

위험도 기반의 국가 철도안전관리시스템 구축 방안



박 영 수 >>

건설교통부 철도안전팀 서기관

부차원의 철도안전정책의 수립과 시행현황, 문제점을 분석해보고, 선진사례 및 연구자료를 바탕으로 국가가 추구해야 할 철도안전관리시스템의 이상적인 형태를 제안해보고자 한다.

1. 서론

철도산업에서 기반시설과 운영의 상하 분리와 민영화 추진해온 선진 철도운영국에서는 철도안전법을 근간으로 하여 일관된 국가안전체계를 구축하고 안전관리를 제도적으로 시행하고 있으며, 강력한 안전규제를 집행하는 것이 세계적인 추세이다. 우리나라도 2004년 철도공사와 시설공단이 발족됨으로써 철도산업의 구조 개편이 완성되었으며, 새로운 구조에서 철도의 안전을 확보하기 위해 정부가 제정한 철도안전법이 2005년 10월을 기해서 발효되었다. 철도안전법은 시설관리자와 철도의 운영자간의 안전 인터페이스를 확보하고, 정부규제 중심의 국가적인 안전관리체계를 시행할 수 있는 법적 근거를 제공하게 되었다.

본 기고에서는 현재 건설교통부를 중심으로 한 정

2. 철도안전정책의 수립과 추진현황

2.1 안전정책의 방향

철도서비스의 최고가치를 “안전”에 두고 중장기적으로 철도사고를 “제로화”를 실현하는데 그 비전을 두고 있다. 정량적인 목표로는 2010년까지 철도사고 발생건수와 그 피해수준을 현재보다 40% 감소시키는 것을 목표로 하고 있다. 철도사고 발생건수는 열차운행 1억km당 '04년 기준 23.7건을 14.2건으로, 사망자수를 249명에서 149명으로 하기 위해 연차별 목표를 수립하고 연간시행계획에 반영하여 관리하고 있다. 참고로 '06년 철도사고통계에 의하면 '05년 대비 철도사고 발생건수는 24.3%(24.3→18.4건), 사망자수는 10%(211→190명, 자살자 포함)로 감소하여 목표를 초과달성하였다.

2.2 주요 추진정책

중장기적으로 철도사고 「제로화」라는 비전을 가지고 이를 실현하기 위한 추진정책을 크게 6개 분야로 나누어 수립·시행하고 있다.

- 철도안전종합계획의 수립·추진
철도안전법 제5조(철도안전종합계획)에 따라 중기(5년) '철도안전관리 Master-Plan' 및 년차별 시행계획을 수립하여 종합적이고 체계적인 안전관리를 시행
- 철도종사자의 인적자격관리 기반 구축
철도차량 운전자격에 대한 면허제 및 철도안전 전문인력에 대한 자격인증제도 시행
- 예방중심의 철도안전관리체계 마련
철도운전자·시설관리자 등에 대한 종합안전심사 제도 운영
선로변 30m 이내를 '철도보호지구'로 지정·관리하고 건널목 입체화 사업을 연차별로 추진
- 철도안전기술의 개발과 안전정보 관리시스템 추진
안전관리체계와 철도안전법의 효율적 시행을 위한 기술기반을 선진국수준으로 제고하기 위한 '철도종합안전기술개발사업'을 추진 ('04~'11)
철도사고 통계, 적성평가 및 철도차량 운전면허 등 안전정보의 종합적인 관리를 위한 첨단 정보관리시스템을 구축('07~'10)
- 정확하고 공정한 사고조사체계 구축
충돌·탈선·화재 등 중대열차사고와 기타 피해가 큰 철도사고에 대한 원인규명과 재발방지를 위한 대책수립을 위해 독립적 조사기구(항공철도사고조사위원회)의 설치·운영
- 철도위험물 안전운송체계의 선진화
위험물 운송취급시 안전에 적합한 포장·적재 방법을 사용하도록 규제하는 '위험물 운송 세부 기준'을 마련('07년 12월 시행 예정)

3. 현행 안전관리체계의 문제점 분석

국가가 철도시스템의 안전을 종합적으로 관리하기 위해서는 필수적으로 갖춰야 할 요소는 크게 두 가지로 살펴볼 수 있다. 하나는 법률로서 제도화된 "안전관리시스템(Safety Management System)"이고 나머지 하나는 실질적인 안전향상을 도모하기 위한 "위험도의 평가 및 관리(Risk Assessment & Management)"이다.

