

# 인적요인에 의한 도시철도 출입문 끼임사건 분석

박태영 · 오현수\* · 장성록†

부경대학교 안전공학과 · \*한국항만연수원부산연수원  
(2018. 9. 12. 접수 / 2018. 10. 30. 수정 / 2018. 12. 4. 채택)

## Analysis of Traps Incidents of Metro Train Door by Human Factors

Tae Young Pak · Hyun Soo Oh\* · Seong Rok Chang†

Department of Safety Engineering, Pukyong National University  
\*Korea Port Training Institute, Busan

(Received September 12, 2018 / Revised October 30, 2018 / Accepted December 4, 2018)

**Abstract :** This study aimed to reduce of traps incident of metro train door by suggesting preventive actions throughout analyzing why railway drivers and passengers commit unsafe behaviors which are human factors making occurrence of the incidents. The incident cases were analyzed and Incident Tree was structured by brainstorming with safety experts. In addition, the questionnaire survey was conducted for comparison with the analysis results. As the result, this study suggested driver's factors, passenger's factors, and public relation plan for safe use of metro in order to reduce the frequency of the incidents. For driver's factors, implementing job-rotation systems between railway and non-railway drivers, installing Object Detection Sensors between the metro doors and PSD, and flexible operation of dwell time were suggested. For passenger's factors, placing a platform safety person, installing a safety fence in front of the stairs and the elevators, and country wide public relations through mass media were suggested.

**Key Words :** metro train, door traps incidents, human factors, incident tree, questionnaire survey

### 1. 서론

시민들의 효율적 이동을 위한 도시철도는 1974년 서울 1호선 개통 이후 6개 도시에서, 7개 운영기관 18개 노선, 545개역 558.7 km가 운영되고 있다<sup>1)</sup>. 승객은 지속적으로 증가하여 2014년 현재 수송분담률은 18.5%에 이르고 있다<sup>2)</sup>. 운행의 증가와 함께 철도사고우려도 높아지고 있다. 철도사고는 복합적 요인에 의해 발생하고 있어<sup>3)</sup> 철도안전 확보를 위해 2004년 철도안전법을 시행하여 철도운행 1억km당 사고 7.3건, 사망 14.2명으로 선진국 수준에 이르고 있다<sup>4)</sup>.

또한, 도시철도는 2015년 이후 승강장 추락 및 자살 사고 예방을 위하여 승강장안전문(PSD, Platform Screen Door)을 설치하였다. 그 결과 철도교통사상사고 중 '열차에 뛰어듦(자살추정)'은 2010년 80건에서 2015년 30건으로 62.5%가 감소하였다. 특히 도시철도는 69건에서 20건으로 71%가 감소<sup>5)</sup>하는 등 높은 안전성이 확보됨은 물론 사상사고 감소로 기관사 심리 안정에도 크게

기여하였다.

도시철도 승강장에서 발생하는 사고는 계단전도, 대합실 전도, 승강장 전도, 연단실족, 열차 내 전도, 출입문 끼임사건, E/S관련, E/V관련, PSD관련, 기타 등이 있다. 이 중 출입문 끼임사건에서 30%가 발생하고 있다<sup>6)</sup>. 승강장에서 발생하는 사고 대부분은 승객이 출입문 닫힘 경보가 울릴 때 열차에 탑승하려고 하면서 발생하며, 열차의 출입문과 관련된 작동 및 위험에 대하여 승객이 잘 이해하지 못하는 요인도 있는 것으로 나타났다<sup>7)</sup>. 기관사 1인이 운전하는 도시철도에서 출입문이 열리고 닫히는 과정은 열차가 정당한 정지위치에 정차하면 자동으로 출입문이 열리고 승객이 모두 하차 및 승차 하면 기관사가 후사경과 CCTV를 확인하고 수동으로 닫고 있다<sup>8)</sup>. 출입문 끼임사건은 이 과정에서 발생한다. 출입문 끼임사건은 열차 출입문 끼임과 승강장-열차사이 끼임으로 구분할 수 있다<sup>9)</sup>. 발생 형태는 승객이 승차 중 끼임, 하차 중 끼임, 출입문과 벽사이 손끼임, 전동차와 PSD사이에 끼임 등 4가지의 유형으

† Corresponding Author : Seong Rok Chang, Tel : +82-51-629-6468, E-mail : srchang@pknu.ac.kr  
Department of Safety Engineering, Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Korea

Table 1. Accident records by the PSD of the Seoul subway

Day	Station	Result
2013.01.19.	Seongsu	Death
2014.09.25.	Chongshin Univ.	Death
2015.08.29.	Gangnam	Death
2016.02.03.	Seoul Station	Death
2016.05.28.	Guui	Death
2016.10.19.	Gimpo Intl. Airport	Death

로 나타난다. 발생원인은 출입문이 열릴 때 출입문에 손을 짚어 출입문과 출입문 벽사이인 문틈사이에 끼이거나 출입문이 닫힐 때 무리하게 승차 또는 하차하다 닫히는 출입문에 부딪히거나 끼임이 발생 할 수 있다. 또한, 기관사의 조작 실수에 의해서도 발생할 수 있다. 출입문 끼임사건은 대부분은 불편민원, 찰과상 등 단순 부상에 그치고 있으나 Table 1과 같이 사망에 이를 수도 있다<sup>10)</sup>.

