

생활도로 내 보행자 사고유형별 안전 지표 분석

Analysis of Safety Indicators by Pedestrian Accident Types in Urban Community Roads

이 정 현* · 안 세 영** · 이 재 덕** · 노 찬 우*** · 장 일 준****

* 주저자 : 가천대학교 도시계획학과 박사과정

** 공저자 : 가천대학교 도시계획학과 연구교수

*** 공저자 : 가천대학교 도시계획학과 석사과정

**** 교신저자 : 가천대학교 도시계획학과 교수

Junghyun Lee* · Seyoung Ahn* · Jaeduk Lee* · Chanwoo Roh* ·
Iljoon Chang*

* Dept. of Urban Planning., Univ. of Gachon

† Corresponding author : Iljoon Chang, ijchang@gachon.ac.kr

Vol. 23 No.5(2024)
October, 2024
pp.34~46pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
https://doi.org/10.12815/kits.
2024.23.5.34Received 6 September 2024
Revised 1 October 2024
Accepted 14 October 2024© 2024. The Korean Society of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

이 연구는 생활도로에서 발생하는 다양한 유형의 보행자 사고(교통사고, 범죄, 군중 압사 사고, 낙상)에 대한 안전 지표를 분석하는 것을 목표로 한다. 이 연구의 필요성은 이러한 도로의 복잡성과 협소함이 보행자 안전에 큰 위협이 된다는 점에서 비롯된다. 연구에서는 문헌조사, 사례조사, 현장조사를 통해 보행자 사고의 위험요인을 도출하였으며, 이러한 위험요인들을 계층적 분석법(AHP)을 사용하여 각 안전 지표의 상대적 중요도를 체계적으로 평가하였다. 분석 결과, 교통사고의 경우 보행자와 차량의 경로 분리 및 유효 보도 폭이 중요한 요인으로 나타났다. 범죄 관련 사고에서는 조명과 CCTV 설치가 가장 중요한 요인으로 분석되었다. 군중 압사 사고에서는 보행자 통행량과 유효 보도 폭이 주요 요인으로 확인되었으며, 낙상 사고를 예방하기 위해서는 경사도와 유효 보도 폭이 중요한 요인으로 나타났다. 이러한 결과는 생활도로의 안전성 개선을 위한 구체적인 대책 마련에 기여할 수 있을 것이다.

핵심어 : 생활도로, 보행자 사고 위험요인, 안전성 지표, 계층적 분석법

ABSTRACT

This study aims to analyze safety indicators for various types of pedestrian accidents (traffic accidents, crimes, crowd crush incidents, and falls) in urban community roads. The need for this research arises from the complexity and narrowness of these streets, which significantly threaten pedestrian safety. The study employed literature reviews, case studies, and field surveys to identify risk factors for pedestrian accidents. These risk factors were then systematically evaluated using the Analytic Hierarchy Process (AHP) to determine the relative importance of each safety indicator. The analysis revealed that for traffic accidents, factors such as the separation of pedestrian and vehicle paths and the effective sidewalk width are critical. For crime-related incidents, lighting and CCTV coverage were found to be the most important. In crowd crush incidents, pedestrian traffic volume and effective sidewalk width were identified as key indicators, while slope and effective sidewalk width were crucial for preventing falls. These findings contribute to the development of targeted safety improvement measures for urban community roads.

Key words : Community Road, Pedestrian Accident Risk Factors, Safety Indicators, Analytic Hierarchy Process (AHP)

I. 서론

생활도로는 교통사고뿐만 아니라 범죄, 다중 밀집 인파, 낙상 등 다양한 위험요소가 존재하여 보행자의 안전을 위협하고 있다. Shin and Nam(2022)의 생활도로 관련 설문조사에 따르면, 생활도로 보행자 1,000명 중 약 84.1%(복수응답) '교통사고'를 생활도로의 주요 위험요소로 꼽았으며, 다음으로 '재난·사고 발생 시 신속한 대응 곤란'이 80.0%(복수응답) 나타났다. 특히 2022년의 '이태원 인파 사고'를 경험한 현재 시점에서, 협소하고 복잡한 생활도로에 대한 체계적인 안전 개선 대책 마련이 시급하다.

현재 생활도로는 군·구 도로로 분류되어 고속도로에 비해 재정 지원 규모가 작고, 대부분의 지방자치단체는 체계적인 관리 시스템을 갖추지 못한 상태에서 생활도로의 위험성을 줄이는 데 어려움이 있다. 따라서 생활도로의 현실을 고려했을 때, 제한된 예산 내에서 효율적인 관리체계를 구축할 수 있는 안전 지표 마련이 절실하다.

본 연구에서는 보행자 안전에 영향을 미치는 도로 환경적 특성을 고려하여 보행자 사고 유형별로 위험요인을 도출하고, 각 요인별 중요도(가중치)를 평가하였다. 도출된 위험도 평가 결과를 바탕으로 생활도로의 체계적인 안전 개선 방안을 모색하였다.

II. 선행연구 검토

본 연구에서는 생활도로 내 사고유형별 안전도를 평가하기 위한 위험요인을 도출하고 이를 보행자 안전성 지표로 선정, 위험도 평가를 위한 지표별 가중치를 분석하는 것을 목표로 한다. 연구를 진행하기 앞서 위해 생활도로 내 보행자 위험요인 관련 선행연구를 고찰하였으며 주요 내용은 다음과 같다.

