

# 승강장 스크린도어 설치에 따른 안전 만족도의 구조방정식 분석

- 대구 도시철도 문양역을 중심으로\*

## An Analysis of the Satisfaction of Safety according to Installation of Platform Screen Door Using Structural Equation Model

- Centered Munyang Station of the Daegu Metropolitan Subway

나홍엽\*\* · 정병두\*\*\*

Na, Hong-Yup · Jung, Byung-Doo

### Abstract

As Rope Type Platform Safety Door (RPSD) is now commercially available, its technology and public sentiment towards RPSD are being under scrutiny. The study focuses on RPSD, in which a rope screen ascends to allow safe passage from the platform to the transit vehicle in aboveground stations. In this background in order to secure passengers' safety in the ground station platform, it will be significant to analyze the safety of the ground station where screen door yet to be installed and to give direction for facility plan through passengers' satisfaction of safety of operation and installation, by selecting screen door appropriate to ground station. Accordingly, this study tried to investigate the present condition of PSD, and to give direction that can be reflected in the future facility plan through analysis of danger of station platform where screen door is not set up and analysis of safety satisfaction of rope platform screen door selected as the alternative of the ground station platform screen door with passengers using ground station. Therefore, this study evaluates the satisfaction of safety and analyzed structural equation modeling on the trial RDSD installed in Munyang Station of the Daegu Metropolitan Subway.

키 워 드 · 로프스크린도어, 안전의식, 만족도, 구조방정식

Keywords · Rope Type Platform Safe Door(RPSD), Safety Consciousness, Satisfactions, Structural Equation Modeling(SEM)

### I. 서론

승강장의 승객안전방재 시스템 중 하나인 스크린도어(Platform Screen Door, 이하 PSD)는 승객의 안전사고예방에 크게 기여하고 있다. 실제로 서울메트로 승강장에서는 PSD 설치가 100% 완료된 이후 승강장 안전사고 'Zero'가 달성되는 등 자살사고가

대부분인 철도교통사고 건수가 스크린도어 운영을 통해 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 이처럼 PSD는 승강장 안전사고뿐만 아니라 에너지 절감과 열차소음 방지 등 부수적 효과도 가지고 있어 승강장 내부의 공기 질 개선 및 쾌적한 승강장 환경에 크게 기여하여 세계적으로 확대 설치되고 있는 추세이다(Jung and Kim, 2014).

\* 2014년도 철도기술연구사업(14RTRP-B067916-02)의 지원에 의하여 연구되었음.

\*\* Urban Science Institute, Transportation Research Center(destinyair@naver.com)

\*\*\* Keimyung University(Corresponding author : Jungbd@kmu.ac.kr)

한국에서는 2004년 최초로 도입된 이래 최근 철도 승강장 안전에 대한 관심이 높아지면서 안전펜스가 아닌 PSD만을 설치하도록 승강장 안전관리규정을 강화하는 등 '철도시설의 기술기준에 의거 스크린도어 설치를 의무화 했다. 이처럼 PSD는 승객 안전을 위해 승강장의 안전사고 예방에 큰 역할을 하고 있는데, 2009년 95건의 안전사고에서 2013년 46건, 2014년 7월까지 22건으로 스크린도어 설치가 늘어날수록 투신·추락 사고는 급격히 줄어드는 추세인 것으로 조사됐다<sup>1)</sup>(MLTL, 2010, Kim K. et al. 2012; Kim J. et al, 2013).

현재 전국 도시철도와 국철 821개 역사 중 PSD가 설치된 곳은 총 564곳으로 설치율이 68.7%에 이른다<sup>2)</sup>. 그러나 PSD 설치율이 95%인 지하 승강장과 달리 지상 승강장은 설치율이 크게 낮고 안전성이 취약하기 때문에 2009년부터 지상 승강장의 승객 안전사고가 크게 증가하고 있다.

이렇게 지상 승강장에서 철도교통사고 건수가 많이 발생하고 있음에도 불구하고 PSD 설치가 활성화되지 않는 이유는 지상 승강장과 다른 기상조건(눈, 비, 햇빛 등)에 따른 영향, 경관 및 부대시설 설비에 대한 영향, 차량편성과 길이, 출입문 위치 등 PSD 설치환경의 제약으로 볼 수 있다. 그 가운데 PSD 설비 및 설치가 활성화되지 않은 가장 결정적인 이유는 승강장에 정차하는 차량의 편성과 길이가 일정하지 않고, 기존 PSD는 열차 출입문과 1:1로 대응하는 방식이기 때문에 설치가 불가능하였다(Park and Jung, 2014).

