

중앙버스전용차로 분리형 횡단보도 무단횡단 억제시설 효과평가 - 숙명여대 입구 중앙버스정류소 횡단보도부를 중심으로 -

A Study on Effectiveness of Safety Barriers Restraining Illegal Pedestrian Crossing on Exclusive Median Bus Corridor
- Case Study at Sookmyung Women's University Bus Station -

김진태*	김준용**	배현식***	이동일****
(Jin-Tae Kim)	(Jun-Yong Kim)	(Hyun-Sik Bae)	(Dong-Il Lee)
(Korea Nation University of Transportation)	(Korea Nation University of Transportation)	(Korea Nation University of Transportation)	(Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement)

· Corresponding author : Jun-Yong Kim (Korea National University of Transportation), E-mail toshilow@hanmail.net

요 약

도로 중앙에 설치된 중앙버스전용차로 상의 안전문제가 지적되고 있다. 본 연구에서는 중앙버스전용차로 횡단보도를 이용하는 보행자의 통행행태를 검토하고 잘못된 통행행태를 억제하기 위한 물리적 차단시설의 안전성 증진 효과를 정량적으로 분석한다. 무단횡단이 다수 관측되는 '숙명여대입구 정류장'의 '분리형 횡단보도'를 조사대상으로 선정하여 횡단보도행태 영상자료를 수집하였다. 수집된 영상상속 총 19,649인의 횡단행태를 분석하였고 개개인의 횡단행태를 시공간적으로 분류하였다. 전체 횡단행태 중 약 42%가 위반행태였으며, 이 중 시간적 위반행태는 8.5%에 해당된다. 시간적 위반 행태를 억제하기 위한 시설로서 보행신호와 연동하여 진출입부를 물리적으로 차단하는 시설의 설치상황을 개선안으로 설정하였다. 해당 시설 설치시 현행법을 위반하는 횡단행태가 정상적인 행태로 개선 가능함을 판단하였고 이에 따라 현황과 개선 상황에 맞는 보행패턴과 보행량을 결정하였다. 각각의 보행자료를 바탕으로 VISSIM을 이용한 보행모의실험을 수행하였고, FHWA에서 제공하는 상충분석 도구 SSAM을 이용하여 상충발생가능성을 분석하였다. 분석결과, 중앙성 및 노변보도측 횡단보도 진출입부 8개소에 물리적 차단시설을 설치한 경우 상충발생가능성이 약 24.9% 감소하는 것으로 나타났다.

핵심어 : 보행안전, 횡단보도, 중앙버스전용차로, 보행차단시설, 상충분석, 보행횡단행태

ABSTRACT

It has reported that a median bus-stop island on an exclusive median bus lane (EMBL) has shortened a crossing distance unit, encouraged a pedestrian's illegal crossing, and increased the number of accidents in the area. This study presents (1) the analysis of inappropriate pedestrian crossing patterns collected on exclusive median bus corridors and (2) the estimated performance of safety barriers restraining the occurrence of those. Total 19,649 pedestrian crossing data collected at the 'Sookmyung-university' median bus-stop, and the inappropriate pedestrian crossing patterns among those were grouped in terms of time and space violations. Physical safety barriers restraining illegal pedestrian crossings were considered as an alternative, and its performance in safety was quantified through microscopic simulation with conflict analyses by using surrogate safety assessment model. The findings suggest the number of conflicts reduced be 24.9 percentages compared to the one of the present condition when the physical safety barriers are placed at each of the eight ends of the EMBL pedestrian crossing.

Key words : Pedestrian safety, pedestrian crossing, exclusive median bus lane, screen door, conflict analysis, pedestrian crossing behavior

† 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-H0401-14-1007, 2014, 2차년도)

* 주저자 : 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 교수

** 교신저자 : 한국교통대학교 교통대학원 교통계획/교통시스템공학과 박사과정

*** 공저자 : 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 석사과정

**** 공저자 : 국토교통과학기술진흥원 선임연구원

† Received 30 July 2014; reviewed 4 November 2014; Accepted 10 November 2014

I. 서론

서울을 비롯하여 수도권을 중심으로 확대되어 온 중앙버스전용차로제는 현재 시민들에게 일반적으로 활용되고 있다. 버스통행의 정시성 및 쾌적성 확보에 개선을 가져왔으며, 이용자로부터 긍정적인 평가를 얻고 있다. 그러나, 이러한 긍정적 평가 이면에서는 안전성에 대한 문제가 제기 되고 있다. 도로교통공단(2013)은 중앙버스전용차로에서 발생하는 교통사고의 치사율은 타 교통사고에 비해 5배 가량 높은 것으로 발표하고 있으며, 사망사고의 주된 원인으로 무단횡단을 꼽았다. 무단횡단의 원인으로는 중앙섬 설치로 인한 단위 횡단거리의 감소인 것으로 나타났다.

중앙버스정류소 횡단보도에서는 정류소에 진입하는 버스를 이용하기 위한 이용자들의 무리한 횡단이 유발된다. 횡단보도부의 무단횡단을 억제하기 위한 다양한 안전시설이 개발되어 현장에 설치되고 있으나 현재까지는 이로 인해 횡단보행자의 행태 개선되었다고 언급하기에는 어려움이 있다. 최근 일부 지자체에서 도입이 진행되고 있는 무단횡단 억제를 위한 물리적 차단시설에 대한 효과에 대한 연구도 현재로서는 부족하다.

