Int. J. Highw. Eng. Vol. 19 No. 2 : 167-174 APRIL 2017
https://doi.org/10.7855/IJHE.2017.19.2.167

어린이보호구역내 어린이 교통사고 발생에 미치는 영향요인 분석

Accidents involving Children in School Zones Study to identify the key influencing factors

박 시 내 Park, Sinae | 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 석사 (E-mail : aagu91sn@gmail.com)
임 준 범 Lim, Junbeom | 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 연구교수 (E-mail : tsafety11@uos.ac.kr)
김 형 규 Kim, Hyungkyu | 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 (E-mail : poen2009@naver.com)
이 수 범 Lee, Soobeom | 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : mendota@uos.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study aims to analyze the impact of the implementation of a school zone traffic safety improvement project on the number of accidents involving children in these zones.

METHODS : To analyze the correlation between school zone traffic safety features of roads in the zone and the number of accidents involving children, we developed an occurrence probability model of traffic accidents involving children by using a binary logistic regression model with SPSS 23.0 software. Two separate models were developed for two zones: interior block and arterial road.

RESULTS : The model depicted that in the case of the interior block, shorter sidewalk width, speed bump, and an elevated crosswalk were key factors affecting the occurrence of accidents involving children. In the case of arterial roads exceeding a width of 12 m, the speed limit, roadside barriers, and red paving of road surfaces were found to be the key factors.

CONCLUSIONS : The results of this study can serve as the elementary research data to help improve the effectiveness of school zone traffic safety improvement projects and school zone road repair projects in future.

Keywords
binary logistic regression model, school-zone accidents, road environment, school zone, traffic safety features, children in accidents, traffic safety

Corresponding Author : LEE, Soobeom, Professor
Department of Transportation Engineering, University of Seoul ,
Seoulsiripdaero 163, Dongdaemun-gu, Seoul, 02504, Korea
Tel : +82.2.6490.5662 Fax : +82.2.6490.2819
E-mail : mendota@uos.ac.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ksre.or.kr/
ISSN 1738-7159 (print)
ISSN 2287-3678 (Online)
Received Jan. 13. 2017 Revised Mar. 03. 2017 Accepted Mar. 28. 2017

1. 서론

어린이보호구역은 기존의 열악한 어린이 통학로 환경을 개선하고 증가하는 어린이 교통사고를 예방하기 위함을 목적으로 1993년 국내에 도입되었다. 2011년부터 어린이보호구역은 노인보호구역 및 장애인보호구역에 대한 내용이 통합된 「어린이·노인·장애인보호구역 지정 및 관리에 관한 규칙」에 따라 지정되며, 지정대상 또한 학원 등으로 확대되었으며, 또한 어린이보호구역 관리의 주체도 경찰에서 지자체로 이관되었다.

어린이보호구역 개선사업은 지정된 어린이보호구역에 제한속도 설정, 보도폭 확보 등의 도로교통환경에 대한 개선과 표지판, 방호울타리 등 교통안전시설물을 설

치하는 사업으로, 최근에는 국민안전처의 「어린이·노인·장애인보호구역 통합지침(2015)」에 따라 노인보호구역 및 장애인보호구역과 통합된 관리 지침에 따라 개선사업이 이루어지고 있다. 그동안 어린이보호구역 개선사업은 어린이 교통사고 감소에 있어서 대체로 긍정적인 평가를 받아 왔다.

그러나 어린이보호구역 개선사업 시 어린이 교통사고 감소 실적보다 사업비가 과다하다는 평가를 받았으며(NABO, 2009), 전국 어린이보호구역 내 어린이 교통사고는 2013년 427건에서 2015년 541건으로 증가하는 등 어린이보호구역 개선사업이 지속해서 이루어지고 있음에도 불구하고 최근 어린이 교통사고가 다시 증가하는 추세를 나타내고 있다.

최근 위와 같은 어린이보호구역 개선사업에 대한 문제들을 해결하기 위하여 어린이보호구역내 어린이 교통안전 강화 활동뿐 아니라 어린이보호구역내 옐로 카펫 지원, LED 속도표출 표지판 지원, 어린이보호구역 정비 표준모델을 마련(MPSS, 2016)하는 등 어린이 교통사고 감소를 위한 다방면의 많은 노력이 지속되고 있다.

이와 같은 현황 검토에 따라 기존 어린이보호구역 개선사업 내용에 대한 시사점을 도출해 볼 필요성이 있다고 판단되었다. 기존에는 어린이보호구역내 도로교통환경 및 안전시설물에 대한 속도저감효과에 대하여 중점적으로 연구가 이루어져 왔으며, 속도저감효과에 따라 어린이 사고에도 긍정적인 영향을 미칠 것이라는 연구들이 존재하였으나, 직접적으로 어린이사고와의 관계를 규명한 연구는 미비하였다. 이에 본 연구에서는 어린이보호구역 개선사업 시 고려되는 도로교통환경 및 안전시설물을 중심으로 어린이사고와의 관계를 규명해보고자 하였다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 서울시 내 어린이보호구역 개선사업이 이루어진 초등학교 중 최근 5년(2011년~2015년)동안 어린이보호구역내 어린이사고 다발지점으로 선정된 지점들을 중심으로 대상지를 선정하였다. 분석대상 사고범위는 최근 6년(2010년~2015년)동안의 어린이보호구역내 어린이사고로 설정하였다. 본 연구에서 어린이사고는 만 13세미만의 어린이 사상자가 발생한 교통사고를 말한다.

