

저상 및 고상 철도 승강장 겸용 승강문 스텝 개념설계

박민흥¹, 김철수^{2*}

¹(사)한국철도차량엔지니어링 기술연구소, ²한국교통대학교 철도차량시스템공학과

Conceptual Design on Doorstep Equipments Used for Low and High Level Railway Platforms

Min Heung Park¹ and Chul-Su Kim^{2*}

¹Technical lab., Korea Rolling Stock Technical Corp.

²Department of Railway Vehicle System Engineering, Korea National University of Transportation

요 약 일반 간선열차에서 주로 사용하는 저상승강장과 수도권 전동차에서 주로 사용하는 고상승강장을 동시에 안전운영하기 위한 니즈기술로서, 저상/고상 승강장에 상관없이 승하차할 수 있는 철도차량 승강문 스텝장치가 필요하다. 본 연구에서는 이를 대비하여 저상/고상 승강장 겸용 승강문 스텝의 기능 및 제작 요구사항을 검토하였다. 세밀히 검토한 결과, 합리적 설계안은 자체 언더프레임의 손상 및 철도승강장의 이격거리 변동성을 최소화 할 수 있는 텔레스코픽 슬라이딩 스텝방식이라고 판단된다. 또한 다양한 요구조건을 고려하여 각 단계별 스텝 동작 과정 및 제어 흐름도를 제시하였다.

Abstract In order to operate trains both mainline railroad platform and metropolitan subway line platform, it is necessary to develop the doorstep equipment of the rolling stock regardless of low(500mm, mainline) and high level platforms(1,135mm, metropolitan subway line) because of the requisite door safety system. In this study, two different types of platforms were examined. On closer examination, it seems that the conceptual design is suitable for telescopic sliding type doorstep equipment to minimize damage to the carbody underframe of railway vehicles and can also minimize the variation of the distance between the railway platform. Furthermore, the operation process and control flowchart of doorstep equipments by stages are proposed by various performance requirements.

Key Words : High Level Platforms, Low Level Platform, Doorstep Equipment, Rolling Stock

1. 서 론

주 5일 근무제, 국민소득의 증가 등 국민의 생활의식이 다양화, 고급화됨에 따라 보다 빠르고 고급화된 교통수단에 대한 요구가 증대하고 있다. 또한, 교통약자에 대한 배려 및 인구 고령화 추세 등의 미래 교통수요 변화에 대비하여 향후 중장거리 철도 여객수송에서는 환승문제의 불편해소와 같은 수송분담률을 증가할 수 있는 기술

개발 및 방안이 시급한 실정이다.

국내 여객을 취급하는 철도역사의 승강장(platform)은 레일 두부 윗면으로부터 높이에 따라 크게 두 종류로서, 각각 간선철도노선의 저상승강장(500mm)과 광역전철구간의 고상승강장(1,135mm)이다[1]. 최근 KTX 및 향후 개발완료 또는 예정인 간선열차는 고객 환승에 대한 불편을 감소하기위하여 본선 및 수도권 전철구간에서도 저상/고상 승강장 혼용 운영을 고려중이다.

본 논문은 2012년도 한국교통대학교 교내학술연구비 및 국토해양부 미래철도기술개발사업의 한국형 텀링열차 신뢰성 평가 및 운용기술개발 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Chul-Su Kim

Tel: +82-070-8855-1649 email: chalskim@ut.ac.kr

접수일 12년 05월 22일

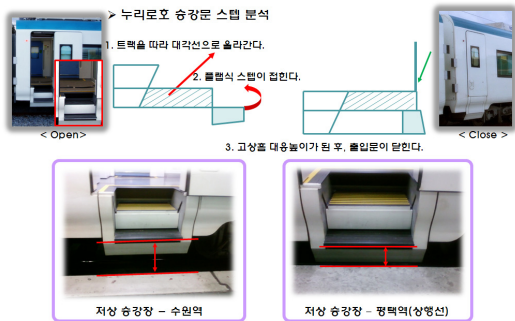
수정일 (1차 12년 08월 24일, 2차 12년 08월 31일)

