# 철도 안전목표 설성을 위한 안전투자 시점에 대한 연구

#### 곽상록

한국철도기술연구원 철도안전연구실 (2017. 3. 21. 접수 / 2017. 7. 27. 수정 / 2017. 10. 16. 채택)

# A Study on Safety Investment Moment for Safety Target

### Sang Log Kwak<sup>†</sup>

Railway Safety R&D Division, Korea Railroad Research Institute (Received March 21, 2017 / Revised July 27, 2017 / Accepted October 16, 2017)

**Abstract :** Korean government announced long-term railway safety investment plan for the safety improvement by 2020. But no research have been done about differential analysis on railroad safety investment and safety improvement. In this study, recent 10 year data on safety investments and accident data are analysed for the differential analysis. Three main safety investments are analysed on regard to accident rate and accident fatalities. Three safety measures include level crossing accident, platform fatalities, and track trespass fatalities. About 90% of railway accident fatalities are caused by these three kind of accidents. Differential analysis shows about 4 to 6 years delay after railroad safety investment and safety improvement. This result can be utilized for the decision making on safety measures and safety target. Which required long term approach.

Key Words: safety target, railway safety, safety measure, level crossing accident, platform screen door

### 1. 서론

국가차원의 철도안전목표 설정을 위한 다양한 방법론 이 제시되어 있으며, 국내는 추세분석에 기초하여 상위수 준의 목표를 국가에서 정한 후 철도운영기관별로 목표를 할당하는 하향식(Top-Down) 방식을 철도안전목표 설정에 사용해왔다. 그러나, 2009년 선진국 수준의 철도안전성이 확보되어 추세분석에 기초한 안전목표를 설정하면 2020년에는 철도사고율이 Zero에 도달하는 문제점이 발견되었다. 국가전체에서 철도사고 발생 Zero는 현실적으로 달성이 불가능한 목표로 합리적인 목표설정이 필요한시점에 도달하였다<sup>1)</sup>.

목표설정 방법론에 대한 선행연구에서는 위험도에 기반한 안전목표 설정<sup>2</sup>, 안전수준에 따른 안전목표<sup>3</sup> 등 다양한 목표 설정 방법론이 제시되어 있으나, 안전투자 혹은 안전대책이 실제 적용되어 효과가 나타나는 시차에 대한 연구는 없는 실정이다.

국가 수준의 철도안전에 대한 목표수립은 철도안전법 제5조에 따라 수립되는 철도안전종합계획<sup>4)</sup>에 반영되며, 2016년에 제3차 철도안전종합계획(2016-2020)<sup>5)</sup>이 수립

되었다. 본 연구는 안전투자가 급격히 증가하는 2016년을 기점으로 새로운 안전목표를 설정하기 위한 기초연구로, 철도안전투자와 실제 안전성이 개선되는 시점과의시차 분석을 수행하였다. 제도개선을 제외한 철도안전대책은 2~3년내 완료되기 보다는 5년 이상 지속적으로추진되는 경우가 대부분으로, 시차를 고려하지 않고 무리하게 단기간 내에 안전성 개선을 목표를 설정할 경우안전목표 미달성에 따른 부작용이 예상된다.

제3차 철도안전종합계획에 따르면, 국내는 선진국 수준의 철도안전성을 유지하기 위해서 국내의 노후된 철도 안전시설에 대한 개선투자를 2배 이상 크게 확대할 계획이다. 즉 안전투자를 2016년부터 확대하여 2020년에 안전성을 2015년 대비 30% 개선을 목표로 하고 있다. 철도 안전에 있어 안전투자 예산의 확충과 효율적인 투입은 중요한 사안이나 투자 예산과 안전개선과의 효과 입증이용이하지 않아 기존 사고이력 혹은 문제점 분석에 기초한 사후 대응 중심의 안전투자가 이루어져 왔다.