어린이보호구역은 각 보호시설의 정문을 중심으로 어린이 주 통학로를 중심으로 범위 내에 지정되는데, 이에 따라 각 어린이보호구역은 이면도로에서 대로까지 각기 다른 위계를 갖는 도로들로 구성되어 있다. 이와 같이 각기 다른 위계와 특성을 갖는 도로로 구성된 어린이보호구역을 하나의 분석대상으로 설정하여 도로교통환경이나 교통안전시설물과 어린이 교통사고의 영향관계를 파악하기 어려움이 존재한다고 판단하였다. 이에 따라 어린이보호구역내 도로를 도로폭, 차로수, 신호운영방식 등에 따른 도로 특성의 연속성에 따라 각기 나누었으며, 각 분할된 도로들을 본 연구의 분석대상으로 선정하였다.

또한 위와 같이 분할된 어린이보호구역내 도로 중 이면도로와 소로를 블록내부 그룹, 중로 이상의 도로를 중로 이상 그룹으로 분류하였다. 이는 어린이보호구역내 교통량, 어린이 보행량과 같이 각 도로의 노출 정도나 주변 환경의 영향을 고려할 수 있는 변수를 수집할 수 없어, 이에 대한 한계를 극복하기 위하여 이를 반영할 수 있도록 도로의 기능에 따라 두 개의 그룹으로 분류하였다. 박규영 외 1인(2006)의 연구에서 보행량을 직접적으로 반영하지 못하는 한계를 극복하기 위해 보행량 대신 토지이용특성을 변수로 고려하였던 것과 달리, 본 연구에서의 어린이보호구역은 대부분이 주거지역에 있어 이러한 방법의 이용이 어려웠다. 이에 따라 본 연구에서는 어린이보호구역내 도로의 규모와 기능을 고려하여 두 개의 그룹으로 분류하여 각각 모형을 구축함을 통해 교통량, 보행량과 같은 노출변수의 영향을 반영할 수 있도록 고려하였다.

본 연구에서는 수집한 자료를 바탕으로 이분형 로지스틱 회귀모형(Binomial Logistic Regression Model)을 이용하여 각각의 어린이사고 발생확률모형을 구축하였으며, 이에 따라 어린이사고발생에 유의한 영향을 주는 요인들을 도출하고자 하였다. 본 연구에서는 SPSS 23.0 소프트웨어를 사용하였다. 전반적인 연구 수행과정은 다음과 같다.

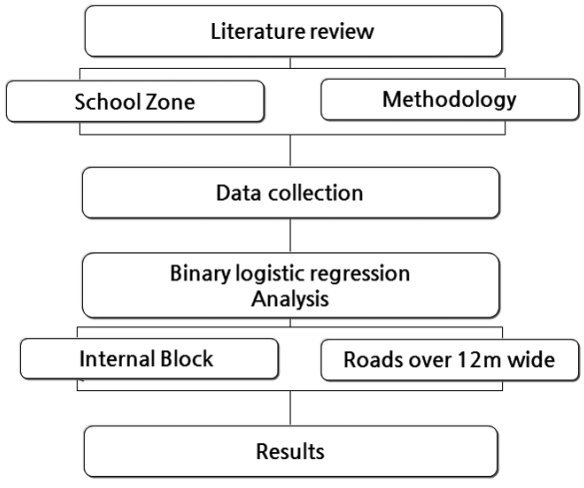

Fig. 1 Research Process

3. 기존 문헌 고찰

3.1. 어린이보호구역의 설치효과

정도영 외 2인(2008)은 통학로 특성에 따라 어린이보호구역을 분류하여 어린이보호구역 설치에 따른 어린이 사고의 사고감소효과에 대하여 비교그룹방법을 이용하여 도출하였다. 어린이보호구역 설치 후 어린이 교통사고 감소율은 약 38%로 나타났으며, ㅗ, ㄴ, ㅁ자형 통학로의 경우 교통사고 감소효과가 나타났으나, ㄷ자형은 나타나지 않았다.

이호원 외 5인(2012)은 어린이보호구역내 설치된 교통안전시설물의 현황을 파악하고 각 교통안전시설물들이 차량감속에 영향을 미치는 인자를 분석하였다. 분석결과, 과속방지턱과 고원식 횡단보도 등의 시설물이 차량감속에 영향이 있는 것으로 나타났다.

박재영 외 1인(2012)은 어린이보호구역내 시설물과 속도조사를 통하여 제한속도 준수여부를 파악하였으며, 이에 대하여 로지스틱 회귀분석을 이용하여 어린이보호구역에서 차량의 속도위반에 영향을 미치는 요인을 규명하고자 하였다. 분석결과 조사시간, 차로수, 보도폭, 도로의 유색포장 상태가 속도위반에 영향을 미치는 유의한 변수로 나타났다.