1. 위험요인 도출에 관한 연구

Chang et al.(2011)의 연구는 생활도로 내 비신호 교차로의 안전성 향상을 위해 교통사고 예측모형을 구축하였다. 주요 변수로는 DB분석 및 현장조사를 통해 교통량, 차로폭 크기, 교차로 시거, 보차분리 유·무, 조명설치 유·무를 도출하였고 시거, 보차분리, 조명시설 설치가 사고의 감소에 영향을 미치는 것으로 도출하였다.

Lim et al.(2014)의 연구는 보행자 안전성을 위해 폭이 9m 미만인 도로에서 발생하는 교통사고를 분석하였다. 주요 변수로는 운전자 직진 중일 때, 운전자가 여성일 때, 보행자가 차도로 통행 중일 때, 자전거 운전 중일 때가 교통사고에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 예방하기 위해 직진 차량 속도 저감 기술, 교통약자 보호, C-ITS를 이용한 안전한 보행환경 조성이 필요하다고 제안하였다.

Kim et al.(2020)은 현장조사를 통해 이면도로의 도로환경, 도로환경, 도로·교통안전시설, 보행자 및 차량 통행행태로 분류하여 위험요인을 도출하였다. 위험요인으로 도로·교통안전시설 미흡, 불법주정차, 스마트기기 사용, 방향지시등 미점등 등이 분석되었다. 추가적으로 의식조사 결과를 통해 이면도로 내 교통사고 원인 및 심각성을 도출하였고 사고 대책으로는 교통안전시설 확충이 효과적인 것으로 나타났다.

Shin et al.(2021)의 연구에서는 현장조사 및 시민 설문조사 등을 통해 생활도로에 대해 우선적으로 대처해야 할 위험요소와 개선해야 할 시설환경을 분석하였다. 위험요소는 교통사고, 불법 주정차로 인한 재난·사고의 대응의 어려움, 낙상 및 범죄사고가 나타났으며, 개선 시설물로는 불법주정차 및 노상적치물, CCTV, 무단 쓰레기, 경사지, 빗물받이, 야간조명 등이 분석되었다.

Han and Lee(2014)의 연구에서는 골목길을 대상으로 범죄의 불안감을 줄 수 있는 물리적 환경 요소에 대해 현장조사 및 분석하였다. 범죄 불안감을 가장 많이 느끼는 요소는 'CCTV의 설치', '가로등 수', '쓰레기 무단투기' 순으로 나타났다. 따라서 CCTV 설치만으로는 우발적 범죄 예방에 한계가 있기 때문에, 가로등 추가 설치의 필요성을 강조하였다.

Kwon(2016)은 주거지 생활권에서의 범죄두려움에 영향을 미치는 요인을 설문조사 및 현장조사를 도출하였다. 완충공간·좁은 도로폭·건축물의 규모·안전시설·조명시설 등이 범죄 안전에 미치는 영향력이 있는 것으로 분석되었다.

<Table 1> Review of previous research on deriving risk factors

Author (year)	Analysis Interval (Definition)	Methodology	Risk Factors
Chang et al. (2011)	Roads under 9 m	DB Analytics, Fieldwork, Negative Binomial Regression	Number of accidents, traffic volume, approach lane widths, intersection clearance, presence of pedestrian separation, presence of lighting
Lim et al. (2014)	Roads under 9 m	DB Analysis, Dichotomous Logistic Regression	Nighttime, weather conditions (rain, snow), female (driver), female (victim), non-commercial vehicle, vehicle type (two-wheeler, bicycle), behavior type (driving straight, turning left or right, driving on a roadway)
Cho et al. (2019)	Among the roads in urban areas Collector roads and local roads	Fieldwork and expert surveys	Lack of parking and speed management, encroachment on sidewalk and bike lane effective widths, and provision of excessive lane widths encouraging speeding and illegal parking
Kim et al. (2020)	Roads under 12m	DB surveys, Fieldwork, Survey	Lack of road and traffic safety facilities, illegal parking, use of smart devices, failure to use turn signals
Shin et al. (2021)	Roads under 12m	Fieldwork, surveys	Illegal parking, street litter enforcement, pedestrian comfort and safety, CCTV, littering, slopes, rain gutters, nighttime lighting
Han and Lee (2014)	Alleyways	Fieldwork, surveys	Blind alleys, lighting fixtures, CCTV, emergency bells, illegal parking, vacant lots, graffiti, trash
Kwon(2016)	Residential subsistence	Fieldwork, surveys	Narrow road widths, building scale, safety features, lighting, etc.

2. 안전진단에 관한 연구

보행로 또는 생활도로를 대상으로 안전성 등 보행환경을 평가한 선행 연구들을 검토하였다. Oh and Seong(2009)은 체계적인 보행공간 평가 시스템 도입을 위한 기반을 마련하고자 하였으며, 주요 평가 항목으로 통합성, 기능성, 연결성 등을 제시하였다. Park et al.(2011)은 가로별 보행환경을 객관적으로 평가할 수 있는 정량적 모델을 개발하고, 안전성 및 편리성 등을 중점적으로 평가하였다. Cho(2007)은 중소도시의 보행환경 실태를 평가하고 개선 방안을 제시하는 연구를 수행하였다. Sim et al.(2020)은 지역 특화거리를 대상으로 보행환경 수준을 평가하고 검증하는 연구를 진행하였다. 이들 연구는 보행자의 안전성과 편의성을 중심으로 다양한 평가 항목을 설정하여 보행환경 개선을 위한 기초를 마련하고자 하였다.

