

철도시스템 안전관리를 위한 데이터베이스 구축 방안 연구

Plans for establishing a database for Managing Railway System Safety

홍선호* 김상암*
Seon-Ho, Hong Sang-Ahm, Kim

Abstract

System safety management to secure complicated system safety such as railway and nuclear includes various factors. Those are prevention of accidents, faults management, human factor, men-machine relation, organization factor, safety culture, quality/quantity safety performance goal, and safety regulations. To manage them, it is required that database which is based on most analysis is established. Therefore system safety could be controlled. This research defines data required to safety management, and that is aimed at deriving plans in order to establish them as database. To accomplish that, safety information management of other systems such as aviation and marine is reviewed. Also, the present conditions of available data in the filed of domestic railway are analysed, and then it provides plans for establishing database to build up advanced railway system safety information management systems.

1. 서론

철도, 원자력 등과 같은 복잡한 시스템의 안전을 확보하기 위해 다루어지는 시스템 안전 관리 영역은 사고의 예방, 고장관리, 인적인자, 인간-기계 연계, 조직인자, 안전문화, 정성적 및 정량적 안전성 목표, 안전 규제 등을 주제로 한다. 이러한 시스템 안전을 관리하기 위해서는 각종 위험분석의 기반인 데이터베이스 구축이 요구되며, 이를 기반으로 전체 시스템의 안전이 통제되어질 수 있다. 본 논문은 국내 타 시스템인 항공과 선박분야의 안전정보관리 체계를 검토하여 안전 경영에 요구되는 자료를 정의하고, 국내 철도의 각 분야에서 활용 가능한 자료 현황을 분석함으로써 선진화된 철도시스템 안전정보관리체계 구축을 위한 데이터베이스 구축방안을 제시토록 하였다.

2. 국내 기술동향

2.1 항공 분야 안전정보관리시스템 개발 동향

항공분야에서는 규정에 의해 건설교통부에 보고토록 되어 있는 기장보고서, 지방항공청에서 관리하고 있는 비정상운항기록 및 기존 ASMS 시스템 수정 등 항공안전정보수집 체계구축, 델파이 기법에 근거한 항공안전평가시스템 구축 및 수집된 자료를 의사결정지원 시스템

*한국철도기술연구원, 정회원

으로 구축하고 있다. 항공 분야 안전정보관리시스템의 대표적 사례인 ASIS.net의 구성에 대해 간략히 살펴보자. ASIS.net는 크게 세부분으로 구성되어 있다.

1) ASMS : 항공안전정보 수집, 생성, 유지 및 관리 등은 기 구축된 ASMS를 최대한 활용하여 수행한다. 항공기등록관리, 감항성개선지시관리, 안전점검자료관리 등은 새로운 시스템에 부합되도록 수정 보완하고, 기장보고서, 비정상운항관련 자료 등 수집체계가 구축되어 있지 않는 경우 프로그램을 개발하여 ASMS에서 운영한다.

2) ASIS.net Server : ASMS, 항공기고장보고 관리시스템의 자료를 취합하여 데이터웨어 하우스를 구축하고, 기초 통계작업 및 데이터마이닝 작업을 수행한다.

3). ASIS.net Client : 통계분석 프로그램을 개발하고, 데이터마이닝 모델을 개발한다. 통계분석 및 데이터 마이닝 도구를 사용한다.

2.2 해양 분야 안전정보관리체계 연구 동향

항만안전성 평가 및 안전성을 확보하기 위한 투자의 우선순위 결정시 자의성을 배제하고 결과에 신뢰성을 가지기 위해서는 과학적인 방법에 근거하여 위험의 정량적인 분석 및 위험성 제어방안의 타당성 입증에 필요하다. 공식안전평가를 행하는 방법론은 제시되고 있지만 구체적인 평가방법은 각 나라에 의한 연구에 위임되어 있다. 이러한 위험평가를 토대로 한 선박운항의 안전평가 및 항만의 안전성 평가는 해사관련 전반에 확대되어 적용계획에 있다.

