

3. 맺음말

2004년 4월 시속 300km로 주행하는 고속철도를 성공적으로 개통한 철도건설의 주역으로서 선진 철도시설과 동등한 수준의 안전성을 확보하는데 기울였던 노력과 경험을 바탕으로, 본 주제에서는 안전한 철도건설 및 기반시설의 구축을 위하여 철도의 설계에서부터 건설 및 개통에 이르기까지 단계별로 한국철도시설공단이 수행하고 있는 안전 활동을 기술하였다.

현재 고속철도의 건설에 적용하는 안전설계 및 시공관리, 종합시험의 개념을 일반철도까지 확대 적용하고 있지만, 아직까지 그 기준이 확정되지 않은 부분에 대해서는 관련기관의 심도있는 연구를 통해 기준이 확정되는 시점에서 이를 확대하여 적용해 나갈 계획이다.

그리고 현재의 방재기준에 의하여 설치되었거나 설치 중인 안전시설물에 대해서도 보완이나 개량의 필요성을 지속적으로 검토하여 개선함으로써, 국민이 안심하고 이용할 수 있는 철도건설에 최선을 다할 것임을 약속하는 바이다.



위험도 평가 기반의 철도시스템 안전프로그램 개발 방향

왕종배 | 한국철도기술연구원 안전기술연구팀 선임연구원



1. 머리말

철도는 수송단위가 큰 공공 교통수단으로서 안전성, 정시성을 자랑하지만, 충돌, 탈선, 화재나 테러 등에 의한 사고가 발생하는 경우 대형 재난으로 확대될 수 있는 위험성을 갖고 있으며, 또한 다른 교통수단에 비해 열차의 상호 교차나 추월의 자유도가 상당히 낮고, 단시간에 우회경로를 설정하기도 쉽지 않기 때문에 부분적인 장애로 인한 영향이 광범위한 운행지장으로 이어지는 경향이 강하다.

또한 철도는 사람, 규칙/절차, 기반설비 및 열차 등이 복합적, 상호 의존적으로 연계되어 있는 시스템으로서, 사람과 운용절차는 여전히 기존의 전통가치와 안전 문화에 의존하는 성향으로 나타나지만, 기반설비 및 열차의 운행은 철도의 고속화와 더불어 자동화, 정보화의 기술적 발전에 대응한 시스템 차원의 안전설계와 성능보장을 근본적으로

요구받고 있다.

이에 따라 철도와 같은 교통시스템의 안전관리는 그림 1과 같이 위험의 발견, 평가, 대책 수립 및 실행, 문제점 개선을 통해 지속적으로 안전수준을 유지 또는 향상시키는 일련의 순서를 가진 프로그램 활동을 기반으로 하고 있다. 즉 사고나 장애를 초래할 수 있는 시스템에 잠재되어 있는 위험요인(hazard)을 체계적으로 파악하고 이들 위험요인의 발생 가능성과 초래되는 손실의 크기를 동시에 고려하는 정량적인 위험도(Risk)를 관리하여 안전성능 목표를 수립하고, 이들 위험도를 제거하거나 경감할 수 있는 안전개선 대책을 비용-편익적 관점에서 마련하는 것이다.

