

무단횡단 교통사고 요인에 관한 연구 - 서울시 사례를 중심으로 -

A Study on Pedestrian Crashes Contributing Factors During Jaywalking - Focused on the case of Seoul -

최재성*	김상엽**	김성규***	연준형****	김철현*****
(Jaisung Choi)	(Sangyoup Kim)	(Sungkyu Kim)	(Junhyoung Yeon)	(Chilhyun Kim)
(University of Seoul)	(Jeonbuk Development Institute)	(University of Seoul)	(University of Seoul)	(Jeonju University)

· Corresponding author ; Sangyoup Kim(Jeonbuk Development Institute), E-mail whiteallen@naver.com

요약

2010년 서울의 교통사고 사망자는 424명이며, 이들 중 227명(54%)이 보행자 사고이다. 또한 보행자 사망사고 중 보행자 사망사고의 40%가 무단횡단에 의한 사고로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 보행자 사고에서 큰 비중을 차지하는 무단횡단을 예방하는 방법을 제안하며 문헌 고찰, 인적 요인 및 차량 특성, 사고지점의 기하학적 특성을 반영하여 연구를 수행하였다. 방법 제시에 앞서 사고 요인을 밝히기 위해 무단횡단 사고의 실험 및 통계 분석을 수행하였다. 첫째, 인적요인 분석을 통해 고속으로 주행하는 운전자가 무단횡단 사망사고에 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 둘째, 보행자 측면에서는 고령자들이 무단횡단 사망사고에 취약했으며 버스나 택시와의 사고에서 사고 심각도가 높았다. 마지막으로 도로 및 환경 측면에서 차로수와 노면상태에 관련하여 분석했을 때, 일반적인 예상과 다른 결과를 보이기도 했다. 본 연구는 보행자 사망사고를 예방하는 방법을 증진시키고, 보행자 안전에 대한 논의에 이용될 수 있을 것이다.

핵심어 : 무단횡단, 보행자사고, 횡단보도, 사고요인, 보행자 안전시설

ABSTRACT

Seoul has 424 traffic fatalities in 2010 and 227 of them related to pedestrian crashes. In addition, it revealed that 40% of pedestrian fatalities occurred during jaywalking. Through the effective methods preventing jaywalking can save lots of people, and it can reduce social costs pertinent to pedestrian crashes. Therefore, this study is to suggest the methods preventing jaywalking through conducting literature reviews, human factors with pedestrian and vehicle characteristics, as well as geometric features of accident site or spot. Firstly, in order for examining the contributing factors of accident, this research conducts statistical analysis on pedestrian accidents specifically in jaywalking. Secondly, the analysis on human factors about pedestrian and drivers revealed that drivers with high speed play pivotal roles in pedestrian fatalities. Thirdly, Road and environment factors showed both expected and contradictory results through analyzing total numbers of lane or dry/icy pavement conditions. Consequently, this study can be used to prevent and alleviate pedestrian accidents as well as expected to be applied to future researches about pedestrian safety facilities.

Key words : Jaywalking, Pedestrian Fatalities, Crosswalks, Contributing Factors, Pedestrian Safety Facilities

† 본 논문은 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구 사업임 (No. NRF-2012R1A2A2A01015234)

* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수

** 공저자 및 교신저자 : 전북발전연구원 도시공간교통연구부 부연구위원

*** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정

**** 공저자 : 서울시립대학교 교통공학과 석사과정

***** 공저자 : 전주대학교 토목환경공학과 박사수료

† Received 17 April 2015; reviewed 7 Mayil 2015; Accepted 13 May 2015

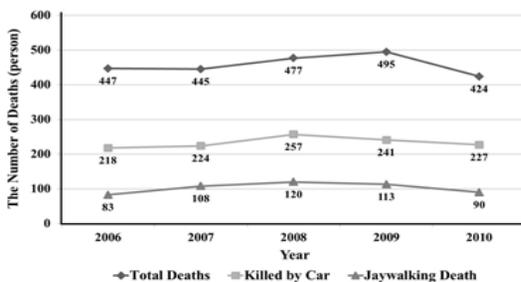
I. 서 론

1. 연구의 배경

우리나라 보행자 사고 통계 자료를 살펴보면, 인구 10만 명 당 보행자 교통사고 사망자가 4.3명으로 다른 OECD 국가에 비해 높은 수치를 보이고 있다.[1] 또한 수단별 교통사고 사망자 중 36.6%가 보행 중 사고로 나타났는데 이는 OECD 국가들의 평균과 비교했을 때 2.04배에 해당하는 수치로, 우리나라의 보행자 사고가 다른 국가들에 비해서 많은 비중을 차지한다는 것을 알 수 있다. 서울시의 경우에도 국내 전체와 유사한 패턴을 보이는데, 2010년 서울시 전체 사고 중 25.9%가 보행자 사고로 나타났다. 2010년 서울시 교통사고 사망자는 424명이며, 이 중 227명이 보행자 교통사고 사망자로 나타났다. 이는 서울시 교통사고 사망자의 약 54%에 해당하는 수치이며, OECD 국가들의 평균값인 18.3%에 비해 매우 높은 수치이다.[1]

보행자 사고 중에서도 무단횡단에 의한 사고가 심각한 것으로 나타났다. 무단횡단이란 신호등이 설치된 횡단보도에서 신호를 지키지 않고 횡단하거나, 공식적으로 인정된 지점이 아닌 도로 부분을 횡단하는 것을 말한다.[2] 2010년 서울 및 주요 도시에 거주하는 300명을 대상으로 조사한 결과, 47.2%가 하루에 1~2회 무단횡단을 한다고 응답한 것처럼 [1] 많은 보행자가 사고에 노출되어 있다.