Lina Kattan et al.(2011)은 캐나다 Calgary에 있는 School Zone과 Playground Zone에서의 각각의 평균속도, 85%속도, 속도 준수율을 조사하였다. 조사결과 두 존 모두 평균속도가 낮게 나타났으나, 속도준수율은 School Zone 내에서가 Playground Zone에서보다 높게 나타났다. 또한 4차로보다 2차로일 때, 방호울타리가 설치되어 있을 때, 속도 감시 장치 설치 시, 존 내 도로 길이가 길 때 속도 준수율이 높아지는 것으로 나타났다.

Nurul Hidayati et. al.(2012)은 노면표시와 표지, 노면요철 설치, 시간대에 따른 신호운영방식 변화를 통한 특정 시간대에 속도를 제한하는 구역인 ZoSS (School Safety Zone)의 설치를 통한 과속에 대한 영향을 평가하였다. 분석 결과 ZoSS의 설치는 차량의 속도감소에 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 학교 등교시간대에 횡단보도로 향하는 차들의 평균속도가 감소하였으며, 횡단보도를 지나서 다시 평균속도가 증가한다고 하였다.

Lesley Strawderman et. al.(2015)은 School Zone 중 2차로보다는 4차로, 표지의 포화 정도가 높은 경우 평균통행속도가 낮다고 하였다. 또한 4차로에 위치한 School Zone의 경우 2차로에서보다 운전자의 법 준수율이 더 높게 나타났으며, 평균 사고빈도수 4차로와 표지의 포화 정도가 높은 School Zone에서 또한 높게 나타났다. Lesley Strawderman et. al.은 이러한 결과를 교통량의 영향으로 평가하였으며, 교통량이 증가하면서 밀도가 높아져 차량들의 평균 운전 속도가 낮아져 법규준수율 또한 높아진 것으로 판단하였다. 또한 도시에 있는 School Zone의 신호체계에서 운전자의 법 준수율이 높게 나타났다. 표지의 포화 정도의 경우 표지의 포화 정도가 높다는 것에 있어 부정적인 결과가 나타나지 않아, School Zone 표지는 필요한 것으로 판단하였다.

3.2. 이분형 로지스틱 회귀분석 문헌 고찰

박규영 외 1인(2006)은 지방부 4차로 국도를 대상으로 보행자 사고와 도로안전시설물과의 영향관계를 연구하고자 하였다. 영향관계연구를 위하여 이분형 로지스틱 회귀분석을 이용하여 보행자사고확률모형을 구축하였는데, 종속변수는 보행자 사고 발생 여부(1=사고발생, 0=사고발생안함)로 설정하였다. 또한 95% 신뢰수준에서 다양한 도로교통 변수 중 도로유형(단일로, 교차로)에 따라 사고발생여부에 차이가 존재하는 것으로 나타나 단일로와 교차로 모형을 따로 구축하였다. 분석 결과, 교차로모형의 경우 교통량, 횡단보도, 신호등, 가드레일, 조명, 입지는 (+)로 보행자사고 발생에 증가영향으로 나타났으며, 시거, 보도의 경우 (-)로 보행자사고에 감소영향으로 나타났다. 또한 단일로 모형에서는 교통량, 횡단보도, 신호등, 중앙분리대, 가드레일, 보도, 입지가 (+)로 증가영향, 조명이 (-)로 감소영향으로 나타났다. 박규영 외 1인(2006)은 또한 시설물별 효과도를 비교위험도로 분석 및 제시하였다. 비교위험도는 점추정치는 승산비(odds ratio)뿐 아니라, 이에 대한 95% 신뢰구간(CI, Confidence Interval)을 추정하여 위험도를 구간 값으로 제시하여 그 결과에 대한 해석을 추가적으로 분석하였다.

박정순 외 3인(2016)은 청주시의 신호교차로에 설치된 36개 다기능단속카메라(신호 및 과속)에서 수집한 속도위반자료를 바탕으로 속도위반과 인적, 차량, 도로환경요인간의 관련성을 알아보고자 이분형 로지스틱 회귀분석을 이용하였다. 종속변수에는 정상속도로 단속카메라가 설치된 교차로를 통과한 정상속도 주행차량을 0으로, 속도위반 차량을 1로 설정하였다. 분석 결과에 대하여 Wald 통계치와 유의수준 95%에서의 유의확률에 따라 속도위반 발생에 영향을 주는 설명변수를 도출하였으며, 회귀계수(B)의 부호에 따라 해석하였다. 분석결과 유의수준 95%에서 유의하다고 나타난 설명변수는

운전자의 성별, 나이, 계절, 시간대, 제한속도, 공간적 특성(도시부/도시외곽부/지방부)로 나타났다.

3.3. 기존 연구의 한계와 연구방향 정립

기존 국내·외 어린이보호구역 관련 연구에서는 어린이보호구역내 다양한 도로교통환경 및 교통안전시설물의 개선 또는 설치에 따른 속도저감효과에 대한 연구가 중점적으로 이루어져 왔다. 아직까지는 어린이보호구역 개선사업에 대한 사고감소효과 또는 어린이보호구역 개선사업 시 고려되는 도로교통환경이나 교통안전시설물이 어린이사고에 얼마나 긍정적인 영향을 미치는지에 대해 진행되었던 연구는 미비한 상황이다.