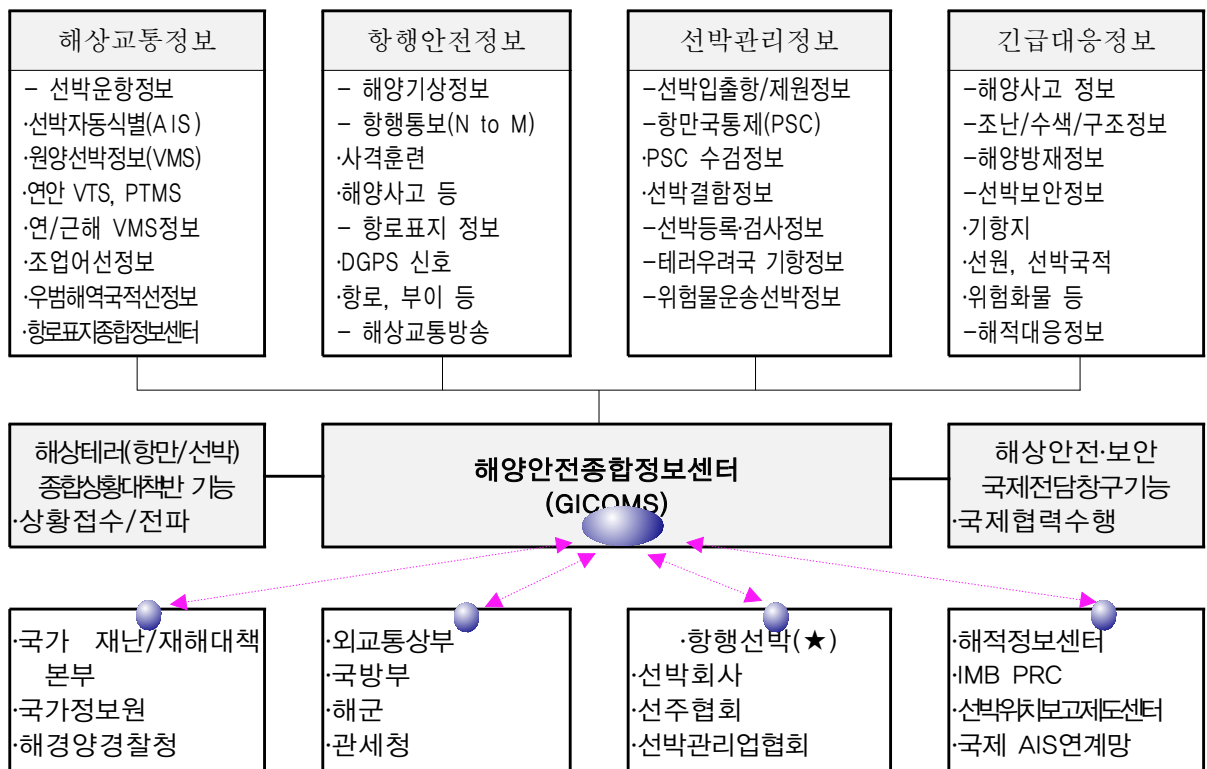


그림 1. 해양안전종합정보센터의 기능

유럽, 미국 뿐만 아니라 일본에서도 몇년전부터 선박의 종합적인 안전성을 평가할 수 있도록 확률론적 안전평가시스템(Probabilistic Safety Assessment: PSA)을 확립하고 그 유효성을 검증하고 있다. 우리나라 항만의 안전성을 제고하기 위해서는 이러한 모든 요소를 종합적으로 고려하여 정량적으로 안전성을 분석, 평가하고 이를 토대로 투자의 우선순위 결정 및 비용, 효과측면을 고려한 종합적인 계획의 수립이 요구되어 확률론적 항만안전 평가시스템 개발, 우리나라 각 항만의 위험요소 식별, 종합적인 안전성 평가 및 안전성 제고 투자효과의 정량적 검토를 대상으로 최종목표로서 우리나라 각 항만별 위험평가를 통한 정량적 안전성평가, 우리나라 각 항만의 안전성 확보방안 검토, 항만 안전성 확보를 위한 투자의 우선순위 결정 및 투자의 타당성 검증, 정책개발을 위한 데이터베이스 구축을 목표로 하고 있다. 아래의 그림 2는 해양 분야 안전정보관리체계를 책임지고 있는 해양안전중하정보센터의 통합기능에 대해 표현하고 있다.

