JESK J Ergon Soc Korea 2025; 44(5): 561-569
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2025.44.5.561
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Trip, Slip and Fall Accidents in the Busan Metro: Current Status and Suggestions for Improvement

Minsu Jang[1,2], Hong-In Cheng[3]

[1]Kyungsung University, Department of Railroad Systems Engineering, Busan, 48434
[2]Busan Transportation Corporation, Busan, 47353
[3]Kyungsung University, Department of Industrial and Management Engineering, Busan, 48434

부산 도시철도 넘어짐 사고 현황 및 개선 방안

장민수[1,2], 정홍인[3]

[1]경성대학교, 철도시스템공학과
[2]부산교통공사
[3]경성대학교 산업경영공학과

Corresponding Author
Hong-In Cheng
Kyungsung University, Department of Industrial and Management Engineering, Busan, 48434
Email : hicheng@ks.ac.kr

Received : June 16, 2025
Accepted : September 16, 2025

Copyright@2025 by The Human Factors & Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: The purpose of this study is to analyze slip, trip, and fall (STF) accidents, which are the most prevalent safety incidents in Busan Metro, and propose methods to reduce their frequency.

Background: Ergonomics Urban rail transit is a vital public transportation system in metropolitan areas. Busan Metro celebrates its 40th anniversary this year, operating four lines and experiencing an increase in passenger traffic. In conjunction with this growth, the number of safety incidents has also increased. STF accidents are most common, highlighting the need for focused research and effective countermeasures.

Method: A literature review was conducted on safety incidents in Busan Metro. Furthermore, a statistical analysis of safety incident reports published by Busan Metro was executed to assess the current state of accidents. The causes and trends of STF accidents at Seomyeon, Yeonsan, and Jagalchi stations were examined using quantitative statistical analysis. The specific causes and risk factors at these stations were investigated through field visits. Staff interviews were performed to identify unreported or hidden safety concerns.

Results: STF accidents are the most frequent safety incidents in the Busan Metro. An examination of the three stations with the highest incident rates revealed that elderly individuals were particularly at risk. Escalators and stairways were the most likely areas where accidents occurred. Rainy days also increase the risk of accidents since surfaces become slippery and stations are more crowded. STF accidents resulting from alcohol consumption require further investigation.

Conclusion: It is imperative to prevent STF accidents in urban rail systems in order to reduce safety incidents. A clear visual cue must be provided to assist passengers in recognizing the beginning and end of stairs and prevent the occurrence of STFs. Escalators must also be installed and operated in a safe manner. Efforts should also be made to prevent congestion on station floors and overcome slippery conditions. A better understanding of the physical characteristics of the elderly is also required in order to develop effective solutions. It is of critical importance to address this issue in light of the rapid aging of our society.

Application: The findings of this study may be used to develop policies and specific strategies for preventing incidents involving STF in urban rail systems.

Keywords: Urban rail, STF (Slip, Trip and Fall), Older passenger, Rail safety incident, Busan Metro

1. Introduction

대도시의 혼잡한 교통을 완화하기 위해 지상과 지하구간을 궤도(Railway) 위로 운행하고 있는 대중 교통수단을 도시철도(Urban Rail)라고 한다. 우리나라의 도시철도는 1974년에 서울에서 처음 개통된 이래 현재에는 수도권, 부산, 대구, 대전, 광주 등의 대도시에서 운행되고 있다.

부산의 도시철도는 1985년에 1호선의 일부 노선이 개통되었고, 2025년 현재 개통 40주년을 맞았으며, 1~4호선까지 4개의 노선을 운행하고 있다. 1985년 개통 당시 17개이던 역사의 수는 현재 114개로 증가하였고, 2024년도의 부산 도시철도의 1일 평균 승객 인원은 861,914명에 이른다. 이용 승객의 수가 증가하면서 도시철도 역사 내에서 발생하는 승객의 안전사고도 증가하여 2024년에는 1,304건의 안전사고가 발생하였다.

철도안전법 시행규칙과 부산교통공사의 규정에 따르면 도시철도에서 발생하는 안전사고는 철도차량의 운행과 관련된 철도교통사고와 철도시설 관리와 관련된 철도안전사고로 크게 구분할 수 있다. 열차 운행과 철도 시설로 인해 도시철도 이용 승객이나 공중(public)이 사망하거나 부상을 입은 사고는 각각 철도교통사상사고와 철도안전사상사고로 구분한다. 도시철도에서 발생하는 철도안전사상사고에 대한 연구는 간혹 이루어지고 있으나 아직은 여러모로 미흡한 상태이다(Jung, 2023; Lim and Kim, 2006; Mo et al., 2015).