도시철도 승강장에 PSD가 설치됨에 따라 선로 추락 및 자살 등에 의한 인명사고는 감소하고 있다. 그러나 무리한 승·하차, 많은 승객과 짧은 정차시간 등으로 인해 승차 중 또는 하차 중 출입문 끼임으로 인한 사상 사고의 위험성은 항상 내재되어 있어 도시철도의 안전성이 더욱 요구되고 있다. 또한, 출입문 끼임사건은 민원제기, 고소 등으로 기관사에게 새로운 직무스트레스로 작용하고 있다. 이에 따라 출입문 끼임사건의 원인을 규명하고 개선의 필요성이 대두되고 있다.

본 연구는 출입문 끼임사건 발생의 인적요인인 기관사와 승객의 불안정한 행동의 원인을 분석하고 개선방안을 제시하여 도시철도 출입문 끼임 사건 감소에 기여하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 출입문 끼임사건 사례 분석

부산도시철도에서 2011~2015년까지 5년간 발생한 출입문 끼임 사건(무인경전철 제외) 380건에 대하여 기관사 및 승객의 특성요인으로 구분하여 분석하였다. 기관사 특성요인으로 근무경력과 승객 수, 1회 운행거리에 차이가 있는 호선별 등으로 분석하였다. 승객은 이용 연령별로 출입문 끼임사건의 발생형태인 승차 중 끼임, 하차 중 끼임, 출입문과 벽사이 손끼임 등으로 교차분석하였다.

### 2.2 출입문 끼임사건 발생 인적요인 도출

부산도시철도의 기관사 사고조사 및 처리 담당자 5

명으로 구성된 전문가 집단의 Brainstorming을 통하여 출입문 끼임사건이 발생하는 영향요인을 직접요인과 간접요인으로 분류하였다. 직접요인으로는 기관사와 승객의 불안정한 행동 등 인적요인으로 하였으며, 간접요인으로 CCTV등 안전시설 등으로 정하였다. 본 연구에서는 인적요인에 한정하였으며, 도출된 인적요인으로 Incident Tree를 작성하였다.

### 2.3 기관사, 승객의 인적요인 확인을 위한 설문조사

기관사와 승객요인의 개선방안 제시를 위하여 전문가 집단의 Brainstorming결과를 바탕으로 설문문항을 작성하였다. 설문조사는 기관사 요인으로 안전교육(시행 여부, 필요성), 출입문 닫기 전 승강장 확인, 출입문 닫는 시점, 끼임 확인 시 즉시 재 개폐, 안내방송(재 개폐 후, 평소, 출입문 닫을 시), 업무태도(운행 중 집중력, 무의식적 출입문 취급, 끼임 인지 시점, 확인 설비 이상 시 신고) 등 12문항이며, 승객요인으로는 무리한 승·하차, 고령자의 늦은 이동, 승객이 많아 늦게 승·하차, 스마트폰 사용 등으로 주의력 저하, 음주자의 위험한 행동, 출입문 앞에서의 장난, 물체끼움, 교통약자(전동휠체어) 등 8개 문항으로 하였다. 기관사 요인은 Likert 5점 척도로 하였으며, 승객요인은 승객의 불안정한 행동에 대한 기관사가 느끼는 위험요인을 다중선택으로 문항을 구성하였다. 설문조사는 부산도시철도 기관사 445명에게 배부하여 408부 회수를 회수하였다. 통계분석은 기관사 요인을 근무부서 3수준(1호선, 2호선, 3호선)으로, 근무경력 5수준(5년 이하, 6~10년, 11~15년, 16~20년, 21년 이상)으로 하여 분산분석(ANOVA)을 하였다. 본연구의 모든 분석은 SPSS 20.0을 이용하였으며, 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

### 2.4 출입문 끼임사건에 대한 개선방안 제안

도시철도 출입문 끼임사건의 사례분석, Incident Tree 및 설문조사 결과에 따라 기관사요인과 승객요인 각각에 대한 개선방안을 제시하였다.

## 3. 연구결과

### 3.1 부산도시철도 출입문 끼임사건 분석

#### 3.1.1 출입문 끼임사건

부산도시철도에서 5년간(2011~2015년) 발생한 출입문관련 끼임사건은 380건(경미한 불편 민원 포함)으로 나타났다. 호선별 발생현황은 Table 2와 같다. 2011년 65건에서 2014년 91건으로 매년 증가하다가, 2015년에 75건으로 24건 감소하였다. 승객수승 100만명당 발생

Table 2. Door traps incident by Line

Line	Year	2011	2012	2013	2014	2015	Total	Mean
		Case	63	66	85	91		
Total	Per million	0.210	0.214	0.268	0.280	0.231		0.241
1 Line	Case	36	33	40	59	32	200	40
	Per million	0.228	0.209	0.250	0.361	0.198		0.249
2 Line	Case	20	27	28	23	32	130	26
	Per million	0.191	0.247	0.245	0.196	0.271		0.230
3 Line	Case	7	6	17	9	11	50	10
	Per million	0.230	0.186	0.521	0.269	0.329		0.307

Table 3. Door traps incident by location

Total	door traps					Side door pocket traps			
	Subtotal	Get on	Get off	Indoor	Unknown	Subtotal	Indoor	Platform	Unknown
380	333	247	80	1	5	47	28	17	2
%	87.6	74.2	24.0	0.3	1.5	12.4	59.6	36.2	4.2

빈도는 3호선이 0.307건, 1호선 0.249건, 2호선 0.230건 순으로 발생하였다.