이에 본 연구에서는 어린이보호구역 개선사업 시 주로 설치 또는 개선의 대상이 되는 어린이보호구역내 도로교통환경과 교통안전시설물 중 어린이사고에 영향을 주는 요인을 도출하는 연구를 진행하고자 한다. 분석 시 기존에 다수의 문헌이 어린이보호구역 지점들을 대상으로 했던 내용과는 다르게, 보호구역내 도로를 각 특성의 연속성을 기준으로 나누어 각각 분할된 도로들을 대상으로 하였다. 분석결과를 토대로 어린이 사고와의 영향관계에 있는 도로교통환경 및 교통안전시설물을 각 영향도의 크기에 따라 비교해보고자 한다.

분석에 앞서 어린이사고에 대한 조사결과 사고가 자주 발생하지 않고, 사망사고가 거의 없었다. 이러한 어린이사고의 특성을 반영하여 모형 구축 시 앞서 고찰한 박규영 외 1인(2006)의 연구를 참고하여 어린이사고 발생유무를 종속변수로 하는 어린이사고발생확률에 대한 모형을 구축하고자 한다.

또한 영향요인 도출 시 모형의 적합도 등에 대한 평가는 박정순 외 3인(2016)의 연구를 참고하여 해석하고자 하며, 박규영 외 1인(2006)의 연구에서 수행한 odds ratio에 대한 신뢰범위에 대한 분석을 본 연구에서도 참고하였으며, 이에 따라 모형 결과에 대한 좀더 신뢰성 높은 분석을 하고자 하였다.

4. 어린이사고발생확률모형 개발

4.1. 자료 수집 및 정리

본 연구대상지는 총 60개 지점이며, 각 지점의 어린이보호구역 도로를 분할한 결과 총 187개였다. 이 중 블록내부 도로는 109개, 중로 이상은 78개로 구분하였다. 분할된 총 187개의 분석대상 도로에서 최근 6년간(2010년~2015년) 발생한 전체 어린이사고를 조사한 결과, 총 73개 도로에서 어린이사고가 발생하였으며 사고건수는 6년간 102건으로 나타났다.

분할된 각 도로의 도로교통환경 및 교통안전시설물에 대하여 다음 Table 1의 내용과 같은 변수를 수집하였다. 수집 변수는 어린이보호구역 개선사업 시 설치 또는 개선하고자 고려되는 변수들을 중심으로 선정하였다. 어린이보호구역에 대한 현황조사는 도로교통공단의 어린이보호구역 도면과 서울시 내부자료, 서울시 T-GIS, 포털사이트 지도를 활용하였으며, 사고조사는 교통사고분석시스템(TAAS)의 GIS 시스템을 활용하였다.

또한 대부분 변수들을 더미변수 또는 범주형 변수로 처리하여 Table 1의 내용과 같이 입력 처리하였다.

Table 1. Dependent and Explanatory Variables

Variable code	Data format
Children accidents	Yes:1, No:0
Dependent variables	
Land use(X_1)	Residential area:1, or Not:0
Road width(X_2)	m
Satisfy minimum lane width(3.0m) standard(X_3)	Yes:1, No:0
Satisfy minimum sidewalk width(1.5m) standard(X_4)	Yes:1, No:0
Posted speed limits(X_5)	kph
One-way street(X_6)	Yes:1, No:0
Lanes(X_7)	# of lanes
Speedbumps(X_8)	Yes:1, No:0
Crosswalk(X_9)	Yes:1, No:0
Elevated crosswalk(X_{10})	Yes:1, No:0
Red pavement(X_{11})	Yes:1, No:0
Combination speed limit signs in school zone(X_{12})	Yes:1, No:0
Combination slow signs in school zone(X_{13})	Yes:1, No:0
Speed limit signs(X_{14})	Yes:1, No:0
Slow signs(X_{15})	Yes:1, No:0
Speed limit pavement marking(X_{16})	Yes:1, No:0
Slow pavement marking(X_{17})	Yes:1, No:0
Zigzag pavement marking(X_{18})	Yes:1, No:0
Barrier(X_{19})	Yes:1, No:0
CCTV for illegally parking or stopping(X_{20})	Yes:1, No:0
Combination no parking or stop signs in School Zone(X_{21})	Yes:1, No:0
No parking or stop signs(X_{22})	Yes:1, No:0
Children protection signs(X_{23})	Yes:1, No:0
Road reflector(X_{24})	Yes:1, No:0

4.2. 자료 수집 및 정리

4.2.1. 이분형 로지스틱 회귀모형 개요

로지스틱 회귀분석(Logistic Regression Analysis)은 종속변수가 범주형인 경우에 종속변수와 하나 이상의 독립변수들 사이의 함수관계를 설명하는 통계적 분석방법이다. 위와 같이 종속변수가 범주형일 때는 다음 식과 같은 일반적인 회귀모형을 적용할 수 없으므로 로지스틱 회귀분석을 통해 분석해야 한다(데이터솔루션 컨설팅팀, 2007).