게재확정일 12년 09월 06일

현재 한국철도공사에서 운영하는 전국 575개 (저상승강장 전용:367개, 고상승강장 전용:173개 포함)철도역사에서 저상/고상 혼용 승강장을 갖춘 곳은 34개소이다. 따라서 향후 도입되는 중·고속열차를 포함한 저상승강장 전용인 일반 간선열차(KTX-series 등)가 수도권 전철 및 본선구간에서 모두 운영될 경우, 국내 저상 고상 승강장에 상관없이 승하차할 수 있는 해결방안의 제시가 중요하다. 또한 안전한 열차운행과 함께 승강문(door)과 승강장사이 이격거리의 변동성으로 인한 승객(교통약자)의 불편함이 존재하므로, 이러한 이격거리가 최대한 짧은 간격을 유지하는 승강문 스텝이 요구된다.

한편, 최근 국내에 수도권 전철 경부선 및 장항선에서 운행 중인 누리로호(TEC)는 그림 1과 같이 저상·고상 승강장에 혼용할 수 있는 승강문(스텝)을 설치하여 운행 중이다. 그러나 이 열차는 고상 승강장전용 차량이 저상승강장에 도입하기 위하여 개발된 것으로서[2], 이의 스텝 장치가 다른 차종(대부분 저상승강장 전용 차량임)에 도입 시 기술 및 안전측면에서 다양한 문제들이 예상된다.

철도차량 승강문의 관련 연구는 대부분 신뢰성보전(reliability centered Maintainability, RCM)관점의 전동차 유지보수에 국한 된 것이며[3,4], 승강문 스텝에 관련 연구는 미비한 실정이다. 따라서 향후 승강장 혼용운영에 맞는 일반간선열차의 승강시스템을 개발하기 위해서는 국내 현실에 적합한 저상고상 겸용 승강문 스텝의 개발이 중요하다.



[그림 1] 누리로호 승강문 스텝(저상승강장)
[Fig. 1] Doorstep equipment of Nuriro train

중·고속 열차가 수도권 전철구간과 본선구간에서 혼용할 경우에 안전운전 및 승객편의를 함께 고려하기 위하여 본 연구에서는 전철역사 및 일반 철도역사에서 모두 승하차가 가능한 저상/고상 승강장 겸용 승강문 스텝의 기능요구사항을 관련법규를 검토하고, 이에 관한 적합한 개념설계(안)을 제시하고자 한다.

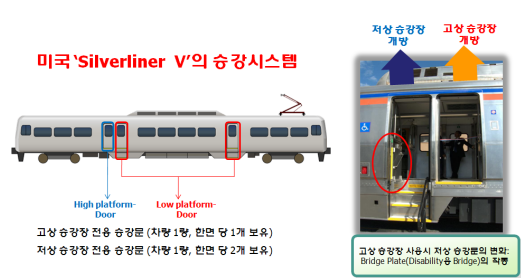
2. 기존 저상·고상 겸용 승강문 관련기술

2.1 저상고상 겸용 승강문

열차의 저상/고상승강장 혼용 운영을 대비한 승강문의 기술적 대안은 차량 1량에 전용문을 각각 두 개씩 설치(전자)하거나 하나의 승강문에 저상/고상 승강장을 겸용할 수 있는 스텝(후자)을 제작하는 것이다. 전자의 경우, 차량 1량에 고상 전용문과 저상 전용문을 동시 설치하거나 그림 2(예: 미국 Silverliner V의 승강문)에서 보는 바와 같이 차량 1량에 각각의 승강문을 인접하여 제작하는 방식이 있다[2]. 그러나 이 방식은 이미 설계된 차량에 대한 개조 시 차체바닥 및 측면프레임을 변형해야하므로 구조적 안전성 저하가 예상되며, 또한 좌석 객실수의 축소와 함께 편의시설(화장실, 짐보관 등)의 변경으로 인한 다양한 문제들이 발생한다. 이에 반하여 후자의 경우는 고객편의 및 안전 그리고 운영의 효율화 측면에서 보다 좋은 방식이라고 판단된다.