1. 연구목적 및 연구범위

본 연구에서는 무단횡단 억제를 위한 물리적 차단시설 도입을 통하여 안전성 증진효과를 분석하기 위한 방법론을 수립하는 것을 목적으로 한다. 이를 위하여 현장조사에서부터 효과평가까지의 일련의 과정을 1개 지점 Case Study를 통하여 진행하였다.

중앙버스전용차로 정류소 횡단보도부에서 관측되는 보행자의 무단횡단 행태를 분석하여 물리적 차단시설 도입을 통한 횡단통행태 개선가능성을 검토한다. 검토결과를 바탕으로 중앙버스전용차로 정류소 횡단보도부에 물리적 차단시설 도입시 횡단보행자의 통행태 개선으로 인한 안전 증진효과를 상충분석을 통해서 확인한다.

중앙버스전용차로의 정류소는 교차로 통과전 정

류장(near-side-station)과 교차로 통과 후 정류장(far-side-station), 도로구간 내 정류장(mid-block-station) 3가지 형태로 구분된다(국토교통부, 2010). 본 연구에서는 도로구간 내 정류장(mid-block-station) 중 무단횡단이 빈번히 관측되는 “분리형 횡단보도”의 기하구조를 갖는 정류소를 연구범위로 제한한다. 분리형 횡단보도를 갖는 서울시내 주요 중앙버스정류소 중 대향방향 정류소간 무단횡단이 다발하는 것으로 문제가 지적되고 있는 숙명여대 입구 중앙버스정류소 횡단보도부를 대상으로 연구를 수행한다.

2. 연구방법

본 연구는 ‘자료 분석’ 단계와 ‘상충 분석’ 단계로 구분된다. ‘자료 분석’ 단계에서는 현장조사를 통해 보행자의 횡단행태의 영상자료를 수집한다. 수집된 영상자료로부터 보행자 횡단보행행태를 공간적/시간적으로 분류하여 분석한다. ‘상충 분석’ 단계에서는 공간적/시간적으로 분류된 횡단보행행태 자료를 바탕으로 VISSIM(Verkehr In Städten Simulation model)을 이용하여 모의실험을 수행한다. 모의실험 결과로부터 대리척도를 이용하여 안전성을 평가하는 모형인 SSAM(Surrogate Safety Assessment Model)을 이용하여 상충발생 정도를 정량적으로 분석한다.

II. 문헌 및 이론 고찰

중앙버스전용차로 정류소 보행안전에 관한 선행 연구를 고찰하고 현재 설치되거나 연구되고 있는 횡단보행자 안전증진 시설에 대한 진단을 수행한다.

1. 중앙버스정류소 횡단보도 안전관련 연구

중앙버스정류소 보행안전에 관한 연구는 다음과 같이 진행되었다.

천승훈(2008)은 중앙버스정류소 접근구간 보행환경 평가에 관한 연구를 진행하였다. 중앙버스정류소가 도로 중앙에 설치됨으로서 보행군이 형성되

며, 보행자의 지체 현상이 발생하는 것을 대기행렬 이론을 적용하여 분석하였다. 중앙버스정류소 구간의 보행환경을 평가하기 위한 방법론을 정립하였으나 상층 및 보행안전에 대한 요소는 고려하고 있지 않다.

한상진(2008)은 강남대로의 중앙버스전용차로 횡단보도와 테헤란로의 일반도로 횡단보도 안전도를 비교하였다. 중앙버스전용차로 정류소 횡단보도가 일반도로에 비하여 차대사람 상충수는 많으나 상충 비율은 통계적으로 다르지 않다는 결론을 도출하고 있다. 이는 어느 한쪽의 교통량 혹은 보행량이 높아질 경우에는 높아지는 쪽의 사고발생 가능성이 높아지는 것으로 해석하고 있다. 해당 연구는 분석에 사용한 조사자료가 횡단보도 3곳 4시간 자료에 국한되어 일반화를 위한 샘플수가 확보되지 않았다는 한계를 갖는다.

임준범(2012)은 음이향 회귀모형을 통한 분석모형을 정립하여, 서울시 중앙버스전용차로와 가로변 버스전용차로의 사고 영향 요인을 분석하였다. 분석결과 중앙버스전용차로구간은 중앙차로 정지선과 횡단보도 이격거리가 버스사고에 유의한 영향을 미치고 있는 것을 확인하였으나, 사고발생 객체를 버스를 중심으로 연구를 진행하여 보행자와 일반차량간의 상충에 대한 영향을 고려하지 않고 있다.

2. 횡단보도 안전시설 진단

횡단보도에서 보행자의 안전을 확보하기 위한 시설은 보행자에게 안전에 대한 경각심을 주어 보행행태의 개선을 촉구하는 경보시설과, 물리적으로 무단횡단을 차단하는 시설로 구분할 수 있다. 실제 현장에 설치되어 있는 시설은 대부분 음향적인 경보를 제공하는 시설과, 시각적인 경보를 제공하는 시설이다.

