

# 철도 비승차 이용객을 고려한 역사 시설물별 적정규모 산정방안

## Estimating an Optimal Scale of a Railway Station with Non-Passengers

오 태 호\* · 이 선 하\*\* · 강 희 업\*\*\* · Maria Sharlene L. Insigne\*\*\*\* · 이 상 재\*\*\*\*\*

\* 주저자 : 국립공주대학교 도시·교통공학과 석사  
 \*\* 교신저자 : 국립공주대학교 건설환경공학부 교수  
 \*\*\* 공저자 : 2018 평창동계올림픽대회 조직위원회 수송교통국장  
 \*\*\*\* 공저자 : 국립공주대학교 건설환경공학부 박사과정  
 \*\*\*\*\* 공저자 : 한국철도공사 연구원 책임연구원

Tae ho Oh\* · Seon ha Lee\*\* · Hee up Kang\*\*\* ·  
 Maria Sharlene L. Insigne\*\*\*\* · Sang Jae Lee\*\*\*\*\*

\* Dept. of Urban·Traffic Eng., Kongju National University  
 \*\* Dept. of Civill and Environmental Eng Kongju National University  
 \*\*\* Dept. of Transport & Traffic Bureau., The PyeongChang Organizing Committee for the 2018  
 \*\*\*\* Dept. of Civill and Environmental Eng Kongju National University  
 \*\*\*\*\* Dept. of KORAIL Research Institute., Korail

† Corresponding author : Seon ha Lee, seonha@kongju.ac.kr

Vol.16 No.4(2017)

August, 2017  
 pp.76~91

ISSN 1738-0774(Print)  
 ISSN 2384-1729(On-line)  
<https://doi.org/10.12815/kits.2017.16.4.76>

Received 10 March 2017  
 Revised 3 April 2017  
 Accepted 1 August 2017

© 2017. The Korea Institute of  
 Intelligent Transport Systems. All  
 rights reserved.

### 요 약

국내 철도역사는 규모설계 시 4단계 교통수요모델을 기반으로 산출된 1일간의 철도 승·하차 이용객을 기준으로 한다. 하지만 역사기능의 다양화로 비승차객 이용이 증가하고 있다. 이를 반영하여 철도역사 설계 시 비승차객 할증율을 역사 유형에 따라 적용하고 있지만, 적용기준에 대한 구체적인 근거가 미비한 상황이다. 따라서, 본 연구에서는 유형별 철도역사를 대상으로 역사 이용객의 실측자료를 바탕으로 비승차객 할증율을 재산정하고자 한다. 이후 콘코스, 편의시설, 화장실 등이 포함된 철도역사를 대상으로 보행자 시뮬레이션을 통해 설계 면적의 적정성평가를 시행하였다. 실측조사에 따른 비승차객 비율을 고려한 역사 설계 시 현황 기준을 적용한 역사 대비 전체 면적이 감소(약 45%)하였음에도 불구하고 시설물 별 적정 서비스수준을 만족하는 결과를 도출하였다.

핵심어 : 비승차객 할증율, 철도역사 규모설계, 보행자 시뮬레이션

### ABSTRACT

The Area of a domestic railway station is designed based on the 4-step traffic demand forecasting model with the average daily passenger count as one of its parameter. However, nowadays, due to increasing rate of railway station's function, the non-passengers are increasing. In order to consider those non-passengers who aren't using trains, assumed volume are added to the average daily passenger count of station to estimate the area, but the criteria being applied has no concrete basis. Therefore, this study aimed to recalculate the increasing non-passenger rate based on actual survey data of station users in any type of railway station to obtain the optimum area. Subsequently, the the design area was performed through pedestrian simulation. According to the result of the simulation, it was found that the total space of the exciting railway stations can be reduced up to 45% and will still satisfy the level of service(LOS) requirement.

Key words : Non-passenger additional rate, Rail station scale design, Pedestrian simulation

## I. 연구개요

### 1. 연구의 배경 및 목적

국내 철도역사는 규모설계 시, 장래 지역사회 및 산업경제의 발전, 인구증감 및 유입이 고려된 전통적인 4 단계 교통수요모델을 적용하여 산출된 1일간의 철도이용객 승·하차 이용객수를 기반으로 한다.

하지만, 국내 철도역사는 점차적으로 지역간 이동을 위한 단순 탑승기능을 넘어 역사 내 복합시설을 연계하고 있는 실정으로 철도역사 내에는 열차 승·하차객 뿐만 아니라 비승차객의 이용이 증가되고 있다.

비승차객은 대중교통 수단이용의 목적뿐만 아닌 역사 내 문화 및 상업시설을 목적으로 이용하거나 철도 노선으로 인해 단절된 지역을 이동하는 목적으로 유입된다.

이에 따라, 현재 철도역사 설계를 위해서 1일간 철도역사의 승·하차객 데이터를 기반으로 피크 시 1시간 이용객수를 산출하고 유입되는 비승차객 고려를 위해 할증율을 역사 유형에 따라 적용하고 있다. 하지만, 할증율의 적용기준이 매우 미비하고 할증율 값도 산출근거가 명확하지 않으므로 실제적으로 역사 내 발생되고 있는 이용객별(승차객, 하차객, 비승차객) 인원수를 반영한 규모설계가 필요하다.

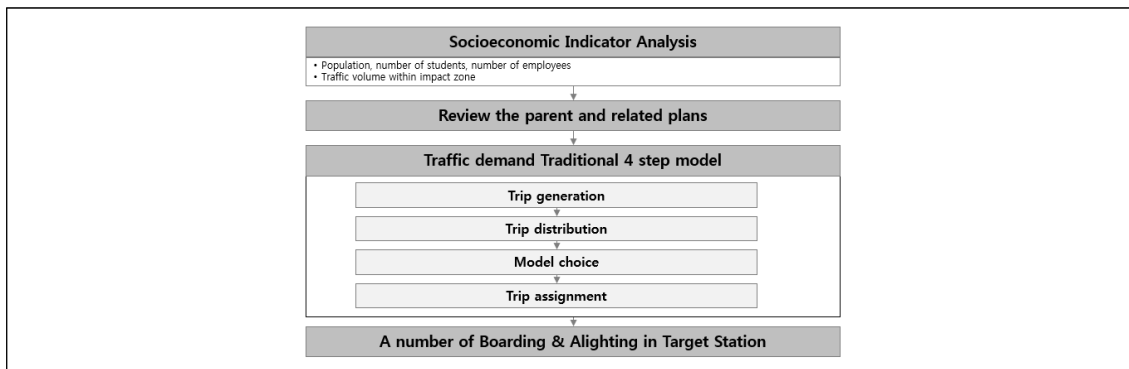
본 연구에서는 이를 검증하기 위해 가상의 역사를 설계하여 기존의 방법론(비승차객 할증율 고려)을 기반으로 구축된 역사와 실제적인 비승차객수를 고려하여 재설계한 역사를 사전 시뮬레이션 분석을 시행함으로써 철도역사 시설물별 설계면적의 적정성 평가를 시행하고자 한다.

## II. 기존연구검토

### 1. 철도역사 이용수요 예측

한국철도시설공단의 철도역사 이용객 수요예측 시, 사업 시행에 따른 수요분석을 위해 일반적인 교통수요 예측방법인 전통적인 4단계 모형(통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정)의 추정방법을 이용하였다.