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} \quad (1)$$

이를 해결하기 위하여 종속변수가 범주형 이분형(binary variable)일 때 로그오즈 변수로의 치환을 통해, 최종적으로 회귀분석의 종속변수가 될 수 있는 요건을 갖출 수 있게 되며, 이를 로지스틱 회귀모형(logistic regression model)이라 정의하며 모형 식은 다음과 같다.

$$\log_e\left(\frac{p}{1-p}\right) = \alpha + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \cdots + \beta_k X_{ki} \quad (2)$$

로지스틱모형의 다른 표현 방법은 직접 지수함수$\exp(x) = e^x$을 이용하여 나타내는 것인데, 이는 다음 식과 같다.

$$P_1 = \frac{\exp(\alpha + \beta x)}{1 + \exp(\alpha + \beta x)} \quad (3)$$

본 연구에서 어린이사고발생 유무(1=사고발생, 0=사고발생없음)가 종속변수로 설정하였는데, 이와 같이 종속변수가 범주형일 때 사용되는 로지스틱회귀모형에서 단지 두 개의 값만을 가질 때 사용되는 통계적 분석방법을 이분형 로지스틱 회귀모형(Binomial Logistic Regression Model)이라 한다. 분석결과, 도출되는 Wald 통계량, Exp(B) 등을 이용하여 종속변수에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 설명변수를 판단할 때 활용할 수 있다.

4.2.2. 모형검정방법

로지스틱 회귀분석에서 일반적으로 가장 많이 사용하는 검정방법은 Hosmer and Lemeshow 적합도 검정이다. Hosmer and Lemeshow 검정방법은 로지스틱 회귀모형에서의 goodness-of-fit 검정법이다(유진은, 2013). 종속변수의 실제 수치와 모형에 의한 예측치 간의 일치정도에 대하여 Pearson 카이제곱(X_2) 검정을 수행한다. 구축된 모형이 유의수준 0.05 이하에서 유의수준보다 크게 나타나면 추정된 모형이 잘 적합되었음을 판단할 수 있다.

모형의 설명력을 제시해주는 Cox and Snell의 R^2과 Nagelkerke의 R^2은 로그우도 값을 이용하여 계산된 결정계수(R^2)이다. 로지스틱 회귀분석에서 두 개의 결정계수 값은 종속변수 값에 따라 변하게 되며, 그 값도 대체로 낮은 경향이 있어 이 값들의 수치에 대해 많은 의미를 두고 해석할 필요성이 없다. 회귀분석에서는 일반적으로 결정계수(R^2)나 분산분석을 통해 모형의 설명력 및 통계적 유의성을 검증하나, 이분형 로지스틱 회귀분석의 경우 종속변수가 2개의 범주로 제한되었기 때문에 결정계수(R^2)값을 모형의 적합도 검정에 쓰지 않는다(박종선, 2013).

4.3. 변수 선정 및 검토

본 연구에서는 종속변수인 어린이사고 발생유무와 앞서 제시한 설명변수들과의 영향관계를 우선적으로 분석하여 통계적으로 유의한 관계에 있는 변수를 채택하여 모형에 투입하고자 하였다. 이는 모형 구축 시 최소의 독립변수를 채택하여 적합한 모형을 구축하는 것이 바람직하기 때문이다(박규영, 2006). 이에 따라 블록내부와 중로 이상 모형 각각에 대하여 Pearson 상관관계분석을 수행하였으며, 분석 수행 결과에 따라 도출된 변수는 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Correlation Analysis Result

Case	Variables
Internal block	• Satisfy minimum sidewalk width(1.5m) standard (X_4) : −0.281** • Elevated crosswalk(X_{10}) : −0.199* • Speedbumps(X_8) : −0.243* • Combination no parking or stop signs in School Zone(X_{21}) : −0.216* • Zigzag pavement marking(X_{18}) : −0.205*
Roads over 12m wide	• Red pavement(X_{11}) : −0.300* • Posted speed limit(X_5) : −0.290* • Barrier(X_{19}) : −0.379** • Crosswalk(X_9) : −0.263* • Slow signs(X_{15}) : *0.254*

위와 같은 결과로 나타난 변수들을 투입하여 블록내부와 중로 이상 그룹의 각각의 어린이사고확률모형을 구축하기 전에 먼저 변수 간의 다중공선성을 검토하였다.