2010년에 서울에서 발생한 4,423건의 사고 중 37%인 1,631건이 무단횡단에 의한 사고로 나타났



<그림 1> 서울시 교통사고 및 무단횡단 사망자
<Fig. 1> Traffic Fatal Crash and Jaywalking Data for Seoul[4]

다.[3] 또한 같은 해에 90명이 무단횡단에 의한 사고로 사망하였는데, 이는 전체 보행자 사망사고 중 거의 절반에 해당하는 수치이다. <그림 1>에 나타난 것처럼 5년간 총 514명이 무단횡단으로 인해 사망한 것으로 나타났다.

무단횡단 사고는 많은 사회적 비용을 초래한다. 2010년에 무단횡단으로 인해 사망한 90명을 사망자 비용으로 환산했을 때, 사망자 비용은 약 5억원에 해당하고, 40억원 이상의 사회적 비용에 해당한다.[5-6] 이처럼 국내에서 무단횡단과 관련된 문제는 매우 심각하며, 이를 간과해서는 안 될 것이다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 무단횡단사고의 주요 원인을 파악하고 높은 국내의 보행자 사망사고를 예방하는 기법을 제시하려는 것이다. 기존 대부분의 대책은 적정 장소에서의 횡단보도 공급과 무단횡단 방지시설의 설치를 제시하고 있다.[5, 7-9] 그러나 무단횡단 사고는 일반적으로 다양한 사고 요인을 바탕으로 설명해야 한다. [10]. 따라서 본 연구는 통계 분석을 통해 사고 지역에 관한 자료를 바탕으로 지역적 특성에 따른 사고 요인을 파악하고자 한다. 이러한 지역적 특성과 더불어 차량조건, 도로 및 환경조건 그리고 운전자와 보행자의 연령을 바탕으로 분석해야 한다.

또한 도로 기하구조, 날씨, 사람과 차량 특성 등 여러 측면에서 무단횡단 사고 요인을 분석하고 그 원인을 밝히고자 한다. 이를 위해, 서울 경찰청에서 제공한 3년간(2008~2010)의 자료와 사고 지점의 위치자료를 이용하여 사고 지점의 상세한 기하구조를 조사하였다.

본 연구에서는 첫 번째로, 보행자 사고 및 무단횡단 사고에 관한 기존의 문헌들을 검토하였다. 둘째로, 서울경찰청의 자료를 바탕으로 도로 및 환경조건, 차량, 날씨, 연령을 포함한 과거의 사고 자료와 특히 무단횡단에 의한 사고 자료를 수집하였다. 셋째로, 무단횡단으로 인한 사고 원인과 보행자 사망 사고 요소를 밝히기 위해 통계분석을 실시하였다.

II. 선행연구 고찰 및 현황 분석

1. 무단횡단의 제도적 측면

북미에서 무단횡단은 불법으로 도로를 횡단하거나 무모하게 횡단하는 것을 말하며, 횡단보도가 아닌 구역에서는 보행자보다 운전자에게 통행 우선권이 부여되고, 이를 위반할 경우 주차위반과 유사한 처벌이 부여된다. 프랑스에서는 보행자는 횡단보도를 반드시 이용해야 할 의무는 없으며, 50m 이내에 횡단보도를 사용하지 않을 경우에만 처벌된다.

그러나 국내의 경우에는 기본적으로 보행자는 횡단보도, 지하보도, 육교 또는 다른 횡단 시설들이 제공되었을 때, 이를 통해 횡단하도록 요구된다.[11] 이는 위와 같은 시설을 이용하지 않고 도로를 횡단하는 것은 불법으로 간주되는 강력한 규제이다. 또한 크기가 같거나 큰 교차로가 200m 이내에 인접할 수 없다는 별도의 규정이 존재하기 때문에[11] 외국의 경우가 국내보다 더 보행 친화적이라고 할 수 있다. 따라서 국내 도로에서는 보행자들이 쉽게 무단횡단의 유혹을 느끼며, 이는 서울에서 높은 보행자 사망률을 보이는 부분적인 이유라고 판단된다.

2. 무단횡단 사망사고와 특성

무단횡단 사고와 사고 요인에 대한 통계분석에 앞서, 서울시의 보행자를 대상으로 일반적인 특성을 조사하였다. 그 결과 무단횡단을 하는 이유가 주로 편리한 보행을 추구하기 때문에 발생하는 것으로 나타났다.[12-15] 무단횡단을 하는 보행자들은 적시에 위험한 상황에 대처할 수 있다고 생각하는 경향이 있지만, 반대로 운전자들은 무단횡단을 하는 보행자들을 발견했을 때, 그에 따른 완벽한 대처 준비가 되어있지 않다.[12-15] 또한 가장 가까운 횡단보도의 위치가 보행자들이 도로를 횡단하는데 있어 주요한 요인이라고 나타나며,[16] 횡단보도 사이의 중간 지역에서 무단횡단사고가 빈번히 일어난다는 사실이 이를 뒷받침하고 있다.

무단횡단은 전 세계적으로 발생하지만, 서울의

경우 보행자 사망사고의 40%를 차지하는 높은 수치를 보이고 있다. 따라서 무단횡단 사망사고의 이유를 밝혀 보행자 사망사고를 줄이는 것이 중요하다. 교통사고는 일반적으로 도로 환경적 요인, 차량 요인, 인적요인에 따라 발생한다고 알려져 있다.[17] 따라서 본 연구에서도 2011년에 서울시에서 발생한 무단횡단 사고 사망자 특성을 이런 기준에서 살펴 보았다.

