

도시철도 및 광역철도 승강장 면적산정식의 개선방안 연구

김진호* · 신민정** · 유소영*** · 김태완****

Kim, Jinho* · Shin, Minjung** · You, Soyoung*** · Kim, Taewan****

The Improvement of the Area Estimation of the Metropolitan Railway Station Platforms

ABSTRACT

In urban areas, the proportion of railway traffic in public transport is increasing. The congestion situation is repeated as the passengers concentrate on station and transfer facilities and the inconvenience of the passengers is increasing in terms of safety and convenience. Therefore, the importance of estimating the appropriate area of the station has been emphasized. The area estimation formula used in the metropolitan railway stations currently is a partial modification of the area estimation formula of Japan in the 1970s. It does not reflect changes in the social and cultural environment and patterns of passengers. The technical basis for major decision variables is insufficient. Therefore, the theoretical basis of the area estimation formula and the pedestrian environment satisfaction of the design guideline of metropolitan railway stations were analyzed in order to suggest improvement formula. The improved area estimation formula was verified by conducting field surveys on 5 stations of metropolitan railways and 15 stations of urban railways. The existing area estimation formula is LOS E grade for the main space. However, the LOS D grade is implemented when the improved area estimation formula is applied. Based on the results, the design factors for the area estimation formula are suggested.

Key words : Platoon walking, Pedestrian density, Platform area, Railway station, Walking speed

초 록

광역 도시권의 대중교통 시스템에서 철도교통이 차지하는 비중이 증가함에 따라 정거장 및 환승시설에 철도 이용자가 집중되어 극심한 혼잡상황이 반복되고 있다. 이로 인해 안전성, 편의성 측면에서 이용자의 불편이 가중되고, 정거장의 적정면적 산정에 대한 중요성이 요구되고 있다. 현재, 광역도시철도 정거장에서 사용하고 있는 면적산정식은 1970년대 일본의 면적산정식을 일부 변형한 것으로 우리나라의 사회·문화 환경과 시대 흐름에 따른 이용자의 패턴 변화 등을 반영하고 있지 못하며, 주요 결정변수에 대한 기술적 근거도 미흡한 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 승강장 면적산정식 개선(안)을 제시하고자 광역도시철도 정거장 설계지침의 면적산정식과 보행 환경의 만족도에 대한 이론적 근거를 분석하고, 광역철도 5개 정거장 및 도시철도 15개 정거장에 대한 현장조사를 통해 개선된 면적산정식을 검증하였다. 면적산정식 개선(안) 적용한 결과에 따르면, 기존 면적산정식은 주요 공간에 대하여 LOS E 등급으로 나타났으나 개선된 면적산정식을 적용시 D등급의 보행환경이 구현되는 것으로 나타났다. 도출된 결과로부터 설계지침의 승강장 면적 산정시 사용되는 설계요소에 대한 개선(안)을 제시하였다.

검색어 : 군집보행, 보행밀도, 승강장, 철도역사, 보행속도

* 한국철도기술연구원 첨단철도기획실 수석연구원 (Korea Railroad Research Institute · zimimpa@krii.re.kr)

** (주)모어엔지니어링건축사사무소 구조기술연구소 선임연구원 (MORE Engineering & Architecture Co., Ltd. · moremjshin@gmail.com)

*** 정회원 · 교신저자 · 한국철도기술연구원 미래교통정책본부 선임연구원 (Corresponding Author · Korea Railroad Research Institute · syyou@krii.re.kr)

**** 정회원 · 중앙대학교 사회기반시스템공학부 교수 (Chung-ang University · twkim@cau.ac.kr)

Received October 12, 2018/ revised October 22, 2018/ accepted October 27, 2018

1. 서론

광역 도시권역의 대중교통 시스템에서 철도교통이 차지하는 비중이 점차 증가하여, 일일 이용객이 천만 명을 넘어서고 있다. 특히, 출퇴근 시간대 또는 특정 이벤트로 인해 철도 이용객이 정거장 및 환승시설에 집중됨으로써 극심한 혼잡상황이 반복되고 있다. 이에 안전성, 편의성 측면에서 이용객의 불편이 가중되고 있으며, 정거장의 적정면적 산정에 대한 중요성이 부각되고 있다. 최근 철도 이용객의 편의성 증진을 위해, 정거장 및 환승시설을 확대하고 노후화된 시설 개선사업을 진행하고 있으며, 설계지침에 의거하여 수행되고 있다. 신규 건설 또는 개선되는 정거장의 면적은 혼잡도 및 이동 흐름에 직접적인 영향을 미치기 때문에, 현재 정거장 수용능력 뿐만 아니라 향후 지속적인 수용량 증가를 수용할 수 있는지에 대한 충분한 검토가 요구된다.

현재, 광역도시철도 정거장에서 사용하고 있는 면적산정식은 1970년대 일본의 면적산정식을 일부 변형하여, 우리나라 도시철도에 적용하여 2002년부터 면적산정식을 사용하고 있다. 해당 면적산정식은 우리나라의 사회·문화 환경과 시대 흐름에 따른 이용객의 패턴 변화 등을 반영하고 있지 못하며, 주요 결정변수에 대한 기술적 근거도 미흡한 상황이다. 따라서, 현재 사용되고 있는 정거장 면적산정식은 국내 이용객의 이용패턴 및 특성을 충분히 반영하고 서비스 수준(Level of Service; LOS)을 고려할 수 있도록 심도있는 검토가 필요하다(Kim et al., 2002; Oh et al., 2010; Jang et al., 2010).

