비신호 횡단보도에서의 어린이 횡단행태 분석 연구

이덕환¹ · 이윤석² · 김원호³ · 이백진^{1*}

¹ 국토연구원 국토인프라연구본부, ² 국토연구원 지역연구본부, ³ 서울연구원 교통시스템연구실

A Study on Analyzing Children's Crossing Behaviors on Non-signalized Crosswalk

LEE, Deok Whan¹ · LEE, Yun Suk² · KIM, Won Ho³ · LEE, Back Jin^{1*}

¹ National Infrastructure Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements, Gyeonggi 431-712, Korea

² Regional Research Division, Korea Research Institute for Human Settlements, Gyeonggi 431-712, Korea

³ Department of Transportation System Research, Seoul Development Institute, Seoul 137-071, Korea

Abstract

The study aims to find the characteristics of children's crossing behavior on crosswalk in school zones. It considers accident occurrence and physical form of school zones. Seven elementary school zones were investigated. Using data collected by field observation and video recording, statistical analysis, CHAID algorithm analysis, and pattern analysis were performed. As a result, it was found that children's waiting, attention and distraction were related to the accident occurrence. While 69.1% children showed waiting-before-crossing behavior in low-accident occurrence crosswalk, 83.6% children showed non waiting-before-crossing behavior in high-accident occurrence crosswalk. Moreover, the ratio of waiting, attention behavior was found to be higher when the width of the crosswalk was wide and the distance from the school's entrance to the crosswalk was long. These research findings showed that children's behavior-oriented approach was required to improve safety in school zone.

본 연구의 목적은 그간 교통안전 정책에서 간과되어온 어린이 보행자 횡단행태에 대한 분석을 통해 향후 어린이 교통안전 정책을 개선하기 위한 기초자료를 제공함에 있다. 어린이 횡단행태 분석은 물리적 형태와 사고발생빈도가 상이한 어린이 보호구역에서의 횡단행태 및 패턴의 차이를 비교하는 부분에 초점을 두고 이루어졌다. 자료는 경기도 7개 초등학교 비신호 횡단보도를 대상으로 현장관찰과 비디오 녹화를 통해 수집하였으며, 통계분석, CHAID 알고리즘 분석, 통행 패턴비교를 실시하였다. 분석결과, 사고발생 빈도와 유의한 관계가 있는 횡단특성은 대기유무, 주의유무, 특이행동유무 순으로 나타났다. 구체적으로 사고발생빈도가 낮은 지점에서 대기후 횡단하는 비율이 69.1%인 반면, 사고다발지점에서 대기를 하지 않고 횡단하는 경우가 83.6%로 상이함을 확인하였다. 횡단 전 대기 및 주의 정도는 횡단 시작부 보도폭이 넓고 학교 출구에서 횡단보도까지 거리가 일정규모 이상일 때 높게 나타났다. 한편, 횡단패턴과 사고발생빈도의 관계성은 뚜렷하게 나타나지 않았다. 향후 어린이 보호구역의 안전성 개선을 위해서는 대기 후 통행이 이루어질 수 있도록 각 보호구역에서의 어린이 횡단특성에 기반한 차별화된 맞춤형 접근이 필요할 것으로 판단된다.

Key Words

Children's Crossing Behaviors, Correlation, Decision Tree, Non-signal Crosswalks, School-Zone, Traffic Accident Hazards
어린이 횡단행태, 상관관계 분석, 의사결정트리 분석, 비신호 횡단보도, 어린이보호구역, 교통사고 위험요소

* : Corresponding Author

bjlee@krihs.re.kr, Phone: +82-31-380-0373, Fax: +82-31-380-0489

Received 1 August 2012, Accepted 24 April 2013

© Korean Society of Transportation

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

2003년 우리나라의 14세 미만 어린이 10만 명당 교통사고 사망자수는 4.1명으로 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) 28 개 회원국들 중 최하위였다. 하지만, '어린이 보호구역 지정 및 관리에 관한 규칙(1995년)', '어린이 보호구역 개선사업(2003-2012)' 등 다양한 어린이 교통안전 정책에 따라 2010년 기준 어린이 교통사고 사망자수는 10만 명당 1.9명으로 크게 개선되었다. 특히, 2005년과 2010년을 기준으로 12세 이하 어린이 교통사고 발생건수가 16,238건에서 14,095건으로, 사상자 수가 20,543명에서 17,304명으로 감소하여 이와 같은 정책이 어느 정도 효과가 있는 것으로 확인된다(Road Traffic Authority (2011)).

하지만 위 사고발생 통계치를 어린이 보호구역으로 제한할 경우, 전체 어린이 교통사고 사상자수는 감소하였지만 어린이 보호구역이 확대되고 있음에도 불구하고 어린이 보호구역 내 어린이 교통사고는 오히려 증가하고 있음은 주지의 사실이다. 2005-2010년간 어린이 보호구역의 숫자는 8,346개소에서 13,207개소로 연평균 12.2% 증가하였으나, 어린이 보호구역에서 발생한 12세 이하 어린이 교통사고는 연평균 22.7%로 이를 크게 상회하고 있다. 이는 어린이 보호구역 100개소를 기준으로 할 경우 어린이 교통사고가 3.9건에서 5.6건으로 증가한 것으로, 기존의 어린이 보호구역 개선사업들을 통해 설치한 안전시설물들이 어린이 교통안전 향상을 위한 필요조건은 되나, 충분조건은 되지 못한다는 것을 의미한다.

그렇다면, 정작 어린이의 안전을 책임져야 할 어린이 보호구역에서 오히려 어린이 교통사고가 증가하는 근본적인 이유는 무엇인가? 가장 큰 이유는 어린이 보호구역 관련 정책이 상대적으로 어린이 보호구역의 주인인 어린이보다 차량에 초점을 두고 있다는 점에서 찾을 수 있다. 즉, 어린이 보행자의 관점에서 그들의 행동방식에 대한 충분한 이해 없이 특정구간에 한정된 요소(component) 중심의 제한적인 접근이 가질 수밖에 없는 한계라고 할 수 있다(Seo et al, 2012).

이와 같은 상황에서 정부는 어린이 보호구역의 범위를 반경 500m로 확대하거나, 면적(Areal) 단위의 어린

이 보호구역 지정(서울시 아마존 사업) 등을 통해 기존 어린이 보호구역 개선사업의 새로운 방향을 모색하고 있다. 하지만 어린이 보호구역의 실효성을 높이기 위해서는 이에 우선하여 무엇보다 실질적인 어린이 통행특성에 대한 이해, 그리고 이러한 통행행태에 영향을 미치는 보행환경은 무엇이며, 어떻게 영향을 받는지 등에 관하여 먼저 파악하고 접근하는 연구가 선행될 필요가 있다.

