

# 승객 승하차 이동 및 대기행태를 고려한 도시철도 승강장 점유면적 추정방안

이상준<sup>1</sup> · 신성일<sup>2</sup> · 이성화<sup>3</sup> · 윤성진<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>서울연구원 교통시스템연구실 연구원, <sup>2</sup>서울연구원 교통시스템연구실 연구위원,  
<sup>3</sup>서울교통공사 도시철도연구원 과장

## Estimation of Usable Waiting Areas considering Passenger Behavior on Urban Railway Platforms

LEE, Sangjun<sup>1</sup> · SHIN, Seongil<sup>2</sup> · LEE, Sunghee<sup>3</sup> · YUN, Seongjin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Department of Transportation Systems Research, Seoul Institute, Seoul 06756, Korea

<sup>2</sup>Research Fellow, Department of Transportation Systems Research, Seoul Institute, Seoul 06756, Korea

<sup>3</sup>Manager, Transportation Policy Research Team, Seoul Metro Research Institute, Seoul 04806, Korea

\*Corresponding author: climate8013@gmail.com

### Abstract

Crowding in Seoul railway stations is a serious social problem requiring immediate action as it annually incurs a total social cost of KRW 724.7 billion. To resolve this crowding, a study is needed on ways to estimate crowdedness in a way that reflects railway user behavior. The density of people on platforms is determined by the amount of space on them available per passenger, but there has been insufficient research on spaces where passengers wait for trains and move to and from them, despite the significance. In this study, we analyze the use of platform facilities and passenger behavior and propose the concept of actual space used by passengers and the formula for estimating this usable waiting area for passengers (UWAP). Thirty-five stations in Seoul were analyzed and the coefficients calculated of average UWAP, weighted by space for each type of platform. Our estimation showed that the coefficients for the proportion of total platform area accounted for by UWAP can be used as a representative value of 0.291 for side platforms and 0.270 for island platforms. Since this was statistically significant, these coefficients can be used to more accurately calculate platform crowdedness. In addition, they can be used as criteria for judging the adequacy of platform service level and station size when planning for construction of new stations and platforms and improvements to existing ones.

**Keywords:** pedestrian zone, platform area estimation, platform crowdedness, station crowding, urban railway crowding, usable waiting area for passengers

### 초록

도시철도 혼잡으로 인한 서울시의 사회적 비용은 연간 7,247억원에 이르며, 사회적으로 심각한 문제이므로 혼잡 해결은 가장 시급하고 중요한 문제임을 알 수 있다. 도시철도 혼잡을 해결하기 위해 승객의 이용행태가 반영된 혼잡도 산정에 관한 연구가 필요하다. 특히 승강장 혼잡도는 승강장 내 승객수와 승객이 이용하는 면적비율에 따라 결정되는데, 승객이용공간에 대한 연구는 그 중요성에 비해 관련 연구가 미미하다. 본 연구는 승객의 승강장 이용행태를 조사하여 승객의 이동 및 대기면적 개념 및 산정식을 제시하였다. 35개 서울시 역사를 연구대상으로 선정

J. Korean Soc. Transp.  
Vol.39, No.6, pp.721-736, December 2021  
<https://doi.org/10.7470/jkst.2021.39.6.721>

pISSN : 1229-1366  
eISSN : 2234-4217

#### ARTICLE HISTORY

Received: 27 July 2021

Revised: 23 August 2021

Accepted: 17 September 2021

Copyright ©  
Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

하고 승강장 유형별 면적 가중평균 승차승객 대기면적계수를 산정하였다. 승차승객 대기면적계수는 전체 승강장면적 대비 실제 승차승객이 대기하는 비율로서 상대식 승강장이 0.291, 섬식 승강장은 0.270로 산출되었다. 분석결과는 통계적 유의성을 확보하였으므로 승강장 전체면적에 승차승객 대기면적계수로 보정하면 보다 정확한 승강장 혼잡도를 산정할 수 있다. 또한 역사 신설 및 개선 계획시 승강장 서비스수준과 역사 면적의 적정성 판단기준으로 활용될 것으로 기대한다.

**주요어:** 승차승객 이동면적, 승강장 면적 산정, 승강장 혼잡도, 역사 혼잡, 도시철도 혼잡, 승차승객 대기면적

## 서론

도시철도 혼잡으로 인한 서울시의 사회적 비용은 연간 7,247억원에 이르기 때문에 서울시 도시철도 혼잡 해소가 시급한 상황임을 알 수 있다(Seoul Institute, 2016). 도시철도 혼잡은 승객 만족도, 사회적 비용, 운영기관 등 다양한 측면에서 심각한 문제이므로 해결방안 마련을 위해 혼잡 개선에 관한 연구가 선행되어야 한다(Lee and Shin, 2020).

특히 승강장의 경우 승객이 대기하거나 승하차가 모두 이루어지는 장소이므로 정확한 승강장 혼잡도 산정연구가 필요하다. 도시철도 승강장 혼잡도는 승강장 내 승객수와 공간비율에 따라 혼잡도 서비스수준이 결정된다. 승강장 혼잡도 지표인 밀도(인/m<sup>2</sup>)와 공간모듈(m<sup>2</sup>/인)은 승강장 내 승객수와 승객점유면적의 비율을 의미한다. 즉, 이 두 가지 변수 모두 승강장 혼잡도 산정에 있어서 중요한 변수이기도 하다. 관련연구 동향을 살펴보면 승강장 승객수 산정과 통행행태 분석에 관한 연구에 편중되어 있는 실정이다. 반면 승강장 이용공간에 대한 연구는 중요성에 비해 미미한 편이다.

승강장 혼잡도는 승강장 내 승객수를 정확히 산정하여도 대기공간에서 승객의 점유면적 산정방식에 따라 산정결과 차이가 발생할 수 있어 승강장 혼잡도가 달라질 개연성이 높다. 그러므로 승강장에서 승객이 점유하는 면적은 정확히 산정되어야 한다. 다시 말해, 승강장 내 승객이 실제 이용하는 공간의 정의 및 기준에 따라 승강장 혼잡도와 최소설계 서비스수준이 변경되기 때문에 이 같은 연구가 필요하다. 기존의 승강장 면적자료를 그대로 적용하면 승강장 혼잡도가 최소 추정되는 오류를 범하게 된다. 이 같은 오류를 해결하려면 도시철도 승객이 실제 승강장을 이용하는 면적으로 보정하면 된다. 따라서 본 연구의 목적은 실제 승강장 이용면적계수를 산정하여 향후 승강장 혼잡도 연구자들이 차용할 수 있도록 범용적 수치를 제공하는 것이다.

이에 본 연구는 승강장 면적 산정에 관한 연구를 검토하고 본 연구의 차별성을 제시한다. 승객의 승차, 하차, 대기 행태를 정확히 반영하기 위해 서울시 환승 및 승하차 통행량이 상위에 해당되는 역사 35개를 선정하여 승강장 시설물 및 승객 이용행태를 조사한다. 조사 결과를 통해 승객의 실제이용공간 개념과 면적 산정식을 제시하고 승차승객 대기면적을 산정한다. 그리고 승강장 유형별 전체승강장 면적 대비 승차승객 대기면적 비율의 대푯값을 제시한다. 마지막으로 연구 결론과 분석결과 활용방안에 대해 논의한다.

## 선행연구

### 1. 도시철도 승강장 혼잡도 서비스수준

도시철도 승강장 혼잡도 서비스수준에 대한 기준은 Table 1과 같이 대표적으로 두가지를 준용한다. Urban Railway Station and Transfer and Convenience Facilities Design Guidelines(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2018)는 대기공간 서비스수준 지표로 공간모듈, 밀도, 평균간격 등을 사용하였고 승강장 서비스수준은 첨두시간대를 기준으로 D 이상일 때 혼잡으로 정의한다. Highway capacity manual(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013)의 경우 한국인 표준체형을 근거로 한 대기공간 서비스수준은 면적 0.2m<sup>2</sup> 이상이면 E 기준으로 규정한다.