2. 위험도 기반의 시스템 안전관리 체계 구축

그림 2는 시스템 안전관리(안전인증) 절차를 나타낸 것

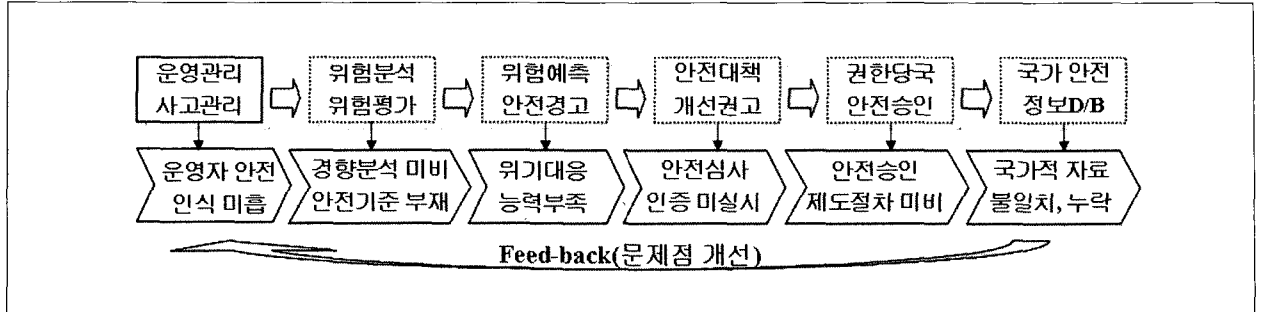


그림 1. 철도 시스템 안전 프로그램의 개념

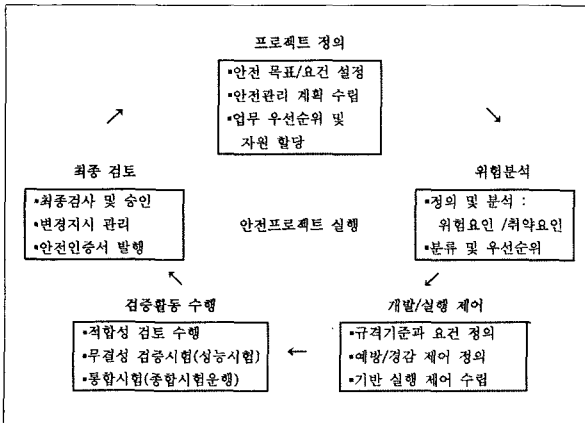


그림 2. 시스템 안전관리 및 안전인증 절차

으로서, 시스템 안전관리 활동의 원칙은 1) 계획, 2) 분석, 3) 검증, 4) 문서화로 대별된다. 여기서 분석과 검증은 위험원과 위험도 관리 활동을 기반으로 한 시스템의 성능평가와 안전검증을 수행하는 것이며, 문서화 절차는 계획, 분석, 검증에 대한 결과를 표준화된 형태로 작성하는 것이다.

위험(Hazard) 분석 및 위험도(Risk) 평가는 철도시스템 안전관리 활동의 출발점으로서, 분석된 위험요인은 최종적으로 해결(적정한 위험도 수준 유지)될 때 까지 설계, 제작, 유지보수 및 운영의 전수명 주기에 걸쳐 연속적인 순환과정을 통해 관리되어야 한다.

예를 들어 철도 차량의 신규도입이나 대규모 개량 변경이 있을 때는 사전에 위험요인과 취약요인을 위험도로 변경하여 평가하고 우선순위를 결정해야 하며, 지속적으로 필요한 위험도를 추적, 관리해야 한다. 이를 통해 의사결

정의 타당성을 보장하고 안전 프로젝트 관리 활동을 수행하는 과정에서 안전 목표 달성을 위한 고려사항을 지원할 수 있다.

2.1 시스템 안전관리 활동의 원칙

(1) 시스템 안전관리 요건 설정

시스템 안전관리 요건(SSMR)은 설계, 건설, 설치, 유지보수 단계를 포함하는 공학적인 시스템과 하부시스템의 시스템 성능요건 사양(SARS)을 만족시키기 위한 세부적인 요건을 마련하는 것이다.

(2) 시스템 안전 계획(SSP) 수립

시스템 안전 계획(SSP)은 단계별 활동별 시스템 안전관리 내용을 기술한 문서로서, 적정한 시기에 안전관리자에게 제출하여 승인을 받아야 한다. 시스템 안전 계획은 철도운영자나 시설관리자의 OSR(운영안전보고서) 작성의 근거를 제공한다.

SSP는 IEC 61508, EN 50129, MIL-STD-882계열과 같은 국제표준과 부합하여야 하고, 국가적인 시스템 안전관리 계획과 일치하여야 한다. SSP 관리문서에는 최소한 다음의 내용이 포함되도록 한다.