이러한 맥락에서 본 연구에서는 보다 실효성 있는 어린이 보호구역 환경 구축을 위해 현장 실증자료를 기반으로 어린이 통행행태가 물리적 환경에 따라 어떻게 다른지, 위험상황발생과는 어떠한 관계에 있는가에 대한 기초연구를 통해 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 초등학교 주변 어린이 보호구역내에 위치한 도로 횡단지점으로, 신호등이 없는 학교 앞 비신호 횡단보도를 대상으로 한다. 상세 조사지점 선정은 사고발생빈도, 물리적 기하구조, 보행밀도, 조사 가능지점 특성, 조사 편의성 등을 종합적으로 고려하여 경기도 소재 7개 초등학교로 선정하였다.

조사방법은 조사원 관찰조사와 비디오 레코딩 조사의 두 가지로 진행되었다. 조사원 관찰조사는 선정된 조사대상을 대상으로 예비조사를 실시한 뒤, 어린이 횡단행태에서 관측되는 4가지(대기지점, 주의행태, 접근-통

Figure 1. Flowchart of study

과행동, 특이행동) 행태변수를 선정하고 이를 본 조사시 직접 기록하는 방법으로 진행되었다. 비디오 레코딩 조사는 조사원 관찰 조사와 동일한 시간대에 실시되었다.

이와 같은 조사를 통해 구득한 데이터들은 통계패키지 SPSS 16.0으로 분석되었다. 어린이들의 횡단행태 중 교통사고 발생과 관련된 주요한 행동특성을 규명하기 위해 데이터마이닝기법의 하나인 CHAID 분석 알고리즘을 적용하였으며, 상관분석을 통해 어린이 보호구역의 물리적 형태(이하 기하구조)와의 관계를 분석하였다. 한편, 비디오를 통해 녹화된 횡단보도에서의 횡단패턴은 CAD 프로그램을 통해 도식화되었으며, 해당 지점의 사고발생 수준, 기하구조 등을 기준으로 횡단패턴특성을 분석하였다.

II. 선행연구 검토 및 연구 차별성

어린이 교통사고와 관련한 국내 연구는 대부분 통계자료와 설문조사를 활용하여 사고 발생현황, 유형 및 원인을 파악하고 이에 대한 시사점을 제시하는 차원에서 진행되었다.

교통사고 발생건수를 사용하여 분석한 대표적인 연구로 사례로는 어린이 보호구역 개선사업 전후를 비교하여 사업 효과를 평가한 연구(Jang et al, 2004; Kim et al, 2006; Kang et al, 2007; Jung et al, 2008), 어린이 보호구역 지정 기준 방법론과 평가모형을 개발한 연구(Kim et al, 2008; Kum 1999, Heo; 2009)등이 대표적이다. 이외에도 어린이 교통사고 발생 건수를 기초로 사고발생지점과 무사고지점 간의 어린이 보행환경과 보행안전교육 프로그램을 비교함으로써, 사고발생 연관성을 찾으려는 연구(Kweon et al, 2005)와 어린이 교통사고의 주요 원인인 통행차량의 접근속도 및 기하구조에서 대하여 규명하려는(Park et al, 2010)연구, 설문조사 방법을 통한 어린이 안전교육 실효성(Kang et al, 2010; Son et al, 2010)강화 연구 등 많은 연구들이 시도된바 있다.

이처럼 어린이 교통사고 관련 연구들은 물리적 환경 개선, 차량 운전자의 의식개선, 어린이 안전교육의 필요성 등의 다양한 차원의 시사점을 도출하고 있다. 하지만, 현실상황을 기반으로 실제 어린이들의 이동행태 및 패턴을 다루는 미시적인 연구는 미흡한 상황이다.

반면, 국외의 연구들은 이미 사고통계자료 뿐만 아니라 실제 현장조사 자료(어린이 통행행태, 차량과의 상충 등)에 기반한 접근이 강조되어 왔다. 대표적인 사례로

어린이 통학로 안전 환경개선(Veyssel, 2008), 교통상황에서의 어린이 행동에 대한 예측변인 연구(Simpson etc, 2003; Dunbar 2002), 어린이 보행자 지식수준과 행동과의 관계(Zeedyk etc, 2001), 어린이 보행자 주변상황에 따른 보행행동 변화(Yang etc, 2006; 소용준 외, 2008) 등이 있다.

선행연구와 비교할 때 본 연구는 그간 진행된 국내의 통계데이터 또는 설문조사 중심의 연구방법에서 한 걸음 더 나아가 현실에 기반한 실증적인 접근을 시도하였다는 점에서 큰 차별성이 있다. 특히, 통행 중 위험이 발생하는 특정상황이 아니라, 어린이가 횡단보도를 건너는 모든 상황에 대해 전수조사를 함으로써 각각의 어린이 보호구역에서 어린이 행동특성차를 비교할 수 있다는 점, 그리고 사고발생빈도 지점별 · 기하구조별 · 횡단행태 패턴별에 따라 어린이 횡단행태의 차이를 상세하게 비교하여 어린이 보호구역 개선을 위한 보다 구체적인 시사점 제공이 가능하다는 점도 차별성을 가진다.

III. 연구방법론

1. 데이터마이닝(data mining)

데이터 마이닝이란 대용량 데이터에 속에 숨겨진 패턴, 규칙, 관계 등에 대한 유용한 상관관계를 발견함으로써 과거에는 미처 알지 못했던 지식(Knowledge)을 분석, 추출하여 이들 결과물을 의사결정에 사용하는 일련의 과정을 의미한다. 이와 같이 데이터 마이닝 알고리즘으로 만든 모델들은 데이터를 개념적으로 일반화한 형태로 주로 트리, 네트워크, 방정식, 규칙 집합의 형태가 될 수 있다(Richard J. etc. 2007).

대표적인 데이터 마이닝 분석 알고리즘으로는 의사결정(decision tree), 유전자(genetic, Algorithm), K-means, 신경망(neural net networks) 등이 있으며, 이 중 가장 많이 사용되는 분석 알고리즘이 의사결정트리 방법이다. 의사결정트리 분석 알고리즘은 IF - Then의 의사결정 규칙에 기반하고 있으며, 신경망이나 판별분석 등에 의한 방법과 달리 적용결과에 의해 규칙을 명확하게 나타낼 수 있다.

또한, 예측모형 자체뿐만 아니라 최적결과를 검색하거나 분석에 필요한 변수 간의 교호효과(interaction effect), 즉 두 개 이상의 입력변수가 결합하여 목표변수에 어떻게 영향을 주는지 찾아내는데 특히 활용도가 높다. 의사결정 트리 알고리즘은 다변량 분석의 기본 가정인 선형

성(Linearity), 정규분포성(normality), 등분산성(equal variance)을 따르지 않아도 되며, 비모수적(non-parametric) 방법으로 순서형 또는 연속형 변수가 단지 순위를 통해서만 분석에 영향을 주기 때문에 이상치(outlier)는 민감하지 않다는 장점을 가지고 있다(Jin, 2010).