고양시(2012)가 횡단보도 안전성 증진을 위하여 설치한 시설은 음향적인 경보를 제공하는 시설이다. 횡단보도 진입부 양측경계에 검지기를 설치하고 보행신호와 연동시킴으로서 보행 적색 신호시 횡단보도에 진입하고자 하는 보행자를 검지한다.

보행자가 검지된 경우 음향 경보장치를 통하여 위험 경보를 알림으로서 무단횡단을 하고자 하는 보행자의 행태 개선을 촉구하는 시설이다.

안양시(2014)는 횡단보도 안전성 증진을 위하여 시각적 경보를 제공하는 시설을 설치하였다. 해당 시설은 횡단보도 진출입부 보도 경계에 발광다이오드(Light Emitting Diode; LED)가 매입된 보도블록을 설치하고 횡단보행신호와 연동하여, 횡단보행신호의 색상에 따라 블록의 색상이 변하는 시설이다. 보행자에게 시각적으로 안전에 대한 경각심을 제공함으로써 보행자의 행태 개선을 촉구하는 시설이다. 그러나 앞서 언급한 음향경보시설과 더불어 무단횡단을 원천적으로 억제하기에는 한계가 있다.

상기 언급한 경보시설의 한계점을 인식하고 안산시(2012)에서는 물리적으로 횡단보도 진입자체를 억제하기 위한 시설을 ‘어린이 교통안전 체험장’에 시범설치 하여 운영하고 있다. 해당시설은 보행자신호와 연동되어 보행자 적색시간 동안 차단 바를 내리고,, 보행자 녹색시간 동안 차단 바를 올림으로서 적색시간동안의 무단횡단을 물리적으로 억제한다.

이와 유사한 시설을 수원시(2014)에는 국내 최초로 안전보행시스템이라는 명칭으로 주요 5개 초등 학교앞 어린이보호구역 횡단보도에 설치하여 운영 중에 있다. 해당시설은 안전바를 통한 물리적 차단과 동시에 스피커를 통한 청각경보를 동시에 제공하고 있다. 그러나 그 효과에 대하여 검증된 사례는 없다.

III. 자료 분석

현재 중앙버스정류소 횡단보도의 이용행태를 분석하였다. 이를 위해 분리형 횡단보도로 운영되고 있는 숙대입구 중앙버스정류소 횡단보도를 대상으로 현장조사를 수행하였다. 숙대입구 정류소는 도로 중앙선 부근 안전지대를 이용하여 대향 정류소간 무단횡단이 빈번하게 발생하고 있으며, 숙대입구 지하철 진출구와 정류소 횡단보도가 인접하여 지하철 이용자들의 버스 환승시 무리한 횡단 행태가 자주 발생하는 지점이다. 현장조사를 통하여 횡단보행행

태를 시공간적으로 구분하고 물리적 차단시설 도입 시 횡단보행행태 개선 가능성을 분석한다.

1. 자료 수집

현장조사는 숙대입구 정류소의 양측 대향정류소가 동시에 확인 가능한 인접 건물 옥상에서 비디오 촬영을 하는 형태로 진행하였다. 통행패턴이 다른 주중과 주말로 구분하여 동영상 자료를 수집하였다. 주중과 주말 각각 8시간(08:00 ~ 11:00, 12:00 ~ 15:00, 16:00 ~ 18:00)으로서 총 16시간의 영상자료를 수집하였다.

2. 시공간적 분류

수집된 16시간의 영상자료로부터 총 1만 9천 여명의 횡단보행자 자료를 수집하였다. 횡단보행행태의 시공간적 분류를 위하여 개별 횡단보행자의 이동궤적을 이동시간에 따라 분류하는 작업을 수행하였다. 분석도구로서 동영상 자료를 30프레임 분할하여 전후 조정이 가능한 Adobe Premier Pro CS 6.0를 사용하였다.

보행자 횡단행태를 시간적으로 분류하였다. 보행자의 횡단 시작 시점과 종점시의 보행에 따라 세 개 그룹(G1, G2, R)으로 구분하였다. 보행 녹색시간에 횡단을 시작하여 종료하는 경우는 G1에 해당된다. 보행 녹색시간에 횡단을 시작했지만 보행 녹색시간내에 횡단을 종료하지 못한 경우는 G2이다. 보행 적색시간에 횡단을 시작하는 경우는 R에 해당된다.<표 1> 참조)

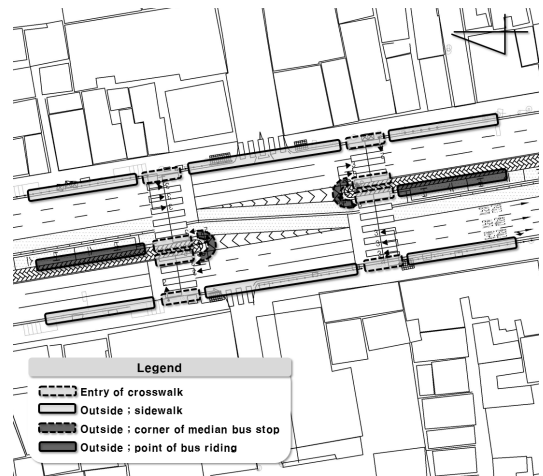
영상자료 분석결과 공간적 횡단궤적의 정상 여부를 배제하고 시간적으로만 분류하였을 경우, 대

<표 1> 횡단보도 진출입 시간 기반 도로횡단 행태 구분
<Table 1> Classification of crossing behavior based on signal timing

Signal Situation ID	Pedestrian Volume (men/hour)
G1	1,026
G2	10
R	86
Total	1,122

다수의 횡단행태는 보행 녹색시간 내에 횡단을 완료하는 그룹 G1으로 분류되었다. 그 외 그룹 G2와 R은 상대적으로 소수이지만 정상적이지 못한 위반 통행으로 분류할 수 있으며 개선이 필요한 그룹으로 판단된다.

