

# 도시철도 곡선승강장 연단 실족사고 위험성 저감을 위한 기초연구

## Basic Research for the Reduction of Risk of Misstep's Accident on Curved Platform of Urban Railway

류경신\*, 김진욱 †

Kyungshin Ryu\*, Jinwook Kim †

**Abstract** The accidents resulting in injury or death causing by missteps on the space between the platform and train are mainly due to the structural problems from operating the train, which has the straight shape, on the curved platform.

In this study we have tried to reduce the risk of accidents from missteps on the edge of platform by introducing agendas in the views of operation and physical environment by analyzing the status, the design code, and the stations which have relevant to the accidents.

**Keywords** : Urban railway, Platform accident, Accident mitigation

**초 록** 전동차와 승강장 사이의 틈새에 실족하여 발생하는 연단 실족 사상사고는 곡선 승강장에 직선형태의 철도차량을 운행해야 하는 구조상의 문제점으로 인하여 곡선 승강장에서 대다수가 발생하고 있다.

본 연구에서는 도시철도 승강장에서의 연단 실족 사상사고의 실태와 승강장 설계기준, 사고 빈발 역사의 특성 분석을 통해 운용측면의 대안과 물리적 환경측면에서의 대안을 제시하여 곡선 승강장 연단 실족으로 인한 사고 위험성을 저감하고자 하였다.

**주요어** : 도시철도, 승강장 사고, 실족, 사고저감

## 1. 서 론

국내 지하철은 산업화와 경제개발에 따른 교통 수요의 획기적인 증가로 인해 1974년 8월 서울지하철(청량리~서울역, 9개역) 개통을 시작하여 이용의 안전성과 편리성으로 근 40년간 양적, 질적인 측면에서 많은 발전과 변화를 거듭해왔다.

2003년 대구지하철 화재사고 이후 지하철 안전시설에 대한 많은 연구와 투자, 각종 정책의 결과로 승강장 스크린 도어와 같은 안전시설이 도입되어 선로 투신, 추락, 열차 측면 접촉과 같은 여객 사상사고를 현저히 감소시키는 효과를 나타내고 있다. 그러나 곡선 궤도구간에 직선형태의 철도차량을 운행해야 하는 승강장 구조상의 문제로 인하여 전동차 출입문과 승강장 사이의 틈새에 실족하여 발생하는 곡선 승강장 연단 실족 사상사고는 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 본 연구는 도시철도 승강장의 사상사고 실태와 승강장 설계기준, 사고 빈발 역사의 특성 분석을 통해 대안을 제시하여 곡선 승강장 연단 실족으로 인한 사고 위험성을 저감하는데 목적이 있다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 주택대학원 교수(jinwook@seoultech.ac.kr)

\* 서울메트로 상계승무사업소

## 2. 본 론

### 2.1 승강장 사상사고 실태분석

#### 2.1.1 승강장 연단 사상사고 발생현황

서울시 산하 도시철도 운영기관인 서울메트로(1~4호선)과 서울특별시 도시철도공사(5~8호선)의 277개 역사 승강장에 한정하여 2011년 1월~2013년 6월까지의 전동차와 승강장 연단 틈새 실족으로 인한 사상사고 발생 현황이다.

**Table 1** 승강장 연단 실족 사상사고 발생현황 (2011.1-2013.6)

구 분	승강장 현황(역)			연단 실족사상사고 현황(건)		
	합계	직선	합계	직선	합계	직선
합 계	277	159	118	95	18	77
서울메트로	120	59	61	77	16	61
서울특별시 도시철도공사	157	100	57	18	2	16

2011년 1월-2013년 6월까지 30개월간 승강장 연단 실족으로 인한 사상사고는 총 95건이 발생하였으며 그 중 77건(81%)이 곡선 승강장에서 발생하였다. 운영기관별 사상사고 발생률은 서울메트로(1~4호선)의 사상사고가 77건(81%)으로 대다수를 차지하고 있고 서울특별시 도시철도공사 운영구간(5~8호선)의 경우 18건(19%)으로 분석되었다.

#### 2.1.2 사고 빈발역사 특징 분석

사상사고가 최다 빈발 발생한 A을 포함한 5개 역사에서 곡선 승강장에서 발생하는 전체 사상사고의 41.7%가 발생하는 것으로 분석 되었다. 특히 A역의 경우 조사 대상기간 30개월 중 11건의 사상사고가 발생하여 약 2.7개월에 1건씩 승강장 연단 실족으로 인한 사상사고가 발생하였다.