<Table 2> Review of previous research on safety audits

Author (year)	Purpose	Key evaluation metrics
Oh and Seong(2009)	Laying the Groundwork for a Systematic Walkability Assessment System	Integration, Functionality, Connectivity, Cognition, and Comfort
Park et al.(2011)	Developed a quantitative evaluation model to objectively evaluate the walking environment of each street in Korea	Safety, convenience, security, comfort, and connectivity
Cho(2007)	A study to evaluate the pedestrian environment in small and medium-sized cities and suggest ways to improve it	Safety, convenience, and comfort
Sim et al.(2020)	Evaluate and validate the quality of walkability for localized streets	Safety, comfort, convenience, and accessibility
Yoo et al.(2022)	Identify and assess barriers to walkability in high-density residential neighborhoods on slopes	Connectivity-accessibility, convenience, comfort, and safety

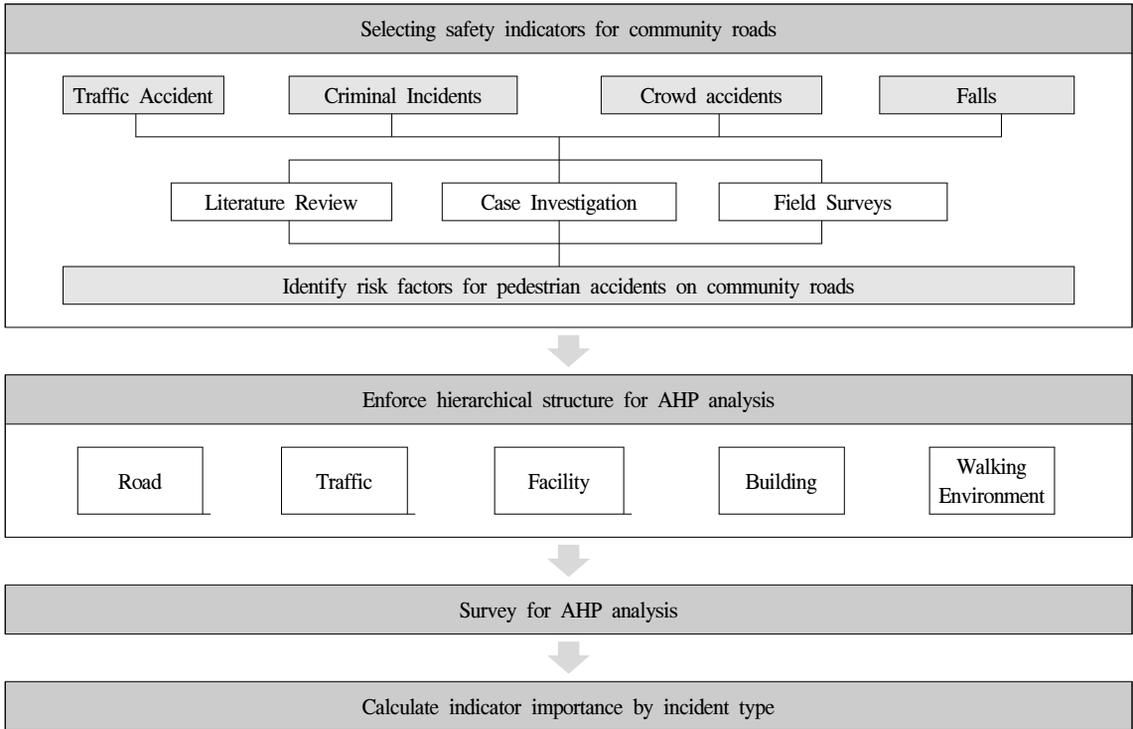
3. 본 연구의 차별성

선행 연구들은 주로 보행 안전의 위험 요인을 교통사고 중심으로 도출하였으며, 보행환경의 평가와 개선을 위해 안전성 외에도 편의성, 쾌적성, 접근성 등 다양한 지표를 선정하였다. 본 연구는 이러한 기존 연구의 틀을 확장하여, 생활도로에서 발생할 수 있는 보행자 사고 유형을 교통사고뿐만 아니라 낙상, 다중 인파 사고, 범죄 등으로 확대하고, 안전성에 중점을 두고자 하였다. 또한, 사고 위험 요인과 사고 간의 관계를 분석하고, 위험 요인별 중요도를 비교하기 위한 분석을 실시하였다. 기존 연구들이 주로 단순 현장 조사 및 통계 분석을 통해 빈도 분석을 수행한 것과 달리, 본 연구는 사고 유형별 안전성 지표를 선정하고, AHP(계층 분석 과정)를 통해 각 지표의 가중치를 산정하였다. 생활도로의 복잡성과 협소성이라는 특수한 환경적 조건을 고려하여, 보행자 사고를 예방하고 대응할 수 있는 체계적인 안전 대책을 수립하기 위한 주요 요인과 그 중요도를 도출하는 것을 목표로 하고 있다.

Ⅲ. 위험요인 도출 및 요인별 위험도 평가

1. 연구 방법론

본 연구는 생활도로 내 보행자와 관련된 주요 사고인 교통사고, 범죄, 다중 밀집 인파, 낙상 등의 위험요인을 파악하고, 사고 예방을 위한 위험요인별 위험도 평가를 목적으로 한다. 본 연구의 주요 분석 틀은 다음과 같다. 첫째, 생활도로 안전진단 평가지표를 선정하기 위해 보행자와 관련된 다양한 사고유형을 고려하여 문헌 조사, 사례조사, 현장조사를 통해 종합적인 생활도로 내 위험요인을 도출한다. 둘째, 도출된 위험요인을 바탕으로 계층 구조화를 실시한다. 셋째, AHP(계층 분석 과정) 분석을 위해 전문가를 대상으로 설문 조사를 시행한다. 마지막으로, 각 사고유형에 대한 위험요인의 중요도를 산출하여, 위험요인별 우선순위를 평가한다.