다음 <Fig. 1>과 같이 사회경제지표, 상위계획 및 관련계획을 기반으로 대상역사 개통 전·후에 따른 사업 시행 노선 내 역간 이용자 수요를 예측하였으며, 이때 도출되는 결과로는 사업시행 노선 내 철도역사의 이용객 중 비승차객이 제외된 승·하차이용객만이 도출된다.



<Fig. 1> Flowchart of Traffic demand forecasting

## 2. 철도역사 규모설계 기준

### 1) 비승차객 할증율

『KRNA<sup>1)</sup>(2016)』에 제시된 철도역사의 규모는 해당역사를 이용하는 여객수요(유동인원, 체류인원, 침투 1시간의 승·하차이용객)를 기준으로 설계되며, 이때 일부 여객시설(콘코스, 대합실, 화장실)에서는 비승차이용객 할증율을 활용하여 추가적인 역사 면적설계를 고려한다.

일부 여객시설의 규모설계 시 활용되는 비승차이용객 할증율은 다음 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Factor of Non-passenger

| Contents                         | Concourse | Waiting room |
|----------------------------------|-----------|--------------|
| Complex Station                  | 3.0       | 2.0          |
| Tourist Station                  | 2.5       | 1.5          |
| City center Station              | 1.0       | 1.2          |
| Station with Free Passage        | 2.0       | 1.0          |
| Station with Commercial facility | 1.5       | 1.0          |
| Others                           | 1.0       | 1.0          |

<Table 1>에 제시된 할증율을 고려하는 시설물인 콘코스, 대합실, 화장실의 면적산정 식은 다음 식 (1), 식 (2), 식 (3)과 같으며, 비승차객 할증율은 피크시 1시간 동안의 승차인원을 최소 1.0에서 최대 3.0까지 고려할 수 있다.

#### ① 콘코스

$$A = \frac{P' \times \alpha}{T_1} \times \alpha' \times \frac{1}{3} \times T_2 + \frac{1}{V \cdot \rho} \times \frac{P''}{3600} \times L + \frac{P' \times \alpha}{T_1} \times \frac{2}{3} \times T_2 \times \alpha'' + S_1 \quad (1)$$

여기서,  $A$  = 콘코스 면적  
 $\alpha$  = 비승차객 할증율(1.0 ~ 3.0)  
 $\alpha'$  = 콘코스 내 공간모듈(3.2m<sup>2</sup>/인)  
 $\alpha''$  = 자유흐름 영역(2m<sup>2</sup>/인)  
 $P'$  = 피크시 1시간 승차인원  
 $P''$  = 피크시 1시간 하차인원  
 $T_1$  = 단위시간(60분)  
 $T_2$  = 콘코스 내 체제시간(13분)  
 $V$  = 보행속도(1.1m/s)  
 $\rho$  = 보행밀도(0.4인/m<sup>2</sup>)  
 $L$  = 콘코스 내 평균보행거리(0.5~3분간 진행거리)  
 $S_1$  = 콘코스 내 편의시설면적 (콘코스 면적의 5% 이상으로 확보)

#### ② 대합실

$$A = a \times \left( \frac{T_3}{t} - 1 \right) \times (P' \times \alpha) \quad (2)$$

여기서,  $A$  = 대합실 면적  
 $a$  = 1인당 점유면적(1.5m<sup>2</sup>/인)  
 $N$  = 열차 최대 발차회수  
 $P'$  = 피크시 1열차당 승차인원  
 $T_3$  = 대합실 내 체제시간(17분)  
 $t$  = 피크시 열차시격

1) KRNA(Korea Rail Network Authority : 한국철도시설공단

③ 화장실

$$P = P' \times \frac{\alpha}{60} \times T_1 \tag{3}$$

여기서,  $P$  = 최대 동시체제인원                       $P'$  = 피크시 1열차당 승차인원  
 $T_1$  = 역내 평균체제시간(30분)                       $\alpha$  = 비승차객 할증율(1.0 ~ 3.0)

2) 혼잡도 처리를 위한 할증율(Surge Factor) 적용현황

한국철도시설공단에서는 신규 철도노선의 건설 개통 이후 여객시설의 규모 협소, 편의시설 부족 등과 같은 문제가 제기되어 이에 대한 개선으로 혼잡도처리를 위한 할증율(Surge Factor)을 적용하고 있는 실정이다.

Surge Factor는 철도 이용수요 증가에 따른 불편사항을 사전에 방지하기 위해 대도시권 주요 거점역사(고속철도역, 시·중착역, 관광지)의 여객집중에 대한 혼잡처리방안으로 피크 시 1시간 승차인원에 대해 할증율을 적정범위(1.0 ~ 1.3) 내에서 고려하여 일부시설의 면적(콘코스, 대합실, 화장실)을 확장시킬 수 있다.

3) 철도역사 시설물별 적정규모 서비스수준

철도역사 규모설계 시 정거장 시설을 계획 또는 설치함에 있어 시설의 운영 상태를 어느 정도까지 허용할 것인가를 결정하는 척도로 피크 시를 기준으로 콘코스, 계단, 환승통로 및 승강장의 설계 서비스수준을 다음 <Table 2>와 같이 제시하고 있다.

<Table 2> Railway station facility Optimum LOS

| Contents                 | Concourse | Stair | Corridor | Platform |
|--------------------------|-----------|-------|----------|----------|
| High speed train Station | B         | C     | D        | D        |
| normal train Station     | C         | D     | E        | D        |

3. 기존연구와의 차별성

철도역사의 이용수요 예측방안 및 철도역사 규모 설계기준 고찰결과 철도역사의 이용수요는 승·하차 이용객을 기준으로 예측되었으며, 비승차객에 대한 고려가 되지 않고 있는 실정으로 철도역사 설계 시 역사의 과소 또는 과대설계 문제가 대두되고 있는 것으로 판단된다.

이를 보완하기 위한 방안으로 한국철도시설공단에서는 철도역사 내 시설물(콘코스, 대합실, 화장실 등)의 규모설계 시 비승차객 할증율(1.0 ~ 3.0)을 추가적으로 고려한다.

또한, 2016년 06월에 철도역사 규모설계 지침에 Surge Factor가 추가 개정되었으며, 이는 비승차객 할증율과 유사한 성격으로 대도시권 주요거점역사의 여객집중에 대한 혼잡도 처리를 위한 계수로 적용되었다.

하지만, 규모설계 시 고려된 비승차객 할증율 및 Surge Factor는 비승차객에 대한 실측조사 및 관련연구가 전무한 실정으로 현재 지침 상 적용되고 있는 값에 대한 신뢰도가 낮은 것으로 판단된다.

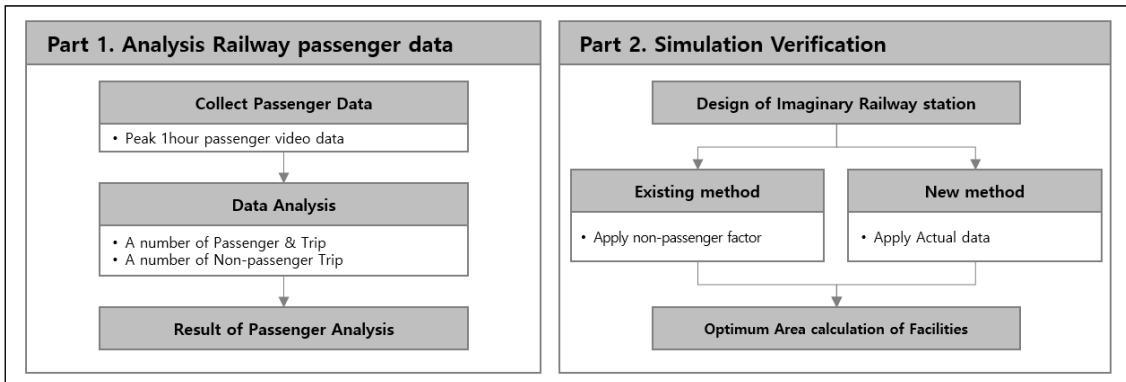
따라서 본 연구에서는 철도역사를 입지, 노선형식, 고속열차 정차 여부를 구분하여 각 유형별 대표역사를 선정하였으며, 총 8개의 역사에 대해서 피크 시 역사 내 이용객 통행행태를 추적 조사한 자료를 활용하여 이용객별 인원수 및 통행빈도를 산출하고 이를 기반으로 하여 실측 조사에 따른 비승차객 비율을 산정한다.

