

# 철도안전관리를 위한 안전지표 선정에 관한 연구

## A Study on Railway Safety Index for the Safety Management

곽상록\*      왕종배\*      조연옥\*      박찬우\*  
Kwak, Sang Log    Wang, Jong Bae    Cho, Yun Ok    Park, Chan Woo

### ABSTRACT

Many railway safety measures reduce railway fatalities into half for last 10 years. But more improvement in railway safety is required to meet the social need after railway fire accident in Daegue.

Reasonable railway safety index is needed to find out the weak point and efficiencies of various safety measures. But we still have only 2 kinds of safety index which are set for 10 years ago.

In order to derive guideline for setting up safety index, we analyze accident cause, previous studies for railway safety improvement in Korea, and other countries safety plan. As a result some proposal for safety index was driven in this study.

### 1. 서론

현재 국내에서는 2010년대에 선진국 수준의 철도안전성 도달을 목표로 안전성 향상을 위한 많은 노력을 추진중이다. 이러한 노력의 결과로 과거 10년간 사망자수 47% 감소, 사고건수 64%이상 감소하는 등 안전성이 크게 향상되었다<sup>(1)</sup>. 현재 국내에서 철도의 안전성에 대한 정량적인 지표로 철도사고 사망자수 및 철도사고 발생건수를 사용중이며, 정량화된 이들 지표를 근거로 중장기 안전목표를 설정하고 있다.

철도안전관리를 위해 사용중인 정량적인 안전지표는 제1차 철도안전종합계획<sup>(2)</sup>과 제5차 교통안전기본계획(2004년 변경계획)<sup>(3,4)</sup>에서 제시된 철도사망자수와 열차 100만km 운행당 사고건수가 있다. 이들 안전지표를 뒷받침하기 위한 다양한 세부지표 역시 운영기관별로 관리중이다. 이들 계획에서 제시된 안전목표는 수립된 안전대책과 과거 사고발생 추세 분석을 토 향후 5년간의 안전성 향상에 대한 목표를 설정하여 제시하고 있다. 제시된 안전목표는 연간 8% 수준의 사망자 및 사고건수 감소율을 기초로 하고 있으며, 두가지 목표외에 교육훈련과 같은 세부적인 목표도 제시되어 있다.

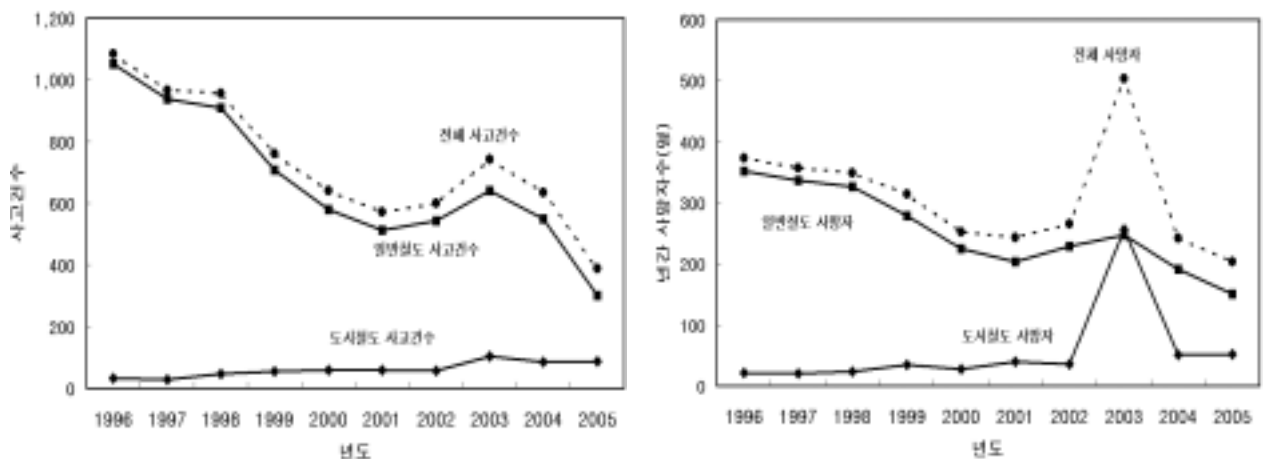
지난 10년간 철도사고가 감소한 원인에는 철도운영기관의 안전관리강화, 차량/시설/전기/신호 등 다양한 분야의 기술적인 진보, 사회적 환경 변화, 이용자의 안전의식 변화 등이 복합적으로 작용하였다고 볼 수 있다. 자동차 교통사고 사망자의 경우에도 과거 10년간 49.6%의 감소를 보였 철도사고와 유사한 감소율을 보이고 있다. 이와 같이 전체 철도사고 사망자수나 사고건수는 철도안전성에 대한 전체적인 개선은 설명할 수 있으나 철도안전성 향상을 위해 추진된 대책의 효율성을 평가하기가 용이하지 않다. 국내 일반철도 사고 사망자의 상당부분은 선로침입에 의한 공중사상사고와 건널목 사고에서 발생하며, 도시철도 사망자의 80%이상은 자살추정 사고로 분석된다. 철도에 대한 강화된 안전대책이 적용될 경우 전체적인 사망자는 감소하나 일반대중의 선로침입에 의한 공중사상이나 자살사고는 일반대중의 협조가 필요하여 사망자는 크게 감소하지 않을 수 있다.