2.2 승강문스텝

현재 국내 철도차량[5,6]에서 사용되는 승강문은 공압식(링크/직접), 전기식 및 플러그식으로 크게 구분되며, 여기에 사용되는 국내 차종별 승강문 스텝의 종류 및 특징은 그림 3과 같다. 국내의 저상/고상승강장 겸용 승강문 스텝기술은 누리







[그림 2] 미국 Silverliner V의 승강문시스템
[Fig. 2] Door system of Silverliner V train in USA

로호의 경우만 존재한다. 그러나 이 기술을 중·고속 철도차량에 도입하려면 현재 차체 바닥프레임이 변형되어야 하므로 구조적 안정성측면에서차체 개조가 불가능하며, 복잡한 작동메커니즘(mechanism)으로 인하여 비상상황발생 시 탈출이 용이하지 않다. 또한, 고속철도차량의 주요기술인 기밀유지가 떨어지며, 그림 1에서와 같이 승강문과 승강장사이 이격거리의 변동성으로 고객 편의

에 문제점의 발생이 예상된다[2].

한편, 국외 관련 개발기술은 작동메커니즘에 따라 계단방식, 슬라이드방식(또는 램프식), 접이방식(또는 리프팅방식)으로 구분하며, 이에 대한 기술적 특징은 그림 4와 같다.

그림 4에서 계단식은 독일 S사에서 개발하여 트램(tram)에 적용한 것으로서, 승강문과 스텝에 대한각각의 분리제어가 가능하다. 그러나 이 기술은 기밀유지 및 비상탈출에 어려움을 가지며, 언더 프레임 손상이 불가피하므로 저상홈 전용열차에 적용하기 힘들다. 접이방식/리프팅식은 차량과 승강장사이의 이격거리의 불편을 해소하지만, 개폐시 많은 공간 및 시간을 요구한다. 슬라이딩방식은 기존 차량 바닥 프레임이 손상을 최소화 하면서 이격거리를 해소하고 신속한 개폐를 구현할 수 있다. 최근 사례로서 중국 고속열차 CRH는 중국 철도의 총 4가지(381mm, 550mm, 760mm and 1,250mm (재래선: 1,300mm 제외))의 승강장 높이를 고려하여 [그림 5]와 같이 수동형 슬라이드방식 승강문 스텝장치를 개발하였다. 그러나 이 장치는 각 차량마다 1단계 개폐를 수동으로 운영해야하는 단점을 가지므로 이를 개선할 수 있는 작동메커니즘이 요구된다.

	특징	저상/고상승강장겸용시 고려사항
 누리 로보	- 외부에 노출되지 않으므로 디자인이 미려하고, 환경적인 영향(겨울철 결빙 방지)이 적음 - 고상승강장 전용 차량이 존용이므로 제작	- 저상승강장 전용 고속차량에는 스텝장치 적용 불가 - Mechanism이 복잡하여 비정상상태 발생 시 통행이 용이하지 않음(문에 비하여 계단 쪽이 적음) - 고차량 적용시 기밀유지가 떨어짐 - 이격거리 변형으로 고객 편의에 문제점 발생
 KTX 신칸센	- 외부에 노출되지 않으므로 디자인이 미려하고 환경적인 영향(겨울철 결빙 방지)이 적음 - 고상시 유지보수가 어려움	- 고상승강장 적용 불가 - 저상승강장용 차량에만 고상승강장설비가 요구됨 - 고상홈과 차량과의 이격거리 및 문차 변형으로 고객 편의에 문제점 발생 - 차량 인터페이스 문제 (DCU, 열차필이 등) 예상 - 이격거리 변형으로 고객 편의에 문제점 발생
 새마을 호	- 외부에 노출되지 않으므로 디자인이 미려하고 환경적인 영향(겨울철 결빙 방지)이 적음 - Mechanism이 비교적 간단함	- 고상승강장에 적용 불가 - 스텝 차량 시 소음 발생 - 이격거리 변형으로 고객 편의에 문제점 발생
 무궁 호	- 고상차이므로 Mechanism이 간단함 - 저상승강장 적용 시 통행이 용이함 - 첫 계단이 외부에 항상 노출되어 있으므로 환경적인 영향(겨울철 결빙 방지)이 적음	- 고상승강장에 적용 불가 - 이격거리 변형으로 고객 편의에 문제점 발생