- 시스템 안전관리의 권한과 정책 기술
- 시스템 안전관리의 목적, 범위 및 참조 안전기준
- 시스템 안전 조직 구성과 책임, 하부 하청업체 및 부품 공급자의 안전요건

표 1. 시스템 안전관리 활동 절차 및 요건할당 사례

구분	시설목록	귀도노반	신호	제어통신	운전	터널통풍	승강기	작업열차	차량
위험일지(hazard log)	●	◎	◎	●	◎	◎	◎	●	◎
예비위험분석(PHA)	●	●	◎	●	◎	◎	◎	●	◎
고장모드/효과분석(FMECA)	○	◎	◎	●	◎	◎	◎	●	◎
하부시스템 위험분석(SSHA)	◎	◎	◎	●	◎	●	◎	●	◎
시스템위험분석(SHA)	◎	◎	◎	●	◎	●	◎	●	◎
인터페이스 위험분석(HA)	●	◎	◎	●	◎	●	◎	◎	◎
운영위험분석(O&SHA)	●	◎	◎	●	◎	●	◎	◎	◎
시스템 안전평가	◎	○	◎	●	◎	●	◎	◎	◎
설계안전검토(DSR)	●	●	◎	●	◎	●	◎	◎	◎
시스템 안전감사	●	●	◎	●	◎	●	◎	●	◎
신뢰성 검토	○	○	◎	◎	●	◎	◎	◎	◎
유지보수성 검토	◎	◎	◎	◎	●	◎	◎	●	◎
시스템 통합성 검토	●	●	◎	●	◎	◎	◎	◎	◎
문제 보고(PR)	◎	●	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

주) ● : 필수요건, ● : 상관성 높음, ◎ : 상관성 중간, ○ : 상관성 약함

- 시스템 안전 수명주기 적용에 대한 기술
- 시스템 안전관리 활동 항목, 수행 일정, 공정표, 진행 점검을 위한 주요 작업항목

(3) 시스템 위험분석 및 안전검증

일반적으로 위험원과 위험도는 시스템 안전관리 활동을 통해 인지되며, 다음의 절차에 따라 관리한다.

- 최소의 위험원을 갖는 설계 및 설계변경에 따른 위험원의 제거
- 능동적인 안전장비의 사용과 경고장치의 사용
- 시스템 설계시 인간의 행동에 대한 배려와 과거의 경험을 고려
- 적용 가능한 규정이나 국제적인 기준과의 부합성 확보

(4) 안전관리 문서화

시스템 안전관리 문서화는 시스템안전계획서(SSP)와 활동보고서, OSR (Operational Safety Report, 운영안전보고서)의 작성, 관리를 포함하며, SSP에는 안전관리 활동을 위한 조직, 업무계획이 포함되고 OSR에는 방법, 절차, 결과, 근거를 수록하도록 한다.

2.2 철도 시스템 위험분석 절차

(1) 예비 위험 분석(Preliminary Hazard Analysis : PHA)

예비 위험 분석은 시스템 위험분석의 초기단계에 핵심 안전위험 부분을 확인하고, 위험조건 초기 평가와 필요한 위험조건 관리 및 후속 조치를 판단하기 위하여 수행하는 것으로서, 예비 위험을 분석 절차를 그림 3에 제시한다.

(2) 위험조건 및 불완전 사건요소의 확인

예비 위험 분석에서 위험조건 확인과 평가는 위험조건 중요성, 위험조건 확률 및 운용 제약 조건을 고려하여 이루어지며, 받아들여질 수 있는 수준까지 관련된 위험을 줄이거나 위험조건을 제거하기 위하여 필요한 안전 대책 및 대안들이 포함될 수 있다.

① 위험조건 확인

- 위험 요소 : 철도 시스템 수명주기 및 기술 특성상의 제반 위험
- 시스템의 구성요소 중 안전과 관련된 인터페이스
- 운영 환경을 포함한 환경적 제약 조건