**Table 2** 승강장 연단 실족 사상사고 특징

사상사고 발생 건수			사상사고 빈발역사(건)			사고발생 주기/역사구분
합계	환승역	일반역	합계	역사	건수	
77	42	35	33	A역	11	2.7개월 1건 / 환승역사
				B역	6	5개월에 1건 / 환승역사
				C역	6	5개월에 1건 / 일반역사
				D역	5	6개월에 1건 / 일반역사
				E역	5	6개월에 1건 / 일반역사

곡선 승강장 연단 실족으로 인한 사상사고의 연관성 분석을 위해 SPSS ver2.0을 이용 교

차분석을 실시한 결과 사상사고 발생 건수와 환승역, 승·하차 인원과 사고 발생률과는 연관이 없는 것으로 분석되었으나 발생 빈도를 통해 향후 사고발생을 유추해 볼 때 사고 발생률이 높은 역사에서 추후 사고가 발생할 가능성이 높은 것으로 추정된다. 또한 상대적으로 최근 건설된 5-8호선 보다 더 오래된 1-4호선 에서 전체사고의 81%가 발생한 것은 역사의 물리적 환경과 사고의 연관 관계가 높음을 보여주고 있다.

## 2.2 승강장과 전동차와 간격 설계 기준

### 2.2.1 승강장과 전동차 간격 및 높이 기준

도시철도 건설규칙 제33조(연단과 차량한계와의 허용 간격)과 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완 설계 지침(국토교통부 고시 제2013-162호)에 의하면 첫째, 승강장 연단은 차량 한계로부터 50mm의 간격을 띄어 설치하며 둘째, 곡선 승강장은 곡선에 의한 치수를 가산하여 설치하고 셋째, 승강장 마감 높이는 승강장면과 차량 바닥면 간의 차가 ±15mm이내가 되도록 규정되어있다.

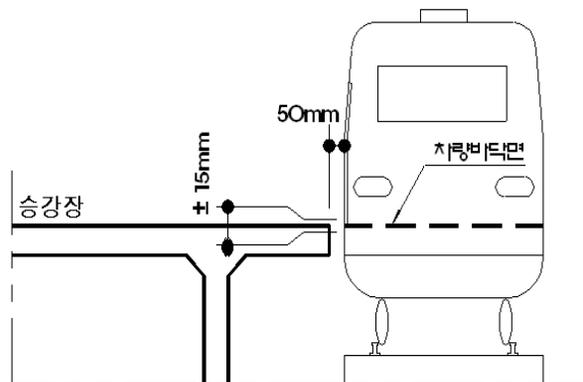


Fig. 1 승강장 차량간격 및 높이

### 2.2.2 곡선 승강장에서의 적용

곡선부에서 직선 형태의 차량이 운행되기 위해 차량 변위량에 의한 확폭 치수와 캔트(Cant)에 의한 차량의 기울기 및 슬랙(Slack)을 고려하여 직선구간 보다 넓게 확대하여야 한다.

#### (1) 캔트(Cant)산정

$$C = 11.8 \times \frac{V^2}{R - C_i} \quad (1)$$

$C$  = 캔트(mm),  $V$  = 열차최고속도(km/h),  $R$  = 곡선반경,  $C_i$  = 0 ~ 100(mm)

**Table 3** 균형 캔트표

(단위mm)

곡선반경(R) 반경속도(km)	300	400	500	600
60	142	107	85	71
70	-	145	116	97
80	-	-	152	126

현장 설정 캔트는 그 곡선을 통과하는 최고속도 열차의 균형 캔트에서 100mm이상 부족하지 않도록 설정하며 최대량은 160mm를 넘지 않도록 한다.

(2)슬랙(Slack)산정

$$S = \frac{1,250}{R} - S_1 \tag{2}$$

S = 슬랙(mm), R = 곡선반경(m), S<sub>1</sub> = 조정치 = 0 ~ 4(mm)

**Table 4** 슬랙표

(단위mm)

곡선반경(R)	300	400	500	600
슬랙(mm)	8	6	5	4

즉, 곡선 승강장에서의 건축한계 가산율은 차량한계에서 50mm 이격거리에 ‘식(1)’의 캔트량과 ‘식(2)’의 슬랙량을 합산한 거리를 확보해야 한다.

따라서 곡선 반경(R)500 승강장의 경우 건축한계의 가산율을 계산하면 다음과 같다.

$$\text{가산율}(252\text{mm}) = \text{이격거리}(50\text{mm}) + \text{캔트}(152\text{mm}) + \text{슬랙}(5\text{mm})$$

**2.3 사고 빈발 역사 승강장 연단 이격 현황**

연단 실족으로 인한 사상사고 빈발 5개 역사의 전동차와 연단의 최대 이격거리 및 최소 이격거리, 평균 이격거리 실측현황이다.

