

서울메트로 2호선 RF방식 스크린도어의 안전운용에 관한 연구

A study on the safety operation of Seoul Metro line 2 platform screen door system

조 희**

Hee Jo**

Abstract Installation of PSD(Platform Screen Door) keeps safety of passengers, reduces fine particles, and increases effect of cooling and heating system. However train delay and civil complaint caused by breakdown or failure of PSD devices arises. Therefore it becomes more and more important for train service and passenger safety to operate PSD safely. This paper presents a brief introduction of RF communication PSD system installed in Line2 Seoul Metro, and examines its structure, compositions and functions. PSD safety devices are explained. PSD safety requirement is obtained as a result of hazard analysis. In conclusion, safety control of operation is presented.

Keywords : Platform Screen Door, hazard analysis, safety control

초 록 스크린도어의 설치로 승객의 안전이 확보되었고, 분진의 유입이 감소되었으며, 냉난방효율이 증대되었으나 장치고장이나 오작동으로 인해 열차지연 및 민원발생의 문제가 발생하고 있다. 이에 스크린도어의 안전한 운용이 열차운행 및 승객안전에 점점 더 중요해지고 있다. 본 논문에서는 서울메트로 2호선에 설치된 RF(Radio Frequency)방식 스크린도어의 소개를 한 후 그 구조와 기능을 살펴본다. PSD 안전장치에 대해서 설명하며, 위험요소분석을 수행한다. 그 결과로 스크린도어의 안전성요건을 도출하여 이에 따른 운용법을 제안한다.

주요어 : PSD, 승객안전, 위험요소분석, 안전성 요건, 안전운용

1. 서 론

PSD(Platform Screen Door)장치는 승강장선단에 설치하여 열차가 승강장에 도착했을 때 열차 출입문과 연동되어 열리고 닫히는 승강장 안전설비이다. 서울메트로는 2009년 모든 역사에 PSD를 설치를 완료하여 운영하고 있다.

PSD설치 이후 그 효과를 입증하는 연구들이 발표되고 있다[1-5]. 승객추락사고나 자살사고와 같은 승강장 안전사고가 예방되며[4-6], 미세먼지, 일산화탄소, 이산화탄소 및 포름알데히드의 농도를 줄여 공기질을 향상시키는 효과가 있다[2-4]. 또 소음이 줄어들며[3], 냉난방효율이 증가하고[4,5], 화재발생시 유해가스 및 연기의 확산을 막아 PSD가 설치되지 않은 경우에 비해 대피시간을 약 100초 더 확보해준다[1].

† 교신저자: 서울메트로 대림승무사업소 (ossam@seoulmetro.co.kr)

* 서울메트로 대림승무사업소, 선임

PSD장치는 이러한 장점에도 불구하고 장치고장이나 오작동으로 인해 열차지연 및 민원발생의 문제가 발생하고 있다[3,5,7,8]. 따라서 열차운행 및 승객안전에 있어, PSD의 안전한 운용이 점점 더 중요해지고 있지만 PSD의 안전에 대한 연구는 아직 활발히 이루어지고 있지 않다. 본 논문에서는 현재 설치, 운용중인 서울메트로 2호선 무선(Radio Frequency:RF)방식 PSD의 구조와 기능을 소개하며, 안전장치에 대해 설명한다. 위험요소분석을 통해 안전성요건을 도출하여 안전운용법을 제안한다.

2. 본 론

2.1 PSD의 구조

서울메트로 2호선 PSD는 수동열차운전구간에서 센서방식과, RF방식을 사용하여 출입문과 연동한다. 센서방식은 전동차의 출입문이 열리고 PSD 1-1~4와 10-1~4의 센서가 이를 감지하여 스크린도어를 여닫는 방식이며, RF방식은 RF장치로 스크린도어가 열리고 닫히는 방식으로, RF장치 고장시 센서방식으로 전환된다.

