

도시철도 철도안전사상사고 원인분석 및 예방대응체계구축

김시곤* · 박일하** · 오재경*** · 김연규****

Kim, Si Gon* , Park, Il Ha** , Oh, Jae Kyung*** , Kim, Yeon Kyu****

A Factor Analysis of Urban Railway Casualty Accidents and Establishment of Preventive Response Systems

ABSTRACT

Since the opening of Seoul Subway Line #1 in 1974, the number of passengers has been increasing. The possibility for passenger's accidents in railway stations has also increased. In order to decrease these kind of accidents, railway operation systems have been automated. Nevertheless, the possibility of a casualty accident in railway stations remains. This study analyzed the type of casualty accidents, casualty accidents by age, sex, pedestrian facility, and passenger type based on the internal data of Seoul Metro. The causes of casualty accidents are also found out. Finally, the establishment of railway safety education program and railway safety experience center are suggested in order to prevent the urban railway casualty accident in advance at railway stations.

Key words : Urban rail, Railway casualty accident, Railway safety education programs, Railway safety experience center

초록

도시철도는 1974년 1호선 개통이후 그 이용이 꾸준히 증가하는 추세이다. 이에 따라 도시철도 역사내에서 이용객의 안전사고의 위험이 높아졌다. 이러한 철도안전사상사고를 줄이기 위하여 철도운영시스템이 대부분 자동화되어 있다. 그럼에도 불구하고 여전히 철도안전사상사고의 사고의 가능성은 존재하고 있다. 본 논문에서는 서울메트로의 내부자료를 활용하여 철도안전사상사고의 유형, 연령별사고, 성별사고, 보행자 시설물별사고, 이용객별 사고, 그리고 철도안전사상사고의 사고원인을 분석하였다. 이를 기반으로 철도안전사상사고를 예방할 수 있는 대안으로서 철도안전교육프로그램 구축과 철도안전체험센터 구축방안을 제시하였다.

검색어 : 도시철도, 철도안전사상사고, 철도안전교육프로그램, 철도안전체험센터

1. 서론

1.1 연구의 배경

도시철도는 1974. 8. 15. 서울의 지하철 1호선이 처음 개통된 이후 부산 등 5대 광역시에도 모두 건설되어 운행되고 있다. 도시철도는 주요 대중교통 수단으로서 서울의 경우 매년 수송분담률이 35%에 이르고 있다. 더욱이 녹색교통 패러다임을 위시한 도로 중심의 교통정책에서 철도 중심의 교통정책으로 전환됨에 따라 도시철도의 이용률은 매년 증가하고 있는 추세이다. 그러나 도시철도 이용객

* 정회원 · 서울과학기술대학교 철도전문대학원 교수, 공학박사 (sigonkim@seoultech.ac.kr)

** 정회원 · 교신저자 · 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도건설공학과 박사과정

(Corresponding Author · Ministry of Land, Infrastructure and Transport · pmadam@hanmail.net)

*** 서울과학기술대학교 철도전문대학원 철도경영정책학과 석사과정 (ojklove@nate.com)

**** 정회원 · 한국교통연구원 선임연구위원, 공학박사 (yeonkyu@koti.re.kr)

Received March 11, 2014/ revised March 24, 2014/ accepted April 11, 2014

증가에 따른 이용객 안전 확보 방안은 미흡한 실정이다. 도시철도 이용객 사고 현황은 2010년 철도시설 개선과 안전시설물 확충 등에 기인하여 급감하였으나, 그 이후로는 다소 정체수준을 보이고 있다.

사회기반시설 중 하나인 도시철도 역사의 많은 부분이 자동화되어 있는 시스템임에도 불구하고 역사 시설물과 승객 및 종사원에 기인한 사고가 다수 발생하고 있다. 단순이동을 포함하여 레포츠 문화의 발달로 자전거 탑승 가능 열차의 증가 등 과거에 비해 새로운 사고 발생 가능성이 증가되고 있는 추세이다. 또한 도시철도 안전사고의 유형분류 및 사고원인의 체계적인 관리, 도시철도 사고 원인을 기반으로 이용객 도시철도 안전관리체계 부재로 인하여 승강장 추락사고, 출입문 끼임 사고, 계단 미끄러짐 사고 등 각종 승객 안전사고뿐만 아니라 열차나 선로 시설물의 고장으로 인한 운행 지연사고도 자주 발생하고 있다. 이에 도시철도 이용객 증가에 따른 안전 확보를 위하여 사고원인 분석 및 사고감소를 위한 대책 모색이 필요한 실정이다. 본 논문의 목적은 도시철도 사상사고 특성 및 원인을 조사, 분석하고 이에 기반 한 도시철도 사상사고 감소를 위한 예방대응체계를 제시하고자 함에 있다.