따라서, 본 연구에서는 승강장 면적산정식에 대한 고찰을 통하여 불합리한 요소를 도출한 후 이론적, 실험적 결과를 활용하여 면적산정식 개선(안)을 제시하였다. 이를 위해, 광역도시철도 정거장 설계지침의 면적산정식과 보행 환경의 만족도에 대한 이론적 근거를 분석하고, 광역철도 5개 정거장 및 도시철도 15개 정거장에 대한 현장조사를 통해 개선된 면적산정식을 검증하였다. 개선된 면적산정식은 광역도시철도 정거장의 면적 적정성에 직접적인 영향을 미치는 이용객 LOS 수준을 효과적으로 예측하고 평가할 수 있을 것으로 예상되며, 정거장의 개선 또는 신설시 경제적·효율적 면적 산정을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 승강장 면적산정식에 대한 고찰

2.1 승강장의 보행 특성

승강장 면적 산정 시 가장 중요한 영향 요소인 보행류 및 밀도 LOS (Level of Service)의 이론적·실험적 연구결과에 따르면, 한국인의 표준체형, 보행자 행동특성, 침두시간 수요산정 등을 고려하여 현재 LOS D등급 및 E등급의 주요 파라미터에 대한 검토가 필요한 것으로 나타났다.

면적산정식에 고려되는 보행자 특성과 관련하여, Fruin(1971)은 대기공간, 보행통로, 계단에서의 일인당 보행점유공간, 밀도와 통행량(보행교통류율)을 효과적으로 서비스수준(LOS)을 6단계로 구분하는 개념을 도입하였다. 이 개념은 국내의에서 LOS 기반 교통시설 설계시 범용적으로 사용되고 있다. Kim et al.(2002)은 국외의 계단과 대기공간에 대한 분석방법을 비교하여 국내 설계기준에 도입하고자 하였으며, 계단의 경우 보행 교통량을, 대기공간의 경우 1인당 점유면적을 각각 효과적으로 사용하였다. Leung(2011)은 홍콩 MTR 혼잡도를 안전수준, 경계수준, 표준이하수준, 목표수준으로 구분하였고, 이는 Fruin(1971)이 제시한 서비스수준과 차이를 보이고 있다. 군집보행속도에 관련하여 Hong et al.(2011)은 일반인과 고령자의 군집형성시의 보행속도를 고령자의 위치와 비율에 차이를 두어 조사하였고, 고령자가 전방에 배치되었을 때 평균 0.81m/s로 가장 감소하였으며, 고령자의 비율이 50%인 10명 배치되었을 때 0.85m/s로 가장 감소하는 것으로 나타났다.

도로용량편람(Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 2015)에 따르면, 한국인의 표준체형 면적은 약 0.2m²이며 이 값은 서비스수준 E의 기준임을 규정하고 있다. 또한, 입체환승체계 설계 매뉴얼(Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 2011)에서는 일반통로 서비스수준을 C등급 이상으로 유지하도록 권장하고 있다. 서비스수준 C등급은 안정된 보행자의 통행상태를 제공하지만 역방향의 보행자와 가벼운 충돌이 발생할 수 있는 것으로 나타났다.

광역도시철도 정거장의 서비스수준을 근거로 한 역사 면적식 제안에 대한 국내 연구는 주로 보행류에 대한 일반적인 연구가 많이 진행되고 있고, 도시철도 정거장 및 환승시설 설계지침 이외에는 현재까지 미미한 실정이다. 따라서 정거장의 각 공간별 이용민족도 및 혼잡도 측면에서 승강장, 계단, 통로, 대합실에 대한 심도 있는 연구가 필요함을 알 수 있다.

2.2 승강장 면적 산정

도시철도 정거장은 도시철도건설규칙 제30조(정거장의 시설·설비)에 따른 하위 규정인 “도시철도 정거장 및 환승·편의시설 설계 지침(이하 도시철도 설계지침)”을 통하여 역사 내 시설물의 종류와 규모 등을 규정하고 있다. 도시철도 설계지침에서는 투자재원의 효율성과 사회적·경제적인 측면을 고려하여 이용객의 수가 가장 많은 침두시간대를 기준으로 하여 승강장의 서비스수준을 D 등급 이상으로 설계하고 있다.

도시철도에서 승강장 폭은 승강장에서 가장 밝비는 부분의 침두 1분간 이용객 수를 고려한 승강장 필요폭과 승강장 연단부와 마감벽체 수를 고려한 폭원정수로 산정한다. 승강장의 폭원산정을 위한 기본 가정은 승강장의 공간모듈은 가장 밝비는 곳에서 최소 0.8m²/인으로 제한하고, 이용객은 승강장을 따라서 일정하게 분배되지는

않으므로 가장 붐비는 부분에서는 승강장 이용객수의 35%가 승강장의 25%를 점유한다고 가정한다. 침두시간의 이용객 수에 대하여 침두15분간의 이용객 수를 환산할 경우에 할증률 20%로 할증하여 적용한다. 승강장 최소폭은 상대식의 경우 4m, 섬식의 경우 8m이다 (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 2011). 승강장 공간을 승객이 열차를 기다리는 대기공간으로 볼 때 LOS D등급 0.3~0.7m²/인 값을 적용할 수 있고, 승강장 공간을 열차 승하차 접근을 위한 보행공간으로 볼 경우 LOS D 1.0~1.5m²/인 값을 적용할 수 있으나, 실제 승강장은 승강장 앞부분의 대기공간과 승강장 뒷부분의 열차 승하차를 위한 보행공간의 성격을 공유한다고 볼 수 있다. 영국의 경우 승강장을 대기공간으로 보아 LOS C 0.7~1.0m²/인의 중간값인 0.8m²/인을 적용하고 있다(London Underground, 2012).