PSD는 고정벽, 고정문(Fixed Door:FD), 가동문(슬라이딩도어, Sliding Door:SD), 비상문(Emergency Escape Door:EED), 승무원출입문(선로출입문, Platform End Door:PED)으로 구성되어 있다. 가동문은 좌우 2개의 미닫이 문으로 구성되어 있으며 전동차 출입문과 연동되어 열리고 닫힌다. 비상문은 비상시 승객이 수동으로 문을 열고 탈출하기 위한 문이다. 고정문은 고정창(Fixed Screen:FS)과 고정샤시로 구성되어 있으며 열리지 않는 문이다. 비상문과 고정문은 가동문 양쪽에 각각 위치하며 엇갈리게 배치하여 전동차의 위치에 관계없이 승객탈출이 가능하다. 승무원출입문은 승강장의 양끝에 위치하며, 수동으로 여닫을 수 있다. Fig. 1에 PSD의 구조 및 명칭을 나타내었다.



Fig. 1 The structure and name of the PSD system [7]

PSD는 건축, 전기, 제어, 신호, 통신 분야와 연관되어 운용된다[11]. PSD는 양단고정방식(승강장바닥 및 천정 앵커고정:완전밀폐형) 및 하단고정방식(승강장 바닥고정:난간형)으로 지지되며, 전원공급장치 및 정전시 무정전전원공급장치(Uninterruptible Power Supply:UPS)를 가지고 있다. 조작반, 제어반, PSD 모니터링, 통합원격관리시스템(주제어반)으로 PSD를 제어하며,

선로의 신호 및 기타 다른 신호와 혼신 되지 않도록 시스템을 운용한다. Fig. 2에 PSD장치의 구성도를 나타내었다.



Fig. 2 Block diagram of PSD system [7]

2.2 PSD 위험요인 분석

위험요인분석(Hazard analysis)는 위험요인을 평가하는 방법의 하나로써, 규명된 위험요인과 위험원(Hazard event)의 원인과 영향을 관계를 연구하여 위험인자를 줄이는 방법이다[9,13]. PSD 시스템의 운용상 나타나는 문제점들과 요구사항들을 고려한 PSD의 위험요소분석을 수행하여 Table 1에 나타내었다[14].

Table 1 PSD system Hazard Analysis

System : PSD System	System Hazard Analysis		Date : 2013. 9. 10.	
Hazard	Causes	Effects	Recommended Action	Status
풍압	내풍압 이상의 풍압 시 PSD 강도약화, 작동불능 또는 작동지연	PSD 파손, 미작동, 열차와 충돌, 열차지연	내풍압설계, 고강도유리사용	Open
진동	열차 출입 시 PSD의 진동; PSD 강도약화, 작동불능 또는 작동지연	PSD 미작동, 열차지연	내충격설계	Open
먼지	검지센서에 먼지가 붙음; 검지센서의 오작동 또는 미작동	열차비상제동, 승하차 승객 끼임; 사상, 열차지연	방진계	Open
감전	열차와의 전위차; 감전	사상, 열차지연	절연설계	Open
습기	우천시 습도가 높아짐; 작동불능, 오작동, 작동지연	PSD 미작동, 열차지연	방습설계	Open
고온	작동불능, 오작동	PSD 미작동, 열차지연	열설계	Open
저온	겨울철; 작동불능, 오작동, 작동지연	PSD 미작동, 열차지연	열설계	Open

소음	PSD 동작소음 및 방송소음	-	-	Closed
전자간섭	전자장치, 신호장치의 통신실패	PSD 미 작동, 열차 지연	전자차폐구조	Open
가연성물질	화재	사상, 열차 지연	내연성 물질 사용	Open
유독성물질	오염	-	무독성 물질 사용	Closed
날카로운 부분 또는 튀어나온 부분	자상 또는 충돌	사상	테스트 강화	Open
모터부(액추에이터)고장	PSD가 열리지 않음; 승객 하차 못함 PSD가 닫히지 않음; 끼이거나 떨어짐	사상, 열차 지연	신뢰도 높은 설계	Open
제어시스템 설정 오류	PSD 수동취급 시 승객 인식 불능; 승객이 끼이거나 떨어짐	사상, 열차 지연	제어계획 수립 시 충분한 고려	Open
직원 및 승객의 비정상적 행동	열차운행 중 작업경로에 접근; 끼이거나 떨어짐	사상, 열차 지연	관리 강화	Open

