

# Simulation기반 LOS에 따른 역사 시설별 적정규모 산정

## Calculation of Optimal scale for each station along simulation-based LOS

이선하\*, 천춘근\*, 한정혜\*\*, 오태호\*\*, 김은지\*\*

Seon ha Lee\*, Choon keun Cheon\*, Jeong hye Han\*\*, Tae ho Oh\*\*, Eun ji Kim\*\*

**Abstract** When it comes to the calculation of scale for each railway station, the proper scale design of existing and new stations were carried out inefficiently as the scale was calculated after fixing the variables such as pedestrian-crowd density, walking speed and length of train. In order to solve that, it was judged that it is required to analyze the proper scale preliminary using simulation tool. So, this study calculated the proper scale by analyzing level of service against density change for each width of stairs and pedestrian deck and based on pedestrian simulation, and as the results of calculating proper scale along the level of design service, it was analyzed that 3.5m (service level D) for the stairs and 8.0m (service level E) for pedestrian deck. Like this, it was judged that the optimal design of station can be realized by calculating the proper scale along the level of design service of 『Design guideline of railway, Korea Rail Network Authority, 2012』 based on simulation.

**Keywords** : Analysis pedestrian simulation, Pedestrian density, Level of Service

**초 록** 기존의 철도역사 시설물별 규모산정은 보행자군집밀도, 보행속도, 열차길이 등의 변수고정 후 면적을 산정하여 기존 및 신규역사 적정면적설계가 비효율적으로 이루어졌다. 이를 해결하기 위해서는 Simulation Tool을 활용하여 적정면적에 대한 사전분석이 필요한 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구는 계단과 보행자통로 폭원 별 밀도변화에 대한 서비스수준을 Pedestrian Simulation기반으로 분석하여 적정면적 산정을 하였으며, 설계서비스수준에 따른 적정면적 산출결과 계단은 3.5m(서비스수준 D), 보행자통로는 8.0m(서비스수준 E)로 분석되었다. 이와 같이 『철도역사설계지침, 한국철도시설공단, 2012』의 설계서비스수준에 따른 적정면적을 Simulation기반으로 산출함으로써 최적화된 역사설계를 시행할 수 있다고 판단하였다.

**주요어** : 보행자 시뮬레이션 분석, 보행밀도, 서비스수준

## 1. 서론

### 1.1 개요

최근 역사의 기능은 단순교통수단 통행기능을 넘어 상업 및 공공 기능과 함께 교류와 문화의 장으로 넓혀 역사 이용객이 증가하고 있다. 하지만 증가하는 역사 이용객의 서비스수준을 만족시키기 위하여 역사면적을 확대함으로써 철도역사의 적정면적을 만족시키지 못하는 역사 과대설계가 이루어지고 있는 실정이다.

\* 공주대학교 공과대학 건설환경공학부

\*\* 공주대학교 공과대학 도시교통공학과

이는, 이용객 추정에 따른 역사설계에 대한 표준화된 기준이 부재하여 신축역사 설계 시 과대 또는 과소설계에 따른 문제로 사회 및 경제적 측면에서 국가 예산이 낭비되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 보행자 Simulation 프로그램을 이용하여 철도역사 내 보행시설의 서비스수준에 따른 적정면적을 분석하고자 하였으며, 추후 역사 설계 시 Simulation 기반 사전 평가의 타당성 및 신뢰성을 평가에 활용하고자 한다.

## 1.2 선행연구검토

### 1.2.1 보행자 특성 평가

John J. Fruin(1971)은 보행공간 및 보행서비스를 인체치수로서의 인체타원과 개인공간으로써의 완충공간, 보행동작에 필요한 공간으로 구분하여 설명하였고 보행동작에 필요한 공간은 크게 보폭대와 지각대 두가지로 분류하였다. 보폭대와 지각대는 보행자 연령, 성별 등에 따라 다른값을 가지며 속도와 비례한다는 결론을 제시하였다. 김정현 외 3명(2002)은 보행시설 중 계단과 대기공간에 대하여 분석방법을 제공하여 편리한 보행시설의 제공을 도모하고자 하기 위하여 계단은 유효계단폭, 대기공간은 1인당 점유공간을 효과적으로 사용하였다

### 1.2.2 철도역사 면적 평가

김광모 외 3명(2012)은 고속철도 역사를 대상으로 역사의 이용객 규모에 따라 콘코스과 대합실을 중심으로 단일화된 서비스수준을 역사규모에 따라 세분화하였다. 장성용 외 2명(2010)은 대기행렬이론을 반영하여 매표소와 자동발매기 이용자의 서비스수준을 제시하였고 환승보행시설 간의 중요도를 AHP분석<sup>1</sup>을 통하여 제시하였다.