**Table 5** 사고 빈발 역사 승강장 이격 현황

(단위mm)

구분	상선승강장			하선승강장		
	최대이격거리	최소이격거리	평균이격거리	최대이격거리	최소이격거리	평균이격거리
A역	200(2-1위치)	70(6-2위치)	130	190(7-4위치)	70(10-4위치)	149
B역	180(6-2위치)	110(1-4위치)	145	200(5-1위치)	90(9-3위치)	148
C역	180(6-2위치)	40(4-4위치)	130	180(10-4위치)	70(7-2위치)	120
D역	260(1-2위치)	60(5-3위치)	125	180(2-2위치)	100(2-3위치)	113
E역	210(5-2위치)	30(10-1위치)	136	200(10-3위치)	70(5-1위치)	132

## 2.4 연단 실족 사고 위험성 저감을 위한 대안의 제시

이에 본 연구에서는 연단 실족사고의 위험성을 저감할 수 있는 대안을 아래와 같이 제시하고자 한다.

### 2.4.1 운용측면에서의 대안

- (1) 감시인 배치 : 승객 집중도가 높은 출퇴근 시간대에 곡선 승강장 취약부에 감시인을 배치하여 무리한 승·하차로 인한 연단 실족 사고가 발생하지 않도록 한다.
- (2) 적극적인 안내방송 시행 : 사고 발생 빈도가 높은 역사에 대해서는 승강장 진입전 객실 안내방송의 반복시행을 통해 하차 승객의 주의를 환기시키고 승강장 방송을 통해 승차 대기중인 승객에게 승차시 주의 사항에 대한 적극적인 방송을 시행한다.
- (3) 승·하차 주의 안내문 부착 : 승강장 이격 거리가 큰 개소에 대해서는 스크린도어 전면부에 발빠짐 주의 안내문을 부착한다.

### 2.4.1 물리적 환경측면에서의 대안

- (1) 정차위치 조정 : 승강장 연단 사상사고 발생 현황을 볼 때 승강장의 직선화가 사고를 저감의 방안임에는 틀림없다. 그러나 현재 건설된 곡선 승강장을 직선화하기는 현실적으로 불가능하다. 따라서 기존 곡선 승강장의 직선화 보다는 스크린도어의 설치와 같은 대규모 시설 공사시 열차 정차위치 조정을 통해 승강장과 전동차 간격을 최소화할 수 있는 방안을 고려해 볼 수 있다.
- (2) 안전발판의 도입 : 정차시 승강장 연단과의 이격 공간을 밀착시켜 틈새를 없애는 구조물인 안전발판의 설치이다. 안전발판은 연단 실족으로 인한 안전사고를 미연에 방지하며, 특히 교통약자의 이용 편리성 증진에 그 효과를 기대할 수 있다. 또한 승·하차시 심리적 안정감을 제공한다.
- (3) 안전발판은 다음과 같은 구조를 가지고 있어야 한다. 첫째, 안전발판 동작시 승·하차 승객의 수직하중을 지지할 수 있는 구조 둘째, 반복동작에 대한 안전성이 확보되고 셋째, 승강장 안전문(PSD)과 연동 작동되고 넷째, 고장시 별도의 수동복구 방안이 고려되어야 한다.



Fig. 2 안전 발판 사례

### 3. 결 론

철도차량의 운행 안전성 확보를 위한 승강장 연단과 차량한계와의 허용 간격이라는 안전공간이 곡선 승강장에서는 승객의 이용의 편의성 및 승·하차 안전성을 저해하며 연단 실족으로 인한 사상 사고의 원인이 되고 있는 것으로 파악되었다.

현재 건설된 곡선 승강장을 직선화하기는 불가능한 실정이므로 곡선 궤도구간에 직선형태의 철도차량을 안전하게 운행하고 아울러 승객의 승·하차시 안전성과 교통약자의 이용편리성 증대를 위해서는 사고빈발 역사의 연단 사상사고에 대하여 운용측면에서는 감시인의 배치와 안내표지판 설치, 적극적인 승·하차 주의 안내방송 등의 방안을 고려해볼 수 있으며 물리적 환경측면에서는 대규모 역사 시설 공사시 열차 정차위치의 조정을 통한 승강장 틈새 간격의 조정과 현재 설치된 고무발판보다 진보된 안전발판의 설치가 필요하다.

본 연구는 승강장 연단 실족 사상사고의 승차위치, 발생시간, 사고자 특성, 피해정도 등에 대한 정보의 한계성으로 다각적인 분석이 부족하였다. 향후 운용측면에서의 감시인원의 산정과 물리적 환경측면에서 제시된 안전발판과 관련된 연구가 지속적으로 추진되어야 할 것으로 보인다.

### 참고문헌

- [1] 도시철도 건설규칙
- [2] 도시철도 정거장 및 환승·편의시설 보완설계 지침
- [3] 서울특별시 <http://www.seoul.go.kr>
- [4] 서울메트로 [www.seoulmetro.co.kr](http://www.seoulmetro.co.kr)
- [5] 서울특별시도시철도공사 [www.smrt.co.kr](http://www.smrt.co.kr)
- [6] 요코하마시 교통국 <http://www.city.yokohama.lg.jp>
- [7] 국토해양부 교통약자 이동편의 실태 조사 <http://weak.mltm.go.kr>