출입문관련 사건이 발생하는 형태는 Table 3과 같다. 출입문 끼임 333건(87.6%), 문틈사이 끼임 47건(12.4%)이었다. 출입문 끼임은 승차 중에 247건(74.2%), 하차 중에 80건(24.0%)이 발생하였다. 문틈사이 끼임은 객실 내에서 28건(59.6%), 승차를 위해 대기 중인 승강장에서 17건(36.2%)로 나타났다.

3.1.2 승객 연령별

출입문 끼임사건 중 승객의 연령 확인이 가능한 사건은 334건이었으며 Table 4와 같다.

승차 중에 290건, 하차 중에 44건이 발생하였다. 이 중 승차 중 218건(75.2%), 하차 중 29건(65.9%) 등 247건(74%)이 50대 이상에서 발생하였다. 특히, 승강장에서 승차대기 중 출입문 틈 사이에 끼이는 사건의 87.5%가 50대 이상에서 발생하였다. 이는 승차 대기 중 열차가 정차하면 전동차 출입문에 손을 짚어 발생하였다.

Table 4. Door traps incident by age

Division	Age	Total	Under 10	11~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80~89	Over 90
		Total	334	16	7	13	31	20	50	65	100	29
door traps	Subtotal	290	4	4	13	31	20	48	61	86	23	0
	Get On	217	2	3	11	26	19	33	50	60	13	0
	Get Off	73	2	1	2	5	1	15	11	26	10	0
Side door pocket traps	Subtotal	44	12	3	0	0	0	2	4	14	6	3
	Indoor	28	10	3	0	0	0	1	3	5	3	3
	Platform	16	2	0	0	0	0	1	1	9	3	0

3.1.3 기관사 경력별

경력별 분포인원이 달라 출입문 끼임 발생건수를 기관사 경력별로 나누어 출입문 끼임사건 빈도를 표준화하여 Fig. 1과 같이 나타내었다. 경력 5년 이하 0.7건에서 점차 증가하여 16~20년 경력구간에서 2.0건으로 가장 높게 나타났으며, 21년 이상에서 가장 낮게 나타났다. 16~20년 경력 기관사는 입사 이후 발령받은 호선에서 계속근무하면서 반복 작업에 따른 매너리즘에 의한 것으로 볼 수 있다. 21년 이상 경력기관사는 업무역량이 우수한 집단으로 대부분 신규기관사 지도업무를 겸하고 있어 낮게 나타난다.

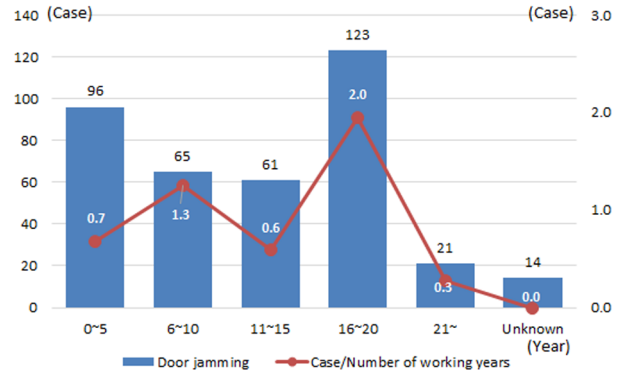


Fig. 1. Working years of railway driver.

3.2 출입문 끼임사건의 인적요인 분석

출입문 끼임사건이 발생하는 원인을 도출하기 위하여 출입문 끼임사건을 조사 및 처리하는 담당자 5명으로 구성된 전문가 집단의 Brainstorming을 시행하였다. 그 결과를 바탕으로 Fig. 2와 같이 Incident Tree를 작성하였다.

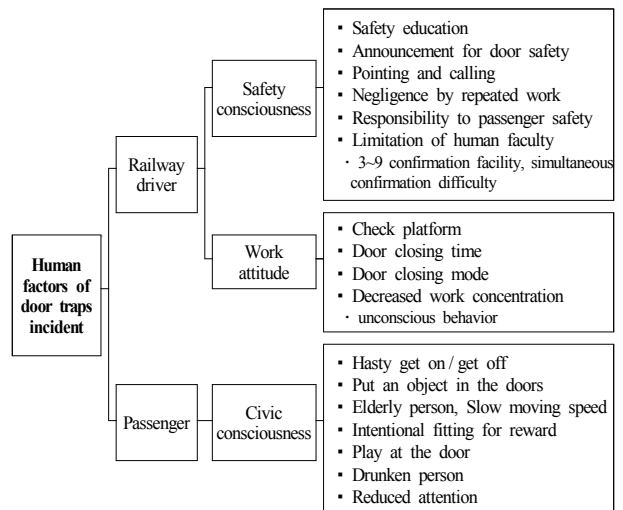


Fig. 2. Incident tree of door traps by human factors.

출입문 끼임사건이 발생하는 인적요인으로 기관사 요인과 승객요인으로 분류하였다. 기관사요인은 안전 의식과 업무태도로 나누어 탐색하였다. 안전의식으로는 출입문 취급 안전교육, 출입문 안전 안내방송, 지적 확인, 반복 작업에 의한 태만, 승객안전에 대한 책임감, 인간능력의 한계(3~9개 확인 설비 동시에 확인 불가) 등 6개 항목으로 나타났다. 업무 태도는 승강장 확인 상태, 출입문 닫는 시점, 출입문 닫힘 모드(자동, 수동) 상태, 업무 집중력 저하가 출입문 끼임을 유발하는 4개 인자로 나타났다. 승객요인은 시민의식으로 원인요인을 탐색하였다. 무리한 승·하차와 고령자의 이동속도 느림, 출입문 근처 장난, 음주자, 스마트폰 사용으로 주의력 저하 등 질서외식 부족이 등 7개 항목이 출입문 끼임을 유발하는 인자로 나타났다.