### 1.2.3 보행자 Simulation 평가

장성민 외 2명(2010)은 복잡한 보행환경을 묘사하는데 유용한 Netlogo 프로그램을 이용하여 보행시물레이션 프로그램을 개발하고 관측치와 모형치와의 비교를 통하여 유의성을 판단하였다. 김주영 외 3명(2011)은 Micro Simulation인 Simwalk를 활용하여 보행특성을 고려한 Network를 구축하여 현황분석 및 개선방안을 제시하고 활용효과를 평가함으로써 향후 보행시설 계량과 보도계획의 기초자료를 제공하고자 하였다.

## 1.3 평가 Simulation 프로그램

VISWALK는 Social Force Model을 기반으로 한 Pedestrian Simulation으로 보행행태를 반영하여 현실과 유사한 흐름을 가지도록 하였으며, 실내 및 실외 환경에 대한 사람의 보행행태에 대한 요구사항 반영이 가능하다. 또한, 최적경로 및 실시간 공간밀도를 확인하여 우회경로 선택이 가능하도록 분석을 시행할 수 있다.

Link 및 Area기반으로 실내공간을 평가함에 있어 유리하고, PTV<sup>2</sup>사의 Micro Simulation인 VISSIM과 상호연동이 가능하여 역사 내 이동수단을 고려한 보행자 행태분석이 가능하다.

<sup>1</sup> AHP분석(Analytic Hierarchy Process) : 다수 대안에 대한 다면적 평가 기준을 통한 의사결정지원방법

<sup>2</sup> PTV : 독일의 교통시물레이션 프로그램 개발 회사

## 2. 본 론

### 2.1 계단 및 통로의 서비스수준

철도역사 시설의 서비스수준은 보행자가 느끼는 공간의 질을 정량적 수치로 환산한 것으로 대기공간, 계단, 보행로 등을 1m<sup>2</sup>당 보행자 밀도, 1인당 점유면적, 보행흐름계수의 효과척도를 단계별(A ~ F)로 구분한 것이다. 본 연구는 계단 및 보행자통로 서비스수준 기준은 『철도역사설계지침-일반사항, 한국철도시설공단, 2012』을 준수하였다.

**Table 1** Level of Service (LOS) of facility

LOS	Stair			Passenger way		
	Area Module (m <sup>2</sup> /ped)	Flow factor (ped/m·min)	Density (ped/m <sup>2</sup> )	Area Module (m <sup>2</sup> /ped)	Flow factor (ped/m·min)	Density (ped/m <sup>2</sup> )
A	Upper 2.0	Under 15	Under 0.5	Upper 3.5	Under 20	Under 0.3
B	1.5 - 2.0	15 - 20	0.5 - 0.7	2.5 - 3.5	20 - 30	0.3 - 0.4
C	1.0 - 1.5	20 - 30	0.7 - 1.0	1.5 - 2.5	30 - 45	0.4 - 0.7
D	0.7 - 1.0	30 - 40	1.0 - 1.4	1.0 - 1.5	45 - 60	0.7 - 1.0
E	0.4 - 0.7	40 - 55	1.4 - 2.5	0.5 - 1.0	60 - 80	1.0 - 2.0
F	Under 0.4	Upper 55	Upper 2.5	Under 0.5	Upper 80	Upper 2.0

철도역사시설의 설계서비스수준은 철도역사 내 시설을 계획 또는 설치함에 있어 시설의 운영상태 허용여부를 결정하는 기준이 되는 척도를 말한다.

설계서비스수준은 분석 역사의 규모 및 이용객 수를 감안하여 피크시간 대를 기준으로 콘코스, 계단, 보행자통로 및 승강장에 대한 서비스수준을 다음 Table 2와 같이 규정하고 있다.