이러한 기존의 PSD가 가지고 있는 자연환경 및 설치환경의 제약, 출입문 대응방식 등의 한계를 극복하기 위해 로프형 안전문(Rope-type Platform Safety Door, 이하 RPSD)이 개발되어 광주 녹동역과 대구 도시철도 2호선 문양역에 설치 시범운영 중에 있다<sup>3)</sup>(KOTI, 2013).

이와 관련하여 본 연구에서는 문양역 RPSD에 대하여 설치전·후 설문조사하여 승강장 안전의식을 분석하였으며, 안전성 향상을 위해 고려되어야 할 요인들을 기술적, 심리적, 자연적 요인으로 나누어 구조방정식 모형을 구축하였다. 그리고 스크린도어가 설치된 승강장을 이용하는 승객들의 안전성에 대한 만족도를 분석하여 시설설계 및 도입 시 안전성 향상 방향을 제시하고자 한다.

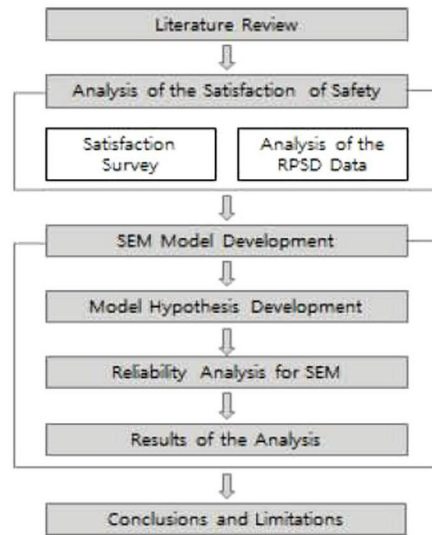


그림 1. 연구흐름도  
Fig. 1. Research flow chart

## II. 승강장 안전사고 및 PSD 설치 현황

### 1 승강장 스크린도어 및 안전사고 현황

#### 1) 승강장 스크린도어 설치현황

도시철도 총 540개 역중 432개역 설치 완료하여 80.0% 설치율을 보이고 있으며, PSD 설치율 100%의 역은 서울메트로, 서울도시철도, 서울 9호선, 인천공항철도, 대전도시철도이다. 지상역사 45개소 가운데 반 밀폐형은 41개소, 난간형은 2개소가

설치되어 있다.

광역철도 스크린도어 설치현황은 전체 228역 가운데 69역이 완료되었다. 지하역사는 52역 중 35역 설치되었고, 지상역사의 경우 76역 중 34역 설치 완료되어 미설치는 142역이다.

## 2) 국내외 승강장 안전사고

2008년부터 2012년까지 광역전철 223개 역의 최근 5년간 역사 내 여객사고(안전 및 자살 포함)를 살펴보면 연평균 84.8건이며, 전체 사망자만 35.2명에 달하는 것으로 나타났다.

서울 지하철의 경우, 2007~2009년까지 자살 사고가 대부분인 철도교통사고 건수가 유지 추세에서 2010년 스크린도어 운영을 통해 사고건수가 급격히 감소한다. 서울메트로의 여객 사상사고의 경우 최근 5년간 총 47건으로 나타났으며, 총 47건의 사상사고 중 46건의 사상사고가 스크린도어설치가

완공되기 이전에 발생한 것이다).

또한 PSD 설치를 100%인 서울지하철 1~9호선 역사에서는 단 한 건의 투신사고도 발생하지 않음으로써 스크린도어가 여객 자살 사상사고를 예방하는데 큰 효과가 있다는 것을 알 수 있다.

최근 5년간 코레일 역사별(KTX 통과구간 포함) 안전사고 현황에 따르면 총 424건의 안전사고의 발생으로 176명이 사망하였으며, 이 중 중상자도 평균 29.0명, 경상 25.2명으로 나타났다. 스크린도어가 확대 설치된 지난 2010년 이후부터는 사고건수가 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다.

한편 일본 수도권 철도 노선에서 기차 운행의 중단 및 지연을 일으키는 가장 큰 요인으로 승강장 내에서 승객에 의해 발생하는 사고를 가장 큰 요인으로 꼽고 있다.

2002년에서 2009년 사이에 발생한 여객 사상사고(자살포함)의 일본전역에서 발생한 철도 부상사고는 9,129건이며, 그 중의 절반 가까운 3,997건이 승강장 내에서 발생하였다.

그 중 수도권 철도역사 승강장 내에서 일어난 여객 사상 사고는 총 2,025건이며, 이것은 전국의 역사에서 발생한 여객 사상사고의 약 51%를 차지하는 규모로 수도권에서 발생하는 여객 사상사고의 비중이 매우 높음을 알 수 있다. 여객 사상사고의 내역을 살펴보면, 자살이 최다 1,270건(62.7%), 선로의 출입이 53건(2.6%), 승강장에서의 추락이 233건(11.5%), 승강장에서 열차와 접촉이 469건(23.2%)으로 나타났다.

