

# 승강장 안전발판의 현장 적용에 따른 시공 방안 및 사례 연구

## Construction Methods and Case Studies based on Field Application of the Platform Safety Step

김민호\*, 박민흥\*†, 곽희만\*

Min-Ho Kim\*, Min-Heung Park\*†, Heui-Man Kwak\*

**Abstract** Recently, Several urban railway safety accidents due to the physical distance between the train and the platform has been at the many social issues. Therefore, Ensuring ease of movement of the handicapped with securing safety of a passenger, including the disabled has become an important issue in the welfare mobility. To solve this problem we developed a platform safety step system. Check the structural safety by performing field structure review for the application of the platform safety step system that is attached to the cross platform, and has reviewed the construction method, we introduce the practice field application platform safety step system.

**Keywords** : Railway Platform, Safety step, Structure Safety Analysis, Construction, Welfare mobility

**초 록** 도시철도에서 열차와 승강장 사이 물리적으로 떨어질 수 밖에 없는 간격에 의한 발 빠짐 사고 등 여러 가지 안전사고가 사회적으로 많은 이슈가 되고 있는 요즘, 승객의 안전 확보와 함께 장애우를 포함한 교통약자의 이동편의성 확보가 복지교통의 중요한 화두가 되고 있다. 이와 같은 문제를 해결하고자 승강장 안전발판 시스템을 개발하였다. 본 연구에서는 승강장 연단면에 부착되는 안전발판의 현장 적용을 위한 구조 검토를 수행하여 구조적 안전성을 확인하고, 시공 방법을 검토하였으며, 승강장 안전발판 현장 적용 사례를 소개하고자 한다.

**주요어** : 철도 승강장, 안전발판, 구조 안전성 해석, 시공, 교통복지

## 1. 서 론

최근 국민의 대중교통에 대한 서비스 요구수준이 더욱 높아지고 있는 실정이다. 안전성뿐만 아니라 편의성, 쾌적성 등을 포괄하는 교통복지 차원의 기대수준이 높아지고 있다. 이는 교통복지에 대한 국민적, 사회적 공감대가 형성되면서 국민의 대중교통 서비스 요구수준이 다양화되고 세분화되고 있기 때문이다. 현재 우리나라의 고상 플랫폼 방식으로 된 철도 승강장의 경우 철도 승강장과 철도차량 간 열차의 원활한 안전주행을 고려하여 승강장의 연단과 차량 출입문 사이에 물리적으로 떨어질 수 밖에 없는 일정 폭의 안전공간이 형성되어 있으며 이러한 환경에서 수도권 전동차 구간에서 열차와 승강장 사이 승객의 발 빠짐 사고가 빈번하게 일어나 사회적으로 승객의 안전확보에 관심이 높아 지고 있다. 서울특별시 1~8호

† 교신저자: (주)진합 기술연구소(mhpark@jinhap.com)

\* (주)진합 기술연구소

선의 277개 역사 승강장에서 2011년 1월부터 2013년 6월까지 발생한 승강장의 실족 사상 사고 발생 건수는 95건이며, 2.7개월마다 1건씩 실족사고가 발생하는 곡선 승강장도 존재 한다.[1] 특히, 곡선승강장에서 승강장과 차량과의 간격이 최대 260mm 이상 존재하므로 교통복 지적인 측면에서 어린이, 장애인, 노인 등 교통약자의 이동 편의성 확보에 대한 부분이 이슈 가 되고 있다. 이와 같은 문제를 해결하고자 승강장 안전발판 시스템을 개발하였으며, 본 연 구에서는 승강장 연단면에 부착되는 접이식 안전발판의 현장 적용을 위한 구조 검토를 수행 하여 구조적 안전성을 확인하고, 시공 방법을 검토하였으며, 승강장 안전발판 현장 적용 사 례를 소개하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 승강장 안전발판 개발