의사결정트리 구조는 노드(node)라고 하는 몸통과 노드와 노드를 결하는 줄기로 구성되며, 뿌리노드(root node)로부터 시작하여 하위노드로 계속적인 자식노드(children node)를 형성한다. 자식노드 중 더 이상의 분할이 이루어 지지 않는 노드를 최종노드(terminal node)라고 하며, 이들 중간노드의 개수가 많아질수록 의사결정트리의 구조가 복잡하고 분류된 결과물의 해석이 어려워진다(Park et al., 2011).

의사결정트리에서 중요도는 일반적으로 트리에서 변수가 사용된 레벨(깊이)이나 횃수에 의해 결정된다. 만약, 첫 노드에서 A라는 변수가 선정되었다면, 이 변수가 여러 변수들 중 가장 중요한 요인이 되며 그 다음 아래 노드에서 나타난 변수가 다음으로 중요하다고 판단한다. 특히 같은 레벨에서 나타난 선정변수의 표시횃수가 많으면 많을수록 해당변수의 중요도가 같은 레벨의 변수들 중 가장 중요하다고 볼 수 있다(Kim, 2010).

2. 의사결정트리 CHAID 알고리즘

의사결정트리 알고리즘 중에서 가장 많이 사용되는 분석 방법인 CHAID(Chi-squared Automatic Interaction Detection) (Kass, 1980)는 AID (Automatic Interaction Detection)의 수정본으로 분석자가 연구의 목적에 맞게 목표변수를 선택하고, 입력변수를 투입함으로써 입력변수의 상호작용에 의해 목표 변수를 설명하거나 예측 가능한

세분집단으로 분류하는 방법이다(Park et al., 2012).

CHAID 알고리즘은 분석자가 선경험적 경험(또는 가정)에 의해 의사결정 규칙을 설정하지 않고, 실제 자료에 내재된 특성을 반영한 규칙을 설정할 수 있다는 특징이 있다. 따라서 분석자가 설정한 임의가설(또는 분포)에 기반을 두고 가설의 유의성을 확인하는 분석 방법론과 달리, 분석결과로 의사결정 행태를 유형화 하는데 가장 중요한 조건이 최상위에 그리고 가장 지엽적인 조건들이 최하위에 나타나게 된다(Cho et al., 2010).

CHAID 분석방법은 목표변수와 예측변수가 질적 또는 양적변수인 경우에 사용되며, 분리기준으로 카이제곱-검정(이산형 목표변수)과 F-검정(연속형 변수)을 이용하여 분리와 병합을 반복하면서 Persion 카이제곱 또는 우도비(Likelihood ratio) 카이제곱 통계량을 분리기준으로 사용된다.

IV. 자료수집 및 기초통계 분석

1. 자료수집 및 설계

어린이 횡단행태 조사는 경기도에 소재한 사고다발지점(3개소, '10년도 기준, TAAS²⁾ DB)과 무사고지점(4개소)의 비신호 횡단보도에서 진행되었고, 보행지도사업(녹색어머니, 교통경찰 등)이 없고, 어린이 통행이 집중되는 하교(12:00-17:00) 시간대를 중심으로 이루어졌다(Table 1, Figure 2참조).

분석대상을 비신호 횡단보도로 한정 한 이유는 신호를 보고 의사결정을 내리는 횡단보도와 달리 비신호 횡단보도에서는 보행자의 경험과 판단을 기준으로 횡단을 결정하게 된다는 점에 있다(Kim et al., 2009). 즉, 횡단을

Table 1. Characteristics of the field survey points

Points	Accident frequency	Traffic signs	Lineal distance from the school's entrance to the crosswalk(m)	Width of sidewalk (m)	Width of carriageway(m)	Num. of Lanes	Width of crosswalk (m)
A	Black spot	On/off(2colors)	10.0	3.7	13.6	3	6.6
B		No sign	6.8	3.6	8.7	2	6.4
C		No sign	14.0	1.7	9.6	2	5.7
D	Accident-free	No sign	30.0	3.2	13.0	4	6.8
E		On/off(2colors)	9.6	2.5	6.9	2	4.0
F		No sign	16.0	2.2	10.0	2	6.5
G ¹⁾		No sign	89.0	3.3	7.1	2	4.1

1) 하교시간 보행지도사업으로 인해, 당초 계획된 지점이 아닌 학교 정문 출입구로부터 약 89m 떨어진 비신호 횡단보도에서 행태 자료수집됨
2) 도로교통안전공단, TAAS 교통사고분석시스템, <http://taas.koroad.or.kr/index.jsp> 참조

Figure 2. Field survey points

시도하려는 어린이가 차량과의 상충을 고려하여 본인의 판단 하에 횡단을 시도하게 되므로 이를 통해 본 연구에서 주목하고 있는 어린이의 순수 횡단행태 자료 확보가 가능하다고 판단하였다. 한편, 교통사고 다발지점을 자료수집 구간으로 결정한 이유는 해당지점에 내재되어 있는 특정 위험요인이 차량과 어린이들의 갈등 상황을 일으키는 즉, 교통사고(상충상황)를 유발시키는 요인들이 내재되어 있기 때문에 해당구간 지점들을 통행하는 어린이들의 횡단 행태에 반영되고, 관측될 것으로 판단하였기 때문이다.

현장조사는 2012. 5. 22(화) - 25(금)까지 총 4일간 3인 1개조(어린이 통행행태 2인, 차량접근행태 1인)로 구성된 현장 조사그룹을 투입하여 이루어졌다. 조사지(Table 2)는 크게 어린이 횡단행태와 차량접근행태를 기록할 수 있도록 구성되었으며, 사전 예비조사를 통해 선정된 횡단행태 변수 4가지(대기지점, 주의행태, 접근·통과행동, 특이행동)를 기준으로 작성되었다. 특히, 조

Figure 3. Criteria case of children's crossing behaviors

사진 총 2일간 조사원 사전교육을 통해 횡단행태 관측과 차량속도 측정의 일관성이 확보될 수 있도록 하였다.

2. 기초통계 분석

수집된 어린이 횡단행태와 접근차량 행태 자료는 각각 1,471건, 357건이 수집되었다. 기초통계 분석은 수집된 자료에서 학부모·보행지도 교사 등이 동행하여 횡단한 경우를 제외하고 어린이들만으로 구성된 자료를 대상으로 어린이의 횡단행태, 접근차량 행태 등을 분석하였다(Table 2, Table 3참조).