2.3 국내 철도의 안전관련 정보시스템 현황

표 1. 국내 철도 정보시스템과 대상 자료

운영시스템	관련 DB시스템	추출대상
통합시설관리시스템	토목시설유지관리시스템 선로시설유지관리시스템 전철전력유지관리시스템 신호시설유지관리시스템 사고재해관리시스템 차단단전관리시스템	고장 및 신뢰성 자료
통합검수정보시스템	검수실적	
철도운영정보시스템(KROIS)	차량열차관리시스템 승무원관리시스템 운송정보시스템	사망사건 DB 중요 피해사건 DB 중요 부상사건 DB SPAD 분석결과

현재 한국철도공사에서 운영중인 시스템중 안전분석과 관련된 시스템의 현황과 관련된 추출대상 자료는 상기 표와 같다.

3. 국외 기술동향 분석

3.1 영국 안전관리정보시스템(SMIS)

안전관리정보시스템은 선로구축물을 관리하는 네트워크 레일에서 발생한 모든 안전관련 사건을 기록하기 위해 모든 철도 그룹 멤버들에 의해 사용되는 국가적인 정보기술(IT)시스템이다. 모든 데이터는 그룹의 회원들이 위험도를 분석하고, 경향을 예측하고, 안전 관심의 중요 영역에 대한 활동에 초점을 두기 위한 정보를 사용하기 위해 접근할 수 있도록 사용에 대한 권한이 위임되었다.

SMIS는 현재 웹기반의 응용프로그램으로 완전히 바뀌었다. 이는 현재 인터넷을 통해 보안 시스템으로 접근 가능한 모든 철도 그룹 멤버들에 의해 사용되는 최초의 공유된 정보시스템들 중에 하나이다. 60개 이상의 개별 조직에서 웹을 통해 SMIS에 접근할 수 있다.

3.1.1 SMIS의 안전정보 도출 절차

3.1.1.1 쟁점사항의 식별

관찰의 첫 번째 단계는 결정을 할 필요가 있는 쟁점사항들을 식별하는 것이다. 제안된 규정의 변경에 의해 계기가 될 수 있고, 그 예로서 안전관리시스템의 착수, 사건 사고, 신기술 (Positive 열차 분리 장치), 현 시스템에 대한 새로운 사용 제안 (도심 외의 지역을 통과하는 긴 열차), 이해당사자 및 대중에 의한 불평 다양한 원인으로부터 발생할 수 있다.

쟁점사항이 식별되면, 그 정황을 평가하기 위해 문제가 발생한 주변 환경에 대한 간략한 배경 및 과거의 사실들이 제시될 필요가 있다. 이것은 의사결정의 특성 및 범위를 수립하는데에 도움을 준다. 예를 들어, 결정자가 어떤 형태의 집행 행위가 요구될 수 있음을 믿게 하는 일련의 사건을 설명하며, 이러한 상황전개에 영향을 주는 관련된 요인들에 대해서도 설명되어질 수 있다.

위험을 수반하는 문제는 몇 가지 원인으로 인해서 발생할 수 있다. 명백하고 적절하게 그 원인들 및 원인의 측면에서 내려진 결정의 특성과 범위를 설명하는 것이 요구된다. 활용대상 안전정보의 수집을 위해 관련 위험원의 목록 및 설명, 잠재적 결과에 따라 피해를 이끄는 시나리오의 개발, 잠재적 결과피해의 설명, 가능성의 예측을 위한 자료 수집, 이벤트 다이어그램과 같은 사항이 요구된다.