표 1. 광역철도 PSD 설치현황

Table 1. Status of installing PSD at the metropolitan railway

Line	Total (Install.)	Install./Tot. stn.		Install. ratio
		Ground	Under	
Total	228(69)	34/176	35/52	30%
Gyeongbu	38(13)	13/38	0/0	34%
Janghang	6(0)	0/6	0/0	
Gyeongin	20(9)	9/20	0/0	45%
Gyeongwon	31(8)	8/31	0/0	26%
Jungang	19(0)	0/19	0/0	
Bundang	34(24)	0/1	24/33	71%
Gwacheon	8(3)	0/0	3/8	38%
Ansan	13(3)	3/13	0/0	23%
Ilsan	10(5)	1/3	4/7	50%
Gyeongui	22(4)	0/18	4/4	18%
Gyeongchun	19(0)	0/19	0/0	
Suin	8(0)	0/8	0/0	

note) Korea Railroad corp. (2014.3), Current status of safety fence and PSD.

## 2. 문양역 RPSD 시범설치현황

### 1) 문양역 RPSD 시스템 제원

RPSD 시스템은 승강장 연단이 고정기둥(lift post와 balance post), 안전문(Safe door), 슬라이딩

레일 등으로 구성되어 있다. 안전문은 이 슬라이딩 레일을 타고 상하 운동으로 제어되며, 승객이 승강장으로 추락하거나 차량과 충돌하는 사고를 예방하는 역할을 한다.

RPSD 시스템은 상하 개폐방식으로 공기 실린더를 이용하여 200m 규모까지 하나의 모듈로 운영하는 것으로 2006년 광주도시철도 1호선 녹동역에 설치되었다(Jung et al, 2013)<sup>6)</sup>. 지난 2013년 대구 도시철도 문양역에 시범 설치된 RPSD 시스템은 그림 1.과 같이 세이프도어 형태인데, 2단 상하 개폐방식이며 구동방식은 체인벨트 구동장치를 채택하고 있다. 안전문의 열림 높이는 1,900mm, RPSD 설치모듈은 차량길이와 동일하게 18m로 구성돼 있다.

## 2) 동작조건

자동운전의 통상 열림동작은 열차가 정차하면 열차 정차 일정 시간 후(3초) 주 제어장치는 열림 명령을 개별제어반(DCU)에 전송하고, 이를 수신하면 동작음(음성)이 울리고, 안전문 상부의 표시등(적색)이 점등하며 열림 동작을 개시한다. 그리고 주 제어장치는 승강장의 모든 개별제어반으로부터 열림 확인신호를 수신하면 승무원 조작반, 승강장 조작반에 열림 신호를 송신하고, 조작반은 열림 표시등을 점등한다.

자동운전의 닫힘동작은 열차가 승강장을 벗어나

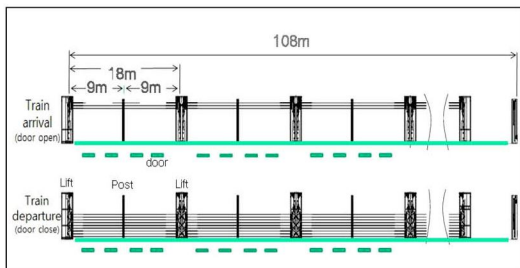


그림 2. RPSD 시스템의 기본 개념도  
Fig. 2. Structure of RPSD System

면 주 제어장치에서 닫힘 명령을 개별제어반(DCU)에 전송하고, 이를 수신하면 동작음(음성)이 울리고 닫힘 동작을 개시한다. 안전문이 완전히 닫히면 닫힘 확인센서가 ON되고 도어 상부의 표시등(적색)을 소등한다.<sup>7)</sup>



그림 3. RPSD 설치 현황(대구 도시철도 문양역)  
Fig. 3. RPSD at Muryang Station in Daegu

## III. 철도 승강장의 안전의식 분석

### 1. 설문조사 개요

승강장 안전사고 의식조사는 대구도시철도 2호선 문양역에 RPSD 설치 이전의 경우 설치 가상 이미지를 이용하여 2013년 1월 9일부터 3일간 현장 인터뷰 조사를 실시하였다. 그리고 RPSD 설치 이후의 조사는 문양역 대기 승객을 대상으로 설문 조사를 2013년 7월 11일부터 15일까지 실시하였다<sup>8)</sup>. 설문조사는 승객 이외 직원 및 관계자의 경우 문양역에 인접 위치한 차량기지에서 근무하는 동일 부서 직원을 대상으로 설치 전·후로 수행하였다. 유효표본 및 설문조사 개요는 표 2.에 제시하고 있다.