2. 선행연구 검토

철도사고와 관련한 선행연구는 철도사고 원인 및 특성 분석, 비상대응 체계 구축, 철도사고 유형분류 및 표준화 방안 등 많은 부분에서 연구가 진행되었다. 그러나 도시철도 역사 내 사상사고 관련 선행연구는 역사 시설물 안전사고 현황 조사 중심의 연구가 주를 이루고 있으며, 사고원인에 따른 체계적인 사고유형에 대한 분류 연구는 아직까지 미흡한 실정이다. 이에 따라 선행연구 동향을 유사 분야인 철도사고 특성 및 원인분석, 철도사고 비상대응체계 관점에서 검토하였다.

먼저, MLTMA (2008)은 철도의 비상사태 유형별 시나리오 작성 및 비상대응 표준운영절차 개발, 고속철도/일반철도의 비상사태 유형별 시나리오 작성 및 비상대응 표준운영절차를 주요 내용으로 다루었다. 비상대응 표준운영절차 수립 및 철도종사자 및 관련자를 위한 교육 프로그램을 개발하여 제시하였다. Korea Consumer Agency (2010)는 도시철도 관련 승객 안전사고, 도시철도 사고사례 등을 조사하고 서울과 수도권 도시철도 26개 정거장을 임의 선정하여 사고사례 관련 시설물을 중심으로 조사를 수행, 이를 분석하였다. 도시철도 이용자들의 안전사고 예방을 위하여 안전 취약성 보완방안을 제시하였다. MLTMA (2011)는 철도사고 위험 표준분류 모델 개발 및 시스템 위험도 평가기술 개발, 철도시스템 안전성 검증 및 인증모델 개발을 주요내용으로 다루었다. 철도 안전관리와 기술기반을 선진국 수준으로 제고하

고, 급증하는 기술적·사회적 안전 위협요소에 적극적으로 대응하기 위하여 철도 시스템 위험 분석 및 위험도 평가를 핵심 기반으로 하는 국가적인 철도안전관리시스템의 구축방안을 제시하였다. Lim and Kim (2006)은 국·내외 철도사고유형을 비교, 분석하여 시사점을 도출하였다. 철도사고 유형을 재분류·표준화하여 철도사고 유형이 철도안전관리 체계에서 연결고리 역할을 할 수 있도록 철도사고유형을 표준화코드화 처리하는 방안을 제시하였다. MLIT (2013a)는 철도안전정보종합관리시스템에 입력되는 고속, 일반, 도시철도 철도사고정보를 최근 5년간 데이터를 기반으로 2008~2013년도 우리나라 철도사고 및 철도사고원인의 동향을 분기별로 제시 하였다. MLIT (2013b)는 영국의 RSSB (철도안전 표준위원회) ASPR (Annual Safety Performance Report: 연간 안전성능보고서)을 참고하고 국내 철도사고 내용을 철도사고통계와 위험도 분석으로 분류하여 철도관련 분야 종사자에게 안전지식과 철도사고원인분석 정보를 제공하였다.

3. 도시철도 철도안전사상사고 특성 및 원인 분석

도시철도 철도안전사상사고의 특성 및 원인 분석을 위하여 서울메트로의 내부 자료를 활용하여 철도안전사상사고의 유형분석, 연령별 사고현황, 성별 사고현황, 시설물별 사고현황, 이용계층별 사고 현황, 그리고 철도안전사상사고의 원인을 분석하였다. 분석자료 및 기간, 데이터의 범위는 다음 Table 1과 같다.