승강장의 연단과 차량 출입문 사이 물리적으로 떨어질 수 밖에 없는 공간에서 장애인 포 함 교통약자뿐 아니라 일반 성인들까지 발 빠짐 사고 등 안전사고가 종종 발생한다. 이러한 문제를 극복하기 위해 국내·외에서 차량과 승강장에 적용되는 다양한 안전발판이 개발 되었 다.[2] 안전발판 관련 법규 및 규격을 살펴보면, 철도시설 안전기준에 관한 규칙 제44조, 철 도시설 안전세부기준 제43조, 도시철도건설규칙 제30조의 2에 차량과 승강장 연단의 간격이 10cm가 넘는 부분에는 안전발판 등 승객의 실족사고 방지설비를 설치 해야 함을 규정하고 있고[3-5] 도시철도정거장 및 환승·편의시설 보완설계지침은 승강장 연단과 차량과의 간격은 차량한계로부터 50mm의 간격을 유지하고 승강장 마감높이는 승강장면과 차량 바닥면간의 차가  $\pm 15\text{mm}$  이내여야 함을 규정하고 있다.[6] 관련 기술규격으로 한국철도표준규격 “KRS S G 0066-14”이 있으며 승강장 안전발판의 재료, 형태 및 구조, 제조 및 가공, 성능, 검사 및 시험, 표시 및 포장에 대한 부분을 규정하고 있다.[7] 안전발판의 기능요구사항을 도출하여 시스템의 신뢰성, 내구성, 충돌 안전성 및 유지보수용이성을 확보하고 승강장과 전동차 사이 공간에 대한 인터페이스 장치를 개발하여 교통약자를 포함한 승객의 안전한 교통 이동권을 확보할 수 있게 되었다. Fig. 1에 승강장 연단면에 설치되는 접이식 승강장 안전발판을 나타 냈다.[8]



**Fig. 1** Development of Platform Safety Step

## 2.2 승강장 구조 검토

안전발판 시공을 위해 승강장 연단면을 기준으로 승강장 슬래브 및 PSD의 하중과 시공 전의 안전발판의 하중을 고려하여 구조 계산 및 안전성 검토를 수행하였고 구조적 안전성을 확인하였다. Fig. 2에 관암역 승강장 배근도를 기준으로 나타낸 승강장 연단면의 단면 구조를 나타냈고, 안전발판의 설치 위치를 표현하였다. 연단면의 총 두께는 400mm이며, 하부 200mm 구간은 슬래브 배근 및 피복콘크리트이며 상부 200mm 구간은 몰탈 마감이다.

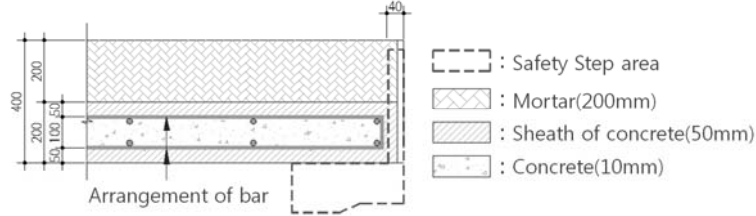


Fig.2 Cross-section of Panam Station platform

연단면의 구조도를 통해 Table 1과 같이 재료강도를 추정하였다. 콘크리트 및 철근의 설계 기준 강도는 각각  $f_{ck} = 24\text{MPa}$ ,  $f_y = 300\text{MPa}$  이다.

Table 1 Specified concrete strength for structural safety review

Material	Strength Design Criteria	Specification
Concrete	$f_{ck} = 24\text{MPa}$	KS F 2405
Steel reinforcement	$f_y = 300\text{MPa}$	KS D 3504

Table 2는 슬래브의 배근 및 연단면의 치수이다.

Table 2 Slab arrangement of bar and dimensions of the platform

Thick [mm]	Span [m]	Short Edge		Long direction	
		Top Steel Bar	Bottom Steel Bar	Top Steel Bar	Bottom Steel Bar
200	1.2	HD16@200	HD19@100	HD13@300	HD13@300

승강장 배근도를 기준으로 확인된 연단면 슬래브의 순수 하중과 PSD의 하중(750kg/set) 및 안전발판의 하중(150kg/set)을 고려하여 계산된 연단면의 휨 모멘트( $M_u$ ) 및 전단력( $V_u$ )은 다음과 같다.

$$M_u = 19.28 \times \frac{1.2^2}{2} + 1.6 \times (0.58 + 3.6) \times 1.2 = 21.7 [\text{kN} \cdot \text{M}] \quad (1)$$

$$V_u = 19.28 \times 1.2 + 1.6(0.58 + 3.5) = 29.7 [\text{kN}] \quad (2)$$

캔틸레버 슬래브에 상부 하중 및 PSD 하중, 안전발판의 하중을 적용하여 검토한 결과, 안전발판 설치시 기존 주방향 배근 HD16@200(상부근)으로 구조적 안전성을 확보할 있음을 확인하였다. Table 3에 안전성 검토 결과를 나타냈다.

