

로프타입 상하개폐 스크린도어의 감성평가 및 만족도에 관한 연구

박정식¹ · 정병두^{2*}

¹ 아주대학교 인문대학, ² 계명대학교 교통공학과

A Study on Sentiment Evaluation and Satisfaction of the Vertical Rope-type Platform Safety Door(RPSD)

PARK, Jungsik¹ · JUNG, Byungdo^{2*}

¹ College of Humanities, Ajou University, Gyeonggi 443-749, Korea

² Department of Transportation Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

Abstract

As the Rope Type Platform Safety Door (RPSD) is now commercially available, the technology of RPSD and the public sentiment towards RPSD are being scrutinized. During the period of RPSD development and trial installation, there has been a need to examine its technical reliability and safety, and its users' emotional attitudes. Though often dichotomized in practice, technological innovation of, and the public sentiment towards RPSD are directly related to continuing and collaborated efforts to enhance public satisfaction with the service. Therefore, based on the analyses of public sentiment towards the RPSD system and the log files of operation, this study evaluates public satisfaction with RPSD during its trial phase at Munyang Station in the Daegu Subway System.

RPSD는 기존 PSD의 설치·운영 효율성 및 철도 이용자 안전관리 제고를 위해 개발되어 대구도시철도 2호선 문양역에서 2013년 3월부터 시범적으로 운영되어 왔다. 본 연구는 RPSD의 운영 시 비정상적인 상황에 관한 장애보고서와 로그파일을 이용하여 장애발생 내역의 분석 및 시범사업동안의 RPSD 기술 안전성에 대한 신뢰성 평가를 실시하였다. 또한 철도 이용자의 안전시설에 대한 인식과 주관적 감성을 반영하기 위해 RPSD 이용자의 감성평가 결과를 분석하여 요약하였다. 이러한 시스템 신뢰성과 감성평가를 기반으로 RPSD 시스템의 기술 안전성과 구조물 디자인 등에 대한 대중의 만족도 조사를 실시하여 기능 및 감성설계 개선점을 제시하였다.

Keywords

rope type platform safety door(RPSD), reliability assessment, public sentiment evaluation, safety consciousness, users' satisfaction
로프타입 스크린도어, 신뢰성평가, 감성평가, 안전의식, 이용자 만족도

* : Corresponding Author
jungbd@kmu.ac.kr, Phone: +82-53-580-5345, Fax: +82-53-580-5259

Received 20 July 2014, Accepted 13 October 2014

© 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

승강장 스크린도어(Platform Screen Door, 이하 PSD)는 한국, 일본, 홍콩 등 아시아 국가와 프랑스, 독일 등을 포함한 유럽의 국가를 중심으로 도시 철도 노선에서 주로 사용되어 왔고, 승강장 안전과 쾌적한 환경을 위해 세계적으로 확대 설치되고 있는 추세이다. 한국의 경우 최근 철도 승강장 안전에 대한 관심이 높아지면서 안전펜스가 아닌 스크린도어만을 설치하도록 승강장 안전관리규정을 강화하는 등 '철도시설의 기술기준'에 의거 스크린도어 설치를 의무화 했다.

PSD는 승객안전을 위해 2004년 최초로 도입된 이래 승강장의 안전사고 예방에 큰 역할을 한 것으로 평가된다. 2009년 95건의 안전사고에서 2013년 46건, 2014년 7월까지 22건으로 스크린도어 설치가 늘어날수록 투신·추락 사고는 급격히 줄어드는 추세인 것으로 조사됐다.¹⁾ PSD는 승강장 안전사고뿐만 아니라 에너지 절감과 열차풍·소음 방지 등 부수적 효과도 가지고 있어 승강장 내부의 공기 질 개선 및 쾌적한 승강장 환경에 크게 기여하고 있다(MLTM, 2010; Kim K. et al., 2012; Querol et al., 2012; Kim J. et al., 2013).

2007년 이후부터는 부품 국산화가 이루어져 가격 경쟁력을 갖추고 전국적으로 확대 설치되었고,²⁾ 현재 전국 도시철도와 국철 821개 역사 중 PSD가 설치된 곳은 총 564곳으로 설치율이 68.7%에 이른다.

한편 2009년 이후 최근 6년간 전국 역사 승강장 투신 및 추락사고는 349건, 사망사고는 213명으로 그 중 스크린도어 설치율이 낮은 국철 역사 승강장에서 일어난 사고의 비중이 72.8%에 달한다. 이처럼 PSD 설치율이 95%인 지하 승강장과 달리 지상 승강장은 설치율이 크게 낮고 안전성이 취약하기 때문에 지상 승강장의 승객 안전사고가 크게 증가하고 있다.

지상 승강장 PSD 설치율이 낮은 이유로는 지하 승강장과 다른 기상조건과 경관문제 등 자연 환경적 제약과 차량편성과 길이, 출입문 수와 위치, 설치 및 보수유지 비용 등 PSD 설치환경의 제약으로 볼 수 있다. 그러나 PSD 비활성화의 보다 근본적인 원인은 기존의 PSD는

열차 출입문과 1:1로 대응하는 방식으로 승강장에 정착하는 다양한 차량 길이와 열차 편성에 맞지 않기 때문이다(Jung et al., 2014). 한 예로, KTX1과 KTX2(산천)의 출입문 위치가 다르고, 경춘선과 경부선은 일반 전동차와 ITX, 누리로 등의 EMU차량이 혼재되어 있어 PSD의 설치·운영이 어려운 조건이다.