이후 기존 비승차객 할증율, 실측조사에 따른 비승차객 비율을 활용하여 역사 시설물별 면적을 설계하고 사전 시뮬레이션을 시행함으로써 비승차객 할증율에 따른 철도역사의 규모 적정성 평가를 시행하고자 한다.

### Ⅲ. 역사 유형별 비승차객 분포 요인분석

#### 1. 연구 방법론

본 연구는 역사별 비승차객 통행에 따른 계수 산정을 위해 다음 <Fig. 2>와 같은 연구과정을 수행한다. 먼저 자료수집 단계에서는 이용객 패턴분석을 위해서 철도역사 유형별로 선정된 대표역사의 피크 1시간의 역사 이용객 영상자료를 수집하고 이를 표본화하여 1시간의 이용객을 대표할 수 있는 값을 산정한다. 다음 전체이용객 및 비승차객에 대해서 통행빈도수를 비교분석하고, 이후 비승차객에 대해서는 역사 방문 목적(통과, 상업시설 방문, 화장실, 마중 등)을 세분화하여 목적별 통행빈도를 산출한다. 이는 향후 요인별 통행목적에 따른 비승차객 비율 도출이 가능하며, 나아가 요인별 철도역사 내 비승차객의 통행빈도 및 발생량을 고려한 철도역사의 규모 설계가 가능해질 것으로 판단된다. 다음으로, 현행 비승차객 할증율과 실측자료 기반 비승차객 비율을 바탕으로 역사 시설물별(콘코스, 편의시설, 화장실) 면적설계 후 시뮬레이션 평가를 시행하여 역사 시설물별 규모 적정성평가를 시행하고자 한다.



<Fig. 2> Flowchart of Research

#### 2. 자료수집 및 가공

##### 1) 자료수집

본 연구에서는 서울대학교에서 연구한 “영상을 활용한 철도역사 여객시설 내 보행자 추적조사 기법”를 활용하여 역사 유형별 총 8개 역사에 대해서 피크 시 1시간에 대한 영상자료를 수집하였다. 대표역사 선정은 역사의 입지, 선로형식, 고속열차정차여부를 구분하여 전국에 위치한 철도역사들 중 각 유형별로 주요한 특징을 가지고 있는 대표역사를 다음 <Table 3>과 같이 선정하였다.

<Table 3> Analysis range

| Type                                   | Station    | Type                                   | Station          |
|--|------------|--|------------------|
| Urban - End - High-speed train stop    | Seoul      | Local - End - High-speed train stop    | Pohang           |
| Urban - End - Normal train stop        | Bujeon     | Local - End - Normal train stop        | Jeongdongjin     |
| Urban - Middle - High-speed train stop | Daejeon    | Local - Middle - High-speed train stop | Gwangju songjung |
| Urban - Middle - Normal train stop     | Pyeongtaek | Local - Middle - Normal train stop     | Hongseong        |

2) 자료가공

수집된 영상자료는 철도역사 내 시설물별로 공간 코드를 다음 <Fig. 3>과 같이 부여하여 각각의 역사 이용객에 대하여 역사 내 시설물의 이동패턴 및 출입시간을 기록하여 설계정보 DB를 구축하였다.

구축한 설계정보 DB를 활용하여 역사를 이용한 개개인이 출입한 공간코드를 순서대로 배열하여 역사 이용객의 이동경로를 구축하였으며, 이를 이용해 승차객과 비승차객을 구분하였다,

또한, 비승차객의 경우는 방문목적을 총 4가지(통과, 상업시설 화장실, 마중)로 세분화하였으며, 철도이용객의 이동경로에 따른 승차·비승차객 방문목적 분류기준은 다음과 같이 시행하였다.

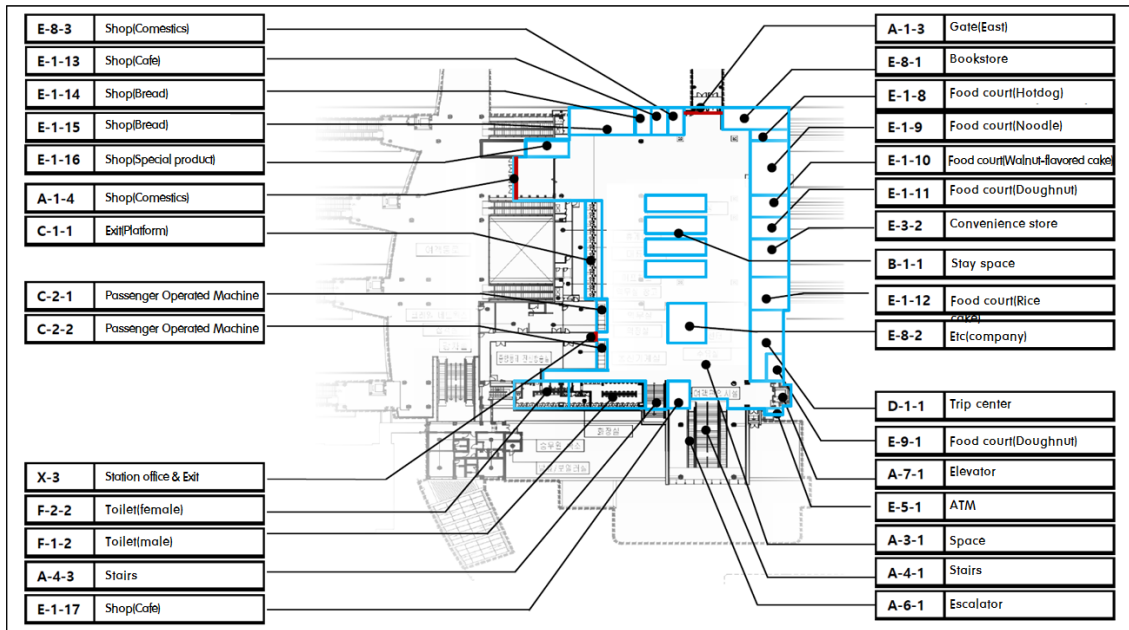
승차객 : 출·도착 지점이 승강장인 경우

통과 : 역사 내 진입 후 진입한 출입문이 아닌 다른 출입문을 이용할 경우

상업시설 : 상업시설에 방문한 경우

화장실 : 화장실에 방문한 경우

마중 : 철도를 이용하지 않고 대기공간에 체류 후 동일한 출입문으로 나가는 경우



<Fig. 3> Space classification of Daejeon station

설계정보 DB 구축 시 역사 전체의 이용객에 대하여 전수조사하기 위해서는 방대한 시간이 소요되므로 조사된 영상을 기반으로 역사별로 특정 조사시간 동안 모든 출입문에서 진입하는 이용객수의 균등한 간격을 설정하여 역사 이용객별(승차객, 하차객, 비승차객) 표본데이터를 수집하였다.