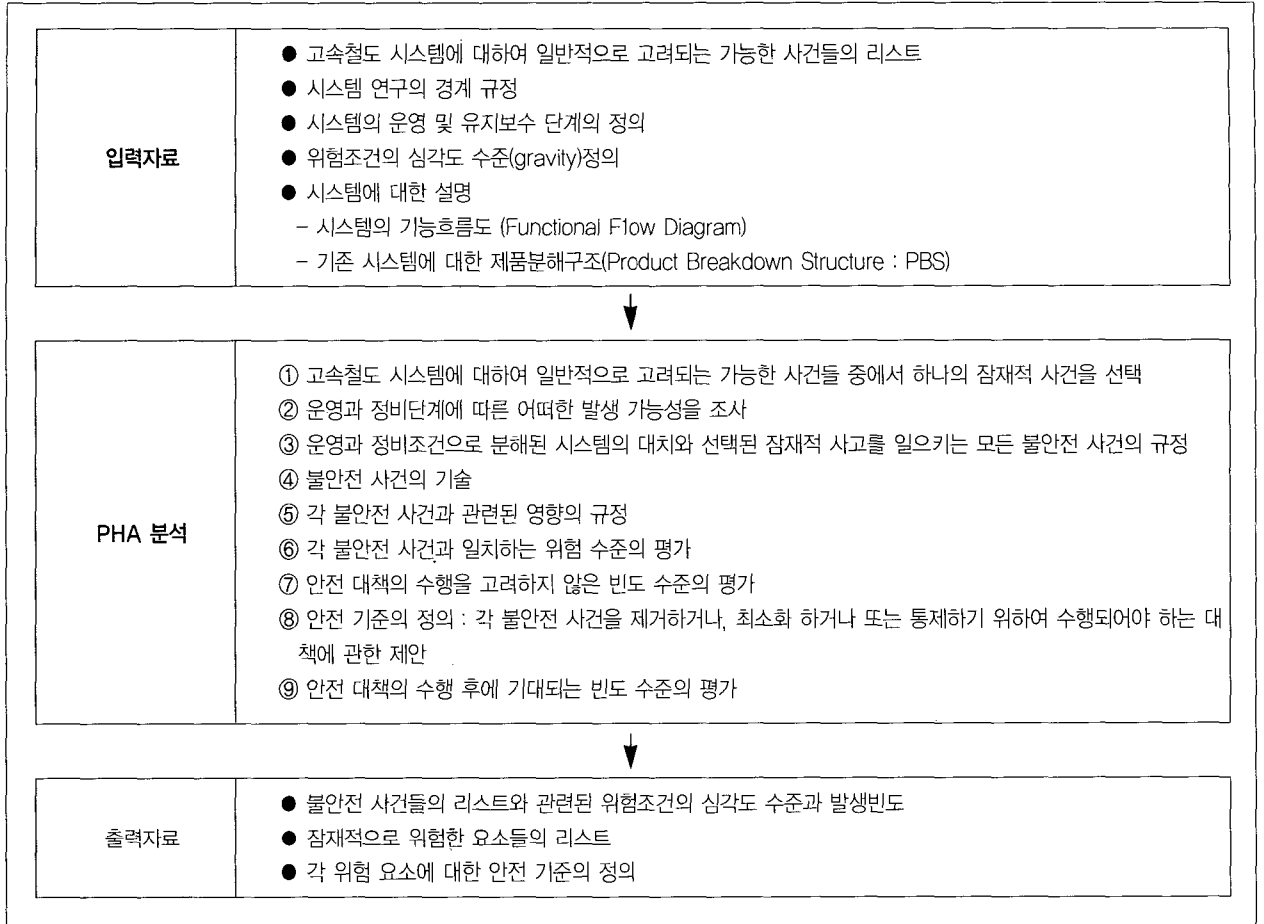


그림 3. 철도시스템 예비위험분석(PHA) 절차

- 운영, 검사, 보전, 진단, 위급사항 절차
 - 설비, 보조 장치 등
 - 안전에 관계된 장치, 안전보호대, 가능한 대안 접근 방법
 - 시스템, 보조시스템, 소프트웨어의 오기능
- ② 불안전 사건 요소의 확인
불안전 사건 요소의 확인은 다음과 같은 요소를 고려하여 수행한다.
- 설비의 기능장애 : 기능 없음, 기능 퇴화, 시기를 놓친 기능수행위험 요소
 - 설비와 관련된 안전 : 연동, 시스템 중복, 하드웨어 혹은 소프트웨어 실패

- 위험 요소 : 연료, 발사 화약, 폭발물, 유독성 물질, 압력 시스템 등
- Interfaces : 자재 호환성, 전자기적 간섭, 부주의한 활동 등
- 환경적 제약 : 진동, 극한의 온도, 유독성 물질에 노출 등
- 운영과 보전 절차 : 인간의 오류 등

2.3 위험도(Risk) 평가

현재 제안되고 있는 많은 국제안전규격들의 첫 번째 특장은 위험도 평가(risk assessment)에 토대를 한 안전성 입증에 있다. ISO/IEC 가이드 51에 규정된 안전의 기본개