설문조사 응답자의 성별과 관련해서는 RPSD 설치 이전(남성: 66%, 여성: 34%)에 비해 설치 이후(남성: 51.6%, 여성: 48.4%) 남성 표본이 더 낮았다. 직업별 특성은 설치 전·후 조사 모두 회사원이 각각 45%, 34%로 가장 높았고, 그 외 주부, 기타,

자영업, 공무원 순으로 나타났다. 연령별로는 모두 31~40세가 각각 23%, 24%로 가장 높은 분포를 보여주고 있다.

표 2. 설문조사 개요

Table 2. Outline of Survey

Survey	Respondents	Frequency (%)	
RPSD_before (2013. 1. 9~11)	Station staffs	98	45%
	Passengers	120	55%
	Total	218	100%
RPSD_after (2013. 7. 11~15)	Station staffs	85	34%
	Passengers	167	66%
	Total	252	100%

## 2 안전시설이 없는 승강장의 안전의식

승강장 안전시설이 없는 승강장의 안전의식에 대해서는 설문조사 결과와 일본 사례를 비교해 보았다. “피크시 승하차 인원이 많아서 아주 혼잡한 상황에서 선로에 떨어지는 위험성”에 대해서 대구 문양역의 경우 위험하다고 응답한 비율이 87%이며, 일본의 경우는 1,150명을 대상으로 설문조사한 결

과 90%로 나타났다.

또한 “열차가 고속으로 통과하는 상황에서 안전의식”에 대해서는 응답자 중 84%가 위험성을 느낀다고 응답하였는데, 일본 사례에서는 80%로 나타났다).

이는 고속철도 승강장 안전의식이 일본보다 위험하다는 의식이 있는 것으로 나타났다. 그 원인은 고속철도의 경우 일본은 승강장 안전시설이 일부 설치되어 있다는 점이 영향을 미친 것으로 판단된다.

승강장 안전시설 중 안전펜스의 유효성 평가에 대한 설문조사 결과, 먼저 RPSD 설치 이전은 “승강장 안전펜스가 유효하다”는 응답이 69%이며, 반대로 “유효하지 않다”는 응답도 17%로 나타났다. 반면, RPSD 설치 이후에는 “승강장 안전펜스가 유효하다”는 응답이 73%, “유효하지 않다”는 응답이 14%로 나타났다.

이러한 RPSD 설치 전후의 의식변화는 RPSD가 문양역에 안전펜스를 대체하여 승강장 안전시설로 역할을 함에 따라 기존 안전펜스의 유효성이 낮게 평가된 것으로 판단된다.

표 3. 승강장 안전시설이 없는 승강장의 위험성  
Table 3. Public Perception on Platform Without Safety Fences

Survey	Congestion platform		Highspeed Trains passing	
	RPSD_before	RPSD_after	RPSD_before	RPSD_after
Most dangerous	66	60	58	54
	30.3%	26.2%	26.6%	21.4%
Dangerous	123	136	124	133
	56.4%	54.0%	56.9%	52.8%
Not sure	10	27	18	30
	4.6%	10.7%	8.3%	11.9%
Not dangerous	16	17	18	28
	7.3%	6.7%	8.3%	11.1%
Never dangerous	3	6	0	7
	1.4%	2.4%	0.0%	2.8%
Total	218	252	218	252
	100%	100%	100%	100%

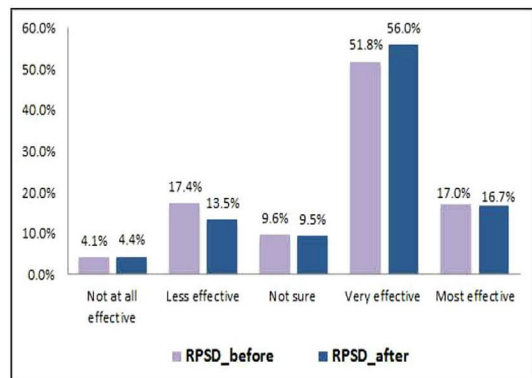


그림 4. 승강장 안전펜스의 위험성 방지 유효성  
Fig. 4. Effectiveness of the platform safety fence

## 3. 문양역 RPSD에 대한 감성평가

문양역 RPSD에 대하여 어떤 인상을 받았는지 설치 전과 설치 후의 열차 이용자의 감성적 반응을 정량적으로 측정하기 위한 관능(주관) 평가 방법으로는 의미분별법(SD, Semantic Differential)이 적용되었다.

스크린도어가 내려진 상태, 스크린도어가 올라간 상태에 대하여 Jung and Kim(2014) 연구<sup>10)</sup>에서는 안전(불안)한지, 세련되고 모던한 느낌이 있는지, 개방감(압박감)이 있는지, 견고한지, 쾌적한지 등을 전체적으로 평가하였다. 그리고 시스템을 설계하는 데 있어서 고려할 항목을 분석한바 있다.

