

## 도시철도 역사 승강장 실용대기공간면적 산정 연구

이호\* · 장기백\*\* · 유봉석\*\*\*

### Analysis of an Effective Waiting Area in Urban Railway Platform

Lee, Ho (Associate Research Fellow, The Korea Transport Institute)

Jang, Ki-Baek (Researcher, LBC Soft)

Yoo, Bong-Seok (Ph.D Student, HongIk University)

I	서론
II	승강장 형태 및 설치기준 검토
III	승강장 실용대기공간면적 산정 1. 승강장 실용대기공간면적 산정요소 2. 점유불가면적 3. 이용자 비선호면적 4. 승강장 실용대기공간면적
IV	결론 및 향후 연구과제

2016년 8월 1일 접수, 2016년 10월 26일 최종수정, 2016년 11월 9일 게재확정

\* 한국교통연구원 미래교통전략연구소 부연구위원(주저자, 교신저자)

\*\* LBC SOFT 스마트ICT팀 과장

\*\*\* 홍익대학교 건설도시공학부 박사과정

## Abstract

도시철도 이용객 증가에 따른 열차 및 승강장의 혼잡이 가중되고 있으며, 이로 인하여 이용자들의 불편 및 안전문제, 열차 운행 지연이 초래되고 있다. 국내에서는 도시철도 역사 혼잡도, 특히 승강장의 혼잡도 산정 및 서비스 수준 분석에 관한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 도시철도 승강장 혼잡도 산정에 필요한 승강장내 승객이 실제로 대기할 수 있는 면적을 정의하고, 이러한 면적을 산정하는 방법을 제안하도록 하였다. 전체 승강장 면적에서 승객이 점유할 수 없는 면적과 점유하지 않는 면적으로 구분하여 승강장 내 시설물 조사 및 승객의 대기형태분석을 통하여, 승객이 실제로 대기할 수 있는 면적을 산정하도록 하였다. 결과적으로 전체 승강장 면적 대비 승객이 실제로 대기할 수 있는 면적은 평균 최소 34%에서 최대 67%까지 분석되었으며, 이를 통하여 대기 공간 최소 설계 서비스수준에 따른 공간모듈을 적용하여 승강장 혼잡도 산정을 위한 승강장 최대 수용 가능 인원을 산정할 수 있다.

■ 주제어: 승강장 혼잡, 표준 시설면적, 유효면적, 실용대기공간면적

Train and platform congestion has increased with rising numbers of metro passengers, resulting in passenger inconvenience, safety issues, and train delays. Subway operators have been conducting regular surveys to measure the level of congestion on trains. However, there is lack of research on measuring platform congestion, compared to train congestion. The study proposes a method to calculate an effective waiting area in a platform which is necessary to measure the level of platform congestion. Platform areas are subdivided into areas unable to be occupied by passengers and non-preferred waiting areas. Then a facility survey and analysis of passenger waiting formations in platforms is conducted to measure both areas. Consequently, an effective waiting area is roughly between 34% and 67% of a platform area. The findings can be applied to calculate a number of maximum waiting passengers in a platform, which is a basic element to measure the level of platform congestion.

■ Keywords: Platform Congestion, Standard Facility Area, Passenger Waiting Distribution, Effective Waiting Area

## I. 서론

도시철도는 대도시 교통체계에 있어 침두시 대량수송이 가능하다는 장점으로 2014년 기준 55개국 148개 도시에서 운행 중에 있다. 2014년 기준 서울의 도시철도 수송인원은 연간 약 2,660백만 명으로, 세계에서 혼잡한 도시철도 중 하나로 꼽힌다. 도시철도의 혼잡은 역사 및 열차에서 승객의 불편 이외에 안전사고 위험을 증가시키며, 열차 정차시간 증가로 인한 열차 지연 운행을 야기시킨다.

도시철도 운영회사는 자체적으로 정기 및 분기 혼잡도 조사를 통하여 혼잡상황에 따른 운행간격조정이나 열차 스케줄을 탄력적으로 운영함으로써 혼잡을 완화시키려 노력하고 있다. 또한, 역사 내부 연결 통로 추가 설치 및 계단 확대 등의 지하철 이용시설 확충을 통해 혼잡을 완화하려 하고 있다. 하지만, 정기·분기 혼잡도 조사는 특정일을 기준으로 실시하기에 구체적인 요일별·계절별 혼잡변동에 대한 조사가 이루어지지 못하고 있다. 또한 이벤트 발생에 따른 비반복 혼잡(non-recurring congestion)에 대한 조사가 어려워 이에 대한 대책은 운영자의 경험에 의존하고 있는 실정이다.

도시철도에서 발생하는 혼잡은 승객이 출발역 개찰구를 지나 도착역 개찰구를 나올 때까지 지속적으로 나타나는 것으로, 열차 혼잡 이전에 이미 승강장에서부터 혼잡이 발생하고 있다. 하지만, 그동안 조사된 혼잡도는 열차에 국한되어 승강장 혼잡도 조사는 제대로 이루어지지 않았다.