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 문양역에 설치되어 시범운영 중에 있다. 상하개폐 메커니즘 도입으로 기존 승강장 안전문의 기술적 제한점을 보완함과 동시에 가격경쟁력과 안전성 확보를 위한 부품의 모듈화, 경량화, 센서 개발 등 국제 표준인증 및 상용화 기술의 연구개발이 함께 진행 중에 있다(KOTI, 2013).³⁾

이와 관련하여 본 연구에서는 2013년 3월부터 시범운영 중인 대구도시철도 2호선 문양역 RPSD 시스템에 대하여 장애발생 내역에 기반한 안전시설 신뢰성 검증과 함께 철도 이용자의 감성평가 결과를 분석하고자 한다. 이를 바탕으로 안전성, 안정감, 미관, 품질 등에 대한 이용자 만족도 조사를 실시하고 RPSD의 기능개선 요구사항과 감성적 설계의 개선방향을 제시하고자 한다.

승강장 안전사고 및 RPSD 시범설치 현황

1. 승강장 스크린도어 설치 및 안전사고 현황

PSD는 도시철도 총 540개 역 중 432개역에 설치되어 80.0%의 설치율을 보이고 있으며, 서울메트로, 서울도시철도, 서울 9호선, 인천공항철도, 대전도시철도의 경우 설치율이 100%에 이른다. 지상역사 45개소 가운데 반밀폐형 41개소, 난간형은 2개소에 설치되어 있다. 광역철도의 경우 총 228개 역 가운데 69개 역에 설치 완료되었다. 지하역사는 총 52개 역 중 35개 역에, 지상역사는 총 176개 역 중 34개 역에 설치 완료되어서 현재 미설치 역은 142개소이다(Korail, 2014.3).

1) 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.

2) 2007년 이전의 경우, 완성품의 설치비용이 개소당 30억 원 수준이었지만 2007년 이후부터 20억 원 이하로 낮아져 큰 예산절감효과를 가져오고 있다 (<http://5678blog.com>).

3) 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술사업 과제로써 '11년 9월부터 '13년 9월까지 총 3년간 연구개발이 진행되었고, 현재 『RPSD(로프형 승강장 안전도어)국제 표준인증 및 상용화 기술개발』 연구를 '13년12월부터 17년6월까지 2차 연구를 진행하고 있다.

승강장 안전사고 현황을 살펴보면, 최근 5년간(2008-2012년) 광역전철 223개 역의 역사 내 여객사고(안전 및 자살 포함)가 연평균 84.8건, 전체 사망자만 35.2명에 이른다. 2007-2009년의 서울 지하철의 사상 사고는 자살사고가 대부분으로, 2010년 스크린도어 설치 이후 사고건수가 급격히 감소하였다. 서울메트로 여객 사상사고의 경우 최근 5년간 총 47건으로 나타났으며, 그 중 46건의 사상사고가 스크린도어설치가 완공되기 이전에 발생한 것으로 조사되었다.⁴⁾ 설치를 100%인 서울 도시철도 1-9호선의 경우 단 한 건의 투신사고도 발생하지 않아 스크린도어가 자살과 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 중상자 평균 29.0명, 경상자 25.2명으로 나타났다. 스크린도어가 확대 설치된 지난 2010년 이후부터는 이러한 사고건수가 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다.

2. 문양역 RPSD 시범설치 현황

1) 문양역 RPSD 시스템 제원

RPSD 시스템은 리프트 포스트(lift post), 밸런스 포스트(balance post), 안전문(Safety door), 슬라이딩 레일(Sliding rail), 덕트(duct), 센서(sensor) 등으로 구성되어 있고, 모터 또는 공기압력에 의해 작동한다(Figure 1). 안전문은 이 슬라이딩 레일을 타고 상하 개폐되는 구조이며 로프의 장력(wire rope tension)으로 이용자와 차량의 충돌 사고를 예방하는 역할을 한다(http://www.rpsd.kr).

RPSD 시스템은 공기 실린더를 이용하여 200m 규모까지 하나의 모듈로 운영되는 것으로 2006년 광주도시철도 1호선 녹동역에 설치되었다.⁵⁾ 지난 2013년 대구 도시철도 2호선 문양역에 시범 설치된 RPSD 시스템은 2단 상하 개폐방식이며 구동방식은 체인벨트 구동 장치를 사용하는 안전문 형태이다. RPSD의 설치는 모듈화 방식으로 기본 설치 규격은 차량길이와 동일한 18m이고, 안전문의 열림 높이는 1,900mm이다.

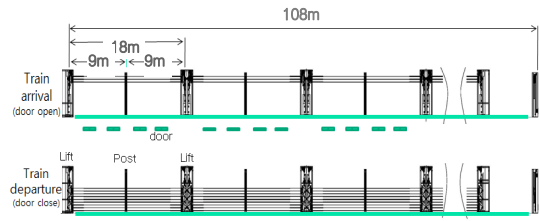


Figure 1. Structure of RPSD system(http://www.rpsd.kr)



Figure 2. RPSD at munyang station in Daegu

2) 동작조건

자동운전의 통상 열림동작은 열차가 정차하면 열차 정차 일정 시간후(3초) 주제어장치는 열림명령을 개별제어반(DCU)에 전송한다. 그리고 개별제어반은 주제어장치로부터 열림명령을 수신하면 동작음(음성)이 울리고, 안전문 상부의 표시등(적색)이 점등하며 열림동작을 개시한다. 안전문이 열리기 시작하면 닫힘 확인센서가 OFF되고, 주제어장치로 닫힘 확인 OFF신호를 전송한다. 마지막으로 주제어장치는 승강장의 모든 개별제어반으로부터 열림 확인신호를 수신하면 승무원 조작반, 승강장 조작반에 열림 확인신호를 송신하고, 조작반은 열림 표시등을 점등한다.