다중공선성에 대한 검토를 위해 회귀모형의 VIF값을 도출하였다. VIF값은 하나의 독립변수를 고정한 후 다

Table 3. Multicolinearity Analysis Result

Case	Variables		Nonstandard coefficient		Standard coefficient	t	Sig	Collinearity value	
			B	S.E	Beta			allowance	VIF
Internal block	(Constant)		.811	.140		5.796	.000		
	X_4	Satisfy minimum sidewalk width(1.5m) standard(yes=1, no=0)	−.169	.087	−.183	−1.950	.054	.902	1.109
	X_{10}	Elevated crosswalk(yes=1, no=0)	−.165	.085	−.178	−1.944	.055	.954	1.049
	X_8	Speedbumps(yes=1, no=0)	−.276	.142	−.181	−1.940	.055	.919	1.088
	X_{21}	Combination no parking or stop signs in School Zone(yes=1, no=0)	−.122	.089	−.129	−1.367	.175	.896	1.116
	X_{18}	Zigzag pavement marking(yes=1, no=0)	−.191	.115	−.150	−1.658	.100	.970	1.031
Roads over 12m wide	(Constant)		.140	.266		.527	.600		
	X_{11}	Red pavement(yes=1, no=0)	−.237	.105	−.231	−2.262	.027	.933	1.071
	X_5	Posted speed limit(20kph~60kph)	.014	.006	.225	2.218	.030	.949	1.054
	X_{19}	Barrier(yes=1, no=0)	−.240	.111	−.232	−2.165	.034	.846	1.181
	X_9	Crosswalk(yes=1, no=0)	.187	.147	.132	1.274	.207	.902	1.108
	X_{15}	Slow signs(yes=1, no=0)	−.206	.129	−.161	−1.593	.116	.960	1.042

른 독립변수들과의 관계를 통해 계산되는 값으로, VIF 값이 10보다 크게 나타나면 어떤 특정 독립 변수들 간에 다중공선성이 존재하는 것이다. 다중공선성이 존재하는 변수는 회귀모형에 투입하기 적절하지 않다(이일현, 2014). 다중공선성 검토를 한 결과는 Table 3과 같으며, 10이 넘는 변수가 없어 다중공선성이 없는 것으로 판단되었다.

4.4. 분석 결과

앞에서 선정한 변수들을 독립변수로 하였으며 어린이 사고발생확률모형을 구축하였다. 모형에 대한 적합도 검정인 Hosmer-Lemeshow 검정결과는 Table 4에 제시했다. 구축된 모형은 유의수준 0.05 이하에서 유의확률 값이 유의수준보다 훨씬 큰 0.469, 0.250이므로 추정된 모형이 잘 적합되었다고 할 수 있다.

Table 4. Hosmer and Lemeshow Test Results

Case	X_2	d.f	sig.
Internal block	5.602	6	.469
Roads over 12m wide	4.111	3	.250

Table 5는 본 연구의 어린이사고발생확률모형에 대한 구축 결과를 표로 정리한 것이다. 추정된 계수(B)와 Wald 통계량, Exp(B) 등이 제시되어 있다.

블록내부 모형의 경우, 지그재그노면표시 유무를 제외한 나머지 변수들의 경우 유의수준 0.05 이하에서 모두 통계적으로 유의한 결과를 나타냈다. 또한 Exp(B)가 모두 1보다 작은 값을 나타내고, 회귀계수(B)값이 (−)로 어린이사고에 감소영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한 Wald 통계치 기준으로 과속방지턱, 최소 보도폭 확보유무, 고원식횡단보도 유무 순으로 영향도가 높은 것으로 나타났다.

중로 이상 모형의 경우 적색포장 유무, 제한속도, 방

Table 5. Results of Binary Logistic Regression

Case	Variables		B	S.E.	Wald	d.f.	Sig.	Exp(B)
Block inside	X_4	Satisfy minimum sidewalk width(1.5m) standard(yes=1, no=0)	−1.035	.482	4.602	1	.032	.355
	X_{10}	Elevated crosswalk(yes=1, no=0)	−1.045	.501	4.358	1	.037	.352
	X_8	Speedbumps(yes=1, no=0)	−1.626	.734	4.909	1	.027	.197
	X_{18}	Zigzag pavement marking(yes=1, no=0)	−2.078	1.152	3.255	1	.071	.125
	(Constant)		1.592	.756	4.435	1	.035	4.911
Roads over 12m wide	X_{11}	Red pavement(yes=1, no=0)	−1.300	.542	5.758	1	.016	.273
	X_5	Posted speed limit(20kph~60kph)	.090	.045	4.027	1	.045	1.094
	X_{19}	Barrier(yes=1, no=0)	−1.082	.540	4.014	1	.045	.339
	(Constant)		−1.801	1.479	1.482	1	.223	.165

호울타리 유무였으며, 선정된 모든 변수는 유의수준 0.05이하에서 통계적으로 유의하게 나타났다. 적색포장 유무와 방호울타리 유무의 경우 Exp(B)가 모두 1보다 작게 나타나고 회귀계수(B)값이 (-)로 어린이사고에 감소영향을 미치는 것으로 분석되었다. 반면 제한속도의 경우 Exp(B)가 1보다 크지만 1에 가깝게 나타났다. 또한 회귀계수(B)값이 (+)로 나타나, 중로 이상 도로에서 제한속도가 낮을수록 어린이사고에 감소영향을 미치는 것으로 분석되었다. Wald 통계치에 따르면 적색포장 유무, 제한속도, 방호울타리 유무 순으로 영향도가 높게 나타났다.