1) 도로 환경 요인

<표 1>은 서울에서 발생한 무단횡단 사망사고의 위치를 나타내고 있다. 다른 나라의 무단횡단 사고와는 다르게[18-19] 약 80%의 무단횡단 사망사고가 “기타 구간”에서 발생하였다. 이는 횡단보도 부근에서 무단횡단 사망사고가 많을 것이라는 예상과 달리, 오히려 횡단보도 상에서 무단횡단 사망사고가 더 적게 나타났다. 이는 국내의 경우, 횡단보도 사이의 거리가 200m이상으로 규제되어 있는데(미국 90m, 일본 100m, 영국 90m, 싱가포르 100m), 그 결과, 횡단보도 사이에 긴 구간이 존재하고 이 구간에서 보행자들은 무단횡단의 유혹과 “기타 구간”에서 사망할 가능성이 커진다. 또한 5.4m 이내의 좁은 길에서는 일반적으로 사망사고가 발생하지 않기 때문에, 여기에서 발생한 사고들은 아래의 표에서 제외되었다.

<표 1> 무단횡단 사망사고와 지역적 분포
<Table 1> Fatal Jaywalk Crashes and Their Spatial Distribution

Year	Pedestrians Killed During Jaywalking (person)	Crosswalk Area (person/%)	Overpass Area (person/%)	Other Area (person/%)
2006	83	16(19.3)	1(1.2)	66(79.5)
2007	103	9(8.7)	0(0)	94(91.3)
2008	120	18(15.0)	10(8.3)	92(76.7)
2009	113	16(14.2)	7(6.2)	90(79.6)
2010	90	28(31.1)	2(2.2)	60(66.7)
Total (person)	509	87	20	402
Percentage (%)	100	17.1	3.9	79.0

<표 2>는 서울에서 발생한 무단횡단 사망사고의 시간대별 분포를 나타낸 것이다. 전체 사고의 60% 이상이 자정~오전 6시, 오후 7시와~자정에서 발생하였다. 이 결과는 야간에 무단횡단을 하는 것이 사망사고를 유발할 확률이 커진다는 것을 의미한다.

<표 2> 서울시 시간대별 무단횡단 사망사고 분포
<Table 2> Hourly Distribution of Fatal jaywalk Crashes

Year	Pedestrians Killed During Jaywalking (person)	Day				Night			
		1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12
2006	83	17	17	6	8	9	6	10	10
2007	103	18	20	9	13	12	8	11	12
2008	120	15	27	6	6	10	15	23	18
2009	113	15	15	10	13	9	15	20	16
2010	90	14	16	5	6	7	12	13	17

<표 3>은 도로 폭에 따른 무단횡단 사망사고를 나타낸 것이다. 약 50%의 사고가 13m 이상의 도로에서 발생하였으며, 그 이유는 긴 도로를 횡단하는데 긴 시간이 필요하기 때문이라 판단된다. 하지만, 현재의 범주에서는 13~20m 간격에서 너무 큰 간격을 적용하므로 도로 폭이 사고에 미치는 영향을 명확히 알아내기 어렵다. 그럼에도 도로폭이 넓은 지

<표 3> 차로폭에 따른 서울시 무단횡단 사망사고
<Table 3> Distribution of Fatal Jaywalk Crashes Depending upon Street Width

Year	Pedestrians Killed During Jaywalking (person)	<6m	<9m	<13m	<20m	≥20m
2007	103	25	19	18	18	23
2008	120	28	15	18	25	34
2009	113	18	20	16	19	40
2010	90	12	11	11	25	31
Total (person)	509	111	77	74	104	143
Percentage (%)	100	21.8	15.1	14.6	20.4	28.1

점에서 사고가 많이 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한 13m보다 좁은 폭에서도 사망사고가 증가하는데, 이는 보행자가 횡단거리가 짧아짐에 따라 짧은 거리를 횡단하는데 위험하지 않을 것이라는 방심 때문이라 판단된다.

<표 4>는 서울시의 보행 안전시설에 따른 무단횡단 사망사고 분포를 나타낸 것이다. 노면표시는 보행자 교통안전 전반에 걸쳐 적용되지만, 이 표에서 노면표시는 서울의 무단횡단 사망사고를 방지하기 위하여 도움이 되지 못하는 것으로 나타났다. 또한 중앙분리대 등의 기타 시설물이 노면표시나 도로변 식물에 비해 효과가 큰 것으로 나타났다.

<표 4> 보행안전시설의 유무와 무단횡단 사망사고
<Table 4> Presence of Pedestrian Safety Devices and Fatal Jaywalk Crashes

Year	Pedestrians Killed During Jaywalking (person)	Pavement Marking	Pedestrian Barrier	Planting Strip	Other Facilities	None
2006	83	68	0	3	3	9
2007	103	73	8	5	3	14
2008	120	97	1	6	2	14
2009	113	68	5	8	6	26
2010	90	56	8	7	0	19
Total (person)	509	362	22	29	14	82
Percentage (%)	100	71.1	4.3	5.7	2.8	16.1

2) 차량 요인

서울의 무단횡단 사망사고와 관련된 차량 가운데 70% 이상이 승용차나 택시로 나타났다. 다음으로는 이륜차의 비중이 크게 나타났다. 이는 이륜차 사고의 경우, 이륜차 운전자 또한 사망하는 경우가 많기 때문이다. 그러나 <표 5>는 이러한 정보를 나타내고 있지 않기 때문에, 더 상세한 정보가 필요하다.