### 3.3 설문조사 분석

설문지는 기관사 445명에게 배부하여 408부를 회수하였다. 호선별, 경력별 분포는 Table 5와 같다.

Table 5. Characteristics of respondents

Division	Total	%	Less than 5 years	6~10 years	11~15 years	16~20 years	More than 21 years
Total	408		94	79	84	88	63
	%	100	23.0	19.4	20.6	21.6	15.4
Line 1	147	36.0	56	23	19	28	21
Line 2	185	45.4	30	47	37	39	32
Line 3	76	18.6	8	9	28	21	10

#### 3.3.1 기관사 요인

기관사의 인적요인에 대한 호선과 경력별 설문 분석 결과는 Table 6과 같다.

기관사의 안전교육은 4.54점으로 매우 충실히 시행하고 있는 것으로 평가되었으나, 필요성은 3.14점으로 보통수준으로 교육의 형식적 시행여부 등을 재검토 해보아야 한다. 승강장 확인 4.65점, 끼임 발견 시 재개폐 4.11점, 출입문 닫힘 안내방송 4.36점으로 적극적으로 업무수행을 하고 있음을 알 수 있다. 출입문 재개폐 후 안내방송은 3.72점, 평소 출입문 안전 안내방송 3.15점으로 보통 수준으로 개선이 필요하다. 기관사들은 운행 중 집중력유지(2.32점)가 낮으며, 무의식적 출입문 취급(3.08점)과 출입문 끼임의 사후인지(3.43점)도 빈번한 것으로 나타났다. 전반적으로 3호선과 16~20년 경력기관사의 평균이 낮은 것으로 나타났다.

부산도시철도는 각 호선별 승객수송량, 열차횟수, 운행거리가 Table 7과 같이 차이가 나며, 기관사들이 느끼는 업무강도가 달라 호선별 분석을 시행하였다.

Table 6. Operators' factor by line and working years

	Mean	Std. Deviation	Line			Working years				
			1	2	3	Less than 5	6~10	11~15	16~20	More than 21
Completion of safety education(Month)	4.54	.902	4.52	4.72	4.16	4.69	4.58	4.35	4.49	4.60
The need for safety education	3.14	.944	3.07	3.25	2.99	3.20	3.10	3.01	3.22	3.14
Platform safety check	4.65	.508	4.65	4.70	4.54	4.71	4.59	4.67	4.70	4.52
Closing time of door	3.41	.939	3.46	3.35	3.47	3.30	3.32	3.60	3.34	3.54
Reopening when door traps is found	4.05	.820	4.11	4.16	3.67	4.03	4.09	4.12	4.05	3.95
Risk announcement after door reopening and closing	3.72	1.040	3.83	3.70	3.57	4.00	4.05	3.60	3.55	3.30
Doors safety announcement	3.15	.942	3.22	3.15	3.05	3.24	3.24	3.17	3.14	2.92
Announcement in door closure	4.36	.741	4.17	4.55	4.26	4.56	4.47	4.35	4.23	4.11
Decrease in concentration during operation	2.32	.857	2.27	2.30	2.47	2.35	2.30	2.33	2.22	2.43
Unconscious door operation	3.08	1.058	3.06	3.09	3.09	3.17	2.95	3.26	2.94	3.05
Recognition time of door traps	3.43	1.093	3.31	3.47	3.55	3.62	3.34	3.54	3.38	3.17
Notification of facility failure	4.33	.632	4.35	4.38	4.18	4.53	4.23	4.39	4.20	4.27

Table 7. Operation status of Busan Transportation Corporation (2016)

Division	Total	Line 1	Line 2	Line 3
Operation route(km)	95.8	32.5	45.2	18.1
Station(ea.)	94	34	43	17
Operation time(min)	180	62	84	34
Passenger(day, %)	873	447	332	94

호선별 사후검증 결과는 Table 8과 같다. 안전교육 경험, 출입문 끼임 시 재개폐, 출입문 닫힘 안내방송 등 3개에서 유의한 차이가 나타났다. 안전교육 이수는 3호선이 1, 2호선보다 각 0.359점, 0.561점 낮은 것으로 유의하게 나타났다. 출입문 끼임 시 재개폐도 3호선이 1, 2호선보다 각 0.438점, 0.491점 낮으며, 출입문 닫힘 방송은 2호선이 1, 3호선 보다 0.376점, 0.238점 많이 하는 것으로 유의하게 나타났다. 이는 앞서 사례연구에서 살펴본 바와 같이 출입문 끼임사건이 적은 2호선이 업무태도가 우수하며, 그렇지 않은 3호선에서 발생 빈도가 높은 것과 일치한다.