“대도시권 광역교통 관리에 관한 특별법 시행령”에 근거한 한국철도시설공단의 철도설계지침 및 편람(건축편)에서 고속, 일반 및 광역철도 역사에 관한 면적식을 제시하고 있다(Korea Rail Network Authority, 2015). 열차운영 및 여객수요, 역무시설 수요, 지원시설 수요 산정 후 각 변수를 결정하고, 기준식을 통해 규모를 산정한 후 적정 규모 검토를 통해 역시설 규모를 결정하여 역사를 설계한다.

광역철도의 승강장 폭은 승차대기공간, 승차객이동공간, 하차객 이동공간, 승강장대피폭, 계단폭, 할증률을 고려하여 산정한다. 승강장의 최소폭은 섬식의 경우 8.7m, 상대식의 경우 5.7m이다. 할증률은 역사이용인원에 따라 구분하며, 승차 대기 폭은 1열차의 침두시 평균 승차인원, 1열차의 편성당 차량수, 1량의 한쪽 출입문 수(전철 4개, 열차 2개), 대기 승객의 군집 밀도(4인/m²)로 산정한다. 승차 이동 폭은 승강장에서의 군집 보행밀도(1.25인/m²) (LOS E 2.0~1.0인/m²), 승강장에서의 군집 보행속도(1.1m/s), 열차 운행 시격, 각 이동방향 승차인원으로 산정한다. 하차객 이동 폭은 승강장에서의 군집 보행밀도(1.25인/m²), 열차 1량의 차량길이(20m), 1열차 당 침두시 평균 하차인원, 1열차의 편성당 차량수, 각 이동방향 하차인원으로 계산한다. 또한 장애물폭은 섬식의 중앙에 기둥이 있을 때 가산하고, 승강장 대피폭은 통과 열차의 속도가 20kph 이하이면 0.7m, 통과 열차의 속도가 20kph 이상이면 0.8m 가산하며 안전시설을 고려하여 산정한다(Korea Rail

Network Authority, 2015). 본 연구에서는 대기 승객의 군집 밀도(4인/m²)에 대해서는 실험특성상 LOS E (5.0~3.3인/m²)로 논하지 않고 승강장에서의 군집 보행밀도($\rho=1.25\text{인}/\text{m}^2$, LOS E 2.0~1.0 수준사이) 및 승강장에서의 군집 보행속도($V=1.1\text{m}/\text{s}$)의 적용성 여부를 검토하였다.

3. 승강장 현장조사 및 결과

3.1 광역철도 승강장 현장조사 및 결과

광역철도 정거장 현장 측정을 위한 대상 역사는 시설 만족도에 대한 연구를 참고하여, 만족도가 낮고 우선적으로 개선할 필요가 있는 역을 선정하였다. 한국철도공사가 운영하는 231개 광역철도역 중 환승역은 27개이며, 이는 환승인원을 기준으로 A등급(10만 이상), B등급(5만 이상~10만미만), C등급(2만 이상~5만미만), D등급(2만 미만) 4단계로 구분 가능하다. 영상기반 현장측정이 용이하지 않은 곳, 일일 환승수요가 적은 곳, 일반철도와 혼재되어 있는 곳, 민자역사로 건설면적이 수요에 비해 큰 곳, 환승통로가 너무 넓어 촬영하기 곤란한 곳은 제외하였다. 현장측정 대상 5개 역사는 Table 1과 같이 공덕역, 석계역, 선릉역, 이촌역, 정자역이다.

선정된 대상역사는 경량 고해상도 촬영이 가능한 영상촬영장비를 사용하여 실험을 수행하였다. 2016년 1월 역사별로 2일간 실험을 수행하였으며, 촬영시간은 역사별 오전 및 오후 침두 1시간을 촬영하였다. 침두시간은 2015년 평균 시간대별 승하차인원을 분석하여 각 역사별 승하차인원 침두시 1시간을 선정하였다. 실험장소는 보행자 이동의 중심공간을 설정하였으며, 촬영상황이 여의치 않을 경우 전체 인원의 흐름이 보이는 지점을 선택하여 촬영하였다.

현장실험의 주요내용은 이용객 수요조사, 시설물 현황 파악, 이동 경로 조사이다. 공간구획별 이용객 이동특성조사 및 촬영 장치를 활용한 공간 내 속도, 밀도 등 보행자 행동패턴 조사를 수행하였으며, 이동환승시스템 및 통로, 역사 내 설치물 현황을 파악하고, 이용객 이동환승경로, 거리와 소요 시간을 측정하였다.