분석결과 대기하지 않고 곧바로 횡단보도를 건너가는 행태를 나타낸 어린이는 전체 32.6%, 횡단 시 도로 양방향 대한 주의확인 없이 횡단하는 어린이는 24.5% 비율로 분석되었다. 그리고 어린이의 연령별 횡단전 대기유무, 주의확인 여부 행태를 분석한 결과, 저학년(38.6%)이 고학년(33.2%)에 비해, 횡단전 대기하지 않고 곧바로 횡단하는 비율은 높았지만, 횡단시에는 저학년들이 고학년들보다 주변상황에 주의를 더 기울이는 것으로 나타났다(Figure 4참조).

Figure 5는 학생들의 성별에 따라 횡단전 대기유무·대기 지점을 분류한 것으로 일반적으로 활동성이 많은 남학생이 여학생에 비해 일단 대기를 하지 않고 횡단보도를 곧바로 건너는 비율이 9.7%정도 높을 뿐만 아니라, 안전하게 보도에서 대기하는 비율도 여학생보다 10.0% 낮은 수치를 나타냈다.

어린이가 횡단보도로 접근하여 횡단 완료시까지 관측

Table 2. Field survey sheet

site name :		date :		observing location	
weather :		observer name :			
starting time :		finished time :			
time of observing(hour-minute)					
Children's crossing behavior	Jaywalking				
	Age	low grade(1-2)			
		High grade(3-6)			
	Number of people	male			
		female			
		parents/teacher accompanying			
	Waiting	No waiting(Immediately passed)			
		Passed after waiting on sidewalk			
		Passed after waiting on carriageway			
	Level of Attention	Caution to one	near direction		
			distant direction		
		Caution to both directions			
Crossing behavior	No caution				
	Passed by running				
	Passed by walking				
Distraction	N/A				
	Playing with friends				
	using cell phone				
	talking to friends				
	Other activities (bicycles/quick etc)				
Vehicle passing pattern	Approaching car on the near lane				
	Speed	0)Stop			
		1)Less than 30km/h			
		2)More than 30km/h			
	Stop/Slowing down point	1)On crosswalks			
		2)Near crosswalk(0-3m)			
		3)Just before crosswalk(-m)			
	Approaching car on the distant lane				
	Speed	0)Stop			
		1)Less than 30km/h			
2)More than 30km/h					
Stop/Slowing down point	1)On crosswalks				
	2)Near crosswalk(0-3m)				
	3)Just before crosswalk(-m)				

Table 3. Result of basis of statistical analysis in children crossing behaviors and vehicle passing behaviors

Classification			Children Crossing Travel Behavior(%)	Classification			Vehicle Passing Behavior(%)
Waiting Behavior	No waiting(Immediately passed)		32.6	Speed	on the nearby Lane	Stop	38.2
	Waiting	Waiting on the sidewalk	32.9			Less than 30km/h	61.3
		Waiting on the carriageway	7.2			More than 30km/h	0.5
Level of Attention	No caution		24.5		on the opposite Lane	Stop	36.7
	Caution to one near direction		8.2			Less than 30km/h	60.1
	Caution to one distant direction		9.1			More than 30km/h	3.2
	Two way Checking		50.9	Stop/Slowing down Point	on the nearby Lane	On crosswalks	22.1
Crossing behavior	Passed by running		11.9			Near crosswalk(0-3m)	52.3
	Passed by walking		88.1			Just before crosswalk(-m)	25.6(Ave. 6.8m)
Distraction	No		80.5		on the opposite Lane	on the crosswalk	20.9
	Playing with friends		0.9			Near crosswalk(0-3m)	48.1
	Using cell phone		4.9			Just before crosswalk(-m)	31.0(Ave. 9.5m)
	Talking to friends		12.0				
	Other activities(bicycles/quick etc)		1.7				

되는 횡단행태(걸어서/뛰어서)의 경우, 대부분(88.1%)의 어린이가 안전하게 걸어서 횡단하는 것으로 나타났으나, 그대로 뛰어서 통과하는 통행행동 비율도 11.9%로 비교적 높았다(Table 3참조).

또한, 횡단 중 보이는 어린이들의 특이행동들은 대다수 특별한 행동 없이(80.5%) 횡단에만 집중하여 건너거나, 친구와 이야기(12.0%), 핸드폰(4.9%) 사용 등의 통행행태가 관측되었다(Table 3참조).

Figure 4. Children crossing behavior by age(%)

Figure 5. Children crossing behavior by gender(%)

마지막으로 학교 앞 횡단보도 측으로 접근하는 차량들은 횡단보도 부근에서 횡단 대기 중 또는 횡단하는 어린이가 목격될 때, 차량이 완전정지·감속서행 하는 위치는 주로 횡단보도 안과 정지선과 횡단보도 경계선(-3m내외)사이이며(74.4%), 이때의 차량들은 약 20-30km/h 이하로 서행(양방향 모두 합 97%)하여 진입한 것으로 나타났다(Table 3참조).

IV. 사고위험 영향요인 분석

어린이 사고위험 영향요인 분석에 사용된 자료는 G초등학교를 제외한 총 6개 초등학교로 한정하여 분석을 실시하기로 한다. G초등학교의 경우, 조사당일 어린이 하교시간에 보행지도 사업을 실시하고 있어, 학교출입구로부터 약 89m 떨어진 통학로 상의 비 횡단보도에서 자료가 수집되었다. 따라서 이러한 기하구조 차이가 어린이 횡단행태에 영향을 끼칠 수 있으므로, 동일한 자료수집 조건의 초등학교를 중심으로 분석을 실시하였다.

1. 어린이 횡단행태 특성 분석

1) 사고발생빈도별 어린이 횡단행태 관계

교통사고 발생빈도가 서로 다른 조사 대상지에서 어

린이 횡단 통행행태가 어떻게 다른지, 사고발생과는 어떠한 영향관계에 있는지 모수적 통계 추론방법인 의사결정트리 분석의 CHAID 알고리즘 적용하여 분석하였다.

분석에 사용한 변수는 Table 4과 같이 종속변수(사고 발생빈도: 사고다발지점, 무사고지점)와 4가지 횡단행태 변수(대기장소, 통과행동, 주의행태, 특이행동)를 더미변수(0,1)로 구분하여 적용하였으며, 설명변수간의 분리(splitting)와 병합(merging) 기준이 되는 가지치기의 유의수준을 5%, 최대트리 깊이는 3으로 설정하였다.

