

차량 이동궤적 기반 버스정차대 기하구조 연구

Geometric Design of Bus Bay Based on Vehicle Trajectory Analysis

김용석 Kim, Yong Seok | 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · 교신저자 (E-mail : safeys@kict.re.kr)
이석기 Lee, Suk Ki | 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : oksk@kict.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : It is desirable for buses to be parallel to the face of the bus shelter at a bus stop. In this way, passengers can safely use the buses without moving into the vehicle area. The study was a review of the current bus bay geometric guidelines, to determine whether they lead buses to stop parallel to the face of the bus shelter by analyzing vehicle trajectory.

METHODS : A commercial software program for vehicle trajectory analysis was used under our assumptions about bus dimensions and geometric values. The final position of the bus was analyzed for multiple trajectory simulations, reflecting various geometric alternatives.

RESULTS : Within the scope of the study, we concluded that the current design guidelines need to be revised by the design values suggested by the study.

CONCLUSIONS : The results of the study suggested alternative design values for bus bay geometry, based on the assumption that buses should be parallel to the face of the bus shelter in order to prevent passengers from moving into the vehicle area.

Keywords

bus bay, vehicle dynamic, design standards, bus stop, passengers

Corresponding Author : Kim, Yong Seok, Researcher Fellow
Highway&Transportation Research Division, Korea Institute of
Construction Technology, 283 Goyangdae-ro, Ilsan-gu, Goyang-si,
Gyeonggi-do, 10223, Korea
Tel : +82.31.910.0178 Fax : +82.31.910.0161
E-mail : safeys@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Nov, 11, 2015 Revised Nov, 12, 2015 Accepted Dec, 01, 2015

1. 서론

1.1. 연구배경 및 목적

보행 교통 사망자 수는 2014년 사고통계 기준으로 전체 교통사고 사망자(4,762명)의 40.1%에 달하는 1,910명으로 선진국에 비해 매우 높은 수치이다. 따라서 보행자 사망사고는 중요한 사회 문제가 되고 있어 이를 위해 다각적인 사고 방지 대책이 강구되고 있는 실정이다. 국민권익위원회(2011) 발표 자료에 의하면, 서울과 경기 지역에서 버스와 보행자 교통사고가 2010년 기준으로 2,273건이 발생하였고 이로 인한 사망자는 155명이며

부상자는 2,251명임을 제시하고 있어 버스와 보행자 사고의 심각성을 보여주고 있다.

본 연구는 보행자 교통사고 방지를 위한 여러 대책 가운데 버스정류장에서 안전을 확보하는 것으로, 버스정류장 내 버스정차대(Bus Bay)의 기하구조에 관한 기준을 자동차 궤적 분석을 토대로 검토하고 대안을 제시한 것이다.

본 연구는 버스정차대에 멈춰 선 버스의 최종 위치가 승객 대기 장소인 버스 쉼터(Bus Shelter) 전면에 평행하게 위치되는 것이 대기 중인 탑승자가 차도로 이동 없

이 버스에 탑승할 수 있다고 보고 이를 만족하는 버스정차대의 기하구조 제원을 도출하는 것으로 하였다.

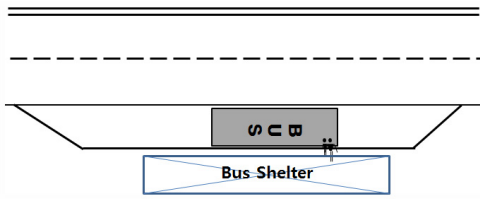


Fig. 1 Proper Position of Bus at Bus Stop

이는 버스가 Fig. 2와 같이 정차대에서 버스 쉘터와 평행하지 못하고 비스듬하게 위치하는 경우는 버스 승하차를 위해 승객이 차도로 이동해야 하며, 이 과정에서 탑승자와 버스 간에 충돌사고의 가능성이 상대적으로 높다고 본 것이다. 이는 보행자가 차도로 내려오면 이동 중인 버스에 노출되는 시간이 늘어나는 측면과 차도로 내려온 보행자의 시인성이 쉘터에서 안전하게 대기하는 보행자의 시인성에 비해 낮아진다는 공학적인 판단에 의한 것이다.

