직원행동	기관사	관리결함	협착(끼임)	열차출입문에 끼임-출입문 취급오류	2	0.02	0.02
규정위반			열차충돌	정지신호 확인소홀-제동취급 지연	2	0.45	0.45	
시설		관리결함	물체충격	작업장비 승강장으로 전도	1	2.00	2.00	
공중행동	건널목	운전자위반	경보중 진입	위반진입-음주운전(1)	3	0.01	0.09	
			경보중 진입	위반진입-출구측 차단	2	0.07		
			차단기 우회	차단기 우회	9	0.01		
기술결함	차량	차량결함	협착(끼임)	열차출입문에 끼임-고장/오작동	1	0.01	0.01	
합 계				84	30.57			

표 4. 2007년 철도사고 공중의 위험도 프로파일

발생조건	형식	위험사건	위험요인	건수	위험도(BF)		
공중행동	자살추경	역구내	열차충격	선로침입/통행	6	6.00	38.84
		역간선로	열차충격	선로침입/통행	37	27.84	
		건널목	열차충격	경보중 위반진입	1	1.00	
			열차충격	차단기 우회진입	4	4.00	
	역간선로	불법행위	열차충격	선로침입/통행	34	31.30	31.30
		부주의	열차충격	도로차량 추락	1	0.01	0.11
			추락	도로차량 추락	1	0.10	
	건널목	보행자위반	열차충격	경보중 위반진입	1	0.10	7.21
			열차충격	차단기 우회진입	7	7.11	
		운전자위반	건널목간힘	보판이탈-음주운전	1	0.00	4.70
				한계지장/결림-회전반경부족	1	0.00	
			한계 지장/결림	1	0.00		
			경보중진입	경보중위반진입-음주운전(1)	2	0.23	
			경보중진입	경보중위반진입-출구측 차단	2	0.00	
			차단기물파	차단기물파	4	0.33	
	차단기우회	차단기우회-오토바이(4)	9	4.14			
	역구내	불법행위	열차충격	선로침입/통행	8	2.51	2.53
			넘어짐	선로침입/통행	2	0.02	
	기타	부주의	감전	화물-전차선 접촉	1	0.10	0.10
		불법행위	차량충격	작업선로침입/통행	1	0.10	0.10
기술결함	건널목	시설결함	건널목간힘	한계지장/결림-한계제한미설치	1	0.00	0.00
	열차	차량결함	물체충격	운행열차 자갈비산	1	0.02	0.02
직원행동	건널목관리	관리결함	경보중진입	관리원 출입통제소홀	1	0.00	0.00
합 계				127	84.91		