이후 조사된 시간과 표본비율을 이용하여 모비율의 추정법을 시행함으로써 1시간 동안 철도역사 내에서 발생한 총 이용객수(승차객, 하차객, 비승차객)를 추정하였다.

〈Table 4〉 Method of passenger survey

| Table             | Seoul         | Daejeon | Pohang | Gwangju<br>songjung | Bujeon | Pyeongtaek | Jeongdongjin | Hongseong |     |
|-------------------|---------------|---------|--------|---------------------|--------|------------|--------------|-----------|-----|
| Interval          | 15            | 20      | 60     | 15                  | 90     | 60         | 90           | 50        |     |
| Sample Rate       | 1/9           | 1/5     | 1/7    | 1/7                 | 1/4    | 1/5        | 1/5          | 1/8       |     |
| Sample            | Boarding      | 126     | 108    | 32                  | 27     | 115        | 135          | 25        | 37  |
|                   | Alighting     | 65      | 25     | 25                  | 19     | 133        | 164          | 38        | 22  |
|                   | Non Passenger | 124     | 63     | 32                  | 31     | 44         | 38           | 9         | 6   |
|                   | Total         | 315     | 196    | 89                  | 77     | 292        | 337          | 72        | 65  |
| Actual<br>(1hour) | Boarding      | 4,536   | 1,620  | 224                 | 756    | 307        | 675          | 83        | 355 |
|                   | Alighting     | 2,340   | 375    | 175                 | 532    | 355        | 820          | 127       | 211 |
|                   | Non Passenger | 4,464   | 945    | 224                 | 868    | 117        | 190          | 30        | 58  |
|                   | Total         | 11,340  | 2,940  | 623                 | 2,156  | 779        | 1,685        | 240       | 624 |

### 3. 자료분석

#### 1) 역사별 이용객수 및 통행빈도 분석

수집된 자료를 철도역사의 이용객수 및 이용객에 따른 통행빈도 비율을 분석한 결과, 서울역, 대전역, 부전역, 평택역, 부전역은 비승차객은 약 30%이상으로 분석되어 비승차객의 방문빈도가 높은 것으로 판단되나, 이 중 대전역의 경우 통행빈도로만 분석해 보았을 때, 비승차객의 통행빈도 비중이 18%로 동일 그룹 내 타 역사보다 낮게 분석되는 것으로 나타났다.

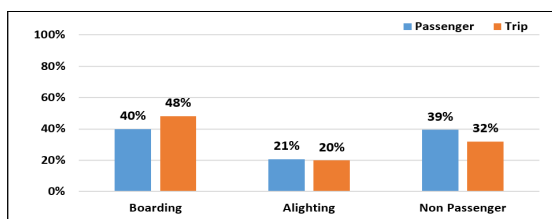
이는, 대전역은 경부선과 호남선이 분리되는 분기역의 역할로써, 하차객이 역사 내 시설물 이용 후 환승하는 통행패턴으로 인해 비승차객 보다 상대적으로 많은 것으로 분석되었다.

다음으로, 포항역, 광주송정역, 정동진역, 홍성역은 비승차객이 약 15%이하로 역사의 이용객의 많은 비중을 차지하는 것으로 분석되었으며, 이 중 정동진역은 비승차객의 통행빈도 비중이 21%로 동일 그룹 내 타 역사보다 높게 분석되는 것으로 나타났다.

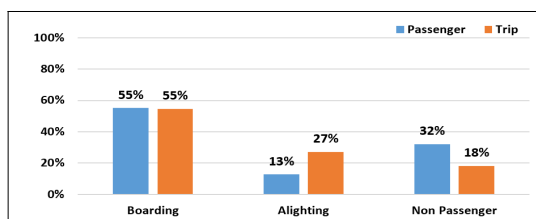
이는, 정동진 역사는 대합실을 지나 철도승강장 부분에 철도역사와 해안가가 마주하고 있는 관광역사로 열차이용객 보다 단순 이용객이 더 많은 것으로 판단된다.

〈Table 5〉 Result of Passenger tracking data

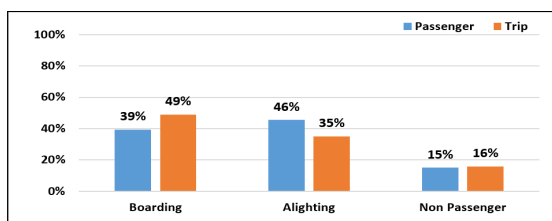
| Contents  |               | Seoul | Daejeon | Pohang | Gwangju songjung | Bujeon | Pyeongtaek | Jeongdongjin | Hongseong |
|-----------|---------------|-------|---------|--------|------------------|--------|------------|--------------|-----------|
| Passenger | Boarding      | 4,536 | 1,620   | 307    | 675              | 224    | 756        | 83           | 355       |
|           | Alighting     | 2,340 | 375     | 355    | 820              | 175    | 532        | 127          | 211       |
|           | Non Passenger | 4,464 | 945     | 117    | 190              | 224    | 868        | 30           | 58        |
| Trip      | Boarding      | 8,892 | 3,345   | 717    | 1,665            | 539    | 1,904      | 123          | 605       |
|           | Alighting     | 3,672 | 1,665   | 515    | 1,435            | 238    | 924        | 190          | 384       |
|           | Non Passenger | 5,904 | 1,110   | 232    | 330              | 371    | 980        | 83           | 29        |



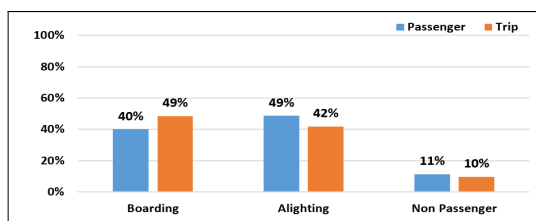
〈Fig. 4〉 Result of Seoul station



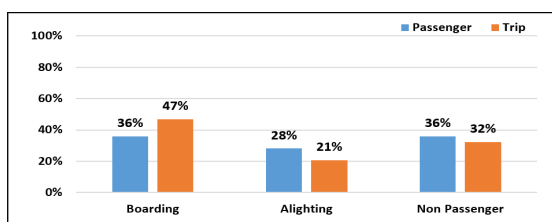
〈Fig. 5〉 Result of Daejeon Station



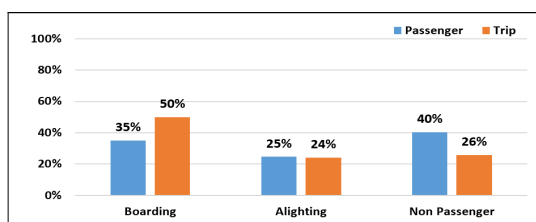
〈Fig. 6〉 Result of Pohang station



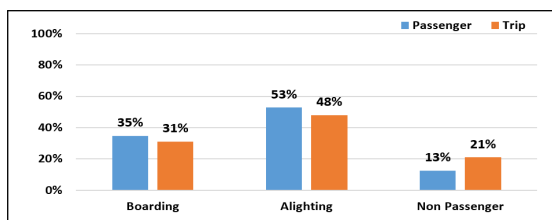
〈Fig. 7〉 Result of Gwangju Songjung Station



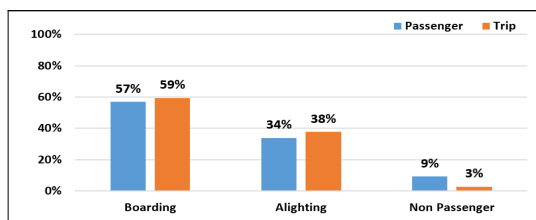
〈Fig. 8〉 Result of Bujeon station



〈Fig. 9〉 Result of Pyeongtaek Station



〈Fig. 10〉 Result of Jeongdongjin station



〈Fig. 11〉 Result of Hongsung Station



## 2) 역사별 승차객 대비 비승차객 비율 산정

철도역사 규모설계 시 비승차객에 대한 고려는 승차객수에 할증율을 적용하여, 승차객수가 1.5배에서 3.0배까지 증가하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서 실측조사를 통해 산출된 이용객별 승객수를 활용하여 실제 역사 내에서 발생되고 있는 승차객 대비 비승차객 비율을 산정하고자 한다.

