국제철도 연결에 대비한 철도안전 지표 비교 연구: 고속철도 및 일반철도 중심

곽상록* · 박찬우

한국철도기술연구원 철도안전연구팀 책임연구원

A Study on Railway Safety Index for International Railway Operation: Focus on High Speed and Conventional Train

KWAK, Sang Log* · PARK, Chan Woo

Principal Researcher, Railway Safety R&D Team, Korea Railroad Research Institute, Uiwang 16105, Korea

*Corresponding author: slkwak@krii.re.kr

Abstract

In relation to international railway transport, majority of current international railway safety regulations, standards and safety indicators are based on European Union. As a result, railway operation characteristics of Asian countries including Korea are not reflected. In order to international railway operation in Korea, objective indicators of domestic railway safety and analysis of domestic characteristics are essential. To this end, this study performed a comparison by converting domestic railroad safety indexes according to the railroad safety index guideline of international organizations, and examined ways to reflect domestic railway safety characteristics. Through this, the preliminary review of various railway safety indicators for future international rail connections was suggested, and suggestions were made to reflect the items that need to be supplemented and the characteristics of Korea.

Keywords: accident fatality, railway accident, railway safety, safety index, safety standard

초록

국제 철도운송과 관련하여 현재까지는 유럽연합을 중심으로 안전과 관련된 각종 제도, 표준, 지표가 운영되어왔다. 이로 인해 대한민국을 포함한 아시아 국가의 철도운영 특징이 반영되지 않은 상태이다. 향후 국내 철도의 국제철도 연결을 위해서는 국내 철도안전성에 대한 객관적인 지표와 국내 특성에 대한 분석이 필수적이다. 이를 위해 본 연구에서는 국제기구의 철도안전 지표 산출방식에 따라 국내 철도안전지표를 변환하여 비교하였다. 또한, 국내 철도안전 특성을 반영하려는 방안을 검토하였다. 본 연구를 통해 국제철도 연결시 필요한 주요 철도안전지표에 대한 사전 검토와 국내 지표의 보완 사항과 국내 특성을 국제철도안전 지표에 반영하려는 방안을 제시하였다.

주요어: 사고 사망자, 철도사고, 철도안전, 철도안전 지표, 안전표준

J. Korean Soc. Transp.
Vol.38, No.2, pp.112-120, April 2020
<https://doi.org/10.7470/jkst.2020.38.2.112>
pISSN : 1229-1366
eISSN : 2234-4217