기관사 근무경력으로 사후검증 결과는 Table 9와 같다. 재개폐 후 위험 안내방송, 출입문 닫힘 안내방송, 승강장 확인 설비 이상시 신고 등 3개 항목에서 유의

Table 8. Post hoc multiple comparison of operator factor(Line)

Dependent variable	Line	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence interval		
					Lower bound	Upper bound	
Completion of safety education (Month)	1	2	-.202	.096	.107	-.43	.03
		3	.359*	.143	.039	.01	.71
	2	1	.202	.096	.107	-.03	.43
		3	.561*	.130	.000	.25	.88
	3	1	-.359*	.143	.039	-.71	-.01
		2	-.561*	.130	.000	-.88	-.25
Reopening when door traps is found	1	2	-.053	.089	.834	-.27	.16
		3	.438*	.113	.001	.16	.72
	2	1	.053	.089	.834	-.16	.27
		3	.491*	.109	.000	.22	.76
	3	1	-.438*	.113	.001	-.72	-.16
		2	-.491*	.109	.000	-.76	-.22
Announcement in door closure	1	2	-.376*	.080	.000	-.57	-.18
		3	-.093	.102	.660	-.34	.16
	2	1	.376*	.080	.000	.18	.57
		3	.283*	.098	.017	.04	.52
	3	1	.093	.102	.660	-.16	.34
		2	-.283*	.098	.017	-.52	-.04

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

하게 나타났다. 재 개폐 후 위험 안내방송은 5년 이하가 16~20과 21년 이상 집단보다 각 0.455점, 0.698점 많이 하는 것으로 나타났으며, 6~10년 집단은 11~15년, 16~20년, 21년 이상의 집단보다 각 0.455점, 0.505점, 0.749점 많이 하는 것으로 나타났다. 경력 21년 이상이 가장 작게 하고 6~10년에서 가장 많이 하는 것으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 출입문 닫힘 안내방송은 5년 이하가 16~20년과 21년 이상보다 각 0.337점, 0.453점 높은 것으로 나타났다. 출입문 닫힘 안내방송은 21년 이상이 가장 작게 하는 것으로 나타났다. 승강장 확인 설비 이상시 신고는 5년 이하가 6~10년과 16~20년 보다 각 0.304점, 0.327점 높은 것으로 나타났다. 유의한 차이가 있는 출입문 재 개폐 후 위험 안내방송, 출입문 닫힘 방송 및 확인 설비 이상시 신고에서 5년 이하의 신규기관사들이 적극적 업무수행을 수행하고 있음을 확인하였다. 또한, 경력이 많아질수록 소극적으로 업무를 수행 하는 것으로 나타났다. 이는 경력 별 출입문 끼임 사건 사례 분석에서 경력이 증가하면서 출입문 끼임이 증가하는 것과 일치하는 결과이다. 따라서 기관사 업무의 전문성과 연속성을 고려하여 11~15년 근무 시 비 기관사업무로의 직무변경이나 호선간 순환근무 등 안식년 제도를 도입할 필요가 있다.

Table 9. Post hoc multiple comparison of operator factor (Working years)

Dependent variable	Working years	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence interval		
					Lower bound	Upper bound	
Risk announcement after door reopening and closing	Less than 5	6~10	-.051	.148	1.000	-.47	.37
		11~15	.405	.145	.057	-.01	.82
		16~20	.455*	.151	.030	.03	.88
	6~10	More than 21	.698*	.168	.001	.22	1.18
		Less than 5	.051	.148	1.000	-.37	.47
		11~15	.455*	.152	.032	.02	.89
	11~15	16~20	.505*	.158	.017	.06	.95
		More than 21	.749*	.174	.000	.25	1.24
		Less than 5	-.405	.145	.057	-.82	.01
	16~20	6~10	-.455*	.152	.032	-.89	-.02
		11~15	.050	.156	1.000	-.39	.49
		More than 21	.294	.172	.609	-.20	.78
More than 21	Less than 5	-.455*	.151	.030	-.88	-.03	
	6~10	-.505*	.158	.017	-.95	-.06	
	11~15	-.050	.156	1.000	-.49	.39	
Announcement in door closure	Less than 5	6~10	.244	.177	.845	-.26	.75
		11~15	.244	.177	.845	-.26	.75
		More than 21	.244	.177	.845	-.26	.75
	6~10	5년 이하	-.698*	.168	.001	-1.18	-.22
		6~10	-.749*	.174	.000	-1.24	-.25
		11~15	-.294	.172	.609	-.78	.20
	11~15	16~20	-.244	.177	.845	-.75	.26
		Less than 5	.095	.111	.946	-.25	.44
		11~15	.219	.109	.407	-.12	.56
	16~20	16~20	.337*	.108	.047	.00	.67
		More than 21	.453*	.118	.006	.09	.82
		Less than 5	-.095	.111	.946	-.44	.25
More than 21	11~15	.123	.114	.884	-.23	.48	
	16~20	.241	.113	.336	-.11	.59	
	More than 21	.357	.123	.079	-.02	.74	
Notification of facility failure	Less than 5	Less than 5	-.219	.109	.407	-.56	.12
		6~10	-.123	.114	.884	-.48	.23
		16~20	.118	.111	.889	-.23	.46
	6~10	More than 21	.234	.121	.446	-.14	.61
		Less than 5	-.337*	.108	.047	-.67	.00
		6~10	-.241	.113	.336	-.59	.11
	11~15	11~15	-.118	.111	.889	-.46	.23
		More than 21	.116	.120	.919	-.26	.49
		5년 이하	-.453*	.118	.006	-.82	-.09
	16~20	6~10	-.357	.123	.079	-.74	.02
		11~15	-.234	.121	.446	-.61	.14
		16~20	-.116	.120	.919	-.49	.26
Risk announcement after door reopening and closing	Less than 5	6~10	.304*	.095	.038	.01	.60
		11~15	.139	.093	.696	-.15	.43
		16~20	.327*	.092	.015	.04	.61
	6~10	More than 21	.262	.101	.156	-.05	.58
		Less than 5	-.304*	.095	.038	-.60	-.01
		11~15	-.165	.098	.582	-.47	.14
	11~15	16~20	.023	.096	1.000	-.28	.32
		More than 21	-.042	.105	.997	-.37	.28
		Less than 5	-.139	.093	.696	-.43	.15
	16~20	6~10	.165	.098	.582	-.14	.47
		16~20	.188	.095	.416	-.11	.48
		More than 21	.123	.104	.843	-.20	.44
More than 21	Less than 5	-.327*	.092	.015	-.61	-.04	
	6~10	-.023	.096	1.000	-.32	.28	
	11~15	-.188	.095	.416	-.48	.11	
Risk announcement after door reopening and closing	More than 21	More than 21	-.065	.103	.982	-.38	.25
		5년 이하	-.262	.101	.156	-.58	.05
		6~10	.042	.105	.997	-.28	.37
Notification of facility failure	More than 21	11~15	-.123	.104	.843	-.44	.20
		16~20	.065	.103	.982	-.25	.38
		Less than 5	-.065	.103	.982	-.25	.38