3.1 사고유형분석

2013년 1월부터 2013년 12월까지 총 12개월 동안 도시철도 관련 철도안전사상사고는 1,059건이었다. 이를 분석한 결과 넘어짐

Table 1. Data Resources of Urban Railway Casualty Accidents

Category	Contents
Data Resources	Internal Report of Seoul Metro
Period of Data	A Total of 12 Months from January 2013 to December 2013

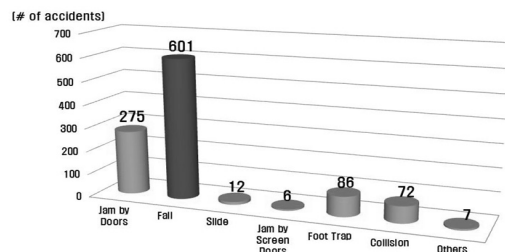


Fig. 1. Type of Urban Railway Casualty Accidents

사고가 601건으로 가장 높게 나타났으며, 출입문 끼임 275건, 열차와 승강장 연단 사이로 발빠짐 86건, 접촉충돌 72건 순으로 나타났다. 또한 넘어짐 사고가 전체사고의 57%를 차지하고 있을 정도로 다른 사고에 비하여 빈번하게 발생하는 것을 알 수 있었다. 이 외에 천장 시설물 탈락에 의한 부상, 시설물 기능장애로 인한 부상 등이 있는 것으로 분석 되었다.

3.2 연령별 사고발생 건수

연령별 사고발생 건수 분석결과 10세 미만에서 90대에 이르기까지 다양한 연령대에서 철도안전사상사고가 발생하는 것으로 나타났다. 70대가 207건으로 가장 높게 나타났으며, 60대 201건, 50대 192건, 40대 91건순으로 나타났다. 또한 50~70대 사고건수가 전체 건수의 57%를 차지하고 있을 정도로 50~70대 연령대가 다른 연령대에 비하여 상대적으로 도시철도 철도안전사상사고에 취약한 것으로 분석 되었다.

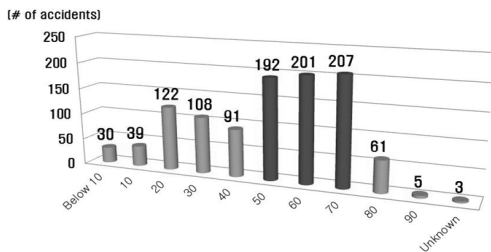


Fig. 2. The Number of Casualty Accidents by Age

3.3 성별 사고발생 건수

성별 사고발생 건수 분석결과 남자 47%, 여자 53%로 여자가 약 6%정도 높은 것으로 나타났다. 사실상 철도안전사상사고 발생은 성별과는 상관관계가 없는 것으로 판단된다.

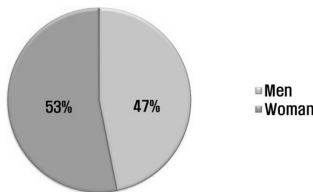


Fig. 3. The Ratio of Casualty Accidents by Sex

3.4 보행자 시설물별 사고건수

보행시설물별 철도안전사상사고 분석하였다. 보행시설물은 계단, 게이트, 스크린도어, 열차 출입문, E/S, E/V 등 다양한 시설물이 있었다. 사고 장소로는 대합실, 승강장, 통로가 있는 것으로 분석되었다. 시설물별 사고발생 건수는 열차 출입문이 304건으로 가장

높게 나타났다. 다음으로는 계단 272건, E/S 230건, 기타 41건, E/V 11건 순으로 나타났다. 기타는 열차내부, 문턱, 각종 분전기, 통신함 등을 포함한다. 장소별 사고발생 건수는 승강장이 130건으로 가장 높게 나타났으며 대합실 33건, 통로 7건으로 나타났다.

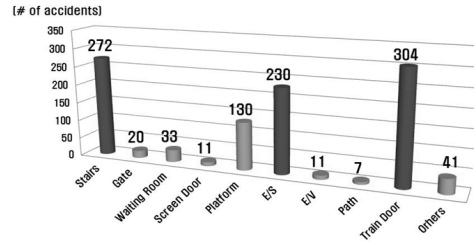


Fig. 4. The Number of Casualty Accidents by Pedestrian Facility

3.5 이용 계층별 사고발생 건수

이용 계층별 사고발생 건수 분석결과 건수는 일반인이 1,012건으로 가장 높게 나타났다. 다음으로는 유아 25건, 장애인 18건, 임산부 4건 순으로 나타났다. 대부분의 사고는 일반인 계층에서 발생하고 있었다.