철도안전성이 선진국 수준에 도달한 최근에는 기존에 설치된 안전설비의 노후화 및 개량과 동시에 안전설비의 추가적인 설치를 검토해야하는 상황이다. 따라

<sup>&</sup>lt;sup>†</sup> Corresponding Author: Sang Log KWAK, Tel: +82-31-460-5544, E-mail: slkwak@krri.re.kr Railway Safety R&D Divison, Korea Railroad Research Institute, 176 Railroad Museum Street, Uiwang-city, Kyonggi-do 16105, Korea

서 안전예산의 보다 효율적인 투자방안에 대한 검토가 필요하게 되었다. 안전예산의 효율적인 투자를 위해서 는 철도안전에 대한 명확하고 구체적인 목표가 제시된 이후 목표 달성을 위한 투자예산 산정과 대상의 선정 이후 목표 달성시기의 결정이 필요하다.

대구지하철 화재참사와 같이 국민적 관심이 높은 화 재안전 대책은 2~3년 내에 마무리 되었다. 그러나 이 외 대부분의 철도안전 대책에 대한 투자는 5년 이상 지속되는 경우가 많아 안전투자 확대에 따른 철도안전 성의 개선에 대한 목표 설정시 안전투자가 시행된 시 점과 실제 안전성이 개선되어 효과가 나타나는 시점 사이에는 상당한 시차가 존재해왔다. 이로 인해 철도 안전목표와 안전투자 시점간의 연관성 분석에 어려움 이 많았다. 철도안전에 대한 국가차원의 목표설정이 추세분석 혹은 사고재발 방지 대책의 영향을 반영한 선행연구결과에서는 국내의 철도사고와 장애에 대한 단순한 추세분석에 초점을 두었으나, 철도시설안전투 자와 안전개선의 효과는 크게 고려되지 않았다<sup>1)</sup>. 본 연 구에서는 철도안전시설의 개량이나 설치에 대한 투자 와 안전투자의 효과가 실제 나타나는 시점과의 시차를 분석하고자 하였다. 이를 통해서 철도시설안전에 대한 투자시점 결정과 철도안전 목표 설정시 실제 효과가 나타나는 실적평가 측정 시점을 고려하고자 하였다.

본 연구에서는 안전투자가 이루어진 시점과 안전투자로 안전대책이 실행되어 실제 안전투자의 효과가 나타나는 시점과의 시차에 대한 분석을 수행하였다. 다만, 안전투자와 안전개선에 대한 선행연구가 부족하여, 본 연구에서는 철도사고 사망자의 90% 이상을 차지하는 3가지 사고 즉, 승강장의 사상사고, 철도건널목의건널목사고, 선로 통행중 사고에 대한 주요 대책에 초점을 맞추어 분석을 수행하였다. 3가지의 사고 예방 대책은 승강장의 스크린도어 설치, 건널목의 입체화 및차단기 설치, 선로변 울타리 설치 등이 국내는 물론 국제적으로도 공통적으로 적용되는 대책이다.

예산이 투입되는 철도터널 개량, 화재안전 대책의 추진의 경우 관련된 사고인 터널붕괴 및 터널내 화재 사고의 경우 발생 빈도가 매우 낮아 30년 이상의 안전투자에 대한 자료가 요구된다. 그러나 국내의 경우 철도안전법<sup>4)</sup>이 실제로 시행된 2006년 이후의 관련자료가확보되어 있다. 해당 연구는 국가연구개발 사업을 통해 이론적으로만 수행된 바 있다<sup>6)</sup>.

