

철도안전관리를 위한 안전성능지수 도출에 관한 연구

곽상록 · 박찬우

한국철도기술연구원 안전기술연구팀

1. 서 론

우리는 일상에서 종합주가지수, 연간교통사고건수 및 사고피해액과 같이 어떠한 대상의 복잡하고 다양한 변화를 대표적으로 설명할 수 있는 수치를 지수화하여 사용하고 있다. 철도산업에서도 안전을 대표하는 지수로는 연간사망자수, 연간피해액, 사고건수 등 많은 지수들이 사용되고 있다. 그러나 철도는 차량, 궤도, 전기, 신호 및 운영이 복합된 시스템으로 체계적인 안전관리를 위해서는 보다 다양하고 구체적인 지수의 개발이 요구된다. 철도와 같은 복합시스템의 안전관리를 위해 선진철도운영국, 원자력 및 항공산업 등에서는 시스템 안전관리계획(System Safety Plan)을 활용중이다. 시스템안전관리계획은 사고의 원인분석과 이에 따른 안전대 및 안전투자를 상호 연계하는 계획으로 설계-제작-운영-폐기의 전수명주기 동안의 안전확보를 위한 공학적 활동을 의미한다. 국내의 철도산업에서는 “연간 사고발생 건수 혹은 피해자수”, “열차운행 100만-km당 사고건수 혹은 피해자수” 등과 같은 많은 지수를 사용하고 있으나 안전정책의 수립, 투자 우선순위의 결정, 국제적인 안전수준의 비교에는 활용되고 있지 못해 철도시스템의 안전성을 객관적으로 비교하기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 국내 철도시스템의 안전성을 객관적으로 평가하여 국제적으로 비교하기 위해 필요한 철도시스템의 안전성능지수 현황을 분석하여 제시하였다.

2. 철도시스템의 안전성능지수 특성 및 현황

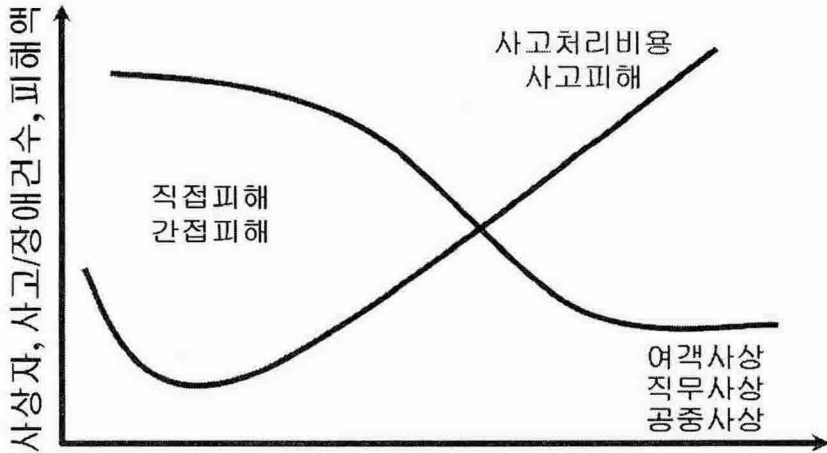
안전성능지수는 사고와 관련된 지수, 장애나 부주의와 관련된 지수, 사고결과와 관련된 지수, 기반시설의 기술적 안전관 관련된 지수 등 다양한 분류가 가능하며, 크게 구분하면 다음과 같다.

① 빈도와 피해도에 따른 분류

- 빈도 : 사고건수, 장애 발생건수, 건널목 사고건수
- 피해도 : 사고당 평균 피해액수, 사상자수, 열차지연 시간
- 복합지수 : 위험도와 같이 사고빈도와 피해도의 곱으로 표현되는 지수

② 상대적인 지수와 절대적인 지수

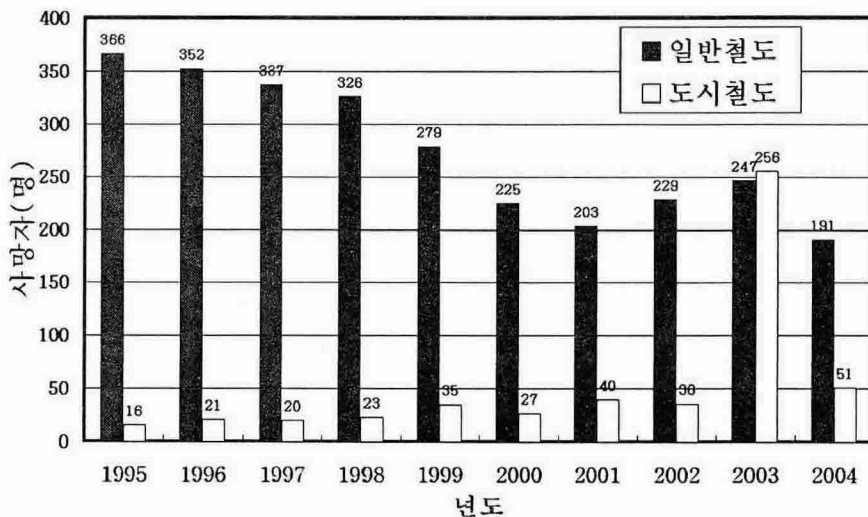
- 상대적인 지수 : 열차운행 백만km 당 사고건수, 여객 10억인km당 사상자수, 건널목당 사고건수
- 절대적인 지수 : 사상자수, 사고건수, 장애건수, 건널목 사고건수