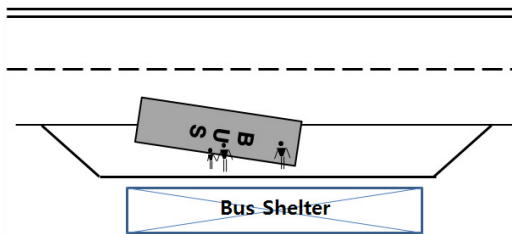


Fig. 2 Inappropriate Position of Bus at Bus Stop

1.2. 연구범위

본 연구는 보행자가 안전하게 버스에 승·하차하기 위해서는 버스정차대에 정지하는 버스의 위치가 버스 쉘터 전면과 평행해야 한다는 연구 가정을 세웠다. 이러한 전제를 만족할 수 있는 버스정차대의 기하구조 조건을 차량 거동 분석 프로그램을 이용해서 분석하였다. 차량 거동 분석은 TransoftSolution사에서 제작한 Auto-Turn 6.0을 사용하였다. 이 프로그램은 도로 기하구조 조건에 따른 자동차 주행궤적을 분석하는데 전문화된 AutoCAD 기반 프로그램으로, CAD 도면에서 기하구조 및 차량의 속도 등에 따른 차량 회전반경, 완회곡선, 편경사에 따른 주행궤적 등의 평가가 가능하다. 분석 가능한 자동차는 기본적으로 입력되어 있는 미국, 캐나다, 유럽의 설계기준자동차 외에 이용자가 설계자동차를 별도로 정의할 수 있다. 본 연구에서는 국내에서 운행 중인 버스 제원을 입력하여 연구를 수행하였다.

2. 선행연구 고찰

2.1. 버스정차대 정의

버스정류시설은 도로법 제2조(정의) 2항에 도로의 부속물로 정의되어 있고, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설(국토교통부, 2013)에는 노선버스가 통행하는 고속국도 및 자동차 전용도로, 일반도로에서 버스가 승객의 승강을 위하여 전용으로 이용하는 시설물로서 이용자의 편의성과 버스가 무리없이 출입을 할 수 있는 위치에 소정의 규격으로 설치해야 한다고 규정하고 있다.

버스정류시설의 유형은 버스정류장, 버스정류소, 간이버스정류장으로 구분하며, 버스정류장은 버스 승객의 승강을 위하여 본선 차로에서 분리하여 설치된 띠모양의 공간인 버스정차대를 포함하고 있고(Fig. 3 참조), 버스정류소는 버스 승객의 승·하차를 위하여 본선의 외측차로를 그대로 이용하는 유형을 말하며, 일반적으로 베이 형식의 정차대를 가지고 있지 않다. 간이버스정류장도 버스 승객의 승강을 위하여 본선차로에서 분리하여 설치된 공간으로 버스정류소와 마찬가지로 베이 형식의 정차대를 갖지 않는 경우가 대부분이다.

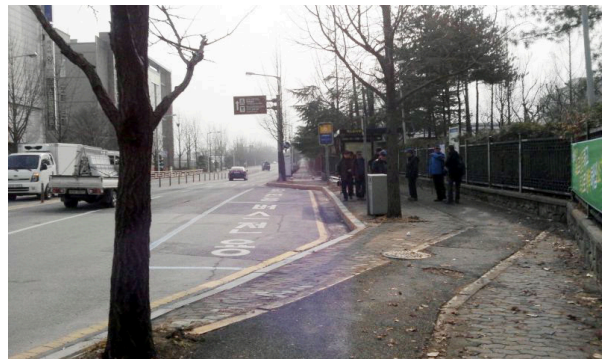


Fig. 3 Site Example of Bus Bay in Urban Area

2.2. 현 기준 검토

현 버스정차대의 설치기준(국토교통부, 2013)은 고속도로와 일반도로에 따라 구분되어 제시되었고, 고속도로는 '변이구간-감속차로-버스정차로-가속차로-변이구간'으로 구성되어 있다. 일반도로는 변이구간이 없이 Fig. 4와 같이 '감속차로-버스정차로-가속차로'로 구성되며, 본 연구는 세 가지 요소를 통칭하여 버스정차대로 정의하였다. Table 1은 본선 설계속도에 따른 버스정차대의 현 기하구조 기준을 나타낸 것이다. 현 기준(국토교통부, 2013)에 따르면 버스가 정차대로 진입하고자 할 때의 속도는 본선 속도에서 70%를 감속한 속도로 가정하고 있다. 감속 및 가속차로를 의미하는 변속차

로의 폭은 3.50m를 표준으로 하고, 부득이한 경우에는 3.00m까지 축소할 수 있도록 규정하고 있다.