#### 2. 안전투자와 안전개선의 시차분석

철도안전관리 주무부처인 국토교통부에서는 철도안

전개선을 위해 2016년부터 향후 5년간 9조 7천억원 이상 의 철도안전예산을 투자할 계획을 발표하였다<sup>5)</sup>. 2011년 부터 최근 5년간의 안전투자 예산인 5조 297억원 대비 크게 증액된 예산이다<sup>7)</sup>. 향후 5년간의 안전투자 예산중 시설개량 등의 예산이 4조 1억원 이상을 차지하고 있다. 과거의 철도안전투자는 사고나 문제점 발견 후 안전대 책을 시행하는 사후 대응 중심의 안전투자였다. 이를 해 소하기 위해 선제적인 안전투자를 검토하려 하였으나, 안전투자와 안전투자의 효과 및 관련 세부 예산의 연계 에 장시간이 소요되었으며, 세부적인 기준이 마련되지 못하였다. 따라서 본 연구에서는 분산되어 있는 안전대 책과 예산을 연계하여 분석을 수행하였다. 안전투자예 산과 철도안전성의 연관 분석을 위해 철도안전법 제6조 에 따라 매년 수립되는 최근 10년간의 철도안전종합시 행계획<sup>5,7,8)</sup>상의 안전투자 예산과 철도사고 등의 보고에 관한 지침<sup>13)</sup>에 따라 국가에 보고되는 철도안전통계를 활용하였다. 세부적인 사고 요인별 통계는 철도안전법 71조<sup>4)</sup>에 따라 수집된 전문기관의 자료를 활용하여 분석 하였다<sup>9)</sup>. 관련 자료들은 교통안전공단의 홈페이지<sup>9)</sup>에서 확인이 가능하다.

#### 2.1 국내 철도의 안전성 개선 추세 분석

개별적인 철도안전대책의 투자예산과 관련된 사고혹은 사망자 발생과의 연관성과 시차분석에 앞서 국가차원의 전체적인 철도시설분야의 안전투자 예산과철도사고 사망자 및 철도사고 발생건수와의 연관성을본 절에서 개략적으로 분석하였다. 매년 열차운행거리가 증가하는 추세를 반영하기 위해 Fig. 1과 2에 열차운행거리 1억km로 환산한 철도사고 발생율과 철도사고 사망자 발생율을 나타내었다. 최근 10년간 국내의 1억km당 철도사고 발생율은 60%, 철도사고 사망률은 68% 감소하였다. 유럽연합이나, 일본, 미국, 호주 등의 국가의 철도안전 개선율은 최근 10년간 30% 이내였다<sup>10</sup>.

이러한 급격한 감소의 배경에는 과거의 높은 사고율도 있으나, 철도안전법을 중심으로한 집중적인 안전투자의 효과도 포함되어 있다. Fig. 1에 나타난 바와 같이최근 10년간 국내의 열차사고 감소의 가장 큰 기여 요인은 철도건널목사고(Level Crossing Accidents) 감소이다. 국내 건널목의 99.5%가 일반철도에 설치되어 있으며, 운행거리 대비 가장 급격한 감소 추세를 보이고 있다. Fig.1에 제시된 열차탈선, 충돌, 화재사고의 경우사고시 많은 인명피해가 예상되나 매우 낮은 수준의사고율을 유지하고 있다. Fig. 2에는 연간 발생하는 전체 철도사고 사망자, 자살로 인한 사망자 및 이외의 사

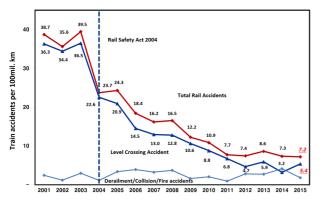


Fig. 1. Number of train accident rate in Korea.

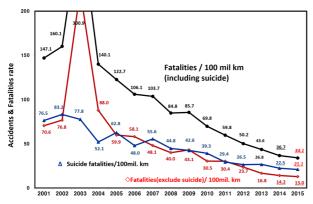


Fig. 2. Number of accident fatality rate in Korea.

망자로 구분하여 제시하였다. 승강장 스크린도어 설치확대의 영향으로 전체 사망자중 자살자가 차지하는 사망자 비중은 60% 수준이며, 나머지 40% 미만의 사망자는 선로 횡단 및 승강장의 부주의로 인한 사고로 발생하고 있다. 이를 예방하기 위한 주요 안전대책은 승강장 스크린도어 설치와 일반철도의 선로변 안전울타리 및 감시설비 설치이다. 다음절에서는 철도사고와사망자 감소에 가장 큰 효과를 나타내는 위의 3가지대책에 대해 안전투자집행과 실제 안전개선 효과가 발생하기까지의 시차를 분석하고자 하였다.