**Table 1.** Comparison of level of service for crowdedness based on urban rail guidelines in Korea

Level of service	Urban railway station and transfer and convenience facilities design guidelines (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2018)				Highway capacity manual (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013)	
	Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	Distance (cm)	Density (person/m <sup>2</sup> )	Crowdedness level	Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	Density (person/m <sup>2</sup> )
A	≥1.3	≥120	≤0.8	Move freely	≥1.0	≤1.1
B	≥1.0	≥105	≤1.0	Cross without collision	≥0.8	≤1.6
C	≥0.7	≥90	≤1.4	Crossing results in collision with someone	≥0.6	≤2.0
D	≥0.3	≥60	≤3.3	Waiting (stuck)	≥0.4	≤2.5
E	≥0.2	<60	≤5.0	Waiting results in collision with someone	≥0.2	≤5.0
F	<0.2	Overcrowded	>5.0	Crush load	<0.2	>5.0

## 2. 도시철도 승강장 면적 산정 연구

Railway design guidelines and handbook, Architecture/Inspection Facility(Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2015)에서 수송수요는 정거장 규모를 결정하는 중요한 요인으로 적용되고 있다. 그러나 지침에 따른 역사 면적에 대한 서비스수준(Level of Service, LOS)과 실제 서비스수준과의 괴리에 대한 문제가 꾸준히 제기되어 왔다. Kim et al.(2015a)은 환승통로 폭에 대한 개선방안을 제시하고자 설계지침의 환승통로 폭 산정식과 보행 서비스수준의 이론적 근거를 검토하였다. 분석결과 보행 서비스수준 D, E 등급에서 설계지침을 이용한 통로 폭보다 개선 후 환승통로 폭이 15~25%까지 상향됨을 알 수 있었다. Kim et al.(2015b)은 서울시 지하철 169개역을 대상으로 수요의 과다예측률과 면적과의 관계에 대한 회귀분석을 진행하고 예측대비실적이 반영된 도시철도 정거장 규모를 재산정하였다. 해당 연구는 과도한 수요예측에 의해 공급된 기존 정거장의 면적이 수송실적과 거의 무관한 관계임을 보여주었다. 면적 재산정 결과, 승강장 면적은 줄이지 않고 대합실, 기능실 면적을 조정하더라도 전체 정거장 면적을 기존대비 1/3수준까지 줄일 수 있다. 즉, 이와 같은 분석결과를 기반한 승객이 이용하는 시설물 용량이 초과 인지에 대한 체계적인 연구의 필요성을 확인할 수 있었다. Jang et al.(2010)은 한국인 인체 표준 수치를 반영하여 인체타원 및 점유면적을 재산정하고 PME(Pedestrian Moving Equivalent)와 PWE(Pedestrian Waiting Equivalent)를 개발하였다. 이를 근거로 도시철도 환승시설의 서비스수준 평가 모형을 제시하였다.

Kim et al.(2018)은 광역철도 및 도시철도 정거장 설계지침의 면적산정식을 광역철도 5개 승강장과 도시철도 15개 승강장에 대한 현장조사를 통해 개선된 면적산정식을 제시하였다. 면적산정식 주요개선 변수로는 LOS D 기준에 해당되는 밀도 및 속도 값을 적용했다. 면적산정식의 개선안을 적용시, 광역철도 정거장의 승강장 폭은 최대 2.75%, 도시철도 승강장의 경우 최대 21.25% 증가하였다. 이 연구에서 개선된 면적산정식은 광역·도시철도 정거장의 면적 적정성에 밀접한 영향을 미치는 이용객의 서비스수준을 예측하고 평가하는데 활용된다. Lee et al.(2016)은 승강장 실용대기공간면적 개념 및 산정식을 제시하였는데, 승강장을 가용면적과 실용대기공간면적으로 구분하고 실용대기공간면적은 승강장 가용면적에서 비선호 면적을 제외한 면적으로 정의하였다. 조사대상은 서울메트로 2호선 역 중 승강장 유형 및 이용수요를 고려해 4개 역사(강남, 사당, 시청, 신림)를 선정하였다. 분석결과 전체 승강장 면적 대비 승객이 실제로 대기할 수 있는 평균 면적은 34%에서 67%에 이르는 것으로 나타났다. 하지만 이 연구는 4개로 대상으로 승강장 면적 대비 실용대기공간의 평균 비율을 제시하였으나 연구대상 표본수가 제한되어 분석 결과의 통계적 유의성 확보하지 못해 범용적으로 활용하지 못하는 한계가 있다. Kim et al.(2018)은 광역철도와 도시철도 승강장의 보행로 서비스수준 지표를 이용한 면적산정식을 제안하였으나 승강장에서 가장 중요한 대기공간에 대한 서비스 수준 지표가 반영되지 않았다.

지금까지 도시철도 역사 전체면적부터 승강장, 세부적인 대합실, 환승보행시설 면적에 이르기까지 서비스수준의

적정성과 개선방안에 관한 연구를 살펴보았다. 역사 면적 중 승객이용 및 역사기능을 유지하기 위해 필수적인 승강장면적은 승강장 내 승객수와 승객의 점유면적 비율에 따라 서비스수준이 결정되며, 승강장 최소설계 기준인 D등급에 도달하면 혼잡 역사로 선정된다. 하지만 승객이 실제 대기공간면적을 산정하는 방식에 따라 승강장 혼잡도 차이와 최소설계 기준 차이가 발생하기 때문에 역사 내 승강장 면적 산정방식에 대한 연구 매우 중요함을 알 수 있다. 특히 승강장 혼잡도 연구에서는 승객의 이용면적 산정이 필수적인 연구임에도 불구하고 선행연구가 미미한 실정이다. 이에 본 연구는 승객이 실제 이용한 면적산정방식에 따라 승강장 혼잡도 분석결과가 변경되는 구조적 관계에 주목하고 차별화된 연구를 진행하기로 한다.

본 연구의 차별성은 승객의 승강장 이용행태를 분석하여 승객이 실제 대기하는 공간과 보행 승객의 이동공간 개념을 제안한다. 그리고 이 같은 개념을 산정할 수 있는 면적산정식을 제시하고자 한다. 면적산정식은 승강장 유형별 전체면적 대비 승차승객 대기면적 비율로서 대푯값을 산출하고자 한다. 승차승객 대기면적계수는 도시철도 승강장 전체면적자료만 있으면 승객이 실제 이용하는 대기면적 산정이 활용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 연구대상 표본수를 충분히 확보하여 도시철도 승강장 혼잡도 산정에 학술적 기초자료로 활용하고자 한다.

## 도시철도 승강장의 승객 이용행태 현장조사 결과

### 1. 연구대상 승강장 선정

연구대상인 승강장 선정은 합리적인 기준으로 채택해야 한다. 이를 위해 승강장 혼잡도의 특성을 살펴보면, 혼잡도는 승객수와 점유공간에 의해 결정되고 승객수가 많을수록 혼잡할 확률이 높으므로 표본의 대표성을 확보하기 위해 승객 통행량이 많은 승강장 분석이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 2019년 5월 8일 교통카드자료를 기반한 수도권 도시철도 승객 통행량(환승 포함)을 산정하여 상위 30개 역사를 선정하였다. Table 2에서 제시한 역사 중 20개 역사를 선정하고, 환승역사도 포함한 35개 역사를 연구대상(Table 3 참고)으로 확정하였다.