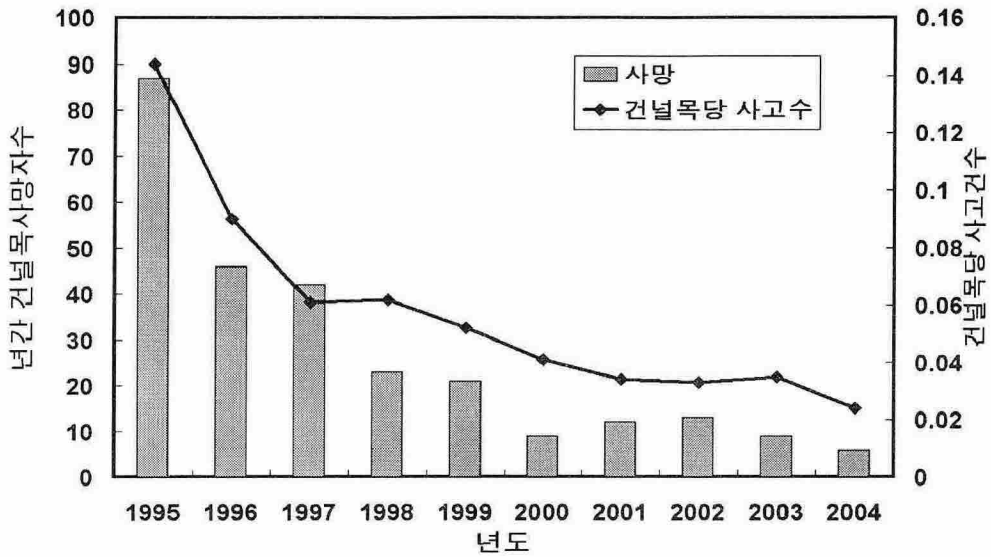
기간, 열차주행거리, 여객수송량, 운행횟수, 기타

<상대적인 안전성능지수의 x-y축의 항목 구성>

최근 철도산업은 상업운전선로의 노선연장, 도시철도 운영기관의 증가, 이용 승객의 증가로 인해 절대적인 안전성능지수는 개선이 되지 않고 있으나, 건널목 입체화와 같은 안전시설투자로 인해 상대적인 안전성능지수는 개선이 되었다.



<년간 철도사망자수 변화, 자료 2005년 교통안전연차보고서>



<년간 건널목 사망자수 변화, 자료 2005년 교통안전연차보고서>

3. 국내의 철도안전성능지수 현황

현재 국내에는 표준화된 사고결과보고 및 원인분류 기준이 수립되어 있지 않아 철도 운영기관별로 상이한 지수를 사용하고 있으며, 현재 국내에서 사용중인 철도안전성능지수를 다음에 나타내었다.

1) 철도사고와 관련된 지수

① 연간 사고건수, ② 연간 사망자수, ③ 연간 부상자수, ④연간 열차사고건수, ⑤열차운전 100만km당 사고건수, ⑥건널목사고 건수, ⑦건널목당 사고발생건수, ⑧연간 도시철도 운전장애 건수, ⑨ 도시철도 운행 100만km당 장애건수

2) 사고원인과 관련된 지수

현재 사고원인과 관련된 지수는 다음과 같이 건수위주로 관리하고 있다.

- ① 열차사고(충돌, 탈선, 화재, 접촉) : 취급부주의, 차량결함, 시설결함, 외부요인
 - 차량결함 : 대차부고장, 제동부 결함, 기타
 - 시설결함 : 레일절손, 궤간확장, 보수불량, 레일장출, 연동장치 고장, 전기고장, 복합장애
 - 취급부주의 : 신호취급, 선로전환기 취급, 유치차량유동, 입환작업불량, 제동취급, 신호확인소홀, 진로확인소홀, 제한속도초과, 차량검수소홀, 신호보수작업불량, 기타

- ② 건널목사고 : 일시정지무시 횡단, 차단기돌파, 차량류 고장, 운전부주의, 기타
- ③ 사상사고 : 자살추정, 선로침입, 선로추락, 열차접촉

4. 국제적으로 사용중인 철도안전성능지수 현황

국가간의 철도이동이 활발한 유럽에서는 각국가별 철도의 안전성을 정량적으로 비교하고, 안전개선분야를 도출하기 위해 통일된 안전성능 지표를 사용하기로 협의한 바 있다. 통합유럽의 철도 안전성능지수중 일부는 국내에 적용중인 것도 있으나, 안전관리와 같은 안전성능지수는 현재 사용하지 않는 지수들이다. 통합유럽의 안전성능지수들은 5개분야로 구분되며, 다음과 같다.