**Table 2** Allow Level of Service (LOS) of facility

List	Concourse	Stair	Passenger way	Platform
High Speed Rail	B	C	D	D
Common Rail	C	D	E	D
Subway	D	D	E	D

### 2.2 분석방법론

기존 연구에서는 수요예측자료를 활용하여 역사 내 보행시설에 대한 공간모듈을 분석하거나 도시철도역사를 대상으로 매표소와 자동발매기의 서비스수준을 연구하여 각 평가지표 별 가중치 산정을 위하여 AHP분석을 시행하였다. 하지만, 본 연구에서는 기존 연구와는 다르게 역사 내 보행시설에(계단, 보행자통로) 시설물별 밀도변화에 따른 서비스수준을 산출하여 적정면적을 제시하였다.

본 연구의 Simulation 분석을 위하여 아래와 같은 전제조건을 설정하였다.

- ▶ 계단 폭 조절 시 보행자의 원활한 흐름을 위하여 대합실의 면적을 동일하게 조절함
- ▶ 기준 계단폭은 철도역사설계지침(일반사항)의 설계서비스수준에 부합하도록 함
- ▶ 폭원에 따른 영향분석을 위해 전 열차의 운행시격과 승강장 정차시간을 동일시함

- ▶ 열차모형은 일반열차를 기준으로 하며, 열차운행시격은 철도역사 설계지침에 따라 5분 이하로 설정함
- ▶ 보행자흐름의 균집 밀도를 측정하기 위하여 10초 간격으로 분석을 시행함
- ▶ 시뮬레이션 분석 시 Network 내에 보행환경분석을 위하여 Warmtime(900초) 부여 후 분석을 진행함

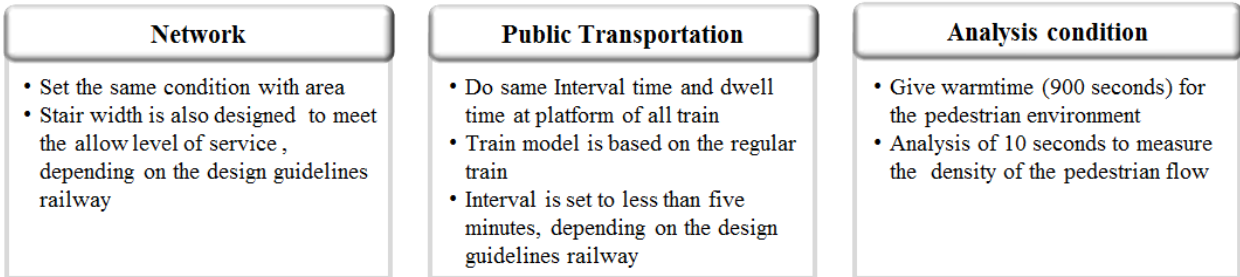


Fig. 1 Analysis Requirements

### 2.2.1 시뮬레이션 구축방법

Pedestrian Simulation 분석을 진행하기 위해서는 일반철도역사의 보행공간(승강장, 계단, 통로, 대합실 등)에 대하여 Network 모델링을 실시하고 차량배차간격 및 차량모형을 Fig. 1에서 제시된 전제조건에 맞게 구축해야 하며, 구축된 Network내에 분석을 위하여 보행자의 이동경로, 승·하차인원, 배차간격 등을 입력한다.