이제까지 도시철도의 철도안전사상사고에 대한 연구는 주로 수도권 도시철도를 대상으로 이루어졌다. 사상사고의 유형에 따른 분류 방안이나 예측모형 개발(Jung, 2023; Mo et al., 2015), 사고 위험이 높은 시설물에 대한 연구(Kim et al., 2016), 안전사고 현황분석에 따른 안전사고 감소나 예방대책에 관한 연구(Kang et al., 2015; Kim et al., 2016; Lee and Lee, 2014), 유니버설 디자인을 활용한 안전 디자인 방안(Kim et al., 2015) 등이 그 대표적인 예이다. 국내 연구들은 대체로 통계 자료를 다각도로 분석하여 안전사고의 실태를 파악하고 개선 방안을 제안하는 방식으로 주로 이루어졌다. 그러므로 도시철도의 안전사고에 대한 전반적인 실태의 파악은 이루어졌으나 사고의 실질적인 원인이 되는 현장의 환경적 원인을 구체적으로 파악하는 연구는 매우 미흡하였다.

이 연구에서는 2024년도 부산 도시철도의 철도안전사상사고 통계 자료를 분석하여 안전사고 현황을 우선 파악하였다. 그 결과, 수도권과 동일하게 부산 도시철도에서도 발생율이 가장 높은 안전사고는 넘어짐 사고로 분석되어 이에 대한 문헌연구를 실시하였다(Kang et al., 2015; Kim et al., 2015). 넘어짐 사고의 발생 빈도가 높은 서면역, 연산역, 자갈치역을 방문하여 실질적인 안전사고 발생 원인을 파악하였다. 현장 방문으로 알 수 없는 넘어짐 사고의 원인을 추가로 알아내기 위해 역무원들을 대상으로 인터뷰도 실시하였다. 이와 같은 과정을 통해 부산 도시철도를 이용하는 승객들의 넘어짐 사고의 발생 원인을 파악하고 이를 예방할 수 있는 방안을 제안하였다.

2. Slip, Trip and Fall (STF) on Stairs and Escalator

국내 도시철도에서 넘어짐 사고로 일원화하여 다루고 있는 STF 사고는 미끄러짐(slip), 걸려 넘어짐(trip), 넘어짐(fall) 등과 같이 크게 세 가지로 구분하여야 사고의 정확한 현황파악이 가능하다(Larue et al., 2021). 하지만, 국내 도시철도의 안전사고에 대한 현장의 보고서에도 STF 사고를 구분하지 않고 포괄적으로 넘어짐 사고로 작성하여 보고 자료를 기반으로 사고의 구체적인 원인을 파악하기 어려운 것이 현실이다.

계단이나 에스컬레이터에서 STF 사고가 발생하는 원인은 크게 승객과 환경으로 나누어 볼 수 있다. 승객과 관련된 원인은 고령, 기저질환, 음주, 주의 부족에 따른 인적 오류, 위험한 행동 등이다(Kang et al., 2015; Kim et al., 2015; O'Neil et al., 2008; Xing et al., 2019).

승객의 위험한 행동에는 걷지 않고 뛰거나, 핸드레일을 잡지 않거나, 에스컬레이터에서 다른 일을 하거나, 타인과 부딛히는 행동 등이 해당된다. 환경적인 요인에는 바닥의 표면 문제나 오염, 역사의 복잡성, 어두운 조명, 장애물, 부적절한 계단이나 에스컬레이터의 구조나 운행 등이 포함된다.

지하철이나 철도 관련 STF 사고는 65세 이상의 고령자에게서 많이 발생한다. 호주에서는 고령의 STF 사고 피해자 중에서 약 66% 정도가 병원에 입원하며, 미국에서는 약 10% 정도가 사망하는 매우 심각한 사고이다(Larue et al., 2021; Startzell et al., 2000). 고령자들은 가만히 서있는 동작의 안정성이 떨어지며, 장애물을 피하거나, 자세를 고쳐잡거나, 팔을 뻗어 목표물을 잡는 등의 운동 능력이 떨어지므로 계단이나 에스컬레이터에서 안전사고 발생의 위험이 높다. 많은 사람들이 함께 이동하는 혼잡한 지하철 역에서의 STF 발생의 위험성은 더욱 높다고 할 수 있다.