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

### 3.3.2 승객 행동요인

기관사가 출입문 취급 중 느끼는 승객의 불안정한 행동 요인을 다중선택하도록 하였다. 그 결과는 Table 10 과 같다. 승객의 무리한 승·하차 99.26%, 고령자의 늦은 이동 86.52%, 스마트폰 사용으로 인한 주의력 저하 62.01%, 가방 등 휴대품 끼움 59.31%, 음주자 46.08%, 출입문 앞에서 장난 45.01%, 교통약자 42.16% 순으로 나타났다. 승객이 많아 늦게 승차 또는 하차, 승객이 출입문에 장난 및 가방 등 휴대품 끼움은 2호선이, 스마트폰 사용으로 주의력 저하와 교통약자는 3호선 기관사들이 위험을 크게 느끼는 것으로 나타났다. 출입문에서 장난에 대하여 6~10년(53.16%), 5년 이하(50.00%)에서 많은 것으로 느끼고 있으며, 가방 등 휴대품 끼움은 21년 이상에서, 교통약자에 대하여는 16~20년 경력의 기관사들이 위험성을 크게 느끼는 것으로 나타났다. 따라서 안전한 도시철도 이용문화 정착을 위한 홍보가 필요하다.

Table 10. Passengers' factors by line and working years (Multiple-choice, %)

	%	Line			Working years				
		1	2	3	Less than 5	6~10	11~15	16~20	More than 21
Hasty get on/get off	99.26	84.35	100.00	98.68	98.94	100.00	100.00	98.86	98.41
Elderly person, Slow moving speed	86.52	77.55	85.41	81.58	87.23	83.54	86.90	84.09	92.06
Late getting on because of many passengers	65.20	58.50	64.86	56.58	68.09	64.56	67.86	61.36	63.49
Use mobile, Reduced attention	62.01	55.78	57.84	65.79	59.57	63.29	64.29	63.64	58.73
Drunken person	46.08	42.86	47.03	35.53	44.68	50.63	40.48	50.00	44.44
Play at the door	45.10	34.69	50.27	34.21	50.00	53.16	40.48	42.05	38.10
Intentional fitting for reward	59.31	51.70	65.95	44.74	48.94	58.23	55.95	63.64	74.60
Transportation vulnerable	42.16	35.37	40.00	46.05	41.49	34.18	45.24	48.86	39.68

### 3.4 출입문 끼임사건 감소방안

출입문 끼임사건이 발생하는 주요한 변수로 기관사와 승객요인으로 나누어 살펴보았다. 기관사 요인은 경력이 많아지면서 반복 작업에 의한 무감각, 무의식적 취급, 형식적 교육, 위험 예고 안내방송, 근무태도, 출입문 끼임 사후인지 등이 문제점으로 나타났다. 승객요인은 무리한 승·하차, 고령자의 느린 이동 등이 가장 큰 문제점으로 나타났다. 출입문 끼임사건 감소방안으로 기관사요인과 승객요인 및 안전한 도시철도 이용을 위한 홍보요인으로 구분하여 감소방안을 제시하였다.

### 3.4.1 기관사요인에 대한 개선방안

#### 1) 비 기관사 업무 또는 타 호선 전보 등 변화유도

기관사 근무 특성상 발생하는 반복 작업으로 무감각, 무의식적 출입문 취급이 높으며, 안내방송 등 소극적 업무를 하고 있는 16~20년 근무경력에서 출입문 끼임 사건 발생이 높은 것으로 확인 되었다. 또한, 호선간 업무태도에도 차이가 나타났다. 따라서 11~15년 근무 시 비 기관사 업무 또는 호선간 전보 등을 통해 변화를 유도할 필요가 있다. 비 기관사 업무 기간은 업무의 전문성 등을 감안하여 1년 정도가 적합하며, 다음과 같이 정하였다. 철도운영기관은 철도안전법 제7조에 따라 안전관리체계를 작성 국토교통부 승인을 받아 운영하고 있다. 부산도시철도의 안전관리체계는 기관사가 타 호선 전보 시 60시간 이상, 비 승무업무 수행 시 40시간 이상 실무교육을 이수토록 하고 있다. 교육이후 업무미숙으로 인한 위험성을 감안 3개월간 추가교육 등 집중관리 하고 있다<sup>11)</sup>. 또한, 전보로 인한 능률 저하를 방지하고 안정적인 직무수행을 위해 6개월의 전보제한 기간을 두고 있다<sup>12)</sup>. 따라서 경험이 필요한 직무특성과 업무의 적응기간 인사의 효율성 등을 고려하여 1년 정도가 필요할 것으로 사료된다.