산정 결과, 비승차객의 철도역사가 복합역사(서울역, 대전역, 평택역)인 경우에는 비승차객에 대한 고려가 과대하게 되어있는 것으로 분석되며, 이외의 역사에서는 실제 발생되고 있는 비승차객과 유사한 수준을 적용하고 있다. 이 중 광주송정역은 실제이용객보다 높은 할증율을 적용하여 적합할 것으로 판단되나, 철도이용객 승·하차 이용객의 수요예측량이 낮아 현재에도 혼잡이 발생되고 있는 역사로 판단된다.

〈Table 6〉 Non-passenger premium factor

| Contents          | Complex Railway Station |         |            | Normal Railway Station |        |                  |              |           |
|-------------------|-------------------------|---------|------------|------------------------|--------|------------------|--------------|-----------|
|                   | Seoul                   | Daejeon | Pyeongtaek | Bujeon                 | Pohang | Gwangju songjung | Jeongdongjin | Hongseong |
| Current standard  | 3.00                    | 2.00    | 3.00       | 2.00                   | 1.50   | 2.00             | 2.50         | 1.00      |
| Survey data based | 1.98                    | 1.58    | 2.15       | 2.00                   | 1.38   | 1.28             | 1.36         | 1.16      |

## 4. 철도역사 이용객 분석결과

철도역사 이용객 분석결과, 비승차객의 이용객수는 크게 2가지 유형으로 구분된다.

구분유형으로는 입지에 따라 도심부(서울역, 대전역, 부전역, 평택역)와 지방부(포항역, 광주송정역, 정동진역, 홍성역)로 분류가 되며, 이는 도심역사 특성상 열차를 탑승하지 않는 이용객들의 접근성이 우수하기 때문에 역사 내 위치한 시설을 이용하거나 열차로 인해 횡단된 지역통과의 목적으로 방문하는 것으로 판단된다.

또한, 비승차객 할증율을 현재와 비교한 결과 대부분의 역사에서는 실측치보다 과대 적용되고 있는 것으로 분석되어 이를 검증하기 위해 사전·사후 비교분석이 가능하도록 특정유형의 철도역사(도심-중간-고속 유형) 설계하여 시뮬레이션 분석을 시행하고자 한다.

# IV. 시뮬레이션 검증

## 1. 철도역사설계

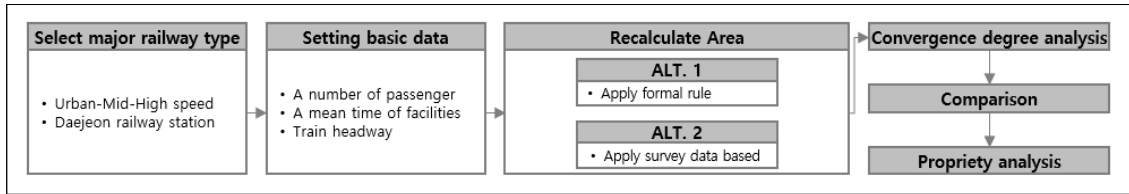
### 1) 시뮬레이션 분석개요

본 연구에서는 보행자 시뮬레이션을 기반으로 하여 철도역사 내 시설물의 적정면적 설계검증을 시행하기 위해 도심-중간-고속 유형에 해당하는 역사를 설계하였다. 이때, 신규 역사에 입력될 철도이용객 패턴데이터는 동일한 유형(도심-중간-고속)의 대표역사인 대전역의 추적조사 데이터를 활용하고자 한다.

철도이용객 패턴데이터가 활용될 대전역은 경부·호남선과 연계되어있는 중간 및 분기역으로 열차 간 환승이 활발하며 철도역사 내부를 통해 철로로 인하여 단절된 지역 간 횡단이 가능한 역사이므로 비승차객의 이용빈도가 높으므로 비승차객에 대한 영향력을 분석하기에 적절한 역사로 판단된다.

따라서, 이를 검증하기 위한 방안으로 서울대학교에서 수행한 대전역 이용객 추적 조사자료를 기반으로 철도역사 설계방안에 따른 적정규모평가 시뮬레이션 방안을 다음과 같이 설정하였다.

- 대안 1 : 현행 비승차객 할증을 기반 철도역사 규모설계
- 대안 2 : 실제 비승차객 비율을 기반 철도역사 규모설계



〈Fig. 12〉 Flowchart of simulation

### 2) 기초데이터 설정

시뮬레이션 내 입력될 역사 내에서 이루어지는 기초데이터(열차 배차시간, 시설물별 체재시간, 역사이용객수 등)는 다음 <Table 7>, <Table 8>과 같다.

〈Table 7〉 Passenger and rail data in railway station

| Analysis time |         | Number of Passenger(ped) |           |               | Rate     |           |               |
|---------------|---------|--------------------------|-----------|---------------|----------|-----------|---------------|
| Peak hour     | Headway | Boarding                 | Alighting | Non-passenger | Boarding | Alighting | Non-passenger |
| 07:00-08:00   | 9 min   | 971                      | 225       | 566           | 55%      | 13%       | 32%           |

〈Table 8〉 The time of facility using of passenger

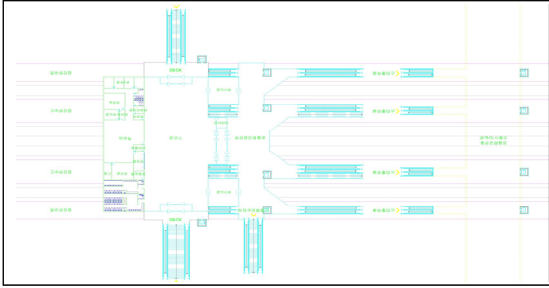
| Convenient facility | Bathroom-man | Bathroom-woman | Ticket box | Rest space |
|---------------------|--------------|----------------|------------|------------|
| 5min 51s            | 1min 33s     | 2mis 39s       | 7min 55s   | 14min 33s  |

### 3) 역사면적 설계

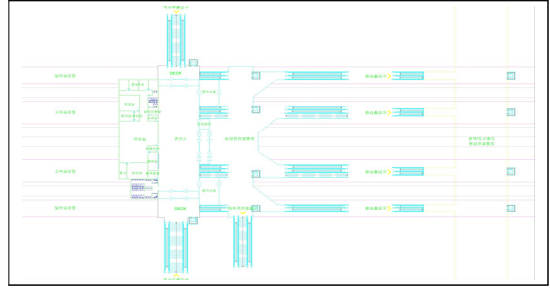
기존의 규모설계방법론과 비승차객을 고려하여 새로운 역사면적을 산출한 결과 다음 <Table 9>와 같이 산정되었으며, 이를 도면화 할 경우 다음 <Fig. 13>, <Fig. 14>와 같이 나타난다.