<Fig. 1> Flow of analytics

2. 사고유형별 안전성 지표 도출

보행자 안전성 지표를 선정하는 과정에서, 보행자 교통사고분석시스템(TAAS: Traffic Accident Analysis System)에서 제공하는 사고데이터는 정확한 물리적, 행태적 사고위험요인 및 사고유형을 파악하는 데 한계가 있으며, 교통사고 외의 안전사고에 대한 통계자료는 없거나 생활도로에 한정된 데이터를 수집하는 데 제약이 있다. 이에 따라 문헌조사 외에도 사례조사와 현장조사를 추가로 실시하여 종합적인 보행자 사고위험요인을 도출하고자 하였다.

문헌조사 기반 위험요인은 앞서 검토한 선행연구에서 도출된 위험요인들을 활용하였다. 보행자 교통사고 사례조사는 문헌 및 TAAS 사고데이터를 통해 검토하기 어려운 실제 사고사례를 뉴스 기사 등에서 검색하여 도출하였다. 현장조사는 연구진이 직접 보행사고 발생건수가 많고 위험성이 높은 지역 2곳을 선정하여, 물리적 시설 현황, 차량 속도, 교통 수단별 교통량, 보행 및 운전 행태 등을 관찰하고 조사하였다. 현장조사 지역은 보행안전 및 편의증진 실태조사 시범사업지를 참고하여 보행사고위험도가 높은 지역으로 선정되었으며, 부천시와 동두천시 일대가 대상지로 결정되었다. 선정 기준은 보행유발시설이 3개 이상 위치하여 보행량이 많고, 최근 3년간 보행자교통사고 발생건수가 많으며, 공공데이터 기반 사고위험요인이 많은 지역으로 하였다. 보행자교통사고 발생건수는 TAAS 데이터를 기준으로 하였고, 기타 사고는 국토교통부 생활안전지도(Safemap)에서 제공하는 자료를 기준으로 하였다. 현장조사 개요는 다음과 같다.

<Table 3> Field Survey Target Areas and Characteristics

Target Area	Date	Characteristics
Bucheon City, Gyeonggi	2023, 11.	<ul style="list-style-type: none"> • Residential and commercial areas in large cities • Number of pedestrian accidents from '20 to '22: 54 • Subway stations, universities, rodeo streets (downtown areas) • Unsecured parking, illegal parking • Crime hotspots for women and the elderly
Dongducheon City, Gyeonggi	2023, 11.	<ul style="list-style-type: none"> • Residential and commercial areas in large cities • Number of pedestrian accidents in '20~'22: 25 • Subway stations, high schools, children's parks, food stalls (downtown areas) • Ramps/stairs, sidewalk breaks, illegal parking • Crime hotspots, areas with fall accidents

1) 교통사고 위험요인

문헌조사에서는 교통사고 위험요인으로 과속, 불법주정차, 유효보도폭 미확보, 안전시설 부재 등이 지적되었다. 사례조사에서는 우회전 사각지대, 보도 내 보행장애물, 제한속도 및 속도제한시설의 부재가 확인되었다. 현장조사 결과, 사고를 유발할 수 있는 운전자 위반행위로 과속 및 역주행 행태가 분석되었으며, 이는 직선구간의 보차분리도로, 일반통행로 진입부의 표지판 부재 및 방향 설치 불량, 운전자 편의에 의해 발생하였다. 추가적으로, 생활도로를 이용하는 운전자와 보행자들은 불법주정차, 식수대, 배전함, 불법적치물 등에 의해 시야 방해를 받고 있었으며, 보도 내 주차된 불법주정차와 무분별한 불법적치물로 인해 보행자가 차도로 통행하는 상황이 발생하였다. 또한, 공사구간에서는 공사차량의 이동이 빈번하고, 공사적재물로 인해 시야 방해가 일어나고 있었다.

<Table 4> Major Pedestrian Traffic Accident Risk Factors on Community Roadways

Classification	Risk Factors
Literature Review	Speeding, illegal parking, inadequate sidewalk width, lack of safety facilities, two-wheelers, number of accidents, traffic volume, lane width, intersection jaywalking, lack of lighting, nighttime, weather conditions, female drivers, non-commercial vehicles, bicycles, passing vehicles, unsignalized intersections, illegal street vendors, smartphone use, lack of turn signals
Case Investigation	Illegal parking, right turn blind spots, effective sidewalk width, pedestrian obstacles on sidewalks, building entrances, speed limit, and lack of speed limit facilities, building entrances, lack of signage, jaywalking, two-wheelers, and PM
Field Surveys	Speeding, reverse driving, straight sections, absence of general traffic signs and poor direction, illegal parking, drinking fountains, junction boxes, illegal dumping, illegal parking, construction areas

2) 범죄사고 위험요인

문헌조사에서는 범죄사고의 주요 위험요인으로 CCTV 부족, 조명시설 미비, 도로폭 협소, 노후 주택가, 무단 쓰레기 투기 등이 지적되었다. 사례조사에서는 좁은 골목길, 노후 건축물, 유흥가, 스마트폰 및 이어폰 사용 등이 범죄 위험요인으로 확인되었다. 현장조사 결과, 범죄사고를 예방할 수 있는 범죄안전시설(가로등, 방범등, CCTV 및 안전비상벨)의 부재와, 노후·불량 건축물이 밀집된 지역의 열악한 가로 환경이 범죄 위험요인으로 파악되었다. 추가적으로, 상업지역 내 취객들이 범죄에 노출되며, 특히 영업 종료 시간인 새벽 시간

대에 보행량이 줄어들면서 사고 위험도가 증가할 가능성이 있다고 판단되었다.