[그림 3] 국내 차종별 승강문 스텝의 기술적 특징
 [Fig. 3] Technical features of doorstep equipment by domestic train types




슬라이드방식: 단차의 높낮이에 관계없이 적용가능 신속한 개폐공간활용

- 현재 비의 프레임틀 손상하지 않고 유지보수를 편하게 함
- 대만(경쟁사: 결로, 폭우) 및 기밀성 유지 및 고궤역의

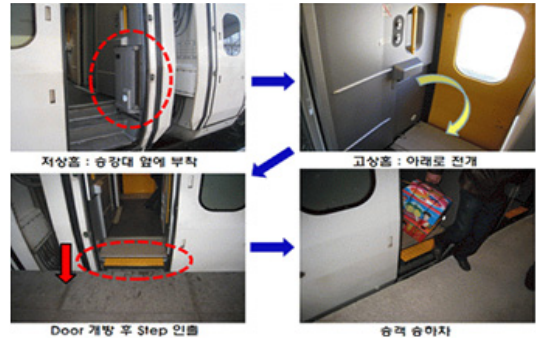


계단방식: 복잡한 메커니즘과 장치시 많은 내부공간 수 정 불가



접이방식: 개폐시 주위에 장애요소 없어야 함 움직임에 대한 많은 공간 필요

[그림 4] 해외 승강문 스텝 종류 및 특징
 [Fig. 4] Technical features of doorstep equipment by overseas train types



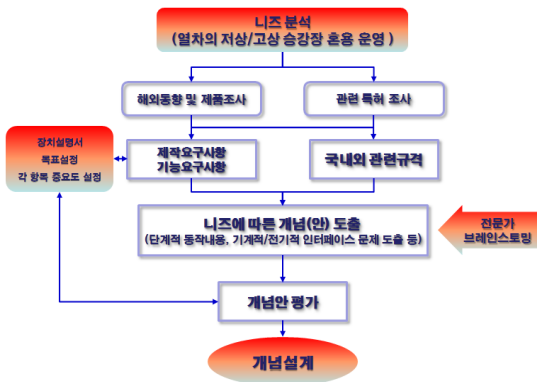
[그림 5] 중국CRH의 승강문 스텝
 [Fig. 5] Doorstep equipment of CRH in China

3. 스텝장치의 개념설계

3.1 개념설계시 요구사항

본 연구에서는 저상/고상 승강장 겸용 승강문 스텝 개발을 위하여 그림 6의 개념설계 절차에 따라 관련전문가들과 브레인스토밍을 거쳐 표 1과 같은 요구사항을 도출하였다. 이표에서 적용대상은 현재 중·고속 열차에서 개발/운행중인 저상승강장 전용 차량이 저상 및 고상 승강장에서도 운용할 수 있는 차량을 의미한다. 여기서 주요 니즈 기술 중의 하나는 차량에 따라 가변적인 차량 바닥과 고상 플랫폼 사이의 이격거리(상하 및 좌우) 문제이다. 이의 원인은 ‘선로의 노상자갈 높이 변동성’, ‘차중변화’, ‘차륜사정에 의한 차륜외경의 변화’, ‘캔트랑’ 등으로 인하여 변동성을 갖기 때문이다. 기존 연구보고서[2]에서 차종별 승강문 적용 예상 스텝과 고상승강장 사이의 이격거리를 조사한 결과로부터 설계시 상하이격 거리조건은 -100~120mm로서 그림 6과 같다. 그리고 차량 폭 3,100mm이상의 차량에서 차량과 고상홈과의 좌우이격거리는 약 150mm이내로서, 작동방식과는 무관한 공통적인 요구사항이다.