보행자 횡단행태를 공간적으로도 분류하였다. 이를 위해 대상지역을 공간적으로 그룹화 하여 일련번호를 부여하였고 시종점 및 중간 경유지를 일련번호로 연결함으로써 궤적정보를 추출하였다. 횡단보행의 시종점은 ‘횡단보도부’와 ‘외부’로 이분류하며 ‘외부’는 (1) ‘노변 보도측’, (2) ‘중앙섬 끝단’, (3) ‘중앙정류소 탑승부’ 세 가지로 구성된다(<그림 1> 참조).



<그림 1> 횡단보도 시종점구분

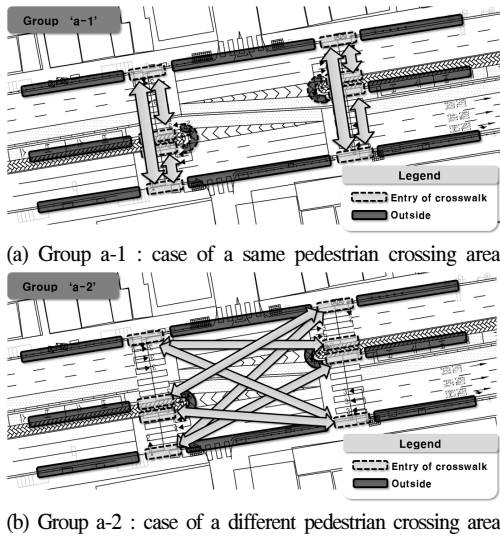
<Fig. 1> Starting and ending point pairs of pedestrians crossings

횡단을 진입하는 지점과 진출하는 지점이 ‘횡단보도부’와 ‘외부’ 둘 중 어느 곳 인지에 따라 총 네 가지 그룹(a, b, c, d)으로 대분류 하였다.

- a : ‘횡단보도’진입 → ‘횡단보도’진출
- b : ‘횡단보도’진입 → ‘외부’진출
- c : ‘외부’진입 → ‘횡단보도’진출
- d : ‘외부’진입 → ‘외부’진출

상기 4개 그룹 중 그룹 a 동일횡단보도 진출입부에 따라 세분화(<그림 2> 참조)하여 총 5가지 행태로 소분류 되었다.

횡단시간에 대한 부분을 배제하고 공간적으로만 분류하였을 경우, ‘횡단보도부’로 진입하고 동일한 ‘횡단보도부’로 진출하는 정상적 횡단행태가 64.3% (721)를 차지하는 것으로 나타났으나, 횡단보도부가 아닌 지점을 이용하는 유형도 확인되었다.



<그림 2> 그룹a의 세부 그룹 비교
(Fig 2) Comparison of the subs of group “a”

비정상적인 횡단행태 중 가장 많은 유형은 ‘횡단보도부’로 진입하지만 ‘외부’로 진출하는 위반행태

<표 2> 횡단보도 진출입 지점 공간기반 도로횡단 행태 구분
(Table 2) Classification of crossing behavior based on spatial starting and ending points

Spatial Situation ID	Pedestrian Volume (man/hour, %)		note
a	1	721 (64.3)	Legal
	2	1 (0.1)	Illegal
b	306 (27.3)		Illegal
c	16 (1.4)		Illegal
d	78 (7.0)		Illegal
Total	1,122 (100.0)		-

로서 전체의 27.3%(306)인 것으로 나타났다(<표 2> 참조).

상기 분석 결과는 횡단행태를 공간적, 시간적 측면 별개로 분류하여 분석한 결과이다. 횡단행태의 정상, 위반여부를 분류하기 위하여 공간적 분류자료와 시간적 분류자료를 통합하여 분석하였다.

동일한 횡단보도로 진출입하며, 보행녹색시간 내에 횡단을 완료하는 행태를 정상으로 분류하였고, 이 외의 행태를 위반으로 분류하였다. <표 3>은 정상적 횡단행태와 위반 횡단행태를 비교한 결과이다.