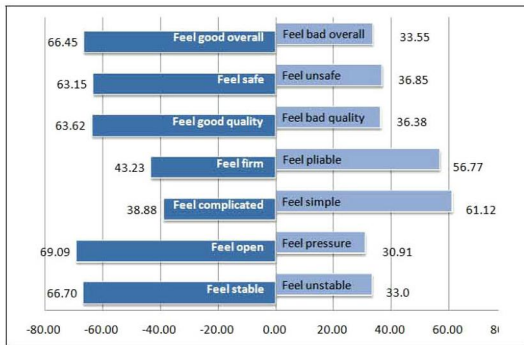


그림 5. RSD 닫힘 상태의 감성평가  
Fig. 5 Sentiment Evaluation of RPSD\_closed

실제 RPSD을 설치한 후 훨씬 안전하고 안정적으로 느끼고 있으며, 전체적으로 66.5%가 긍정적으로 평가하고 있었다. 평상시 내려진 상태에서 개방감(69.1%)과 안정감(66.7%)에서 가장 긍정적이었고, 단순성(61.1%)과 유연성(56.8%)에서 특히 부정적임을 알 수 있다.

#### IV. 스크린도어 안전 만족도에 대한 구조 방정식 분석

##### 1. 연구모형 및 가설

본 연구는 지상역사 승강장을 이용하는 승객들의 안전성을 향상시킬 수 있는 대안인 RPSD의 운영상황을 직접 확인한 승객(2차 조사자)을 대상으로 기술적 요인, 심리적 요인, 자연적 요인을 매개로 하여 안전성에 대한 만족도 구조방정식을 다음과 같은 연구가설 하에 분석하였다.

연구가설 H<sub>1</sub>: 기술적요인(안정성)이 좋을수록 승객들의 안전성에 대한 만족도는 높을 것이다.

연구가설 H<sub>2</sub>: 설치형태(미관)가 좋을수록 심리적 요인에 따른 승객들의 안정성에 대한 만족도는 높을 것이다.

연구가설 H<sub>3</sub>: 자연적 요인(일기)에 양호할수록 승객들의 안전성에 대한 만족도는 높을 것이다.

본 연구에서는 이러한 감성평가에 대한 요인분석에 근거하여 설계 시 고려할 요소의 측정변수와 잠재변수(요인) 간의 가설구조 관계를 구조방정식모형 (Structural Equation Modeling, SEM)을 적용하여 분석하였다<sup>11)</sup>. 여기서 구조방정식은 관측변수와 잠재변수들 간의 관계뿐만 아니라 잠재변수들 간의 인과관계(causal relationship)를 포함하고 있다. 그리고 2개의 평가인자, 역량인자는 RPSD 설계요소에 반대의 영향을 주는 것으로 가설화되었다. 구조방정식과 측정방정식을 모두 포함한 완전구조모형(full model)에 의해 다음 식(1)~(3)과 같이 정식화할 수 있다.

구조방정식

$$\eta = B \cdot \eta + \Gamma \cdot \xi + \zeta \quad (1)$$

측정방정식

$$y = A_y \eta + \epsilon \quad (2)$$

$$x = A_x \xi + \delta \quad (3)$$

여기서,

- $y$  : 내생관측변수
- $x$  : 외생관측변수(exogenous observed variable)
- $\eta, \xi$  : 잠재변수
- $\zeta, \epsilon, \delta$  : 다변량 정규분포에 따른 오차항
- $B, \Gamma, A_y$  : 추정될 파라미터 행렬

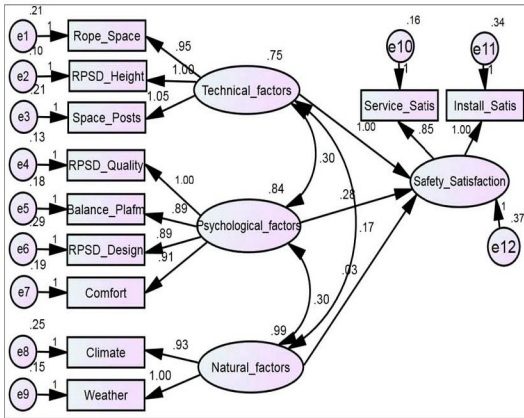


그림 6. 스크린도어 안전성 만족도의 구조방정식  
Fig. 6 SEM for the Safety and Satisfaction of Platform Screen Door

## 2. 신뢰성 및 타당성 검증

모형과 가설을 검증하기 전에 측정항목이 어느 정도 일관성 있게 측정되었는지 알아보기 위하여 먼저 신뢰성(reliability)<sup>12)</sup>을 검토하였다. 가장 대표적으로 쓰이는 신뢰성 Cronbach's Alpha( $\alpha$ )는 일반적으로 둘 이상의 개념 예측변수들의 집합에 대한 신뢰성 측정에 사용되며, 신뢰계수 범위는 0.7 이상이면 측정도구에 문제없다고 해석한다(Churchill, 1982).