공간구획별 촬영을 통해 얻어진 영상은 IQ-Series를 사용하여 분석함으로써 시간별 이용객수, 밀도 데이터를 산출하였다. 프로그램을 활용한 영상분석은 카메라 각도에 따라 75~99% 정확도를

Table 1. Summary of the Five Stations for Regional Railway

Station Name	Level of Service	Number of Transfer (people/day)	Number of Departure (people/day)	Total Floor Area (m ²)	Number of Floor	Year
Gondeok	D	11,178	79,294	29,260	Underground Level 5	2012
Seokgye	C	45,030	111,114	604	Ground Level 2	1984
Seolleung	A	146,165	295,997	8,511	Underground Level 2	2003
Yichon	B	60,229	89,803	194	Gound Level 1	1978
Jeonga	B	59,564	157,100	7,356	Underground Level 2	1996

가짐으로, 직접 계수한 결과와의 비교를 통하여 신뢰도를 검증하였다. 영상분석을 통해, 원시자료는 컴퓨터 모델링을 위한 시뮬레이션 프로그램 내부의 Agent 보정에 사용하였다. Fig. 1은 영상분석의 예시로 선릉역 실험결과 및 영상분석을 보여주고 있다.

승강장 특성상 승객 대기 시간이 길고 이동이 거의 없는 환경이므로 승강장의 이용객수는 iQ-125 (Stationary Management)을 이용하여 1시간 동안 정해진 영역 안의 승객 혼잡도를 계산하였다. 지능형 영상분석을 위하여 동영상상을 0.1초씩 이미지 캡처하여 총 33,012개 이미지로 분할하여 7.5fps로 분석하였다. 분석환경은

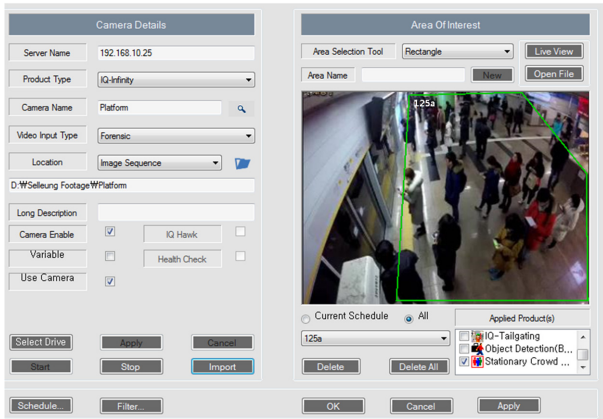


Fig. 1. Image Analysis of Test Result at Seollong Station Platform

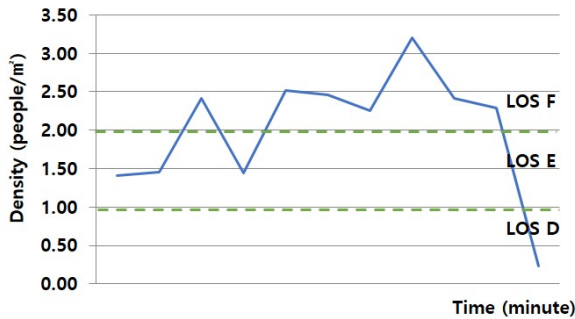


Fig. 2. Pedestrian Density of Platform at Seollong Station

영역 점유율을 5% (Minimum), 40% (Average), 70% (Maximum)로 설정하고, 점유율이 5%이상일 경우 알람을 발생하게 설정하였으며, 그 중 가장 많은 점유율을 기록한 알람을 5분 단위로 분석하였다.

선릉역 분당선 정거장의 경우, 이용인원과 환승인원이 많아서 Fig. 2에 나타난 바와 같이 피크 1시간 동안 열차 도착시 밀도가 대부분 LOS D에서 LOS F로 판정되었으며, 승강장 폭이 좁고 매우 혼잡한 것으로 나타났다.

3.2 도시철도 승강장 현장조사 및 결과

서울교통공사가 운영하는 277개 도시철도역 중 환승역은 76개 역이며, 환승인원을 4단계로 구분하여 환승역사의 공간별 서비스 수준에 대해 이용수요에 따른 비교가 가능하도록 하였다. 앞서 실험과 마찬가지로, 영상기반 현장측정의 용이성을 위하여 환승통로 및 계단이 너무 복잡하여 촬영하기 곤란한 상황, 전용 환승통로의 구분이 애매한 곳, 일일 환승수요가 적어 폭넓은 LOS 측정이 곤란한 곳, 일반철도와 혼재되어 있는 곳, 환승통로가 너무 넓어 촬영하기 곤란한 곳을 제외하였다.

현장측정 대상 15개 역사로 사당, 시청, 충정로, 을지로3가, 을지로4가, 동대문역사문화공원, 상봉, 도봉산, 강남구청, 잠실, 모란, 정자, 가산디지털단지, 교대, 연신내를 선정하였다. 현장조사 대상역사의 공간구조, 주변현황, 규모, 사용인원 등 현황 및 개요를 조사하고, 운영기관을 통해 도면을 수집분석하였다. 2014년 3월에서 6월까지 공간구획별 이용객 수요조사, 일반이용객 및 교통약자 경로조사, 추적조사 등 현장조사를 실시하여 도시철도 15개 역사별 승강장의 LOS 및 밀도관계를 측정하였다. 조사한 침두시 이용객의 누적 수요를 Table 2에 나타내었다.