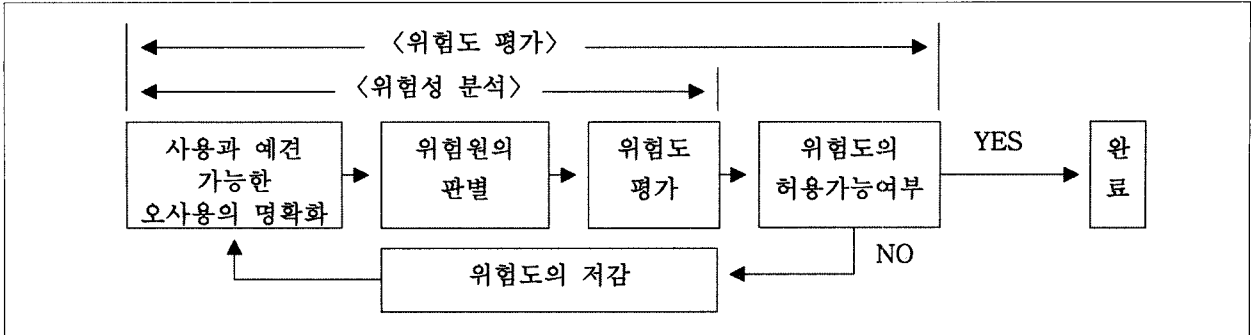


그림 4. 위험도 평가(risk assessment) 절차(ISO/IEC GUIDE51에서)

표 2. 철도시스템 위험도 등급분류 사례

빈도	결과의 정도			
	파국적	위기적	한계적	무시 가능
빈번하게 발생	I	I	I	II
자주 발생	I	I	II	III
때때로 발생	I	II	III	III
극히 적게 발생	II	III	III	
발생 가능성 있음	III	III	IV	IV
발생하지 않음	IV	IV	IV	IV

넘은 안전확보가 위험도 평가(risk assessment)를 바탕으로 하고 있다.

(1) 위험도 평가 절차

그림 4는 가이드 51에 제시된 안전성 평가의 순서를 나타낸다. 설비 혹은 시스템은 의도된 사용방법 외에 합리적으로 예견 가능한 오류사용을 배려하여 위험원(hazard)을 판별하고, 위험도의 크기를 어림잡아 그 위험성이 허용 가능한지의 여부를 평가하여 만약 허용가능하지 않으면 위험성 저감 대책을 실시하여야 한다. 또한 충분히 허용 가능한 위험도 수준일 때를 안전으로 한다.

(2) 시스템 안전성의 구분 : 위험도 등급 분류

안전성은 사람에 대한 상해의 정도를 어떻게 보느냐 하는 가치관이 포함되기 때문에 각종 원인으로 시스템에 장애가 발생했을 때 그것이 사람에게 상해를 줄 확률(시스템 장애가 위험측의 장애일 확률이나 사람이 마침 그곳에 있을 확률도 고려하여)과 그 장애가 실제로 발생했을 때의

규모 정도의 조합으로 정의하고 있다.

예를 들면 표 2와 같이 위험도를 몇 등급으로 분류하여 등급Ⅳ(무시가능:negligible)이면 문제없이 안전으로 인정, 등급Ⅲ는 수용 가능한(acceptable) 위험도로 안전한 시스템으로 인정하지만 등급Ⅰ은 도저히 수용 불가능한(unacceptable) 위험도로 위험한 시스템으로 간주한다. 그리고 등급Ⅱ를 안전한 시스템으로서 허용할(tolerable) 수 있는냐의 여부는 그 때의 경제적, 문화적 때로는 사회적 요인에 의존한다고 제안되고 있다.

3. 철도 안전성능 목표 및 안전관리 전략 수립

3.1 스웨덴 철도의 교통종합 안전목표

스웨덴에서는 수송 중 사상자를 지속적으로 감소시키기 위하여 “안전성 높은 철도의 이용증가에 따른 전체 교통안전성 향상”이라는 교통안전 목표를 수립하고 있다. 즉 철도수송 분담 증가에 의한 전체 교통사고 사상자 감소 효과

표 3. 스웨덴 철도의 교통정책 운영목표('03-'07년)