<Table 5> Major Risk Factors for Pedestrian Crime on Community Roadways

Classification	Risk Factors
Literature Review	cctv, lighting, road width, old residential area, litter, commercial establishment, narrow alley, emergency bell, illegal parking, graffiti, female
Case Investigation	Narrow alleys, CCTV, old buildings, nightlife, lighting, commercial areas, smartphone and earphone use, pedestrian and vehicle traffic
Field Surveys	Lack of crime safety facilities (street lights, security lights, CCTV and emergency bells), poor street environment in areas with a high concentration of old and bad buildings, commercial areas

3) 다중밀집인파사고 위험요인

다중 밀집 인파 사고에 대한 문헌조사에서는 상업지역, 도로 폭, 경사, 교차 지점, 불법구조물 등이 주요 위험요인으로 나타났다. 사례조사에서는 경사로, 계단, 그리고 이동류가 교차하는 지점이 위험요인으로 확인되었다. 현장조사에서는 다중 밀집 인파 사고를 유발할 정도로 큰 규모의 시설은 존재하지 않았으나, 경사로나 폭이 좁은 지점에서 인파가 집중될 경우 미시적인 밀집과 혼잡이 발생하여 보행자의 안전을 저해할 가능성이 있는 것으로 나타났다. 종합적으로, 물리적 환경의 제약과 인파 관리의 미비가 다중 밀집 인파 사고의 주요 위험요인으로 분석되었다.

<Table 6> Major Risk Factors for Pedestrian Multi-Car Crashes on Community Roadways

Classification	Risk Factors
Literature Review	Commercial areas, road width, slope, intersections, illegal structures, CCTV, poor crowd management, notices
Case Investigation	Ramps, stairs, conflict points
Field Surveys	Ramps, Narrow spots, Population centers

4) 낙상사고 위험요인

낙상 사고의 위험요인은 문헌조사, 사례조사, 현장조사에서 다음과 같이 도출되었다. 문헌조사에서는 포장 파손·불량, 경사지, 불법적치물, 악천후, 계단, 미끄럼 방지시설 부족 등이 주요 위험요인으로 나타났다. 사례조사에서는 기상, 경사도, 계단 안전시설 및 안내 표지의 부재가 위험요인으로 확인되었다. 현장조사 결과, 포트홀과 포장 파손·불량, 불법적치물 및 불법구조물에 걸려 넘어질 위험이 있는 지점들이 다수 발견되었으며, 추가적으로 보차 미분리 도로에서는 차량과의 충돌 위험으로 인해 보행자의 안전성이 저하되었다. 보차 분리형 도로에서도 보도 턱 낮춤이 없는 구간에서 걸려 넘어지는 사고가 발생할 수 있었다. 또한, 현장조사

<Table 7> Major Risk Factors for Pedestrian Falls on Community Roadways

Classification	Risk Factors
Literature Review	Poor or broken pavement, slopes, illegal dumping, illegal structures, inclement weather such as rain or snow, stairs, clogged gutters, lack of slip-resistant surfaces, littering, lack of nighttime lighting, elderly, people with disabilities
Case Investigation	Weather, slope, lack of stairway safety facilities and signage
Field Surveys	Potholes, Poor or broken pavement, Illegal dumping and illegal structures, Drop-offs, Construction zones

구역 내 공사 구간에서는 공사 적재물이 보행자의 편의를 저해하였다. 종합적으로, 물리적 환경의 열악함과 안전시설의 부족이 낙상 사고의 주요 위험요인으로 분석되었다.

5) 사고유형별 안전성 지표 선정

(1) 사고유형별 위험요인 종합

생활도로 내 교통사고, 범죄사고, 다중 밀집 인파사고, 낙상사고의 위험요인은 <Table 8>과 같다. 이용자 측면에서 이륜차, 개인형 이동장치(PM: Personal Mobility), 여성, 과속 및 무단횡단 등과 같은 위반 행태는 도로 설계를 통해 근본적인 해결이 가능하므로, 해당 항목은 위험요인에서 배제하였다. 추가적으로, 기상 및 주간/야간 시간대는 환경적 요소로 보행자의 안전에 밀접한 영향을 미치지만, 사고의 안전성 지표로는 적합하지 않다고 판단되었다.

<Table 8> Major risk factors by incident type

Classification	Traffic Accidents	Criminal Incidents	Crowd accidents	Falls
Mixing and Separating roadway	●			●
Sidewalk Width	●	●	●	
Slope			●	●
Raised sidewalk curb / lowered sidewalk lip				●
Pavement condition				●
Signs	●			●
Road safety facilities	●			
Lighting	●	●		●
Drainage				●
CCTV	●	●	●	
Emergency bells		●		
Landscape type, height	●			
Electrical discharge equipment (junction box)	●			
Land use (commercial)		●	●	
Pedestrian and vehicle entrances	●			
Illegal obstacles	●	●		●
Age of building		●		
Illegal construction	●	●	●	●
Location of construction	●			●
Public land			●	
Vehicle Traffic	●	●		
Pedestrian traffic		●	●	
Illegal parking	●	●	●	

(2) 평가지표 선정 고려사항

평가지표는 모든 생활도로에서 공통적으로 적용 가능하며, 현실적이고 측정 가능해야 한다는 원칙을 따랐다. 또한, AHP 분석의 정확성을 높이기 위해 중복성이 있는 항목은 배제하였다. 이러한 기준을 통해 보다 효

올적이고 객관적인 지표 선정이 이루어지도록 하였다.