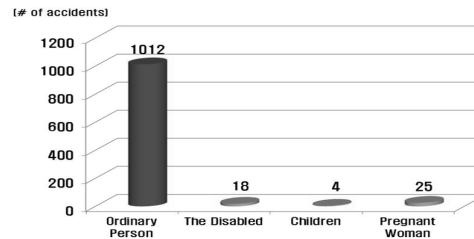


Fig. 5. The Number of Casualty Accidents by Pedestrian Group

3.6 사고원인 분석

사고원인 분석결과 여객 부주의에 의한 사고가 947건으로 가장 높게 나타났다. 타인에 의한 사고는 51건, 보행시설물에 의한 사고는 39건, 기타(급정차, 대량의 짐, 구내 토사물을 포함) 22건 순으로 나타났다. 도시철도 철도안전사상사고는 주로 인적요인에 의하여 발생하는 것을 알 수 있었다.

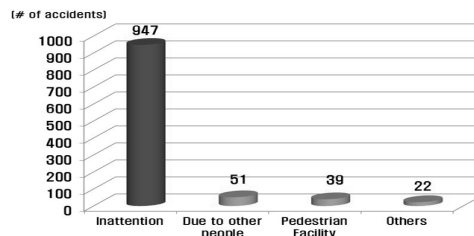


Fig. 6. The Causes of Urban Railway Casualty Accidents

3.7 시사점 도출

도시철도 철도안전사상사고의 대부분은 계단 및 에스컬레이터 등에서 넘어지는 사고이다. 총 사고건수 1,059건 중에서 601건이 이에 해당한다. 약 57%에 해당한다. 그 다음이 열차출입문, 엘리베이터 또는 스크린도어에 끼이는 사고이다. 26%에 해당하는 수치이다. 이 2가지 유형의 철도안전사상사고만 하더라도 전체 사고의 83%에 해당한다. 그 다음이 승강장과 열차사이에 발이 빠지는 사고이다. 이 사고는 약 9%에 해당한다. 나머지 8%는 보행자간 접촉충돌 또는 미끄러지는 경우이다. 철도안전사상사고의 원인은 대부분이 부주의라고 하지만 일부는 보행시설물이 부적절한 경우이다.

이번 서울메트로 철도안전사상사고를 분석한 결과 도시철도의 철도안전사상사고를 예방하기 위해서는 크게 3가지 방향으로 접근하여야 한다. 첫 번째는 부적절한 역사 시설물을 고치는 노력을 해야 할 필요가 있다. 이와 더불어 안전사고를 예방할 수 있는 보행안전시설물을 설치하는 것이다. 이를 위해서는 철도안전사상 사고가 빈번히 발생할 수 있는 취약지점유형을 찾아내고 이를 개선하는 대안을 집대성한 “(가칭)역사시설물 표준안전관리매뉴얼” 제작이 요구된다. 두 번째는 도시철도 사고원인 분석을 통하여 알 수 있듯이 도시철도 사고의 대부분이 인적요인에 의하여 일어난다는 것을 감안할 때 사고감소를 위한 최우선 과제는 도시철도 이용객의 안전의식 향상을 위한 교육일 것이다. 세 번째는 철도안전 체험관을 만들어 일반인과 교통약자(노인, 임산부, 장애인 등)별로 각종 철도안전사상사고를 가상적으로 체험해 볼 수 있는 공간이 필요할 것이다. 이를 통하여 도시철도이용자가 미리 조심하는 계기

를 마련해 줄 수 있기 때문이다.

4. 도시철도 철도안전사상사고 예방대응체계구축방안

4.1 역사시설물 표준안전관리매뉴얼 개발

도시철도 역사별로 발생한 다양한 철도안전사상사고를 기반으로 안전사고가 쉽게 발생할 수 있는 지점의 유형을 찾아내고 이를 개선하는 대안들을 종합한 “(가칭)역사시설물 표준안전관리매뉴얼”을 개발하여 배포할 필요가 있다. 동 매뉴얼은 역사내 시설물간의 구조를 포함하여 안전사고를 예방한 사례를 모아 표준화시키는 작업이다.

4.2 철도안전교육프로그램 구축방안

안전교육프로그램 개선방안 도출을 위하여 8개 도시철도 운영기관의 안전홍보 및 교육프로그램 현황 조사를 수행하였다. 조사결과 대부분의 운영기관에서 안전의식제고를 위한 홍보동영상, 안전수칙 등을 게시하고 있으나, 부산교통공사를 제외하고 안전 교육프로그램을 운영하는 곳은 없는 것으로 나타났다(Table 2).