안전관리시스템은 철도를 건설하거나 운영하는 사람(또는 조직)이 해당하는 수명주기 전체에 걸쳐 체계적으로 안전활동을 할 수 있도록 세부적인 프로세스를 정의하고 그 특성, 인터페이스 및 담당자의 자격 등을 규정하여야 한다.

위험도 평가는 앞에서 언급한 안전관리시스템의 운영을 실질적으로 가능토록 하게 해주는 데이터의 근간을 이루는 부분으로 대상시스템의 안전성을 정량적으로 표현하는 것이다. 이를 통해 시스템 안전성에 대한 현재와 미래를 분석할 수 있으며, 안전관리시스템 각 기능간의 인터페이스를 통해 전달되는 데이터의 요체이기도 하다.

어떠한 형태가 되든 위 두 가지 큰 요소가 반영된 법·규정체계 및 안전프로그램의 개발과 실행은 철도 운행에 따른 사전 위험요인 도출에 의한 안전위험 제거 및 경감, 철도시스템의 신뢰성 저하로 유발될 수 있는 대형사고의 예방, 나아가 주기적인 안전점검과 성능확인에 의한 철도사고 발생 시 공공교통수단으로서 부담해야 하는 직·간접적인 사회적 손실 및 기회비용을 근본적으로 줄일 수 있고 국가수송체계의 경쟁력을 보장하는 대단히 중요한 분야이다[1, 2].

현재 우리나라 철도시스템의 안전관리는 철도안전법을 근간으로 이루어지고 있다. 철도안전법과 국가의 안전관리정책 수행내용을 보면 위에서 언급한 안전관리시스템의 세부적인 기능은 어느 정도 반영하고 있지만, 각각의 기능에 대한 세부적인 실행절차, 인터페이스와 정보전달체계 등이 정의되어 있지 않으며, 사고발생 원인의 추적이나 안전성 평가를 기술적

기반이 미흡한 상태이다.

철도안전법의 효율적인 시행기반을 마련하기 위해서는 안전규제시스템의 정의 및 절차 개발, 안전규정 체계의 정비, 세부안전기준의 제정 및 위험도 평가기술 개발 및 시험평가기반의 구축 등이 필수적으로 이루어져야 하며, 중대사고 방지기술의 개발 및 안전정보관리체계의 구축 등도 뒤따라야 할 것이다.

4. 리스크 기반의 국가 안전관리시스템

4.1 국가 수준의 안전관리체계 기능 정의

국가 안전관리체계(National Safety Management System)는 철도변경(신규차량, 신호체계) 및 운영과 관련된 리스크가 수용 가능한 수준으로 줄어든 것을 확인하기 위한 프로세스이다. [그림 1]은 일련의[그림 1]

국가 안전관리체계 아키텍처 안전관리 활동과 관련 주체간 상호작용을 보여주는 최상위레벨의 기능흐름도이다. 반복, 변경, 수 차례에 걸친 안전평가와 재작업은 안전관리에서 자연적으로 발생하는 업무방식이나 단순화되어 표시됨에 따라 이런 작업들은 그림에서 보이지 않는다.

국가 안전관리체계의 관련 주체로는 당국과 철도 운영기관, 철도차량 및 인프라 관리자, 사고조사위원회, 독립평가기관으로 범위를 설정하였다. 안전 라이프사이클은 국가 철도 안전 수준을 분석함으로써 시작한다. 철도 안전 수준 분석에서는 파악된 위험원 로그에 기초하여 리스크 평가를 진행한다. 리스크 평가 결과로부터 얻어진 현재 철도 안전 수준으로부터 국가 철도 안전 목표를 설정한다. 국가 철도 안전 목표는 철도 운영기관이 세우는 연간 철도 안전 성능 목표에 할당하고, 당국은 제출된 운영기관의 연간 철도 안전 성능 목표를 승인하는 역할을 하게 된다. 그