2019년 기준으로 서울시 도시철도 488개 승강장은 형태별로 섬식 승강장 155개(31.8%), 상대식 승강장 333개(68.2%)로 구성되어 있다. 연구대상은 섬식 승강장은 14개, 상대식 승강장 21개로 선정하였다. 섬식과 상대식 승강장 표본비율은 서울시 도시철도 섬식과 상대식 승강장 비율과 큰 차이를 보이지 않고 있다.

**Table 2.** Top 30 stations regarding number of passengers in Seoul metropolitan subway

Rank	Station name	Number of passengers (person/day)	Rank	Station name	Number of passengers (person/day)	Rank	Station name	Number of passengers (person/day)
1	Dongdaemun history & culture park	449,287	11	Seolleung	271,742	21	City hall	209,061
2	Express bus terminal	444,740	12	Hapjeong	254,560	22	Bupyeong	188,922
3	Seoul station	443,353	13	Yeouido	251,460	23	Euljiro 3ga	185,168
4	Sindorim	418,550	14	Chungmuro	243,516	24	Gunja	183,717
5	Gangnam	408,125	15	Noryangjin	241,101	25	Sillim	183,527
6	Sadang	358,706	16	Hongik univ.	240,522	26	Suwon	182,665
7	Jamsil	346,072	17	Dangsan	226,819	27	Guro digital complex	187,320
8	Seoul nat'l univ. of education	331,290	18	Konkuk univ.	225,742	28	Dongdaemun	185,805
9	Wangsimni	301,959	19	Yangjae	222,147	29	Gangnam-gu office	185,092
10	Jongno 3ga	297,785	20	Gasam digital complex	219,278	30	Samseong	180,598

**Table 3.** Details of the stations in Seoul urban railway

Station number	Platform type	Station name (line)
1	Island	Seoul station (1)
2	Island	Seoul station (4)
3	Side	Jongno 3ga (1)
4	Island	Jongno 3ga (3)
5	Island	Jongno 3ga (5)
6	Side	Guro digital complex (2)
7	Side	Dongdaemun history & culture park (2)
8	Island	Dongdaemun history & culture park (4)
9	Island	Dongdaemun history & culture park (5)
10	Side	Wangsimni (2)
11	Side	Wangsimni (5)
12	Side	City hall (1)
13	Island	City hall (2)
14	Side	Sindorim (2)
15	Side (branch line)	Sindorim (2)
16	Side	Dangsan (2)
17	Island	Samseong (2)
18	Side	Gangnam (2)
19	Side	Seoul nat'l univ. of education (2)
20	Island	Seoul nat'l univ. of education (3)
21	Side	Sadang (2)
22	Island	Sadang (4)
23	Island	Sillim (2)
24	Side	Konkuk univ. (2)
25	Side	Konkuk univ. (7)
26	Side	Jamsil (2)
27	Side	Jamsil (8)
28	Island	Hongik univ. (2)
29	Side	Express bus terminal (3)
30	Side	Express bus terminal (7)
31	Island	Chungmuro (3)
32	Side	Chungmuro (4)
33	Side	Yeouido (5)
34	Island	Gunja (5)
35	Side	Gunja (7)

## 2. 승강장 승객의 보행 및 대기행태 조사 결과

승객의 보행 및 대기행태에 따른 승객 이용공간을 파악하기 위해 연구대상 중 6개 역사의 현장조사를 진행하였다. 현장조사 대상역은 교대, 강남, 사당, 군자, 신림, 서울대입구를 선정하였다. 침두시 주요지점은 조사원이 직접 관측하였으며, 일부 나머지 지점은 CCTV 자료를 구득하여 모든 역사에 이루어지는 승객이용행태를 검증하였다.

역사 시설물에 따른 승객이 실제 이용하는 공간에 대해 중점적으로 조사하였고, 세부적으로 승객의 보행 특성을 파악하였다(Figure 1 참고). 그 결과 승객 비선호 이동대기면적 중 보행 승객의 이동이 가능하도록 배려한 공간적 특성이 발견되어 이를 승차승객 이동면적이라 명칭하였다. 그런데 승차승객 이동면적을 산정하려면 승객이 이동 가능한 보행 폭을 결정해야 하는 문제에 직면하게 된다. Jang et al.(2010)은 도시철도 승객의 보행특성 분석을 통해 보행통로에 필요한 이동폭을 0.4875m로 제시하였다. 이를 착안하여 본 연구에서는 승객의 최소 이동폭은 1인당 0.5m로 반영하기로 한다. 이 수치는 Urban Railway Station and Transfer and Convenience Facilities Design Guidelines (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2018) 기준으로 보행이 어려운 LOS D에 해당하기 때문에 승객의 이동폭을 0.5m로 반영하는 것은 합리적 수치라고 판단된다.





Figure 1. On-site investigation of passenger travel behavior on platform

승객 대기행태를 조사한 결과 열차 문 앞 대기승객은 각각 한줄로 대기하고 있으며, 승객간의 거리는 개인별로 상이했으나 평균적으로 0.7m 수준인 것으로 관측되었다. 이는 하차승객 이동폭을 의미하기도 한다. 한편 사당역의 경우 두줄서기를 위해 노면표지로 유도하고 있으나 실제 조사결과는 두줄서기가 시행되고 있지 않고 있었다. 지금까지 승강장 승객의 이용행태를 조사한 결과를 토대로 평균적인 수치는 실제 승객이 점유하는 공간 면적 산정에 적용할 것이다.

## 도시철도 승강장 점유면적 산정 방법론

### 1. 승강장 점유면적 분류체계

승강장에서 승객의 이용행태 조사결과를 기반한 도시철도 승강장 면적 분류체계는 Figure 2와 같다. 먼저 승강장 전체면적은 승객 실용면적과 불용면적으로 구분되는데 승객 불용면적은 물리적으로 승객이 점유할 수 없는 공간을 의미하며, 시설물 점유면적(계단(창고), E/S, E/V, 기둥, 기타)과 스크린도어 점유면적으로 구분한다. 반면, 실용면적은 승강장 전체면적에서 불용면적을 제외한 것으로 승객이 물리적으로 점유 가능한 공간을 의미한다.

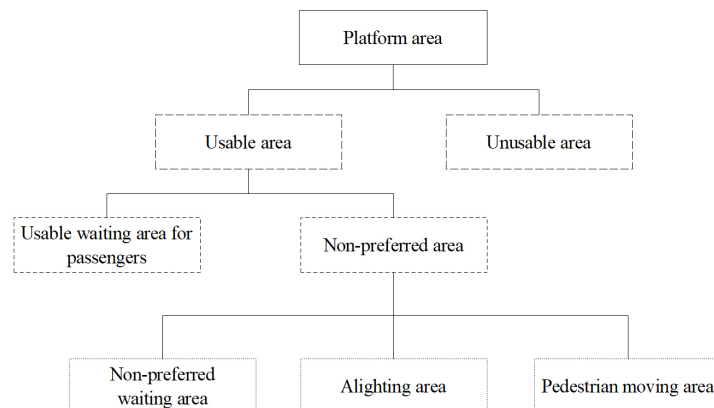


Figure 2. Hierarchy diagram of urban railway platform area reflecting spatial features

실용면적은 승차승객 대기면적과 승객 비선회면적으로 양분된다. 승차승객 대기면적은 실용면적에서 승객 비선회면적을 제외한 공간인데 열차 탑승을 위해 승객이 대기하는 실질적인 점유공간을 의미한다. 즉, 승객 비선회면적은 승객의 이동 및 대기행태에 따라 점유되지 않는 면적을 말하며, 승차승객 비선회대기면적, 하차승객 이동면적, 승차승객 이동면적으로 분류할 수 있다. 승차승객 비선회면적은 승차승객이 대기하지 않는 출입문과 출입문 사이 공간면적이며, 하차승객 이동면적은 도시철도 차량에서 하차 승객을 배려하는 공간면적이고, 마지막으로 승차승객 이동면적은 승객이 승강장 이동이 가능하도록 배려하는 공간면적이다.