그림 4의 3가지 방식 중에서 표 1 및 그림 7의 요구사항을 만족할 수 있는 방식은 두 단계에 걸쳐 순차적으로 2단계 텔레스코픽 슬라이딩(telescopic sliding)하도록 설계되어야 할 것이다. 이는 차량의 바닥 프레임 손상하지 않고, 승강장과 열차사이의 이격거리 변동성을 2단계로 나누어 작동하며, 신속한 개폐공간을 활용할 수 있기 때문이다.



[그림 6] 승강문 스텝 개념설계 절차
[Fig. 6] Conceptual design of the doorstep equipment

[표 1] 승강문 스텝 제작·기능 요구사항
[Table 1] Production & functional requirement of doorstep equipment

제작 요구사항
<ul style="list-style-type: none"> 차량의 바닥 프레임 손상 최소화 동작이 크지 않고 단순하기 때문에 간편할 것 설치 공간의 최소화(차량 바닥 면 상판 최소의 공간 활용) 경량화 및 내구성(Honeycomb panel 등 경량의 고강도 재질 사용) 확보 EN 규격 준수 및 신뢰성 입증
기능요구사항
<ul style="list-style-type: none"> 시스템 동작의 단순화 및 간편성 내환경성(혹한 및 적설 등 기상영향에 대한 고려) 기밀성능 유지 유지보수 용이성(제품을 분리할 필요없이 바닥면만 개방하면 보수가 가능하고, 잔고장의 가능성을 최소화할 것) 고객 편의 및 안전(노약자, 장애우 용 휠체어 탑승/하차 가능) 안전시스템(Back-up 기능 : (예) 동력차단시 수동복귀 기능) 적용 차량과 승강장 사이 이격거리 해소 또는 최소화

3.2 국내외 관련규격

저상/고상 승강장 겸용 승강문 스텝의 안전 설계를 위해서는 제작/기능 요구사항과 함께 국내외의 관련 법규에 대한 검토가 필요하다.

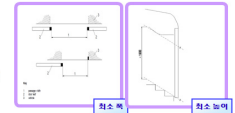
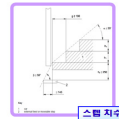
기존 승강문 관련 국내규격은 "KS R 9246 : 전동차용 공기식 출입문 개폐장치"[7]와 "KS R 9247 : 전동차용 전기식 출입문 개폐장치-시험방법" [8], "KRS CB 0001-07(R) : 전동차용 출입문"[9]이 있지만, 승강문 스텝에 관련한 국내규격은 존재하지 않는다. 따라서 저상/고상 승강장 겸용 승강문 스텝 개발을 위해서는 이에 대한 안전성 및 인증을 위한 해외기술 기준(규격 또는 규정)의 검토가 요구된다.

해외 관련규격은 그림 8과 같이 유럽 TSI (Technical Specification for Interoperability)에서 제시하는 EN 14752 규격[10]이다. 이 규격에서 스텝관련 주요내용을 정리하면 표 2와 같다. 이 표에서 현재 운용중인 고속철도차량에서 제시하는 주요 기술사양서를 함께 제시하였다.

> 제작조건에 대한 검토

· 스텝

- 외부스텝 : 승강문 폭과 같아야 함.
- 스텝 치수
 - 승강문 폭내의 스텝 : 수평을 유지.
 - 내부스텝의 길이 : 190mm
 - 외부스텝 : 145mm이상(발에 닿았을 크기)
- 기울기 : 내부에서 55° 이하 외부에서 59° 이하
- 스텝표면, 배수 : 충수금지
- 수동작동 : 차량한계를 벗어날 경우, 동력차단시 스텝은 수동으로 스텝을 잡아 넣을 수 있어야 함



> 기계적 강도

- 승강문 기계적 강도
 - 승객 유지 : EN501 25-1의 4.12.3(Class GT1)
 - 전복이 될 경우 : EN12663
 - 진동과 충격에 견디는 힘 : EN12663, EN61373
- 스텝의 기계적 강도
 - 적용되는 요구조건 : 수직하중 2 KN(100*200 mm²)의 집중 하중, 스텝 전체길이에 스텝 중앙 분포하중(4 KN/m)을 가해서 영구변형이 없어야 함.