4. 승강장 면적산정식 개선

4.1 면적산정식 분석

현행 정거장 면적산정식의 주요 항목 중 실험을 통해 검증 가능한 항목에 대하여, 실험적인 측정 방법을 연구하고, 역사 설계시 열차운

Table 2. Number of Railway Passengers at Each Railway Station

Station Name	Demand (people)	Station Name	Demand (people)
Sadang	28,268	Sangbong	8,274
City Hall	14,527	Seoul National University of Education	11,264
Choongjeongro	12,812	Dongdaemun History and Culture Park	17,968
Elgiro-3ga	13,920	Gasan Digital Complex	11,681
Elgiro-4ga	3,648	Moran	5,129
Gangnamgu Office	4,475	Yeonshinae	3,068
Jamsil	12,379	Dobongsan	2,580
Jeongja	4,740	-	-

영 및 여객수요에 따라 산정된 규모와 현재 승하차객의 유동 및 체류에 대한 실험결과를 비교함으로써 면적산정식 내 파라미터의 적정성을 분석하였다. 실험을 통해 확보한 대상공간의 보행자 수, 경로, 이동시간 등 물리적 특성을 관찰하여 승하차객 수, 증축 등 공간의 확장, 이동 경로 변경 등 다양한 조건에서의 면적산정식 파라미터 영향을 분석하였다.

광역철도 설계지침에 따라 실험에 의해 측정된 침두시 승하차인원 및 운행시각 등을 대입하여 승강장 면적을 산정하였다. 상대식 승강장인 궁덕, 선릉, 이촌, 정자역은 실제폭보다 산정된 총폭이 약 1.24~2.47m 크게 나타났다. 이는 승강장폭 계산시 계단폭을 추가하기 때문인 것으로 분석된다. 또한, 도시철도 설계지침에 따라 실험에 의해 측정된 침두시 이용객수 등을 대입하여 승강장 폭을 산정하였다. 이용객수가 많은 정거장에서 실제 폭보다 산정된 총폭이 크게 나타났으며, 배차시각이 짧고 이용객수의 변화가 크므로 이에 대한 보완이 필요한 것으로 분석되었다.

현재, 도시철도 지침에서는 승강장 및 통로 면적 산정시 침두

1시간의 이용객수를 환산하여 침두 15분간의 이용객수로 필요 폭을 산정하고 있다(Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 2013). Network Rail(2012)에 따르면, 침두시 분당 인원흐름을 관찰하여 이용객 수요를 평가에 이용해야 하지만, 현실적으로 관측에 어려움이 있어 분당흐름이 아닌 15분간 유동인원을 계수한 후 분당 유동인원을 산정하여 면적계산에 사용하고 있다. 기존 15분 방법론을 이용하여 보행자 통행의 동적인 변화가 발생하는 환승보행시설의 서비스수준을 산정한다면 실제 상황보다 서비스수준이 과대평가 될 수 있다(Jang et al., 2010).

또한 가능하다면, 5분 단위로 수행하는 방법에 대해 제시하고 있어 실험에서 분당 유동인원을 직접 계수하여 사용하는 것이 이상적일 것으로 판단되어, 이를 비교하였다. 또한, 광역철도와 도시철도 지침에서 공통적으로 “침두시”란 용어를 사용하고 있으나, 이에 대한 정확한 기준을 제시하고 있지 않아 Fig. 3에 나타난 바와 같이 임의로 선택할 경우 값의 편차가 크게 나타남을 알 수 있다.

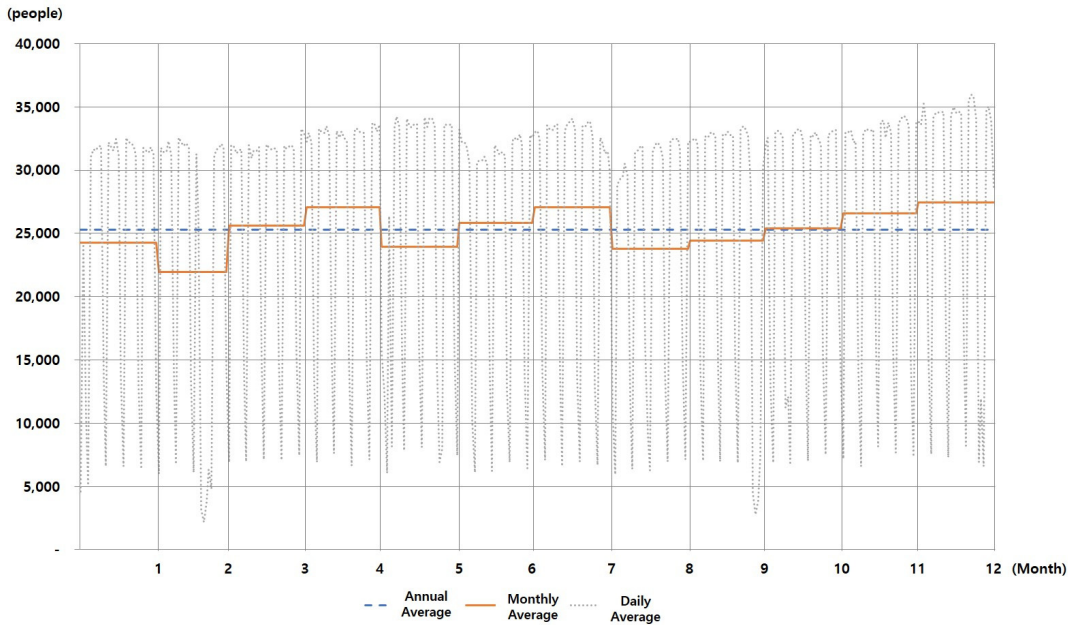


Fig. 3. Number of Departure and Daily Alight People at Seollong Station (2015)