#### 2) 기관사 현장교육 방법 개선

기관사에 대한 교육은 직무교육(6년), 직장교육(월 2시간), 일일 안전교육(매일 10분), 기타 교육 및 관리자가 운행하는 열차에 탑승하여 교육하는 승무 중 현장교육을 시행하고 있다<sup>11)</sup>. 출입문 안전 관련 교육은 일일 안전교육에서 이루어지고 있어 교육 담당자의 능력에 영향을 받게 된다. 따라서 교육 담당자에 대한 OJT(On the Job Training)교육 역량을 강화하여야 하고 근무경력에 따른 맞춤형 교육으로 변화가 필요하다. 또한, 근무경력과 호선별 특성에 따른 일일 안전교육을 시행하여야 한다.

도시철도 기관사는 1인 근무로 인해 관리자가 근무태도를 확인 할 수 없다. 승무 현장교육을 정기적으로 시행하여 안내방송, 출입문 취급 방법을 보완하고, 근무 분위기 전환을 유도하여 집중력 향상 등 근무태도를 개선하여야 한다.

#### 3) 출입문 물체 확인센서 설치로 끼임 사후인지 예방

기관사는 후사경과 CCTV 등 감시설비에 의해서 승강장(출입문) 안전을 파악하게 된다. PSD가 설치되면서 전동차와 PSD구조체 사이에 공간이 생겼으며, 기관사가 감시설비로 확인할 수 없는 영역이 생겨남에 따라 출입문 끼임을 늦게 인지하는 사례가 늘어나고 있

다. 도시철도의 CCTV는 승강장의 형태에 따라 직선역 2량, 곡선 역에는 1량 당 1대를 설치 운영하고 있다. CCTV 증설이 승강장과 승객동태 파악이 용이할 수 있지만, 20~40초의 짧은 정차시간 동안 모든 CCTV를 확인하고 출입문 닫는 시점을 선택하는 것은 쉽지 않다. 따라서 PSD와 전동차 출입문 사이에 물체 있음을 직관적으로 표시하여 기관사가 전체 출입문의 안전 상태를 파악하고 출입문 닫는 시점을 결정하여 끼임 발생 시 기관사가 즉시 확인 가능하며, 자동으로 다시 열리는 시스템이 필요하다.

4) 정차시간 탄력적 적용으로 승객 분산

도시철도의 정차시간은 여객의 승·하차시간 등에 의해 그 장단이 결정되고, 정차시간의 장단은 당해 선구의 운전시격의 장단, 선로용량 등에 영향을 받으며, 역 계단의 폭, 승강장의 폭, 승강장의 종류, 차량 출입문의 폭, 개수에 영향을 받는다. 역마다 승객의 유동이 다르기 때문에 일률적으로 적용하기는 다소 어려움이 있다<sup>13)</sup>. 그러나 도시철도는 승객의 유동이 다른 출·퇴근시간과 평상시의 정차시간이 20~40초 일정하게 되어 있어 출퇴근시간엔 승객의 증가로 인한 승·하차 지연으로 열차가 지연되고, 평상시에는 여유가 있게 된다. 기관사는 출퇴근 시간 정시운전 압박으로 무리한 출입문 취급으로 출입문 끼임사건을 유발할 수 있다. 따라서 기관사의 안전한 출입문 취급을 위해 승객유동에 따라 정차시간의 탄력적 적용이 필요하다.

3.4.2 승객요인에 대한 개선방안

1) 승강장 안전요원 배치

무리한 승·하차, 환승역 등에서 많은 승객으로 CCTV·후사경을 통한 승강장 확인이 어려운 문제점 해소를 위해 안전요원 배치가 필요하다. 운영기관의 인력과 예산 등이 수반되므로 출퇴근시간 및 환승역 등 혼잡역에 우선 배치하고 여건이 개선되면 평상시로 확대를 검토할 필요가 있다.

2) 무리한 승차 방지를 위한 계단, 승강기 앞 안전펜스 설치

승강장에 확인을 위해 기관사는 CCTV 및 후사경을 순차적으로 확인하고 있다. 계단 및 승강기에서 갑자기 뛰어 타는 승객을 파악하기에는 기관사의 인지능력에 한계가 있다. 따라서 승객의 동선을 길게 하여 기관사가 승객의 이동을 확인할 수 있는 시간을 확보하고, 무리한 승차를 예방하기 위하여 계단과 승강기 앞에 안전펜스 설치가 필요하다.

안전펜스의 길이는 출입문 닫히는 시간을 기준으로 3~4.5 m를 제안한다. 도시철도의 출입문 닫히는 시간은 3초±0.5초이며<sup>8)</sup>, 도시철도건설규칙은 승강장의 연단에서 1.5m이내에는 기둥, 계단을 설치하지 못하도록 하고 있어 계단과 승강장 연단까지의 최소 폭을 1.5 m 이상으로 하였다. 안전펜스는 뛰어 타는 것을 방지하기 위해서 길이를 최대한 확보할 필요가 있어 가장 이동속도가 빠른 20대의 보행속도 2.02 m/s, 평균 보행속도 1.55 m/s로 하여<sup>14)</sup> 다음과 같이 산출하였다.

$$FL = dc \times v - w$$

FL: 안전펜스 길이(m), dc: 출입문 닫히는 시간(3초), v: 보행속도(1.55~2.02 m/s) w: 승강장 최소 폭(1.5 m)

출입문이 닫히는 3초 동안 최대 6.06 m, 평균 4.65 m 이동하게 된다. 따라서 계단과 승강장 연단까지의 거리 1.5 m를 제하여 3.16~4.56 m가 산출되었으나 현장 적용 편리성을 감안하여 3~4.5 m를 제시하였다. 또한, 안전펜스 설치 시 안전펜스의 끝단을 전동차의 출입문과 출입문 사이에 배치하여 승객의 이동 거리를 연장을 고려하여야 한다.