이에 앞서 우선 Exp(B)값의 신뢰구간(CI: Confidence Interval)을 다음 Eq. (4)에 따라 정규분포를 이용한 점근법을 이용해 추정하고자 하였으며, 그 결과는 다음 Table 6과 같다. Wald 통계량이나 Exp(B)값을 기준으로 특정 독립변수의 효과도를 하나의 값으로만 판단하기에는 교통사고의 경우 여러 요인이 복합적으로 나타나고 실험실에서와는 달리 현장이기에 다른 요인이 통제되지 않는 점 등으로 인하여 수치하나의 값으로만 독립변수의 영향도를 제시하는 것에 있어서 무리가 있을 수 있기 때문이다(박규영, 2006).

$$95\%\ CI(OR) = \exp[\beta \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \times S.E.(\beta)] \quad (4)$$

Table 6. Estimation of Confidence Interval of Exp(B)

Case	Variables	B	S.E.	Estimation of confidence interval	
				Exp (B)	Confidence interval
Block inside	X_4	-1.035	.482	.355	0.138~0.914
	X_{10}	-1.045	.501	.352	0.132~0.939
	X_8	-1.626	.734	.197	0.047~0.829
	X_{18}	-2.078	1.152	.125	0.013~1.197
Roads over 12m wide	X_{11}	-1.300	.542	.273	0.094~0.788
	X_5	.090	.045	1.094	1.001~1.195
	X_{19}	-1.082	.540	.339	0.118~0.977

블록내부와 중로 이상 도로 모형 모두 95% 신뢰구간에서 블록내부의 지그재그노면표시 유무를 제외하고 Exp(B)과 동일한 영향을 나타내는 것으로 분석되었다.

블록내부에서 지그재그노면표시가 설치된 경우 유의하지 않았던 Wald통계량이 아닌 Exp(B)만 보면 어린이사고 발생확률이 0.125배 감소하나, 범위는 0.013~1.197배로 나타나 일부 구간에서는 어린이사고 발생확률이 증가함을 알 수 있다. 이는 교통량이 많지 않고 도로 폭이 좁은 블록내부 구간에서는 노면표시로 차량의 속도제한을 하는데 있어서 각 도로의 상황에 따라 감소영향이 미치지 못할 수 있음을 뜻한다. 이에 따라 이를 보완할 수 있는 추가적인 시설물이나 다른 조치가 필요한 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 어린이보호구역 개선사업 시 고려되는 도로교통환경 또는 안전시설물과 어린이보호구역내 어린이사고 발생의 영향 관계를 파악하고자 이분형 로지스틱 회귀모형을 구축하였다. 기존 연구들과는 다르게 본 연구에서는 위계와 도로교통 특성이 다른 어린이보호구역내 도로를 분할하여 블록내부와 중로 이상 도로들로 구분하여 모형을 각각 구축하였으며, 구축 결과 각 도로교통 환경에 따라 어린이 사고에 미치는 영향 인자가 다르게 나타났다.

우선 블록내부의 경우 과속방지턱 유무, 최소 보도폭 확보 유무, 고원식횡단보도 유무가 어린이사고 발생에 대한 영향요인으로 도출되었다. 선정된 변수들은 차량 통행속도 제한을 목적으로 하는 시설물들 위주로 선정되었으며, 특히 차량에 물리적으로 영향을 주는 과속방지턱과 고원식횡단보도의 영향이 크게 나타났다.

블록내부 도로들은 어린이보호구역임에도 불구하고 아직 어린이와 차량의 분리, 즉 보·차도분리가 이루어지지 않은 도로들이 다수 존재하였다. 이에 대해 최소 보도폭 확보 여부가 어린이 사고 발생의 영향요인으로 도출된 것은 대부분의 어린이보호구역내 어린이사고가 보행사고임을 고려한다면 의미있는 결과로 판단할 수 있다.

반면 중로 이상 그룹의 경우 적색포장 유무, 방호울타리 유무, 제한속도가 어린이사고 발생에 대한 영향요인으로 나타났다. 속도관련 요소 뿐 아니라 무단횡단방지시설이 같이 최종 모형에 선택되었다.

중로 이상의 도로들은 어린이보호구역내 도로임에도 불구하고 어린이보호구역의 목적보다 해당 도로의 기능을 더 중시하여 제한속도가 40~60km/h로 설정되어 있는 구간들이 존재한다. 분석결과에 따르면, 회귀계수(B)와 Exp(B), Wald 통계치에 따라 제한속도가 낮을수록 어린이 사고에 감소 영향을 미치는 것으로 해석했지만, Exp(B)값이 1에 가까워 각 도로의 상황에 따라 감소 영향이 미비할 수 있어, 그 영향에 대해 검토해 볼 필요가 있다. 그룹 내 중로에 해당되는 도로들의 경우 어린이들의 무단횡단이 가능하기 때문에, 도로의 기능보다는 어

린이와 같은 교통약자를 중심으로 보다 낮게 설정하는 것이 어린이사고 발생에 감소 영향을 미칠 것으로 판단된다. 대로 이상 도로의 경우 보호구역 내 도로의 제한속도에 대하여 도로 기능과 상충되는 부분에 있어서 향후 연구가 더욱 필요할 것으로 판단된다.

위와 같은 본 연구의 결과는 향후 어린이보호구역 개선사업 또는 보수사업 시 우선적으로 검토 또는 고려해 볼 수 있는 요소에 대한 하나의 기초 근거 자료가 될 것이라 판단된다. 그러나 본 연구에는 여러 가지 한계점들이 존재하였다.