Table 3. Prime Variable for Estimating Area

Item	Urban Railway	Regional Railway
Width of Platform	Passengers during a peak hour LOS D : $0.8\text{m}^2/\text{people}$ ($=1.25\text{people}/\text{m}^2$) Standard Headway Length of Platform	Average Departure Passengers per a train during a peak, Average Arrival Passengers per a train during a peak, Pedestrian Platoon Density of Waiting People ($4\text{ People}/\text{m}^2$) Pedestrian Platoon Density at Platform ($1.25\text{ People}/\text{m}^2$) Pedestrian Platoon Speed at Platform ($1.1\text{m}/\text{s}$) Number of Stairs, Width of Pillar, Screen Door, Safe Fence
Others	Daily Passenger, Passenger for Peak Hour, Headway during a day, Headway during peak time, Frequency during a day and Peak Hour	

철도의 환승보행시설은 일반도로의 보행로와 같이 일정한 보행자가 15분이라는 정해진 시간 내에 지속적으로 보행하는 시설이 아니고 열차의 도착에 의해서 보행이 발생하는 시설이므로 침두시분당 통과인원의 산정을 위하여 침두 15분간의 이용객수로 환산하는 경우는 적정하지 않은 결과가 제시되었다. 즉, 침두 15분과 실제 열차시각의 서비스수준을 반영할 경우 상당한 차이가 발생하는 것을 알 수 있으나 실제 열차시각이 노선마다 다르고 침두시 열차시각이 도시철도는 3분, 광역철도는 10분을 반영할 경우 비침두시과대설계가 될 여지가 있으므로 이에 대한 추가 연구가 필요하다.

Table 3에 광역철도 및 도시철도 설계지침의 면적산정식에서 규모를 결정하는 주요변수를 정리하였다. 승강장 폭에 대하여 광역철도와 도시철도에서 면적산정식은 차이가 있으나, 밀도와 속도에 관련된 변수가 가장 큰 영향을 주는 것을 알 수 있으며, 이는 LOS이론과 관계가 밀접한 것임을 판단할 수 있다.

4.2 면적산정식 주요변수 개선

광역철도 및 도시철도 설계지침에서 보행교통류를 산정을 위하여 군집밀도 1.0person/m²에 대하여 군집보행속도를 60m/min으로 규정하고 있으나, Kim et al.(2015)에 따르면, 보행환경 실험결과와 같이 밀도 1.0person/m²에 대하여 속도는 0.9m/s로 측정되어 군집보행속도는 54m/min으로 산정되었다. 또한, 복합건물에서의 피난을 고려한 군집보행인 경우 밀도 1.0인/m²의 보행속도는 약 0.8m/s로 조사되었다(Seo et al., 2010). 이에 설계변수에서 밀도 및 속도 값을 Table 4와 같이 광역철도의 경우 LOS D 등급값인 군집 보행밀도 1.0인/m², 군집 보행속도 0.9m/s, 공간모듈 1.0m²/인을 적용하고, 도시철도의 경우 LOS D 등급의 최소값인 공간모듈 1.0m²/인을 적용주요 변수로 하여 변화를 분석하고자 하였다.

광역철도의 기존 면적산정식은 승강장의 군집 보행밀도를 1.25

Table 4. Change of the Parameter before/after Estimating Area

Category	Parameter	Before	After
Regional Railway	Pedestrian Platoon Density at Platform	1.25people/m ²	1.0people/m ²
	Pedestrian Platoon Speed at Platform	1.1m/s	0.9m/s
Urban Railway	Required Space of the most busiest Area at Platform (m ²) = Number of People at the most busiest Area × M	0.8m ² /people	1.0m ² /people

Table 5. Variable Analysis of Estimating Platform Area at Regional Railway

Station	Time Slot		Platform Width (m)		
			Current	Design Requirement	Modification
Gongdeok	To Moonsan	Morning (07:30-08:30)	8.70	10.18	10.26
	To Yongmoon		8.70	10.30	10.38
	To Moonsan	Afternoon (18:30-19:30)	8.70	11.19	11.32
	To Yongmoon		8.70	10.45	10.52
Seokgye	-	Morning (07:30-08:30)	13.00	12.60	12.88
	-	Afternoon (18:30-19:30)	13.00	12.54	12.77
Seollong	To Seonjoengllong	Morning (07:30-08:30)	5.00	7.12	7.28
	To Hanti		5.00	7.65	7.86
	To Seonjoengllong	Afternoon (17:30-18:30)	5.00	7.58	7.78
	To Hanti		5.00	7.62	7.80
YiChon	To Seobingo	Morning (08:00-09:00)	5.00	7.31	7.48
	To Yongsan		5.00	6.94	7.08
	To Seobingo	Afternoon (18:00-19:00)	5.00	7.31	7.45
	To Yongsan		5.00	7.44	7.59
Jeongja	To Soonae	Morning (07:30-08:30)	5.00	7.20	7.38
	To Migeum		5.00	8.04	8.24
	To Soonae	Afternoon (19:00-20:00)	5.00	6.85	6.93
	To Migeum		5.00	7.59	7.73