ARTICLE HISTORY

Received: 2 March 2020

Revised: 23 March 2020

Accepted: 17 April 2020

Copyright ©
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

현재 대한민국의 철도는 물리적으로는 국제철도와 연결되어 있으나, 여객과 화물의 영업노선은 단절된 상태이다. 향후 철도를 이용한 활발한 여객과 화물의 국제운송을 위한 다양한 활동이 계획 중이다(KRRI, 2015). 국가 간 열차 이동이 많은 유럽에서는 국제 철도운송에 필요한 다양한 제도 및 표준이 존재하고 있으며, 이중 가장 많은 제도와 표준이 언급된 분야가 철도안전과 관련된 영역이다(EU, 2016). 2020년 하반기부터 유럽연합에 가입한 모든 국가는 자국 내 철도안전 관련 법령이 폐지되며, 유럽연합 차원의 공통된 철도안전법에 따른 규제로 일원화된다(EU, 2004, 2016). 철도운영 과정에서 발생한 사고의 조사, 사고 예방 대책의 확인, 철도차량 및 시설의 안전기준, 종사자의 자격, 운영자의 철도안전관리 시스템, 철도안전 규제자의 자격 등 다양한 분야에 세부적인 규정과 기준이 마련되어 있다(EU, 2016). 이를 통해 철도사고나 운행 중 발생하는 각종 분쟁을 최소화하기 위한 국가 간 협약이 국가별로 체결되어 있다. 예로서 철도사고와 같은 비상 상황에서 의료, 경찰, 보안, 사고조사, 사고복구와 관련된 인력과 장비의 신속한 국경 통과와 안전한 활동의 보장이 필요하다. 피해 규모가 큰 사고는 원인규명과 피해보상 범위 등을 사전에 명확히 설정해야 한다. 국제철도 운송에 필요한 다양한 제도, 규정 및 안전기준은 유럽국가를 중심으로 많은 연구가 되어 지속해서 개정 중이나 국내나 아시아 국가에서는 연구되지 않았다(MOLIT 2004; KRRI, 2014). 아시아 국가 간에는 상호 운송협약 체결을 통해 개별 국가의 특징을 고려한 운송협약이 유지되고 있다(KRRI, 2015). 유럽 중심의 제도와 기준으로 운영되어 국내를 포함한 러시아, 중국, 일본과 같은 아시아 국가의 철도운영 특징에 대한 반영은 2011년도에 추진되었으나 주요 국가들이 참여하지 않아 반영되지 않았다(UIC, 2011). 국가 간 철도 운송을 위해서는 관련된 제도와 국가 간 협약 이외에 상대국가의 철도 안전에 대한 신뢰가 필수적이며, 이를 위해서는 국내 철도 안전성에 대한 객관적인 분석이 필요하다. 국가 간 화물운송 과정에서 인접국가의 열차가 국내를 운행 중 위험물이 누출될 경우 환경 피해와 인적 피해가 유발 될 수 있으며, 여객열차 운송 중 열차의 탈선·충돌·화재 등의 사고가 발생할 경우 대형 인명 피해가 발생할 수 있다. 국가 간 이동 중 발생한 사고는 복잡한 처리절차가 요구된다. 국내의 철도안전성에 대해 주변 국가들의 신뢰가 없다면, 최악의 경우 국내 법령이 무시되고 국제법령과 기준에 따른 협약 체결을 강요받아 불평등한 협약이 체결될 수 있다. 이 경우 국내에서 시행 중인 철도차량 분야의 각종 안전대책, 승강장의 안전대책, 여객보호 대책, 종사자의 근로조건 및 교통약자 관련 대책의 대부분은 무시될 수 있다. 추가로 국내의 기준이 아닌 국외의 기준에 따라 불필요한 안전투자로 인해 운영기관의 부담이 증가할 수 있다. 개별 국가의 철도 안전성을 나타내는 지표 역시 유럽에 있는 두 곳의 국제기구를 중심으로 개발되어 운영 중이다. 반면 국내를 비롯한 아시아 국가들은 기존부터 사용하던 자국 고유의 지표를 사용 중이다.

국내에는 국제운송이 없어 관련 분야에 대한 전문 인력 간 교류가 없었다. 따라서 본 연구 결과의 검증에 위해 연구진이 직접 국제 철도기구를 방문하여 담당자와의 10여 차례의 면담, 세미나 개최, 보고서 교류 및 통계 기준에 대한 토의를 수행하여 검증하였다. 국내의 사고통계는 정부에서 관리하는 철도안전 통계 데이터 원본을 사용하였다. 본 연구진의 결과인 대한민국과 유럽연합 국가 간의 안전성 비교 결과는 유럽철도국의 연차보고(EU, 2016)서 및 국제 철도연맹의 안전통계 보고서(UIC, 2019)에 수록되어 상호 검증하였다. 최근 아시아 국가의 철도 노선이 급격히 증가하는 추세로 유럽연합이나 국제기구에서도 유럽연합의 안전지표에 아시아 국가의 철도안전지표 반영을 추진 중에 있다(UIC, 2019).

본 연구에서는 국제 철도연결을 위한 안전지표로 철도안전분야에서 활동하는 두 개의 국제기구인 국제철도연맹(UIC, Union of International Railway의 프랑스 약어)과 유럽철도국(European Railway Agency, ERA)에서 운영 중인 안전지표를 각각 분석하여 국내 통계를 국제기준에 따라 변화하여 비교하였다. 이를 통해 국제 철도안전지표 산출 기준에 따라 국내의 사고통계를 가공하여 안전수준을 비교하였으며, 해당 지표의 국내 운영 가능 여부를 검토하였다. 이후 국내와 일부 아시아 국가의 철도운영 특성을 고려하여 새로운 지표 운영방안을 검토하였다. 국내와 마찬가지로 유럽연합 가입국도 철도사고 조사 및 보고와 관련된 법령이 존재하며, 이에 따라 검증된 자료를 활용하고 있다. 다만, 도시철도의 경우 국경을 이동하는 경우가 없어 일반철도(화물열차 포함)와 고속철도로 국한하여 분석하였다.