<표 3> 시공간적 분석자료 통합 무단횡단 비율
(Table 3) Percent of legal/illegal pedestrian crossings

Crossing Behavior		Pedestrian Volume(man/hour)	Percent(%)	
Legal		648	57.8	
Illegal	Signal Situation based	73	42.2	6.5
	Spatial Situation based	378		33.7
	Signal & Spatial Situation based	23		2.0
Total		1,122	100.0	

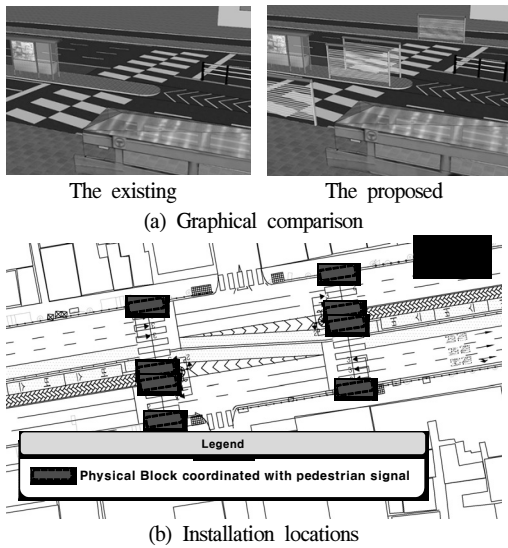
분석결과, 분석대상지점의 정상적인 보행 행태는 57.8%이며, 위반 보행행태가 42.2%를 차지하는 것으로 나타났다. 시간적 위반을 포함하는 횡단행태는 전체의 8.5%(6.5%+2.0%)를 차지하고 있었다. 지금까지의 횡단보도 안전정책은 펜스나, 중앙선 무단횡단 방지시설과 같은 공간적 위반을 억제하기 위한 대책에 집중되고 있었다. 이와 같은 결과로부터 공간적 위반뿐만 아니라 시간적 위반에 대한 대책도 주목을 해야할 필요가 있음을 확인할 수 있다.

IV. 상층 분석

중앙버스전용차로 정류소 횡단보도부에 무단횡단을 억제하기 위한 물리적 차단시설이 설치될 경우의 안전성 증진효과를 정량화하기 위하여 모의실험과 상층분석을 수행하였다.

1. 물리적 차단시설 설치방안

중앙버스정류소 횡단보도부의 무단횡단을 억제하기 위한 시설 설치 방안을 검토하였다. 횡단행태상의 시공간적 위반을 억제하기 위해서는 보행신호 연동을 통하여 횡단보도의 진입자체를 물리적으로 차단할 수 있는 시설이 필요하다. 본 연구에서는 횡단보도 진출입부에 설치되어 보행신호 적색시 물리적으로 보행자의 진입을 차단하고 보행 녹색시 차단이 해제되는 시설을 제안한다.



〈그림 3〉 물리적 차단시설 개념도
 〈Fig 3〉 Conceptual layout of the proposed device

일부지자체에서 도입이 추진되고 있는 물리적 차단시설 형태는 바 형태로서 안전바 하부를 통한 무리한 진출입이 가능하므로 완벽한 무단횡단의 억제가 불가능하다. 본 연구에서 제안한 물리적 차단 시설은 <그림 3>과 같이 개폐형 도어형태로서 횡단보도 진출입부에서 보행신호 적색시 진출입의 차단이 가능하다. 제안된 안은 해당 시설이 노변 보도 측 및 중앙버스정류소 중앙섬 측의 횡단보도 진출입부 모두에 설치되는 상황을 가정한다.

2. 횡단행태개선

시공간적으로 분류된 횡단행태에 대하여 상기 설정한 제안된 시설이 적용 될 경우 기대되는 횡단행태의 개선가능 여부를 분류하였다. 제안된 시설 도입 시 횡단행태 개선가능여부를 판별하기 위한

〈표 4〉 억제시설 설치 시 횡단행태 개선가능 그룹 분류
 〈Table 4〉 Classification of expected crossings based on various combination of the spatial and the timing situations

ID	Classi- fication		Reasons	
	Spatial	Time		
a	1	G1	A	Legal situation; no further improvement is expected
		G2	D	Unknown pedestrian compliance rate; people begin to walk when the proposed is opened but closed before the completion
		R	B	Impossible to start illegal crossing since the proposed placed at the beginning is closed
	2	G1	C	No improvement is expected; the proposed opened at both points
		G2	D	Unknown pedestrian compliance rate; people begin to walk when the proposed is opened but closed before the completion
		R	B	Impossible to start illegal crossing since the proposed placed at the beginning is closed
b	G1	C	No improvement expected; no installation of the proposed at the ending point	
	G2	C	No improvement expected; no installation of the proposed at the ending point	
	R	B	Impossible to start illegal crossing since the proposed placed at the beginning is closed	
c	G1	C	No improvement expected; no installation of the proposed at the start and the one placed at the end is opened	
	G2	D	Unknown pedestrian compliance rate; people begin to walk at any convenience but the proposed is closed at the end	
	R	B	Situation suppresses pedestrians' the intension of illegal crossing (the device closed at ending point)	
d	G1/ G2/ R	C	No improvement expected due to no installation of the proposed	

그들은 A부터 D까지 총 4개로 분류하였다.

- A : 정상적 횡단통행으로 행태개선 불필요
- B : 정상적 횡단통행으로 개선 가능
- C : 정상적 횡단통행으로 개선 불가능
- D : 정상적 횡단통행으로 개선 불확실

시공간적으로 분류된 통행행태에 대하여 개선가능여부 판별 그룹 적용 사유 및 적용 결과는 <표 4>와 같다. <표 4>에서는 시공간적 행태의 구분을 위하여 <표 1>의 시간 기반 구분 ID와 <표 2>의 진출입 지점 기반(공간) 구분 ID를 적용하였다.