## 2. 승강장 점유면적 산정 방법

승강장 면적 산정은 정확성을 확보가 무엇보다 중요하다. 그러므로 역사별 승강장 도면에서 CAD 프로그램을 활용하여 승강장 공간 특성별 면적을 산정하였다. Figure 3과 같이 곡선형 승강장인 경우 정확한 면적 산정이 어렵기 때문에 CAD의 리습(LISP) 기능을 이용해서 불용면적을 측정하였다.

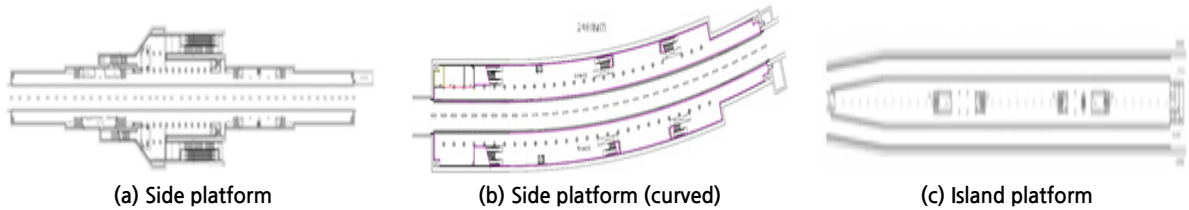


Figure 3. Categories of urban railway platform

서울교통공사가 운영하는 역사들은 승강장면적 DB가 구축되어 있다. 그러나 실제로 사용하지 않는 물리적시설이 포함된 도면상의 전체면적은 승객이 실제 이용하는 승강장 면적 개념과는 다소 괴리가 있다. 그래서 본 연구에서 정의한 승강장 면적은 승객이 실제 사용 유무에 따라 실용과 불용면적으로 양분하였다. 실용면적은 승객 대기공간으로 전체면적 중 불용면적을 제외한 면적으로 산정하였다. 점유불가공간인 승객 불용면적은 고정시설물과 설치시설물로 각각 구분하여 면적을 산정하였다. 이때 계단, 에스컬레이터, 엘리베이터, 창고, 기동 등은 고정시설물에 포함시켰고 그 외 편의시설물은 설치시설물로 간주하였다. 다만 PSD(Platform Screen Door) 폭원은 모든 역마다 상이하므로 PSD(0.5m), 안전선(0.15m)로 모든 승강장에 일괄 적용하였고, 소방시설물은 많은 공간을 차지하지 않아 불용면적에서 제외하였다.

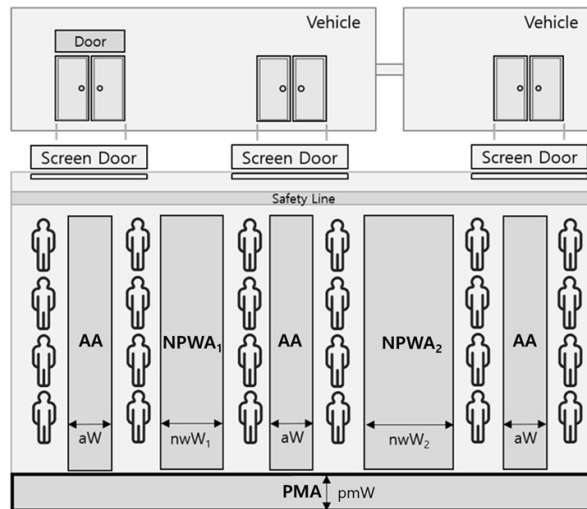


Figure 4. Concept of usable waiting area for passengers in urban railway platform

도시철도 승강장에서 승객의 이용행태별 공간 개념은 Figure 4와 같이 나타내었다. 실용면적은 승객 비선호면적(NPA)과 승차승객 대기면적(UWAP)으로 구분된다. 면적 산정식은 Equations 1, 2와 같이 나타낼 수 있다.

$$NPA = AA + PMA + NPWA \quad (1)$$

$$UWAP = UA - NPA \quad (2)$$

여기서,  $NPA$  : 승객 비선회면적

$NPWA$  : 승차승객 비선회대기면적

$AA$  : 하차승객 이동면적

$PMA$  : 승차승객 이동면적

$UWAP$  : 승차승객 대기면적

$UA$  : 실용면적

승객 비선회면적( $NPA$ )은 승차승객 비선회대기면적( $NPWA$ ), 하차승객 이동면적( $AA$ ), 승차승객 이동면적( $PMA$ )으로 구성된다. Equation 3과 같이 승차승객 비선회대기면적( $NPWA$ )은 객차별 공간과 객차간 공간( $v$ )으로 구분하여 각각의 승차비선회폭( $nw W_v$ )에 대기승객의 평균승강장 유효폭( $\overline{pQ}$ )을 곱하여 산정한다. 이때 스크린도어  $j, k$  번째에서 승객 대기행렬길이( $pQ_j, pQ_k$ )값이 스크린도어 위치에 따라 상이하므로 대기승객의 평균 승강장 유효폭( $\overline{pQ}$ )을 적용하며, 유효폭은 CAD로 산정된 승강장의 실용면적을 승강장길이로 나눈 값을 사용한다. 열차의 출입문 수는 수도권 도시철도 중량전철 기준인 1량당 4칸을 적용한다. 하차승객 이동면적( $AA$ )은 Equation 4와 같이 하차 이동폭( $aW$ )에 총 열차출입문 수( $D$ )와 열차의 객차량( $V$ )을 곱하고 대기승객의 평균승강장유효폭( $\overline{pQ}$ )을 곱하여 산정한다. 이때 하차 이동폭 수치승객 이동행태조사를 통해 대략 0.7m 수준인 것으로 관찰되었다. 마지막으로 승차승객 이동면적( $PMA$ )은 Equation 5와 같이 승객 이동폭( $pm W$ )을 0.5m로 일괄적으로 적용하고 승강장 길이( $L$ )를 곱해 면적으로 산정한다.

$$\begin{aligned} NPWA &= NPWA_1 + NPWA_2 \\ &= \sum_{j=1}^{0.75VD} (nw W_1 \times pQ_j) + \sum_{k=1}^{0.25VD-1} (nw W_2 \times pQ_k) \\ &= nw W_1 \times 0.75VD \times \overline{pQ} + nw W_2 \times (0.25VD - 1) \times \overline{pQ} \end{aligned} \quad (3)$$

$$AA = \sum_{i=1}^{VD} (aW \times pQ_i) = aW \times V \times D \times \overline{pQ} \quad (4)$$

$$PMA = pm W \times L \quad (5)$$

여기서,  $NPWA_1$  : 객차별 승차 비선회면적

$NPWA_2$  : 객차간 승차 비선회면적

$nw W_v$  : 승차 비선회폭( $v=1$  객차별,  $v=2$  객차간)

$pQ$  : 승객 대기행렬길이(m)

$i$  : 스크린도어(또는 열차출입문) 일련번호

$j$  : 객차별 출입문 간 공간 일련번호

$k$  : 객차간 출입문 간 공간 일련번호

$D$  : 총 열차 출입문 수(1량=4칸)

$V$  : 열차의 객차량

$aW$  : 하차 이동폭(0.7m)



$\overline{pQ}_i$  : 스크린도어 i번째에서 승객 평균 대기행렬길이(m)

$pm W$  : 승객 이동폭(0.5m)

$L$  : 승강장 길이(m)

## 도시철도 승강장 점유면적 분석결과

### 1. 분석결과

승객의 이용공간 특성별 평균 면적 산정방식은 승강장 규모를 반영하기 위해 면적 가중평균산정방식을 채택하였다. 승강장의 규모는 예측수요가 많고 적음에 따라 비례되어 설계가 결정되기 때문에 규모의 중요도를 반영하기 위해 면적에 대한 가중치를 반영해야 한다.