\* 한국철도기술연구원 안전기술연구팀, 정희원  
slkwak@korea.com

즉, 높은 철도 안전성이 확보된 경우에도 일반대중과 연결된 사고는 철도운영기관의 노력에 따라 크게 감소하지 않고 있다. 이러한 이유로 선진국에서는 안전목표를 설정할 때 운영기관의 안전관리에 초점을 두고 있으며, 일반대중의 불법행위, 자살 등과 같은 사고는 안전목표에서 제외하고 있다. 철도를 이용한 여객의 국가간 이동이 많은 유럽국가에서는 항공기, 선박과 같이 자국의 영역에서 안전한 운행을 위해 공통적인 안전관리 방법과 목표선정에 관한 많은 노력이 추진중이다. 국내는 물론 국외에서 철도는 안전한 교통수단으로 인정받고 있으며, 국내 철도의 안전성에 대한 지속적인 관리외에 국외 수준과의 정량적인 비교, 선진 철도운영국의 대책 분석 등 다양한 목적을 위한 철도안전 지표의 관리가 필요하다. 본 연구에서는 국내의 철도안전관련 목표와 선진국의 안전목표 설정 사례분석, 국내의 안전대책 및 사고분석을 통해 효율적인 안전목표를 설정하기 위한 연구를 수행하였다.

## 2. 국내 철도안전지표 및 사고 현황

현재 국내에서는 2010년대에 선진국 수준의 철도안전성 도달을 목표로 안전성 향상을 위한 많은 노력을 추진중이며, 그림 1과 같이 사고발생건수 및 사망자수가 급격히 감소하는 추세이다. 또한 안전성 확보를 위해 “제1차 철도안전종합계획(2006-2010)”과 “제5차 교통안전기본계획”에 다음의 목표를 설정하여 추진중이다.



[그림 1] 과거 10년간 철도사고 발생건수 및 사망자수 감소 추세

### 1) 철도안전종합계획

- 열차 100만km당 사고발생건수 23.7건('04년) → 14.2건('10년)
- 철도사고 사망자수(직무사고, 선로침입 등에 의한 사망자 포함) : 249명('04년) → 149명('10년)
- 설정근거 : 연간 8.2% 씩 사고건수 및 사망자수를 감축(6년간 40% 감축)  
과거 10년간 평균적인 사망자 감소율인 연간 8.2%를 적용
- 감축목표 : 철도사고 및 피해수준을 40% 감소

### 2) 제5차 교통안전기본계획(2002-2006)의 정책목표 :2001년 설정

- 열차주행 100만km 당 운전사고건수(열차사고+건널목사고)  
2000년(0.8건) → 2006년(0.6건)

### 3) 제5차 교통안전기본계획(2002-2006)의 변경계획(2004년)정책목표

- 열차주행 100만km 당 운전사고건수(열차사고+건널목사고)

2000년(0.8건) → 2006년(0.4건) : 목표치 상향조정

- 철도사고 사망자수 30% 감소

2002년(229명) → 2004년(192명) → 2006년(160명)

- 열차주행 100만km당 차량·화재·설비사고 발생건수를 22% 감축

- 차량·설비·화재로 인한 사망자 발생 제로화(0)

### 3. 철도안전 지표에 대한 선진사례 분석

서론에 설명된 바와 같이 선진국에서는 과거와 같이 사고전체에 대한 목표를 설정하는 경우도 있으나 안전관리에 초점을 두어 세부적인 지표를 선정하거나 안전관리의 방향만을 제시하고 수치는 제외하는 경우도 있다. 본 절에서는 철도안전지표에 대한 선진사례를 요약하였다.