본론

국가 간 철도운송이 활발한 유럽을 중심으로 철도안전지표가 운영 중이며, 이러한 지표는 2004년 제정된 유럽 철도안전법에 따라 수집 중에 있다. 2006년도 이후 발생한 사고부터 철도를 운영하는 26개국의 철도안전통계를 수집하고 있다(EU, 2004)(MOLIT, 2015). 이 지표는 400여 개며, 유럽연합 개별 국가의 검증을 거친 이후 유럽철도국의 추가적인 검증을 거쳐 유럽연합 차원에서 공표 중에 있어 신뢰성이 높다. 다음으로는 국제철도연맹(UIC, 2019)에서 수집하는 지표가 있으며, 최근에 유럽철도국의 안전지표와 유사한 구조로 변경되었다. 국제철도연맹의 안전지표에는 사고 원인 지표가 추가되어 있으며, 유럽 이외의 러시아, 대한민국, 호주, 일본, 미국, 캐나다, 아프리카 등의 사고 지표가 포함되어 공표된다. 다만, 국제철도연맹의 안전지표는 국가별 통계가 아닌 철도운영자별 통계 중심으로 구성되어 있다. 즉 1개 국가에 다수의 철도운영자가 있는 경우 철도운영자별 안전지표가 수록되어 있다. 유럽철도국과 국제철도연맹의 철도안전 지표는 국제적인 비교를 위해 운영되는 지표의 특징상 작은 사고는 포함하지 않고 순수하게 열차운행과 관련된 사고 중 다음의 기준 중 최소 1개 이상의 조건을 만족해야 지표 항목으로 포함된다.

- 1) 중상자 이상이 발생한 사고(사망자 발생 사고 포함)
- 2) 6시간 이상의 본선지장이 발생한 사고(대규모 운행중단 포함)
- 3) 15만 유로 이상의 직접적인 물적피해가 발생한 사고
- 4) 위험물 누출 등 환경피해가 발생한 사고

국가 간 철도운영의 안전성 비교를 목표로 운영되는 특징으로 인해 개별 국가에서 운영 중인 안전지표 보다 축소된 지표로 운영된다. 예로서 사망자가 열차운행과 관련 없이 발생한 철도차량의 정비, 선로의 건설, 역사의 유지보수 과정에서 발생한 사고 등은 국제 비교시 제외된다. 국내의 철도사고보고 관련 규정에 따라 등록된 통계 중 약 10%에 해당하는 사고가 국제기준을 충족하고 있다(KOTSA, 2019; Kwak, 2012). 대표적으로 도시철도 운행과 관련된 사고, 단순한 경상자만 발생한 사고는 모두 제외된다. 이러한 국제기준(ERA, 2015)에 따라 국내 통계(MOLIT, 2019)를 가공하여, 국제기구 담당자의 검증을 통해 도출된 결과를 Figures 1, 2에 수록하였다(ERA, 2019). Figure 1은 열차운행 1억km당 주요사고 발생건수에 대한 비교로 2018년 발생사고와 2014-2018년 사이 5년 평균값을 수록하였다. Figure 1에는 유럽연합 26개 국가 중 철도운영 선진국으로 분류되어 안전성이 우수한 주요 국가들만 수록하였으며, 국내는 선진국과 동일한 수준으로 분류되고 있다. Figure 2는 열차운행 1억km당 사망자수이며, 사망자 발생률은 선진국보다 높은 수준이다. 관련된 주요 지표를 Table 1에 수록하였으며, 선로 불법침입(tresspass fatality)과 직원의 사망(staff fatality)지표가 선진국 대비 높다.