또한 교육프로그램 구성이 단순한 동영상 재생으로 되어 있어 교육적 효과를 기대하기 힘든 콘텐츠였다. 교육대상도 어린이, 학생으로 한정되어 있어 도시철도를 이용하는 다양한 계층을 상대로 안전지식을 보급하는데 한계가 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다양한계층 보급, 대상자 별 특화된 맞춤형 콘텐츠 개발, 교육 대상자의 이해도와 집중도를 높일 수 있는 최신 콘텐츠 설계

Table 2. Urban Railway Safety Manual and Education Program by Railway Operation Company

Category	Urban Railway Operation Company							
	Seoul Metro	Subway #9	Seoul Urban Railway	Daejeon Urban Railway	Kwangju Urban Railway	Daegu Urban Railway	Incheon Urban Railway	Pusan Urban Railway
Subway Safety Guidebook	○	○	○	○	○	○	○	○
Railway Excursion Program	None					○	○	○
Safety Video	○	○	○	○	○	○	○	○
Safety Education Program	None							○

Table 3. Improvement of Safety Education Programs

Category	Contents
Programs by Pedestrian Group	- A manual or guidebook by various pedestrian types such as normal adults, the disabled, the elderly, infants, pregnant women etc.
Customized Safety Contents	- Web accessibility for people with disabilities, such as sign language training program development guidelines 2.0 - Infant / mascot made for elementary students
Focusing on Comprehension	- 3D graphics (hologram), combined with virtual reality technology education program - Improve concentration by applying the techniques of storytelling
Informative Training Contents	- Training contents by pedestrian facility (Elevators, escalators, platform, stairs) including near-miss accidents
Various Media	- Use of Smart phone, smart devices beyond the PC environment

및 개발 등을 중심으로 개선할 것을 제시한다. 상세한 내용은 다음 Table 3과 같다.

4.3 철도안전체험센터 구축방안

안전체험센터는 온라인으로 교육하는 교육프로그램에 비하여 오프라인에서 체험형으로 이루어 지는 교육방법의 일환으로 체험 및 참여형 요소 및 온라인 교육과의 연계성이 중요하다고 할 수 있다. 국내 유사 안전체험센터로는 대구시민 안전테마파크의 지하철 안전체험이 운영되고 있다(Table 4).

그러나 대구시민안전테마파크의 지하철 안전체험은 대구지하철참사(2003) 이후 동일 사고를 예방하기 위하여 설립되었기 때문에 대부분의 안전교육이 화재 중심으로 구성되어 있다. 따라서 도시철도 이용 중 일어날 수 있는 안전사고의 포괄적인 교육이 미흡한 실정이다. 또한, 첨단 IT 기술과의 접목도 미흡하여 효율적인 교육에는 한계가 있다. 본 논문에서는 도시철도 이용 중 일어날 수 있는 안전사고 전반에 걸친 교육 및 온라인으로 진행되는 안전교육과의 연계성, 첨단 IT 기술을 활용한 안전체험 교육을 중심으로 개선방안을 도출하였다. 상세내용은 다음 Table 5와 같다.

5. 결론 및 향후연구과제

5.1 결론

본 논문에서는 최근 일년간 서울메트로 철도안전사상사고 자료를 분석하여 사고유형, 사고요인을 밝혀내고 이를 예방할 수 있는 몇 가지 방안을 제시하였다. 우선 도시철도 철도안전사상사고의 대부분은 계단 및 에스컬레이터 등에서 넘어지는 사고(57%), 열차

출입문, 엘리베이터 또는 스크린도어에 끼이는 사고(26%), 그 다음 이 승강장과 열차사이에 발이 빠지는 사고(9%), 나머지 8%는 보행자간 접촉충돌 또는 미끄러지는 경우이다. 철도안전사상사고의 원인은 대부분이 부주의라고 하지만 일부는 보행시설물이 부적절한 경우도 다수 존재하였다.