〈표 5〉 차종과 무단횡단 사망사고
 〈Table 5〉 Vehicle Types and Fatal Jaywalk Crashes

Year	Total	Car	Taxi	Bus	Truck	Motor cycle	Bicycle
2006	1,054	430	336	90	96	102	-
2007	1,120	482	331	102	88	115	2
2008	1,152	451	334	106	84	174	3
2009	1,150	443	329	121	90	157	10
2010	1,111	457	339	109	60	140	6
Total	5,587	2,263	1,669	528	418	688	21
Percentage (%)	100%	40.5%	29.9%	9.5%	7.5%	12.3%	0.4%

3) 인적 요인

무단횡단 사망사고와 관련된 연령 자료들을 수집하기에 앞서, 어린이와 고령자가 무단횡단 사망 사고에 취약한 집단이라고 예상하였고, <표 6>처럼 실제로 어린이와 고령자가 무단횡단 사고에 취약한 것으로 나타났다. 고령자의 경우에는 젊은 사람들

〈표 12〉 무단횡단 사망자의 연령별 특성
 〈Table 6〉 Demographical Characteristics of Fatal Crash Victims during Jaywalking (Total(Male/Female))

Year	Pedestrians Killed During Jaywalking (person)	Age Group								
		Under 13	13-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	Above 70	
2006	83 (49/34)	4 (2/2)	4 (3/1)	1 (0/1)	7 (6/1)	19 (12/7)	10 (5/5)	18 (12/6)	20 (9/11)	
2007	103 (58/45)	6 (4/2)	0 (0/0)	7 (7/0)	7 (7/0)	22 (18/4)	11 (7/4)	14 (6/8)	36 (9/27)	
2008	120 (65/55)	1 (0/1)	2 (1/1)	7 (6/1)	7 (6/1)	23 (21/2)	15 (7/8)	28 (12/16)	37 (12/25)	
2009	113 (54/59)	2 (2/0)	0 (0/0)	6 (6/0)	8 (6/2)	20 (14/6)	25 (12/13)	24 (7/17)	28 (7/21)	
2010	90 (47/43)	5 (2/3)	2 (0/2)	6 (3/3)	8 (4/4)	17 (12/5)	15 (12/3)	15 (5/10)	22 (9/13)	
Total (person)	509 (273/236)	18 (10/8)	8 (4/4)	27 (22/5)	37 (29/8)	101 (77/24)	76 (43/33)	99 (42/57)	143 (46/97)	
Percentage (%)	100 (53.6/46.4)	3.6 (2.0/1.6)	1.6 (0.8/0.8)	5.3 (4.3/1.0)	7.3 (5.7/1.6)	19.8 (15.1/4.7)	14.9 (8.4/6.5)	19.5 (8.3/11.2)	28.1 (9.0/19.1)	

에 비해 보행능력이 부족하고, 어린이의 경우에는 조심성이 부족하기 때문이라 할 수 있다. 두 그룹 모두 사고 발생시, 생존력이 약하기 때문에 높은 사망률을 보이게 된다. 또한 도로를 횡단할 때의 보행 속도가 다른 그룹에 비해 낮기 때문에 더 많은 사고를 유발하게 된다. <표 6>은 무단횡단 사망사고와 관련된 인적요인을 요약한 것이다. 이 표를 통해 여성보다 남성이 더 높은 사망률을 보이는 것을 알 수 있다.

본 연구는 무단횡단과 관련하여 안전시설의 유무나 횡단보도와외의 관계처럼 하나의 요인들을 이용하여 분석한 것이 아니라 여러 요인들이 무단횡단과 어떠한 관련이 있는지 파악하고자 하였다. 따라서 도로의 구조, 운전자와 보행자의 인적 요인, 기상 상황등 여러 요인을 종합적으로 분석하여 각 변수들과 무단횡단이 어떤 관련이 있는지 분석하고자 하였고, 이는 향후 무단횡단에 관련된 연구에 다방면으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

III. 방법론

앞에서는 서울에서 발생한 무단횡단 사망사고의 일반적인 특성을 살펴보았다. 기존의 연구에서는 대부분 앞서 밝힌 특성들만으로 결론을 짓고 있다. 하지만 무단횡단의 효과적인 대안은 더욱 세밀한 분석을 통해 이끌어 내야하며, 보다 현실적인 대책을 위해 인적, 도로, 차량요인 등을 복합적으로 고려해야 한다.[17] 분명 이러한 접근을 위해서는 도로 관련부서의 실제 자료를 바탕으로한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 과거의 무단횡단 사고와 관련된 사고 자료, 차량 정보, 인적정보를 통합하는 포괄적인 자료망을 구축하였다. 먼저 서울시의 보행자 사고 자료를 수집하여 무단횡단 사고자료를 분리하였고, 이후 무단횡단 사망사고의 원인과 발생 특성을 분석하였다. 이는 보행자의 안전과 더불어 운전자에게도 어떠한 영향을 미치는지 파악해야하기 때문이다.

1. 자료

본 연구에서는 무단횡단 사망사고의 발생요인을 알아보고 그 영향력을 판단하고자 하였다. 이를 위해 사고자료, 도로 및 환경조건, 그리고 사람의 특성을 조사하였으며, 공간적으로는 서울을 대상으로 하였다. 서울시 경찰청에서 제공하는 교통사고관리 시스템(Traffic Accident Management System, TAMS)의 3년간(2008~2010) 자료를 바탕으로, 이 중 12,067건의 보행자 사고자료를 이용하였다. 해당 자료는 무단횡단 발생유무에 따라 우선적으로 구분하였으며, 각 사고 당 독립변수들은 일반특성, 차량, 도로환경, 인적요인으로 구분하였다. 일반요인은 발생시간에 따른 시계열과 사고발생시간(주/야), 사고결과인 사고심각도(경상, 중상, 사망) 총 6개의 항목으로 구분하였다. 차량요인은 6개의 변수로 구분되며, 도로환경요인은 날씨, 도로 기하구조, 노면상태, 도로의 특징에 해당하는 17개의 변수로 구분하였다. 마지막으로 인적요인은 운전자와 보행자의 성별과 나이, 그리고 운전자의 주행행태의 16가지 변수로 구분하였다. 또한 사고지점의 위치를 파악하여 추가적인 도로환경 자료를 구축하였다. 또한 차로수와 중앙버스정류장의 유무를 조사하여 추가적인 정보를 얻고자 하였고, 보행지역의 토지이용특성에 따른 사고특성을 밝혀내고자 사고지점의 토지이용현황을 정리하였다. 그 결과, 본 연구에서는 16개 항목에 대한 54개의 변수에 대하여 무단횡단 발생에 미치는 영향의 크기를 분석하였다.