최근에 대중교통카드자료를 활용하여 시간별 승강장 혼잡도를 상시 모니터링 할 수 있는 알고리즘이 제안되었다(이호 외, 2015). 이는 대중교통카드자료를 바탕으로 승강장 개별 진입인원을 열차도착정보와 결합하여 열차 도착 전 승강장 내 대기인원을 산정하고, 이를 승강장 대기공간 수용가능 인원으로 나누어 승강장 혼잡도를 산정하였다. 연구에서

는 열차 도착 전 승강장 내 대기인원을 산정하는 알고리즘 개발에 초점이 맞추어져 있다. 승강장 혼잡도 산정에 꼭 필요한 승강장 대기공간 수용가능인원은 승강장 면적의 30%를 승강장 대기공간 면적으로 가정하고, 대기공간 최소 서비스 수준인 평균 공간모듈  $0.5\text{m}^2/\text{인}$ 을 적용하여 산출하였다. 하지만, 알고리즘으로 승강장 대기인원을 정확히 파악한다 하더라도, 승강장 대기공간 수용가능인원의 가정에 따라 승강장 혼잡도는 과소 또는 과대 계상될 개연성을 가지고 있다.

승강장 혼잡도 산정에 필요한 승강장 대기공간 수용 가능인원을 추정하기 위하여 승객이 대기할 수 있는 면적은 매우 중요한 항목임에도 불구하고, 현재까지 이에 대한 구체적인 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 승강장 전체 면적 중에서 승객이 대기할 수 있는 면적을 산정하는 방법을 제시하도록 한다. 이를 위하여 먼저 2장에서는 승강장 형태 및 승강장 설치 기준을 검토한다. 3장에서는 승강장 실용대기공간면적 산정을 위한 요소들을 정의하고, 승강장 형태 및 환승유무를 고려하여 선정한 4개 역사에 대한 조사를 통하여 승강장별 실용대기공간면적을 산출하도록 한다. 마지막으로 4장에서는 본 연구의 결과를 요약하고 향후 연구방향을 제시한다.

## II. 승강장 형태 및 설치기준 검토

철도 승강장(platform)이란 승객들이 열차를 타고 내리는 공간으로, 승강장 형태는 기본적으로 상대식 승강장과 섬식 승강장이 있으며, 파생된 형태의 승강장으로 쌍섬식(2면 4선식) 승강장, 쌍상대식 승강장, 2면 3선식 승강장 등으로 구분할 수 있다. 상대식 승강장은 상·하행 2개의 선로를 중앙에 두고

대칭적으로 마주보는 형태이며, 대합실에서 승강장으로 내려갈 때 상·하행으로 분리되어 있는 구조이다. 섬식 승강장은 선로와 선로 사이에 승강장이 위치한 형태로, 대합실에서 승강장으로 내려가면 상·하행을 모두 이용할 수 있는 구조이다.

수도권 지하철역을 대상으로 승강장 형태를 분석한 결과는 <표 1>과 같다. 2014년 기준 총 794개 승강장 중에서 섬식 승강장은 240개(30.2%), 상대식 승강장 541개(68.1%), 복합식 승강장 13개(1.6%)로 구성되어 있다.

<표 1> 수도권 지하철 승강장 형태별 자료

구분	서울 지하철 공사	서울 도시철도 공사	한국 철도 공사	기타	합계
섬식	37	37	82	84	240
상대식	83	110	156	192	541
복합식	1	10	0	2	13
합계	121	157	238	278	794

승강장 전체 면적은 승강장 유효길이와 폭원에 따라 결정이 되며, 이는 도시철도 정거장 및 환승편의시설 보완 설계 지침(2013)에 따라 설계가 이루어진다. 승강장 유효길이는 운행중인 열차의 길이에 열차 정차 시의 여유와 전동차 앞뒤 부분의 방향표시 확인을 위한 여유 등을 고려하여 5m를 추가한 길이로 하고 있다. 승강장 폭원은 열차 도착 시 승강장 침두 이용객수의 35%가 승강장 25%를 점유하는 것을 가정하여 가장 붐비는 부분의 이용객수를 산정하고, 최대 혼잡공간모듈(0.8㎡/인)과 승강장 길이를 고려하여 승강장 필요폭을 산정한다. 추가로, 승객의 대피폭, 스침여유 등과 같은 폭원정수를 추가하여 최종 승강장 폭원을 산정하며, 일반적으로 상대식과 섬식 승강장의 폭원정수는 각각 2.1m와 2.6m를 적용한다.