계단을 사용하는 과정에서 고령자들은 발을 교차해서 걷는 동작(FOF, foot over foot)과 달리 한쪽 발을 먼저 딛고 나머지 발을 옮겨 두 발을 모았다가 걷는 동작(BES, both feet on each step)을 사용하기도 하는데, BES는 FOF에 비해 더 많은 에너지를 요구한다(Shiomi, 1994). 뿐만 아니라 계단을 오르내리기 위해서는 일상생활에서 필요한 행위에 비해 훨씬 큰 하지의 근력이 필요하다. 그러므로 무릎 관절, 발목 관절의 근력이 상대적으로 약한 고령자, 그 중에서도 여성 고령자는 계단에서 넘어짐 사고의 위험이 크다(Startzell et al., 2000).

계단에서의 STF 사고는 계단을 오를 때보다 내려가는 과정에서 3배 이상 많이 발생하고 계단이 시작하는 부분과 끝나는 부분의 디딤판 3칸에서 주로 발생하는 것으로 알려져 있다(Archea et al., 1979; Svanstrom, 1974). 그 이유는 계단의 설계와 시공의 문제로 인해 사용자들이 계단의 시작과 끝을 잘 인지하지 못하기 때문이다. 그러므로, 계단의 시작과 끝을 인지할 수 있도록 시각적 정보를 제공하거나, 계단의 시작과 끝부분의 핸드레일을 계단보다 30cm 정도 길게 하고 끝부분의 모양을 구부려 놓는 것도 STF 사고 예방에 도움이 될 수 있다.

핸드레일은 계단 사용에서 발생하는 넘어짐 사고를 예방하기 위해 필수적이다. 계단 옆의 손잡이는 사용자들이 손을 움직여 진행과정을 모니터링 하게 하고, 계단에서 방향을 바꾸는데 도움을 주며, 하지의 부하를 줄여주고, 발을 헛디디거나 미끄러졌을 때 넘어짐을 예방하는 기능도 하며 심리적인 안정감도 준다(Archea, 1979; Startzell et al., 2000).

3. Method

부산 도시철도의 STF 사고의 현황을 분석하여 원인을 조사하고 대처 방안을 마련하기 위해 도시철도 안전사고에 대한 문헌연구를 실시하였다. 2024년도의 부산 도시철도 공개 데이터와 역사에서 보고한 안전사상사고 자료를 사용하여 빈도분석과 카이제곱 검증 등의 통계적 분석을 하였다. 그 결과, STF 사고가 많이 발생하는 주요 역과 발생 빈도가 높은 사고를 우선 파악하고 역별로 STF 사고의 발생 원인을 심층 분석하였다.

STF 사고가 많이 발생한 세 군데의 주요 역(서면역, 연산역, 자갈치역)에서의 데이터를 분석하여 일표본 카이제곱 검정을 통해 성별, 나이, 연령층, 계절, 날씨, 운행 시간 등에 따른 사고 발생 빈도 차이의 유의성을 분석하였다(Table 1). 연령층은 청소년(Adolescent: 10대), 청년(Young Adult: 20~30대), 장년(Middle-aged Adult: 40~60대), 고령(Senior: 70대 이상)으로 구분하였고, 사고 발생 시간은 아침시간

Table 1. Classification of STF data

Category	Values	Category	Values
Gender	Man, Woman	Season	Spring, Summer, Autumn, Winter
Age	10s, 20s, 30s, 40s, 50s, 60s, 70s, 80s+	Weather	Sunny, Cloudy, Rainy
Age group	Adolescent, Young, Middle-aged, Senior	Time	Morning, Rush hour, Forenoon, Lunchtime, Afternoon, Commute time, Evening, Nighttime

(Morning: 5~7am), 출근시간(Rush Hour: 7~9am), 오전시간(Forenoon: 9~12am), 점심시간(Lunchtime: 12~2pm), 오후시간(Afternoon: 2~4pm), 퇴근시간(Commute Time: 4~6pm), 저녁시간(Evening: 6~9pm), 야간시간(Nighttime: 9pm~12am) 등과 같이 구분하여 분석하였다.

부산 도시철도에서는 STF 사고가 발생할 경우 역무원들이 현장을 방문하여 사고의 개요를 파악하고 보고서를 작성하므로 역에서 근무하는 직원들은 사고에 대한 다양한 경험과 인식을 가지고 있다. STF 사고에 대한 데이터 분석과 현장 방문조사로 알 수 없는 원인에 대한 부가적인 정보를 얻고자 사고 다발 역의 역무원들을 대상으로 인터뷰도 실시하였다.