Table 6. Variable Analysis of Estimating Platform Area at Urban Railway

Station	Direction	Platform Width (m)		
		Current	Design Requirement	Modification
Sadang	To Line 4	11.89	13.86	16.68
	To Line 2 (Bangbae)	13.55	14.07	17.06
	To Line 2 (Nakseongdae)	13.55	12.14	14.65
City Hall	To Line 2	9.70	10.94	13.03
	To Line 1 (Seoul Station)	5.50	7.17	8.43
	To Line 1 (Jonggak)	5.50	8.36	9.93
Choongjeongro	To Line 2	11.42	9.29	10.97
	To Line 5	19.37	7.09	8.22
Eulgiro-3ga	To Line 2 (Elgiro)	5.83	8.33	9.89
	To Line 2 (Elgiro-3ga)	5.83	8.78	10.46
	To Line 3	10.38	17.40	21.10
Eulgiro-4ga	To Line 2 (Elgiro-3ga)	5.71	3.64	4.02
	To Line 2 (Dongdaemoon History and Culture Park)	5.71	4.50	5.09
	To Line 5	9.70	5.04	5.65
Dongdaemoon History and Culture Park	To Line 2 (Elgiro-4ga)	7.00	6.47	7.57
	To Line 2 (Shindang)	7.00	7.55	8.91
	To Line 4	11.88	12.88	15.45
	To Line 5	6.00	5.53	6.26
Sangbong	To Gyeongchun (Mangwon)	11.08	8.01	9.49
	To Joongang Line (Mangwoo)	8.44	4.69	5.34
	To Joongang Line (Joongryang)	7.00	6.81	7.99
	To Line 7 (Joonhwa)	6.15	5.33	6.13
	To Line 7 (Myonmook)	6.15	5.20	5.97
Dobongsan	To Line 7 (Jangam)	5.60	4.74	5.40
	To Line 7 (Sooraksan)	5.60	4.27	4.82
	To Line 1 (Mangwallsa)	7.50	3.37	3.68
	To Line (Dobongsan)	7.50	6.14	7.16
Gangnamgu-office	To Line 7 (Hakdong)	7.00	3.53	3.89
	To Line 7 (Cheongdam)	7.00	3.70	4.10
	To Bundang (Seunjeonglong)	5.97	3.90	4.35
	To Bundang (Abgoojeongdong)	5.97	4.31	4.86
	To Line 2 (Jamsilnaro)	10.30	10.99	13.21
Jamsil	To Line 2 (Shincheon)	13.75	12.37	14.94
	To Line 8 (Moonchontoseong)	10.85	12.34	14.90
	To Line 8 (Seokchon)	10.85	8.29	9.83
	To Line 8 (Soojin1)	7.60	6.74	7.90
Mooran	To Line 8 (Soojin2)	7.60	3.91	4.36
	To Bundang (Yatop)	6.50	10.30	12.36
	To Bundang (Tapyong)	6.50	7.88	9.32
	To Bundang (Miguem)	6.50	12.87	15.56
Jeongja	To Bundang (Soonae)	6.50	6.38	7.45
	To Shinbundang (Dongcheon)	8.60	3.45	3.79
	To Shinbundang (Pangyo)	8.60	5.85	6.79

Table 6. Variable Analysis of Estimating Platform Area at Urban Railway (Continue)

Station	Direction	Platform Width (m)		
		Current	Design Requirement	Modification
Gasan Digital Complex	To Line 1 (Doksan)	7.25	10.78	12.95
	To Line 1 (Gooro)	7.25	10.38	12.45
	To Line 7 (Cheolsan)	10.15	5.07	5.81
	To Line 7 (South Gooro)	9.15	5.50	6.35
Seoul National University of Education	To Line 2 (Gangnam)	6.75	6.62	7.75
	To Line 2 (Seocho)	6.75	7.66	9.05
	To Line 3	12.32	11.16	13.30
Yenshinnae	To Line 3	8.00	9.14	10.77
	To Line 6	10.95	5.15	5.79

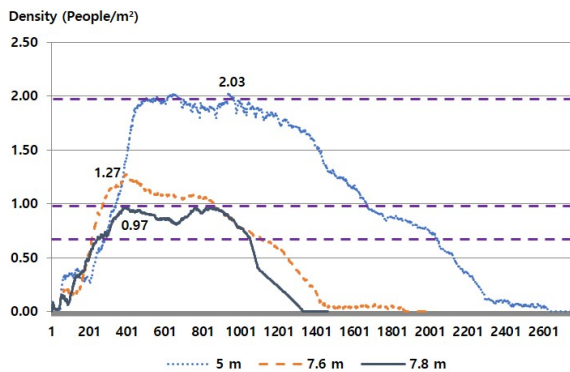


Fig. 4. Level-of-Service Analysis for Seollong Station at Platform

인/m², 승강장의 군집 보행속도를 1.1m/s 정의하고 있으나, 실내 모의실험 결과 LOS D 등급의 평균값인 군집 보행밀도 1.0인/m², 군집 보행속도 0.9m/s를 적용하여 폭의 변화를 관찰한 결과 Table 5에 나타난 바와 같이 승강장 폭이 0.78~2.75% 증가하였다.