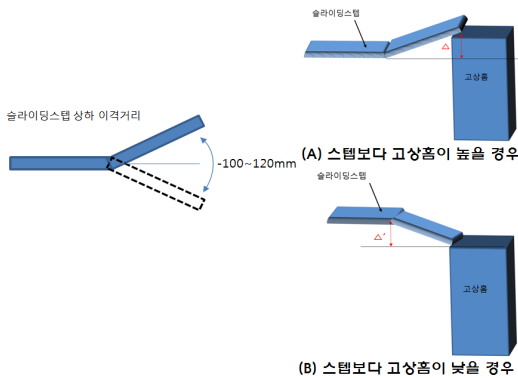
[그림 8] EN 14752규격의 승강문 스텝 관련내용

[Fig. 8] Summary of Doorstep equipment according to EN 14752

[표 2] 승강문 스텝의 관련 규격 주요내용

[Table 2] Summary of Doorstep equipment according to EN 14752 and KTX-series specification

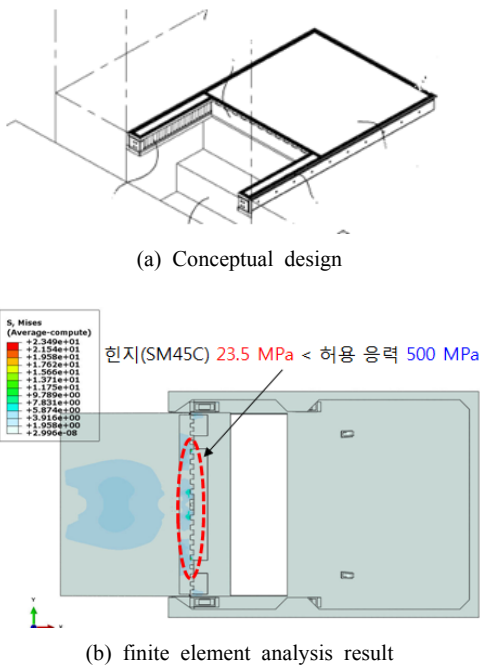
항목	EN-14752	KTX	KTX-산천	비고
스텝치수	길이 145mm 이상	-	213 mm	-
스텝표면	미끄럼 방지 처리	미끄럼 방지 처리	미끄럼 방지 처리	-
기계적 강도	100*200mm 넓이에 2KN 하중 발판 중앙부중심선에 4KN/m 하중	-	350 Kg _r	영구변형이 없어야 함
장애물 감지	외부 : 300N, 승객 : 150N	-	-	장애물 감지 동작 확인



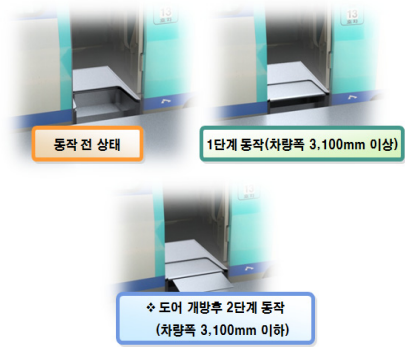
[그림 7] 스텝과 고상용 사이의 상하 이격거리
[Fig. 7] Vertical separation distance between the step and the high platform