본 연구에 사용된 잠재변수는 총 4개이며, 기술적 요인(안전성) 3개, 심리적 요인(외관) 4개, 자연적 요인(일기) 2개, 안전성에 대한 만족도 2개 총

11개 항목으로 구성돼 있다.

신뢰도 분석결과 모든 요인의 Chronbach's  $\alpha$  계수가 모두 0.8 이상을 상회하기 때문에 측정 변수의 신뢰성에는 문제가 없는 것으로 나타났다(Bagozzi and Yi, 1988).

표 4. 측정지표들의 신뢰도 분석  
Table 4. Reliability Analysis of all Variables

Unobserved variable	Variable name	Cronbach's $\alpha$
Technical factors (Safety)	Rope Space	.884
	RPSD Height	.879
	Space the posts	.881
Psychological factors (Appearance)	RPSD Quality	.875
	Balance with platform	.877
	RPSD Design	.878
	Comfort (Openness, Pressure)	.879
Natural factors (Weather)	Climate change	.894
	Weather change	.895
Safety and Satisfaction	Service condition	.875
	Install condition	.875

집중타당성이 있기 위해서는 표준화된 요인부하량은 최소 0.5 이상이 되어야 하고, 0.7 이상이면 바람직하며, 경로계수의 통계적인 유의성 Critical Ratio(C.R =Estimate/S.E)값은 1.965보다 크거나 p 값이 0.5보다 작으면 통계적으로 유의하다고 할 수 있다. 평균분산추출지수(AVE)의 경우 0.5 이상이고, 개념신뢰도의 경우 수치가 0.7 이상이면 수렴 타당성이 있다.

본 연구 모형에서 표준화된 요인 부하량이 모두 0.8이상으로 바람직하며, 평균분산추출지수(AVE) 값과 개념신뢰도는 모두 0.7, 0.8 이상으로 집중타당성에 문제가 없다고 판단된다.

## 3. 모형의 추정결과

전체 모형의 적합도 결과를 보면,  $\chi^2=82.28$

(df=38, p=.00), GFI=.943, AGFI=.901, CFI= .981으로 전체적으로 모형이 양호한 수준으로 나타났으며, 모형 적합도와 분석결과를 정리하면 표 5와 같다.

표 5. 모형의 분석 결과

Table 5. the Estimation results of SEM Analysis

Variable name		Results of the Analysis			
		Est	C.R	Reliability	AVE
Technical factors (Safety)	Rope Space	.869	22.8	.936	.829
	RPSD Height	.966	Fix		
	Space the posts	.884	23.9		
Psychological factors (Appearance)	RPSD Quality	.929	Fix	.940	.796
	Balance with platform	.886	22.4		
	RPSD Design	.835	19.4		
	Comfort (Open., Pressure)	.883	22.2		
Natural factors	Climate change	.898	8.19	.892	.805
	Weather change	.916	Fix		
Safety, Satisfaction	Service condition	.846	15.8	.863	.759
	Install condition	.892	Fix		
Sample size		252			
Chi-square		82.28			
Degree of freedom		38			
GFI(goodness-of-fit index)		0.943			
CFI(comparative fit index)		0.981			

본 연구의 가설검증은 가설을 구성하는 변수 간 경로계수의 확인을 통해 이루어진다. 본 연구의 최종모형에서 가설 검증결과는 연구가설 H<sub>1</sub>: ‘기술적 요인(안전성)이 좋을수록 승객들의 안전성에 대한 만족도는 높을 것이다.’는 비표준화계수 .496, 표준화계수 .539, 표준오차 .051, C.R=9.807(.496/.051), p=.00 < α=.05이므로 통계적으로 유의하다.

연구가설 H<sub>2</sub>: ‘설치형태(미관)가 좋을수록

심리적 요인에 따른 승객들의 안전성에 대한 만족도는 높을 것이다.’는 비표준화계수 .400, 표준화계수 .422, 표준오차 .053, C.R=7.57 (.400/.053), p=.00 < α=.05 이므로 통계적으로 유의함을 알 수 있다. 그러나 연구가설 H<sub>3</sub>: ‘자연적 요인(일기)에 양호할수록 승객들의 안전성에 대한 만족도는 높을 것이다.’는 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다.