대상분야	운영목표
접근성이 용이한 교통시스템	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도주요 마일리지의 200년 비교 증가 ○ 철도시스템 이용 가능한 장애인과 특별요구 집단 증가 ○ 주 소유 철도망 활용 개선 노력
고품질 수송	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주간선 및 지선의 열차지연 감소 ○ 궤도의 가장 민감한 부분의 화물교통 교란건수 1/2감소 (2007년) ○ 국내 단일상품교통의 궤도부분에 대한 축부하 한계 증가(22.5ton에서 2007년 25ton으로) ○ 25ton 축부하 궤도부분의 부하제한 2007년 증가 ○ 주 소유 철도망 유지보수 효율성 증가 및 궤도조건 정당화
안전 교통	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도의 사망자 및 부상자 수 감소 ○ 사상자가 발생하지 않는 철도안전 수준 노력
건전한 환경	<ul style="list-style-type: none"> ○ 주 소유 철도망에 대한 열차 km당 에너지 소비 감소 ○ 궤도부분 부정적 충격의 감소

표 4. SNCF의 사고 위험도 수준 구분

적용 수치	2	4	6
심각성 (G)	열차운행의 부분 차단	부상자 및 열차운행 차단	사망자, 화재 등
사고발생 가능성 (P)	낮음	중간	높음
사고발생 횟수 (O)	1년에 1회 미만	최대 1개월에 1회	최대 1주에 1회
운행지장 시간 (T)	2시간 미만	2시간 이상 24시간 미만	24시간 이상

로서, 1 km 이동시 승객 10억 명당 5명 사망 경감 및 175 명 부상 경감을 기대하고 있다.

이를 위해 스웨덴 철도는 교통정책의 운영 목표로서, 사회-경제적으로 효율적이며 장기적으로 유지 가능한 스웨덴 전체를 통해 일반대중과 산업을 위한 교통시스템 보장, 철도는 "0비전"의 개념, 즉 교통사고로 인해 어느 누구도 죽거나 다치지 않을 것이라는 것을 실현 중에 있다.

3.2 프랑스 SNCF의 위험도 정량화 관리

프랑스 SNCF의 사고위험을 아래 3가지 기준으로 정량화 하여 위험도를 관리한다.

- ▶ 사고(accident)나 사건(incident)의 심각성(G) : 사고 결과(사상자, 운행차단) 평가
- ▶ 사고발생 가능성(P) : 고장형태에 따라 3단계로 계량화
- ▶ 사고발생 횟수(O) : 경험을 토대로 한 년/월/주 단위로 구분
- ▶ 운행지장 시간(T) : 2시간 미만, 24시간 미만 및 24시

간 이상으로 구분

결과적으로 사고 위험도는 $R = G \times P \times O \times T$ 라는 공식을 형성하게 된다.

3.3 캐나다 철도의 위험도 등급 기준

캐나다 철도는 철도시스템의 위험요인을 1) 열차 및 설비 운영, 2) 설비 및 철도기반 시설, 3) 건설목, 4) 불법침입, 5) 다른 철도 및 고객과의 인터페이스, 6) 계약자 관리, 7) 근로자 안전, 8) 위험물 운송, 9) 환경 영향, 10) 테러 및 파괴행위, 11) 비상상황으로 구분하여 관리하고 있다. 표 5는 캐나다 철도시스템에 대한 위험 등급의 구분과 이에 대한 안전관리 전략을 제시한 것이다,

3.4 영국 철도의 주기적인 안전성능평가 보고

영국의 철도는 매년 안전성능(목표계획 및 목표달성) 평가보고서를 발행하고 있다. 2002/2003년 RGSP의 사례

표 5. 캐나다 철도 시스템 위험도 등급

위험도(안전성)	심각도 분류					
	최소	경미	현재	심각	치명적	재난
사망자					1명	다수
중상			1명	다수		
경상			1명	다수		
중대한 조차장/선로 불통		20-60분	1-6시간	6-24시간	24-72시간	1주일
경미한 조차장/선로불통			6시간	6-48시간	1주일	1달
본선 불통		20-60분	1-6시간	6-24시간	24-72시간	1주일
역 불통	20분	3-4 시간	1일	2-3일	1주일	1달
위험한 사건		1개의 차륜 이탈	탈선, 차량 관통 없음	차량 탈선 및 관통, 적은 수의 제품 손실	차량 탈선 및 관통, 심각한 제품 손실, 인적 부상, 환경 손상, 중대한 탈출	차량 탈선 및 관통, 심각한 제품 손실, 인적 부상, 환경 손상, 중대한 탈출
재산 손실	10만원 초과	100만원 초과	1000만원 초과	1억원 초과	10억원 초과	100억원 초과