이 중 그룹 D는 위반 행태가 정상적으로 개선될 것이라는 판단이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 그룹 D에 대해서 50%의 개선이 있을 것이라고 추정하였으며, 이는 전체 보행량 중 차지하는 비율이 매우 적어(0.9% ; 10/1,122) 분석 결과에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단하였기 때문이다.

이와 같이 구분된 시공간적 보행행태에 대하여 제안 시설 도입 시 횡단행태 개선여부를 판단(그룹 A~D의 적용)하여 도출된 보행량은 <표 5>와 같다.

<표 5> 제안된 시설 도입에 따른 횡단보행행태 비교
(Table 5) Comparison of crossing behavior analyzed

Conditions	Number of pedestrians (people/hour)				Total
	A	B	C	D	
The exist	648	-	474	-	1,122
The proposed	648	80	384	10	1,122

현황 시에는 횡단행태 개선판별그룹의 적용이 무의미하나, 개선 시 그룹간의 비교를 위하여 편의상 그룹A와 C로(A=정상, C=위반) 구분하였다<표 4> 참조). 개선 시에는 정상적 통행행태인 그룹A가 현황과 동일하게 유지되고 현황 시 그룹C였던 횡단행태가 개선가능 그룹B, 개선불가능 그룹C, 개선불확실 그룹D로 재분류 되었다.

3. 보행모의실험

상기 분류된 현황과 개선 시에 대한 횡단행태 개

선가능여부 분류에 따른 보행량에 따라 모의실험을 수행하였다. 분석 도구는 VISSIM 6.0을 사용하였으며, 숙대입구역 중앙버스정류소부 실시설계 도면을 바탕으로 교통환경 구현 후 현장조사를 통해 수집된 침두시 승용차 및 버스 교통량 자료를 모의실험에 입력 값으로 적용하였다. 운영상황(현황, 개선)별 무작위 난수를 변경하며 각각 10회씩 모의실험을 수행하였으며, 분석시간은 오전침두 기준 1시간(08:00-09:00)을 대상으로 하였다. 차량 및 보행자의 도착패턴은 포아송분포(Poisson distribution)를 가정하였으며, 보행자 및 차량의 통행행태는 시스템에서 기본적으로 제공하는 모델을 적용하였다.

보행모의실험 결과에 대한 정산은 보행모의실험에 대한 정산 평가 지표 설정이 곤란하므로 현장자료로부터 도출된 시공간적 횡단행태 패턴 수(정상 패턴 12개, 위반패턴 76개)를 모의실험에서 동일하게 적용시킴으로서 수행하였다. 차량 통행행태는 분석대상시간 현장조사 자료와 비교하여 오차율 10% 이내로 조정하였다. VISSIM을 통한 보행모의실험 결과는 개별 객체단위로 통행시간별 좌표정보를 정리한 궤적(Trajectory) 파일 형태로 도출하였으며, 이를 바탕으로 SSAM 상충분석을 수행하였다.

4. 상충 분석

모의실험을 통해 도출된 차량 및 보행자의 통행 궤적 정보를 바탕으로 SSAM 2.1.6 과 연계하여 상충분석을 수행하였다. SSAM 분석을 통해 수집된 TTC 자료의 평균값과 표준편차를 비교하여 평균 10% 보다 표준편차가 작아지는 범위 내에서 SSAM 분석 횟수를 제어하였다.

SSAM 분석 조건으로 TTC(Time to Collision)의 최대치는 1.5초, 추돌상충(Rear End) 설정 각은 30° 이하, 직각상충(Crossing)의 설정 각은 80° 이상으로 설정하였다. 본 연구에서는 ‘보행자-차량’상충뿐만 아니라 무단횡단 발생 시 급정지로 인한 차량-차량간의 상충 또한 분석 대상지역의 안전성을 평가하기 위한 요소로서 고려하였다, 보행모의실험에 의한 결과 중 SSAM 분석에 적용한 영역은 횡단보도

정지선으로부터 35m 상류까지를 대상으로 하였다. 이는 해당 도로구간의 제한속도로 주행하는 차량의 안전정지 거리를 근거로 설정하였다. SSAM 분석을 통한 현황 및 개선 시의 상충발생 가능성의 변화는 <표 6>과 같다.

<표 6> VISSIM - SSAM 상충분석 결과
<Table 6> Comparison of the number of conflicts analyzed with VISSIM-SSAM

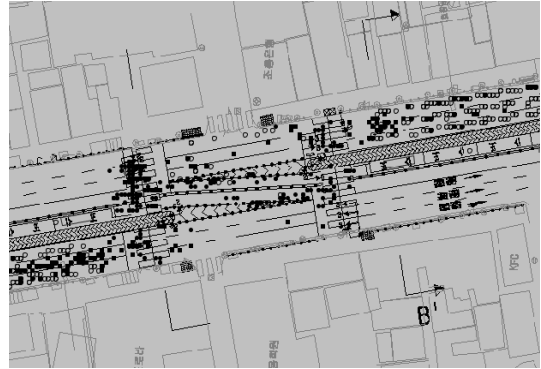
Categories	Type of conflicts - unit: conflicts/hour (%)		
	Veh. to ped.	Veh. to Veh.	Total
The existing	53.7 (100)	78.0 (100)	131.7 (100)
The proposed	22.3 (41.5)	76.6 (98.2)	98.9 (75.1)
Differences	31.4 (58.5)	1.4 (1.8)	32.8 (24.9)

<그림 4>는 현황 및 제안된 방법이 적용되었을 상황에 대하여 VISSIM-SSAM으로 분석된 잠재상충 발생지점도를 제시한다.