항공철도사고조사위원회에서 수행한 국내의 주요 철도사고에 대한 조사분석 보고서<sup>11,12)</sup>에 의하면, 주요 사고의 경우 단 1개의 원인이 있는 경우보다, 철도시설 요인, 철도차량요인, 종사자의 인적요인, 외부 환경적 요인 등이 복합적으로 작용하는 경우가 많다. 즉 철도 시설이 사고에 직접적으로 기여하지 않았으나, 간접적 으로 기여한 경우 즉 2011년 광명역 인근 일직 터널 KTX 탈선사고<sup>11)</sup>, 2013년 대구역 무궁화호 열차와 KTX 열차간의 충돌사고<sup>12)</sup> 등은 작업자(기관사, 차장, 관제사, 유지보수 작업자 등) 인적과실로 분류되나, 기 여요인에는 시설의 장애나 안전성이 높은 신호설비 미 설치, 신호기 설치 위치의 부적절 등과 같은 요인이 포함되어 있다. 국내의 철도사고의 보고에 관한 지침<sup>13)</sup>에따라 접수된 사고는 최근 10년간 년평균 310건 정도이다. 이중 사상사고 제외시 연평균 22건이 발생하고 있다. 연간 22건의 사고중 80%가 건널목사고로 이를 제외한 주요 철도사고는 년간 5건 수준이다. 발생빈도가낮아 안전대책별 분석을 수행하기에는 어려움이 많다. 따라서 본 절에서는 거시적인 관점에서 년간 철도시설분야 투자 예산과 사고와의 시차를 1차적으로 분석하였다. Table 1에 최근 10년간의 철도시설 분야의 예산(백만원)과 열차의 탈선, 충돌, 화재와 같은 열차사고, 철도건널목사고 그리고 사상사고를 포함한 전체 철도사고 발생현황을 제시하였다. 이들 수치를 열차운행거리로 환산하면 Fig. 1과 연결된다.

Table 1. Comparison of safety budget and accident results

Year	Infrastructure safety budget (mil. won)	Number of total train accident	Derailment, Collision, Fire accident	Number of Level Crossing accident	Number of total accident
2006	305,166	33	7	26	460
2007	460,815	30	6	24	429
2008	448,455	31	7	24	408
2009	439,056	23	3	20	382
2010	313,848	21	4	17	317
2011	205,167	16	2	14	277
2012	461,586	16	6	10	250
2013	576,063	19	6	13	232
2014	550,245	16	9	7	209
2015	970,227	16	4	12	138

거시적인 관점에서 철도시설안전 예산이 크게 증가한 2006년의 효과는 2011년에 나타나고 있어 5년의 시차를 두고 안전성 개선의 효과가 나타났다. 거시적 관점의 분석에는 국내 모든 철도운영기관의 시설안전분야 투자예산과 사고가 포함되어 있다. 세부 대책별 안전투자와 효과시점의 분석은 다음절에 제시하였다.

#### 2.2 철도건널목의 안전투자 사례 분석

철도건널목 사고는 국내는 물론 국제적으로 중점적으로 관리하는 사항으로 철도안전법 시행이전부터 국가 철도안전 목표에 포함되어 각종 통계와 예산이 관리되어 왔다. 따라서 비교적 장기간의 예산과 사고 자료가 축적되어 있다. 다만 2004년 고속철도 개통시 일반철도 운행이 대폭 감소되고, 철도시설 개량시 많은 건널목이 없어져서 2004년 이후 큰 통계의 변화가 있

Table 2. Comparison of safety budget and level crossing(LC) accidents

Year	Number of LC Accidents	LC Accident Fatalities	Number of LC	Budget on LC (mil. won)
2003	61	9	1657	8,100
2004	39	6	1577	9,540
2005	37	7	1537	4,300
2006	26	3	1510	43,015
2007	24	4	1455	52,605
2008	24	4	1369	52,699
2009	20	4	1313	52,795
2010	17	4	1262	15,000
2011	14	5	1219	17,922
2012	10	4	1149	16,742
2013	13	3	1075	15,772
2014	7	0	1058	21,889
2015	12	5	1054	18,440

었다. 이를 고려하여 2003년부터의 통계를 Table 2에 제시하였다. 고속철도 운행전인 2003년과 이후의 2004년부터 2015년까지의 철도건널목사고 발생건수, 사망자수, 국내의 전체 철도건널목수, 건널목 사고예방을 위한 예산을 백만원 단위로 제시하였다. 건널목 사고예방을 위한 예산은 주로 철도건널목 입체화 예산과, 건널목 안전설비 개량 예산으로 구성된다.