### Ⅲ. 승강장 실용대기공간면적 산정

#### 1. 승강장 실용대기공간면적 산정요소

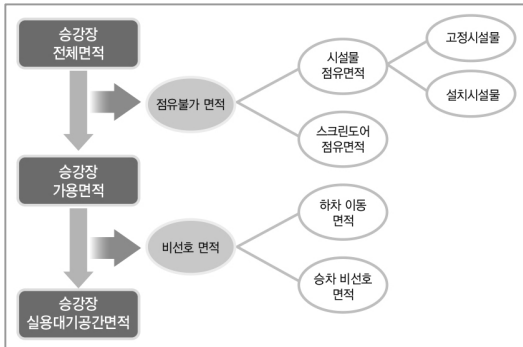
승강장 실용대기공간은 승강장에서 승객이 열차 탑승을 위하여 대기하는 공간으로 정의하며, 승강장 실용대기공간면적은 승강장 전체 면적에서 승객이 이용하지 못하는 공간면적(이하 “점유불가면적”)과 승객이 이용하지 않는 공간면적(이하 “승객비선호면적”)을 빼고 남는 부분을 지칭한다. 점유불가면적은 승강장내 물리적 시설물로 인하여 승객이 점유하지 못하는 면적을 나타내지만, 승객비선호면적은 승객이 점유할 수 있으나 승강장 대기행태에 따라 대체로 점유되지 않는 면적을 나타낸다. 따라서 승객비선호면적을 고려하지 않은, 즉 승강장 전체 면적에서 점유불가면적만을 제외하였을시, 이는 물리적으로 승객을 최대로 수용할 수 있는 승강장 면적(이하 “승강장 가용면적”)으로, 결과적으로 승강장 가용면적은 승강장 실용대기공간면적보다 넓게 산출된다. 식 (1)은 승강장실용대기공간면적 산정을 위한 승강장 전체 면적과의 관계를 제시한다.

$$\begin{aligned}
 &\text{승강장실용대기공간면적} && \text{(식 1)} \\
 &= \text{승강장 가용면적} - \text{승객비선호면적} \\
 &= (\text{승강장 전체면적} - \text{점유불가면적}) - \text{승객비선호면적}
 \end{aligned}$$

점유불가면적은 승강장 내 점유공간의 위치에 따라 시설물 점유면적과 스크린도어 점유면적으로 구분한다. 또한, 시설물 점유면적은 시설물 형태에 따라 고정시설물과 설치시설물로 구분하여 면적을 산정하고, 고정시설물에는 역사 설계에서 반영된 엘리베이터, 기계실, 방송실, 기둥이 포함되며, 설치 시설물에는 편의시설과 소방안전시설을 포함한다.

승객비선호면적은 공간의 이용특성에 따라서 하차이동면적과 승차비선호면적으로 구분하도록 한

다. 하차이동면적은 승차승객이 승강장 대기 시 하차승객을 배려한 비점유면적을 나타내며, 승차비선호면적은 승차승객이 주로 대기하지 않는 출입문과 출입문 사이 공간면적을 나타낸다. <그림 1>은 승강장 전체 면적으로부터 승강장 실용대기공간 면적 산정을 위한 세부항목을 보여준다.



<그림 1> 승강장 실용대기공간면적 산정을 위한 구성 요소

본 연구에서 점유불가면적은 역사도면 및 시설물 조사를 통하여 산정하며, 이용자비선호면적은 승강장내 승객 대기행태를 비디오로 녹화하여 분석하였다. 세부적인 내용은 아래에서 차례대로 제시하도록 한다.

승강장 실용대기공간면적 산정을 위하여 서울메트로 2호선 역들 중 승강장 유형 및 이용수요를 고려하여 4개 역사를 선정하여 조사하였다. 선정된 역사는 상대식 승강장인 강남역과 사당역, 섬식 승강장인 시청역과 신림역이다. 강남역, 사당역, 시청역은 환승역이며, 신림역은 비환승역이다.

## 2. 점유불가면적

### 가. 시설물 점유면적

승강장 내 점유불가면적은 승강장 내 시설물 점유공간 위치에 따라 시설물 점유면적과 스크린도어 점유면적으로 구분하고, 시설물 점유면적은 시설물

형태에 따라 다시 고정시설물과 설치시설물 면적으로 나누도록 한다.

먼저, 고정시설물은 역사 설계 당시 이미 반영된 시설물로 역사운영시설과 승강장 중간에 설치된 기둥이 포함된다. 역사운영시설은 도면상 승강장 내 공간을 차지하고 있는 계단, 에스컬레이터(E/S), 엘리베이터(E/V), 기계실, 방송실 공간을 조사하여 면적을 산정하였으며, 기둥면적은 역사 도면에서 승강장 내에 설치된 기둥을 조사하여 산정하였다.

<표 2>는 4개 역사에 대한 승강장 전체 면적과 고정시설물에 포함된 역사운영시설면적과 기둥면적을 제시한다. 추가로 이들 면적의 산정을 위하여 활용된 승강장 도면이 맨 우측 열에 제시되었다. 역별 승강장 형태에 따라 상대식 승강장은 방향별로 각각 조사를 하였으나, 섬식 승강장은 방향별 구분 없이 전체를 조사하여 제시하였다.

<표 2> 승강장 및 고정시설물 면적

역명	승강장 형태	승강장 전체 면적 (㎡)	고정시설물 면적 (㎡)		승강장 도면
			역사 운영 시설	기둥	
강남역	상대식	내선 1,778	386	37	
		외선 1,789	372	36	
	소계	3,567	758	73	
사당역	상대식	내선 2,220	326	51	
		외선 2,211	267	52	
	소계	4,431	593	103	
시청역	섬식	1,917	172	49	
신림역	섬식	1,873	140	28	

전체적으로 사당역은 양방향(내선 및 외선)을 고려 시 4,431㎡로 승강장 면적이 가장 넓었으며, 신림역은 1,873㎡로 승강장 면적이 가장 좁았다. 상대식 승강장을 방향별로 구분하였을 때, 사당역의 내선과 외선 승강장 면적은 다른 승강장 면적보다 넓으며, 특히 섬식 승강장 면적보다 넓었다. 역사운