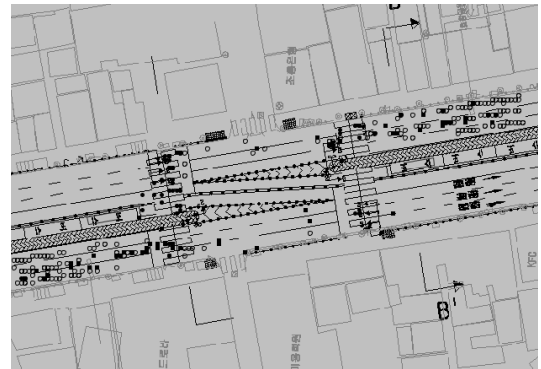
‘현황’의 경우 잠재상충 수는 평균 131.7건/시간 발생한다. 제안된 물리적 차단시설이 도입되는 경우 발생하는 잠재상충 수는 98.9건/시간으로 현황대비 약 24.9% 감소하는 것으로 분석되었다. 잠재상충 분석에 반영된 전체 횡단행태 중 제안된 방법을 통하여 개선된 그룹B와 그룹D 50%의 합계는 전체 횡단통행량 대비 약 7.6% ((80+10×0.5)/1,122) (<표 5> 참조)수준에 지나지 않는다. 해당 분량의 감소에 영향 받아 차량-보행자 상충건수가 현황 대비 58.5% 감소하는 것으로 분석되었다.

5. 결과 해석

무단횡단 횟수 절대 감소량에 비하여 상충발생 횟수가 감소하는 비율이 높다. 이는 한 명의 무단횡단 보행자로 인한 차량-보행자간 상충이 한 번의 차량-보행 상충으로 국한되지 않음을 반영한다. 한 번의 무단횡단으로 여러 차량(다른 차로를 주행하는 차량)과의 상충(차량-보행)이 발생한다. 또한 해당 상충을 회피하고자 급정거하는 전방 주행 차량



(a) the existing



(b) the proposed

<그림 4> SSAM 상충분석 도출 지점 비교
<Fig 4> Comparison of graphical diagrams from SSAM between the existing and the proposed conditions

과 이를 뒤 따르는 후방차량과의 잠재 충돌상충(차량-차량)도 감소하는 것으로 분석된다.

분석을 통하여 시간적 위반에 해당하는 7.6% ((80+10×0.5)/1,122) (<표 5> 참조) 무단횡단 감소만으로도 그 이상의 총 잠재상충 수를 감소시키는 것으로 분석되었다. 본 연구를 통해 도출된 상기 분석 결과로 아래의 해석이 가능하다.

- 무단횡단 한 건의 억제는 해당 무단횡단 보행자와 여러 차량(개별 차로 주행 차량)과의 잠재상충을 유발하고, 인접 영역 내 다른 차량-차량 잠재상충을 유발한다.
- 보행안전 개선효과를 해석하는 지표로 ‘무단횡단 발생 건수’를 사용하는 경우에 비하여 ‘횡단보도 주변 잠재상충 수’를 지표로 사용하는 경우 개선효과가 큰 것으로 분석된다.

상기 결과해석은 본 연구를 통해 도출된 분석결과를 토대로 한다. 추가의 자료를 토대로 이들 해석명제에 대한 기술적 검토가 수행될 필요가 있음을 지적한다. 향후 지속적인 토의주제로 의미가 있을 것으로 판단한다.

V. 결론

중앙버스전용차로제 도입을 통하여 버스 통행에 대한 정시성 및 쾌적성 확보와 같은 순기능을 확보할 수 있었던 반면, 무단횡단으로 인한 교통사고 발생과 같은 안전문제가 끊임없이 제기되고 있다. 특히 서울시내 주요 중앙버스정류소부 중 분리형 횡단보도가 설치된 지점을 중심으로 무단횡단이 다발하고 있는 것으로 나타난다. 본 연구에서는 이러한 문제가 지적되고 있는 숙명여대 입구 정류소를 대상으로 보행행태의 현황을 분석하였고, 기존 보행자의 행태개선을 촉구하는 경보 수준의 안전시설보다 적극적으로 무단횡단을 억제할 수 있는 시설 도입을 가정하여 안전성 증진정도를 정량적으로 분석하였다.

본 연구에서 제안한 시설은 중앙버스정류소 횡단보도 진출입부 횡단보도 무단횡단을 통제한다. 분석 결과, 물리적 차단시설이 대향정류소 중앙섬 및 보도측을 포함하여 횡단보도 진출입부 8개소에 설치될 경우 현황 대비 상충발생 가능성이 약 24.9% 감소하는 것으로 분석되었다. 본 연구의 성과 및 한계를 정리하면 다음과 같다.