2. 통계 분석

무단횡단 사망사고 모형을 적용하기에 앞서 <표 7>에 나타난 것처럼 전반적인 보행자 사고와 관련된 다양한 통계를 조사할 필요가 있다. 자료의 수는 12,067개이며, 95% 신뢰수준을 선정하였다. 이에 따라 16개의 항목 중 23개의 변수가 유효한 것($P \leq 0.05$)으로 선정되었고, 차량, 도로환경, 인적요인 등이 무단횡단 사고 발생에 영향이 있는 것으로 나타났다. 시간이 흐름에 따라 보행자 사고의 수는 점차

감소하였고, 평균값은 1.972로 나타났다. 또한 야간에 사고가 집중되는 경향을 보였으며, 대부분 보행 중 사고는 중경상을 초래하였다. 사고 차량은 일반 승용차가 평균 44.4%로 가장 많은 비중을 차지하고 있었다. 그리고 일반적인 도로여건으로 여겨지는 맑은 날, 평면 곡선 또는 종단곡선이 없는 직선구간, 도로표면이 건조한 경우에 보행 중 사고가 많이 발생하였다. 사고지점별 특성으로는 횡단보도 부근이나 단일로(Mid Block)에서 주로 발생하였으며, 대부분 상업지역의 특성을 지니는 지역에서 발생하였다. 중앙버스차로와 관련이 적은 일반도로 부분과, 5차로 이상의 광로에서 다수의 보행 중 사고가 발생하였다. 보행 중 사고의 운전자는 대부분 남성이며, 보행자(피해자)는 남녀 비슷한 수준을 보였다. 또한 중장년층에서 사고가 많이 발생한 것으로 나타났다.

<표 7> 보행자 사고와 관련된 통계 변수
<Table 7> Descriptive Statistics of Variables Related to Pedestrian Crashes

Explanatory variables	Variable Description	Mean	Standard Deviation
(1) Year	1 year increments (2008=1, 2009=2, 2010=3)	1.972	0.820
(2) Time of Day	Day time=1, otherwise=0	0.485	0.500
	night time=1, otherwise=0	0.515	0.500
(3) Severity	fatal=1, otherwise=0	0.029	0.169
	serious=1, otherwise=0	0.570	0.495
	Minor=1, otherwise=0	0.401	0.490
(4) Type of Vehicle	Car=1, otherwise=0	0.444	0.497
	Taxi=1, otherwise=0	0.230	0.421
	Bus=1, otherwise=0	0.077	0.266
	Truck=1, otherwise=0	0.084	0.277
	Motorcycle=1, otherwise=0	0.156	0.363
	Bicycle=1, otherwise=0	0.010	0.098
(5) Weather Condition	serenity=1, otherwise=0	0.810	0.392
	cloudy=1, otherwise=0	0.076	0.265
	rainy=1, otherwise=0	0.105	0.307
	foggy=1, otherwise=0	0.001	0.026
	snowy=1, otherwise=0	0.008	0.087

Explanatory variables	Variable Description	Mean	Standard Deviation
(6) Alignment	Straight=1, otherwise=0	0.823	0.381
	Vertical curve=1, otherwise=0	0.131	0.337
	Horizontal curve=1, otherwise=0	0.029	0.167
	Vertical + Horizontal=1, otherwise=0	0.017	0.129
(7) Road Surface Condition	Dry=1, otherwise=0	0.853	0.354
	Wet=1, otherwise=0	0.139	0.346
	Frozen=1, otherwise=0	0.009	0.093
(8) Road Feature	Crosswalk=1, otherwise=0	0.433	0.496
	Tunnel=1, otherwise=0	0.000	0.016
	Bridge=1, otherwise=0	0.004	0.060
	Single route=1, otherwise=0	0.365	0.482
	Intersection=1, otherwise=0	0.198	0.398
(9) Land Use	Industrial=1, otherwise=0	0.000	0.013
	Green zone=1, otherwise=0	0.016	0.124
	Commercial=1, otherwise=0	0.853	0.354
	Residential=1, otherwise=0	0.131	0.338
(10) Bus Stop	Bus stop in median=1, otherwise=0	0.127	0.333
	Median bus lane=1, otherwise=0	0.134	0.340
	The rest road=1, otherwise=0	0.740	0.439
(11) Number of lanes	5 ≤ lanes=1, otherwise=0	0.699	0.459
	Lanes ≤ 4=1, otherwise=0	0.301	0.459
(12) Gender of Driver	Male=1, otherwise=0	0.853	0.354
	Female=1, otherwise=0	0.147	0.354
(13) Age of Driver	Age ≤ 20=1, otherwise=0	0.063	0.244
	21 ≤ Age ≤ 40=1, otherwise=0	0.345	0.475
	41 ≤ Age ≤ 64=1, otherwise=0	0.540	0.498
	65 ≤ Age=1, otherwise=0	0.052	0.222
(14) Gender of Pedestrian	Male=1, otherwise=0	0.505	0.500
	Female=1, otherwise=0	0.495	0.500