도시철도 기존 면적산정식은 승강장에서 가장 붐비는 부분의 필요공간을 승강장의 가장 붐비는 부분의 이용객 수×0.8m²/인으로 정의하고 있으나, LOS D 등급의 최소값인 1.0m²/인을 적용하여 폭의 변화를 관찰한 결과 Table 6과 같이 승강장 폭이 9.2~21.25% 증가한 것으로 나타났다.

Fig 4는 승강장 폭의 변화에 따른 밀도 LOS를 분석한 결과이다. 폭 5m는 과거 수요 기반 현재 폭이고, 7.6m는 현재 수요 기반 수정 폭이며 7.8m는 면적식 변경 시 수정 폭이다. 면적산정식의 주요변수인 군집보행밀도를 1.0 인/m²로 조정함으로써 승강장 폭의 변화에 따라 LOS 등급의 변화와 목표 등급인 LOS D를 달성할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 광역도시철도 정거장에서 이용객이 증가함에 따라, 보행환경 위험성 증가와 쾌적한 환경의 만족도를 향상시키고자 승강장 폭에 대하여 고찰하고 개선(안)을 제시하고자 하였다. 구체적으로, 설계지침의 승강장 폭 산정식과 보행 서비스 수준 분석에 관한 이론적 근거를 고찰하고 사례별 영상기반 현장조사와 분석을 통하여 정거장 개선 또는 신설시 경제적 효율적 면적 산정을 위한 기초 지표를 도출하였다.

첫째, 광역철도 정거장의 현장측정 결과 및 분석을 통하여, LOS D 등급 수준의 보행환경 구현을 위하여 군집 보행밀도 1.0인/m², 군집 보행속도 0.9m/s, 공간모듈 1.0m²/인으로 조정하도록 제안하였다. 도시철도 정거장의 면적산정식은 LOS D등급 보행환경 구현을 위하여 공간모듈 1.0m²/인, 계단 흐름계수 30인/m·min, 환승통로의 흐름계수 54인/m·min을 주요 개선요소로 제안하였다.

둘째, 정거장 면적산정식의 개선(안) 적용시, 광역철도 정거장의 승강장 폭은 최대 2.75%, 도시철도 승강장의 경우 최대 21.25% 증가하였다. 면적산정식 개선(안)을 적용한 결과에 따르면, 기존 면적산정식은 주요 공간에 대하여 LOS E 등급으로 나타났으나 개선된 면적산정식을 적용시 D등급의 보행환경이 구현이 가능함을 검증하였다.

마지막으로, 본 연구에서 제안한 면적산정식을 활용하여 광역도시철도 정거장의 면적 적정성에 직접적인 영향을 미치는 이용객 LOS 수준을 효과적으로 예측하고 평가할 수 있을 것으로 예상되며, 정거장의 개선 또는 신설시 경제적효율적 면적 산정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원(17RTRP-B068454-05)에 의해 수행되었습니다.

References

- Fruin, J. J. (1971). "Pedestrian planning and design." *Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners*.
- Hong, H. R., Seo, D. G., Hasemi, Y. and Kwon, Y. J. (2011). "A study on the walking speed of crowd for safety evacuation design of the elderly." *Fire Science and Engineering*, Vol. 25, No. 1, pp. 19-26.
- Jang, S. Y., Han, S. and Kim, S. (2010). "A study on level of service of pedestrian facility in transfer stations at urban railroad." *Journal of the Korean Society for Railway*, Vol. 13, No. 3, pp. 339-348 (in Korean).
- Kim, J., Oh, Y., Son, Y. and Park, W. (2002). "A study on estimating LOS for pedestrian facilities." *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 20, No. 1, pp. 149-156 (in Korean).
- Kim, K., Kim, J., Shin, M., Kim, H. and Park, Y. (2015). "A study on the estimation for width of passageway for improvement in the safety and the convenience of the metro stations and the transfer facilities" *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 15, No. 2, pp. 63-70 (in Korean).
- Korea Rail Network Authority (2015). "Railway design guidelines and handbook (Architecture/Inspection Facility)."
- Leung, P. (2011). "Application of virtual design & construction in the operating railways in Hong Kong." C&BEM.
- London Underground (2012). "Station planning standards & guidelines." *Mayor of London, Transport for London*, p. 73.
- Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2011). *Design manual for solid transfer*.
- Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2013). *Design standard of urban railway station and transferring facilities*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2015). *High capacity manual*.
- Network Rail (2012). "Station capacity assessment guidance." p. 33.
- Oh, M., Kim, J. U., Park, D. J., Son, U. Y. and Lee, S. (2010). "Service satisfaction evaluation of each travel section in seoul's subway junctions." *Journal of Korean Society of Transportation*, Vol. 28, No. 4, pp. 85-93 (in Korean).
- Seo, D., Hwang, E. and Kwon, Y. (2010). "An investigation study on the walking speed of crowd for egress safety of PBD." *Review of Architecture and Building Science*, Vol. 26, No. 12.