승객의 이용행태별 승강장 면적 가중평균값은 전체면적 1,310m<sup>2</sup>, 실용면적 1,038m<sup>2</sup>, 불용면적 272m<sup>2</sup>로 분석되었다. 상대식 승강장은 전체면적 1,416m<sup>2</sup>, 실용면적 1,120m<sup>2</sup>, 불용면적 296m<sup>2</sup>로 전체면적 대비 실용면적 비율이 0.791을 차지하는 것으로 나타났다. 섬식 승강장은 전체면적 1,120m<sup>2</sup>, 실용면적 891m<sup>2</sup>, 불용면적은 230m<sup>2</sup>로 전체면적 대비 실용면적 비율은 0.795를 차지하였다. 섬식 승강장은 방향별로 승객이 양분되어 이용하므로 승강장 면적의 절반만 산출하였다. 승객 비선호면적은 상대식 승강장의 경우 전체면적 대비 0.500, 섬식 승강장의 경우 0.525로 분석되었다(Tables 4, 5 참고).

**Table 4.** Estimated sizes and proportions of all components of platform area in side platforms

Station number	Direction	Platform area (m <sup>2</sup> )	Usable area		Unusable area		Non-preferred zone		Usable waiting area for passengers	
			Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion
3	Up	1,438	1,128	0.784	310	0.216	713	0.496	415	0.289
	Down	1,593	1,226	0.770	367	0.230	766	0.481	460	0.289
6	Outer	888	673	0.758	215	0.242	474	0.534	199	0.224
	Inner	874	640	0.732	234	0.268	456	0.522	184	0.211
7	Outer	1,169	941	0.805	228	0.195	622	0.532	319	0.273
	Inner	1,169	891	0.762	278	0.238	595	0.509	296	0.253
10	Outer	1,324	1,103	0.833	221	0.167	712	0.538	391	0.295
	Inner	1,323	1,072	0.810	251	0.190	694	0.525	378	0.286
11	Up	1,190	1,008	0.847	182	0.153	632	0.531	376	0.316
	Down	1,190	1,008	0.847	182	0.153	632	0.531	376	0.316
12	Up	1,345	1,072	0.797	273	0.203	683	0.508	389	0.289
	Down	1,341	1,112	0.829	229	0.171	704	0.525	408	0.304
14	Outer	2,048	1,616	0.789	432	0.211	995	0.486	621	0.303
	Inner	1,025	834	0.814	191	0.186	563	0.549	271	0.264
15	Branch	1,021	693	0.679	328	0.321	328	0.321	365	0.357
16	Outer	1,123	984	0.876	140	0.125	646	0.575	338	0.301
	Inner	1,123	966	0.860	158	0.141	636	0.566	330	0.294
18	Outer	1,297	974	0.751	322	0.248	640	0.493	334	0.258
	Inner	1,230	885	0.720	345	0.280	591	0.480	294	0.239
19	Outer	1,241	1,015	0.818	226	0.182	663	0.534	352	0.284
	Inner	1,241	957	0.771	285	0.230	631	0.508	326	0.263
21	Outer	1,808	1,588	0.878	220	0.122	980	0.542	609	0.337
	Inner	1,762	1,543	0.876	219	0.124	954	0.541	588	0.334
24	Outer	982	831	0.846	151	0.154	561	0.571	270	0.275
	Inner	982	841	0.856	142	0.145	567	0.577	274	0.279
25	Up	1,006	897	0.892	108	0.107	572	0.569	325	0.323
	Down	928	818	0.881	110	0.119	529	0.570	289	0.311

**Table 4.** Estimated sizes and proportions of all components of platform area in side platforms (continued)

Station number	Direction	Platform area (m <sup>2</sup> )	Usable area		Unusable area		Non-preferred zone		Usable waiting area for passengers	
			Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion
26	Outer	2,828	2,294	0.811	534	0.189	1,369	0.484	925	0.327
	Inner	1,495	1,178	0.788	318	0.213	753	0.504	425	0.284
27	Up	1,206	1,033	0.857	173	0.143	615	0.510	418	0.347
	Down	1,200	1,081	0.901	119	0.099	640	0.533	441	0.368
29	Up	1,652	1,020	0.617	632	0.383	666	0.403	354	0.214
	Down	1,604	1,004	0.626	600	0.374	657	0.410	347	0.216
30	Up	1,641	1,227	0.748	413	0.252	752	0.458	475	0.289
	Down	1,562	1,283	0.821	279	0.179	782	0.501	501	0.321
32	Up	1,128	831	0.737	297	0.263	561	0.497	269	0.238
	Down	1,107	809	0.731	297	0.268	549	0.496	260	0.235
33	Up	1,293	844	0.653	448	0.346	543	0.420	301	0.233
	Down	1,293	845	0.654	448	0.346	543	0.420	301	0.233
35	Up	1,297	1,091	0.841	206	0.159	678	0.523	413	0.318
	Down	1,297	1,089	0.840	208	0.160	676	0.521	412	0.318

**Table 5.** Estimated sizes and proportions of all components of platform area in island platforms

Station number	Platform area (m <sup>2</sup> )	Usable area		Unusable area		Non-preferred zone		Usable waiting area for passengers	
		Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion
1	1,014	810	0.799	204	0.201	542	0.535	268	0.264
2	1,271	1,013	0.797	258	0.203	662	0.521	351	0.276
4	917	750	0.818	167	0.182	517	0.564	233	0.254
5	1,073	966	0.900	107	0.100	609	0.568	357	0.333
8	1,217	929	0.763	288	0.237	615	0.505	314	0.258
9	1,091	1,017	0.932	75	0.069	637	0.584	380	0.348
13	574	375	0.653	198	0.345	310	0.540	66	0.115
17	878	694	0.790	184	0.210	486	0.554	208	0.237
20	1,230	829	0.674	401	0.326	560	0.455	269	0.219
22	1,268	1,022	0.806	245	0.193	667	0.526	355	0.280
23	940	710	0.755	231	0.246	494	0.526	215	0.229
28	1,252	887	0.708	365	0.292	592	0.473	295	0.236
31	1,340	1,100	0.821	240	0.179	710	0.530	390	0.291
34	1,105	945	0.855	160	0.145	598	0.541	347	0.314

전체 승강장의 승차승객 대기면적은 373m<sup>2</sup>이며, 승강장 유형별로 상대식 승강장이 412m<sup>2</sup>, 섬식 승강장 303m<sup>2</sup>로 산정되었다. 승차승객 대기면적계수는 0.285이며, 상대식 승강장이 0.291, 섬식 승강장 0.270로 분석되었다(Table 6 참고). 그리고 섬식과 상대식 승강장 유형별 승객 이용행태별 면적비중 개념의 이해가 용이하도록 Figure 5와 같이 트리맵을 제시하였다.