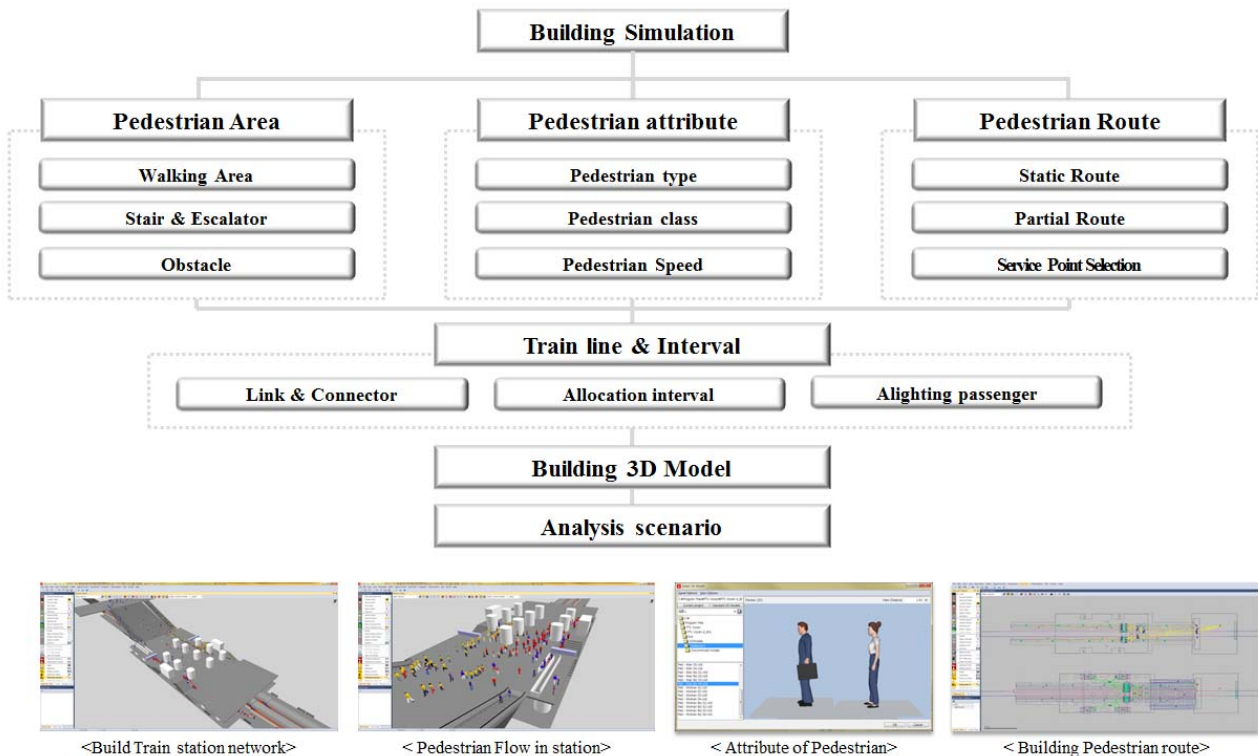


Fig. 2 The flowchart of building pedestrian simulation network

### 2.2.2 계단 폭원별 보행밀도 분석결과

『철도역사설계지침-일반사항, 한국철도시설공단, 2012』의 설계서비스수준에 부합하는 계단 폭원으로 3.5m를 기준으로 지정하였다. 기준이 되는 3.5m 폭원에서  $\pm 0.5m$ ,  $\pm 1.0m$ 의 폭원을 변경하여 시나리오를 설정하였으며, 다음 Table 3은 보행밀도 측정결과이다.

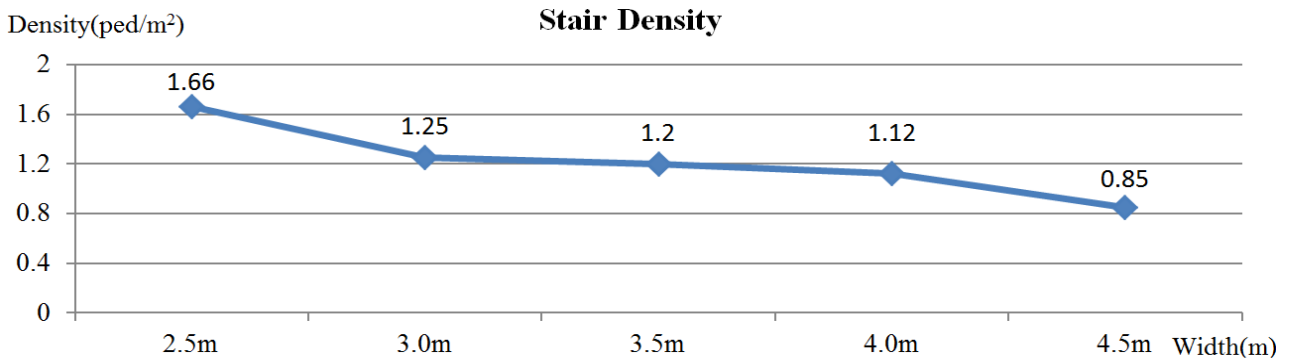
**Table 3** Analysis result of the stairs width

List	2.5m	3.0m	3.5m	4.0m	4.5m
Density(ped/m <sup>2</sup> )	1.66	1.25	1.20	1.12	0.85
Density variation	38%	4%	-	-7%	-29%
Level of Service	E	D	D	D	C

분석결과 동일서비스수준을 가지는 계단(3.0m ~ 4.0m)의 보행밀도는 변화율이 10% 미만이나 서비스수준이 변동되는 계단 폭원(2.5m, 4.5m)에서는 변화율이 약 30%이상으로 분석되었다.