3.3 개념설계

본 스텝장치의 주요 기능은 철도 차량의 실내 바닥 면과 동일 평면을 이루는 프레임 유닛으로부터 승강장 방향으로 슬라이딩(인출)되는 1차 및 2차 발판 유닛을 통해 승객의 승하차가 용이하도록 하는 것이다. 여기서 발판 유닛을 지지하는 메인프레임 구조는 발판 유닛에 대한 지지력을 강화함으로써 더욱 안전한 구조를 가질 수 있어야 한다. 또한, 본 장치의 1차 및 2차 발판 유닛은 단계적으로 텔레스코픽 슬라이딩하여 승강장까지 연장됨으로써, 승객이 더욱 편리하고 안전하게 승하차하는 기능을 갖추어야 한다. 이러한 제작/기능 요구사항을 만족하는 장치 구조는 그림 9와 같다. 참고로 그림하단은 표 2의 기계적 요구조건하에 유한요소해석의 일례이다. 이의 주요 부품은 강성 및 내구성 확보하기 위한 프레임 유닛, 1차 발판 유닛, 2차 발판 유닛, 가이드 레일, 힌지, 핀 등이며, 정의된 시스템의 기능을 구현할 수 있는 구동 모터, 타이밍 벨트, 풀리, 롤러, 베어링 등의 부품을 선정해야 할 것이다.



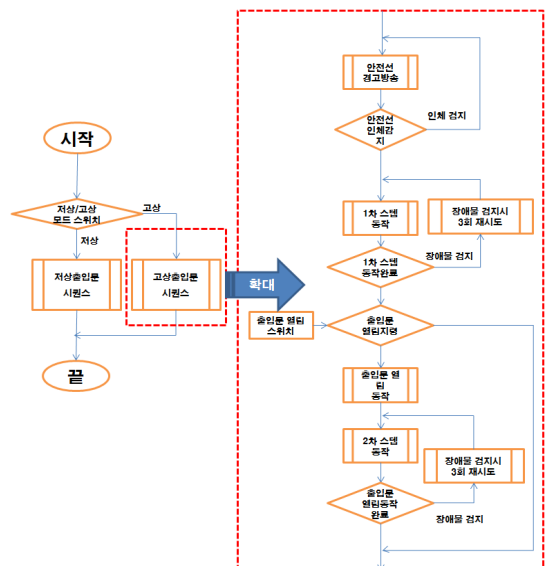
[그림 9] 저상/고상승강장 겸용 승강문 스텝의 개념 설계(안) 및 유한요소해석 결과
 [Fig. 9] Conceptual design and finite element analysis result for doorstep equipment of low and high level platforms



[그림 10] 개념설계(안)의 동작 메커니즘
 [Fig. 10] Operating mechanism for model of doorstep equipment

[표 3] 단계별 승강문 스텝의 동작내용
 [Table 3] Operation of doorstep equipment by stages

단계	기능 및 역할
슬라이딩 스텝 동작 전 단계	• 저상 승강장에서는 스텝 개방상태 유지(평상시의 스텝과 동일한 상태)
슬라이딩 스텝 1단계 동작	• 고상 승강장에 열차가 정차하기 전, 1단계 진출 완료 및 2단계 동작대기(승강문 개방 전)
슬라이딩 스텝 2단계 동작	• 열차 도어 개방 후 2단계 동작 선별지령(안전사고 방지 및 교통 약자에게 편의 제공)



[그림 11] 저상/고상 승강장 승강문 스텝의 제어 흐름도
 [Fig. 11] Flowchart of operation control of doorstep equipment for low and high level platforms

그림 10은 텔레스코픽 슬라이드방식의 저상/고상 승강장 겸용 승강시스템(스텝)의 개념 설계 모델에 대한 단계적 동작 모습을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 크게 3단계로 나누어지며, 표 3은 각 단계별 기능 및 역할을 정리한 것이다.

그림 11은 저상/고상승강장 겸용 철도차량 승강문과 스텝의 제어 흐름도를 나타낸 것이다. 철도차량의 승강문 제어방식은 차종에 따라 상이하므로 차종별로 도어제어 유닛(Door control unit, DCU)과 열차제어시스템(Train control management system, TCMS)의 수정이 요구된다.