영시설면적은 역별로 상이하며, 승강장 전체 면적 대비 역사운영시설면적의 비중은 상대식 강남역 내선이 22%로 가장 컸으며, 섬식 신림역이 7%로 가장 적었다. 이는 공간면적과 승강장의 구조적 차이로 발생한다. 즉, 상대식 승강장 공간 내에는 다수의 역사운영시설이 설치되어 있지만, 섬식 승강장은 주로 계단, E/S, E/V들이 승강장 내 공간에 포함되고 다른 시설들은 승강장이 아닌 별도의 공간에 설치되어 있다. 기둥 면적은 역별로 차이를 보이고 있으며, 사당역 내선이 52㎡로 가장 컸으며, 신림역이 28㎡로 가장 적었다. 승강장 전체 면적 대비 기둥이 차지하는 면적의 비중은 대략 2% 내외이다.

두 번째, 시설물 점유면적에서 승강장 내 설치시설물은 편의시설과 소방안전시설로 구분하고, 승강장별로 각 시설물에 대한 현장조사를 통하여 시설물 용도, 개수, 크기를 조사하여 역별 설치시설물에 대한 면적을 산정하였다. 편의시설은 의자와 자판기, 쓰레기통, 매점, 노선도, 종합안내도, 광고시설물, 물품보관함을 포함하고, 소방안전시설물은 비상전화, 비상사다리, 구급용품 보관함이 포함된다. 편의시설에 포함된 의자는 승강장 혼잡정도에 따라 의자 이용행태가 상이하였다. 즉, 비첨두시간대는 대체로 승객들이 의자에 앉아서 열차를 기다리고 있었으나, 승강장이 혼잡한 첨두시간대에는 대체로 승객이 의자를 이용하지 않았다. 따라서 승강장 실용대기공간의 최소 조건을 가정하여 의자점유공간을 승객의 비점유공간면적으로 분류하였다.

<표 3>은 승강장별 편의시설과 소방시설에 포함된 세부시설면적과 전체 면적을 제시한다. 강남역과 사당역은 상대식 승강장으로 방향별로 시설조사를 하였으며, 시청역과 신림역은 섬식 승강장으로 방향별 구분 없이 조사하였다. 설치시설물 형태 및 수량은 역별로 약간의 차이를 보이고 있다. 예를 들어, 상대식 승강장에는 설치되어 있지 않고 섬식 승강장에만 설치되어 있는 시설은 노선도, 역안내도,

광고시설물, 응급사다리이었다.

편의시설 항목별 면적은 승강장마다 약간씩 상이하지만, 전체 편의시설 평균 면적 대비 의자면적은 46.5%로 가장 넓은 면적을 차지하였으며, 다음으로 매점(20.7%), 자판기(19.9%), 쓰레기통(4.3%), 보관함(4.1%) 순이었다. 노선도, 역 종합안내도, 광고판은 다른 항목들에 비하여 차지하는 비중이 매우 낮은 수준이었다. 소방시설 항목별 면적은 역마다 상이하며, 특히 섬식 승강장에 설치된 소방시설 항목들의 면적이 상대식 승강장에 설치된 것들에 비하여 차지하는 면적이 컸다. 전체 소방시설 평균면적 대비 응급구조함 면적 비중은 49.4%로 가장 넓었으며, 다음으로 사다리(39.1%), 전화기(11.5%) 순이었다.

승강장내 설치시설물에서 편의시설면적(20.2㎡~28.0㎡)이 소방시설면적(1.2㎡~9.3㎡)보다 평균 10배 정도 더 넓은 면적을 차지하고 있다. 이는 편의시설과 소방시설 개수의 차이도 있으나, 대체로 편의시설에 포함된 시설물들의 단위면적이 넓기 때문이다. 승강장 형태별 편의시설과 소방시설 면적의 차이는 상대식 승강장의 경우 평균 12배 정도이나, 섬식 승강장은 상대식 승강장보다 훨씬 적은 평균 4배 정도이다. 승강장 형태별 설치시설물 점유면적의 평균은 섬식 승강장(34.5㎡)이 상대식 승강장(23.3㎡)보다 약 1.5배가 넓은 것으로 조사되었다.

## 나. 스크린도어 점유면적

스크린도어 점유면적은 승강장내 스크린도어 설치에 따라 승객이 이용하지 못하는 공간면적을 나타낸다. 도시철도 정거장 및 환승편의시설 보완 설계 지침(2013)에서 스크린도어는 승강장 연단에서 10cm 이내 거리를 두고 설치할 것을 권고하고 있으며, 이는 승강장 면적에서 최대 [승강장 길이 × 10cm]만큼의 면적은 승객들이 이용할 수 없음을 시사한다. 추가적으로, 대다수 승객은 스크린도어 출입문 대기선 밖에서 대기하는 것을 고려할 때 승객이 이용하지