#### 1) 철도안전목표 및 안전대책에 대한 통일

현재 국가별로 상이한 사망자, 중상자, 경상자에 대한 기준, 사고통계산출 기준 등을 통일하기 위해 사고통계의 산정에 관한 노력이 유럽연합의 ERA(European Rail Agency)를 중심으로 추진중이다. 유럽연합에서는 이를 위해 EN 2004/49<sup>(5)</sup>를 제정하여 공통안전목표의 설정과 공통안전방법을 결정하기 위해 노력 중이다. 채택된 이들 지표, 대책에 대해서는 2009년 4월부터 적용예정이며, 위험도 평가에 근거하고 있다.

#### 2) 유럽연합의 공통안전지표 사용

국가간의 열차이동이 활발한 유럽연합에서는 국가간의 안전성 비교 및 안전성 향상을 위해 다음의 공통된 안전지표를 사용하기로 합의하였다<sup>(6)</sup>. 공통 안전지표에는 ① 사고와 관련된 안전성능지수, ② 장애나 부주의 관련 지수, ③ 사고결과와 관련된 지수, ④ 기반시설의 기술적안전과 관련된 지수, ⑤ 안전관리와 관련된 지수 등 다양한 항목에 대해 세부적으로 기술하고 있다.

이들 지표의 국제적인 비교를 위해서 대부분의 지표를 단위 여객 이동거리, 열차이동거리, 화물톤수 등으로 나누어 정규화하여 사용중이다. 마지막의 안전관리와 관련된 지수에는 ① 시설관리자에 의한 내부감사 성과, ② 안전관리시스템(Safety Management System)과 관련된 문서화 수준, ③ 안전 감사 완성수행도(계획대비 수행 실적, 감사요구사항 수행정도)와 같은 세부적인 대책이 있으며, 이들 대책은 위험도에 기반하고 있다.

#### 3) 국가별 안전목표 및 대책의 분석 사례

##### ① 일본 일본의 제8차 교통안전기본계획(2006-2010)<sup>(7)</sup>

- 철도의 안전성이 높은 일본은 제8차 교통안전기본계획의 기본이념을 “ 교통사고가없는 사회를 지향하며”로 설정하였다. 또한 인구감소 및 고령화 사회와 같은 환경변화에 대응하기 위해 사람을 우선으로 하는 교통안전개념, 사회적 약자의 고려, 안전 규제 강화, 인적오류의 예방, 안전시설의 개량의 중요성을 강조하고 있다.

- 제7차 교통안전기본계획과 비교하면 2005년 후쿠치야마선에서 발생한 열차탈선사고를 계기로 인적오류 예방과 안전규제의 강화가 추가되었다. 이를 위해 철도여객사망자 제로(0) 달성을 목표로 설정하였으며, 주요 대책은 ① 운전보안설비의 정비, ② 철도 운행중의 지진에 대한 대책 강화, ③ 안전업무 종사자 및 보안요원의 교육 충실 및 자질향상, ④ 철도사업자에 대한 보안감사 강화로 하고 있으며, 수치목표는 다음과 같이 설정하였다.

㉠ 철도 중대사고 발생 제로화(0) 달성

㉡ 여객 사망자수 제로화(0) 달성

㉢ 속도초과방지용 ATS 등을 급곡선 2,865 개소에 설치

- ㉔ 신간선의 내진대책이 필요한 터널의 대책 및 고가교 기둥의 내진강도를 2007년까지 모두 실시
- ㉕ 철도 건널목 사고건수 10% 감소(5년간)

② 영국의 철도안전 목표 설정<sup>(8,9)</sup>

-영국 RSSB(Rail Safety & Standard Board, 영국안전표준 위원회)에서는 위험도평가를 수행하여 안전 대책을 정량화하여 이를 목표수립에 반영하였으며, 안전목표는 2년단위의 중기목표와 장기목표로 구분하여 설정하였다. 목표대비 성능요약을 살펴보면, 5개 주요 영역에 대한 안전 목표를 15가지로 세분하고 있다. 5가지 분야는 1) 안전관리 전략, 2) 중대사고 관리, 3) 여객안전 및 보안, 4) 공중 및 일반대중 안전, 5) 작업자 안전으로 설정하였으며, 주요 목표는 다음과 같다.