Simulation 기반으로 서비스수준 산출결과, 계단의 설계서비스수준의 만족하는 값은 3.0m ~ 4.0m이다.

계단 폭원에 따른 밀도변화 중 3.0m ~ 4.0m에서는 큰 차이 없이 서비스수준 D로 분석되었으며, 다음 Fig. 3에서와 같이 밀도변화가 나타나는 것을 볼 수 있다.



**Fig. 3** Density variation of stair

### 2.2.3 보행자통로의 서비스수준별 적정면적

보행자통로는 설계서비스수준에 만족하는 계단폭원(2.5m, 3.5m, 4.5m)을 대상으로 보행자통로의 적정면적 산출을 위하여 보행밀도 분석을 진행하였다. 서비스수준을 산출하기 위하여 보행자통로를 각 계단폭원에 따라서 조절하였으며, 서비스수준 변화시점의 보행자통로 폭은 8m, 11m, 14m로 산출되었다.

다음 Table 4는 보행자통로의 서비스수준별 보행밀도 및 서비스수준이다.

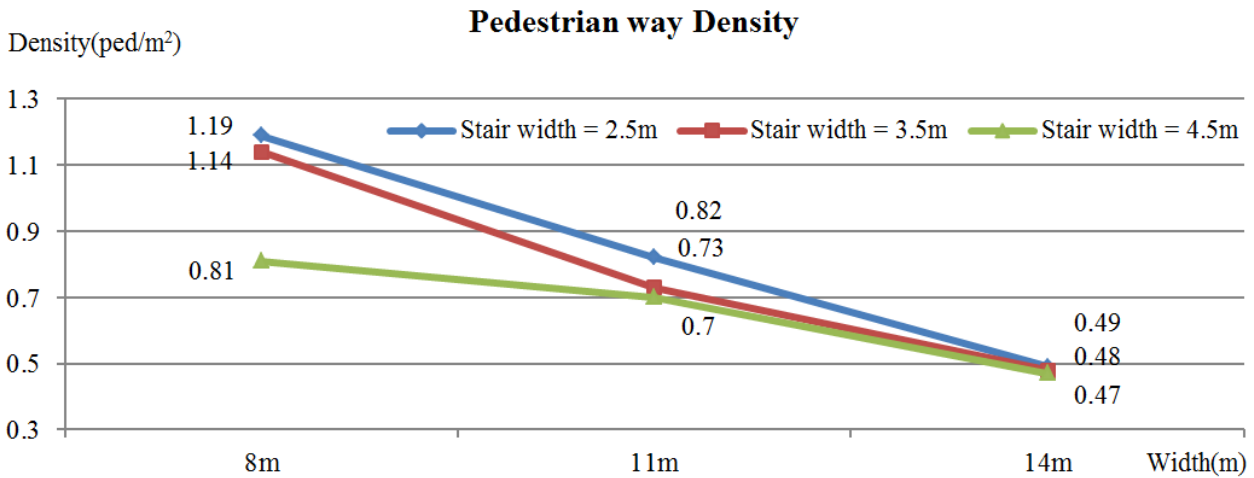
**Table 4** Analysis result of the Pedestian way width

List	Stair width = 2.5m			Stair width = 3.5m			Stair width = 4.5m		
	8m	11m	14m	8m	11m	14m	8m	11m	14m
Density(ped/m <sup>2</sup> )	1.19	0.82	0.49	1.14	0.73	0.48	0.81	0.70	0.47
Density variation	45%	-	- 40%	56%	-	- 34%	16%	-	- 33%
Level of Service	E	D	C	E	D	C	D	D	C

계단폭원 변화에 따른 보행자통로의 서비스수준을 분석한 결과 기준 통로폭원(11m)의 서비스수준이 D로 동일하게 분석되었으며, 보행자통로 폭원 증감에 따라 계단폭원이 3.5m이하 인 경우 30%이상의 밀도변화율을 보였다.