철도시스템에서는 일반적으로 결과 피해를 유발할 수 있는 4가지 형태의 위험원이 존재한다.

- 1) 폭풍, 안개, 비, 폭우 및 그 외의 기타 자연 현상과 같은 자연적 위험원
- 2) 직원 또는 RTC에 의한 오류 및 생략, 사보타주 및 테러리즘 행위와 같은 인적 위험원
- 3) CTC의 손실, 장비 고장, 장비 노후화와 같은 기술적 위험원
- 4) 인플레이션 및 사업 주기와 같은 경제적 위험원

위험 시나리오가 개발되고 잠재적 결과피해가 식별되면, 결과피해의 확률을 측정하기 위한 자료가 필요해진다. 어떤 시나리오들은 예감과 같은 전문가의 경험 및 배경지식에 따라 좌우되며 경험적인 자료들로 입증되지 못한다 할지라도 이는 종합적 위험도 평가에 기여할 수 있는 적절한 위험 시나리오들로서 이들은 다음과 같은 사항을 포함한다.

- 1) 운영적 요인 평가
- 2) 기술적 요인 평가
- 3) 인적 요인 평가

과거의 사건에 기초한 이러한 시나리오들을 위해서, 데이터베이스(사고 자료, 보험, 운영 자료)의 검토로부터 얻어진 경험적인 자료들은 확률을 측정하기 위한 기초로 제공되어질 수 있다. 이러한 데이터베이스는 또한 결과피해의 심각도를 예측하기 위해서 사용될 수 있는데, 특별히 사망이 발생하지 않은 사고의 결과피해의 심각도를 측정하는 데에 사용되어진

다.

시나리오 이벤트 및 요인들은 체계적이고 순차적인 다이어그램으로 표현시 유용해진다. 다이어그램들은 시나리오의 이벤트 및 조건들을 논리적인 순서로 보여준다. 다이어그램들은 더욱 복잡한 시나리오의 개발을 추적하고 관리하는 것을 돕는 데 사용되어진다.

다이어그램을 작성하는 것은 시나리오 이벤트들의 문서화를 용이하게 하고 위험원을 식별하고 열악한 상황을 유발하는 조건들을 우선 처리할 수 있도록 도울 수 있다. 다이어그램은 다음과 같은 역할을 할 수 있다.

- 1) 시나리오 개발시 공동작업
- 2) 이벤트들의 이력 조회
- 3) 위험원, gaps, 결과피해 등의 검색
- 4) 원인의 명확화
- 5) 다양한 이해당사자들의 상호 작용 및 관계를 시각적으로 묘사
- 6) 특정 이벤트를 위험원 및 다양한 이해당사자와 연계
- 7) 프레젠테이션을 위한 시나리오 이벤트 확인

3.1.1.2 대책 식별

본 단계에서 실제 대책들은 각 시나리오에서 식별된다. 대책은 배리어 또는 가드인데 이들은 위험원으로 부터 가치 있는 대상들을 차단하고 보호한다. 대책은 두 가지 범주로 나누어질 수 있는데 아래에서 보여주는 바와 같이 물리적인 것과 절차적인 방법론이 사용되어질 수 있다.

물리적 방어	절차적 방어
가드레일	안전 규정, 기준, 코드
건널목 게이트	정책, 절차
울타리	감독, 검수, 유지보수 계획
Reset Safety Control	운영상의 준비 (훈련)
경보기	직원의 준비, 의무 적합성
	관리 및 지원

대책은 가치 있는 대상이 위험원에 노출될 가능성을 제한하거나 제거한다. 대책은 다음과 같은 곳에 위치할 수 있다.

- 1) source 또는 위험원 대상
- 2) 목표 또는 가치 대상
- 3) source와 목표물 사이

최근 영국의 안전공학 분야 연구개발 대상은 신뢰도분야와 전문가시스템개발 분야에서 개발이 진행되어지고 있으며 각 분야에서의 연구내용은 다음과 같다.