통상 자동운전의 닫힘동작은 열차가 승강장을 벗어나

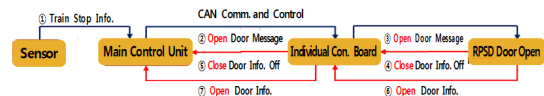


Figure 3. RPSD open movement(automatic control)

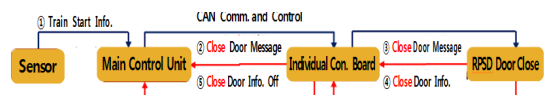


Figure 4. RPSD close movement(automatic control)

4) 자료 출처 : 철도안전종합포탈, 도시철도 철도사고 현황(코레일제외) 중 서울메트로 부분 발췌
 5) RPSD 시스템은 lift post 2기 사이에 8m 간격으로 150cm 높이의 로프타입이며, 현재 교통연구원에서는 기존 시스템의 단점을 개선하여 차량종류나 승강장의 형태에 관계없이 즉 곡선 승강장에도 설치 가능한 로프형 시스템을 개발하였다.

면 주제어장치에서 단힘명령을 개별제어반(DCU)에 전송한다. 그리고 개별제어반은 단힘명령을 수신하면 동작음(음성)이 울리고 단힘동작을 개시한다. 안전문이 완전히 닫히면 단힘 확인센서가 ON되고 도어 상부의 표시등(적색)을 소등한다. 마지막으로 주제어장치는 승강장의 모든 개별제어반으로부터 단힘 확인신호를 수신하면 승무원 조작반, 승강장 조작반에 단힘 확인신호를 송신하고, 조작반은 열림표시 등을 소등한다.⁶⁾

3. RPSD 시범운영에 대한 신뢰성 평가

1) 문양역 RPSD 시스템기록 데이터 개요

로그파일(Log file)이란 시스템의 영업운전기간 동안 모든 작동상황을 기록하는 파일로서, 만일 오작동이 발생하거나 장애로부터의 복원(recovery)을 위하여 시스템에 장애가 발생할 경우, 로그파일을 근거로 장애원인과 장애내용을 분석하고 추적하게 된다. 현재는 시범운전기간의 모니터링을 위한 개발용으로 기본 로그만 남도록 설계되어 있어 그 기능에 한계가 있다.⁷⁾

로그 기록방식은 장비별 CAN 통신 데이터와 실선 정보를 실시간으로 종합제어반 PC로 전달하여 기록한다. 로그 프로그램 구조를 살펴보면 장비별 실시간 CAN 통신 데이터와 실선 정보를 모니터링 하여 정보가 변화하면 로그를 기록한다.

개별제어반(DCU), 역무실 조작반, 승무원 조작반의 로그 목록을 살펴보면 다음과 같다.

Table 1. Log file list of Munyang station RPSD

Device	NTYPE_DESC	Code	Description
ICB*	DCU motion	1-2	Operating manual 1, auto 2
	DCU motion	3-4	Master key setup 3, off 4
	DCU motion	5-6	Manual mode on 5, off 6
	DCU motion	9-10	Short circuit set 9, off 10
	DCU motion	11-12	Door open 11, close 12
	DCU motion	13	Module initialization
SCP*	Device control	30-31	Operating manual 30, auto 31
	Device control	32	Operating mode change(stop)
	Device control	33-34	Manual mode on 33, off 34
	Device control	35-36	Interlock mode on 35, off 36
	Device control	37-38	whole door open 37, close 38
DCP*	Device control	60-61	Manual mode on 60, off 61
	Device control	62-63	Interlock mode on 62, off 63

* ICB: Individual control board, SCB: Station office control panel, DCB: Engine driver control panel

6) 현재 문양역에서는 수동운전으로 승무원 조작반, 승강장 조작반 조작부에서 단힘 버튼을 조작하여 세이프도어를 전체 단힘을 동작하고 있다.
7) 현재 개별제어반 수량 및 문양역 RPSD에 맞게 S/W를 상세 설계 중에 있으며, 오는 7월부터는 RPSD 로그파일을 업데이트하여 장비의 고장 발생을 예측할 수 있는 관리시스템을 구축 운영할 계획이다.

2) RPSD 로그파일의 장애분석

(1) RPSD의 로그 장애 Case 설정

지난 2013년 4월 11일부터 2014년 6월 말까지 문양역 역무원 및 기관사를 통하여 접수된 장애내용을 정리하면, 단힘 불량(장애물센서 동작), 열차 진입 후 로프 열림 장애와 단힘 장애 (도어 승강장 측 장애물 센서 오작동), 선로 측 장애물센서 작동 불량 등으로 나타났다. 이를 토대로 로그파일에서 다음과 같이 에러의 종류를 추출하도록 한다.

Case 1 : DCU 1, 2, 3, 4, 5, 6, 열림완료에서 첫 DCU 열림완료와 마지막 DCU 열림완료가 기준 2초를 초과하여(3초 이상) 차이나는 경우

Case 2 : 마지막 DCU 열림완료와 RPSD 전체 도어 열림완료(통신)이 기준 2초를 초과하여(3초 이상) 차이나는 경우

Case 3 : RPSD 전체 도어 열림완료(통신)과 RPSD 전체 도어 단힘완료(실선)이 3분 이상 차이 나는 경우

Case 4 : DCU 1, 2, 3, 4, 5, 6 단힘완료에서 첫 DCU 단힘완료와 마지막 DCU 단힘완료가 기준 2초를 초과하여(3초 이상) 차이나는 경우

그 외에도 마지막 DCU 단힘완료와 RPSD 전체 도어 단힘완료(실선)이 7초 이상 차이나는 경우 등도 있지만, 본 연구에서는 4개의 주요 Case에 대하여 분석한다.

(2) RPSD의 로그파일 분석

RPSD 로그파일은 대구도시철도공사로부터 2013년 5-7월, 2014년 2-6월까지 수집한 운영 내용과 장애 정보가 포함된 자료이다. 이를 VBA(Visual Basic for Applications) 프로그램으로 기록된 엑셀 매크로 기능을 활용하여 Case 별 장애를 분석하였다.