철도건널목 입체화의 경우에는 예산이 본격적으로 투입된 2006년 이후 6년이 지난 2012년부터 사고건수와 사망자수가 크게 감소하였다. 철도건널목 입체화(사고발생 위험이 높은 건널목을 대상으로 우선순위를 정하여 입체화)와 건널목 안전설비를 보완의 경우 안전대책 추진이후 지속적인 효과가 발생하는 대책으로 철도건널목 사고와 사망자가 지속적으로 감소하는 추세로 연결된다. 예산투자가 집중된 2006년~2009년의효과는 2012년~2014년에 나타나며, 시차는 5~6년이 소요되었다. 이는 입체화 공사기간을 제외하여도 2~3년의 추가적인 시차가 있었다. 건널목 입체화가 사고 위험성이 높고, 도로차량의 운행량이 많은 곳을 중심으로 시행되어도 매년 사고가 발생하지는 않기 때문에안전개선에 대한 효과가 지연되어 나타나지만, 그 효과는 장시간에 걸쳐서 유지된다.

안전대책을 수행하지 않은 경우는 해외에서는 년간 2~3% 수준의 건널목사고 감소율<sup>10)</sup>을 보이며, 선진국의 경우 정체되어 있는 상태이다. 따라서 안전투자를 수행하지 않을 경우 도로교통운전자의 의식수준 개선, 도로교통 사고 감소 등의 효과로 5년간 10~15% 수준의 사고 감소율이 예상되며, 국내의 경우 70% 이상의

사고가 감소되어 안전투자의 효과로 보다 높은 사고 감소율을 확인할 수 있다.

#### 2.3 승강장 스크린도어의 안전투자 사례 분석

과거에는 승강장 안전대책으로 열차비상정지 장치, 안전펜스 설치를 통해 도시철도 1개 역사당 3천만원수준의 비교적 적은 예산이 투입되었다. 그러나 승강장 스크린도어(Platform Screen Door, PSD)의 경우 설치비용이 급격히 증가하여 역사별 20억에서 환승역의 경우 50억 이상이 투입되는 경우도 많다. 스크린도어가본격적으로 설치되기 시작된 최근 10년간의 스크린도어 설치예산과 스크린도어 설치 역사수, 전체 도시철도 역사중 스크린도어 설치 역사의 비율, 도시철도의연간운행거리, 도시철도 승강장에서 발생한 사망자수를 Table 3에 제시하였다. 전체 도시철도 역사중 스크린도어 설치 역사 비중을 함께 제시하여 참고하도록하였다.

2007년부터 본격적으로 시작된 도시철도 승강장 스크린도어 설치의 효과는 2011년 이후에 지속되고 있어, 안전투자와 효과발생의 시차는 4년으로 분석되었다. Fig. 2에서 설명한 바와 같이 10년 전체기간 동안은 철도사고 전체 사망자의 50% 수준이 자살로 인한 사망자이며, 국가 전체적으로는 자살자가 증가하는 추세이다. 그러나 철도사고 사망자중 50%를 차지하던 자살자는 스크린도어 설치의 영향으로 급격히 감소하였다. 이러한 효과가 입증되어 정부에서는 향후 3년내에 전체 도시철도 역사에 대한 승강장 스크린도어 설치 확대를 계획하고 있다. 현재까지 승강장 스크린도어가설치되지 않은 대부분의 역사는 한국철도공사에서 운

Table 3, Comparison of safety budget and urban train accident fatalities at station