표 6. 최종모형의 가설검증(경로계수) 결과

Table 6. The Hypothesis testing result and Standardized estimates

Results of the Analysis		Estimate	S.E	C.R	p	Hypothesis
H1	Technical factors → Satisfaction	.539	.051	9.80	.000	Accept
H2	Psychological factors → Satisfaction	.422	.053	7.57	.000	Accept
H3	Natural factors → Satisfaction	.072	.045	1.42	.155	Reject

## V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 지상역 승강장에서 승객의 안전 확보를 위해 스크린도어가 설치되지 않은 지상역사의 위험성에 대해 분석하고, 지상역사의 도입에 적절한 RPSD 운행 및 설치 상태의 안전성에 대한 승객들의 만족도를 구조방정식 모형을 통해 분석하였다.

스크린도어가 없는 철도 승강장의 위험성 조사결과, 「피크시 승하차 인원이 많아서 아주 혼잡한 상태의 승강장」 상황에서 선로에 떨어지는 위험성을 어느 정도 느끼십니까? 질문에 79.9%가 위험성을 감지하고 있었다. 또한, 안전펜스의 경우 안전사고 측면에 기여하는 바는 분명히 있으나 여전히



29.2%가 안전사고로부터 여전히 노출되어 있다고 응답하였으며, 이에 따른 스크린도어 필요성 인식조사 결과 스크린도어의 필요성은 73.4%로 매우 높은 것으로 나타났다.

한편, 지상역사 승강장을 이용하는 승객들의 안전성을 향상시킬 수 있는 스크린도어의 대안인 RPSD의 안전의식 조사 결과 82.9%가 '유효하다'고 응답하여 비교적 양호한 것으로 나타났으며 안전성이 중요한 설계 요소로 꼽고 있어서 안전에 대한 시민들의 의식 수준이 높아졌음을 보여준다.

구조방정식 모형은 RPSD 기술적 요인(안정성), 심리적 요인(미관), 자연적 요인(일기)이 안전성에 미치는 만족도를 분석하고자 하였다. 이를 검증한 결과, 신뢰도는 모든 요인의 Cronbach's  $\alpha$  계수가 모두 .8 이상을 상회하고, 타당성 검증 결과와 선행 연구의 이론적인 주장들을 통해 논리적으로 문제가 없는 것으로 판단된다.

그리고 본 모형의 적합도 지수는 전체적으로 양호하였으며, 기술적 요인(안정성)이 좋을수록, 설치형태(미관)가 좋을수록 심리적 요인에 따라 승객들의 안전성에 대한 만족도는 높아지는 것으로 나타났다. 기술적 요인에 의한 안전성 만족도의 표준화 계수가 .539로 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

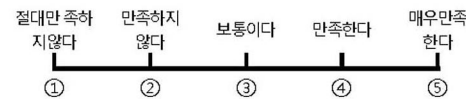
이상 대구도시철도 2호선 지상역인 문양역을 이용하는 승객들과 직원들을 대상으로 분석을 실시하였기 때문에 연구결과를 일반화하기에는 다소 한계가 있으나, 지상역사 승강장 스크린도어 도입의 필요성을 강조하였고, 지상역사 승강장을 이용하는 승객들의 안전성에 영향을 미치는 요인들에 대한 만족도를 구조방정식을 이용하여 정량적으로 제시하는데 의의가 있다고 판단된다.

향후 KTX 등 다양한 차종이 정차하는 복합 철도 승강장에 대한 RPSD 도입에 따른 연구도 필요할 것으로 판단되며, 지상역사의 설치를 위해 만들

어진 개방형 스크린도어와 RPSD의 비교 연구를 통해 승강장별 특성에 맞는 PSD 도입 기준과 신뢰도에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

- 주1. 국토교통부자료(2014.7)에 의하면, 지하철, 국철 승강장 투신 자살사고와 추락사고는 최근 6년간 349건이 일어났으며, 특히 스크린도어가 상대적으로 적은 국철 승강장에서 일어난 투신 및 추락사고 전체 사고 중 72.8%를 차지하고 있다.
- 주2. 2007년 이전의 경우, 완성품의 설치비용이 개소당 30억 원 수준이었지만 2007년 이후부터 20억 원 이하로 낮아져 큰 예산절감효과를 가져오고 있다 (<http://5678blog.com>).
- 주3. 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술사업 과제 로써 '13년 9월부터 '13년 9월까지 총 3년간 연구 개발이 진행되었고, 현재「RPSD(로프형 승강장 안전도어)국제 표준인증 및 상용화 기술개발」 연구를 '13년12월부터 17년6월까지 2차 연구를 진행하고 있다.
- 주4. 철도안전종합포탈, 도시철도 철도사고 현황(코레일 제외) 中 서울메트로 부분 발췌
- 주5. 국토교통성 철궤도의 안전에 관한 정보(2013)
- 주6. RPSD 시스템은 lift post 2기 사이에 10m 간격으로 로프의 처짐 방지를 해 설치된 balance post, 150cm 높이의 로프타입의 안전문, 승강장 측의 장애물 검지 센서 및 이를 제어하는 시스템 등으로 구성돼 있다.
- 주7. 현재 문양역에서는 수동운전으로 승무원 조작반, 승강장 조작반 조작부에서 닫힘 버튼을 조작하여 세이프도어를 전체 닫힘을 동작하고 있다.
- 주8. 2차례 설문조사 결과를 이용하여 선행연구 참고문헌 Jung and Kim(2014)에서 설치전후 감성평가에 관한 비교연구를 실시하였음.