계단폭원이 3.5m일 경우에는 밀도변화율이 최대 56%로 가장 큰 변화를 보이는 것으로 분석되었으며, 이때 서비스수준은 E로 분석되었다. 보행자통로의 설계서비스수준(E)은 계단폭원이 2.5m일 경우 통로폭 8m와 계단폭원이 3.5m일 경우 통로폭 8m인 경우에 만족하는 분석값을 도출하였다. 기준폭원(11m)는 서비스수준이 D로 분석되어 과대설계 되었다는 판단과 동시에 적정 폭원은 서비스수준 E 값인 8m라는 값을 도출할 수 있다.

다음 Fig. 4는 보행자통로 폭원에 따른 밀도변화 그래프는 폭원이 증가할수록 밀도가 감소하는 것으로 나타나며, 보행자통로의 폭원이 14m일 경우는 계단부의 폭원은 상이하지만 유입되는 보행량의 차이가 적어 밀도가 유사한 것으로 분석되었다.



**Fig. 4** Density variation of pedestrian way

### 3. 결론

본 연구에서는 Pedestrian Simulation을 이용하여 특정 역사시설(계단, 보행자통로)의 폭원변화에 따른 보행밀도와 서비스수준의 변화를 비교·분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

계단폭원이 1m 감소함에 따라서 서비스수준 변화가 분석되었으며, 동일서비스수준을 가지는 계단(3.0m ~ 4.0m)의 보행밀도는 변화율이 10% 미만으로 분석되었다. 하지만 서비스수준이

변하는 계단폭원(2.5m, 4.5m)에서의 밀도변화율은 약 30% 이상으로 분석되었다.

보행자통로 폭원 감소(14m → 11m)에 따라 서비스수준이 변화되는 것으로 분석되었으며, 계단폭원이 협소할수록 보행자통로 밀도변화의 요인이 되는 것으로 분석되었다.

계단 및 보행자통로의 서비스수준 분석결과 3.5m의 계단통로는 서비스수준 D로 분석되어 설계서비스기준을 만족한 결과를 도출하였지만, 보행자통로의 경우 기존 11m는 서비스수준 D로 분석이 되어 보행자통로 폭원이 넓게 산정된 것으로 판단되었다. 따라서, 보행자통로는 설계 서비스수준을 만족시키는 값(서비스수준 E)인 8m로 감소시키는 것이 적절하다는 결론을 도출하였다.

본 연구를 통하여 역사 설계 시 사전 Simulation을 통해 실제 예측하지 못한 상황에 대하여 보행자의 흐름 및 밀도 분석으로 역사설계 시 서비스수준에 따른 적정면적을 제시하였다.

효율적인 철도역사설계가 가능한 Simulation Tool 마련과 효과검증에 대해서 의의를 가지며, 향후 계단 및 통로뿐만 아니라 타 시설에 대한 서비스수준 평가를 실시하여 전체역사 설계 시 효율적인 방안으로 제시될 것이다.

## 참고문헌

- [1] J.J. Fruin (1971) Pedestrian planning and design, *Metropolitan Association of Urban Designer and Environmental Planner*
- [2] J.H.Kim, Y.T.Oh, Y.T.Son, W.S.Park (2002) A Study on Estimating Level-of-Service for Pedestrian Facilities, *Journal of the Korean Society of Transportation*, 20(1), pp. 149-202
- [3] K.M.Kim, J.H.Kim, M.J.Shin, Y.G.Park (2012) A Study on the Co-relation of Level of Service and Size Criteria of High Speed Train Station, *2012 Autumn Conference & Annual Meeting of the Korean Society for Railway*, Gyeongju, pp. 1,522-1,527
- [4] S.Y.Jang, S.Y.Han, S.G.Kim (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) pp. 339-348
- [5] S.M.Jang, J.H.Lee, S.H.Oh (2010) Implementation of Microscopic Simulation by using NetLogo, *Journal of the Civil Engineers*, 20(2), pp. 119-125
- [6] J.H.Kim, T.J.Kim, S.J.Lee, S.H.Lee (2011) Analysis of Improved Pedestrian Environment based on Microscopic Pedestrian Simulation, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, pp. 105-115
- [7] J.P.Yoo (2014) Design guideline on railway, Korea Rail Network Authority