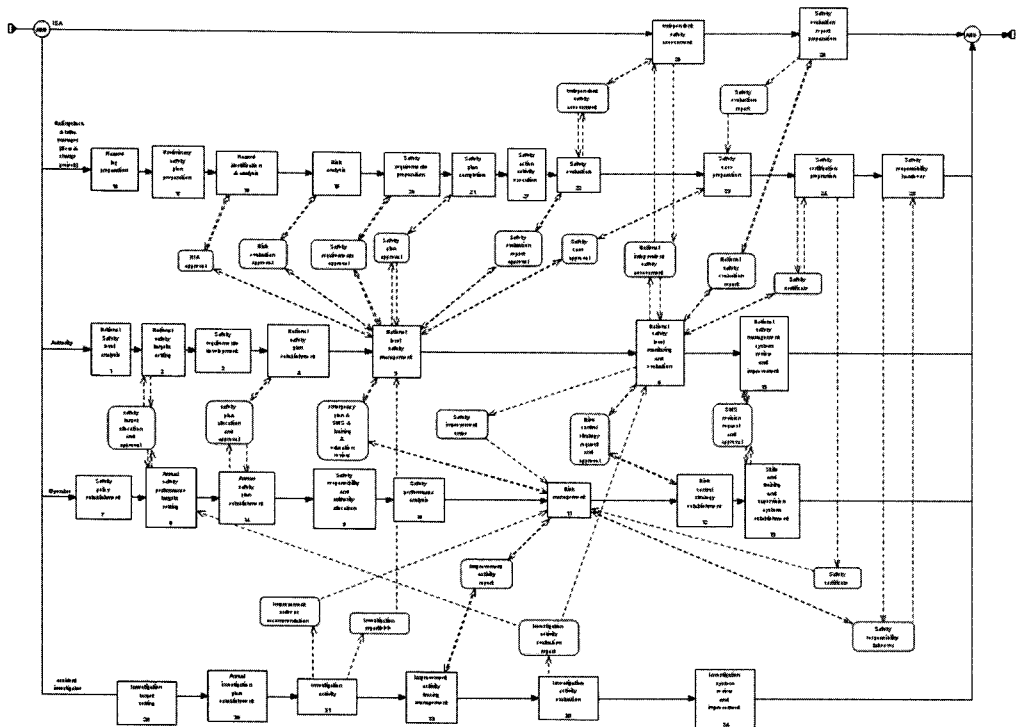


그림 1. 국가 안전관리체계 아키텍처

런 다음 안전요구사항을 준비한다. 일단 안전요구사항이 결정되면 국가 안전 계획을 세우게 된다. 국가 안전 계획은 소방방재청의 안전 점검 계획과 안전요구사항 데이터, 장기 수송안전계획, NSC의 비상사태 계획 등의 데이터를 기반으로 작성하게 되고, 운영기관의 연차 안전 계획과 연동하여 할당하고 승인하는 체계를 갖는다. 그런 다음 안전계획에서 정의된 안전 활동을 실천에 옮긴다. 여러 차례에 걸쳐 제 3의 독립 기관에 의한 안전 진단평가를 수행해 볼 수도 있다. 일반적으로 초기단계에 행해지는 평가는 올바른 접근법을 사용했는지를 알아보기 위함이고, 말기단계에 행해지는 것은 종합안전대책기술서에 사용될 증거를 제공하기 위해 실시된다. 안전관리 활동이 종료되면 운영기관은 종합안전대책기술서를 준비한다. 종합안전대책기술서에 대한 당국의 결재를 받아야 안전승인을 득할 수 있다. 안전승인을 받은 후에는, 시스템에 대한 안전책임이 실제 인프라 관리자나 같은 사용자에게 이전되기도 한다. 안전책임은 운영기간 동안 뿐만 아니라 작동/작동중지/보관 동안에도 줄곧 지속된다. 당국은 안전 활동을 모니터링하고 평가한 이후에 개선 방향에 대한 결정을 하게 된다.

4.2 위험원 도출과 리스크 평가

안전관리체계의 첫 번째 부분은 국가 안전 수준을 평가하는 것이다. 국가 안전 수준은 사고 데이터로부터 위험원을 도출하고 이에 따라서 리스크를 평가함으로써 현재 안전 수준을 식별하도록 하고 있다. 위험원 도출은 안전관리의 기본이다. 위험원을 도출하지 못한다면 이를 제거하거나 이와 관련된 리스크를 줄일 수 있는 어떠한 행동도 취할 수 없다. 그러나 안전여유 도입과 같은 일반적인 행동은 취할 수 있다. 정상 운행 동안에 발생할 수 있는 사고에 대해서만 고려할 것이 아니라 설치, 현장시험, 인수, 유지보수, 응급상황, 사용중지 및 보관 등과 같이 타 시간에 일어날 수 있는 경우도 고려해야 한다. 또한 변경사항이 영향을 미칠 수 있는 사람들을 고려하고 실수를