Explanatory variables	Variable Description	Mean	Standard Deviation
(15) Age of Pedestrian	Age ≤ 14=1, otherwise=0	0.161	0.367
	15 ≤ Age ≤ 20=1, otherwise=0	0.083	0.276
	21 ≤ Age ≤ 40=1, otherwise=0	0.282	0.450
	41 ≤ Age ≤ 64=1, otherwise=0	0.333	0.471
	65 ≤ Age=1, otherwise=0	0.141	0.348
(16) Driving Mode	Driving ahead=1, otherwise=0	0.769	0.422
	Turning=1, otherwise=0	0.196	0.397
	Driving mode etc=1, otherwise=0	0.035	0.184

<표 7>에 나타난 것처럼 변수들이 각 값들의 범위에 위계를 갖는 변수가 아니며, 양분화 또는 다분화 된 변수들로 이루어져있다. 따라서 본 연구에서는 이를 가장 잘 적용할 수 있는 로지스틱 회귀모형을 사용하였다. 이는 같은 이유로 유사 사고관련 연구에서 수차례 이용되었으며, 본 연구에서도 적합한 것으로 생각된다.[6,20-21] 이론적으로 로짓은 오즈비(Odds ratio)나 우도비(likelihood ratio)의 자연로그 형태이며, 독립변수를 1(jaywalk crash), 그 반대를 0(non-jaywalk crash)으로 하여 변수들의 영향을 판단할 수 있는 모형이다. 무단횡단 중 발생한 사고의 확률 P는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$Y = \text{logit}(p) = \ln(p/(1-p)) = \beta x \quad (1)$$

3. 결과

앞서 로지스틱 회귀모형을 적용하여 무단횡단 사고요인을 밝혀냈으며, 그 결과는 <표 8>과 같다. 먼저 시간의 변화에 따른 오즈비는 1.06으로 서울시의 무단횡단 사고는 시간이 지남에 따라 소폭 증가하고 있는 것으로 밝혀졌다. 또한 낮보다 밤에 무단횡단 사고가 많이 발생하였으며, 보행자 사고 중 사망사고는 2.9%만을 차지하고 있지만, 무단횡단 사고는 높은 심각도를 보였다. 또한 무단횡단 사고 발생 시 경상 사고에 비해 중상(OR-1.26)과 사망(OR-1.62)사고가 발생할 가능성이 일반 보행자사고

에 비해 높았으며, 사고 차량이 택시나 버스일 때, 그 영향력이 더욱 큰 것으로 나타났다.

〈표 8〉 보행자 사고와 관련된 통계 변수
 〈Table 8〉 Descriptive Statistics of Variables Related to Pedestrian Crashes

	Variables	Odds Ratio	p-value
(1)	Time trend(relative to 2008)		
	Every years after 2008	1.06	0.021
(2)	Time of day(relative to night time)		
	Day time	0.82	0.000
(3)	Severity(relative to minor)		
	Fatal	1.62	0.000
	Serious	1.26	0.000
(4)	Type of vehicle(relative to car)		
	Taxi	1.45	0.000
	Bus	1.50	0.000
	Truck	0.94	0.474
	Motorcycle	0.898	0.107
(5)	Weather condition(relative to fair)		
	Cloudy	1.08	0.405
	Rainy	1.05	0.679
	Foggy	0.61	0.579
(6)	Alignment(relative to straight)		
	Vertical curve	1.09	0.187
	Horizontal curve	0.80	0.157
	Vertical + Horizontal	0.93	0.712
(7)	Road surface(relative to dry)		
	Wet	0.94	0.558
	Frozen	0.51	0.023
(8)	Road features(relative to crosswalk)		
	Tunnel	2.10	0.576
	Bridge	1.13	0.737
	Single route	2.78	0.000
(9)	Intersection	1.96	0.000
	Land use(relative to residential area)		
	Industrial	2.57	0.506
(10)	Green zone	0.88	0.520
	Commercial	1.31	0.000
(11)	Location about BRT(relative to other roads)		
	Bus stop in median	1.44	0.000
	Median bus lane	0.98	0.809
(12)	Number of lanes(relative to lanes ≤ 4)		
	5 or more Lanes	0.89	0.025
(12)	Driver gender(relative to female)		

	Variables	Odds Ratio	p-value
(13)	Male	1.19	0.012
	Age of Driver(relative to 65 ≤ age)		
	Age ≤ 20	0.93	0.648
	21 ≤ Age ≤ 40	1.39	0.002
(14)	41 ≤ Age ≤ 64	1.30	0.010
	Pedestrian gender(relative to female)		
	Male	1.30	0.000
(15)	Age of Pedestrian(relative to age ≤ 14)		
	15 ≤ Age ≤ 20	1.83	0.000
	21 ≤ Age ≤ 40	1.50	0.000
	41 ≤ Age ≤ 64	1.79	0.000
(16)	65 ≤ Age	2.19	0.000
	Driving mode (relative to going straight)		
	Turning	0.33	0.000
	Other	0.41	0.000

IV. 결과 분석

1. 일반사항

기존의 연구에서는 차량 및 도로의 문제보다는 인적요인에서 접근하였다.[17] 그러나 본 연구에서는 무단횡단 사고의 요인을 찾고 이 결과를 분석하기 위하여 사고 요인별로 분석을 하였다. 또한 2011년에 제정된 ‘보행 안전 및 편의 증진에 관한 법률’과 같이 정책적 측면에서 무단횡단에 대해 살펴보고자 하였다. 현재의 보행자를 위한 시설의 설치에 보행자를 우선시 하는 설계에 반하고 있는 경우도 존재한다. 예를 들어, 많은 무단횡단이 예상되는 지점에 보행자 안전 펜스를 설치하여 무단횡단을 방지하고자 하는 것이 일반적이지만, 일부는 도로경관을 이유로 보행자 안전펜스의 철거를 주장하고 있다.[4]