Figure 1. Number of significant accident per 100 million train km

Figure 2. Number of accident fatality per 100 million train km

Table 1. Accident & fatality rate per 100 million train km (2014-2018)

County	Million train km	Track length (km)	Accident rate				Accident fatality rate				
			Total	Train	L.C.	Person	Total	Passenger	Tresspass	L.C.	Staff
Korea	162	4,223	25.1	3.2	6.0	15.5	14.6	0	9.3	1.3	3.1
U.K.	569	15,878	9.5	1.6	1.4	5.6	5.2	0.2	3.5	1.0	0.1
France	443	30,000	31.1	4.9	8.6	21.3	14.8	0	7.8	5.9	0.4
Germany	1,085	33,535	30.1	4.4	6.0	16.5	13.7	0.1	8.6	3.4	0.8
Sweden	160	9,708	26.6	9.8	7.1	8.5	10.1	0	5.8	3.4	0.5
Netherlands	163	3,075	16.9	3.4	7.1	3.9	8.0	0.1	1.4	5.3	0.3
Spain	200	15,309	23.6	5.8	5.0	10.6	11.8	0.7	5.5	4.3	0.6
Swiss	187	3,820	21.1	4.5	1.4	14.7	7.8	0	5.6	0.6	1.1
Austria	165	5,098	42.2	5.6	17.6	17.7	16.0	0.3	6.8	7.7	1.0

가장 중요한 지표인 열차운행 1억km당 여객사망자 발생률은 전 세계에서 가장 낮다. 다만 국내는 선로불법침입에 의한 사망률이 높아서 전체 철도 사고에 의한 사망률이 평균보다 조금 높게 산출된다. Table 1에서 “train accident rate”는 열차의 탈선, 충돌, 화재로 인한 사고건수, “L.C accident rate”는 철도건널목사고 건수, “Person”은 열차와 사람간 접촉에 의한 사망사고 발생률이다.

1. 국가 간 철도 이동시의 안전성 비교를 위한 기초 지표

철도운행과 관련한 안전지표의 국제비교를 위해서는 국가별 특성을 반영하기 위해 철도운송거리, 여객수, 화물 톤수, 영업거리 등으로 환산한 정규화된 지표가 필요하다. 이를 위해 철도사고와 관련된 지표와 함께 국가 간 비교시 정규화를 위한 기초자료를 함께 비교하고 있다. 기초 지표에는 다음사항이 포함되어있으며, 모두 국내에서 운영 중인 지표이다. Table 1에 제시된 바와 같이 국내는 선로연장이 비교 대상국대비 낮으나 열차의 이용율이 높아 열차운행 거리는 높다.

- 열차운행거리(여객, 화물, 전체)
- 여객인km (여객수와 이동거리를 동시에 고려)
- 화물톤km (화물운송 톤수와 이동거리)
- 선로연장(영업거리)
- 선로길이(단선, 복선, 복복선등을 고려한 길이)

2. 사고 건수에 기반한 철도안전지표

년간 발생한 사고건수를 철도사고의 유형별로 분류한 지표이며, 국가 간 안전성 비교시 2.1절에서 제시한 열차운행거리로 환산하여 고시하고 있다. 본 지표는 모두 국내에서도 운영 중인 지표들이다.

- 열차 사고 건수(열차의 탈선, 충돌, 화재, 위험물 누출, 폭발사고 등)
- 철도건널목(Level Crossing, L.C.) 사고(Table 1에 L.C로 표기)
- 중상자 이상이 발생한 사상사고 발생건수(불법침입, 종사자, 여객 사상사고 등)
- 자살관련 사고 건수 등

3. 사고 피해에 기반한 철도안전지표

년간 발생한 사고의 사고피해를 사고의 유형별로 분류한 지표이며, 국가 간 안전성 비교시 1.1절에서 제시한 열차운행거리로 환산하여 고시하고 있다. 아래의 지표 역시 국내에서 운영 중이나, 중상자에 대한 정의가 상이하여 현재 개선하고 있다. 선로침입에 의한 사상자 지표, 직원의 사상자 지표를 제외하면 국내의 사고율은 선진국 대비 낮은 수준으로 국제 비교시 유리하다.

- 열차 사고로 인한 사망자 및 중상자수
- 철도건널목 사고로 인한 사망자 및 중상자수
- 선로침입 사고로 인한 사망자 및 중상자수
- 사망자의 구분에 따른 지표(여객, 직원, 철도건널목 이용자, 공중, 기타, 자살)
- 중상자의 구분에 따른 지표(여객, 직원, 철도건널목 이용자, 공중, 기타, 자살)

4. 철도안전관리 활동 및 사고예방 관련 지표

본 지표는 국내에서 아직 관리가 되지 않는 지표 4종이 포함되어있다. 국내는 사고와 관련된 지표를 산정하고 있으나, 국제 지표에서는 사고를 예방하기 위한 지표, 안전관리 지표, 준사고 지표를 운영하고 있다. 정부 차원에서 이를 개선하기 위한 입법활동이 현재 추진 중이다. 국내는 ATP 선로비중, 철도건널목 안전설비 비중이 높아 국제 비교시 유리하게 작용할 수 있다.