<Table 9> Considerations for selecting the indicator

Classification	Highlights
Common applicability	Metrics should be common to all regions
Ease of obtaining data (Measurability)	The inputs for each indicator should be measurable and available through researchers' fieldwork and data held by local government officials.
Redundancy	Exclude items that are redundant in order to calculate the correct weighting (importance).

(3) 최종 지표 선정

최종지표 선정을 위해 전문가들을 대상으로 자문을 시행하였다. 자문은 교수, 연구원, 엔지니어링 실무자, 담당 공무원 등 총 24명의 전문가를 대상으로 실시하였다. 항목별 지표의 영향력, 정량적 측정 가능성, 조사 방법의 적절성 등을 고려하여 최종적으로 5개의 선정항목과 13개의 지표를 선정하였다. 선정항목은 도로특성, 교통특성, 시설물특성, 건축물특성, 보행환경특성으로 구분되며, 각 항목별로 경사도, 교통량, 조명시설, 상업시설, 불법주차 등 세부적인 지표를 설정하였다. 각 지표별 정의 및 측정방법은 <Table 10>과 같다.

<Table 10> Safety indicators

Characteristics	Indicators	Definition	Methodology
Road	Slope	Longitudinal Slope of the Road	Longitudinal slope from start to end (%)
	Effective sidewalk width	Sidewalks less than 1.5 meters wide	Sidewalk width less than 1.5(m) / Total road length (m)
	Sidewalk separation	Physical Separation Between Sidewalk and Roadway	Mixed-use roadway (m) / Total roadway (m)
Traffic	Peak Motor Vehicle Traffic	Peak Hour Vehicle Traffic Volume	(vehicles/hour)
	Peak Pedestrian Traffic	Peak Hour Pedestrian Traffic Volume	(person/hour)
Facility	Signs	Road traffic facilities that provide information, warnings, or regulations	Level of signs per survey unit
	Lighting Facilities	Streetlights Ensuring Safety at Night	Streetlight spacing (m) / Maximum streetlight spacing (m)
	CCTV	CCTV for Monitoring Illegal Parking and Speeding Violations	CCTV installation spacing (m) / Total road extension (m)
Building	Commercial Facilities	Commercial Facilities	Commercial Facility Extension (m) / Total Road Extension (m)
	Illegal Buildings	Unauthorized Illegal Structures Built on Sidewalks	Illegal building extension (m) / Total road extension (m)
Walking Environment	Illegal Parking	Vehicles Parked Outside Designated Parking Lines	Number of illegal parking spaces / Total road extension (m)
	Illegal Obstacles	Obstacles such as A-boards, billboards, illegal storage items, and unauthorized trash	Number of illegal obstacles / Total road extension (m)
	Construction Sites	Sections with reduced pedestrian space and obstructed visibility due to construction materials	Number of Construction Sites / Total Road Length (m)

3. AHP 기반 지표별 중요도 분석

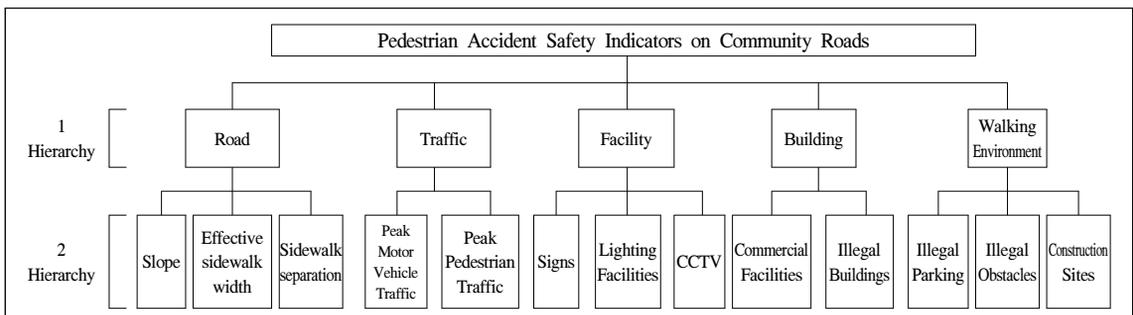
1) AHP 개념

AHP는 T. Saaty에 의해 1970년대 초반에 개발된 다기준의사결정 기법으로, 복잡한 의사결정 문제를 체계적으로 해결하기 위해 계층 구조를 구성하고 각 계층 내의 요소들을 쌍대 비교(pairwise comparison)하여 평가자의 지식, 경험, 직관을 반영한 우선순위를 도출한다. 이 기법은 문제를 명확하게 정의하고, 목표와 평가 기준, 대안을 포함하는 계층 구조를 설정하여 의사결정 과정을 단계별로 나누어 분석함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 방법론이다. AHP는 다양한 평가 기준과 복잡한 대안들에 대한 비교를 가능하게 하여, 정성적 요소와 정량적 요소를 동시에 고려할 수 있는 의사결정 지원 도구로서의 가치를 인정받고 있다.