Case 별로 분석한 결과(Table 2), 대체적으로 3% 이하의 양호한 오작동 율을 보이고 있다. 이를 종합하면, Case 1과 Case 2 에러 율이 대체적으로 낮지만 2014년 상반기에서 장애가 발생한 날짜에 집중적으로 발생하고

27576	02.20	06:08:24	OCCUR	##### Train Entering #####	
27578	02.20	06:08:26	OCCUR	-100Meter Approach	
27580	02.20	06:08:28	OCCUR	-80Meter Approach	
27582	02.20	06:08:30	OCCUR	-60Meter Approach	
27584	02.20	06:08:33	OCCUR	-40Meter Approach	
27586	02.20	06:08:37	OCCUR	Not reach the regular position	00 00 00 00 00 00
27588	02.20	06:08:46	OCCUR	Stop on the right position	00 00 00 00 00 00
27590	02.20	06:08:48	OCCUR	RPSD whole door open signal	
27591	02.20	06:08:48	OCCUR	RPSD whole door closed (communication)	
27592	02.20	06:08:51	OCCUR	DCU4 open completed	Case 1. Over 3 Sec. Between 1st DCU Open and Final DCU Open
27593	02.20	06:08:51	OCCUR	DCU2 open completed	
27594	02.20	06:08:51	OCCUR	DCU5 open completed	
27595	02.20	06:08:51	OCCUR	DCU3 open completed	
27596	02.20	06:08:51	OCCUR	DCU6 open completed	Case 2. Over 3 Sec. Between Final DCU Open and All DCU open
27597	02.20	06:08:51	OCCUR	DCU1 open completed	
27598	02.20	06:08:51	OCCUR	RPSD whole door open completed (communication)	Case 3. Over 3 Min. All DCU Open(comm.) and All DCU Closed(currently)
27599	02.20	06:09:13	OCCUR	DCU1 닫힘완료	
27600	02.20	06:09:13	OCCUR	DCU6 닫힘완료	
27601	02.20	06:09:13	OCCUR	DCU4 닫힘완료	
27602	02.20	06:09:13	OCCUR	DCU2 닫힘완료	
27603	02.20	06:09:13	OCCUR	DCU5 닫힘완료	Case 4. Over 3 Sec. 1st DCU Closed and Final DCU Closed
27604	02.20	06:09:15	OCCUR	RPSD 전체 도어 닫힘완료(실선)	
27605	02.20	06:09:15	OCCUR	DCU3 닫힘완료	

Figure 5. Cases setting of RPSD error based on log file

Table 2. Result of Munsang RPSD errors by case

Direction / Case	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Total*
2014 UP No.	52	177	67	281	8,687
(%)	0.60%	2.04%	0.77%	3.23%	
DN No.	0	0	13	92	7,505
(%)	0.00%	0.00%	0.17%	1.23%	
2013 UP No.	0	0	3	33	1,548
(%)	0.00%	0.00%	0.19%	2.13%	
DN No.	2	590	398	19	1,159
(%)	0.17%	50.91%	34.34%	1.64%	

* The Frequency of RPSD Operations

있다. Case 3 경우 현재 기관사가 조작반 수동 닫힘을 수행하기 때문에 많이 차이가 나지만, 대체적으로 도어 열림 상태가 오래 지속될 경우 문제를 확인할 수 있다.

또한 문양역이 종착역으로 운행시간을 맞추기 위해서 정차하기 때문에 하선의 Case 3은 의미가 없으며, Case 4의 경우 대체적으로 높은 에러율을 보이고 있어

일차별로 통신 데이터와 실선 정보를 재점검하여 통신장애인지 작동오류인지를 확인해야 한다.

문양역 RPSD에 대한 감성평가

1. 철도 승강장의 안전의식 조사

1) 설문조사 개요

설문조사는 대구도시철도 2호선 문양역에 RPSD을 설치하기 전과 설치한 이후(2013년 1월 9-11일, 2013년 7월 11-15일)로 나누어 도시철도 이용자와 문양역 차량기지 관계자를 대상으로 실시하여 설치 전·후의 안전의식의 차이에 대해 비교해 보았다. 유효표본과 설문조사 개요는 Table 3에서 제시하고 있다.⁸⁾

8) 설문조사 응답자의 직업별 특성은 설치 전·후 조사 모두 회원이 각각 45%, 34%를 차지하고 있으며, 그 외 안전의식과 감성평가에 대한

Table 3. Outline of 1st 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%

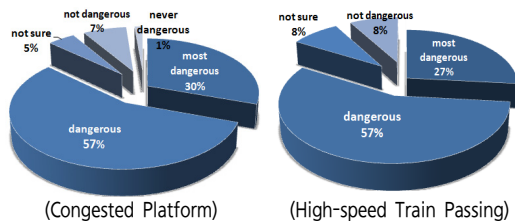


Figure 6. Public perception on platform without safety fences

2) 승강장의 안전의식

RPSD 설치 이전 이용자 안전의식에 대한 설문조사 결과, 문양역 이용자는 승강장 혼잡 상황에서 선로추락의 위험성이 가장 크다(87%)고 응답하였고, 그 다음은 열차의 고속 통과 상황에서 위험성을 크다(84%)고 응답하였다.

이를 외국의 철도 이용자 안전의식과 비교해 보면, 일본의 경우 혼잡 상황에서 선로추락의 위험성이 가장 크다(90%)는 응답이 문양역보다 높은 반면, 열차의 고속 통과 상황에서 위험성이 크다(80%)는 응답은 문양역 이용자에 비해 낮았다.⁹⁾ 후자의 경우 일본이 상대적으로 위험성에 대한 의식이 낮은 이유로는 일본의 고속철도는 승강장 안전시설이 일부 설치되어있어서 안전시설 확보가 승강장 위험성에 대한 의식에 영향을 준 것으로 이해할 수 있다(Jung et al., 2014). 태국의 경우도 방콕을 중심으로 일부 역사에 PSD가 설치되면서 미설치 승강장의 안전사고에 대한 이용자의 안전의식이 높아지고 있는 것으로 나타나 승강장 안전시설과 이용자의 안전의식의 관계를 보여주고 있다(San Santoso, 2013).