표 6. 영국의 철도안전 목표 대비 성능 요약

분야	목표	척도	2001/02 현황	2002/03 현황	2009 목표
위험도 관리전략	전체 사고 증가사망도	백만 열차 마일당 증가 사망자 수	0.507	0.461	0.3
	R,G 직접 제어 증가사망도	백만 열차 마일당 증가 사망자 수	0.29	0.29	0.1
치명적 위험도	열차사고 위험도	열차사고 전조지수 모델	75.5	85.3	68
		위험도 순위	100	47	20
	신호모진(SPAD) 위험도	백만 열차 마일당 A범주 SPAD	0.48	0.39	NA
		불법침입 위험도	불법침입선로	68.42	46.42
	궤도 결함 위험도	파손레일	534	445	511
승객 안전/보안	승객사망 위험도	133MPJ당 승객사고 사망도	1.57	1.87	1.0
	승객중상 위험도	7.53MPJ당 승객사고 중상도	1.61	1.46	1.0
	공중사망 위험도	백만 UK 인구당 공중 사고 사망도	1.09	0.88	0.7
공중안전	모든 이용자-작동 건물목은 표준방법을 적용한 위험도 평가하여 필요한 개소에 타당하게 실제적인 제어장치를 도입		NA	NA	NA
근로자 안전	작업자 사고 사망자		4	5	0
	작업자 사고 중상자	750 선로직원 당 선로직원 중상	2.14	2.27	1.0
	직원 폭행 사건 위험도	기간대비 직원 폭행사건 수	192	238	173(·04)

에서 안전관리계획의 특징은 다음과 같다.

- ▶ 5가지 주요 군으로 정의된 연간 안전성능 목표 설정
 - 위험도 관리전략, 치명적 위험도, 승객 안전 및 보안, 공중안전 그리고 근로자 안전
 - 목표는 수치적인 목표 또는 정량화할 수 없는 것은 특별 항목 중 하나로서 표현
- ▶ 연속적인 장기 달성목표 설정 : 2004년 3월에서 2009년 3월까지 달성

- 근로자 안전에 대해 연간 사망목표를 "0"로 하는 것
 - ▶ 각 목표를 달성하기 위한 일련의 핵심 행동의 특정화
- 표 6의 영국 철도의 안전목표 대비 성능요약을 살펴보면, 5개 주요 영역에 대한 안전 목표를 15가지로 세분하고 있다. 이들 목표에 대한 달성도 진행은 16가지의 구별된 수치적 지수를 통해 모니터링 되며, 이들 중 7가지는 2009년에 달성되고 3가지는 2004년에 달성하는 것으로 하고 있다.

표 7. 영국 Railway Group의 개인 위험도 기준의 연간 허용 가능한 위험도(단위: EI)

대상	하한	상한	목표
승객	1.00E-06	1.00E-4	7.47E-5(2009년 목표)
직무	1.00E-06	1.00E-3	5.00E-5(2004년 목표)
공중	1*	100*	0.7*

표 8. 철도 운영기관별 중상자(a) 및 경상자(b)의 등가사망자 환산지수

국가	운영 기관	a	b
영국	Railway Group	10	200
아일랜드	IE	10	200
영국	London Underground	10	100
홍콩	MTRC	10	100
싱가포르	Land Transport Authority	9.1	100

4. 철도 시스템의 허용 위험도 환산 및 위험도 관리

4.1 철도 시스템의 허용 위험도 환산

철도시스템의 허용 위험도의 환산은 사고위험 분류에 따라 안전목표에서 설정한 허용 가능한 위험도(THR, Tolerable Hazard Rate)를 만족하는지 여부를 판단하는 것이다.

표 7은 개인 위험도 기준의 연간 허용 가능한 위험도의 상한과 하한 사례를 제시하고 있으며, 이때 “개인 위험도 기준(individual risk criteria)”은 연간 개인이 사고를 경험할 비율을 의미하며, 연간 등가사망자수(EI, Equivalent Injury)로 표현된다.