〈Table 9〉 Result of adjust different non-passenger factor

| Table               | Current standard | Survey data based | Difference value | Other                          |                                |
|---------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                     |                  |                   |                  | Current standard               | Survey data based              |
| Concourse           | 1,449.31         | 785.59            | -663.72          | Adjust 2.00 of Additional rate | Adjust 1.58 of Additional rate |
| Convenient facility | 290.70           | 197.18            | -93.52           | 20% of Concourse               |                                |
| Bathroom            | 220.40           | 97.52             | -122.88          | -                              |                                |



〈Fig. 13〉 Current standard based



〈Fig. 14〉 Survey data based

## 2. 시뮬레이션 모형 검토

본 연구에서는 철도와 보행자간의 상호분석이 가능하고 역사 면적별 혼잡수준, 개별 보행자 특성등이 분석가능한 도구가 필요하다.

따라서, 본 연구의 목적에 적합한 도구를 선정하고자 다음과 같이 보행시뮬레이션의 입출력 데이터 및 보행태 모형에 대해 검토를 시행하였다.

### 1) VISWALK

실제적인 보행태(보행의 목적지 도착, 보행자 사이 간격, 장애물 인식정도 등)를 구현 가능하게 하는 Social Force Model을 기초로 하여 현실과 유사한 모형구축을 가능하게 하며 통합교통계획 및 보행자 흐름관리에 사용되는 프로그램이다.

또한, Link 및 Area기반의 모형구축이 가능으로 GIS기반 구조보다 실내평가에 유리하며, 개별·군집적 보행자 특성 반영이 가능하기 때문에 현실적인 보행흐름을 제시하는데 적합한 프로그램으로 Micro분석 프로그램인 VISSIM과 연계되어 대중교통(버스, 전철, 기차 등)환승 및 승·하차 분석이 가능한 프로그램이다.

### 2) EXODUS

Node와 Arc를 기반으로 한 재난대피분석 프로그램으로 실제 설계된 건물을 프로그램에 반영하여 최단경로 및 지정된 경로에 따라 행동하는 보행자의 물리적 이동을 고려한다. 프로그램에 적용된 규정과 상황에 따른 보행자 흐름에만 집중되어 대중교통과의 상호작용으로 미치는 영향을 분석할 경우는 어려움이 있다.

### 3) SIMULEX

부분적 행동모델을 기반으로 한 재난 대피프로그램으로 보행자의 개별적 통행을 사람들 간의 이격거리를 이용하여 속도분석을 시행하나, 최단경로 또는 지정된 경로에 대하여 절대적으로 행동한다.

### 4) Path Finder

대피프로그램으로 2D 및 3D의 공간표현이 가능한 GUI(Graphical User Interface)기능이 있다.

또한, 구축된 공간에서의 군집적 이동을 통하여 속도분석이 가능하며, 이는 재실밀도에 영향을 받고 일정 밀도 범위 내에서 프로그램이 작동하는 특징을 가지고 있다.

### 5) Simwalk

보행자의 행태분석, 생성·소멸점, 속도, 개별적 파라미터설정 등을 시행할 수 있으며, 보행자 이동 알고리즘으로는 보행목적과 다른 보행자와의 상호작용을 고려하여 목적지까지의 최단거리를 이용한다.

네트워크는 CAD도면을 기반으로 구축되며 물리적 환경 변화에 대해 수월하게 정할 수 있는 특징으로 버스정류장, 기차역 등 분석 시 사용된다.

### 6) 선정결과

보행시뮬레이션들의 특징 및 분석결과를 바탕으로 검토한 결과 VISWALK가 역사, 대피, 시설물, 이벤트 계획에 활용 가능하며 특히, 교통류 분석 모델인 VISSIM과 상호연동을 통해 대중교통(철도, 버스 등)과 보행자 간 상호 연계를 통한 분석이 가능하였다.

따라서, 본 연구에서는 철도역사 내 보행자 및 열차를 고려하여 역사 내 혼잡도 분석이 진행되어야 하므로, 열차특성(배차간격, 열차모형 등) 및 보행자 특성(통행속도, 통행패턴, 필요 보행공간 등)이 입력가능한 분석도구인 VISWALK를 선정하였다.

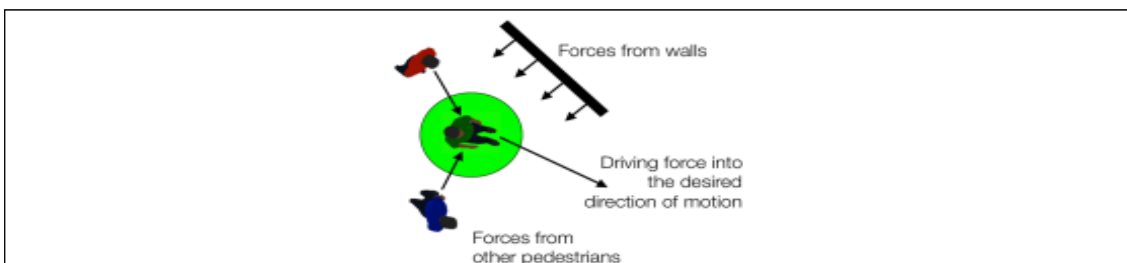
## 3. 시뮬레이션 구축

### 1) 분석도구(VISWALK) 특성

철도역사 시뮬레이션을 위해서는 역사, 대피, 시설물, 이벤트 계획에 활용가능하고 Social Force Model을 기본으로 하여 보행자 점유공간, 보행자간 상호작용에 대한 사항이 분석 가능한 VISWALK를 활용하였다.

Social Force Model은 기본적으로 최단경로를 이용한 보행행태를 갖도록하며, 보행자특성(성별, 연령대별, 장애여부 등)을 구분한 속도를 구현할 수 있으며, 이는 가우스 분포를 따른다.

또한, <Fig. 15>와 같이 보행자가 이동할 때 장애물 인식여부 및 보행자들 간의 충돌을 피하기 위하여 일정 간격을 가지면서 목적지까지 이동할 수 있게하므로써, 보행자간 간격에 따른 혼잡도 분석을 시행한다.



(Fig. 15) Social Force Model

### 2) 분석도구 구축

VISWALK 구축절차는 크게 4단계(데이터 수집및 가공, 네트워크 구축, 보행자 특성입력, 분석)로 구분된다. 먼저, 데이터 수집 및 가공단계에서는 역사 CAD도면, 승·하차인원 등 네트워크구축에 필요한 자료를 수집하고 VISWALK 내 입력 가능하도록 데이터 가공을 시행하였다.