CHAID 분석결과, 노드분할 기준이 되는 Pearson 카이제곱 통계량에 따라 교통사고발생과 통계적으로 유의한 영향관계에 있는 변수로 대기유무, 특이행동, 주의유무 유무 3가지 변수로 나타났다. 그리고 사고발생 빈도와 어린이 횡단행태 사이 중요도가 높은 순으로는 1순위 '대기유무', 2순위 '주의유무', 3순위 '특이행동 유무' 순으로 분석되었다.

보다 구체적으로 살펴보면, 전체 분석집단에서 사고 다발지점 군으로 분류된 어린이들 중 횡단보도에 접근하

Table 4. Dummy variables for decision tree

Variables	Description	Remarks
Accident frequency	0=Black spot, 1=Accident-free	Dependent Variable
Whether waiting or not ¹⁾	0=No waiting passed, 1=Waiting and passed	Description (independent) Variables
Crossing behavior	0=Passed by running, 1=Passed by walking	
Whether attention or not ²⁾	0=No caution, 1=One near/distant direction, both directions	
Whether distraction or not	0=No, 1=Distractive Behavior	

1) Considers waiting on the 'carriageway' and 'sidewalk' as 'crossing after waiting' except for 'no waiting'

2) Considers all types of caution(one, two way) as 'crossing with caution'

Table 5. Results of decision tree analysis

	IF-Then(assumptions-conclusions)	Total	(%)
1	Accident="No waiting" AND "No Attention" AND "Distractive Behavior"	68	97.1
2	Accident="No waiting" AND "No caution" AND "No Peculiar Behavior"	113	85.8
3	Accident="No waiting" AND "Caution"	228	78.5
4	Accident-free="Waiting" AND "No Attention"	146	50.0
5	Accident-free="Waiting" AND "Attention"	718	73.0

여 곧바로 횡단보도를 횡단하게 되는 어린이가 83.6%로 나타났고, 무사고지점 군으로 분류된 어린이의 69.1%가 대기후 횡단하는 것으로 나타났다.

이는 현재 횡단보도에서의 어린이 교통안전 강화를 위해선 무엇보다 어린이가 대기후 횡단 할 수 있도록, 보다 적극적인 기능의 교통안전장치(시설물, 기하구조 개선), 교통안전 강화프로그램 등이 현 수준보다 강화되어 추진될 필요가 있음을 시사한다. 특히 사고다발지점에서 어린이들이 횡단보도 이용 시 곧바로 횡단하는 집단 중 접근차량에 대한 주의확인 없이 횡단안전에 방해되는 특이행동을 보이며 횡단하게 되는 어린이가 전체 97.1%로 나타났다는 점에 주목할 필요가 있다.

반면 사고발생이 적은 무사고지점 군에 속한 어린이들 경우, 사고다발지점 군과 대조적으로 대기후 출발하는 비율이 높게(69.1%) 분석되었다. 이들 중 접근차량에 대한 주의확인 행태를 보이는 어린이가 73.0%, 그렇지 않는 어린이가 50.0%로 분석되었다. 여기서 주목할만 것은 어린이의 접근차량에 대한 주의행동 없음의 비율이 사고다발지점(50.0%) 군과 무사고지점(50.0%) 구간 동일한 비율로 나타났다는 점이다.

분석결과, 의사결정나무모형의 적합도를 나타내는 분류 정확도가 73.8%로 나타났고, 오분류로 분석될 될 위험도인 추정값은 0.262으로 나타나 비교적 적합한 모형으로 판단된다.

Figure 6. Results of decision tree analysis between accident frequency and children's crossing behavior

2) 기하구조와 어린이 횡단행태 관계

학교 앞 횡단보도 주변의 기하구조 요소들 중 어린이 안전횡단 행태에 영향을 끼칠 것으로 예측되는 기하구조 요인들을 살펴보기 위해, 보행자와 기하구조 두 변수들을 Table 6과 같이 더미변수로 구성하고 단순 상관관계 분석을 실시하였다(Table 7참조).

그 결과, 어린이가 횡단 전 주변상황을 확인하는 주의 여부, 대기지점, 안전횡단 방해 행동들이 횡단보도 주변 기하구조들에 상당한 영향을 받는 것으로 나타났다.

분석된 내용을 보다 자세히 살펴보면 첫째, 어린이 대기지점의 경우, 모든 횡단행태와는 상관관계수가 음(-)의 값을 나타내는데, 이는 비신호 횡단보도 보행자의 '횡단 조급성'에 기인하는 것으로 판단된다. 횡단보도에서 보행자는 통행차량들로 인해 보행대기 시간이 길어지면, 보도연석에서 내려와 차도에서 자연스레 횡단 대기하려는 행태가 관측되기 때문이다. 이러한 '횡단 조급성'과 유사한 맥락으로, 미국의 보행자 신호등 설치기준에서 보행자의 한계 횡단 대기시간을 60초로 적용하는 것과 일정 대기시간이 지나면 진행 중인 차량을 저지시키면서까지 횡단을 시도하는 횡단행태 관측(Jang et al, 1998) 결과들과 일치한다고 판단된다. 따라서 이러한 횡단습성을 가진 보행자를 고려하여 횡단보도내 횡단 시작부와 횡단 대기 가능지점(보도, 도로연석)에서는 어린이 보행자 안전을 보다 강화시킬 수 있도록 기존 교차로와 단일로상에서 도로협착(Choker)을 시키는 효과와 유사한 도로설계 기법(장치)들이 필요하다고 판단된다.

둘째, 출입구에서 횡단보도까지 직선거리(이격거리)가 멀어질수록 어린이 보행자 대기수는 많아 질 것으로 예측된다. 따라서 어린이의 안전한 횡단행태를 유도하기 위해서는 학교 출입구를 나오자마자 도로를 횡단할 수 있도록 설치한 횡단보도보다는, 어린이가 충분히 걸어나오면서 횡단보도 앞에 이르러 차량흐름을 자연스레 인지하며 도로를 횡단할 수 있도록 횡단보도 위치를 학교 출입구와 이격시킬 필요가 있다고 판단된다.

셋째, 어린이가 대기하는 보도폭과 횡단중 주변상황 주의여부에 대한 Pearson 상관관계수가 양(+)의 관계를 보이므로, 보도폭이 넓을수록 어린이가 횡단 전 주변 차량 흐름을 파악하고, 횡단보도를 건너가는 비율이 높아진다. 특히, 어린이들의 경우에는 성인들에 비해 횡단 거리(시간)를 줄이려고 하는 조급성이 강하기 때문에 향후, 학교 출입구 앞 횡단보도는 횡단거리(도로횡단폭)가

넓은 지점은 지양하고 가능한 도로폭을 최소화하여 가능한 보도 대기면적을 넓혀주는, Figure 7와 같은 '횡단 보행자 친화형 기하구조(Crossing pedestrian-friendly geometric structure)' 변경을 고려할 필요가 있다고 판단된다.