4. 결론

본 연구에서는 저상-고상 승강장 겸용 승강문 스텝장치의 개념설계(안)를 제시하였다. 이로부터 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 국내 저상-고상 승강장 겸용 승강문 스텝장치의 개념설계단계에서 요구사항은 철도차량의 바닥 프레임 손상 최소화, 유지보수의 용이성, 내환경성(결로 또는 폭우), 고속운행의 선결조건인 기밀성 유지, 고객 편의성 및 안전성 등이다.
2. 다양한 요구사항들을 고려하여 제시된 본 스텝장치의 개념설계(안)는 2단계에 걸쳐 작동하는 텔레스코픽 슬라이드방식이다. 이는 기존 방식보다 차량 바닥 프레임의 손상을 최소화하면서 이격거리의 불편을 해소 등의 장점을 갖는다. 그리고 승객안전 및 고객편의를 고려하여 각 단계별 스텝 동작 및 제어 흐름도를 제안하였다.
3. 제시된 스텝 개념설계(안)는 기존 철도역사에서 저상/고상승강장을 별도로 건설하지 않고, 수도권 및 기존선 구간을 직결 운행할 수 있는 방안이다. 향후에 이를 바탕으로 구체적인 설계 및 성능시험연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] Ministry of Government Legislation, “Regulation of Railway Construction Criteria”, Article 28 and 29, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2009.
- [2] Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning, “The Planning Report on the Development Plan of Door System of Low and High Level Platforms, pp. 13-179, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010.

- [3] C. H. An, D. S. Lee, Y. J. Son and H. S. Lee, “A Study for Reliability Improvement of Belt Type Door System using FMECA”, Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 13, No. 1, pp. 58-64, 2010.
- [4] D. G. Lee, J. W. Kim and H. S. Lee, “A Case Study on Determining Doors Maintenance Intervals through Running Fault Data Analysis for Metro EMU”, Journal of the Korean Society for Railway, Vol. 11, No. 3, pp. 240-247, 2008.
- [5] C.S. Kim and G. H. Kang, “Fatigue Analysis of Reduction Gears Unit in Rolling Stock Considering Operating Characteristics”, Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.12, No.3, pp. 1085-1090, 2011.
- [6] B. J. Hyen, et al., “Analysis of EMU Installation and Yard Test for Communication Based Train Control On-board Equipment”, Journal of The Korea Academia-Industrial cooperation Society, v.10, no.5, pp. 935-941, 2009.
- [7] Korea Standard Association, “KS R 9246; Pneumatic Door System Used on Railway Rolling Stock”, pp. 1-14, Korean Agency for Technology and Standards, 2007.
- [8] Korea Standard Association, “KS R 9247; Electric Door System Used on Railway Rolling Stock—Test Methods”, pp. 1-8, Korean Agency for Technology and Standards, 2007.
- [9] Korean Railway Standards, “KRS CB 0001-07(R) Entrance Door for Electric Car”, pp. 1-5, Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2007.
- [10] European Standards, “BS EN 14752; Railway Application -Body Entrance Systems”, pp. 1-30, European Railway Agency, 2005.

김 철 수(Chul-Su Kim)

[정회원]



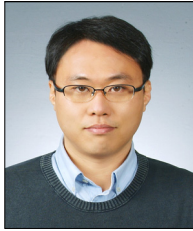
- 2002년 8월 : 한양대 일반대학원 기계설계학과 졸업(공학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 한국교통대학교 철도차량시스템공학과 부교수

<관심분야>

철도차량설계, 철도차량RAMS

박 민 흥(Min-Heung Park)

[정회원]



- 2006년 8월 : 한양대학교 대학원 기계공학과 (기계공학석사)
- 2012년 8월 : 한양대학교 대학원 기계공학과 (기계공학박사수료)
- 2006년 7월 ~ 2008년 8월 : GM 대우 차체설계팀 M300 Underbody 설계
- 2008년 9월 ~ 현재 : 한국철도차량엔지니어링 기술연구소 연구원

<관심분야>

시스템 수명 예측 및 신뢰성 평가, 신뢰성 공학