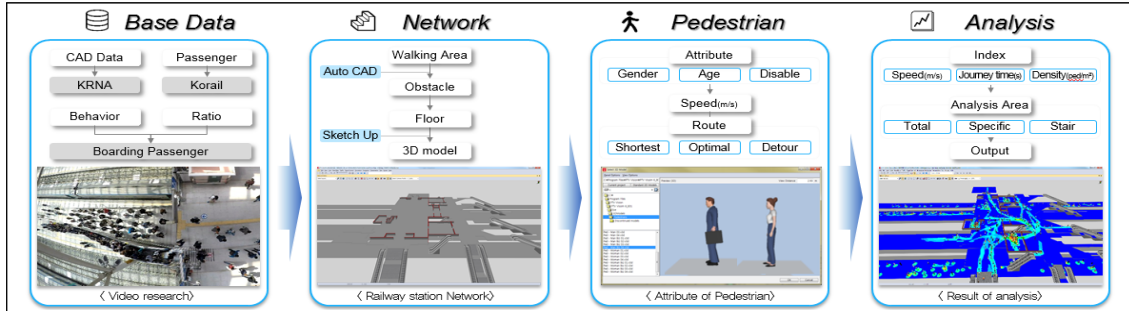
네트워크 구축단계에서는 수집된 CAD도면을 이용하여 각 층별 보행공간 및 장애물을 구축하였으며, 현실

적인 분석모형 구축을 위하여 열차 3D모형을 추가하였다.

보행자 특성 입력단계에서는 보행속도에 따라 보행자특성(성별, 연령대 등)을 고려하였으며, 이동경로 구축 시에는 출발지로부터 최단, 최적, 우회경로를 통하여 목적지에 도달 가능하도록 구축하였다.

경로배정 시 역사이용객들에게 기·종점 간에는 매표소, 화장실, 승강장을 경유 경로를 구축하였다.

마지막으로 분석단계에서는 분석지역을 설정하여 정량·정성적으로 분석값을 도출하였다.



〈Fig. 16〉 Flowchart of the building VISWALK

#### 4. 시뮬레이션 분석

##### 1) 분석전제조건

본 분석에서는 현실과 유사한 환경의 시뮬레이션 분석을 위해 다음과 같은 전제조건을 설정하였다.

- ① 보행환경이 이루어지는 상황에서의 분석을 위해 Warming up time(600초)을 부여함
- ② 열차가 승강장에 대기 중인 경우 승차객들은 승강장에 대기 하지 않고 즉시 열차에 탑승함
- ③ 시뮬레이션 내 구현되는 이용객들은 목적지까지 도달함에 있어 항상 최단경로를 이용함

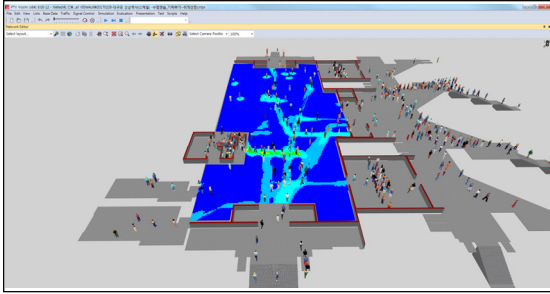
##### 2) 콘코스 분석결과

콘코스의 현행기준 시뮬레이션 분석결과, 서비스수준 A(0.13인/m<sup>2</sup>)로 분석되었다. 비승차객 실측 조사기준 분석결과는 콘코스의 면적이 1,449.31m<sup>2</sup>에서 785.59m<sup>2</sup>로 감소하였음에도 불구하고 서비스수준 B(0.32 인/m<sup>2</sup>)를 유지하여 설계기준을 만족하는 것으로 나타났다.

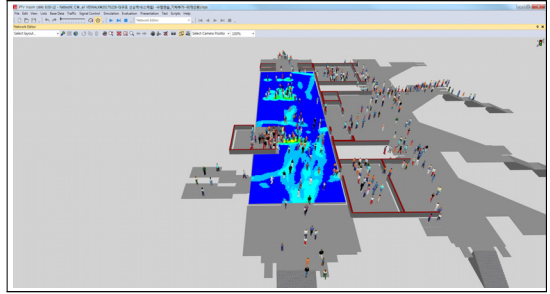
따라서, 현행 기준 대신 실측데이터를 기준으로 할 경우에도 철도역사의 각 시설물 혼잡도 측면에서의 적정 설계기준을 만족하는 것으로 나타났다.

〈Table 10〉 Analysis result of concourse





〈Fig. 17〉 Concourse of Exist rule



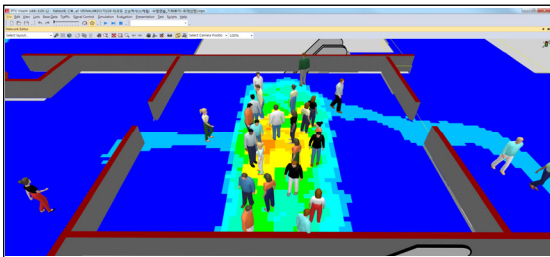
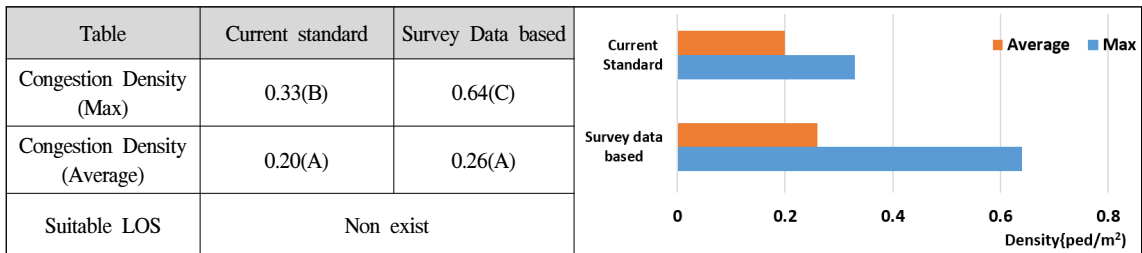
〈Fig. 18〉 Concourse of Improvement rule

### 3) 편의시설 분석결과

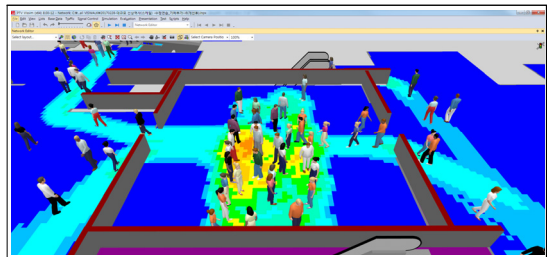
철도 승·하차 이용객 및 비승차이용객이 공통적으로 사용하는 시설인 편의시설은 콘코스 면적의 20%를 기준으로 하고 있으며, 현행기준 분석결과 서비스수준 B(0.33m<sup>2</sup>)로 분석되었으며, 실측 조사기준은 설계면적이 290.70m<sup>2</sup>에서 197.18m<sup>2</sup>으로 감소하여 서비스수준 C(0.64인/m<sup>2</sup>)로 분석되었다.

다음으로 설계된 철도역사 면적의 적정서비스수준을 평가하고자 하였으나 규모설계지침 상 편의시설의 적정 서비스수준이 명시되어있지 않아 어려움이 있으나, 시뮬레이션 상에서 보행자 흐름을 관찰한 결과 설계규모가 축소로 인한 철도이용객의 서비스수준에는 큰 영향이 없는 것으로 판단된다.