이와 같이 문헌연구, 데이터 분석, 현장 방문, 역무원들과의 면담을 통해 STF 사고 발생률이 높은 서면역, 연산역, 자갈치역에서의 사고 발생 원인을 추정하고 그에 대한 개선 방안을 제시하였다.

4. Results

4.1 Overall status

2023년과 2024년에 부산 도시철도에서 발생한 승객의 철도안전사상사고 건수는 각각 1,290건과 1,304건이었다(Figure 1). 그 중에서 STF 사고는 각각 842건(65.2%)과 875건(67.1%)이 발생하여 다른 사고에 비해 발생 비율이 월등히 높았다. 부산 도시철도에서 넘어짐, 출입문 끼임, 발빠짐, 접촉 충돌 등의 순으로 사고가 많이 발생하는 것은 수도권의 도시철도와 유사하였다(Kim et al., 2014).

2024년도의 데이터를 분석한 결과 STF 사고가 발생한 승객의 연령은 60대 이상이 많았으며, 발생 위치는 에스컬레이터, 계단, 대합

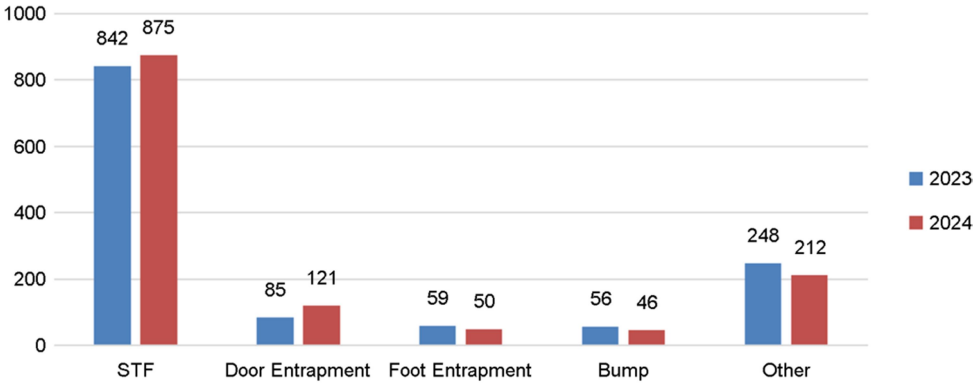


Figure 1. Status of passenger safety incidents in the Busan Metro

Table 2. Ratio of STF accidents in Busan Metro

Category	Accident proportion							
Age	70s (31.4%)	60s (22.5%)	80s+ (20.2%)	50s (10.1%)	20s (6.9%)	30s (3.9%)	40s (2.6%)	10s (2.4%)
Location	Escalator (41.1%)	Interior stairs (24.7%)	Waiting area (12.8%)	Platform (9.6%)	Gate (3.5%)	Train interior (3.3%)	Restroom (3.0%)	Other (2.0%)
Cause	Carelessness (37.2%)	Drunkness (28.2%)	Wet floor (15.6%)	Bumping collision (6.5%)	Pre-existing condition (5.5%)	Foreign substance (3.0%)	Facility (0.4%)	Other (3.6%)

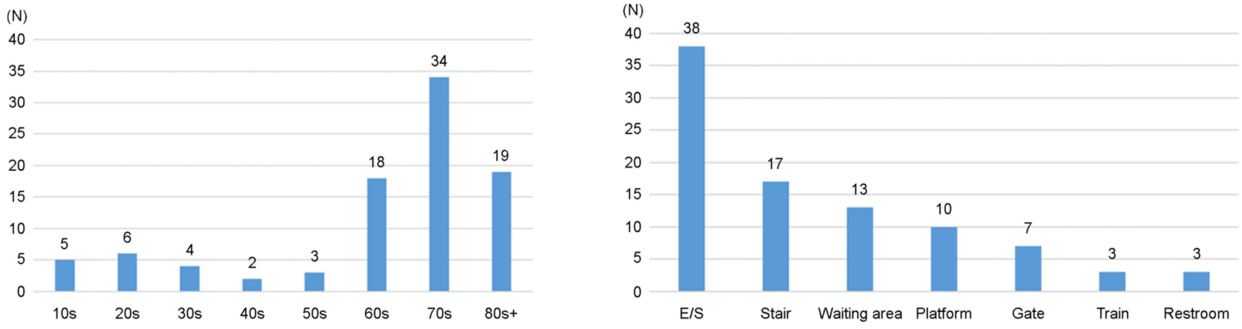
실, 승강장 순서로 빈도가 높았고, 발생 원인은 승객의 부주의, 음주, 바닥 미끄러움 순으로 나타났다(Table 2).