**Table 6.** Estimated sizes and proportions of all components of platform area on types of platforms

Platform type	Platform area (m <sup>2</sup> )	Usable area		Unusable area		Non-preferred area		Usable waiting area for passengers	
		Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion	Square metres (m <sup>2</sup> )	Pro-portion
Side	1,416	1,120	0.791	296	0.209	708	0.500	412	0.291
Island	1,120	891	0.795	230	0.205	588	0.525	303	0.270
Total	1,310	1,038	0.792	272	0.208	665	0.507	373	0.285

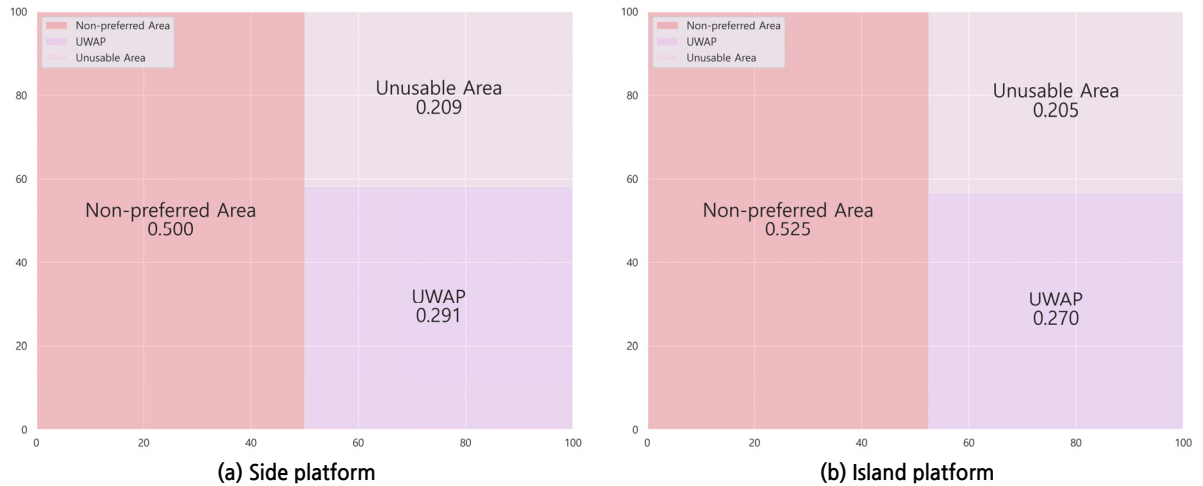


Figure 5. Proportion of each component in platform area based on space characteristics

## 2. 분석결과 통계검정

연구대상에 선정된 승객이용행태에 따른 승강장 면적에 대한 정규성 검증이 필요하므로 단일표본 Kolmogorov-Smirnov Test(K-S 검정)를 수행하였다. Table 7에 제시된 검정결과의 유의수준이 0.05 이상이므로 표본에 선정된 승객이용행태별 승강장 면적 분포는 정규분포를 따른다고 볼 수 있다.

Table 7. Kolmogorov-Smirnov test for each component of platform area based on passenger behavior

Platform area type	Mean (m <sup>2</sup> )	Std. error	Kolmogorov-Smirnov Z	p
Platform area	1,226.14	323.52	1.638	.009
Usable area	971.58	270.83	1.426	.034
Non-preferred area	627.84	152.06	1.427	.034
Usable waiting area	343.70	122.59	1.220	.102

독립표본 t-검정은 두 집단의 평균 차이를 검정할 때 사용하는 분석방법으로, 상대식과 섬식 승강장 승차승객 대기면적의 평균 차이를 검증하였다. Table 8과 같이 검정결과 유의수준이 0.01( $p=0.002$ )보다 작으므로 두 집단의 평균의 차이가 있다고 판단된다. 즉, 상대식과 섬식 승강장 승차승객 대기면적은 결과적으로 평균적 차이가 통계적 유의성을 알 수 있다. 따라서 승객이용행태별 승강장 평균면적과 승강장 유형별 평균면적 결과에 대한 통계적 신뢰성을 확보했기 때문에 승차승객 대기면적계수는 도시철도 혼잡도 산정 연구에서 범용적으로 활용할 수 있다.

Table 8. Independent sample T test for each platform type of usable waiting area for passengers

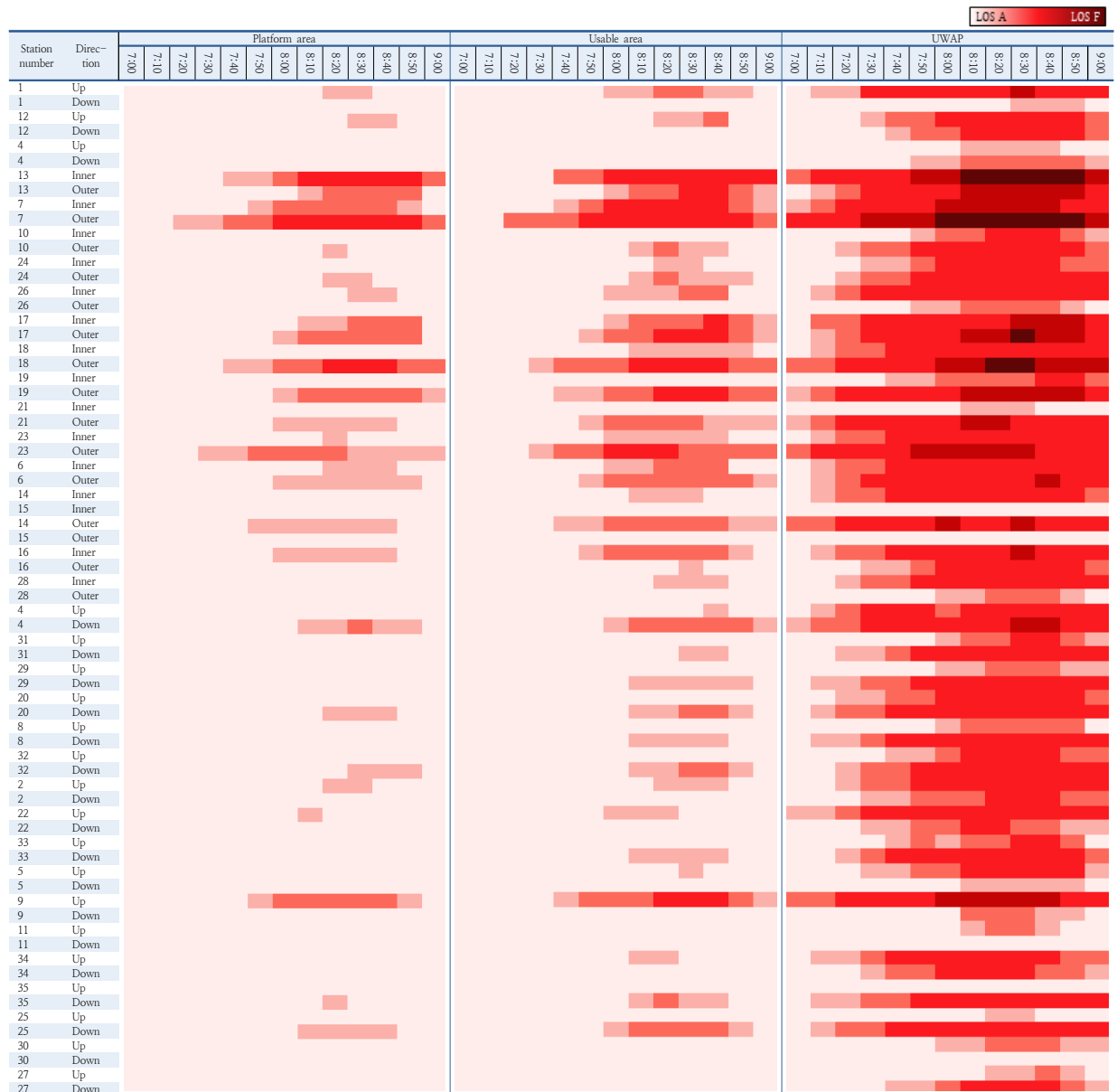
Platform type	Mean (m <sup>2</sup> )	Std. Error	t	p
Island	289.14	86.53	-3.264	0.002**
Side	380.95	130.34		

\*\* $p<0.01$ , \* $p<0.05$ .