**Table 3** Review of slab bar arrangement Safety in Platform section

Thick (mm)	Position	Strength & Bar arrangement			RATIO
		Mu(kN·m/m) / Vu(kN/m)	Bar Arrangement	ØMn(kN·m/m) / ØVn(kN/m)	
200	Short Edge	21.7	HD16@200	34.1	0.64
	Shear	29.7	-	88	0.34

**2.3 승강장 안전발판의 시공 방안 분석**

안전발판의 제품 형태 및 크기에 따라 시공 방법은 매우 다양하게 적용 될 수 있다. 안전 발판의 시공에 있어 핵심 요소는 연단면의 형태 및 구조이고 승강장 연단면에 안전발판 장치를 고정하기 위한 앵커볼트의 크기 및 위치, 시공 순서이다. Hilti社에서 제공하는 앵커검토용 프로그램인 Hilti PROFIS Anchor 2.5.0을 이용하여 안전발판의 자중을 포함하는 적용되는 하중에 대하여 적용 가능한 앵커볼트의 내력을 검토하였고 검토 결과를 Table 4, 5에 나타냈다. 앵커볼트의 내력 검토 결과 연단면 측면의 인장과 전단에 대한 조합 내력 비  $\beta_{N,V}$  60%, 연단면 하부의 인장에 대한 내력 비  $\beta_N$  9% 로 산출되었으며, 이에 대한 물리적인 의미는 내력 100 중 60과 9만을 사용한다는 의미로 선정된 Anchor볼트는 안정하다는 의미이다.

앵커볼트는 8-M10(HILTI-HAS 또는 동등 성능 이상의 것)으로 연단면의 전면 및 하부에 각각 4EA씩 등간격 배치하고, 전면 앵커볼트는 구조적으로 안전한 슬래브 배근의 중심부에 위치하도록 하며, 하부 앵커볼트는 제품 중심부에 위치하도록 한다. 또한 전면 및 하부의 앵커볼트는 상호 간섭이 없도록 조정하여 최소 깊이 80mm 이상으로 설치해야 한다. Fig. 3에 안전발판 앵커 설치 위치에 대한 개념도를 나타내었다.

**Table 4** Review of Anchor Bolt in Platform Side Wall

Loading	Proof	Design values[kN]		Utilization	Status
		Load	Capacity	$\beta_N/\beta_V$ [%]	
Tension	Concrete Breakout Strength	20.021	34.068	59/-	OK
Shear	Concrete edge failure in direction x+	12.9	46.717	-/28	OK
Loading	$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilization $\beta_{N,V}$ [%]	Status
Combined tension and shear loads	0.588	0.276	1.5	60	OK

**Table 5** Review of Anchor Bolt in Platform Under Structure

Loading	Proof	Design values[kN]		Utilization	Status
		Load	Capacity	$\beta_N/\beta_V$ [%]	
Tension	Concrete Breakout Strength	2.776	34.068	9/-	OK
Shear	-	-	-	-/-	-

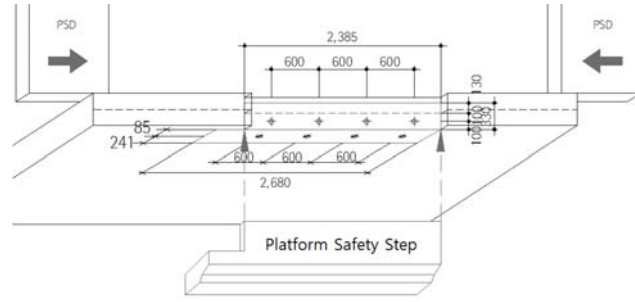


Fig. 3 Conceptual Drawing of Safety Step Anchor Bolt Installation

승강장 연단면의 구조 검토를 기반으로 안전발판의 설치를 위한 앵커볼트의 선정 완료 후 안전발판의 설치를 위한 시공 방법을 선정하였다. 시공은 승강장 연단면에 기존 설치되어 있던 지장물을 제거하고 안전발판 설치를 위한 기초 공사를 진행하며 이후 안전발판을 장착하는 순서로 진행되었다. Fig. 4에 안전발판의 설치를 위한 시공 방법을 나타냈으며, Fig. 4 (a)는 안전발판 설치를 위한 토목 시공 순서이고, Fig. 4 (b)는 안전발판 장치의 설치 시공 순서이다.