부산 도시철도에서 STF 사고가 많이 발생하는 역은 서면역(91건), 연산역(53건), 자갈치역(34건) 이었다. 서면역은 1호선과 2호선, 연산역은 1호선과 3호선의 환승역으로 2024년도의 1일 승하차 인원이 각각 121,730명과 53,208명으로 부산 도시철도에서 수송인원이 가장 많은 도시철도 역들이다. 자갈치역은 수송인원이 9번째로 많은 역으로 1일 수송인원이 35,793명에 이른다.

4.2 Seomyeon station

서면역은 1호선과 2호선의 환승역이면서 유동인구가 많은 지역에 위치하여 안전사고의 발생이 높은 역으로 2024년도에는 91건의 STF 사고가 발생하였다. Figure 2.a에서와 같이 60대 이상의 고령 승객들에게 STF 사고가 많이 발생하였다. 일표본 카이제곱 분석 결과에서도 STF는 70대 이상의 고령자들에게 많이 발생하고 청년이나 청소년에게는 적게 발생하는 것으로 분석되었다($X^2(3)=63.95$, $p<.001$).

STF 사고의 발생 빈도가 높은 장소는 에스컬레이터(41.8%), 계단(18.7%), 대합실(14.3%), 승강장(11.0%) 순으로 나타났다(Figure 2.b). 사고 발생 빈도가 가장 높은 에스컬레이터는 다른 에스컬레이터에 비해 탑승시간이 길고(약 1분 25초) 경사가 높은 편이었다. 서면역에서는 에스컬레이터의 이동시간이 1분 이상인 곳에서 STF 사고가 많이 발생하는 경향이 나타났다. 이 같은 사실은 고령자들은 진동이 있는 에스컬레이터 위에서 안정적으로 서있기 어려우므로 탑승시간이 길어질 수록 위험성이 높아진다는 연구 결과와 일치한다(Startzell et al., 2000; O'Neil et al., 2008).



(a) STF frequency by age (b) STF frequency by location

Figure 2. STF accident frequency in Seomyeon station

STF 사고가 가장 많이 발생한 계단은 가운데에 상행 에스컬레이터가 있고 양쪽에 계단이 설치된 직선계단이었다. 높이가 3m를 넘는 계단에는 3m 이내마다 120cm 이상의 계단참을 설치하도록 규정한 법령(건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙)에 따라 해당 계단은 길이 135cm의 계단참 3개와 승객들이 발을 딛는 디딤판 18, 19, 18, 17개로 이루어져 있었다. 그런데 계단을 내려올 경우 계단이 끝나고 나서 320cm 떨어진 곳에 디딤판이 2개인 짧은 계단이 다시 위치하고 있어서 승객들이 이 짧은 계단을 인지 못하는 위험성(risk)을 현장에서 발견할 수 있었다.

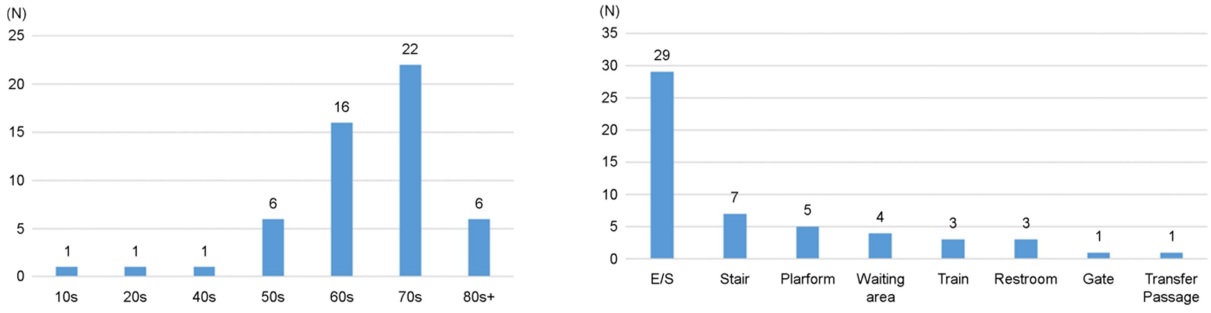
일표본 카이제곱 분석 결과 STF 사고는 여름에 많이 발생하고 가을에 적게 발생하며($X^2(3)=9.62$, $p<.022$), 오전, 오후, 점심, 퇴근시간에 많이 발생한 반면 출근시간 이전과 야간시간에는 적게 발생하는 것으로 나타났다($X^2(7)=27.77$, $p<.001$). STF 사고는 비오는 날(38건)과 흐린 날(24건)에 전체 사고 중에서 68.2%가 발생하여 맑은 날에 비해 흐리거나 비오는 날의 발생율이 높게 나타났다($X^2(1)=11.28$, $p<.001$). 현장 방문과 역무원들의 면담 결과 날씨로 인한 미끄러운 바닥 조건이나 출입구에서 발생하는 혼잡성이 사고 발생에 영향을 미치는 것으로 추정할 수 있었다.