1. 사고 요인

1) 도로 및 환경요인

날씨나 기하학적 요인의 변수들이 상대적으로 높은 p-value를 나타낸 것처럼 이러한 변수들은 무단횡단 사고와 큰 관련이 없는 것을 의미한다. 도로 및 환경요인에서 유일하게 결빙 노면 상태가 유의

한 것으로 나타났다. 결빙 노면에서는 시거가 감소함에도 불구하고, 운전자들이 방어적으로 운전하기 때문에 무단횡단 사고가 감소하였다고 판단된다. 도로특성과 관련한 변수로는 교차로 인근(OR-1.96)과 단일로(OR-2.78) 2개만이 유의한 것으로 나타났다. 일반적으로 횡단보도에서 보행자들은 보행 신호가 시작되거나 안전한 차량 간격이 확보 될 때까지 기다리지만 횡단보도가 없는 교차로 인근에서는 횡단보도까지 이동하지 않고 빠른 통행을 위해 무단횡단을 감행하는 것으로 판단된다. 마찬가지로 단일로의 경우 횡단보도까지의 거리가 멀어 무단횡단의 빈도가 높으며, 이는 무단횡단 사고 가능성을 증가시킨다.

또한 상업지역의 교통 정온화 효과로 인해 주거 지역에 비해 무단횡단 사고가 적다는 것을 알 수 있었다. 마지막 영향인자는 중앙버스차로 시설과 차로 수이다. 중앙버스 정류장이 설치된 경우 일반 도로에 비해 무단횡단사고에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났으며, 차로수가 4차로 이하인 경우가 5차로 이상인 경우에 비해 무단횡단 사고에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. 중앙버스정류장이 있는 경우 보행자는 도로 전체가 아닌 정류장이 있는 교통섬까지를 횡단거리로 인식하여 횡단거리가 짧다고 인식해 무단횡단 빈도가 증가하는 것이라 판단된다.

2) 차량 요인

이륜차와 자전거와는 달리 택시와 버스는 무단횡단 사고에 상당한 영향을 끼치는 것으로 밝혀졌다. 보행자 사고의 44.4%가 일반 승용차에 의한 것이지만, 무단횡단 사고의 경우 택시와 버스의 영향력이 더욱 크게 나타났다. 이는 다른 차량에 비해 빠른 속도로 운전하는 경향이 있기 때문이며, 이는 다른 나라에서도 유사하게 발생한다.[22-25]

3) 인적 요인

인적요인 중에서 무단횡단 사고와 관련된 변수들은 운전자와 보행자의 성별과 나이, 그리고 운전

행태로 나타났다. 성별의 경우 남성이 무단횡단 사고에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. <표 6>에서 나타난 것처럼 운전자는 남성인 경우가 절대적이지만, 보행자의 경우 연령이 증가함에 따라 여성 고령자가 큰 영향력을 끼치고 있는 것으로 보인다. 여성들은 일반적으로 50대 이전까지 무단횡단 빈도가 적은 것처럼 보이지만, 이후 급격한 증가를 보인다. 따라서 특히 여성 고령자들을 배려한 무단횡단 예방 설계가 필요하다.

연령별로 요인으로 살펴보면, 운전자와 보행자는 매우 상이한 결과를 보인다. 운전자의 경우 21~64세에서 사고에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났지만, 보행자 측면에서는 15~20세와 65세 이상이 유의한 변수인 것으로 밝혀졌다. 특히 고령자의 경우 교통지식 결여, 위험감각 결여, 적절한 판단 부족 등으로 사고 유발요인을 가지고 있고[26] 사고발생 시 사고 심각도가 크게 증가하므로 이에 대한 대책이 시급하다.

마지막으로 운전행태의 경우 직진의 경우가 영향력이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 속도와 관련이 있는데, 회전 및 기타행동의 경우에 해당 행동을 수행하기 위해 저속주행 또는 감속을 해야하므로 돌발적인 무단횡단 보행자에 대처하기 편리한 것으로 생각된다. 따라서 도심지의 무단횡단 사고 감소를 위해 차량의 속도 제한에 대한 논의가 필요하다.

V. 결론 및 향후과제

무단횡단은 전 세계에 걸쳐 발생하며, 특히 서울의 경우 보행자 사망사고의 40%가 무단횡단에 의해 발생한다. 본 연구는 무단횡단 사고의 발생요인을 확인하기 위하여 수행되었으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 도로 및 환경요인은 예상과 다른 결과를 보여 주기도 했다. 예를 들어 4차로 이하의 도로에서 5차로 이상의 도로보다 더 많은 사고가 발생했으며, 건조한 노면에서 결빙노면보다 많은 사고가 발생하였다.
- 차량요인은 버스와 택시가 무단횡단 보행사

고에 큰 영향을 끼치는 것으로 나타났다.

- 인적요인은 고속으로 주행하는 운전자가 가장 큰 문제로 나타났으며, 보행자 측면에서 고령자가 가장 취약한 연령대이다.

이 결과는 보행자 안전에 대한 논의 뿐만 아니라 무단횡단 사고를 예방하기 위한 전략을 수립하는데 유용할 것으로 생각된다.