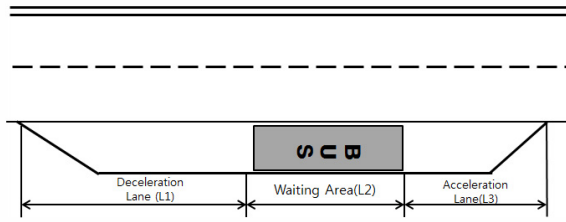


Fig. 4 Design Elements of Bus Bay

Table 1. Current Design Guideline for Bus Bay

Geometric design dimension	Design speed(km/h)		
	60	50	40
Deceleration lane length L1 (m)	20	15	12
Waiting area length L2 (m)	15	15	15
Acceleration lane length L3 (m)	25	20	13
Total length of bus bay L(L1+L2+L3) (m)	60	50	40

3. 차량이동궤적 분석

3.1. 분석가정

본 연구는 정차로에 멈춰 선 버스의 위치가 승객 대기 공간인 버스 쉼터와 평행하게 위치하는 것이 대기 중인 탑승자가 차도로 이동없이 버스에 탑승할 수 있다고 보고 이를 만족하는 버스정류장의 기하구조 제원을 도출하는 것으로 하였다. 이는 버스가 감속차로(Fig. 5의 Deceleration L1)를 벗어나 정차로(Wating Area, L2)로 진입 직전에 버스의 위치가 Fig. 5와 같이 버스 쉼터와 평행한 상태인지를 판정하는 것이다.

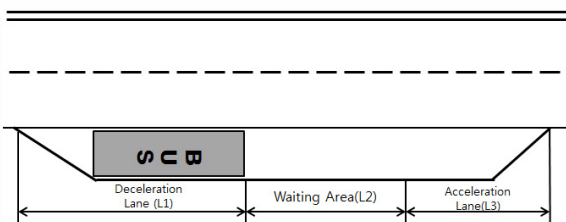


Fig. 5 Condition of Suggested Design Standards

본 논문에서 적용한 설계기준자동차는 버스이며 자동차 제원, 회전 반경 등은 관련 국토교통부(2012)에 정의된 자동차 제원을 준용하여 분석하였다. 자동차의 제원은 Fig. 6과 같다.

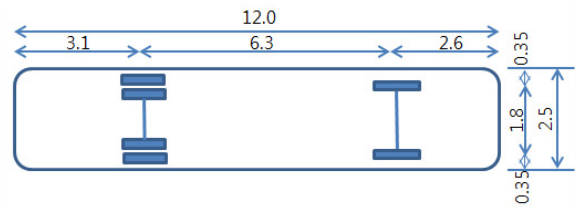


Fig. 6 Dimension of the Bus Applied in Dynamic Simulation

3.2. 분석절차

시뮬레이션 조건으로 본선의 설계속도는 도시지역 일반도로에 해당하는 설계속도로 60, 50, 40km/h의 세 가지 조건을 가정하였다. 현 기준에 버스가 정차로에 진입할 때의 속도는 본선 설계속도에서 70%를 감속한 값으로 정의하고 있으므로, 이를 준용하였다.

시뮬레이션은 크게 현 기준에 대한 검토를 수행하고, 버스정차대에서 버스의 최종 위치를 분석하는 것으로 하였다.

3.3. 분석결과

검토 결과, 세 가지 설계속도에서 현 기준 모두 버스의 최종 위치가 Fig. 1과 같이 버스 쉼터에 평행하지 못하고 Fig. 2와 같이 비스듬하게 위치하는 것으로 나타났다. Fig. 7은 60km/h(진입속도=18km/h, 본선 70% 감속)에서 버스 이동 궤적 시뮬레이션 결과를 보인 것이다.

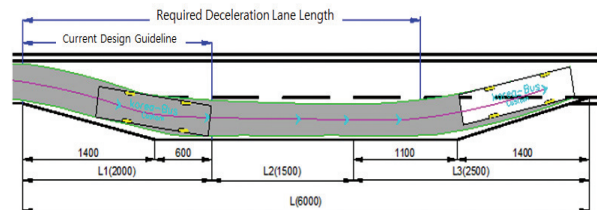


Fig. 7 Simulation Results Under Current Design Guideline

현 기준에 대한 개선안을 도출하기 위해 버스가 본선에서 버스정차대로 이동하면서 버스 쉼터에 평행한 위치에서 정지할 수 있도록 감속차로의 길이를 증가시켰다. 시뮬레이션은 Fig. 8과 같이 버스의 최종 위치가 버스 쉼터에 평행하게 될 때까지 세 가지 설계속도 조건에서 반복적으로 수행하였다. Fig. 8에서 'v'는 진입속도, 'L1'은 감속차로 중 테이퍼 부분의 길이이며 'L2'는 감속차로 중 테이퍼 길이를 제외한 길이이다. 현 기준은 감속차로 중 테이퍼를 별도로 구분하고 있지 않지만, 본 연구는 테이퍼를 분리하여 검토하였다.