위험도를 활용한 안전목표 설정에서 인명의 사상 가치에 중점을 두고 사망, 중상, 경상에 대해 개별적으로 수립하기 보다는 중상자 및 경상자를 사망자로 환산하여 설정하는 것이 효율이므로, 다음과 같은 EI의 개념을 사용하고 있다.

$$\text{등가사망자수(EI)} = \text{사망자수} + (1/a) \times \text{중상자수} + (1/b) \times \text{경상자수}$$

여기서, 환산지수 a와 b는 국가별, 운영사별로 상이하며, 표 8은 각국의 철도 운영기관이 사용 중인 등가사망자의 환산기준을 제시하고 있다.

4.2 사망예방가치(VPF) 기준의 위험도 관리

철도의 위험도 관리 전략은 영국에서 제안한 ALARP(As

Low As Reasonably Practicable) 원칙에 따라 위험도의 척도를 비용과 손실로 환산하여 사용한다. 따라서 안전성 평가에 위한 위험도(모든 손실)는 금전적 가치로 표현해야 한다.

각 국은 이 개념을 VPF(value of preventing a fatality)로 반영하여 사회적인 위험도(인명사상 예방) 지수로서 활용하고 있는데, VPF는 사고에 의해 발생한 사망자 한 명을 감소시키기 위하여 사회나 단체의 투자비용을 의미하며, 또한 VPF는 안전개선 대책의 합리적 실행 여부(한계투자 비용)를 평가하기 위한 안전정책의 비용-편익 분석에 사용하고 있다. 표 9는 각국의 안전성 수준을 비교할 수 있는 VPF 기준을 제시한 것으로, 영국의 경우 VPF를 £1.24M에서 £3.46M사이로 유지할 것을 요구하고 있다.

5. 맺음말

우리의 철도가 국가 공공 교통수단으로서 기대되는 서비스를 다하고 「철도안전법」을 중심으로 하는 제도적인 안전관리 체계의 구축과 효율적인 시행기반을 국가적으로 마련하기 위해서는 철도시스템의 제반 위험요인의 분석과 관련 위험도의 정량적인 평가를 통해 비용-효율적인 안전개선 대책을 수립하여 실행하고, 이에 대한 주기적인 문제점 개선 활동을 통해 지속적으로 안전수준을 유지 또는 향상시키는 프로그램 활동을 기반으로 하는 선진 시스템 안

표 9. 각 국가의 사망자 가치 환산 및 VPF 기준

국가	총비용/사망자 (천 파운드, 1991년 기준)	예상 총비용/사망자 (천 파운드, 2001년 기준)	VPF (천 파운드 /EF)
Net loss output법을 사용하는 국가			
네덜란드	68	136	-
Gross Loss of output법을 사용하는 국가			
호주	222	436	-
오스트리아	381	748	-
캐나다	154	304	-
독일	431	847	-
일본	331	651	-
노르웨이	215	423	-
포르투갈	145	285	-
Loss of output법과 court awards법을 조합하여 사용하는 국가			
벨기에	256	504	-
프랑스	151	297	-
이탈리아	109	213	-
룩셈부르크	221	435	-
스페인	110	217	-
Loss of output법과 public decision을 기초로 한 lost quality of life 가치평가법을 조합하여 사용하는 국가			
덴마크	403	793	-
핀란드	909	1,789	-
스위스	1,392	2,738	-
Loss of output법과 road user/passenger willingness to pay를 기초로 한 lost quality of life 가치평가법을 조합하여 사용하는 국가			
Railway Groups, 영국	-	-	1,200 - 3,350
런던지하철, 영국	-	-	1,400 - 4,200
IE, 아일랜드	-	-	1,650
뉴질랜드	494	973	-
스웨덴	907	1,784	-
미국	1,373	2,700	-

전관리 체계로 시급히 전환해야 한다.

지금까지 본 주제에서 다룬 위험도 평가에 기반한 선진 철도운영국의 시스템 안전관리 체계와 안전 활동에 대한 사례 분석이 인간의 생명가치를 중심으로 우리의 철도 안전이 나아가야 할 목표와 방향을 설정하는데 시사점을 제시하고,

철도 안전이 국가 교통경쟁력 확보의 근간으로서 올바르게 기능과 역할을 다할 수 있도록 선진 안전관리 체계 구축의 원칙과 절차를 이해하는데 기여할 수 있기를 기대한다.