넷째, 설치된 횡단보도의 폭과 대기여부에 대한 Pearson 상관관계수는 음(-)의 관계, 특이행동과도 음(-) 관계를 보이므로, 설치되는 횡단보도의 폭이 넓어지면 어린이들은 횡단보도에서 곧바로 횡단하는 비율이 높아지나, 횡단 중 안전을 위협하는 특이행동들은 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 Figure 7과 같은 인간공학적(Human Factor) 측면의 기하구조 설계 시, 기존 도로 폭원에 따라 횡단보도의 폭원을 결정할 것이 아니라 좁혀지는 도로 폭원별로 횡단보도의 폭원결정이 필요할 것이다.

Table 6. Dummy variables for school zone of geometric characteristics and children's crossing behavior

Dummy variable of children's Crossing Behavior	Dummy variable of geometric structure
Whether waiting or not ¹⁾ (0=No waiting, 1=Waiting and passed)	Distance from the school's entrance to the crosswalk(m)
Waiting spot (0=On carriageway, 1=On sidewalk)	Width of sidewalk(m)
Whether cautious or not (0=No attention, 1= One near/distant direction, both directions)	Width of carriageway(m)
Whether distractive behaviors or not (0=No, 1=Distractive Behavior)	Width of crosswalk(m)

Table 7. Correlation between school zone of geometric characteristics and children's crossing behavior

Category	Whether waiting or not	Waiting spot	Whether attention or not	Whether distractive behaviors or not
Distance from the school's entrance to the crosswalk(m)	0.13**	-0.456**	0.08**	-
Width of sidewalk(m)	-	-0.24**	0.21**	-0.09**
Width of carriageway(m)	-0.09**	-0.43**	0.08**	-0.09**
Width of crosswalk(m)	-0.17**	-0.26**	-	-0.13**

Unit: correlation coefficient (point)

*p<0.05, **p<0.01

Figure 7. A concept of crossing pedestrian-friendly geometric structure(NZ transport agency:Kea crossing 2007)

2. 어린이 횡단행태 패턴 분석

1) 횡단행태 패턴 자료 구축

조사지점별 녹화된 어린이 횡단보도 통행행태 비디오 자료를 토대로 각 지점별 어린이의 횡단보도 횡단패턴과 대기지점을 파악할 수 있도록 Figure 10와 같은 횡단행태 패턴일지를 CAD 프로그램으로 구축하였다.

이를 바탕으로 횡단을 시작하는 어린이의 출발점과 도착지점간 연속된 동선을 횡단보도 범위에 따라서 Figure 11과 같이 'In-In(횡단보도 안에서 안으로 횡단)', 'In-Out(횡단보도 안으로 접근·횡단하여, 횡단보도 범위 밖으로 횡단완료, 대각선 횡단)', 'Out-In(횡단보도 밖에서 접근·횡단하여 횡단보도 안으로 횡단완료, 대각선 횡단)', 'Out-Out(횡단보도 안으로 접근·횡단하여, 횡단보도 밖으로 횡단완료)' 4가지 패턴으로 1차 분류하였다(Figure 8, Figure 9 참조).

그리고 이를 다시 대기유무·대기지점별 전체 초등학교 어린이의 횡단패턴을 재분류하여, Table 8과 같이 비율분석으로 제시하였다.

Figure 8. Classification of children's crossing patterns

Figure 9. Children's crossing pattern of video survey

Figure 10. Examples of building data base for children's crossing pattern

Table 8. Percentages of children's crossing patterns by starting point and terminal point

Type		In-In(%)				In-Out(%)				Out-In(%)				Out-Out(%)				Total (%)
		W.S	W.R	N.W	Sub Total	W.S	W.R	N.W	Sub Total	W.S	W.R	N.W	Sub Total	W.S	W.R	N.W	Sub Total	
Black spot	A	51.2	17.0	12.7	80.9	-	-	-	0.0	-	-	19.1	19.1	-	-	-	0	100.0
	B	9.8	3.8	61.3	74.9	-	2.1	23.0	25.1	-	-	-	0	-	-	-	0	100.0
	C	10.1	13.5	62.9	86.5	-	-	-	0.0	-	-	11.2	11.2	-	-	2.3	2.3	100.0
Accid-ent free	D	29.4	9.5	27.3	66.2	2.2	-	3.9	6.1	-	-	-	0	3.9	-	23.8	27.7	100.0
	E	24.2	1.4	53.0	78.6	1.8	-	9.6	11.4	-	-	1.8	1.8	-	3.2	5.0	8.2	100.0
	F	18.0	24.0	6.1	48.1	-	33.9	-	33.9	-	-	-	0	-	-	18.0	18.0	100.0
Sub Total		25.9	10.4	36.3	72.6	0.7	5.0	7.5	13.2	0.0	0.0	5.1	5.1	0.7	0.7	7.7	9.1	100.0

note.1) W.S means waiting on the sidewalks, W.R means waiting on the roadway, N.W means no waiting.

2) 횡단행태 패턴 자료 분석

초등학교 출입구 앞 횡단보도에서 가장 많이 관측된 어린이가 횡단행태 패턴은 'In-In' 패턴형태로서, 전체 자료의 72.6% 비율로 나타났으며, 다음으로 In-Out(13.3%), Out-Out(9.0%), Out-In(5.1%) 순으로 나타났다.

특히, 분석된 4개의 횡단행태 패턴들 중 어린이가 교통사고 위험영향 요인과 가장 밀접한 관련이 있을 것으로 추정되는 횡단 전 대기없이 곧바로 횡단하는 행태패턴(No Waiting, N.W)의 비율은 In-In(36.3%), In-Out(7.5%), Out-Out(7.7%), Out-In(5.1%) 순으로 나타났다. 이 중 가장 높은 비율로 관측된 'In-In (N.W)' 횡단행태 패턴의 경우, 사고다발지점인 A, B, C 지점에서 12.7%, 61.3%, 62.9%로 나타났고, 무사고지점인 D, E, F에서 51.3%, 6.1%, 27.3%로 나타나 그 발생 비율이 지점별로 아주 다양함을 알 수 있다. 이와 같은 어린이가 횡단행태는 어린이들이 이미 안전교육에 대한 학습·경험으로 횡단보도를 'In-In' 패턴으로 이용해야 함을 인지하고 있으나, 주변 위험상황(접근차량 등)에 대한 주의를 기울이지 못해, 횡단보도를 대기없이 (N.W) 바로 건너가는 것으로 판단된다.