〈표 3〉 설치시설물 항목 면적

구분		편의시설 항목별 면적(㎡)								소방시설 항목별 면적(㎡)				설치시설물 점유면적(㎡)	
		의자	자판기	쓰레기통	매점	물품 보관함	노선도	안내도	광고물	소계	응급 전화	응급 사다리	구급 약품		소계
강남역	내선	11.7	4.2	1.3	4.5	1.3	0.0	0.0	0.0	23.0	0.4	0.0	1.3	1.7	24.7
	외선	11.7	3.0	1.3	4.5	0.6	0.0	0.0	0.0	21.1	0.3	0.0	1.0	1.2	22.3
사당역	내선	10.8	3.0	0.6	4.5	1.3	0.0	0.0	0.0	20.2	0.4	0.0	1.8	2.2	22.5
	외선	10.8	5.9	0.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	21.9	0.4	0.0	1.4	1.9	23.7
시창역		9.6	7.3	1.0	5.6	1.9	0.0	1.1	1.5	28.0	0.6	6.0	2.8	9.3	37.4
신림역		10.9	4.5	1.3	5.6	0.6	0.5	1.1	2.0	26.6	0.4	2.4	2.3	5.1	31.7
승강장 형태별 평균 면적	상대식	11.2	4.1	1.0	4.5	0.8	0.0	0.0	0.0	21.5	0.4	0.0	1.4	1.8	23.3
	섬식	10.3	5.9	1.1	5.6	1.3	0.2	1.1	1.8	27.3	0.5	4.2	2.5	7.2	34.5
	전체	10.9	4.7	1.0	4.9	1.0	0.1	0.4	0.6	23.5	0.4	1.4	1.8	3.6	27.0

못하는 스크린도어 점유면적은 늘어나게 된다.

스크린도어 점유면적을 산정하기 위하여 본 조사에서는 4개 역사의 스크린도어 5·4 위치를 기준으로 승강장 연단에서 대기안전선까지 거리를 측정하였다. 동일역에서 내선과 외선의 승강장 연단에서 대기안전선까지 거리는 동일하였으나, 역별로는 약간씩 차이를 보였다. <표 4>는 역별 내선방향에서 조사한 승강장 연단에서 대기안전선까지 거리와 스크린도어로 인해 승강장내 승객이 점유하지 못하는 스크린도어 점유면적을 제시한다.

〈표 4〉 승강장 내 스크린도어 점유면적

구분		승강장 연단에서 대기안전선까지 거리(m)	승강장 길이 (m)	스크린 도어 점유면적 (m <sup>2</sup> )
상대식 승강장	강남역	0.48	205	98.4
	사당역	0.45	205	92.3
섬식 승강장	시청역	0.46	205	94.3
	신림역	0.67	205	137.4

모든 역들의 승강장 길이는 205m이었으며, 승강장 연단에서 대기안전선까지 거리는 0.45~0.67m 범위에 있었다. 신림역은 0.67m로 다른 역들에 비하여 연단에서 대기안전선까지 거리가 많이 떨어져 있었

다. 승강장 길이는 동일하기 때문에, 스크린도어 점유면적은 승강장 연단에서 대기안전선까지 거리에 직접적으로 영향을 받으며, 이러한 면적크기는 신림역(137.4m<sup>2</sup>), 강남역(98.4m<sup>2</sup>), 시청역(94.3m<sup>2</sup>), 사당역(92.3m<sup>2</sup>) 순이었다.

#### 다. 승강장 내 점유불가면적 비중

<표 5>은 승강장 점유불가면적에 대하여 앞서 제시한 승강장내 고정시설물, 설치시설물, 스크린도어 점유면적을 정리하였다. 점유불가면적은 역별로 상이한 결과를 보이고 있으며, 상대식 강남역 내선은 546m<sup>2</sup>로 가장 넓었으며, 상대식 사당역 외선은 435m<sup>2</sup>로 가장 좁게 조사되었다. 평균적으로 점유불가면적 중 가장 넓은 면적을 차지하는 것은 고정시설물로서 약 65%이었으며, 다음으로 스크린도어 점유면적은 약 29%, 설치시설물 점유면적은 6% 순으로 분석되었다. 상대식과 섬식 승강장은 동일하게 점유불가면적 대비 고정시설물 및 스크린도어 점유면적 비중은 설치시설물보다 월등히 높으나, 고정시설물과 스크린도어 점유면적 비중은 승강장 형태별로 큰 차이를 보이고 있다. 즉 점유불가면적 대비 고정시설물 면적 비중에서 상대식 승강장은 76%이나 섬식 승강장은 42%였으며, 스크

린도어 점유면적 비중은 상대식 승강장은 19%이나 섬식 승강장은 50%로 분석되었다. 이러한 차이는 우선 신림역 섬식 승강장에서 연단과 대기안전선까지 거리가 다른 역들의 평균거리(0.46m)에 비하여 45% 길어, 상대적으로 섬식 승강장의 스크린 도어 점유면적 비중이 상대식 승강장보다 크게 분석되었기 때문이다. 하지만, 고정시설물 면적 비중에 있어서는 상대식 승강장은 볼록형(∟)으로 일자형인 섬식 승강장과 비교하여 승강장내 고정시설물을 설치할 수 있는 공간을 더 확보하고 있는 것으로 판단된다.