1) 사고와 관련된 안전성능지수들

- ① 사고건수 및 열차운행키로당 상대적인 사고건수 : 열차충돌(장애물 충돌 포함), 열차탈선, 건널목사고(건널목의 보행자 사고 포함), 열차운행에 따른 인명 사고, 열차 화재사고. 안전성능지수 산출시 사고의 주요원인을 기준으로 분류함. 예로서 일본 효고현 사고와 같이 탈선후 충돌로 인해 사상자가 발생한 경우 탈선사고로 고려함.
- ② 전체 사상자수 및 열차운행키로당 상대적인 사상자수 : 승객(전체 승객 운행키로당), 작업자 및 하청업체 직원, 건널목 이용자, 선로불법침입자, 기타

2) 장애나 부주의 관련 지수

- ① 전체 및 열차운행키로당 선로결합, 선로좌굴, 선로변 신호기 고장수
- ② 전체 및 열차운행키로당 신호모진(SPAD)
- ③ 전체 및 열차운행키로당 차량윤축 고장 및 전체 차량의 윤축수

3) 사고결과와 관련된 지수

- ① 전체 및 열차운행키로당 비용(Euro화 기준) : 사망 및 부상, 자산, 승객, 직원 혹은 제3자 및 환경손상을 고려한 보상비용, 고장차량 혹은 선로의 시설물 등의 교체 및 수리비용, 지연, 혼잡유발, 교통조정에 따른 손실 및 직원투입, 영업권손실 등의 추가비용
- ② 전체 및 열차운행키로당 작업자의 근로시간 손실 및 계약자 시간 손실

4) 기반시설의 기술적안전과 관련된 지수

- ① 운영선로중 ATP 사용 선로의 비율, ATP설치 구간인 열차운행키로 비율
- ② 건널목의 개수(전체 및 키로미터당 건널목수) 및 자동차단 건널목 비율, 수동차단 건널목 비율

5) 안전관리와 관련된 지수

- ① 시설관리자에 의한 내부감사 성과
- ② 안전관리시스템(SMS)과 관련된 문서화 수준
- ③ 안전 감사 완성 수행도(요구 혹은 계획사항 vs. 실적)

5. 결론 및 시사점

본 연구에서는 국내외에서 사용중인 철도안전성능지수에 대해 검토를 수행하였다. 안전성능지수의 사용을 위해서는 사고의 조사-보고-안전투자-추적관리 및 이를 위한 정보관리의 전단계에 기준과 표준지침이 필요하며, 이러한 노력이 “철도안전법”을 기준으로 이루어지고 있어 향후에는 국제적인 비교가 가능할 것으로 판단한다.

철도산업은 물론 타산업에서 사용중인 안전성능 지수들 역시 시스템의 특성을 반영하기 위해 지속적으로 변화하고 있다. 예로서 철도산업의 경우 철도운영초창기에서는 철도차량의 고장으로 인한 사고가 대부분을 차지하고 있어 차량고장을 중심으로 안전성능지수를 도출하였으나, 최근에는 작업자의 인적오류와 같은 요인이 증가하고 있어 인적오류관련 지수를 도출하려는 노력이 진행중이다.

참고문헌

- 1. 건설교통부, “교통안전연차보고서”, 2005
- 2. 한국철도기술연구원, “철도사고방지 및 안전확보를 위한 핵심기술개발 연구”, 2003
- 3. USNRC, "An approach for using probabilistic risk assessment in risk-Informed Designs on plant specific changes to the licensing basis", reg. guide 1.174, 1998
- 4. Health & Safety Executive, “Railway Regulations 2000”, 2000
- 5. Network Rail, "Network Rail's Railway Safety Case, version 6", 2004
- 6. Kalay, S, "An international cooperative research approach to rail defect risk management", proc. of WCRR 2003, U.K. pp. 699-707, 2003
- 7. 법제처, "철도안전법", 2004
- 8. 동화출판사, “최신 안전공학개론”, 2002
- 9. Railtrack, Profile of Safety Risk on Railtrack PLC-Controlled Infrastructure", Railway Safety Issue, SP-RSK-3.1.3.11, 2001
- 10. European Union, “Directive of the European Parliament and of the council”, 2002