그리고 'In-Out-(N.W)', 'Out-In(N.W)' 패턴들의 경우에서도, 사고다발지점인 A지점에서 23.0%, B와 C 지점에서 19.1%, 11.2%로 관측되었으며, 이들을 제외한 나머지 지점에서는 관측되지 않았거나, 그 수치가 적은 것으로 분석되었다. 일반적으로 사고 위험성이 가장 높다고 알려진 'Out-Out(N.W)' 횡단패턴의 경우, 무사고지점인 F 지점(23.8%), E지점(18.0%)이 가장 높게 나타났지만, 사고다발지점인 C지점(2.2%)를 제외한 A, B지점에서는 관측되지 않았다.

결국, 어린이가 횡단 통행행태 패턴들은 각 지점별로 다르게 나타나고 있으며, 횡단보도 부근의 위험한 통행행

태 패턴 발생에도 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 향후의 어린이 교통사고 개선책들은 이러한 어린이가 횡단 통행특성을 반영하여, 지점별 맞춤형으로 수립될 필요가 있다.

V. 결론

어린이 교통사고 예방과 감소를 위한 현재의 정책(제도)이 앞으로 보다 나은 실효성을 거두기 위해서는, 무엇보다도 교통사고 피해자가 되는 어린이의 횡단행태 특성에 대한 이해를 전제로, 교통안전 안전대책 수립으로 이어지는 개념의 전환이 필요하다. 이러한 관점에서 본 연구는 어린이가 실제 비신호 횡단보도를 건널 때 관측되는 횡단행태 자료를 기반으로 횡단이 발생하는 행태학적 측면에서의 어린이 교통안전 위험요인들을 미시적으로 분석하고자 하였다. 본 연구의 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기초통계분석 결과 비신호 횡단보도에서 '일단 정지하지 않고 곧바로 횡단(약 32.6%)', '양방향 주의확인 없이 횡단(24.5%)' 행태 관측 비율의 합이 약 57.1%로 매우 높게 나타났다. 또한 '일단정지 않고 뛰어가는 횡단' 비율도 약 11.9%로 높았다.

둘째, 어린이 교통사고 발생빈도별 어린이 횡단행태를 분석한 결과, 교통사고 발생과 통계적으로 유의한 영향관계에 있는 변수로는 대기유무, 특이행동 유무, 주의유무로 나타났다. 이들 중 중요도가 가장 높은 변수는 어린이가 학교출입구로부터 횡단보도까지 진입하여, '대기 후 횡단' 하느냐 '대기없이 횡단' 하느냐라는 행태 변수로 나타났다. 실증자료 분석에서 사고다발지점 군에 속한 어린이의 83.6%가 '대기없이 횡단' 하므로, 이들 지역에 대해서는 어린이 보행자 중심의 안전통학로 구축 전략과 운영이 절실할 것으로 판단된다.

셋째, 어린이가 횡단행태와 비신호 횡단보도 주변 기하구조 환경 요인들간 영향관계를 분석한 결과, 어린이가 횡단보도를 횡단하기 전 자연스레 보도에서 내려와 차도에서 대기하는 경향은 주변의 횡단 기하구조 요인들과는 관계없이, 어린이의 '횡단조급성' 또는 '한계횡단 대기시간'으로 인해 발생하는 것으로 추정된다.

넷째, 어린이는 학교출입구로부터 횡단보도까지(직선)거리가 일정거리 만큼 멀어질수록, '대기후 횡단' 비율과 '주의확인' 행태 비율이 높게 나타난다. 향후, 학교출입구 앞 횡단보도는 어린이가 출입구와 접한 통학로를 충분히 걸어 나오면서 횡단보도 부근의 차량 흐름을 자연스럽게 인지하여, 횡단할 수 있도록 횡단보도 설치위치를 출입구와 일정간격 이격시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

다섯째, 횡단측 보도의 폭이 넓을수록 어린이의 '주의확인' 행태, '안전횡단(특이행동 없음)'행태 비율이 높아지므로, 학교주변 횡단지점은 도로협착(Choker)기법 등을 적용함으로써 횡단대기 지점을 넓혀주는 '횡단보행자 친화형 기하구조(Crossing pedestrian-friendly geometric structure)'로 전환시키고, 이를 통해 차량속도도 감속시킬 수 있는 보다 현실성 있는 교통안전정책 대안검토 마련이 필요할 것이다.

여섯째, 어린이의 횡단행태 패턴을 비디오 자료를 통해 총 4가지 패턴(In-In, In-Out, Out-In, Out-Out)으로 구분하여 분석한 결과, 분석지점별로 횡단통행패턴 특성에 차이가 있었다. 예를 들면, 사고 위험도가 가장 높다고 판단되는 'Out-Out(N.W)' 횡단패턴의 경우, 무사고지점인 F지점(23.8%)와 E지점(18.0%)가 상대적으로 높았다. 반면 사고다발지점인 B, C 지점의 경우 'In-In(N.W)' 횡단패턴이 각각 61.3%와 62.9%로 매우 높았다. 또한 사고다발지점인 A지점의 경우에는 'In-In(W.S)'행태가 51.2%로 높았다. 이와 같이 어린이가 횡단 통행행태 패턴은 지점별로 다르며 횡단보도 교통사고 위험패턴에도 차이가 있음을 알 수 있는데, 이는 곧 개별지점들의 어린이가 횡단 통행행태 특성을 반영한 지점별 맞춤형 교통사고 개선책이 수립되어야 할 필요성을 시사한다.

본 연구에서는 어린이가 횡단행태 특성을 실증자료를 바탕으로 면밀하게 분석하고자 노력하였다. 실제 어린이 횡단행태 특성에 관한 조사기법과 조사방법론 등에 관한 연구가 거의 없는 실정에서 본 연구에서 제시한 현장조사기법과 분석방법론은 향후 관련 연구 확대를 위한 기

초연구로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 더불어 기존 도로의 물리적 구조, 운전자 운전행태 등 만을 고려한 교통사고 안전대책에서 벗어나, 지점별로 다른 어린이가 횡단행태도 고려함으로써 보다 효율적인 교통사고 안전대책 수립에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

그러나 본 연구에서는 대규모 현장조사를 할 수 없는 현실적 제약조건들로 인해 다양한 도로특성, 토지이용형태를 나타내는 조사지점들의 표본이 확보되지 못하였다. 또한 보행행태와 패턴, 기하구조, 차량요인들이 상호 복합적으로 고려되지 않았으며, 특히 다양한 분석·검증 방법론을 적용하여 보다 심도있는 보행행태, 기하구조간 관계 해석을 도출하지 못한 한계도 존재한다.

이는 향후 대규모 추가조사를 통해 보다 정밀한 현장조사 자료를 수집함으로써, 본 연구에서 제시하고 있는 횡단행태에 대한 해석, 또는 안전 개선책 등의 검증이 이루어지며, 보다 체계적인 연구 결과물이 제시될 수 있기를 기대한다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by a Grant from Transport System innovation Program (11 Transportation System - regularity 2) funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korea Government.