## 승강장 혼잡도 사례 분석

본장은 지금까지 산정한 승차승객 대기면적계수의 적정성을 검토하기 위해 승강장 혼잡도 사례 분석을 수행하였다. 승강장 혼잡도는 연구대상 모든 승강장에 대한 공간모듈값을 산정하고, 그에 따른 LOS를 제시하였다. 이때,

승강장 혼잡도는 전체 승강장면적과 실용면적, 승차승객 대기면적을 각각 적용하여 공간모듈( $\text{m}^2/\text{인}$ ) 산정한 후 LOS로 평가하였다. Figure 6과 같이 시인성을 확보하기 위해 10분 단위로 혼잡도를 표출하였다. 이때 혼잡도는 10분 단위 내에 1분 단위 혼잡도 중 최대혼잡도를 나타냈다. Table 9는 오전첨두시간의 1분 단위 최대 혼잡도를 정리하였으며, 이 결과를 토대로 가장 혼잡한 역을 파악할 수 있다.



**Figure 6.** The level of crowdedness for each component of platform during the morning peak

**Table 9.** The level of max crowdedness for each component of platform

Station number	Platform type	Direction	Number of passengers	Platform area		Usable area		UWAP		Time
				Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	LOS	Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	LOS	Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	LOS	
1	Island	Up	1,009	1.03	A	0.82	A	0.28	B	08:34–08:35
1	Island	Down	268	3.88	A	3.09	A	1.05	B	08:40–08:41
12	Side	Up	1,067	1.26	B	1.00	C	0.37	D	18:20–18:21
12	Side	Down	964	1.39	A	1.10	B	0.40	D	08:39–08:40
4	Island	Up	719	2.56	A	2.03	A	0.75	C	18:21–18:22
4	Island	Down	715	2.58	A	2.04	A	0.75	C	08:43–08:44
13	Island	Inner	1,150	0.50	D	0.40	D	0.13	F	08:35–08:36
13	Island	Outer	754	0.76	C	0.61	D	0.21	E	18:27–18:28
7	Side	Inner	1,125	0.70	D	0.55	D	0.20	E	08:23–08:24
7	Side	Outer	1,706	0.46	D	0.36	D	0.13	F	18:41–18:42
10	Side	Inner	606	2.15	A	1.70	A	0.62	D	08:31–08:32
10	Side	Outer	1,093	1.19	B	0.94	C	0.35	D	08:44–08:45
24	Side	Inner	692	1.42	A	1.12	B	0.41	D	18:24–18:25
24	Side	Outer	791	1.24	B	0.98	C	0.36	D	18:27–18:28
26	Side	Inner	1,305	1.15	B	0.91	C	0.33	D	18:39–18:40
26	Side	Outer	1,169	2.42	A	1.91	A	0.70	C	18:41–18:42
17	Island	Inner	1,029	0.85	C	0.68	D	0.23	E	08:26–08:27
17	Island	Outer	1,202	0.73	C	0.58	D	0.20	F	08:25–08:26
18	Side	Inner	1,559	0.79	C	0.62	D	0.23	E	08:33–08:34
18	Side	Outer	1,972	0.66	D	0.52	D	0.19	F	08:41–08:42
19	Side	Inner	1,116	1.11	B	0.88	C	0.32	D	18:38–18:39
19	Side	Outer	1,609	0.77	C	0.61	D	0.22	E	18:26–18:27
21	Side	Inner	1,317	1.34	A	1.06	B	0.39	D	08:31–08:32
21	Side	Outer	1,799	1.01	B	0.79	C	0.29	E	08:22–08:23
23	Island	Inner	995	0.95	C	0.75	C	0.26	E	08:25–08:26
23	Island	Outer	1,195	0.79	C	0.63	D	0.21	E	18:28–18:29
6	Side	Inner	977	1.20	B	0.95	C	0.35	D	08:37–08:38
6	Side	Outer	1,148	1.02	B	0.81	C	0.30	E	08:32–08:33
14	Side	Inner	1,470	1.39	A	1.11	B	0.38	D	08:32–08:33
15	Side (branch)	Inner	346	2.95	A	2.35	A	0.80	C	08:22–08:23
14	Side	Outer	967	1.06	B	0.84	C	0.29	E	08:15–08:16
15	Side (branch)	Outer	77	13.26	A	10.54	A	3.58	A	08:41–08:42
16	Side	Inner	1,095	1.03	B	0.81	C	0.30	E	08:36–08:37
16	Side	Outer	854	1.31	A	1.04	B	0.38	D	18:36–18:37
28	Island	Inner	870	1.44	A	1.14	B	0.39	D	18:37–18:38
28	Island	Outer	888	1.41	A	1.12	B	0.38	D	08:42–08:43
4	Island	Up	770	0.92	C	0.73	C	0.25	E	18:44–18:45
4	Island	Down	741	0.96	C	0.76	C	0.26	E	18:44–18:45
31	Island	Up	593	2.26	A	1.80	A	0.61	D	18:29–18:30
31	Island	Down	836	1.60	A	1.27	B	0.43	D	18:26–18:27
29	Side	Up	830	1.99	A	1.57	A	0.58	D	08:38–08:39
29	Side	Down	1,203	1.33	A	1.05	B	0.39	D	08:37–08:38
20	Island	Up	1,202	1.02	B	0.81	C	0.28	E	08:40–08:41
20	Island	Down	1,064	1.16	B	0.92	C	0.31	D	08:40–08:41
8	Island	Up	1,245	1.23	B	0.98	C	0.33	D	18:45–18:46
8	Island	Down	988	1.55	A	1.23	B	0.42	D	18:18–18:19
32	Side	Up	892	1.26	B	1.00	B	0.37	D	08:30–08:31
32	Side	Down	944	1.17	B	0.93	C	0.34	D	08:19–08:20
2	Island	Up	1,127	1.27	B	1.01	B	0.34	D	08:43–08:44
2	Island	Down	667	2.15	A	1.71	A	0.58	D	08:41–08:42



**Table 9.** The level of max crowdedness for each component of platform (continued)

Station number	Platform type	Direction	Number of passengers	Platform area		Usable area		UWAP		Time
				Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	LOS	Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	LOS	Occupancy rate (m <sup>2</sup> /person)	LOS	
22	Island	Up	980	1.29	B	1.03	B	0.35	D	18:23-18:24
22	Island	Down	990	1.28	B	1.02	B	0.35	D	18:42-18:43
33	Side	Up	661	1.96	A	1.55	A	0.57	D	18:43-18:44
33	Side	Down	992	1.30	A	1.03	B	0.38	D	08:36-08:37
5	Island	Up	773	1.63	A	1.30	B	0.44	D	08:31-08:32
5	Island	Down	455	2.78	A	2.21	A	0.75	C	08:23-08:24
9	Island	Up	1,677	0.76	C	0.61	D	0.21	E	08:15-08:16
9	Island	Down	635	2.02	A	1.60	A	0.54	D	08:36-08:37
11	Side	Up	484	3.38	A	2.67	A	0.98	C	18:22-18:23
11	Side	Down	654	2.50	A	1.98	A	0.73	C	18:27-18:28
34	Island	Up	683	1.62	A	1.29	B	0.44	D	18:33-18:34
34	Island	Down	666	1.66	A	1.32	A	0.45	D	18:41-18:42
35	Side	Up	859	1.51	A	1.19	B	0.44	D	18:42-18:43
35	Side	Down	1,061	1.22	B	0.97	C	0.36	D	18:38-18:39
25	Side	Up	891	1.13	B	0.89	C	0.33	D	08:38-08:39
25	Side	Down	839	1.11	B	0.87	C	0.32	D	08:25-08:26
30	Side	Up	574	2.86	A	2.26	A	0.83	C	08:29-08:30
30	Side	Down	596	2.62	A	2.07	A	0.76	C	18:31-18:32
27	Side	Up	558	2.16	A	1.71	A	0.63	D	18:32-18:33
27	Side	Down	625	1.92	A	1.52	A	0.56	D	08:37-08:38

분석결과를 살펴보면 승강장 승객이 비교적 많은 27번, 21번 승강장(잠실, 사당)의 경우 전체면적과 실용면적을 적용하면 LOS A-B수준을 유지하는 것으로 보이지만 승차승객 대기면적 기준으로는 LOS D-E 수준까지 승강장 혼잡도가 악화되는 걸 확인할 수 있다. 이는 승강장 승객의 보행 및 대기행태 조사에서 첨두시간 해당 승강장 혼잡도는 D-E 수준을 유지하고 있었다. 실제로 첨두시간 해당 승강장에서 대기해본 시민이라면 이 정도의 혼잡도가 유지되는 것은 주지의 사실이다. 따라서 전체 승강면적 또는 실용면적을 적용한 승강장 혼잡도는 과소추정될 개연성이 높다. 반면 승차승객 대기면적을 적용한 승강장 혼잡도는 현실적인 상황이 잘 반영되어 분석결과와 신뢰성 향상에 기여할 것으로 사료된다.