2. RPSD에 대한 감성평가

1) 감성평가 관련 연구

감성이란 인간이 오감을 통해 감지된 외부의 자극에

대하여 심리적·신체적으로 반응하는 것으로 복합적이고 주관적인 느낌이지만 쾌·불쾌의 양극성, 관심·배제의 정도 그리고 느낌의 강도 등 다양한 요소를 통해 설명되어 지고 있다(Kemper, 1978).

감성공학은 이러한 주관적이고 다면적인 인간의 감성을 측정하고 정량화하여 인간중심의 제품설계를 위한 융복합 분야로 성격상 다학제적이고 산업연계성이 뛰어나다. 감성공학은 기술과 감성, 과학과 미학, 이성과 감정을 연계하여 이용자의 제품 만족도를 높일 감성적 설계를 고안한다. Hassenzahl(2004)와 Khalid(2006)는 감성적 설계란 제품의 사용성(usability), 관능성(hedonic attributes), 그리고 이용자 만족감 (satisfaction)의 상호관계에 기반한 제품설계로 표현하였고, 이용자 만족감은 제품 사용성과 관능성으로부터 기인함을 강조하였다. 이렇게 사용자의 감성을 함께 고려하고 제품설계에 반영하는 것을 인간중심 설계(Human centered Design)라고 한다.

인간중심 설계의 과정은 1999년 인간공학분야에서 국제규격인 ISO-13407:1999(Human-centered Design Processes for Interactive Systems)로 규격화되었는데, 다음의 네 가지 요소를 명시하고 있다: 첫 번째는 사용의 주제, 목적, 환경을 고려한 사용조건의 이해와 명시, 두 번째는 설계의 비교대상, 우선순위 등을 정립하는 사용자 요구사항 명시, 세 번째는 시뮬레이션이나 실물 모형(mock-up)을 통한 구체화된 설계물루선 제시, 네 번째는 요구사항과 관련된 설계평가이다. ISO-13407:1999는 2010년 다시 ISO 9241-210로 개편되었는데, 이전의 내용을 승계하면서 다학제적 기술과 안목을 통한 설계 확장성을 강조하였고, 제품설계 과정에 이용자 참여 혹은 이용자 경험을 반영하도록 하여 인간중심설계에서 보다 구체화되어 이용자중심설계(UCD: User Centered Design) 개념을 강조한 것이 그 특징이다(<http://www.iso.org>).

감성공학 관련 선행연구로는 감성의 정의, 정량적 측정과 평가, 사용자 인터페이스 방안 등의 연구와 함께 다양한 산업분야별 활용에 대한 논의가 진행되었다(Razza et al., 2014; Liu et al., 2013; Seo and Lee, 2010). 철도, 항공, 해운 등 교통 분야의 예로는 운전자에게 적당한 정보량과 제공방법 등 ITS 관련 연구(Barfield et al., 1991; Dingus and Hulse, 1993; Hancock

구체적인 비교결과는 참고문헌 4)에 제시되어 있다.

9) 일본 사례는 2011년 일본 국토교통성의 『제5회 스크린도어 정비촉진 등에 관한 검토회』 보고서에 수록된 설문조사 결과를 활용하였고 한국 사례는 로프형 안전문 선행연구(Jung B., 2014)를 요약하였다.

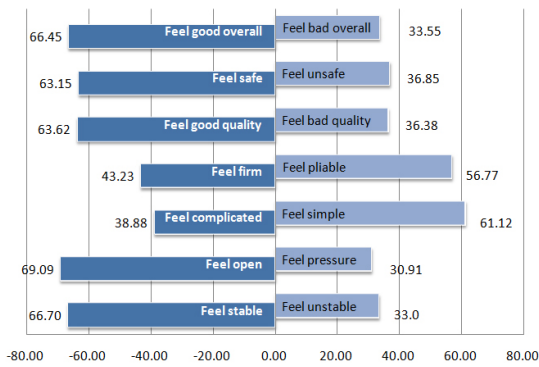


Figure 7. Sentiment evaluation of RPSD

and Parasuraman, 1993) 조명강도 및 도로상태와 인간의 시야확보에 관한 연구(Graham et al., 1998; Lacherez et al., 2003; Helman et al., 2014) 교통사고 시 대피 및 인간행동심리에 관한 연구(Zinke et al., 2012; Jeon, et al., 2009; Ye et al., 2013; Pel et al., 2012) 열차 안전시설과 인간중심설계에 관한 연구(Jung et al., 2013; Jung et al., 2014; Crawford et al., 2013) 등이 있다.

2) 문양역 RPSD에 대한 감성평가

문양역 RPSD에 대한 열차 이용자의 감성적 반응을 정량적으로 측정하기 위한 관능평가 방법으로는 의미분별법(Semantic Differential)이 적용되었다. RPSD 감성평가는 안전문이 닫힌 상태에서 설치 전과 설치 후로 나누어 조사되었는데, 그 결과 설치 전 59.4%, 설치 후 66.5%로 설치 후에 더 긍정적인 평가가 이루어졌다.¹⁰⁾ 감성어휘에 대한 반응의 결과는 Figure 7과 같이 개방성과 안정감 면에서 가장 긍정적이었고, 유연성과 단순성면에서 특히 부정적임을 알 수 있다.