REFERENCES

- Cho C. H., Lee B. J., Bin M. Y. (2010), A Contextual Study of Public Transport Information Service Use Behavior in Daily Activity, J. Korean Soc. Transp., Vol.28, No.4, Korean Society of Transportation, pp.19-30.
- Dunbar G., Lewis V., Hill R. (2002), Parent-child Interaction and road behaviour: An exploratory study, British Journal of Development Psychology, Vol.20, No.4, pp.601-622.
- Hauer E. (1997), Observational before-after studies on road safety, Pergamon.
- Hwang D. C., Choi B. S. (2011), Development of Traffic Safety Behavioral Index on Elementary School Children, J. Korean Soc. Road Engineers, Vol.13, No.4, Korean Society of Road Engineers,

- pp.187-198.
- Jang D. M., Lee B. C., Kim Y. J. (1998), A Study on Pedestrian Signal Warrants at Urbanized Area, J. Korean Soc. Transp., Vol.16, No.3, Korean Society of Transportation, pp.58-72.
- Jin H. J. (2010), Analysis for Consumer Group Using Decision Tree Model: Focus on Tangerine Consumption, J. Korean Agri. and Economics, Vol.51, No.1.
- Ju H. S., Lee M. (2010), The Effectiveness of a Participatory Road Traffic Safety Education Program for the Elementary School Students, Korea J. of Health Education and Promotion, Vol.27, No.1, pp.49-60.
- Kang S. C., Kim M. B. (2010), The Effect Analysis of Children Traffic Park Education, Road Traffic Authority, Vol.29.
- Kass G. S. (1980), An exploratory technique for investigating large quantities of categorical data, Applies Statistics.
- Kim J. G., Sagong M., Lee J. S., Lee Y. J. (2006), A Study on the Effective Selection of Tunnel Reinforcement Methods using Decision Tree Technique, J. Korean Soc. Civil Engineers, Vol.26, No.4, pp.255-264
- Kim J., Park J. J., Park K. W., Park S. Y., Kim J. H. (2008), New Methodology about the Criteria for Appointing School Zones, J. Korean Soc. Transp., Vol.26, No.5, Korean Society of Transportation, pp.29-40.
- Kim K. W., Kim D. H., Lee I. S., Lee D. W. (2009), Building a Model to Estimate Pedestrians' Critical Lag on Crosswalk, J. Korean Soc. Civil Engineers, Vol.29, No.1D, Korean Society of Civil Engineers, pp.33-40.
- Kim W. S. (2010), A Study on Factors of Education's Outcome using Decision Trees, Engineering Education Research, Vol.13, No.4, pp.51-59.
- Kim Y. S., Kang D. S., Park J. T., Lee S. B. (2010), Effect of All-Red Clearance Interval on Intersection Right-Angle Crashes, J. Korean Soc Transp., Vol.28, No.1, Korean Society of Transportation, pp.97-105.
- Kum K. J. (1999), A Characterizes to Secure the Safety of Traffic in the School Zone Using the Analytic Hierarchy Process, J. Korean Soc. Civil Engineers, Vol.19, No.3-1, Korean Society of Civil Engineers, pp.27-35.
- Kweon S. S., Shim M. H. (2005), An Epidemiological Study for Child pedestrian Traffic Injuries that Occurred in School-zone, J. Korean Soc. Preventive Medicine, Vol.38, No.2, The Korean Society for Preventive Medicine, pp.163-169.
- Lee D. H. (2005), A Development of Safety Prediction Models for Moving Behavior of Crosswalk Pedestrians, J. Korean Soc. Civil Engineers, Vol.25, No.3D, Korean Society of Civil Engineers, pp.439-445.
- Lee S. B., Jeong D. Y., Kim D. K. (2008), The Effects of a School Zone Improvement Project on Crash Reduction Regarding Land Use Characteristics, J. Korean Soc. Transp., Vol.26, No.3, Korean Society of Transportation, pp.109-117.
- NZ Transport Agency (2009), Kea Crossing: School crossing points, Factsheets 26, New Zealand Land Transport, from the world Wide Web.
- NZ Transport Agency (2011), Benefit of New and improved pedestrian facilities-before and after studies.
- Park J. Y., Kim D. G. (2010), The Characteristics of Vehicle Speed Violation in School Zones, J. Korean Soc. Road Engineers, Vol.12, No.2, Korean Society of Road Engineers, pp.63-69.
- Park S. H., Kim S. S., Hwang H. S. (2011), Understanding and Utilizing advanced SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), Free Academy Book.
- Park S. H., Oh I. K. (2012), Segmenting Silver Markets with Their Dining-Out Behavior, The Tourism Sciences Soc. Korea, Vol.36, No.4, The Tourism Sciences Society of Korea, p.18.
- Richard J. R., Michael W. G. (2007), Data Mining: A Tutorial-Based Primer, Pearson Education Book.
- Road Traffic Authority (2011), Comparison of OECD

- Countries Traffic Accidents.
- Samsung Traffic Safety Culture Research Institute (2008), Effective Classification and Strategies for the Improvement of School Zone.
- Seo M. H., Lee Y. S. (2012), Creating People -centered Streets for Everyone: Cases of Complete Streets in the USA, KRIHS Policy Brief, Vol.397, Korea Research Institute for Human Settlements.
- Simpson G., Johnston L., Richardson M. (2003), An investigation of road crossing in a virtual environment, Accident Analysis and Prevention, Vol.35, No.5, pp.787-796.
- So Y., Moon K., Oah S., Lee Y. (2008), An Examination of the Effects of Prompt on Safe Behavior of Children at Crosswalk, J. Korea Data Analysis Soc., Vol.10, No.3, pp.1387-1399.
- Veysel Dogan Akgul (2008), A Study on Children and School Pedestrians Safety in Urban Areas; A Case Study From Norrkoping City, Sweden.
- Yang J., Deng W., Wang J., Li Q., Wang Z. (2006), Modeling pedestrians' road crossing behavior in traffic system micro-simulation in China, Transporta.
- 알림 : 본 논문은 대한교통학회 제68회 학술발표(2013. 2.23)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.
- ✿ 주 작 성 자 : 이덕환
- ✿ 교 신 저 자 : 이백진
- ✿ 논문투고일 : 2012. 8. 1
- ✿ 논문심사일 : 2012. 10. 17 (1차)
2013. 4. 4 (2차)
2013. 4. 24 (3차)
- ✿ 심사판정일 : 2013. 4. 24
- ✿ 반론접수기한 : 2013. 10. 30
- ✿ 3인 익명 심사필
- ✿ 1인 abstract 교정필