역무원들은 서면역이 1, 2호선의 환승역으로 부산에서 가장 많은 승객과 시민들이 사용하는 복잡한 지하철역이어서 STF 사고의 발생 빈도가 높은 것으로 파악하고 있었다. 또한, 남자 승객들은 야간에 음주로 인한 STF 사고 위험성이 높고, 여자 승객들은 손수레 등을 가지고 이동하면서 걸려 넘어지는 사고가 많이 발생하는 것으로 인식하고 있었다.

4.3 Yeonsan station

2024년도에 연산역에서는 53건의 STF 사고가 발생하였다. Figure 3.a에서와 같이 60대 이상 고령자의 STF 사고 비율은 전체의 83.0%에 달했으며, 일표본 카이제곱 검증 결과 고령층(70대 이상)과 장년층(20~30대)에서 발생 빈도가 유의하게 높았다($X^2(3)=47.15$, $p<.001$).

연산역에서 STF 사고가 가장 많이 발생하는 장소는 에스컬레이터(54.7%)와 계단(13.21%)으로 조사되었다(Figure 3.b). 지하철 역을 방문한 결과 STF 사고의 발생 빈도가 높은 에스컬레이터와 계단이 연결된 출구는 주변에 위치한 시장으로 인해 유동인구가 많고, 출구 앞의 인도에 차량이 진입하거나 오토바이, 자전거, 퀵보드 등이 혼잡하게 주차되어 있었다. 역무원들도 면담에서 시장으로 향하는 출입구가 복잡하여 사고 발생 빈도가 높다는 의견을 제시하였다.



(a) STF frequency by age (b) STF frequency by location

Figure 3. STF accident frequency in Yeonsan station

비오는 날(29건)에 STF 사고의 54.7%가 발생하여 맑거나 흐린 날에 비해 사고 발생률이 유의하게 높게 나타났다($X^2(2)=11.36$, $p<.003$). 사고 대상자의 연령은 60대(30.2%)와 70대(41.5%)가 많고($X^2(7)=68.51$, $p<.001$), 장년(41.5%)과 고령(54.7%)이 많아($X^2(3)=47.15$, $p<.001$), 나이가 많은 승객들에게 STF 위험성이 높은 것으로 분석되었다.

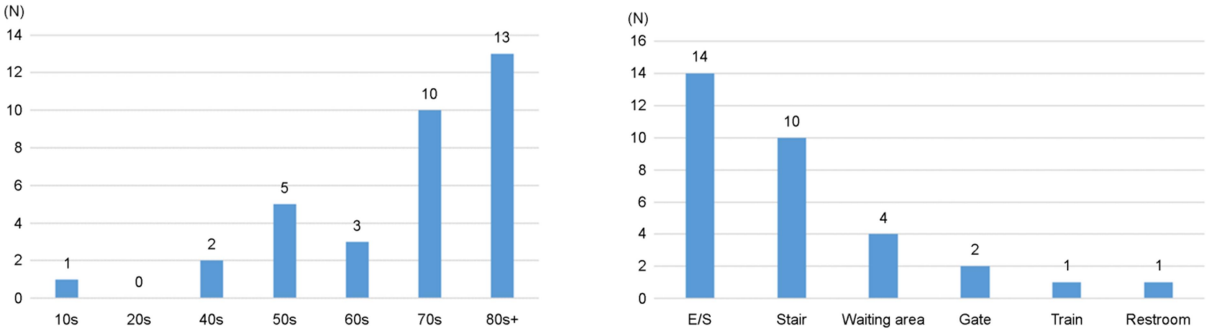
일반적으로 STF 사고의 위험성은 여성에게 더 높은 것으로 알려져 있으나, 연산역에서는 남성 승객의 STF 사고가 58.5%를 차지해 여성 승객보다 사고 발생률이 높았다. 역무원들은 그 이유를 음주로 인해 야간에 발생하는 남성 승객들의 STF 사고 빈도가 높기 때문이라고 생각하였다.