요인분석을 위해 사용된 감성어휘는 ‘안전하게 느낀다-안전하지 않게 느낀다’, ‘복잡하다-단순하다’ 등의 서로 반대되는 표현으로 이루어진 7개 쌍으로 이루어져 있다. 평가결과를 토대로 RPSD에 대한 감성적 반응의 구성요인을 알아보기 위해 요인분석을 실시하였다. 그 결과 2개 요인이 총 분산의 71.2%를 설명해 주고 있다. 요인 1은 48.4%, 요인 2는 22.8%의 분산비율로 총변동의 20.0%를 요인 1로 설명할 수 있고, 38%를 요인 2로 설명할 수 있다. 대체적으로 요인 1은 RPSD 구조물에 대한 팩터 디멘션이고, 요인2는 디자인적 팩터 디멘션으

Table 4. Factor analysis results: factor loadings

Kansei analysis pair		Factor loading	
		1	2
Feel good overall	Feel bad overall	.903	.103
Feel safe	Feel unsafe	.894	.098
Feel stable	Feel unstable	.848	.168
Feel good in quality	Feel bad in quality	.820	.113
Feel open	Feel pressured	.589	-.055
Feel firm	Feel pliable	.142	.902
Feel complicated	Feel simple	.032	.890

* Promax rotation with Kaiser normalization (Jung B. et al., 2014)

로 이해될 수 있어 요인과 감성어휘군이 상관성 있게 구성되었다고 볼 수 있다.

Table 4와 같이 RPSD 감성평가에서 모든 요인적재 값이 0.5 이상으로 유의하다. 구조물에 대한 팩터 디멘션은 안전성, 전체인상, 품질, 안정감, 개방도가 긍정적인 감성평가요소로 이해되고, 디자인적 팩터 디멘션은 유연성, 단순성으로 부정적 감성평가요소로 볼 수 있다.

RPSD 시범설치에 대한 만족도분석

1. RPSD에 대한 설치효과

본 연구에서 2차 설문조사는 『RPSD(로프형 승강장 안전도어) 국제 표준인증 및 상용화 기술개발』과 관련하여 1년여 동안의 시범 운영실적을 바탕으로 RPSD 만족도와 설치효과 등에 대하여 문양역을 운행하는 기관사와 차량기지 직원 및 일반 이용객을 대상으로 2014년 5월 30일에 실시하였다.

문양역 RPSD가 승객 안전사고 측면에서 선로에 떨어지는 위험성을 어느 정도 방지할 수 있다고 생각하십니까? 질문에 기관사와 직원의 경우 「유효하다」가 63.9%, 「매우 유효하다」가 21.0%로 총 84.9%의 높은 비율을 차지하고 있다. 반면에 RPSD가 「유효하지 않다」 6.7%, 「절대 유효하지 않다」 3.4%로, 총 10.1%으로 부정적인 비율도 상당한 것으로 조사되었다. 한편, 일반인의 경우 「유효하다」 54.7%, 「매우 유효하다」

Table 5. Outline of 2nd survey

Survey	Respondents	Frequency (%)
RPSD	Subway drivers	26 14.2%
Satisfactions	Station staffs	93 50.8%
survey	Passengers	64 35.0%
(2014.5.30)	Total	183 100.0%

10) RPSD에 대한 감성평가에 대한 개념 및 자세한 평가방법에 대해서는 참고문헌 4), 5)를 참조하길 바란다.

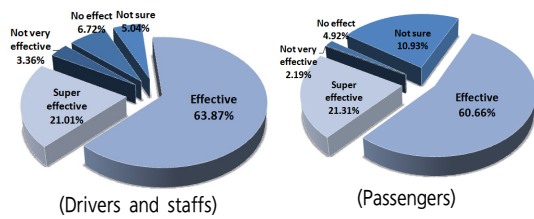


Figure 8. The effect of RPSD on passengers' safety

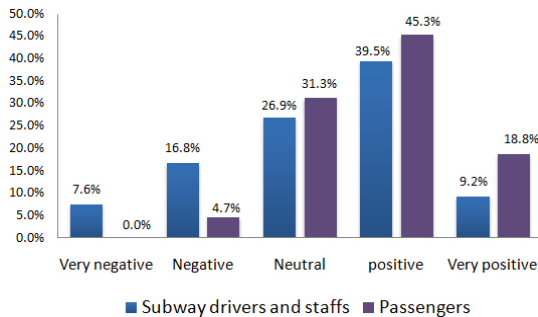


Figure 9. The opinion of RPSD extension

21.9%로 총 76.6%가 사고방지에 긍정적으로 평가하고 있는 것으로 조사되었다.

현재 문양역에 설치된 RPSD를 다른 지상역에도 확대 설치하는 것에 대한 질문의 경우, 기관사와 직원은 약 24.4%가 부정적으로 보고 있음이 확인되었다. 특히 기관사의 경우 「매우 부정적」 7.7%, 「부정적」 의견이 30.8% 차지하고 있다.

기관사와 직원들의 긍정적인 의견은 불과 48.8%에 불과한 반면 일반인의 경우 64.1%가 긍정적인 의견을 나타내고 있다.

2. RPSD에 대한 만족도 분석

문양역의 RPSD 만족도와 관련하여 1) 승강장의 안정감(폭, 높이 등), 2) 승강장에서의 미관, 3) 승강장에서의 안전성, 4) 안전문의 품질 및 디자인, 그리고 5) 시스템의 기술적 측면을 조사하였다.

조사 결과, 「만족함」과 「매우 만족함」의 합계가 가장 높은 항목은 승강장에서의 시설의 안전성이 각각 기관사와 직원 58.0%, 일반인 51.6%으로 나타났고, 그 다음으로 승강장에서의 안정감(폭, 높이 등) 비율이 각각 50.4%, 50.0% 순으로 나타났다.

한편 기관사와 직원은 시스템의 기술적 측면이 41.2%, 일반인은 안전문의 품질 및 디자인이 48.4%를 차지하고 있다.