- ㉑ 100만마일당 등가사망자수 2009년까지 36% 감소(2009년도에 0.3명 달성)
- ㉒ 신호위반에 따른 철도중대사고(충돌 및 탈선) 위험도를 2001년 기준 80% 감소
- ㉓ 여객 사상자를 1999년도에 비해 50% 감소(백만인마일당 등가사망자 7.5명)
- ㉔ 공중 사상자를 70만명당 1명 이하로 유지(15% 감소)
- ㉕ 건널목 사고 : 2003년에서 2006년 사이에 위험도를 15% 감소시킨다.
- ㉖ 신호위반 사고 위험도 : 2001년부터 2006년 사이 70% 감소시킨다.
- ㉗ 직원의 폭행에 대한 사고 : 1년간 보고되는 폭력 발생률을 7.5% 감소시킨다.

③ 미국 연방철도국의 철도안전 목표 설정<sup>(10)</sup>

-계획은 연방철도국인 FRA(Federal Railway Agency)에서 담당하고 있다. 2005년 발표된 미국의 안전계획 및 대책은 도로교통과 연계되는 건널목, 고가교에서의 선로로 열차추락, 작업자의 인적오류 예방, 테러 대응을 중심으로 구성되어 있으며, 주요 내용을 다음에 수록하였다. 또한 위험도에 기반하고 있어 위험성이 높은 사고에 대한 대책을 중점적으로 예방하도록 하고 있다. 즉 ①사고의 가장 빈번하고 가장 높은 위험 유발 인자를 중점관리, ② FRA의 감독 및 검수 자원에 집중, ③가장 큰 위험도를 완화할 수 있는 가능성을 가진 연구 성과를 촉진하는데 주력하고 있다. 2005년 발표된 안전계획은 일본, 영국, 유럽의 사례와 같이 인적요인의 과학적 관리를 최초로 포함하고 있다.

-목표에서는 이들 중점과제에 대한 대책의 마무리 시점만을 정의하였으며, 구체적인 수치목표는 계획에 포함되어 있지 않다.

- ㉑ 주요 인적요인에 대한 규명 : 열차사고의 조사 및 분석과정에서 인적요인이 사고의 주요 인자임을 인식하고 이에 대한 대책을 마련함
- ㉒ 작업자, 기관사의 피로도에 대한 규명 및 관련 연구수행
- ㉓ 궤도 안전성 향상 및 안전관리 기술개발
- ㉔ 위험물질에 대한 안전성 및 비상대응 능력강화
- ㉕ 고속도로와 철도건널목 안전의 개선

④ 캐나다의 철도안전 계획<sup>(11)</sup>

- 철도안전 목표를 “캐나다와 캐나다 국민을 위해 가장 안전한 교통수단의 제공”을 설정하였으며, 이를 위한 정책으로는 “ 철도 교통의 안전성 개선 및 유지를 통한 발전”으로 설정하였다. 주요 추진내용은 ① 안전에 관한 투명성, 정직성 및 개방성 확보, ② 의식 있는 업무수행, 사려깊은 활동, 상식 있는 업무, 교육과 기술개발을 통한 지속적인 개선, ③충분한 의사교환과 교류, 변화를 위한 자원할당, ④고객 요구의 수용 및 반영을 위한 노력이 포함되어 있다. 분야별로 추진되는 내용은 위에서 언급된 일본, 유럽, 미국 내용과 상당부분 중복되며, 큰 내용을 요약하면 ①규제도구의 개발, ②이해당사자와의 긴밀한 협력, ③ 공공에 대한 홍보 및 산업의 이해(기술기준 정비 등), ④안전문화의 향상, ⑤ 안전업무 종사자의 자격관리, ⑥ 위험도 관리, ⑦ 효과적인 관리도구 개발이 있다.

미국과 마찬가지로 수치목표를 설정하지 않았다.