2) AHP 분석 개요

본 연구는 생활도로 내 보행자 사고유형별 위험요인 선정지표의 상대적 중요도를 체계적으로 분석하기 위해 AHP 기법을 활용하였다. AHP는 각 사고유형에 대한 도로특성, 교통특성, 시설물특성, 건축물특성, 보행환경특성 등 다양한 요소를 쌍대 비교를 통해 우선순위를 도출할 수 있으며, 이는 연구의 목적에 부합하는 신뢰성 있는 결과를 제공할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한, AHP는 정성적 판단과 정량적 데이터를 동시에 고려할 수 있어, 복잡한 의사결정 상황에서 최적의 대안을 선택할 수 있다. 이러한 특성으로 인해 AHP는 본 연구에서 선정지표별 중요도 분석에 적절한 방법론으로 채택되었다.

AHP는 연구의 일관성을 유지하고, 각 지표의 중요도 산정 과정에서 일관된 의견을 반영하기 위해 최종 지표선정 설문과 동일한 전문가 그룹에게 시행하였다. AHP 설문은 도로특성, 교통특성, 시설물특성, 건축물특성, 보행환경특성 간의 중요도를 쌍대비교 방식으로 평가하고, 각 항목별 선정기준 간의 우선순위를 묻는 문항들로 구성되었다. 설문 결과를 바탕으로 쌍대비교 행렬을 작성하고, 각 항목에 대한 가중치를 산정한 후, 1단계와 2단계의 중요도를 곱하여 최종적인 지표의 중요도를 도출하였다.



<Fig. 2> AHP Questionnaire Hierarchy Diagram

3) AHP 분석 결과

(1) 교통사고 분석 결과

교통사고 지표별 최종중요도 및 순위 분석 결과, 보차분리 유무, 유효보도폭, 침두시 자동차교통량, 불법주차, 경사도 순으로 중요도가 높게 분석되었다. 보차분리 유무와 유효보도폭은 보행자와 차량 간의 물리적 분리를 통해 사고를 예방할 수 있는 중요한 지표로 분석되며, 불법주차와 경사도는 운전자 및 보행자의 시야와 밀접하게 관련되어 보행자의 안전에 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

(2) 범죄사고 분석 결과

범죄사고 분석결과 조명시설, CCTV, 보행자교통량, 불법건축물, 상업시설, 공사지점 순으로 중요도가 높게 분석되었다. 조명시설과 보행자교통량 및 CCTV는 자연적 감시와 물리적 감시 등을 범죄를 예방할 수 있는 중요한 지표로 분석되며, 상업시설은 취객으로 인한 사고 등과 관련이 있으며 불법건축물 및 공사지점은 임시구조물 및 자재 등의 시야 방해와 관련되어 큰 영향력을 미치는 것으로 분석되었다.

(3) 다중밀집인파사고 분석 결과

다중밀집인파사고 지표별 최종중요도 및 순위 분석 결과, 보행자 교통량, 유효보도폭, 상업시설, 불법건축물, 경사도 순으로 중요도가 높게 분석되었다. 보행자교통량과 상업시설은 보행자의 밀집과 관련되어 사고와 직접적으로 연관된 지표이며, 유효보도폭 및 불법건축물은 보행공간을 감소 및 밀집도 향상과 관련되어 영향력을 미치는 것으로 분석되었다. 경사면의 경우 보행자의 안전성이 떨어지며 다중 밀집 상황에서 도미노 효과를 일으켜 사고를 유발할 수 있다.

(4) 낙상사고 분석 결과

낙상사고 최종 중요도 및 순위 분석 결과, 경사도, 유효보도폭, 공사지점, 불법건축물, 불법적치물 순으로 중요도가 높은 것으로 분석되었다. 경사도와 유효보도폭은 보행자의 안전을 보장하는 핵심 요소로 나타났으며, 특히 낙상사고 예방에 중요한 역할을 한다고 평가되었다. 공사지점, 불법건축물, 불법적치물은 보행자의 이동을 방해하여 예기치 못한 상황에서 낙상사고의 위험도를 증가시키는 요인으로, 그 영향력이 큰 것으로 분석되었다.

<Table 11> Final importance and ranking by indicator

Indicators	Traffic Accidents		Criminal Incidents		Crowd accidents		Falls	
	Ranking	Importance	Ranking	Importance	Ranking	Importance	Ranking	Importance
Slope	5	0.076	12	0.031	5	0.124	1	0.211
Effective sidewalk width	2	0.151	9	0.047	2	0.167	2	0.127
Sidewalk separation	1	0.238	10	0.039	10	0.029	7	0.060
Peak Motor Vehicle Traffic	3	0.111	7	0.063	9	0.030	9	0.052
Peak Pedestrian Traffic	6	0.066	3	0.090	1	0.185	10	0.038
Signs	11	0.035	13	0.027	12	0.019	12	0.036
Lighting Facilities	10	0.036	1	0.207	13	0.015	6	0.060
CCTV	12	0.029	2	0.178	11	0.026	13	0.018
Commercial Facilities	13	0.023	5	0.084	3	0.148	11	0.038
Illegal Buildings	7	0.062	4	0.084	4	0.139	4	0.119
Illegal Parking	4	0.078	8	0.052	8	0.034	8	0.054
Illegal Obstacles	8	0.051	11	0.033	7	0.042	3	0.119
Construction Sites	9	0.045	6	0.067	6	0.042	5	0.068