3.4.3 안전한 도시철도 이용문화 정착을 위한 홍보

도시철도운영기관의 자체 홍보는 승강장, 열차안내 방송, 홍보물배포, 안전 캠페인 등에 머물고 있으며, 홍보효과가 큰 TV, 신문 등 대중매체의 통한 홍보는 예산의 한계로 어려움이 있다. 도시철도는 서울, 인천, 대전, 대구, 광주, 부산 등 6개 도시와 광역 철도에서 많은 열차가 운행하고 있어 출입문 끼임 등 안전사고가 발생가능성이 높다. 승객의 무리한 승·하차, 스마트폰 사용 등 불안정한 행동이 출입문 끼임사건의 유발요인으로 나타났다. 또한, 출입문 끼임사건의 결과는 사망에 이르는 등 위험성이 매우 크다. 그러므로 안전한 도시철도의 안전한 이용에 대한 체계적 홍보로 시민의식을 개선할 필요가 있다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 도시철도 출입문 끼임 발생의 인적요인의 원인과 감소방안을 제시하기 위하여 출입문 끼임사건 사례분석, 원인요인 확인을 위한 전문가집단의 Brainstorming, 설문조사를 통하여 문제점을 도출하였다.

출입문 끼임 사건은 50세 이상에서 75.2% 발생하였으며, 기관사 경력이 높아짐에 따라 함께 증가하였다.

출입문 끼임 사건이 발생하는 인적요인에 대하여 Brainstorming 결과 기관사요인 10개, 승객요인 7개 등 17개의 요인을 도출하여 설문조사에 활용하였다.

설문조사 결과 운행 중 집중력 떨어지며, 무의식적 취급을 하며, 출입문 안전 안내방송, 닫힘 안내방송시행 등 소극적 업무 하는 집단에서 사건이 많이 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한, 기관사들은 승객의 무리한 승·하차 등 낮은 질서의식이 출입문 끼임 발생의 주요요인으로 보았다.

도시철도 출입문 끼임 사건 감소를 위한 기관사요인 개선방안으로는 기관사 업무와 비 기관사 업무의 순환 근무제도 도입, 전동차와 PSD사이 물체감지센서 설치, 교육방법 개선, 정차시간 탄력적 운용을 제안하였으며, 승객요인 개선방안으로 승강장안전요원 배치, 계단 및 승강기 앞 안전펜스 설치를 제안하였다. 또한, 도시철도 이용 문화 정착을 위한 홍보 등으로 원인요인을 제거해 나가면 도시철도 출입문 끼임사건이 감소할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구는 부산도시철도의 사례를 바탕으로 연구를 수행하였기에 전국 도시철도의 적용에는 한계가 있다. 또한, 시스템적 불안요인 및 기관사의 조작실수에 대한 깊은 연구가 부족하였다. 향후 시스템적 불안요인과 기관사의 휴먼에러 측면에서의 추가적인 연구가 필요하다.

**감사의 글:** 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년)에 의하여 연구되었음

## References

- 1) Busan Transportation Corporation “2016 Business Statistics”, 2016.
- 2) Korean Statistical Information Service, “Traffic Volume Survey”, 2016.
- 3) J. H. Ko, W. D. Jung and J. H. Kim, “An Analysis of Human Error Mode and Type in the Railway Accidents and Incidents”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 22, No. 4, pp. 66~71, 2007,
- 4) Rail Safety Information System, “Railway Traffic Accidents Status”, 2011~2015.
- 5) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, “3rd Comprehensive Plans for Railway Safety(2016~2020)”, 2016.
- 6) J. I. Kim and K. S. Kim, “A Study on Type Analysis of Death & Injury Accidents at Seoul Subway”, Journal of the Korean Society for Railway, 2015.
- 7) RSSB, “Minimisation of Accidents at the Train/Platform interface”, p. 12, 2006.
- 8) Busan Transportation Corporation, “Metro Operating System”, 2016.
- 9) C. W. Park, J. B. Wang and Y. O. Cho, “Development of Accident Scenario Models for the Risk Assessment of Railway Casualty Accidents”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 24, No. 3, pp. 79~87, 2009.
- 10) The Kyunghyang Shinmun, “In 5months..A Subway Passenger was Traps in a PSD”, p. 10, 2016.10.20.
- 11) Busan Transportation Corporation, “Safety Management System”, 2018.
- 12) Busan Transportation Corporation, “Personnel Regulations”, 2018
- 13) U. I. Kim, “Operational Theory”, Korea Railroad Technology Association, 1999.
- 14) Road Traffic Safety & Management Authority, “Traffic Accident Investigation Manual”, p. 45, 2001.
- 15) T. Y. Pak, “A Study on the Reducing Traps Incident of Metro Train Door”, Master Thesis, Pukyong National University, 2017.