표 4. 2007년 철도사고 직원의 위험도 프로파일

발생조건		형식	위험사건	위험요인	건수	위험도(BF)		
직원행동	의부작업자	불법행위	차량충격	선로침입/통행	2	1.10	3.10	
			감전	전기설비 계획전 임의작업	1	1.00		
			열차충격	선로침입/통행	1	1.00		
		부주의	감전	차량지붕에서 전차선 접촉	1	1.00	1.30	
			물체충격	차량탑승중 시설물에 충격	1	0.10		
			열차충격	작업중 열차접근경보 인지요류	1	0.10		
	차량관리원	부주의	차량충격	작업중 열차접근경보 인지요류	1	0.10	1.24	
			감전	차량전기설비 접촉	1	0.10		
			기타(환자)	중량물 취급	1	0.10		
			물체충격	차량구성품에 충격	3	0.12		
			전도(넘어짐)	작업장에서 넘어짐	1	0.10		
			추락	검사피트로 추락	2	0.11		
			추락	고소작업중 추락-보호구미착용	1	0.10		
		관리결함	추락	작업중 차량에서 추락	3	0.30	0.21	
			협착(끼임)	차량구성품에 끼임	3	0.21		
			협착(끼임)	작업장 출입문에 끼임	1	0.10		
	전기원	부주의	물체충격	작업장비에 충격	2	0.11	0.72	
			협착(끼임)	작업장 출입문에 끼임	1	0.10		
			감전	변전소/전기실 감전	1	0.01		
			기타(환자)	갑작스런 움직임	1	0.10		
			물체충격	수목작업 비산물에 충격	2	0.11		
		관리결함	물체충격	이동중 도로차량에 충격	1	0.20	0.10	
			전도(넘어짐)	작업장 선로에서 넘어짐	1	0.10		
	수송/입환원	부주의	추락	고소작업중 추락	2	0.20	0.51	
			추락	고소작업중 추락	1	0.10		
			기타(환자)	갑작스런 움직임	1	0.10		
			열차충격	작업중 운행선 진입	1	0.10		
			전도(넘어짐)	작업장 선로에서 넘어짐	1	0.10		
			추락	작업중 차량에서 미끄러짐	1	0.10		
	시설관리원	부주의	협착(끼임)	차량구성품에 끼임	1	0.10	0.42	
추락			작업중 차량에서 뛰어내림	1	0.01			
물체충격			재료/자재에 충격	1	0.01			
물체충격			작업장비에 충격	1	0.01			
관리결함		전도(넘어짐)	작업장 선로에서 넘어짐	3	0.30	1.00		
	협착(끼임)	케도구성품에 끼임	1	0.10				
기관사/승무원	부주의	감전	보수장비지붕에서 전차선 접촉	1	1.00	0.32		
		물체충격	역구내 출입문에 충격	1	0.10			
		물체충격	차량내설비에 충격	1	0.01			
		추락	차량에서 추락	1	0.10			
		협착(끼임)	차량출입문에 끼임	1	0.01			
역무원	부주의	전도(넘어짐)	작업장 선로에서 넘어짐	1	0.10	0.31		
		전도(넘어짐)	작업장에서 넘어짐	1	0.01			
		추락	승강장에서 추락	1	0.10			
		추락	고속작업중 추락-보호구미착용	1	0.10			
기타작업자	부주의	물체충격	차량구성품 충격-보호구미착용	1	0.10	0.12		
		전도(넘어짐)	작업장 선로에서 넘어짐	1	0.01			
		전도(넘어짐)	작업장에서 넘어짐	1	0.01			
공중행동	열차	불법행위	물체충격	외부투사물이 기관사 충격	2	0.20	0.30	
			폭행/협박	여객의 폭행/협박	1	0.10		
기술결함	건설목	불법행위	차단기물파	차단기 물파	4	0.10	0.10	
			시설결함	물체충격	선로변 오설치 시설물에 충격	1	0.01	0.01
			시설결함	추락	지반침하로 시설물에서 추락	1	0.10	0.10
			차량결함	전도(넘어짐)	의자고장으로 넘어짐	2	0.20	0.20
			설비결함	추락	고속작업중 작업대 붕괴	1	0.10	0.10
합 계					73	10.16		

## 5. 결 론

국가적인 안전목표의 수립은 적용 가능한 기술적 해결방안 뿐만 아니라 사회적, 정치적 이해당사자의 기대를 반영해야 하고, 안전목표 관리를 위한 공통 정책의 개발은 철도시스템 전체의 안전수준 또는 관련 기관별 안전수준을 비교하고 안전성능 개선의 기회를 제공하여야 한다. 이와 같은 이유로 본 논문에서는 위험도 평가를 기반으로 하는 국제 공통의 안전성능관리방법을 분석하였고, 국제기준과의 부합성 유지하면서 국내환경에 적합한 철도사고 위험분석 및 위험도 평가 절차를 제시하였다. 또한 철도사고 위험분석 및 위험도 평가 절차가 국내 사고사례를 기반으로 적용성을 검토하였다. 검토결과 국내 철도의 안전성능을 적절히 나타낼 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 향후 제시된 철도사고 위험분석 및 위험도 평가 절차는 국내 철도의 안전수준 평가하고 안전대책을 마련하는데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 왕중배, 박찬우(2006), “위험도 평가 기반의 철도시스템 안전관리”, 한국방재학회논문집, 제 3권. 제 3호, pp. 10-21.
2. European Commission (2004), “Safety Management in Railway, D.2.3:Common Safety Methods”, pp. 19-26.
3. European Commission (2004), “Safety Management in Railway, WP.2.4: Acceptable Risk Level”, pp. 14-18.
4. Rail Safety and Standard Board (2006), “Profile of Safety Risk on the UK Mainline Railway” , issue 5, pp. 1-9.
5. Rail Safety and Standard Board(2007), "Engineering Safety Management(The Yellow Book) Guidance Issue 4, pp. 151-194.
6. Rail Safety and Standard Board, Railway Group Guidance Note GE/GN8561 (2002), “Guidance on the Preparation of Risk Assessments within Railway Safety Cases”, pp. 3-29.
7. 한국철도기술연구원(2003), “철도사고 위험요인 분석기술개발 : 별책 호주철도사고 위험요인 분석”.
8. 한국철도기술연구원(2007), “철도사고 위험도 분석 및 평가체계 구축”, pp. 13-150.
9. 한국철도공사(2006), “운전사고 및 운행장애 월보(2004년-2005년)”.