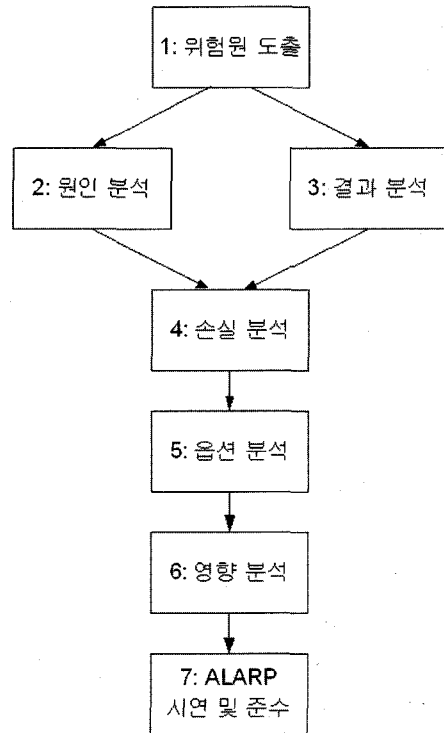


그림 2. 리스크 평가단계

예방할 수 있도록 설계해야 한다.

위험원을 도출할 때는 철도와 인근에 발생할 수 있는 모든 영향요소를 고려해야 하며, 식별된 모든 위험원에 대해서 리스크를 평가해야 한다. 리스크는 발생할 수 있는 사고와 피해에 대한 가능성을 측정하는 것이다. 이 두 가지 요소는 모두 고려되어야 한다. 또한 조직은 누가 영향을 받는지도 고려해야 한다. 리스크 평가에는 위험원 도출과 리스크 감소가 거의 항상 동반된다. 시스템의 위험원은 정확한 리스크 평가가 이루어지기 전에 도출되어야 한다. 시스템이나 장비의 라이프사이클 동안 리스크 평가는 리스크 감소를 위한 입력과 성공에 대한 피드백을 제공해 준다. 리스크 평가는 [그림 2]의 7 단계를 따른다[4].

위험원 도출은 위험원을 도출하고 순위를 정하는 것을 포함한다. 원인 분석은 위험원을 발생시킬 수 있는 주된 원인요소를 설정하는 것과 각 위험원의 발생 가능성을 추정하는 것을 포함한다. 결과 분석은

위험원으로부터 발생할 수 있는 중간조건과 최종결과를 설정하는 것과 각 위험원으로부터 발생하는 사고 가능성을 추정하는 것을 포함한다. 원인 및 결과 분석은 동시에 실시될 수 있다. 각 위험원에 대한 결과는 손실의 범위(말하자면, 사람에 대한 손실, 환경이나 영업손실에 대한 피해)와 관련될 수 있다. 손실 분석은 리스크 감소를 위한 옵션을 고려하기에 앞서 안전손실에 대한 크기의 추정을 필요로 한다. 리스크 감소와 관리는 각 위험원에 대한 잠재 리스크 감소 방법들을 파악할 필요가 있다. 옵션 분석은 어떤 방법을 취할 것인지에 대한 결정과 수행 비용 산정을 절충하는 것이다.

영향 분석은 리스크 감소를 위하여 각 리스크 감소방법의 시행으로 발생된 순수효과를 평가하는 것이다. 리스크 감소는 조치들의 효과를 고려하기 위하여 이전 단계를 수정하면서 얻어진다. ALARP 준수 증명은 어떤 리스크 감소 조치가 도입되어야 하는지를 결정하고 나머지 리스크의 수용을 정당화 하는 것을 포함한다.

4.3 안전요구사항 도출

안전요구사항은 제시된 안전 리스크가 허용 가능한 수준까지 줄어들었다고 확신할 때까지 계속된다. 주어진 위험원에 대해서는 우선적으로 이를 제거하기 위해 안전요구사항을 적용해야 한다. 이를 수행하는 것이 불가능할 경우에 한하여 시스템 설계에 대해 안전요구사항을 적용하고, 합리적으로 허용할 수 있는 모든 리스크 감소 노력을 설계에 적용해 본 경우에 한하여 리스크 감소 옵션으로 절차와 교육을 고려해야 한다. [그림 3]은 안전요구사항을 도출하는 프로세스를 나타낸다.

[그림 3] 안전요구사항 도출 세부 프로세스 안전요구사항은 정성적이나 정량적으로 표현될 수 있다. 시스템적인 결함이 발생할 수 있는 구성요소에 대한 무결성 요구사항을 만족시키기 위해서는 안전 무결성 레벨을 사용한다. 안전요구사항서는 이런 활동과정에서 얻은 정보를 세부 요구사항으로 통합한 것으로 시스템 안전 테스트와 평가 시 기본을 형성한다. 안전