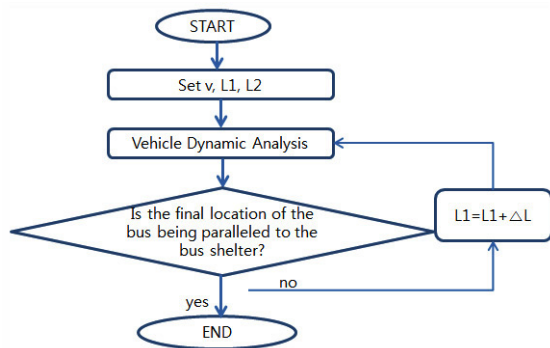


Fig. 8 Simulation Procedure

Fig. 9는 반복적인 시뮬레이션 이후, 본선 설계속도 60km/h(정차로 진입속도 18km/h)에서 버스가 정차로 진입직전에 차도와 평행하게 위치한 상태에서의 기하구조 조건을 보인 것이다.

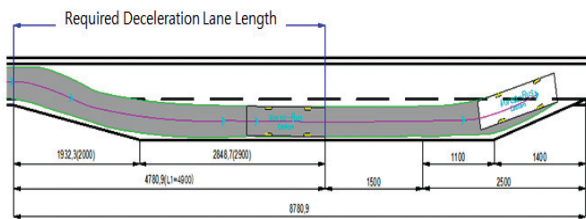


Fig. 9 Simulation Results Under Suggested Design Standard

Table 2는 본선 설계속도 조건별로 정차로에 멈춰 선 버스의 위치가 승객 대기공간인 버스 쉼터와 평행하게

Table 2. Suggested Design Guideline for Bus Bay

Design parameters		Suggested design values			Current design guideline		
Design speed(km/h)		60	50	40	60	50	40
Deceleration lane length L1 (m)	Taper	20	16	12	-	-	-
	Deceleration lane length except taper	29	26	24	20	15	12
	Total deceleration lane length	49	42	36	20	15	12
Waiting area length L2 (m)		15	15	15	15	15	15
Acceleration lane length L3 (m)	Taper	11	6	6.5	-	-	-
	Deceleration lane length except taper	14	14	6.5	25	20	13
	Total deceleration lane length	25	20	13	25	20	13
Total length of bus bay L(L1+L2+L3) (m)		89	87	64	60	50	40

위치할 수 있는 버스정류장의 기하구조 제원을 제시한 것이다. 현 기준과 비교해 보면, 감속차로 길이가 본선 설계속도 60km/h에서는 29m, 50km/h에서는 27m, 40km/h에서는 24m 증가되었다.

4. 결론 및 향후연구

본 연구는 보행자 교통사고 사망자 수가 심각한 국내 실정에서, 버스와 보행자간 교통사고를 방지하기 위한 대책으로 버스정차대의 기하구조 기준을 연구하고 현 기준의 대안을 제시한 것이다. 현실적으로 빈번히 관찰되는 문제로 버스가 버스 쉼터에 평행하게 위치하지 못하고 비스듬하게 위치함에 따라 승객이 차도로 이동해야 하는 점을 개선하고자 현 기준을 검토하였다. 검토 방법은 차량궤적 분석에 사용되는 상용프로그램을 활용해서 버스정차대 설계를 규정하는 감속차로, 정차로, 가속차로 기준이 버스가 정차로에서 쉼터에 평행하게 위치하는지를 판정해 보았다. 판정 결과, 현 기준이 이러한 조건을 만족하지 못하는 것을 분석결과로 확인하고, 버스가 버스 쉼터에 평행하게 위치될 때까지 시뮬레이션 분석을 반복 시행하고 그 결과로 현재의 기준을 대체할 버스 정차대 기하구조 기준을 제안하였다. 본 연구는 VMS 등 도로교통정보기술과 차량의 충돌가능성을 최소화하는 측면에서도 활용이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업 “에너지 절약형 경량 VMS 개발” 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Anti-Corruption and Civil Rights Commission of Korea(국가권익위원회), 2011. Improvements for Accidents Prevention of Central Exclusive Bus Lane(중앙버스전용차로 교통사고 방지를 위한 제도개선).
- Ministry of Land Transport and Maritime Affairs(국토교통부), 2012. The Explanation on the Decree on the Design for Road Structure and Facilities(도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설).
- Kim, Y.S. and S.K. Lee, 2012. DAnalysis of Alignment Design of Central Exclusive Bus Lane Based on Vehicle Moving Trajectory, Journal of Korean Society of Road Engineers, Vol. 15, No. 6, pp. 135-141.
- Kim, Y.S. and S.K. Lee, 2012. Design of Chicane Based on Vehicle Movement Trajectory, Journal of Korean Society of Road Engineers, Vol. 14, No. 6, pp. 159-165.
- Simulation Software, 2012. AutoTURN. Transoft Solutions Inc., Richmond, B.C., Canada.