- 철도 안전점검 및 개선활동 지표
- ATP가 설치된 선로의 비중(해당 구간 운행열차 비중 포함)
- 철도건널목수 및 안전설비(차단기)가 설치된 건널목 비중
- 선로의 파손 건수
- 운행 중 철도차량의 차축 및 차륜 파손 건수
- 운행 중 철도신호기 고장 및 오작동 건수
- 기관사의 신호 위반 건수(일반선로, 분기기)

5. 철도안전 투자 및 의사결정 관련 지표

본 지표는 향후 국내 적용시 가장 어려움이 예상되는 지표로 다음의 4가지 지표가 있으나, 실제 운영을 위해서는 추가적으로 세부적인 산출방식이 필요하다. 현재 국내에서는 운영되지 않으나, 국제기준을 적용하여 산출된 국내 수치를 포함하여 Table 2에 수록하였다. 또한, 이들 지표는 국가의 경제규모, 국민소득, 국가의 안전산업에 대한 투자

의지와 밀접하게 연계된다. 아래의 지표에 대해서는 도로교통, 철도교통 등 분야별로 개별적인 연구가 진행되었으나, 국가차원에서 연구되지는 않았다. 이로 인해 본 분야의 지표에 대해서는 현시점부터 집중적인 연구와 사전 대응이 필요하다.

- 철도사고 사망자 및 중상자 예방에 대한 지불의사비용(Value for Preventing a Casualty, VPC)
- 철도사고 피해비용
- 여객열차 지연에 대한 시간당 손실 비용
- 화물지연에 대한 시간당 손실 비용

낮은 사고율이 유지되어온 유럽의 안전투자에 관련 법령과 의사결정 구조는 국내와 큰 차이가 있으며, 일반적으로 철도안전 투자로 얻어지는 사망자 감소 효과는 매우 적게 예측된다. 단순히 통계에 기반하여 투자를 수행할 경우 사고율이 낮아 의미 있는 결과 도출이 어렵다. 이와 같이 사고율이 낮은 철도산업의 안전투자에 대한 의사결정 기준이 필요하여, 철도산업에 특화된 지불의사비용(VPC)이 영국에서 처음 제안되었으며, 이를 유럽에서 사용 중이다(RSSB, 2006). 국가 차원에서 안전투자의 기준이 되는 사고예방을 위한 지불의사 비용(VPC)을 산업별로 고시하고 있다. 즉, 사고 예방으로 얻어지는 이익과 이를 위해 소요되는 투자비용을 수치로 환산하는 기준을 국가에서 정하여 경영이 불가능할 정도의 과도한 안전투자에 대한 요구가 있을 경우 합리적인 의사결정이 가능하도록 규정하고 있다. 이를 통해 과도한 안전투자로 인한 문제를 해소하고 있다. 그러나 유럽연합 모든 국가들이 사고예방을 위한 기준비용을 고시하지 않아 유럽연합 차원에서 GDP를 기준으로 간단히 환산이 가능한 수치를 제공하고 있다. 이들 수치를 Table 2에 수록하였다. Table 2에서 GDP는 IMF에서 공시한 2018년도 값을 사용하였으며, 국가별 사망자 지불의사비용(Fatality VPC), 중상자 예방 지불의사비용(Injury VPC), 여객열차(Passenger Train)의 지연손실 비용, 화물열차(Freight Train) 지연손실 비용은 유럽철도국에 등록된 자료이다. 다만, 국내는 관련 자료가 없어 유럽철도국의 산출기준에 따라 계산된 값이나, 법적인 효력은 없는 수치이다. 예로서 사망자 예방에 대한 지불의사비용에 대한 국내 추정값은 €1,813,000유로로 원화 환산시 인당 23억 수준이다. 이는 사고 예방을 위한 안전투자의 기준으로 특정한 안전대책으로 사망자 1인을 예방할 수 있고, 해당 안전대책이 23억 이하라면, 의무적으로 안전투자를 해야 한다.