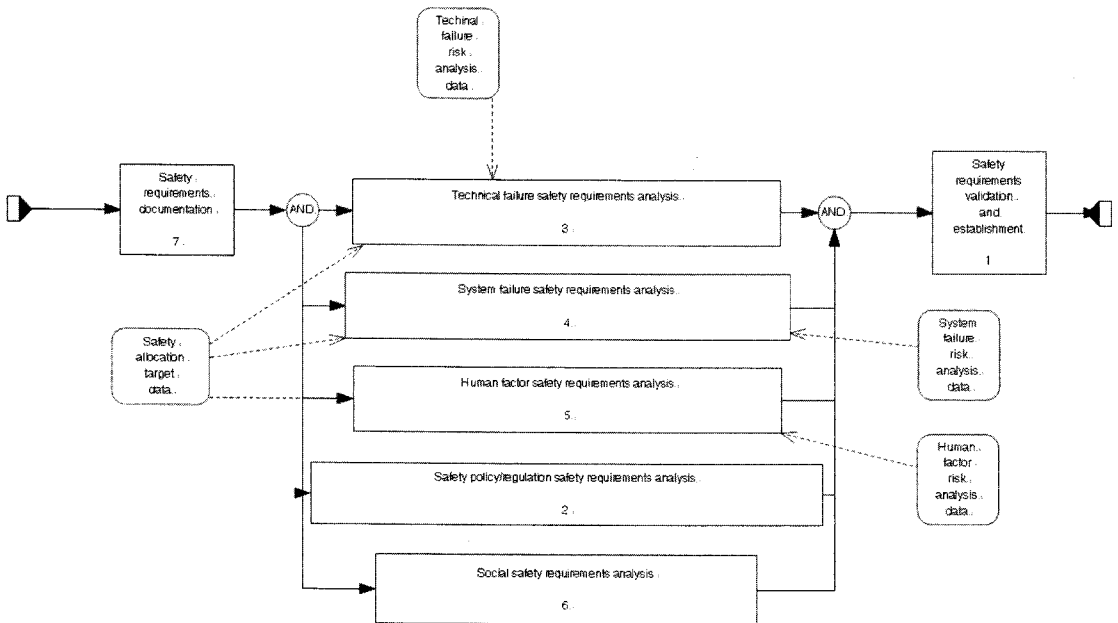


그림 3. 안전요구사항 도출 세부 프로세스

요구사항을 수립하는 활동은 안전 분석의 반복적인 성격을 반영하도록 되풀이하는 것이다.

5. 결론

대규모의 복잡한 시스템에서 안전체계 개발의 필수적 요소는 운영에 관련된 모든 시설, 장비, 운영실무, 인간요소들이 시스템의 임무를 수행함에 있어서 오류가 사전에 예방되거나 피하지 못할 오류가 발생하더라도 피해 없이 즉각 관리 가능한 체제를 확립하는 일이다. 이를 위해 철도시스템의 구성요소와 도출된 안전요건들이 서로 추적성을 유지하면서 형상관리되는 것이 매우 중요하다. 이로 인하여 안전체계 내의 관련주체들의 역할과 기능을 설계하고 분담하여 실행할 때 철도시스템의 안전도 향상효과는 배가될 수 있을 것이다.[3]

정부가 국가차원에서 종합적인 안전관리체계를 구축하고 시행하고자 하는 것은은 철도안전 관리체계와 기술기반을 선진국 수준으로 제고하여 급증하는 기술적, 사회적 안전 위협요소에 적극 대응하고자함과 동시에, 철도시스템에 대한 종합 안전대책과 철도안전법의 효율적, 기술적 시행기반을 마련하는데 있다.

본 논문에서는 국내 실정에 맞는 위험도 기반의 안전관리체계 구성 방안에 대해 지금까지 쌓아온 경험

과 연구지식을 바탕으로 제안하였다. 당국, 철도 운영자, 철도 및 시설 관리자, 사고조사위원회, 독립평가기관의 역할과 상호 인터페이스를 정의함으로써 국가전체의 철도 안전 관리를 위한 시스템 구축을 위한 청사진이라 할 수 있다.

제안하는 시스템이 구축되고 실행된다면 그 즈음에는 대형철도사고 예방(사망자 80%, 중대열차사고 50%, 운전사고 50% 감소)으로 인한 직접효과로서 인명, 재산피해 및 복구비용 절감효과가 매우 클 것으로 기대되고, 상시 인증체계의 가동으로 선진국과 동일한 수준의 안전성활동이 전개되리라 기대된다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원, “철도종합안전기술개발사업 기획보고서”, 2003
2. 건설교통부, “철도종합안전기술개발사업 기본계획(2004~2009)”, 2004.
3. 건설교통부, “교통안전기본계획(2002~2006)”, 2001.
4. Rail Safety and Standards Board(2005), "Engineering safety management", Railtrack.