승강장 가용면적(<표 5> 맨 우측 열)은 승강장 전체 면적에서 점유불가면적을 제외한 결과로서, 승강장 전체공간에서 승객이 대기할 수 있는 물리적 공간을 나타낸다. 승강장 전체 면적 대비 승강장 가용면적은 승강장별로 상이하며, 전체적으로 69~80% 수준에 해당하고 있다. 상대식 사당역 외선 승강장 가용면적은 1,776㎡로 전체 승강장 대비 약 80% 수준으로 가장 넓은 대기공간을 보이고 있으나, 상대식 강남역 내선 승강장은 1,232㎡로 약 69%로 가장 좁았다. 상대식 승강장의 내선과 외선을 각각 비교하였을 시, 동일역에 대한 내선과 외선에 대한 가용면적 비중은 2% 이내로 큰 차이를 보이지 않는다. 종합적으로 승강장 전체 면적과 승강장가용면적의 상관계수는 0.988로 분석되었으며, 이는 두 변수간에는 (+)의 관계를 가지는 것으로 판단된다. 즉, 승강장 전체 면적이 클수록 승강장 가용면적도 커지는 관계를 나타낸다. 평균적으로 전체 승강장 면적 대비 상대식 승강장 가용면적 비중은 약 75%이며, 섬식 승강장은 약 76%로 승강장 형태별로 가용면적의 비중은 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

<표 5> 승강장내 점유불가면적에 따른 승강장 가용면적

역명		승강장 면적 (㎡)	항목별 점유불가 면적 (㎡)			승강장 내 점유 불가 면적 (㎡)	승강장 가용 공간	
			고정 시설물	설치 시설물	스크린 도어		면적 (㎡)	비중 (%)
강남역	내선	1,778	423	24.7	98.4	546	1,232	69
	외선	1,789	408	22.3	98.4	529	1,260	70
사당역	내선	2,220	377	22.5	92.3	492	1,728	78
	외선	2,211	319	23.7	92.3	435	1,776	80
사창역		1,917	221	37.4	188.6	447	1,470	77
신림역		1,873	168	31.7	274.7	474	1,399	75
평균	상대식	2,000	382	23	95	500	1,499	75
	섬식	1,895	195	35	232	461	1,434	76
	전체	1,965	319	27	141	487	1,478	75

### 3. 이용자 비선호면적

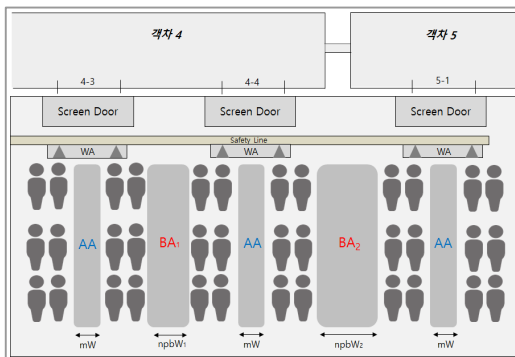
이용자 비선호면적은 승강장 내 승객의 대기형태에 따라 점유하지 않는 공간으로 정의하도록 한다. 승강장 내 승객의 대기형태를 조사하기 위하여 2015년 2월 12(목)~13일(금) 오후 침두시간에 4개 역사를 대상으로 승강장 방향별 출입구 4-1과 7-1 주위에서 열차 도착 전 승객의 대기형성과정을 비디오로 녹화하였다. 역당 방향별로 열차가 총 5회 도착하는 시간 동안 녹화는 지속되었다. <그림 2>는 사당역 외선(상행) 출입문 4-1 지점에서 녹화된 화면영상을 보여준다. 승객들은 승강장에 진입 후 원하는 출입문 위치를 찾아 이동하여 대기안전선부터 대기를 시작하고, 시간이 지날수록 대기줄을 따라 대기가 이루어지는 형태를 보였다. 주요 특징은 승객이 대기시 하차승객의 편의를 위하여 출입문 가운데 부분을 비어두고 있으며, 승객들은 최대한 출입문 주변에 밀집되는 형태를 보였다. 승강장 혼잡 정도에 따라 대기승객들은 출입문당 2줄 또는 4줄 서기를 하며, 대기줄은 승강장 벽 또는 기둥 주변까지 형성되었다.





〈그림 2〉 승강장내 승객 대기형태(사당역 외선)

〈그림 3〉은 승강장 내 출입문 주변에서 4줄서기 대기승객의 분포를 도식화하여 나타낸 것이다. 대기승객의 패턴에 따라 이용자 비선호면적은 하차이동면적(AA)과 승차비선호면적(BA<sub>1</sub>과 BA<sub>2</sub>)으로 구분하였다. 하차이동면적은 출입문을 중심으로 승객이 대기 시 하차승객을 위하여 점유하지 않는 면적이며, 이는 하차이동공간폭(mW)과 출입구별 대기승객 길이(qL)로 결정된다. 승차비선호면적은 출입문과 출입문 사이 승객이 대기하지 않는 공간면적을 나타내며, 이는 승차비선호공간폭(npbW<sub>1</sub>과 npbW<sub>2</sub>)과 출입구별 대기승객길이(qL)로 결정된다.