반면 「만족안함」과 「매우 만족안함」의 합계가 가장 높은 항목은 기관사와 직원의 경우 미관과 시스템의 기술적 측면 모두 19.3%으로 가장 높고, 그 다음으로 품질 및 디자인 18.5%, 안전성 16.0%, 안정감(폭, 높이)이 13.5% 순으로 비교적 불만족 비율이 높게 나타나고 있다는 것을 알 수 있다. 일반인의 경우 「만족안함」과 「매우 만족안함」의 합계 비율이 미관과 안정감이 각 9.4%, 7.8%으로 낮고 그 외 모두 4.7%로 비교적 만족도가 높게 나타났다.

문양역 RPSD의 지상역 확대설치에 대한 부정적인 의견을 제시하셨다면, 무엇이 가장 문제가 있다고 생각하십니까? 질문으로 다음 3개 항목에 대하여 조사하였다.¹¹⁾ RPSD 지상역 확대설치에 대한 기술적 의견 가운데 「매우 부정적이다」, 「부정적이다」 의견이 가장 높은 항목은 1) 기능과 품질이 26.0%로써, 기존 승강장 PSD

Table 6. The satisfactions of RPSD at Munyang station

Satisfaction Survey		Very unsatisfied	Unsatisfied	Neutral	Satisfied	Very satisfied
Stability (height, width)	Drivers and staffs	4.20%	9.24%	36.13%	36.97%	13.45%
	Passengers	1.56%	3.13%	45.31%	29.69%	20.31%
Fine view (pressure, openness)	Drivers and staffs	0.84%	18.49%	40.34%	24.37%	15.97%
	Passengers	1.56%	7.81%	45.31%	28.13%	17.19%
Safety	Drivers and staffs	4.20%	11.76%	26.05%	47.90%	10.08%
	Passengers	1.56%	6.25%	40.63%	29.69%	21.88%
Rope quality and Design	Drivers and staffs	1.68%	16.81%	42.86%	27.73%	10.92%
	Passengers	3.13%	1.56%	46.88%	29.69%	18.75%
Technology	Drivers and staffs	7.56%	11.76%	39.50%	30.25%	10.92%
	Passengers	1.56%	3.13%	51.56%	32.81%	10.94%

11) 문양역 RPSD에 대한 기술적인 의견은 1) 기존 승강장 스크린도어(안전문)에 비해 RPSD의 우수성 (기능과 품질 등), 2) 고장 발생 시 기술적 지원 등 유지보수와 시설관리 측면, 3) RPSD 국제표준인증 및 상용화를 위한 시스템의 검증으로 구성되어 있다. 일반 철도 이용자들은 전문성이 없기 때문에 기관사와 직원들을 대상으로만 조사하였다.

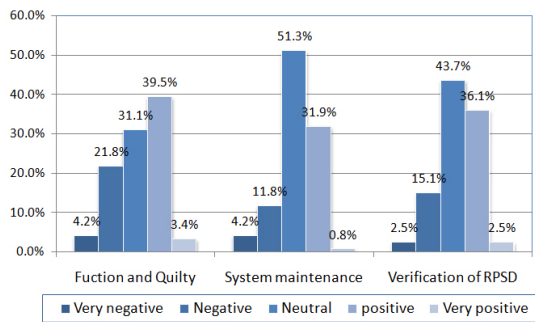


Figure 10. The technical opinion of RPSD extension

에 비해 RPSD의 우수성을 크게 느끼지 못하여 부정적으로 응답하고 있는 것을 알 수 있다.

그 다음으로 3) RPSD 국제표준인증 및 상용화를 위한 시스템의 검증 17.6%, 2) 고장 발생 시 기술적 지원 등 유지보수와 시설관리 측면이 16.0%으로 문제가 있는 것으로 나타났다.

결론 및 향후과제

본 연구는 철도 승강장 안전시설에 대한 기술적 실용화 구현을 위하여 문양역 RPSD시스템의 비정상적인 상황(고장, 장애, 유지보수 등)에 관한 장애보고서와 로그 파일을 이용하여 신뢰성을 평가하였다. 또한 안전시설 신뢰성 평가와 RPSD 감성평가 결과를 바탕으로 철도 이용자 만족도 평가를 실시하였다. 평가결과와 개선사항을 요약하면 다음과 같다.

첫째, RPSD 로그파일을 토대로 케이스별 에러 분류에 따라 신뢰성 평가 프로그램으로 분석한 결과 대체적으로 3% 이하의 낮은 오작동율을 보이고 있다. 추가적으로 각 케이스별 에러에 대해서는 단순 통신에러인지 아니면 실제 장애에 의한 것인지는 대구도시철도공사의 장애발생일지와 비교하여 2차적인 분석이 필요하다.

둘째, 본 연구 결과를 반영하여 실제 장애보다는 통신 에러에 의한 문제점을 개선하기 위하여 현재 개별제어반수량 및 문양역 RPSD에 맞게 로그파일을 업데이트 중에 있지만, 더불어 RPSD 장비의 고장 발생을 예측할 수 있는 관리시스템 구축이 필요하다.

셋째, 승강장 이용자의 안전의식 분석결과 RPSD 설치 이후 승객의 선로추락 방지를 위한 유효한 시설로 철도 이용자가 인식하고 있어, RPSD가 승강장 안전시설이라는 데 대해 긍정적 평가가 이루어짐을 알 수 있다.

그러나 시각적 요인에 기인한 안정감이 큰 비중을 차지하는 요소로 평가되어 차후 RPSD 설계 시 충분히 고려되어야 한다.

넷째, 문양역 RPSD를 보고 전체적으로 어느 정도 만족하는지 조사한 결과, 「만족함」과 「매우 만족함」의 합계가 가장 높은 항목은 승강장에서의 시설의 안전성, 그 다음으로 승강장에서의 안정감(폭, 높이 등) 비율이 각각 50.0% 이상으로 나타났다. 반면, 기관사와 직원의 경우 「만족안함」과 「매우 만족안함」의 합계가 가장 높은 항목은 미관과 시스템의 기술적 측면 모두 19.3%이고, 그 다음으로 품질 및 디자인 18.5%, 안전성 16.0%, 안정감(폭, 높이)이 13.5% 순으로 나타나서 비교적 불만족 비율이 높다는 것을 알 수 있었다.