Table 2. VPC and economic value based on GDP

County	GDP 1,000\$	VPC (1,000€)		Cost of delay/hr (1,000€)	
		Fatality	Injury	Passenger train	Freight train
Korea*	33.35	1,813	245.7	29.12	1.43
U.K.	42.98	2,253	291.8	36.02	1.74
France	41.28	2,270	317.0	38.89	1.91
Germany	44.61	2,617	361.4	43.89	2.16
Sweden	53.76	2,871	419.5	46.52	2.23
Netherland	52.87	2,778	368.9	43.65	2.15
Spain	30.52	1,648	203.2	32.68	1.71
Swiss	82.50	4,478	615.5	47.66	2.35
Austria	51.51	2,817	384.6	45.46	2.21

6. 현재 국내의 철도안전 지표 현황

국내에는 철도사고 통계를 위한 안전정보시스템이 운영 중이며, 이를 활용하여 다양한 분석이 가능하다. 다만, 국제기준에 부합하는 규모의 사고 건수가 많지 않아 필요에 따라서 사고 형태, 원인, 결과별로 분석이 가능하도록 정보시스템을 운영 중이다. 국내에서 관리하는 통계는 국제 통계보다 광범위한 분석이 가능하도록 보다 많은 항목을 관리 중이다. 국내에서 운영 중인 주요 지표는 다음과 같다.

- 기초 통계: 철도 운영기관별 운행거리, 차종별(고속, 일반, 화물, 여객, 도시철도 구분) 운행거리, 선로연장, 역사, 건널목 현황, 노후시설 현황, 노후차량 현황, 차종별 보유현황, 역사내 안전설비 등
- 철도종류별 사고건수(열차의 탈선, 충돌, 화재, 위험물사고 등): 여객열차, 화물열차, 철도차량의 종류별 사고 원인별 발생 건수 등
- 철도건널목 사고 건수: 철도건널목의 종류, 사상자수, 사고원인, 건널목 형태 등
- 철도사고 사망자수, 중상자수: 여객, 종사자, 건널목 이용자, 선로 불법침입자, 일반 공중, 기타
- 자살관련 사고 건수 및 사상자수: 자살사고 발생 지점, 사고건수, 사고피해, 관련 열차 등
- 철도사고 피해 비용(다수의 사고에 대해 피해 비용 미집계): 사고 피해 비용 산정에 논란의 소지가 많고, 피해를 유발한 가해자에게 구상권을 청구하는 경우 피해 비용을 반영하지 않아 국제기준과 큰 차이가 있음
- 열차 이용과 무관한 철도사고(승강장, 대합실, 계단, E/S, E/V 이용 중의 안전사고 등): 사고건수, 사상자수 등
- 열차 운행지연(고속열차 10분, 일반열차 20분, 화물열차 40분 이상): 열차 종류별 지연시간, 지연 열차 등

7. 국내의 철도운영 특징 반영 방안

국내에는 세계에서 인구밀도가 3위인 국가로 국토면적 대비 대도시가 많아 유럽과 비교 시 2배 이상의 철도 여객 탑승률과 열차운행 밀도를 보유하고 있는 국가이다. 이를 포함한 국내의 운영 특징 7가지를 다음에 수록하였다 (Kwak, 2017)(Lee and Yoon, 2017)(MOLIT, 2019).

- ① 철도사고건수의 60% 이상을 차지하는 선로 불법침입 사고율이 높아 전체적인 사고율이 높게 평가된다.
- ② 철도건널목 안전설비 설치율은 세계 최고 수준이나, 도로교통 운전자의 위반에 따른 철도 건널목 사고 비중이 95%로 선진국 대비 높다.
- ③ 고령자가 지속적으로 증가하여 선로침입(치매 환자), 철도건널목 사고 위험성이 지속적으로 증가하고 있다.
- ④ 선로 길이대비 이용객수가 가장 높으며, 철로가 대도시와 도심 구간을 통과하고 있는 구간의 비중이 높다
- ⑤ 아시아 국가의 특징으로 국내의 여객열차 비중이 80% 이상으로 유럽의 평균값인 60% 보다 높다.
- ⑥ 높은 열차운행 밀도와 여객밀도로 인해 대형철도사고 발생시 피해자가 증가하며, 열차의 대규모 운행지연시 사회적인 파장이 확대되어 사고와 운행중단에 따른 피해 비용이 매우 높게 설정된다.
- ⑦ 국내는 주요 철도노선에 대한 우회선로가 없고 산악지형이 많아 버스 등 대체 교통수단 운영에 제약이 많다.