본 연구는 서울시를 바탕으로 분석이 진행되어 다른 도시나 지방에서는 지역적 특성에 의해 다른 경향을 보일 수 있다. 따라서 연구의 범위를 확대하여 더욱 일반적인 무단횡단 사고의 특성을 파악하여 무단횡단 사고로 인한 사회적 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] Korea Road Traffic Authority, *Traffic Accident Comparison of OECD Member Countries on 2010*, South Korea, 2012.
- [2] ITE, *Manual of Transportation Engineering Studies*. Institute of Transportation Engineers, 2010.
- [3] Seoul Metropolitan Government, Seoul Survey, Seoul Statistics, South Korea, 2010.
- [4] S. Y. Baik, *A Study on Preventive Measures for Traffic Accidents Resulting from Jaywalking*, University of Seoul, South Korea, 2012.
- [5] Korea Road Traffic Authority, *Cost of Road Traffic Crashes Estimates and Evaluation on 2009*, South Korea, 2010.
- [6] J. S. Choi, S.Y. Kim, T.Y. Heo and J.H. Lee, "Safety Effects of Highway Terrain Types in Vehicle Crash Model of Major Rural Roads", *KSCE Journal of Civil Engineering*, vol. 15, no. 2, pp.405-412, 2011.
- [7] J. H. Seol, *Study for Reducing Pedestrian Crashes*, Korea Transportation Institute, South Korea, 1990.
- [8] S. C. Lee, "Reduction Measures and the Characteristics of Pedestrian Crashes", *Korea Road Traffic Authority*, August, pp.79-84, 1993.
- [9] S. Jeong, Suggestions Based on a Crosswalk Installation, *Networks for Green Transport*, no. 30, 1997.
- [10] T. Vanderbilt, *Traffic: Why We Drive the Way We Do (and What It Says About US)*, KnopfDoubleday Publishing Group, 2008.
- [11] National Police Agency, *Enforcement Decree of Road Traffic Act*, South Korea, 2012.
- [12] X. Zhuang and C. Wu, "Pedestrians' Crossing Behaviors and Safety at Unmarked Roadway in China", *Accident Analysis and Prevention*, vol. 43, no. 6, pp.1-10, 2011.
- [13] T. B. Kwon, *Daegu Plans to Establish the Pedestrian Environment*, Daegu Gyeongbuk Development Institute, South Korea, 2001.
- [14] G. M. Ki, *Knowing the Psychology of Pedestrians Walking Seems the Answer to Reduce Traffic Crash*, Korea Road Traffic Authority, July, pp.6-9, 2009.
- [15] C. M. Kim, *US Metropolitan Pedestrian Crash Type of Analysis and Safety Management*, Korea Transportation Institute, no. 132, 2009.
- [16] K. Kim, I. Brunner and E. Yamashita, "Modeling Violation of Hawaii's Crosswalk Law", *Accident Analysis and Preventions*, vol. 40, no. 3, pp.894-904, 2007.
- [17] W. Homburger, *Fundamentals of Traffic Engineering(15th Edition)*. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 1996.
- [18] B. Mullen, C. Cooper and J. Driskell, "Jaywalking as a Function of Model Behavior", *Personality and Social Psychology Bulletin*, vol. 16, no. 2, pp.320-330, 1990.
- [19] O. Keegan, M. O'Mahony, Modifying Pedestrian Behavior, *Transportation Research*, Part A, vol. 37A, no.10, pp. 889-901, 2003
- [20] J. S. Choi, S. Y. Kim, K. S. Hwang and S. Y. Baik, "Severity Analysis of the Pedestrian Crash

- Patterns Based on the Ordered Logit Model”, *Journal of the Korean Society of Road Engineers*, vol. 11, no. 1, pp.153-164, 2009.
- [21] R. Tay, J.S. Choi, L. Kattan and A. Khan, “A Multinomial Logit Model of Pedestrian-Vehicle Crash Severity”. *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 5, no. 4, pp.233-249, 2011.
- [22] J. Kajzer, D. Mohan and J. Yang, “Safer Bus Fronts for Pedestrian impact Protection in Bus-Pedstrian Accident”, *International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impacts*, pp. 13-23, 1992.
- [23] P. Burns and G. Wilde, “Risk Taking in Male Taxi Driver: Relationships Among Personality”, *personality and Individual Differences*, vol. 18, no. 2, pp.267-278, 1995.
- [24] K. Takeuchi, J. Kajzer, H. Ishikawa and O. Bunketorp, “Car-pedestrian Accidents in Gothenburg during Ten Years”, *International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impact*, 1998.
- [25] F. Bu and C. Chan, “Pedestrian detection in transit bus application: sensing Technologies and SafeTy Solutions”, *The Intelligent Vehicles Symposium*, pp.100-105, 2005
- [26] S. G. Kim, “*Study on Policy Strategies to Reduce Traffic Accident of the Elderly in Gwangju Metropolitan City*”, Chonnam National University, South Korea, 2011.

저자소개



최재성 (Choi, Jaisung)

2001년 8월 ~ 현재 : 서울시립대학교 교통공학과 정교수
1997년 3월 ~ 1998년 2월 : 미국 Texas A&M 대학교 토목공학과 객원교수
1988년 2월 ~ 1990년 8월 : 한국건설기술연구원 도로연구실 실장
1984년 8월 ~ 1987년 12월 : 미국 위스컨신-매디슨 주립대 토목공학과 박사졸업



김상엽 (Kim, Sangyup)

2012년 8월 ~ 현재 : 전북발전연구원 도시공간교통연구부 부연구위원
2011년 3월 ~ 2012년 8월 : 서울시립대학교 교통공학과 연구교수
2006년 3월 ~ 2011년 2월 : 서울시립대학교 일반대학원 교통공학과 박사졸업(공학박사)



김성규 (Kim, Sungkyu)

2011년 3월 ~ 현재 : 서울시립대학교 박사과정(교통공학전공)
2004년 3월 ~ 2011년 2월 : 서울시립대학교 공학사(교통공학전공)



연준형 (Yeon, Junhyoung)

2015년 8월 ~ 현재 : 서울시립대학교 석사과정(교통공학전공)
2008년 3월 ~ 2015년 2월 : 서울시립대학교 공학사(교통공학전공)