다섯째, RPSD 지상역 확대설치에 대한 기술적 의견 가운데 「매우 부정적이다」, 「부정적이다」 의견이 가장 높은 항목으로 지적된 1) RPSD 기능과 품질(26.0%), 2) 국제표준인증 및 상용화를 위한 시스템의 검증(17.6%)에 대해서는 향후 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

마지막으로 RPSD의 보완설계 시 시스템 효율성과 안전성 검증과 함께, 철도 이용자의 안전시설 경험에 대한 심도있는 조명이 필요하다. 이용자중심설계(UCD)를 통해 안전시설 고유의 특성을 고려하면서도 이용자 행동 심리와 경험에 대한 평가가 모든 설계과정에서 적절하게 반영되어야 한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was supported by the 2013 Railroad Technical Research Program of Korea grant funded by the Korea Government(MOLIT) (13RTRP-B067916-01).

REFERENCES

Barfield W., Haselkorn M., Spyridakis J., Conquest L. (1991), Integrating Commuter Information Needs in the Design of a Motorist Information System, Transportation Research Part A: General, 25(2), 71-78.

Dingus T. A., Hulse M. C. (1993), Some Human Factors

- Design Issues and Recommendations for Automobile Navigation Information Systems, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 1(2), 119-131.
- Graham J. R., Harrold J. K., King L. E. (1996), Pavement Marking Retroreflectivity Requirements for Older Drivers, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1529(1), 65-70.
- Hancock P. A., Parasuraman R. (1993), Human Factors and Safety in the Design of Intelligent Vehicle-Highway Systems (IVHS), *Journal of Safety Research*, 23(4), 181-198.
- Hassenzahl M. (2004), The Interplay of Beauty, Goodness, and Usability in Interactive Products, *Human-Computer Interaction*, 19(4), 319-349.
- Jeon G., Hong W. (2009), Characteristic Features of the Behavior and Perception of Evacuees from the Daegu Subway Fire and Safety Measures in an Underground Fire, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 8(2), 415-422.
- Jung B., Kim H. (2014), Comparative Analysis on the Subjective Emotional Evaluation of Rope Type Platform Safe Door (RPSD), *Korea Transportation Studies*, 21(1), 53-63.
- Jung B., Kim H., Sin G. (2013), A Study on the Sensibility Evaluation for the Human-centered Design of Rope Platform Screen Door(RPSD), 33(2), *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 703-709.
- Kemper T. D. (1978), *A Social Interactional Theory of Emotions* (933), New York: Wiley.
- Khalid H. M., Helander M. G. (2006), Customer Emotional Needs in Product Design, *Concurrent Engineering*, 14(3), 197-206.
- 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*, 1-8.
- 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.
- Korea Transport Institute. (2013), Development of Advance Rope Platform Screen Door System for Preventing Rail Passengers' Accident at Ground Station, Interim Report.
- Korean Standards Association, <http://www.ksa.or.kr>
- Lacherez P., Wood J. M., Marszalek R. P., King M. J. (2013), Visibility-related Characteristics of Crashes Involving Bicyclists and Motor Vehicles Responses from an Online Questionnaire Study, *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 20, 52-58.
- Liu X., Lei T., Chen T. J., Wei S. L. (2013), A Study on the Industrial Design of Machine Tools Based on the Kansei Engineering Methods, *Applied Mechanics and Materials*, 437, 914-917.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2003), The Study Results of Study Group on Screen Door Installation Research Association(Japanese).
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs. (2010), Master Plan for Railway Safety.
- Ministry of Rail Transport. (2011), The results of Study Group Concerning the Development and Promotion of the 5th Screen Door(Japanese).
- Pel A. J., Bliemer M. C., Hoogendoorn S. P. (2012), A Review on Travel Behaviour Modelling in Dynamic Traffic Simulation Models for Evacuations, *Transportation*, 39(1), 97-123.
- Querol X., Moreno T., Karanasiou A., Reche C., Alastuey A., Viana M., Font O., Gil J., de Miguel E., Capdevila M. (2012) Variability of levels and Composition of PM10 and PM2.5 in the Barcelona Metro System, *Atmos Chem Phys* 12:5055 - 507.
- Railway Safety Information System, Web-site, <http://www.railsafety.or.kr/web/index.jsp>
- Razza B. M., Paschoarelli L. C., Santos H. M., Andrade L. O. (2014), The Multisensory Experience: A Case Study with Five Different Products, *Advances in Ergonomics In Design, Usability & Special Populations: Part III*, 18, 167.
- RPSD Web site, <http://www.rpsd.kr>

- San Santoso D., Mahadthal S., Jahed A. B., Tun N. (2013), How Safe is the Rail Platform? A Study of Bangkok Mass Transit System (BTS), In Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 9.
- Seo J., Lee K. (2010), A Study on the Emotional Quality Design Framework for Improvement of the User Experience, Korean Journal of the science of Emotion & Sensibility, 13(3), 523-532.
- Ye J., Chen X., Jian N. (2012), Impact Analysis of Human Factors on Pedestrian Traffic Characteristics, Fire Safety Journal, 52, 46-54.

- ☞ 주 작성자 : 박정식
☞ 교신저자 : 정병두
☞ 논문투고일 : 2014. 7. 20
☞ 논문심사일 : 2014. 9. 23 (1차)
 2014. 10. 13 (2차)
☞ 심사관정일 : 2014. 10. 13
☞ 반론접수기한 : 2015. 2. 28
☞ 3인 익명 심사필
☞ 1인 abstract 교정필