4.4 Jagalchi station

부산 도시철도의 1호선에 위치한 자갈치역에서는 2024년도에 34건의 STF 사고가 발생하였다(Figure 4.a). 일표본 카이제곱 검정 결과 70대 이상의 고령자의 STF 사고 발생 비율이 전체의 67.6%로 다른 연령에 비해 유의하게 높게 나타났다($X^2(6)=24.47$, $p<.001$).

STF 사고의 발생장소는 에스컬레이터가 41.18%, 계단이 29.41%, 대합실이 11.76%를 차지하였다(Figure 4.b). 자갈치역의 경우 승강장에서 톨게이트로 향하는 에스컬레이터에서 STF 사고의 발생 빈도가 높아 해당 에스컬레이터를 저속으로 운행하고 있었다.

맑은 날(32.4%)에 비해 흐리거나(32.3%) 비오는 날(35.3%)에 사고가 발생률이 높았으며($X^2(1)=4.24$, $p<.04$) 역무원들의 면담에서도 서면



(a) STF frequency by age (b) STF freqeuncy by location

Figure 4. STF accident frequency in Jagalchi station

역과 같이 자갈치역에서도 바닥의 미끄러움과 출입구의 혼잡성은 지하철 역의 STF 사고와 연관성이 있는 것으로 나타났다. 시간 별로는 오전과 퇴근시간에 사고의 발생 빈도가 높게 나타났다($X^2(6)=13.35$, $p<.038$).

남성과 여성의 SFT 사고는 각각 22건과 12건으로 나타나 남성의 사고 발생 빈도가 높은 것으로 나타났는데 다른 역과 동일하게 역무원들은 저녁시간의 음주로 인한 STF 사고가 많이 발생한다고 생각하고 있었다.

5. Discussion and Conclusion

도시철도는 대도시의 효율적인 대중교통 수단이지만 이용 승객이 증가하면서 승객들의 안전사고 역시 증가하고 있다. 국내에서는 수도권 도시철도의 안전사고에 대한 연구가 이루어지긴 했지만, 안전사고 현황의 분석에 대한 내용이 주를 이루었고 심도깊은 분석과 안전사고를 예방하기 위한 대책의 수립에 관한 연구는 부족하였다. 이와 같은 현실은 해외에서도 마찬가지여서 도시철도의 안전사고에 대한 연구의 필요성은 매우 높다.

이 연구에서는 부산 도시철도의 안전사고 중에서 가장 발생 빈도가 높은 STF 사고에 대한 현황과 발생 원인을 알기 위해 사고 데이터 분석, 문헌연구, 현장 방문 연구, 역무원 면담 등을 실시하였다. 그 결과 STF 사고는 시장, 상업지역, 관광지 등의 유동인구가 많은 장소에 인접한 역사의 에스컬레이터나 계단에서 발생 빈도가 높은 것을 알 수 있었다.

고령자들에게 많이 발생하는 STF 사고를 예방하기 위해서는 고령자의 신체 능력의 저하를 고려하여 에스컬레이터의 진동, 속도, 경사 등을 줄이거나, 계단의 시작과 끝을 보다 잘 인지할 수 있도록 시각 정보 제공을 개선하거나, 핸드레일을 현재보다 많이 설치하는 방안을 고려할 수 있을 것이다.

신체 능력의 차이로 인해 고령자와 여성에게서 STF 사고 발생 빈도가 높다고 알려져 있으나, 부산 도시철도에서는 남성에 비해 여성의 사고 발생률이 높지 않았다. 역무원들의 경험적 판단에 따르면 그 원인은 음주로 인한 남성 승객의 STF 사고로 추측되므로 이에 대한 대책의 수립도 필요해 보인다.

STF 사고는 바닥의 미끄러움이 사고 발생의 환경적인 원인을 제공하므로 도시철도에서는 비가 오거나 습도가 높은 날에는 바닥의 미끄러움을 감소시키면서 혼잡성을 줄일 수 있는 대책을 마련하여야 한다. 예를 들면, 출입구에 신발 바닥의 물기를 제거할 수 있는 깔개를 설치하거나, 출입구의 캐노피를 확장하여 비오는 날의 혼잡성을 줄이는 방안을 시도해 볼 수 있을 것이다.