2.3 PSD의 안전 관련장치 및 안전성요건

2.2절의 PSD 위험요인 분석을 통해 PSD 운용의 안전성요건을 도출 할 수 있다. 우선, 승객 및 직원의 안전이 확보되어야 한다. 승객 및 직원의 안전이란, 열차 승하차시 또는 고장난 PSD 수리시 PSD에 부딪히거나 선로로 떨어지는 등의 위험사건을 예방하는 것을 말한다. 둘째, 화재, 정전, 또는 전동차의 터널 내에 정차와 같은 비상상황시 탈출이 용이해야 한다. 셋째는 열차의 정시운행이다. Table 2는 이와 관련된 안전장치들이다.

Table 2 Safety devices of PSD system

안전장비	설명
발차지시등	전동차의 문이 모두 닫히고 스크린도어가 모두 닫혀있을 때만 발차가 가능하다.
문끝 센서	가동도어의 말단에 취부. 닫힘작용 중 승객이나 물체에 접촉되면 도어를 재개폐 시키는 센서
도어장애센서	스크린도어와 전동차 출입문사이의 장애물을 감지한다.
승무원조작반 수동개폐	스크린도어 자동운전이 불가능한 경우 승무원이 스크린도어를 수동개폐 할 수 있다.
PSD 자동/수동 선택	종합제어반과 승강장제어반에 위치. 하나 또는 한량의 PSD를 열 수 있으며, 장애가 난 스크린도어를 바이패스 시켜 운행조건을 형성한다.
수동운전	스크린도어 장애시 역무실과 승강장에서 수동으로 운전할 수 있다.
PSD정보제어반	역무실 안에 설치되어 장애시 정보가 울리며 역무실에서 선로출입문을 해제할 수 있다.
인터로킹무시	전체 스크린도어를 바이패스시켜 강제로 전동차 출발조건을 부여한다.
수동열림버튼	PSD장치에 전원이 공급될 경우 승객이 수동열림버튼을 눌러 스크린도어를 개방할 수 있다.
비상문	비상시 승객이 패닉바를 승강장쪽으로 밀면 비상문이 회전되면서 열린다.
선로출입문장치	선로에서 승강장으로 나올 때 버튼을 누르면 열리며, 승강장에서 선로로 들어갈 때는 비밀번호를 눌러 열 수 있다.

2.4 PSD 안전운용

PSD운용은 정상운전과, 수동운전으로 나눌 수 있다.

정상운전시 PSD시스템은 전동차의 출입문과 연동되어 작동한다. 즉, 열차가 승강장에 진

입하여 정위치에 정차하면 열차는 차상장치를 통해 지상장치로 PSD개폐 신호를 보내고, 이는 종합제어반을 통해 승강장 DCU로 전달되어 스크린도어를 여닫는다. 이때 승객이나 물체가 열차 출입문과 스크린도어 사이에 끼인다면 도어장애센서가 이를 감지해 스크린도어를 연다. 스크린도어가 닫힐 때 승객이나 물체가 끼인다면 가동도어 말단에 설치된 문끝센서가 이를 감지해서 스크린도어를 다시 연다. 또한 전체 가동문, 비상문 및 승무원출입문이 모두 닫힌 후에 열차출발 조건을 형성해야 한다. 왜냐하면 열차진입 또는 출발시 가동문, 비상문, 승무원출입문이 열려있다면, 승객이나 직원이 열차 풍압에 의해 선로로 떨어질 위험이 있기 때문이다. 만약 n개의 가동문, 비상문, 스크린도어가 닫히지 않았다면 열차의 발차지시등이 점등되지 않으며 승무원 또는 역무원이 해당 장애 스크린도어의 이상여부를 확인 후 PSD를 수동으로 취급한 후 열차를 운행할 수 있다.