〈그림 3〉 대기승객 분포 개념도

4개 역사에 대한 열차 도착 직전 승객대기형태를 비디오로 판독하여 하차이동공간폭과 승차비선호

공간폭을 도출하고, 도출된 폭들은 현장조사를 통하여 비교검증하였다. 하차이동공간폭은 조사지점별로 약간의 차이가 있었으나, 대체적으로 0.7m 수준으로 조사되었다. 승차비선호공간폭은 열차편성 특성에 따른 위치 및 승강장 혼잡수준에 따라 구분된다. 열차편성 특성 위치에 따라 객차별 출입문과 출입문 간의 폭은 균일하지만, 열차 1편성이 10량의 객차로 연결되어 있어 객차 간 출입문과 출입문 간의 폭은 객차별 출입문 간의 폭보다 넓다. 결과적으로 승차비선호공간폭은 객차별 승차비선호공간폭(npbW<sub>1</sub>)과 객차 간 승차비선호공간폭(npbW<sub>2</sub>)으로 구분되며, 승강장 최대수용가능인원 산정을 위한 최소 비선호공간폭은 각각 2.0m와 2.8m으로 조사되었다. 마지막으로, 열차 출입구별 대기승객길이(qL)는 승강장 혼잡정도 및 출입구 기준 승강장 유효폭원에 따라 달라진다. 승강장 혼잡시 승차대기 줄은 승강장 벽까지 길게 늘어서 있기에, 본 연구에서 출입구별 최대 대기승객길이는 출입구 기준 승강장 유효폭원으로 정하도록 한다. 승강장 유효폭원은 승강장 내 물리적 시설물로 인하여 점유할 수 없는 공간을 배제한 길이로, 통상 승강장 폭원보다 길이가 짧다.

식 (2)은 하차이동면적(AA)과 승차비선호면적(BA)에 따른 이용자 비선호면적(NpA) 산정식을 제시한다.

$$NpA = AA + BA \quad (\text{식 } 2)$$

$$AA = \sum_{i=1}^N (mW \times qL_i) = mW \times N \times \overline{qL}$$

$$\begin{aligned} BA &= BA_1 + BA_2 \\ &= \sum_{j=1}^{0.75N} (npbW_1 \times qL_j) + \sum_{k=1}^{0.25N-1} (npbW_2 \times qL_k) \\ &= npbW_1 \times 0.75N \times \overline{qL'} + npbW_2 \times (0.25N-1) \times \overline{qL''} \\ &= (npbW_1 \times 0.75N + npbW_2 \times (0.25N-1)) \times \overline{qL} \\ &(\because \overline{qL'} \approx \overline{qL''} = \overline{qL}) \end{aligned}$$

여기에서,

$NpA$  = 이용자 비선회면적  
 $AA$  = 하차이동면적  
 $BA_d$  = 승차비선회면적( $d=1$  객차별,  $d=2$  객차 간)  
 $mW$  = 하차이동공간폭  
 $npbW_d$  = 승차비선회공간폭( $d=1$  객차별,  $d=2$  객차 간)  
 $i$  = 스크린도어(또는 열차출입문) 일련번호  
 $j$  = 객차별 출입문 간 공간 일련번호  
 $k$  = 객차간 출입문 간 공간 일련번호  
 $N$  = 총 스크린도어 수(또는 총 열차출입문 수)  
 $qL_i$  = 스크린도어  $i$ 번째에서 대기승객길이(승강장 유효폭원)

$qL$ 은 스크린도어 위치에 따라 길이가 상이하어, 식 (2)에서 유도된 것과 같이 평균승강장유효폭원( $\bar{qL}$ )을 적용하도록 하며, 이는 앞서 제시한 승강장 유효면적을 승강장 길이로 나누어 산출한다.

종합적으로 <표 6>은 4개 역사에 대한 방향별 승강장의 하차이동면적과 승차비선회면적을 제시하였다. 섬식승강장인 시청역과 신림역의 방향별 승강장 가용면적은 <표 5>에서 제시한 섬식 승강장 가용면적의 50%를 각각 적용하도록 하였다. 하차이동면적(AA)은 출입구별 이동공간면적에 1편성 10량의 총 출입구수 40개를 적용하여 산정하였다. 승차비선회면적(BA)은 객차별과 객차간 승차비선회 단위면적을 산정하고, 1편성 10량 기준 30개와 9개 공간을 각각 적용하여 산정하였다. 승강장 가용면적 대비 하차이동면적은 약 14% 수준이며, 승차비선회공간면적은 42% 수준이었다.

#### 4. 승강장 실용대기공간면적

<표 7>은 앞서 제시한 승강장 전체 면적, 점유불가면적과 이용자비선회면적을 요약하고, 승강장별 실용대기공간면적을 산정하였다.

<표 6> 승강장 비선회 대기공간면적

역명		승강장 길이 (m)	승강장 가용 면적 (m <sup>2</sup> )	평균 대기 승객 길이 (m)	하차 이동 공간 폭 (m)	승차 비선회 공간폭 (m)		이용자 비선회 면적 (m <sup>2</sup> )	
						객차별	객차간	하차 이동 면적 (AA)	승차 비선회 면적 (BA)
강남역	내선	205	1,231	6.0	0.7	2	2.8	168	512
	외선	205	1,260	6.1	0.7	2	2.8	172	524
시당역	내선	205	1,728	8.4	0.7	2	2.8	236	718
	외선	205	1,776	8.7	0.7	2	2.8	243	738
시청역	내선	205	735	3.6	0.7	2	2.8	100	305
	외선	205	735	3.6	0.7	2	2.8	100	305
신림역	내선	205	670	3.3	0.7	2	2.8	91	278
	외선	205	670	3.3	0.7	2	2.8	91	278

승강장별 실용대기공간면적은 승강장 전체 면적에서 점유불가면적과 이용자비선회면적을 제외하고 산정하였다. 승강장 전체 면적 대비 이용자비선회면적 비중이 점유불가면적 비중보다 컸다. 즉, 전체 평균 기준 승강장 전체 면적 대비 점유불가면적 비중은 25%이나, 이용자비선회면적은 41%로 16% 차이를 보인다. 승강장 전체 면적 대비 승강장 실용대기공간은 승강장별로 약간씩 차이를 보이지만, 전체적으로 평균 34% 수준을 보이고 있다. 승강장 형태별로 승강장 실용대기공간의 비중은 큰 차이가 없었다.