일부 에스컬레이터는 이동시간이 길고 경사가 급해 고령 승객의 위험성을 증가시키는데 최적의 설치 방법이나 운행 방안을 마련하기 위해서는 추가적인 연구와 검토가 필요할 것이다. 지하철에서의 STF 사고는 자칫 심각한 부상을 일으키거나 휴유증을 동반할 수 있으

나 이를 예방하기 위한 실질적인 연구는 매우 부족한 것이 현실이므로 이에 대한 연구의 필요성이 매우 높다. 특히, 우리 사회의 매우 빠른 고령화를 고려하면 적극적인 대책마련이 필요하다.

이번 연구에서는 STF 사고 발생 빈도를 고려하여 서면역, 연산역, 자갈치역을 대상으로 연구를 수행하였으나, 수송 승객 1만명 당 STF 사고 발생 비율을 계산하면 덕천역(12.70), 자갈치역(12.44), 동래역(8.77), 연산역(8.62), 서면역(6.19) 순으로 나타나 차후 덕천역이나 동래역에 대해서도 유사한 연구를 수행할 계획이다.

References

Archea, J., Collins, B.L. and Stahl, F.I., Guidelines for Stair Safety, U.S. Department of Commerce, 1979.

Jung, S., Development of urban railway escalator fall accident prediction model, Department of Transportation Management Graduate School of Urban Science, *University of Seoul*, 2023.

Kang, K., Kim, S. and Kwon, Y., Preventive measures to establish the direction drawn through the city railway safety ever thought analysis, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, 15(3), 15-21, 2015.

Kim, D.H., Kim, S.G. and Park, M.K., A study on the safety design through accident cause analysis in the urban railway station, *Journal of Safety Management Science*, 17(1), 85-92, 2015.

Kim, J.T., Kim, S.G., Oh, J.K. and Go, S., A study on risk analysis and countermeasures for urban railway casuality accident, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 36(3), 503-510, 2016.

Kim, S.G., Park, I.H., Oh, J.K. and Kim, Y.K., A factor analysis of urban railway casuality accidents and establishment of preventive response systems, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 34(3), 1017-1022, 2014.

Larue, G.S., Popovic, V., Legge, M., Brophy, C. and Blackman, R., Safe trip: Factors contributing to slip, trip and fall risk at train stations, *Applied Ergonomics*, 92, 1033316, 2021.

Lee, J. and Lee, H., Disaster response system and management plan of urban railway accidents: Focusing on human error and emergency quick response manual, *Korea Transport Institute*, 2014.

Lim, K.K. and Kim, S., The classification of railroad accident types and its standardization, *The Journal of Civil and Environment Engineering Research*, 26(1), 133-140, 2006.

Mo, C.S., Kim, S.G., Kwon, Y.J. and Kang, K.S., Classification and standardized coding for urban railway casuality accident types and causes, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 35(5), 1173-1177, 2015.

O'Neil, J., Steele, G.K., Huisingh, C. and Smiyh, G.A., Escalator-related injuries among older adults in the United State, 1991-2005, *Accident Analysis and Prevention*, 40, 527-533, 2008.

Shiomi, T., Effects of different patterns of stairclimig on physiological cost and motor efficiency, *Journal of Human Ergology*, 23(2), 111-120, 1994.

Startzell, J.K., Owens, D.A., Mulfinger, L.M. and Cavanagh, P.R., Stair negotiation in older people: a review, Journal of the American

Geriatrics Society, 48(5), 467-605, 2000.

Svanstrom, L., Falls on stairs: An epidemicological accident study, *Scandinavian Journal of Public Health*, 2(3), 113-120, 1974.

Xing, Y., Dissanyake, S., Lu, J., Long, S. and Lou, Y., An analysis of escalator-related injuries in metro stations in China 2013-2015, *Accident Analysis and Prevention*, 122, 332-341, 2019.

Author listings

Minsu Jang: msks112@humetro.busan.kr
Highest degree: Master, Department of Railroad Systems Engineering, Kyungsung University
Position title: PhD Student, Department of Railroad Systems Engineering, Kyungsung University
Areas of interest: Ergonomics, Occupational Safety

Hong-In Cheng: hicheng@ks.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, Iowa State University
Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Kyungsung University
Areas of interest: Human-Computer Interaction, Occupational Safety and Health, Industrial Ergonomics, Usability Engineering