우선 어린이보호구역의 지점별 현황 또는 어린이 보호구역내 사고에 대한 DB수집에 어려움이 존재하였다. 이에 따라 분석대상 범위를 서울시로 한정하여 설정하였다. 향후 지점내 각 도로에 대한 DB가 구축되거나 조사가 가능해진다면, 위와 같은 공간적 범위를 넓힐 뿐 아니라, 사고 범위 또한 전체 보행자 사고로 넓혀 어린이 사고만의 영향요인에 대해 연구를 진행한다면 좀더 신뢰성 있고 활용성 있는 결과를 도출할 수 있을 것이다.

또한 어린이보호구역내 교통량과 보행량 등 노출변수에 대한 DB가 구축되어 있지 않아 이를 직접적으로 반영하지 못했다. 특히 교통량과 사고 발생 확률은 절대적인 관계에 있기에, 이러한 점을 반영하기 위해 본 연구에서는 어린이사고확률모형을 블록내부와 중로 이상 그룹으로 구분하였다. 그러나 이는 직접적으로 반영하지 못한 한계가 존재한다. 향후 연구에서 교통량과 보행량에 대하여 직접 현장조사를 수행하여 필요한 지점들의 주변가로 교통량 DB를 구축하거나, 재학생 수 등을 노출 변수로 고려한다면 이를 더욱 보완할 수 있을 것이며, 이를 통해 어린이보호구역 개선사업의 어린이사고의 영향에 대한 더욱 깊이있는 다양한 연구가 진행되기를 기대한다.

REFERENCES

Choi Saerona, Kim M.J., Oh C., Lee K.Y. (2013), Effects of Weather and Traffic Conditions on Truck Accident Severity on Freeways, Korean Society Of Civil Engineers, 33(3), 1105-1113.

Data Solution Consulting Team(2007), SPSS Statistics Regression Analysis, Data Solotion, Korea.

Dilum Dissanayakea, J. Aryaija, D.M. Priyantha Wedagama (2009), Modelling the effects of land use and temporal factors on child pedestrian casualties, Accident Analysis and Prevention, 41, 1016-1024.

Jung Doyoung, Kim D.K., Lee S.B. (2008), An Evaluation of the Crash Reduction Effects of School Zone Improvement Projects, Seoul City Research, 9(1), 1-13.

Kim Taeho, Kim D.K., Lee S.B. (2013), An Influence of Safety on Elementary School Road by Types of Urban Spatial Structure, Journal of the Korean Society of Safety, 28(5), 71-77.

Lee Hoonyoung (2010), Research Methodology, ChungRam, Korea.

Lee Howon, Joo D.H., Hyun C.S., Kim D.H., Park B.H., Lee C.K.(2012), An Analysis of Effects of Travel Speed Using the Safety Facilities in the School Zones, Journal of Intelligent Transportation Systems, 11(3), 124-132

Lee Ilhyun (2014), EasyFlow Regression Analysis, HanNaRae, Korea.

Lesley Strawderman, M. M. Rahman, Y. Huang, A. Nandi (2015), Driver behavior and accident frequency in school zones: Assessing the impact of sign saturation, Accident Analysis and Prevention, 82, 118-125.

Lina Kattan, R. Tay, S. Acharjee (2011), Managing speed at school and playground zones, Accident Analysis and Prevention, 43, 1887-1891.

Ministry of Public Safety and Security (2015), Inclusive School · Silver · andicap Zone Action Plans.

Ministry of Public Safety and Security (2016), Standard School Zone Maintenance Model.

National Assembly Budget Office (2009), Evaluation of Improvement of Local Road Structure Project.

NHTSA (2006), Demonstration of Automated Speed Enforcement in School Zones in Portland, Oregon.

Nurul Hidayatia, R. Liu, F. Montgomery (2012), The Impact of School Safety Zone and Roadside Activities on Speed Behaviour: the Indonesian Case, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 54, 1339-1349

Park Jaeyoung, Kim D.K. (2010), The Characteristics of Vehicle Speed Violation in School Zones, International Journal of Highway Engineering, 12(2), 63-69.

Park Jeongsoon, Kim J.H., Hyun C.S., Joo D.H. (2016), Analysis of Speeding Characteristics Using Data from Red Light and Speed Enforcement Cameras, Journal of Transportation Engineering, 34(1), 29-42.

Park Jongsun (2013), A study on the Factors Affecting the Severity of Pedestrian Accidents in Urban Area, Master' s Degree thesis, University of Seoul.

Park Kyuyung, Lee S.B. (2006), Estimating the Effectiveness of Road Safety Features using Pedestrian Accident Probability Model, Journal of Transportation Engineering, 24(4), 55-65.

Xiaohua Zhaoa, J. Lia, H. Ding, G.Zhang, J. Rong (2015), A generic approach for examining the effectiveness of traffic control devices in school zones, Accident Analysis and Prevention, 82, 134-142.

Yoo Jineun (2013), The Goodness-of-fit of Logistic Regression Models with Continuous Covariates through Hosmer-Lemeshow Statistics, Journal of Educational Evaluation, 27(3), 579-596.