IV. 결 론

본 연구는 생활도로에서 발생하는 다양한 보행자 사고유형(교통사고, 범죄사고, 다중 밀집 인파사고, 낙상 사고)에 대한 안전성 지표를 도출하고, 각 지표의 중요도를 AHP(계층화분석법)를 통해 분석하였다. 생활도로의 복잡성과 협소성으로 인해 보행자 안전이 크게 위협받고 있다는 점에서 연구의 범위를 확장하여 교통사고 외 범죄, 다중밀집, 낙상사고 등을 추가로 검토하였다. 이를 위해 문헌조사, 사례조사, 현장조사를 통해 사고유형별 보행자 사고 위험요인을 도출하였고, 이를 안전성 평가를 위한 지표로 선정하였다. 지표별 중요도를 체계적으로 평가하기 위하여 전문가 대상 AHP를 통해 위험요인별 가중치를 도출하였다. 분석 결과, 교통사고에서는 보차분리와 유효보도폭이 주요한 지표로 선정되었으며, 범죄사고에서는 조명시설과 CCTV, 다중밀집 인파사고에서는 보행자 교통량과 유효보도폭, 낙상사고에서는 경사도와 유효보도폭이 중요한 지표로 나타났다. 이러한 결과는 생활도로의 특수한 환경적 조건을 고려하여 보행자 사고를 예방할 수 있는 구체적인 안전 개선방안을 마련하는 데 기여할 수 있을 것이다. 본 연구는 기존 연구들이 주로 교통사고에 집중했던 것과 달리, 다양한 사고유형을 포괄적으로 분석하여 생활도로의 안전성을 체계적으로 평가하고 개선방안을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

다만, 본 연구는 특정 지역의 사례와 현장조사에 의존하였기 때문에 이를 다른 지역에 적용하는 것에 한계가 있으며, 데이터 수집의 제약으로 인해 일부 위험요인이 충분히 반영되지 못하였다. 기존 문헌고찰과 사례조사, 현장조사를 통하여 연구진이 도출한 요인 내에서 최종지표 선정에 대한 전문가 자문을 실시하여, 다양한 원인을 폭넓게 고려하지 못했을 가능성이 존재한다. 특히 2개의 현장조사 결과만으로 다양한 사고 유형을 분석한 것은 통계적으로 유의미한 결과로 보기 어렵기 때문에 사례연구로서 제한적인 범위 내에서 분석되었다. 향후 연구에서는 더 많은 지역과 다양한 환경에서의 데이터를 수집하여 보다 일반화된 결과를 도출하고, 기술적 개선방안을 활용한 생활도로 안전성 증대 방안을 추가적으로 모색할 필요가 있다. 나아가 평가 항목 간의 상호 관계를 고려한 중요도 산정과 복합 지표를 선정하는 연구 또한 필요하다. 이에 따라 단순히 개별 지표의 중요도 분석을 넘어, 안전사고 유형 간의 중요도를 추가적으로 반영하여 생활도로에서 보행자의 안전성을 종합적으로 평가할 수 있는 방안을 모색하고자 한다. 이를 통해 보행자 사고를 보다 포괄적으로 분석하고 복합적인 원인을 고려한 안전성 평가 체계를 마련할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Chang, I. J., Kim, J. W., Lee, H. R. and Lee, S. B.(2011), "Model for predicting accidents at a unsignalized intersections in a community road", *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, vol. 31, no. 3, pp.343-353.
- Cho, H. S., Yoo, J. B., Woo, S. K., Lee, J. J. and Hong, D. H.(2019), *Joint Research on Improving Community Roads on Urban Area*, The Korea Transport Institute.
- Cho, J. B.(2007), "A study on the actual conditions of pedestrian environment in small-medium city -Focused on the case of Mokpo city, Jeonnam", *Urban Design Institute of Korea*, vol. 8, no. 2, pp.67-84.
- Han, E. K. and Lee, Y. M.(2014), "A study on physical environmental elements of night alley causing fear of crime to women", *Korea CPTED Association*, vol. 5, no. 2, pp.117-134.

- Kim, J. K., Lee, S. W. and Sim, T. I.(2020), *Research on how to improve pedestrian safety on Community Road*, Korea Institute of Transportation Science and Technology, Korea Expressway Agency.
- Kwon, J. Y.(2016), *A study on street environmental planning for reducing fear of crime in residential area*.
- Lim, Y. J., Moon, H. R. and Kang, W. P.(2014), “Analysis on Factors of Traffic Accident on Roads having Width of Less than 9 Meters”, *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 13, no. 3, pp.96-106.
- Oh, S. H. and Seong, E. Y.(2009), *Multi-dimensional evaluation system for pedestrian environment*, Auri.
- Park, B. J., Han, S. J., Lee, W. T. and Park, K. W.(2011), “A preliminary fundamental study on the development of pedestrian environment evaluation model for Korea”, *Journal of Transport Research*, vol. 18, no. 3, pp.35-49.
- Shin, S. Y. and Nam, H. J.(2022), *Current conditions and improvement measures for residential roads in Seoul*, The Seoul Institute.
- Shin, S. Y., Park, J. and Nam, H. J.(2021), *Improving management of local neighborhood roads in Seoul*, The Seoul Institute.
- Sim, H. M., Kim, J. Y. and Kim, E. J.(2020), “Assessment of pedestrian environments of the local specialized streets in Daegu”, *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, vol. 23, no. 1, pp.29-44.
- Yoo, D. E., Lee, J. W., Kim, S. Y., Jang, E. J., Park, I. K. and Yoon, J. Y.(2022), “Evaluation of pedestrian walkability and implications of high-density residential areas on slopes”, *Urban Design Institute of Korea*, vol. 23, no. 2, pp.87-105.