이용자비선회면적에 포함된 승차비선회면적은 역사혼잡정도 및 이용자 성향에 따라 하차이동면적보다 변동 가능성은 크다고 할 수 있다. 즉, <표 6>에서 제시된 승차비선회면적(BB)은 이용자의 극단적인 승강장 대기공간 이용행태에 따른 최대값으로, 만약 승차비선회면적이 없다고 가정하였을 시 승강장 전체 면적 대비 승강장 실용대기공간은 전체적으로 평균 67%까지 가능하다. 본 연구는 4개 역사에 대해서 짧은 시간 동안 조사가 이루어졌기에, 역사특성 및 이용수요에 따른 승차비선회면적의 변화를 확인할 수 없었으므로 이는 향후 연구과제로 남겨두도록 한다.

〈표 7〉 승강장 실용대기공간면적

역명		승강장 전체 면적(㎡)	점유 불가 면적(㎡)	이용자 비선호 면적(㎡)	실용 대기공간 면적(㎡)
강남역	내선	1,778	546 (31%)	680 (38%)	553 (31%)
	외선	1,789	529 (30%)	696 (39%)	564 (32%)
사당역	내선	2,220	492 (22%)	954 (43%)	774 (35%)
	외선	2,211	435 (20%)	981 (44%)	796 (36%)
시창역		1,917	447 (23%)	811 (42%)	659 (34%)
신림역		1,873	474 (25%)	739 (39%)	660 (35%)
평균	상대식	2,000	500 (25%)	828 (41%)	672 (34%)
	섬식	1,895	461 (24%)	775 (41%)	659 (35%)
	전체	1,965	487 (25%)	810 (41%)	668 (34%)

## IV. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 승강장 혼잡도 산정에 필요한 승강장 대기공간 수용가능인원을 추정하기 위하여 승강장 전체 면적에서 차지하는 승강장 실용대기공간면적을 산정하는 방법론을 제시하였다. 또한 4개 역사에 대한 표본조사를 통하여 승강장 내 구조물 및 시설물에 대한 점유면적과 승객의 대기형태를 분석하여, 승강장 전체면적을 점유불가면적과 승객비선호공간면적으로 나누고 최종적으로 승강장 실용대기공간 면적을 제시하였다. 점유불가면적은 승강장 내 설치된 시설물에 영향을 받기에 조사시점에 따라 변동은 거의 없으나, 승객비선호공간면적은 이용자 행태에 따라 변동이 있을 것이다.

연구에서 승객비선호공간면적 중 승차비선호면적은 4줄 서기 조건에서 산정될 수 있는 최대값으로, 실제 도시철도 혼잡상황에서 승차비선호면적은 줄어들어 승강장 실용대기공간면적은 커질 수 있다.

승객의 승차비선호공간 이용빈도가 균등분포를 따른다고 가정하였을시, 승강장 전체 면적 대비 승강장 실용대기공간 면적은 평균 54%를 차지할 것이다. 이는 승강장 혼잡도 산정 시 필요한 승강장 최대수용가능인원에 대한 보수적인 자료로 제시될 수 있다. 예를 들어 승강장 최대수용가능인원은 승강장 전체면적의 54%를 실용대기공간 면적으로 산정하고 승강장 설계기준에서 제시하고 있는 최대 혼잡공간모듈 0.8㎡/인을 적용하여 산정할 수 있다. 본 연구의 방법 및 결과는 향후 승강장 혼잡도 산정 시 실용대기공간면적 산정을 위한 방향을 제시하고 서비스 수준을 측정하는 지표로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구의 한계는 4개 역사에 대한 표본 조사 시 모든 승강장 형태가 포함되어 있지는 않다. 즉, 비환승 상대식 승강장에 대한 조사가 빠져 있어 이에 대한 추가조사 및 분석이 필요하며, 특히 통계적으로 유의한 결과 도출을 위하여 보다 많은 표본에 대한 조사가 필요할 것으로 판단된다. 또한 승차비선호면적 중 실제로 이용 가능한 면적에 대한 추가조사가 있어야 할 것이다.

## ■ 감사의 글

본 논문은 국토교통부 철도기술연구사업의 ‘도시철도 역사 이용객 편의성 향상기술 개발(16RTRP-B067918-04)’ 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## ■ 참고문헌

- 이호·최진경, “대중교통카드자료를 이용한 지하철 승강장 혼잡도 추정 알고리즘 개발”, 『한국철도학회지』, 18(3), 한국철도학회, 2015. pp. 270-277.
- 국토교통부, 『도시철도 정거장 및 환승편의시설설계지침』, 2013.