Year	PSD install budget (mil. won)	No. of PSD install station	PSD installation ratio	Train km (mil. km)	Urban train accident fatalities	Change %.
2006	45,745	45	8%	90.26	92	-
2007	126,349	102	16%	91.22	98	+7%
2008	122,085	156	25%	93.17	74	-20%
2009	236,689	371	53%	97.19	77	-16%
2010	128,025	419	59%	100.90	62	-32%
2011	73,370	457	60%	107.91	43	-53%
2012	46,424	519	64%	111.97	56	-39%
2013	65,632	534	65%	117.13	31	-66%
2014	74,866	592	70%	118.31	25	-73%
2015	272,171	636	73%	121.65	26	-724%

영하는 역사이며, 2016년 국내에서 발생한 승강장 사망자 대부분은 스크린도어가 발생하지 않은 역사에서 발생하였다. 스크린도어가 설치되지 않은 역사에서의 사고감소율은 년간 3% 수준이며, 안전대책이 반영되지 않을 경우 5년간 15% 수준의 사고감소율이 예상되나, 안전 투자로 인해 실제 40% 이상의 감소가 발생하여 안전성이 입증되었다. Table 3에서 변화율은 기준년도인 2006년 대비 사망자 감소율을 의미한다.

#### 2.4 선로변 울타리 설치의 안전투자 사례 분석

도시철도사고 사망자의 경우 대부분이 승강장에서 발생하고 있으나, 일반철도사고의 경우 대부분 일반선 로의 무단횡단중 발생하고 있다. 여객이 역구내에서 선로를 이용하여 무단횡단중 발생한 사고의 경우에도 국제적으로는 선로 무단횡단사고 혹은 기타 사고로 분 류하고 있다. 이외에는 철도건널목 사고에서 일부 사 망자가 발생하고 있다. 선로 무단횡단으로 인한 사망 자 예방을 위한 주요 대책이 선로변 울타리 설치이며, 이에 대한 세부 자료를 Table 4에 제시하였다. Table 4 에는 일반철도 운행노선 연장거리, 선로변 울타리 설 치 구간, 일반철도 운행거리, 선로변 울타리 설치예산, 그리고 일반철도 선로변에서 발생한 사망자수를 제시 하였다. Table 4의 사망자수는 자살자가 제외된 값이 다. 선로무단횡단의 경우 선로변 울타리 설치 이외에 선로주변의 인구밀도, 국민의 소득수준과 연관성이 있 으나, 국가차원에서 관리가 가능한 대책으로는 선로변 울타리설치와 보행자 통행로 추가 설치, 건널목 설치 등이 있다. 이중 최근 10년간 선로변 울타리 설치에 초 점을 두어 안전대책을 추진해왔으며, 이에 대한 투자 와 시차를 본 절에서 분석하였다.

Table 4에는 제시되지 않았으나, 2004년 고속철도 개통을 위해 고속철도가 운행하는 일반철도 주변의 선로 변울타리 예산이 2004년 이전에 크게 증가하였다. 이들 효과는 이미 2006년에 반영된 것으로 가정하였다. 따라서 2006년 이후의 안전투자에 대한 효과에 초점을 두어 분석하였다. 선로변 울타리의 경우 안전예산이 본격적으로 투입된 2007년 이후 실제 사망자 감소 효과는 2013년부터 나타나고 있어 6년의 시차를 두고 발생하였다. 안전대책을 수행하지 않은 경우는 해외에서는 년간 2% 수준의 무단횡단중 사망자 발생 감소율<sup>10)</sup>을 보이며, 선진국의 경우 정체되어 있는 상태이다. 따라서 안전투자를 수행하지 않을 경우 철도건널목사고와 유사하게 6년간 12% 수준의 사고 감소율이 예상되며, 국내의 경우 70% 이상의 사고가 감소되어 안전투자의 효과로 보다 높은 사고 감소율을 확인할 수 있다.