위에 언급된 국내의 특징 중 ①-③번의 특징은 철도사고 기여요인이 철도운영자의 과실이 아닌 일반 국민이나 외부적인 요인에 의해 발생하는 사항이다. 이를 국제 지표에 반영하는 방안은 사고원인 지표를 추가하여 철도운영자 혹은 정부의 과실에 의한 사고 비중을 반영하는 방안이다. 이러한 논의는 현재 국제철도연맹을 중심으로 아시아 국가의 특징을 반영하기 위한 프로그램을 통해 추진이 검토 중이다.

위에 언급된 ④-⑥번의 특징은 인구밀도, 열차의 이용률과 관련된 지표로 아시아 국가의 공통적인 사항이다. 이들 지표는 열차의 운행거리 혹은 여객 인km로 환산시 아시아 국가에 유리하게 작용되는 인자로 현재 반영된 사항이다.

위에 언급된 ⑦번은 국내 자체적인 요인으로 장기적으로 철도노선 신설과 같은 대규모 투자를 통해 우회선로 운행 등의 방법으로 개선할 수 있다. 단기적으로는 대체 교통수단 연계 등의 방안을 통해 개선이 가능하다. 다만 이를 국제 철도안전 지표에 반영하기에는 어려움이 있다.

8. 국제 철도 연결에 대비한 안전지표 개발 및 운영 방안

위에서 언급된 다양한 지표 중 국내에서 운영되지 않거나 보완이 필요한 지표를 다음에 정리하였다. ①-④번 지표는 국제기준에 따라 국내기준상의 정의와 산출방식 수정이 필요한 부분이다. ⑤-⑧번 지표는 국내 특징을 반영하

기 국내에 적합한 독자적인 모델을 개발하거나, 국제 지표 산정기준을 준용해야 하는 지표이다. ⑨번 지표는 국내 특징으로 국제기준 개정을 추진할 필요성이 높은 지표이다.

- ① 열차운행과 연관성 관련 지표: 열차 운행과 무관한 사고 등은 별도 관리
- ② 사고 사상자의 추적관리: 중상자 발생 이후 30일 이내 사망할 경우 사망자로 전환
- ③ 사고 원인에 대한 사후관리: 사고조사위원회 사고조사 보고서 발간 후 사고 원인의 사후관리
- ④ 사고 예방 관련 8개 지표: 선로 파손, 철도차량 차축·차륜 파손, 철도신호기 고장·오작동, 기관사 신호 위반 건수 (일반선로상에서 위반, 분기기에서 위반, 위험지역에서 위반)
- ⑤ 사고 피해비용: 비용산정 방식, 산정 근거, 피해 범위 등의 정의와 이에 따른 피해비용 집계
- ⑥ 철도사고 사망자 및 중상자 예방에 대한 지불의사비용(Value for Preventing a Casualty, VPC)
- ⑦ 여객열차 지연에 대한 시간당 손실 비용
- ⑧ 화물지연에 대한 시간당 손실 비용
- ⑨ 사상자의 세분화와 명확화: 자살자, 불법침입자, 범죄 피해자 등의 구분에 대한 정의(예로서 치매환자, 어린이, 교통약자, 고령자 등의 산출기준 명확화를 통해 철도운영자의 과실과 외부요인에 대한 구분이 가능하도록 운영)

장기적으로 국내 특성을 반영하여 국제 지표를 개선하기 위해서는 아시아 국가의 특징을 반영하기 위해 철도사고를 유발한 원인 지표를 운영하는 방안의 추가가 필요하다. 이 경우 국내는 물론 일본, 베트남, 러시아, 중앙아시아 국가 등 비유럽 국가에 유리한 지표들이다. 국내의 교통약자 안전대책, 여객보호 대책 등이 반영된 ⑨번 지표의 경우 국내에서 시범적인 운영을 통해 안전성에 미치는 영향을 입증하면 국제 지표 반영이 가능할 것으로 예상된다.