〈Table 11〉 Analysis result of Convenient



〈Fig. 19〉 Convenient facility of Exist rule



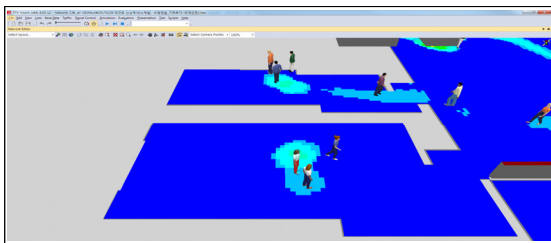
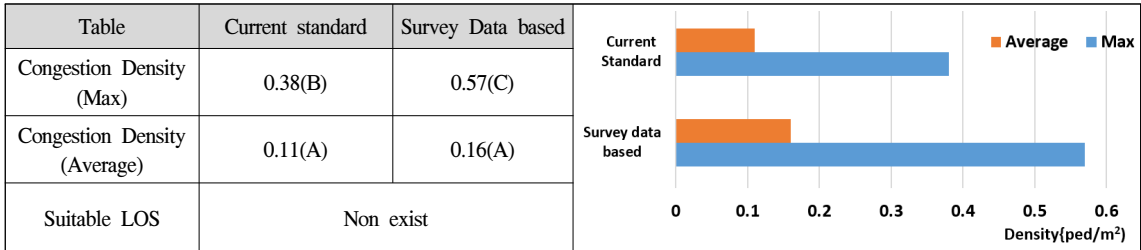
〈Fig. 20〉 Convenient facility of Improvement rule

### 4) 화장실 분석결과

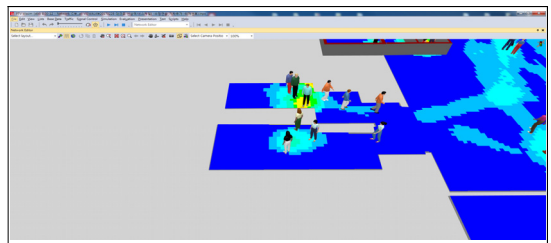
현행기준으로 설계된 화장실을 분석한 결과 서비스수준 B(0.38m<sup>2</sup>)로 분석되었으며, 실측 조사기준은 면적 재산정을 통해 화장실의 번기수가 약 57%(24개)가 감소하여 서비스수준 C(0.57인/m<sup>2</sup>)로 분석되었다. 하지만 화장실도 편의시설과 동일한 실정으로 적정성을 판단하기에는 기준이 부재하여 정량적인 지표에 의한 평가

는 어려우나, 시뮬레이션 분석결과 이용객이 혼잡정도를 느끼는 수준은 아닌 것으로 판단된다.  
이를 평가하기 위해서는 이용객 설문조사를 통한 혼잡만족도 평가가 필요할 것으로 판단된다.

〈Table 12〉 Analysis result of Bathroom



〈Fig. 21〉 Bathroom of Exist rule



〈Fig. 22〉 Bathroom of Improvement rule

### 5) 시뮬레이션 분석결론

본 연구에서는 비승차객 할증율에 따른 가상의 철도역사 설계를 시행하고 철도이용객이 면적설계에 영향을 받는 시설물(콘코스, 편의시설, 화장실)에 대한 혼잡밀도 기반의 서비스수준분석을 시행하였다.

분석결과, 철도역사 내 전 시설물(콘코스, 편의시설, 화장실)의 서비스수준은 감소되는 것으로 분석되었다.

이중 콘코스의 경우 현행기준 역사는 서비스수준 A(0.13인/m<sup>2</sup>)로 분석되었으며, 실측자료 기준 역사는 서비스수준 B(0.32인/m<sup>2</sup>)로 분석되어 이용객이 느끼는 혼잡도의 변화량은 미미한 것으로 분석되었다.

이와같이, 사전 보행자시뮬레이션을 통해 역사시설물에 대한 적정서비스수준 평가가 가능하며, 철도역사 설계 시 예측치 못한 혼잡구간 파악, 적정 예산검토 등과 같은 기대효과가 있을 것으로 판단된다.

## IV. 결 론

### 1. 종합결론

본 연구에서는 철도역사 규모설계 시 활용되는 비승차객 할증율에 대한 적정성평가를 위해 철도역사 내부에서 행해지는 실제적인 이용객 영상조사 자료를 기반으로 비승차객 할증율을 산정하였다. 다음으로 현행·개선안의 비승차객 할증율을 기반으로 가상의 역사 설계하고 역사 시설물(콘코스, 편의시설, 화장실)에 대해서 혼잡밀도 분석을 통한 적정성 평가를 시행하였다.

먼저, 현재 규모설계 시 적용되고 있는 비승차객 할증율 검토 결과 적용기준이 매우 모호하며, 할증율 값

에 대한 산출근거가 명확하지 않으므로 역사의 규모설계에 대한 산출값의 신뢰도가 낮은 것으로 판단된다.

따라서, 철도역사 유형을 입지, 노선형식, 고속열차 정차여부를 분류하여 각 유형별 대표역사를 선정하고 대표역사별 역사 유형객을 추적 조사함으로써 역사 내 비승차객의 비중을 판단 가능하여 이를 기반으로 비승차객 할증율을 도출하였다. 산출된 할증율은 복합역사 또는 지역 간 통행이 가능한 역사의 경우 현행 대비 작은 값으로 산출(대전역-현행 : 2.00, 실측자료 : 1.58)되는 것으로 분석된다.

본 연구에서는 8개의 철도역사 유형 중 1개 유형(도심-중단-고속)을 선택하여 현행 및 실측자료 기반의 비승차객 할증율을 적용하여 설계된 철도역사를 시설물별 면적의 적정성평가를 시행하였다.

시뮬레이션 분석결과, 철도역사의 전체적인 규모가 1,960.41m<sup>2</sup>에서 1,080.29m<sup>2</sup>로 축소되어 역사 내 위치한 시설물의 혼잡밀도는 증가하여 서비스수준이 1단계씩 낮아지는 것으로 분석되었다. 하지만 기존의 철도역사가 과대설계되어 설계 시 고려되는 적정 설계 서비스수준 이하로 분석되었다. 역사 시설물 중 콘코스는 현행 기준 역사의 콘코스 서비스수준 A로 규모설계 지침 상 적정서비스수준(서비스수준 B)에 부적합하였지만, 실측자료 기준역사의 콘코스 서비스수준 B로 분석되어 적정서비스수준에 적합한 값으로 도출되어 본 연구의 목표인 철도역사의 비승차객 이용객을 고려하여 시뮬레이션 기반의 철도역사 규모설계의 적정성 평가를 시행하였다.

## 2. 연구의 한계점

본 연구에서 산정한 비승차객 할증율은 전국의 역사를 8개로 구분하였을 경우 대표역사 1개에 대해서만 시행을 하였다. 따라서 본 연구에서 수행한 역사 유형의 비승차객 할증율이 해당유형의 모든 역사를 대표한다고 볼 수 없으므로 동일 유형에 대해 추가적인 실측조사를 통해 유형별 비승차객 비율 산정이 필요하다.

또한, 신규역사 설계 시 편의시설은 각종 시설 (편의점, 카페, 식당, 잡화점 등) 중 어느 시설이 실제 철도역사 내 입지하게 될지는 향후 철도역사가 설계되고 역사운영 시 결정되는 사항이므로 이점 대해서 정확한 값을 도출하기에는 어려울 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Choi, J. P.(2016), “The Development of a Method with Pedestrian Tracking Utilizing Video Clips for Passenger Facilities in the Railway Station,” *A Journal of the architectural institute of korea*, vol. 32, no. 6, pp.22-28.
- Fruin J. J.(1971), “Pedestrian planning and design,” Metropolitan Association of Urban Designer and Environmental Planner.
- Korea Rail Network Authority(2016), Building size planning pp.1-8.
- Korea Rail Network Authority(2016), Document of proved Surge Factor pp.1-9.
- Korea Rail Network Authority(2016), General Information p.5.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2013), Highway Capacity Manual, pp.4-7.
- PTV Group(2016), PTV VISSIM 9 User Manual.