- 성과1 : 중앙버스정류소 횡단보도부에 무단횡단을 억제하기 위한 물리적 차단시설이 도입될 경우, 안전성 증진효과 분석을 위한 방법론 정립(총 상충발생건수 분석)
- 성과2 : 실제 현장자료(숙명여대앞 중앙버스정류소) 적용을 통한 효과분석 수행 및 안전성 증진효과 정량화(총 상충발생건수의 감소)확인
- 한계1 : 횡단보도 진출입부 물리적 차단시설 회피를 통한 무단횡단 발생 가능성 미고려
- 한계2 : 횡단행태개선여부 판단 불가능 그룹D

에 대한 확률적 개념 설정근거의 부족

연구 한계로부터 향후 연구로는 횡단신호 연동 무단횡단 억제시설과 더불어 인접 구역에 고정식 진입 억제시설의 병행설치를 통한 안전성 증진효과 분석이 필요하다. 또한, 버스탑승여부와 연계하여 버스승차전과 하차후의 보행자 횡단행태에는 차이가 발생할 것으로 사료되므로 이에 대한 분석을 수행해야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서 정립된 방법론을 바탕으로 상기 추론에서 제시한 내용을 명확하게 하기 위한 숙대입구 중앙버스정류소 이외의 추가지점에 대한 연구가 향후연구로 수행될 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2014-H0401-14-1007, 2014, 2차년도)

REFERENCES

- [1] KoROAD, "Traffic accident cause analysis and safety measures in BRT lane", 2013
- [2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Bus Rapid Transit Planning Guide", 2010
- [3] S. H. Chun, Y. I. Lee, "A study on the development of evaluation methodology for pedestrian service quality at the access section of bus stop on median bus lane" *Journal of Korean Society of Transportation* vol. 26 no. 1, pp.15-24, February, 2008
- [4] S. J. Han, K. J. Kim, "Safety Analysis on Pedestrian Crossings in Urban Corridors with Bus Rapid Transit System", *International Journal of Highway Engineering*, vol. 10 no. 4, pp.1-8, December, 2008
- [5] J. B. Lim, J. Y. Hong, I. J. Chang, J. T. Park, "Analysis of Bus Accidents Influential Factors on

- Bus Exclusive Lane in Seoul(Bus Median Lane and Bus Curb Lane Defined)” *International Journal of Highway Engineering*, vol. 14 no. 2 , pp.145-155, April, 2012
- [6] J. T. Park, H. J. Kim, J. Y. Kim, I. J. Jang, J. B. Lim, “A Basic Study on Analysis of Influencing factor of Bus Accidents in Bus Lane Section”, *Journal of the KOSOS* vol. 27 no. 3, pp.153-160, 2012
- [7] Goyang I-safe, Retrived September, 20, 2014 from www.goyang.go.kr
- [8] Anyang LED pedestrian block, Retrived September, 20, 2014 from www.anyang.go.kr
- [9] Ansan crosswalk safety device, Retrived September, 20, 2014 from www.iansan.net
- [10] Suwon crosswalk safety device, Retrived September, 20, 2014 from www.suwon.go.kr
- [11] *SIMWALK*, Retrived May, 5, 2014 from www.simwalk.com
- [12] *Oasys*, Retrived May, 5, 2014 from www.oasys-software.com
- [13] *VISSIM 6 USER MANUAL*, PTV, 2014
- [14] *Surrogate Safety Assessment Mode*, FHWA, 2008 dilee@kaia.re.kr

저자소개



김진태 (Kim, Jin-Tae)

2012년 9월 ~ 현재 : 한국교통대학교 교통시스템공학과 교수
2007년 10월 ~ 2012년 8월 : 연세대학교 도시공학과 연구교수
2005년 7월 ~ 2007년 9월 : 서울지방경찰청 교통개선기획실 실장
2004년 3월 ~ 2005년 5월 : 한국교통연구원 책임연구원
1997년 9월 ~ 2001년 12월 : University of Florida 박사
1995년 9월 ~ 1997년 8월 : University of Florida 석사
e-mail : jtkim@ut.ac.kr



김준용 (Kim, Jun-Young)

2013년 6월 ~ 현재 : 한국교통대학교 교통계획/교통시스템공학과 박사과정
2007년 4월 ~ 2013년 5월 : ㈜제일엔지니어링종합건축사사무소
2005년 4월 ~ 2007년 3월 : 埼玉大學 理工學研究科 석사
2001년 4월 ~ 2005년 3월 : 埼玉大學 建設工學 학사
e-mail : toshilow@hanmail.net



배현식 (Bae Hyun Sik)

2013년 9월 ~ 현재 : 한국교통대학교 교통시스템공학과 석사과정
2011년 12월 ~ 2012년 8월 : 한국교통연구원 위촉연구원
2005년 3월 ~ 2012년 2월 : 전남대학교 물류교통학과 학사
e-mail : wilke@nate.com



이동일 (Lee Dong Il)

2004년 2월 ~ 현재 : 국토교통과학기술진흥원 선임연구원
2001년 10월 ~ 2004년 1월 : 한국교통연구원 연구원
1997년 3월 ~ 1998년 2월 : 명지대학교 교통공학과 석사
1993년 3월 ~ 1996년 2월 : 명지대학교 교통공학과 학사
e-mail : dilee@kaia.re.kr