(a) Platform Safety Step Construction Procedure

(b) Platform Safety Step Installation Procedure

Fig.4 Platform Safety Step Construction & Installation Procedure

승강장 연단면 구조검토를 통해 설정된 시공 형태를 토대로 승강장 안전발판 시스템의 시공을 완료하였으며, 현장 시운전을 통해 시공 안전성을 검토하였다. 앵커볼트의 시공 안전성을 위하여 앵커볼트의 시공 위치를 연단면 하단부 슬래브 배근쪽으로 선정하였으나, 이러한 위치적 요인으로 연단면 상부 몰탈 부분은 제품과 접촉되지 않을 수 있으며, 이에 따라 모멘트 발생 가능성이 있다. 추가로 안전성을 더욱 확보하기 위해 상부 몰탈 부에 보강용 앵커볼트를 시공함으로써 안전발판의 시공 안전성을 더욱 높일 수 있을 것이다. Table 6은 연단면 측면 앵커볼트 보강 검토 결과를 나타낸 것으로 Table 4의 결과인 앵커볼트 조합내력  $\beta_{N,V}$  60%에 비해  $\beta_{N,V}$  33%로 앵커볼트의 조합 내력이 약 2배 보강된 것을 의미 한다.

**Table 6** Improved Review of Anchor Bolt in Platform Side Wall

Loading	Proof	Design values[kN]		Utilization	Status	
		Load	Capacity	$\beta_N/\beta_V$ [%]		
Tension	Concrete Breakout Strength	10.214	33.695	31/-	OK	
Shear	Concrete edge failure in direction x+	12.900	43.834	-/30	OK	
Loading		$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Utilization $\beta_{N,V}$ [%]	Status
Combined tension and shear loads		0.303	0.294	1.5	33	OK

### 3. 결론

본 연구에서는 승강장 연단면에 부착되는 접이식 안전발판의 현장 적용을 위한 구조 검토를 수행하여 구조적 안전성을 확인하였고, 시공 방법을 검토하여 선정하고 승강장 안전발판의 설치 시공에 대한 현장 적용 사례를 소개하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같으며, 본 연구를 통해 승강장 연단면에 부착되는 안전발판의 설치 시공에 있어 현장 상황에 따른 핵심 사항을 고려하여 다양한 환경의 승강장에 적용하기 위한 적정 시공법을 도출해 낼 수 있을 것으로 사료된다.

(1) 안전발판시스템 설치 장소인 대전광역시도시철도 관암역 승강장을 기준으로 구조 검토를 수행한 결과 안전발판 설치 시 기존 주방향 배근 HD16@200(상부근)으로 구조적 안전성을 확보할 있음을 확인하였다.

(2) 안전발판 설치를 위해 선정된 앵커볼트는 8-M10(HILTI-HAS 또는 동등 성능 이상의 것)으로, 전면 앵커볼트는 구조적으로 안전한 슬래브 배근의 중앙부에, 하부 앵커볼트는 제품 중심부에 각각 4EA씩 등 간격 배치한다. 또한 앵커볼트는 상호 간섭이 없도록 조정하며, 최소 깊이는 80mm 이상으로 설치 한다.

(3) 승강장 안전발판의 시공에 있어 가장 중요한 요소는 시스템과 배치되는 승강장 연단면의 형태 및 구조에 따른 앵커의 크기 및 위치와 시공 순서의 결정이라 할 수 있다.

(4) 안전성 확보 방안의 일환으로 수행된 추가 해석결과를 통해 상부 몰탈 부에 보강용 앵커볼트를 시공함으로써 안전발판의 시공 안전성을 더욱 높일 수 있음을 알 수 있다.

### 참고문헌

- [1] K. S. Ryu and J. W. Kim(2013) Basic Research for the Reduction of Risk of Misstep's Accident on Curved Platforms of Urban Railway, Proceedings of the 2013 fall annual meeting for KSR, pp.215-220.
- [2] M. H. Park, H. M. Kwak, M. H. Kim(2014) Conceptual Design of Safety Step System in Urban Railway Platforms, Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 5, pp.2559-2566
- [3] Regulation of Railway Construction Safety Standard(2013) Clause 43 & 44 Article 4, Korea Ministry Government Legislation.

- [4] Railway Construction Safety Detail Standard(2013) Clause 43 Article 4, Korea Ministry Government Legislation.
- [5] Regulation of Urban Railway Construction(2013) Clause 30-2 Article 3, Korea Ministry Government Legislation.
- [6] Urban Railway platform, transfer & conveniences supplement design guidelines(2013) Clause 3.3.1.2 Article 3, Korea Ministry Government Legislation.
- [7] Korea railway standard (2014) KRS SG 0066-14 Platform Safety Footboard System.
- [8] J. H. Lee, M. H. Park, H. M. Kwak, M. H. Kim, Y. J. Kim(2015) Study on urban train platform safety step system development, Proceedings of the 2015 fall annual meeting for KSR, pp.727-732