지표의 운영과 관련하여 국내의 관련 법령이 개정 중이다. 다만, 개정된 법령 시행 이전의 지표는 현재 활용이 어려운 실정이다. 철도안전 지표들이 최근 5년간 평균값을 기준으로 제공되는 점을 고려하면 개정된 법령이 시행된 이후 5년이 지나야 관련 지표의 객관적인 비교가 가능하다. 이후 안정적인 운영을 위해 현시점부터 지표 운영을 준비해야 한다.

결론

현재 주요 국제기구의 철도안전 통계 및 지표는 유럽중심의 철도안전 지표로 국내나 아시아 국가철도의 특징이 반영되어 있지 않다. 또한, 아시아개발은행(ADB) 등에서 사용하는 통계 역시 아시아에서 절대적으로 높은 비중을 차지하는 인도와 중국의 지표로 인해 대한민국, 일본의 지표는 상대적으로 비중이 작게 보고되고 있다.

본 연구를 통해서 국내 철도의 국제철도 연결에 대비한 안전지표를 미리 비교 분석하였으며, 분석 결과 보완이 필요한 사항과 추가되어야 할 사항을 본 연구에서 제시하였다. 사고 발생률이 낮은 철도안전지표 특성상 안전성의 국제 비교시 최근 5년간의 통계를 활용하는 점을 고려하면, 현시점부터 국제 철도연결에 대비한 안전지표의 개발과 운영이 필요하다. 이를 토대로 국제철도 연결을 위한 국가 간 협약 시 국내의 높은 철도안전성이 입증된다면, 국가 간 철도 상호 운영을 위한 협약 체결 시 우위를 점할 수 있을 것으로 판단된다.

Funding

This research was supported by a grant from R&D Program of the Korea Railroad Research Institute, Republic of Korea.

ORCID

KWAK, Sang Log <http://orcid.org/0000-0001-5032-9793>

PARK, Chan Woo <http://orcid.org/0000-0001-7947-496X>

References

- ERA (2015), European Railway Agency, Implementation Guidance for CSIs, ERA-GUI-02-2015.
- ERA (2019), European Union Agency for Railway (2019), 2019 Railway Safety Performance In The European Union.
- EU (2004), Directive 2004/49/EC, Official Journal of the European Union, Railway Safety Directive.
- EU (2016), Directive(EU) 2016/798, Official Journal of the European Union, Railway Safety Directive.
- Korea Railroad Research Institute (2015), Final Report on Freight Transportation System and Transshipment Optimization Technology for Inter-Korean and Continental Railway Connection (남북 및 대륙철도 연계를 위한 화물운송시스템 및 환적최적화 기반기술 연구 최종보고서).
- KOTSA (2019), Korea Transportation Authority : 2019 Railway Accident Analysis Report.
- KRRI (2014), TSI(Technical Specifications for Interoperability)-Rolling Stock Technical Standards, Final Report.
- KWAK S L. (2012), A Comparative Study on Railway Accident Safety Statistics among Nations and Other Transportation Modes, J. Korean Society for Railway 15(2), 193-198.
- KWAK S L. (2017), A Study on Safety Investment Moment for Safety Target, J. Korean Society of Safety 32(5), 122-128.
- Lee J. S., Yoon Y. J. (2017), A Study on the Outliers Detection in the Number of Railway Passengers for the Gyeongbu Line From Seoul to Major Cities Using a Time Series Outlier Detection Technique, J. Korean Soc. Transp., 35(6), Korean Society of Transportation, 469-480.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2004), A study on TSR/TCR(Trans Siberian Railway/Trans Chinese Railway) operation status.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2015), The 3rd National Railway Safety Plan(2016-2020) : Annex 6.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2019), The 3rd National Railway Safety Plan :Modified Plan(2016-2022).
- RSSB (2006), Definition of VPF & the Impact of Societal Concerns, by Oxford Risk Research and Analysis-Rail Safety Standards Board, 30 January 2006.
- UIC (2011), International Railway Union : Asian Safety Database Program.
- UIC (2019), International Railway Union : UIC Safety Report 2019, Significant Accidents 2018.