35개 역사 승강장의 승강장면적 기준 평균공간모듈은 10.21m<sup>2</sup>/인, 실용면적은 8.10m<sup>2</sup>/인, 승차승객 대기면적은 2.87m<sup>2</sup>/인으로 산정되었다. 승강장면적 대비 유형별 면적 비중을 비교해보면 실용면적은 20.7%, 승차승객 대기면적은 71.9%로 감소된 것으로 분석되었다.

## 결론 및 향후 과제

도시철도 승강장 혼잡도는 승강장 내 승객수와 승객점유면적 비율을 의미한다. 승강장 혼잡도 산정에 필요한 두 개 변수 모두 중요하지만 상대적으로 승객점유면적에 대한 연구는 저조한 실정이다. 이에 본 연구는 도시철도 승강장 내에서 승객이 실제 이용하거나 대기하는 면적 개념을 정의하고 이를 산정식으로 제안하였으며, 관련 연구 및 업무에 활용 가능한 승차승객 대기면적계수를 제시하였다. 본 연구 내용과 학술적 기여도, 그리고 활용방안은 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 도시철도 승강장 도면을 CAD 프로그램으로 승객이 이용하지 않는 물리적 시설물의 면적을 제외시켜 실용과 불용면적으로 구분하였다. 전체승강장 면적 대비 실용면적계수는 상대식 승강장이 0.791로 섬식 승강장이 0.795로 산출되었다.

둘째, 승강장 승객이용행태를 현장 및 CCTV 조사를 통해 승객이 선호 또는 비선호하는 면적을 양분하고, 승차승객 이동면적 개념을 제안하였다. 승차승객 이동면적은 승객이 원하는 열차 객차량에 탑승하기 위해 승객이 이동할 수 있는 공간을 의미하며, 대기승객의 배려공간으로 사회적으로 인식되고 있다. 다만 승강장 혼잡도가 F 수준에 도달할 경우 승차승객 이동면적은 일시적으로 실용대기면적으로 변경되는 현상이 발생할 수 있으나 승강장 혼잡도 산정결과와의 일관성에는 영향을 미치지 않는다.

셋째, 도시철도 승강장 승차승객이 실제로 대기하는 공간에 대한 산정방법론을 제안하였다. 승강장 유형별 전체 면적 대비 승차승객 대기면적 비율은 면적 가중평균값으로 제시하였다. 승차승객 대기면적계수는 상대식 승강장은 0.291, 섬식 승강장은 0.270로 분석되었다. 이 계수를 도시철도 승강장 면적에 보정해주면 실제 승차승객이 대기하는 면적을 산정할 수 있다. 해당 면적에서 승강장 내 승객수를 나눠주면 승강장 혼잡도 지표인 공간모듈을 산출되고 LOS 수준에 따라 승강장 혼잡도가 결정된다.

넷째, 분석결과의 신뢰성을 확보하기 위해 승강장 통행량이 상위수준에 해당되는 35개 승강장을 표본으로 채택하였다. 분석결과는 통계검정을 통해 통계적으로 유의미함을 확인하였다. 이는 도시철도 혼잡도 산정에 있어 본 연구의 분석결과를 범용적으로 적용 또는 활용할 수 있음을 시사한다.

다섯째, 승강장 혼잡도 사례 분석에서는 승강장 전체면적, 실용면적, 승차승객 대기면적을 적용한 승강장 혼잡도 분석결과를 제시하였다. 분석결과는 승차승객 대기면적계수를 적용한 승강장 혼잡도가 현실과 부합됨을 확인할 수 있었다.

본 연구의 승차승객 대기면적계수는 승강장 혼잡도 산정 및 분석의 정확도를 높이는데 기여할 것으로 예상된다. 또한 역사 신설 및 개선, 승강장 설계 등 다양한 분야에 준용 또는 활용될 것으로 기대된다. 향후 과제로는 수도권 승강장 전수조사를 기반한 분석이 필요하며, 환승역 유무, 수요, 승객 이용행태 등 다양한 변수를 반영한 연구가 필요할 것으로 사료된다.


## Funding


This research was supported by a grant (21TLRP-B148684-04) from Transportation & Logistics Research Program (TLRP) funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government.


## 알림


본 논문은 한국철도학회 2020년 춘계학술대회(2020.06.29)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

## ORCID

LEE, Sangjun  <http://orcid.org/0000-0001-7496-8725>

SHIN, Seongil  <http://orcid.org/0000-0002-4691-9472>

LEE, Sunghee  <http://orcid.org/0000-0002-6499-3764>

YUN, Seongjin  <http://orcid.org/0000-0003-0165-4682>

## References

- Jang S. Y., Han S. Y., Kim S. G. (2010), A Study on Level of Service of Pedestrian Facility in Transfer Stations at Urban Railroad, Journal of the Korean Society for Railway, 13(3), The Korean Society for Railway, 339-348.

- Kim J. H., Baek S. J., Kim Y. W. (2015b), A Study on the Performance-based Size Computation of Subway Stations: Focused on the Imbalance between Demand Forecast and Transport Performance, *Construction Economy & Industry Studies*, 6(2), Korea Construction Economy and Industry Association, 7-20.
- Kim J. H., Shin M. J., You S. Y., Kim T. W. (2018), The Improvement of the Area Estimation of the Metropolitan Railway Station Platforms, *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, 38(6), Korean Society of Civil Engineers, 991-999.
- Kim K. M., Kim J. H., Shin M. J., Kim H. Y., Park Y. G. (2015a), 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*, 15(2), The Korean Society Of Hazard Mitigation, 63-70.
- Lee H., Jang K. B., Yoo B. S. (2016), Analysis of an Effective Waiting Area in Urban Railway Platform, *Journal of Transport Research*, 23(4), The Korea Transport Institute, 61-71.
- Lee S. J., Shin S. I. (2020), A Study on Improving Subway Crowding Based on Smart Card Data: A Focus on Early Bird Policy Alternative, *Journal of Information Technology Services*, 19(2), Korea Society of IT Services, 125-138.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013), *Highway Capacity Manual*, South Korea.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2015), *Railway Design Guidelines and Handbook (Architecture/Inspection Facility)*, South Korea.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2018), *Urban Railway Station and Transfer and Convenience Facilities Design Guidelines*, South Korea.
- Seoul Institute (2016), *Policy Utilization for Crowdedness Costs for Subway in Seoul*, Policy Report, 208, 1-23.
- Shin S. I., Lee S. J., Lee C. H. (2019), A Model for Analyzing Time-Varying Passengers' Crowdedness Degree of Subway Platforms Using Smart Card Data, *J. Korea Inst. Intell. Transp. Syst.* 18(5), The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, 49-63.