도시철도의 철도안전사상사고를 예방하기 위해서는 크게 3가지 방향으로 접근하였다. 첫 번째는 철도안전사상사고가 빈번히 발생할 수 있는 취약지점의 유형을 찾아내고 이를 개선하는 대안을 집대성한 “(가칭)역사시설물 표준안전관리매뉴얼”을 제작하여야 한다는 것이다. 두 번째는 도시철도 사고원인 분석을 통하여 알 수 있듯이 도시철도 사고의 대부분이 인적요인에 의하여 일어난다는 것을 감안할 때 철도안전교육프로그램을 구축하지는 것이다. 철도안전교육프로그램 현황조사 결과 8개의 운영기관 중 안전교육 프로그램을 제공하는 기관은 1곳뿐이었다. 구성 및 제공 계층 또한 한정되어 있어 실질적 교육 효과를 기대하기 힘든 것으로 나타났다. 교육적 효과를 극대화하기 위하여 다양한 계층 보급, 대상자별 맞춤형 콘텐츠 개발, 교육대상자의 이해도와 집중도 향상, 안전사고 사고요인을 포함한 교육 콘텐츠, 교육 제공매체의 다양화 등 교육 대상을 다양화 하고 스마트기기 보급률 등 전자기기 발달을 고려한 개선방안을 도출하였다. 마지막으로 다양한 철도안전사상사고를 사전에 가상으로 경험해 볼 수 있는 철도안전체험관을 만들자는 것이다. 철도안전체험센터는 현황조사 결과 포괄적인 교육이 미흡한 실정이며, 첨단 IT 기술과의 접목도 미흡하여 효율적인 교육에는 한계가 있는 것으로 나타났다. 이에 도시철도 이용 중 일어날 수 있는 사고 전반에 걸친 교육 및 온라인으로 진행되는 안전교육과의 연계성, 첨단 IT 기술을 활용한 안전체험 교육을 중심으로 개선방안

Table 4. Types of Urban Railway Safety Experiences at Daegu Safety Theme Park

Category	Contents
Subway Evacuation	- An experience to escape from the platform to the ground in the case of subway fire - A safety experience station to experience how to open the train doors, how to escape from platform and waiting area
Safety Inspection	- Evaluate the entire process to escape through the recorded tapes - Diagnose pedestrian facilities (Safety Inspection)

Reference : DAEGU SAFETY THEME PARK(2014)

Table 5. A Direction to Improve Railway Safety Experience Centers

Category	Contents
Combining advanced IT technology	- Implementation of emergency evacuation capability through indoor positioning technology - Establishment of Urban Rail safety experience utilizing 3D Map - Implementation of indoor App experience using smart devices
Experience contents including the factors of accidents	- Urban rail accident safety education by pedestrian facility (Elevators, escalators, platform, stairs) - A casualty accidents from a personal careless action such as drinking
Online education program in conjunction	- Programs with the same content experience offered by online education

을 도출하였다. 향후 본 논문이 현실적으로 적용되기 위해서는 운영기관과 관련기관의 협조를 통하여 이용자 안전 확보를 위한 연구개발이 필요할 것으로 사료된다.

5.2 향후연구과제

본 논문에서는 서울메트로의 1년간 내부 자료를 통하여 분석한 결과이다. 향후에는 국내 도시철도 운영기관의 내부 자료를 좀 더 많이 취합하여 다양한 철도안전사상사고에 대한 분석이 요구된다. 이를 근거로 본 논문에서 제시한 역사시설물 표준안전관리매뉴얼을 구체적으로 개발하여야한다. 또한 철도안전교육프로그램의 콘텐츠를 이용자 맞춤형으로 만들 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(13RTRP-B067918-01)에 의해 수행되었습니다.

References

- DAEGU SAFETY THEME PARK(2014). Available at: <http://safe119.daegu.go.kr> (Accessed: March 11, 2014).
- Korea Consumer Agency (2010). *Facilities in Urban Rail Safety Survey Report* (in Korean).
- Lim, K. K. and Kim, S. G. (2006). "The Classification of Railroad Accident Types and Its Standardization." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 26, No. 1D, pp. 133-135 (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT) (2013a). *Rail Safety Statistics Report* (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MLIT) (2013b). *Railway Safety Performance Report* (in Korean).
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTMA) (2008). *Railroad accident and Emergency Response Management System Reports*, No. 04-Rail Safety-B04 (in Korean).
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTMA) (2011). *Build Railroad accident risk analysis and evaluation system Report*, No. 04-Rail Safety-C01 (in Korean).