Table 4. Comparison of safety budget and conventional train trespass fatalities(exclude suicide)

Year	Track length (km)	Track fence installation	Train km (mil. km)	Track fence installation budget (mil. won)	Conventio nal train accident fatalities	Change %
2006	3,140	662	68.51	16,004	44	
2000	3,140	002	00.51	10,004	444	
2007	3,158	667	72.98	11,033	32	-27%
2008	3,141	685	72.74	255	29	-34%
2009	3,145	692	69.15	2,059	14	-68%
2010	3,219	713	69.68	2,978	13	-71%
2011	3,185	722	72.60	5,800	17	-61%
2012	3,203	752	73.28	4,791	31	-30%
2013	3,222	771	70.11	9,101	11	-75%
2014	3,269	807	66.68	9,125	5	-89%
2015	3,285	820	68.14	4,856	8	-82%

#### 2.5 철도안전투자와 안전개선 효과의 시차분석

본 절에서 분석한 3가지 철도안전 대책의 경우 철도 사고 사망자의 90% 이상을 차지하는 승강장의 사상사고, 선로변의 사상사고, 철도건널목사고를 대상으로 하고 있다. 반면 1회의 사고로 대형피해를 초래하는 열차의 탈선, 충돌 및 화재와 같은 사고는 본 연구의 단순한 통계분석으로는 접근이 어려워 기존에 수행한 위험도평가 기법이 적용되고 있다<sup>6,14)</sup>. 본 절에서 분석한 3가지의 주요 사고에 대한 예방 대책역시 다양한 접근이 가능하나, 정부나 철도운영자가 주도적으로 수행이가능한 대책 위주로 분석을 수행하였다. 예로서 종사자의 안전교육, 선로주변 거주 인구에 대한 안전홍보등의 경우 안전투자 예산이 매우 낮아 투자에 대한 효과 분석이 어려운 단점이 있다.

본 연구는 이러한 제약이 있으나, 관련된 선행연구가 부족하고 축적된 자료가 10년 정도인 점을 고려하여 철도사고 사망자와 직접 연결되고 안전예산으로 명확히 분류되는 항목의 안전투자와 안전대책의 시차에 대한 분석을 수행하였다. 분석결과 철도건널목 입체화에 대해서는 안전투자이후 안전성이 개선되기까지 5~6년의 시차가 발생하였다. 승강장 스크린도어 설치의경우 안전투자가 본격적으로 투입된 이후 4년이 지난시점에서 승강장의 사고가 크게 감소하였다. 이시기는전체 역사중 승강장 스크린도어 설치율이 60%에 도달한 시점이다. 선로변 안전울타리 설치의 경우 2007년의 안전투자의 효과가 6년이 지난 2013년에 나타나고 있음을 확인하였다.

철도안전 시설은 종류에 따라 설치기간이 1년에서 4년 이상 장시간 지속되는 경우가 대부분이다. 또한 설치가 완료되어도 차량운행과 연계하거나, 최종 승인 을 위해 추가적인 시간이 소요된다. 위의 분석은 예산에 대한 계약시점을 중심으로 분석이 되었다. 이를 고려하면 단순한 시설투자예산과 안전성과의 분석에서는 5년의 시차를 두었으며, 개별적인 안전대책별로는 4~6년의 시차를 두고 안전개선에 대한 효과가 나타남을 알 수 있다. 따라서 철도안전 목표 설정을 위해서는 2~3년 내의 단기 목표 보다는 5년 이상의 중장기목표 설정이 타당하였다. 실제 철도안전선진국으로 분류되며 철도사고율이 가장 낮은 영국의 경우 30년 이상의 사고와 투자정보를 연계하여 안전목표를 수립하고 있다<sup>15</sup>.

#### 3. 결론 및 고찰

2004년 철도안전법 제정이후 지속적으로 누적되는 철도안전에 대한 통계자료, 정책자료, 안전투자예산, 안전설비의 정보를 상호 연계하면, 단순한 사고 통계 분석에서 발전하여 철도안전 투자시점의 선정과 효과 적인 중장기 철도안전 목표 설정이 가능하다.

기존에 수행하던 단순한 추세분석을 통한 안전목표 설정 혹은 이론적인 안전목표 설정에서 발전하여 안전 목표가 제시된 경우 안전목표 달성을 위해 요구되는 시간, 안전예산 투입시기 결정 등이 가능할 것으로 예 상된다. 결과적으로 철도시설안전투자의 경우 투자이 후 4~6년 이후에 안전투자의 효과가 발생하고 있으므 로 안전개선에 대한 목표실적을 장기적으로 설정하여 야 한다.