- 신뢰도 : FTA, FMEA등을 이용한 결함율, 신뢰도 및 보수기간 계산시스템 연구, 결함

을 및 사건데이터베이스(FRED) 개선

- 전문가 시스템 : 위험평가지 전문가 시스템 방법 적용, 위험감사방법의 검증 기술

3.2 미국 NTSB 철도 안전분석시스템

미국 NTSB에서 운영하고 있는 시스템은 전체 사고에 대한 빠른 통계정보를 철도 사고와 사건과 희생자와 사고조사를 기반으로 한 현재 철도 안전 통계를 제공하며 사고/사건의 요약, 원인정보와 철도와 유형과 위치, 사고/사건 그래프와 차트, 추세등의 정보를 확인 하는 기능을 가진다.. 또한 FRA 안전 데이터베이스 조회기능으로는 건널목 정보, 철도 사고/사건 과 철도 사고조사와 같은 FRA의 데이터베이스에 관한 리포트가 있으며, 사용자가 특정한 질문 기준을 입력할 수 있고 결과는 지도서비스를 포함한다.

또한 건널목의 상세한 일람 및 웹 기반의 FRA의 사고 예언 시스템(WBAPS)을 사용한 건널목 위험 인덱스를 생성하며, “.DBF” 포맷의 여러가지 건널목 정보를 담은 FRA 데이터 베이스 파일을 다운로드할 수 있다. 사고/사건 리포트가 다양한 포맷 (.DBF,.XLS,.MDB,.TXT)에서 쿼리를 사용하면서 다운로드 할 수 있다. 추가로 참고자료(예 를 들면 GSA 위치,철도 코드 파일,사고/사건 코드)의 복사본 뿐만 아니라 FRA 데이터베이 스를 위한 metadata가 사용가능하게 만들어 졌다.

4. 안전정보관리 데이터베이스 구축방안

4.1 위험평가 기반의 데이터베이스 구축

국내외 기술동향분석을 통해 국내 철도에서 현재 활용가능한 위험평가를 위한 기초 데이 터베이스는 다음과 같다

- 1) 사망사건 DB (운영정보시스템에서 유도된 자료)
- 2) 중요 피해사건 DB (운영정보시스템에서 유도된 자료)
- 3) 중요 부상사건 DB (운영정보시스템에서 유도된 자료)
- 4) 신호모진 분석결과 (운영정보시스템에서 유도된 자료)
- 5) 일반적인 고장 및 신뢰성 자료 (통합검수정보시스템, 시설관리시스템에서 유도된 자료)

4.2 의사결정 지원을 위한 데이터베이스 구축 대상 도출

향후 철도에서 위험평가 및 분석을 위해 분류체계를 재정의하며 추가적으로 구축하여야 할 마스터 데이터베이스 대상은 다음과 같다.

- 1) 열차화재 DB
- 2) 선로파손 DB

- 3) 탈선 DB
- 4) 지리정보 DB
- 5) 신호설비오류 및 차량유지보수기록 DB
- 6) 안전심사결과 DB
- 7) 방어대책 DB

5. 결론

본 논문은 국내 타 시스템인 항공과 선박분야의 안전정보관리체계를 검토하여 안전 경영에 요구되는 자료를 정의하고, 국내 철도의 각 분야에서 활용 가능한 자료 현황을 분석함으로써 선진화된 철도시스템 안전관리를 위한 데이터베이스 구축방안을 제시 하였다.

참고문헌

1. 임용곤, 한국해양연구소 Annual Report “해양안전종합정보센터 구축 타당성 조사 및 기본설계”, 2002
2. 해양수산부 해양안전종합정보시스템 홈페이지 <http://www.gicomsgo.kr/>
3. 영국 RSSB(Rail Safety and Standard Board), Risk Profile Bulletin
4. 미국 NTSB 홈페이지, <http://www.ntsbgov/>
5. 미국 FRA, <http://safetydata.fra.dot.gov/OfficeofSafety/>