#### 4. 국내철도 사고 원인 분석

안전대책 수립을 위해서는 사고의 원인을 대책 측면에서 재분류하여야 한다. 즉 인적관리, 차량관리 대책의 영향을 분석하기 위해서는 사고인적요인 및 차량관리와 관련된 사고원인의 분류가 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 2005년에 발생한 철도사고 분석자료를 그림2와 같이 ①차량요인, ②시설요인, ③인적요인, ④외부요인, ⑤기후요인, ⑥기타요인으로 분류하였다. 1건의 사고에는 다양한 원인이 복합적으로 작용하나 원인간의 가중치를 결정하기 어려워 1차 원인을 기준으로 분류하였다.



[그림 2] 2005년도 국내 일반철도의 사고원인 비율

그림 2에 나타난 원인의 주요 내용으로는 차량고장(재질불량, 전기부 고장, 검수과정의 오류), 시설고장(재질불량, 시공불량,입환중 오류), 인적요인(입환원, 기관사, 유지보수 작업자 오류), 외부요인(공중, 여객, 건물목, 운행선 공사중 오류) 등이 있다. 국내는 선진국에 비해 차량고장의 비율이 상대적으로 높은 편이다. 미국 연방철도국<sup>(9)</sup>의 결과를 보면 인적요인(38%), 장비요인(13%), 시설요인(34%), 신호요인(2%), 기타(13%)로 나타났다.

#### 5. 철도안전 개선을 위한 방향성의 방향제시

본 절에서는 대구지하철 화재사고 이후 수행된 많은 안전개선 연구내용과 선진국의 안전계획 및 국내에서 추진중인 대책을 분석하였으며, 다음과 같이 공통점들을 결론으로 도출하여 안전지표 설정시 고려하도록 제안하였다.

- 1) 안전성이 높은 철도 이용률의 향상을 통한 전체 교통안전성 향상
- 2) 인적요인 관리의 강화 및 과학적 해결책 모색
- 3) 차량 및 시설의 안전성에 대한 지속적인 해결방안 모색
- 4) 자연재해로 및 대형사고로 인한 피해저감 방안 모색
- 5) 외부 요인에 의한 안전성 확보 방안 모색
- 6) 안전성의 정량화 및 투명한 관리
- 7) 건물목 안전대책의 수립
- 8) 직무사고의 근절

- 9) 철도안전기술의 개발을 통한 사고피해 저감
- 10) 사고조사 및 보고제도의 개선

## 6. 결론 및 제안

안전성을 지속적으로 관리하기 위한 안전지표는 사회적 환경 보다는 철도운영자의 안전관리 노력으로 개선될 수 있는 지표를 선정하여야 효율적인 목표로서 의미를 갖을 수 있다. 현재 사용중인 철도안전지표인 사고발생건수 및 사망자수는 급격한 철도이용객의 증가나, 선진국과의 안전성비교, 안전대책의 효율성을 반영하기 어려운 실정이다. 이를 위해서는 다양한 대책이 적용될 경우 상호 관계를 고려한 예측 등 많은 자료와 분석이 요구되며, 향후의 환경변화를 고려할 수 있도록 선진사례와 같이 안전관리 활동에 초점을 두어 구체화 되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 건설교통부, “2006년도 교통안전 년차보고서”, 2006. 8
2. 건설교통부, “제1차 철도안전종합계획 : 2006-2010”, 2006.2
3. 건설교통부, “제5차 교통안전기본계획(변경계획) : 2002-2006”, 2004. 1
4. 건설교통부, “제6차 교통안전기본계획(안) : 공청회자료 2007-2011”, 2006. 9
5. EU, "Official journal of the European Union L 164 of 30 April 2004", EN 2004/49/EC, 2004.
6. EU, “White Paper : European transport policy for 2010 : Time to decide”, 2002
7. 일본 국토교통성, “제8차 교통안전기본계획(2006-2010) : 철도부문”, 2006.3
8. RSSB, "The Railway Strategic Safety Plan", 2005.
9. Rail Safety & Standard Board, "A statistical review of the RSSB Safety Risk Model (WP1)", 2004
10. FRA, "Action Plan for Addressing Critical Railroad Safety Issue", 2005, 5.
11. Transport Canada, "Rail Safety Strategic Plan(2005-2010) : All Aboard", 2005.5