현재의 철도안전목표가 5년 단위로 수립되고 있으나, 실제 투자에 대한 효과는 5년 이후에 발생하므로, 5년 이내의 목표는 최근 완료된 대책의 효과 등을 중점적으로 고려하고, 현시점에서 투자된 대책의 경우대책이 완료된 이후의 시점에서 안전목표를 반영하는 것이 타당하다. 철도사고율이 높았던 과거에는 투자의시차를 고려하지 않고 목표를 설정하여도 안전목표를 달성 할 수 있었으나, 안전성이 크게 개선된 최근에는 변화된 안전목표 설정이 필요하다.

본 연구에서는 국가차원의 전체적인 접근을 통해 우선순위가 높은 3가지의 사고와 안전대책에 대한 분석을 수행하였으나, 철도운영기관별 혹은 노선별, 안전대책별로 수행하면 보다 신뢰성 있는 자료의 도출이 가능할 것으로 예상된다. 또한 지속적으로 확보중인 철도안전투자 및 철도안전 통계를 상호 연계한 분석을기간을 확정할 경우 보다 높은 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 예상된다. 실제 영국 철도안전표준위원회의경우 30년 이상의 안전정보, 시설정보, 예산 등 다양한

정보를 연계하여 안전정책 수립이 요구된다.

향후 국내의 철도안전 정보가 지속적으로 축적되고, 사고가 아닌 준사고 혹은 장애관련 정보가 충분히 확 보되면 영국의 RSSB와 같이 사고결과가 아닌 사고원 인별 분석과 안전투자의 연계가 가능할 것으로 예상된 다. 즉 안전 대책별 성과목표가 제시되고 있다. 본 연 구에서는 안전대책에 대한 효과를 측정하는 기준인 성 과목표가 없어 일괄적으로 기준대비 안전성이 50% 이 상 개선되는 시점을 기준으로 설정하였다. 향후에는 개별 안전대책에 대한 성과목표가 제시될 예정으로 개 별 대책에 대한 성과목표가 달성되는 시점으로 기준을 정하여 보완이 가능하다.

**감사의 글**: 본 연구는 한국철도기술연구원의 주요 사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

#### References

- S. L. Kwak, "A Study on Setting Up National Railway Safety Plan", Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 14, No. 3, pp. 295-299, 2011.
- C. W. Park, "Development of Accident Scenario Models for the Risk Assessment of Railway Casualty Accidents", Journal of the Korean Society of Safety, Vol.24, No. 3, pp.79-87, 2009.
- K. T. Song, "Quantitative Risk Reduction Model according to SIL allocated by Risk Graph for Railway Platform Door System", Journal of the Korean Society of Safety, Vol.31, No. 5, pp.141-148, 2016.
- Ministry of Government Legislation, "Rail Safety Act", 2016
- 5) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "The 3rd National Railway Safey Plan(2016-2020)", 2016.
- 6) Korea Railroad Research Institute, "Establishment of Risk Analysis and Assessment System for Railway Accidents and Hazards-Final Report", 2012.
- 7) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "The 2nd National Railway Safety Plan(2011-2015)", 2011.
- 8) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "The 1st National Railway Safety Plan(2006-2010)", 2006.
- 9) Korea Transportation Safety Authority, www.railsafety.or.kr
- 10) European Railway Agency, "2014 Railway Safety Performance In The European Union", p. 11, 2014.
- 11) Aviation and Railway Accident Investigation Board, "Accident Investigation Report on Derailment at Kyong Myong Station", 2011.

- Aviation and Railway Accident Investigation Board, "Accident Investigation Report on Collision at Daegue Station", 2013.
- 13) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Rule for Railway Accident Reporting, 2015.
- 14) International Railway Industry, "international Engineering Safety Management: Good Practice Handbook", 2013.
- 15) Rail Safety & Standard Board, U.K., "The Railway Strategic Safety Plan(2009-2014)", 2012.