PSD 수동운전은 차상장치, 지상장치, 종합제어반 사이에 신호가 제대로 전달되지 못해서 스크린도어가 자동으로 개폐되지 않거나 화재발생 등의 비상상황, 또는 고장난 PSD를 수리할 경우에 사용한다. PSD가 정상운전 중이더라도 열차내의 승무원, 승강장의 역무원, 또는 역무실의 역무원이 승무원조작반, 승강장제어반, 역무실조작반을 통해 스크린도어를 수동으로 개폐할 수 있다. 또 전동차 출입문은 열렸으나 스크린도어가 열리지 않는 경우 승객이 수동열림버튼을 눌러 스크린도어를 개방할 수 있다. PSD에 전원이 공급되지 않거나 수동열림버튼을 누를 수 없는 위치라면 폐닉바를 밀어 비상문을 열 수 있다. 고장난 스크린도어를 수리하는 경우, 역무실조작반 또는 승강장제어반에서 n개의 스크린도어를 바이패스 시켜 운행할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 서울메트로 2호선 RF방식 스크린도어 시스템의 안전운용법에 관해 연구하였다. 이를 위해 PSD 시스템의 구조와 기능 및 안전장치를 소개하였고, 위험요인분석을 통해 PSD 운용의 안전성요건을 도출하였다. 이에 따라 승객과 직원의 안전, 비상상황시 탈출용이, 열차정시운행을 위한 안전운용법을 제시하였다. 향후에는 본 연구에서 제시한 PSD 하부시스템에 대해 안전성 및 신뢰성에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] J.S. Roh, H.S Ryou, S.W. Yoon (2010) The effect of PSD on life safety in subway station fire, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 24(4), pp.937-942.
- [2] J.G. Lee, S.H. Byeon, J.H. Lee (2009) The effect of platform screen door (PSD) for fine particles at subway train in Seoul, Korea, *ICROS-SICE International Joint Conference 2009*, Fukuoka, Japan, pp.1707-1710.
- [3] 김진규 (2008) 승강장 스크린도어 설치 후 안전성 향상에 관한 연구, 석사학위논문, 서울과학기술대학교.

- [4] 배성준, 황선호, 신창현 (2009) PSD 설치에 따른 PM10 농도변화 및 냉방효과 연구, *한국철도학회 2009년도 추계학술대회*, pp.3222-3228.
- [5] 서석철 (2012) PSD 신뢰성 분석과 가용율 제고방안, *한국도시철도협회 2012년도 추계세미나*.
- [6] 철도안전정보포탈 (2013) [2008-2012] 도시철도운영기관별 철도사고 현황.
- [7] 최상호 (2012) PSD시스템의 안전성 활동 개선 방법, 석사학위논문, 한양대학교.
- [8] 서울메트로 (2011) *차장과정 : 스크린도어*, 서울메트로인재개발원
- [9] Trevor A. Kletz (1999) *Hazop and Hazan: Identifying and Assessing Process Industry Hazards, Fourth Edition*, TAYLOR & FRANCIS.
- [10] H. Kumamoto (2007) *Satisfying Safety Goals by Probabilistic Risk Assessment*, Springer Verlag.
- [11] 서울메트로통신전자팀 (2009) 서울메트로 승강장스크린도어(PSD)제작 설치 시방서, 서울메트로.
- [12] L. Min, C. Zhaoyong, Z. Jin (2012) Study on PSD System Control Strategy for Safety, *2012 3rd International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization*, pp.154-159.
- [13] IEC 61508 (1998) Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related Systems.
- [14] C. A. Ericson II, (2005) *Hazard Analysis Techniques for System Safety*, WILEY-INTERSCIENCE.