설문예시) 문양역 설치된 RPSD를 보고 로프 간격은 어느 정도 만족하십니까?



- 주9. 일본 사례는 2011년 일본 국토교통성의 「제5회 스크린도어 정비촉진 등에 관한 검토회」 보고서에 수록된 설문조사 결과를 활용하였다.
- 주10. 철도 이용자의 안전시설에 대한 인식과 주관적 감성을 반영하기 위해 RPSD 이용자의 감성평가 RPSD 선행 연구결과를 요약하여 제시하였다. 이러한 감성평가를 기반으로 RPSD 시스템의 기술 안전성과 구조물 디자인 등에 대한 대중의 만족도 조사를 실시하여 기능 및 디자인 개선점을 제시하였다.
- 주11. 구조방정식 모형의 분석을 위해 모형설정, 가설설정, 경로도 작성, 모형추정, 모형평가, 최종모형 도

출의 순서로 분석을 진행하였으며, 프로그램은 AMOS 18.0(Analysis of MOment Structure)을 이용하였다.

주12 신뢰성(reliability)은 동일한 개념에 대해서 반복적인 측정을 했을 경우 나타나는 측정값들의 분산을 의미한다. 이러한 신뢰성 정도 측정하는 방법에는 재측정 신뢰도(test retest reliability), 반분 신뢰도(split-half reliability), 문항분석 신뢰도(alternative reliability), 평가자간 신뢰도(inter-rater reliability) 등이 있다.

### 인용문헌

#### References

1. Jung B., Kim H., 2014. "Comparative Analysis on the Subjective Emotional Evaluation of Rope Type Platform Safe Door (RPSD)", *Koti Transportation Studies*, 21(1), 53~63.
2. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. 2010. *Master Plan for Railway Safety*, Gyeonggi.
3. Kim K., Ho D., Jeon J., Kim J., 2012. "A noticeable shift in particulate matter levels after platform screen door installation in a Korean subway station". *Atmos Environ* 49:219-223.
4. Kim, J, Kim, S., Lee, G. J., Bae, G. N., Cho, Y., Park, D., & Kwon, S. B., 2013. "Status of PM in Seoul metropolitan subway cabins and effectiveness of subway cabin air purifier (SCAP)". *Clean Technologies and Environmental Policy*. 16(6): 1193-1200.
5. Park J. S., Jung B. D., 2014. "The study on the subjective emotional evaluation and satisfactions of the Rope Type Platform Screen Door(RPSD).", *Journal of Korean Society of Transportation*, 32(5): 462-472.
6. Korea Transport Institute., 2013. *Development of Advance Rope Platform Screen Door System for Preventing Rail Passengers' Accident at Ground Station. Interim Report*, Gyeonggi.
7. Jung B., Kim H. and Sin G., 2013. "A Study on the Sensibility Evaluation for the Human-centered Design of Rope Platform Screen Door(RPSD)", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 33(2): 703-709.
8. Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2003. *The Study Results of Study Group on Screen Door Installation Research Association*, Gyeonggi.
9. Ministry of Rail Transport., 2011. *The results of Study Group Concerning the Development and Promotion of the 5th Screen Door*, Gyeonggi.
10. Churchill, G. A. and Suprenant, C., 1982. "An Investigation into the Determinations of Consumer Satisfaction", *Journal of Marketing Research*, 19(4): 491-504.
11. Bagozzi, R. P and Yi, Y., 1988. "On the Evaluation of Structure Equation Models", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 16(1). 74-94.
12. <http://www.railsafety.or.kr/web/index.jsp>.
13. <http://www.rpsd.kr>

Date Received 2015-02-01  
 Reviewed(1<sup>st</sup>) 2015-03-31  
 Date Revised 2015-04-14  
 Reviewed(2<sup>nd</sup>) 2015-04-25  
 Date Revised 2015-05-04  
 Reviewed(3<sup>rd</sup>) 2015-05-15  
 Date Accepted 2015-05-18  
 Final Received 2015-05-27