creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

도시계획학 석사 학위논문

도로 네트워크 스크리닝 기법의 국도 적용 연구

Application of Road Network Screening Method into National Highways

2023년 8월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과 교통학전공

이 승 연

도로 네트워크 스크리닝 기법의 국도 적용 연구

지도교수 한 상 진

이 논문을 도시계획학 석사 학위논문으로 제출함
2023년 6월

서울대학교 환경대학원
환경계획학과 교통학전공
이 승 연

이승연의 석사 학위논문을 인준함
2023년 6월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

동일 지점에서 반복적으로 발생하는 사고는 인적요인 및 차량요인 보다 도로 인프라 요인에 의해 발생할 가능성이 높다. 위험 운전을 일삼는 운전자 혹은 정비 불량 차량이 해당 지점을 유독 많이 통과한다고 보기 어렵기 때문이다. 따라서 특정 지점에서 반복적으로 발생하는 사고를 감소시키기 위해 도로 인프라 차원의 개선이 필요하다. 이를 위해 다수의 국가에서는 도로 네트워크 스크리닝을 시행하고 있다.

도로 네트워크 스크리닝(Road Network Screening)이란 사고에 영향을 미칠 수 있는 사고 이력, 도로 요인, 교통 특성 등을 객관적으로 고려하여 사고 발생 가능성이 있는 위험 지점의 우선순위를 정하는 기법(AASHTO, 2010)이다. 해당 기법은 국내에서는 공식적으로 활용되고 있지 않다. 따라서 본 연구는 수도권 일반국도를 대상으로 도로 네트워크 스크리닝 적용 방안을 제시한다.

수도권 일반국도 대상 도로 네트워크 스크리닝 적용 방안에는 세 가지가 있다. 첫 번째는 연구에 활용되는 데이터를 연계하는 방안이다. 본 연구에 활용되는 네트워크 데이터는 표준노드링크 데이터를 이용하였으며, 사고 데이터는 교통사고분석시스템(TAAS) 데이터를 이용했다. 또한 교통량 데이터는 교통량정보제공시스템(TMS)과 View-T 데이터를 함께 이용했다. 세 가지 데이터를 연계하여 활용한다면 추가적인 데이터 수집 없이 신속하고 효율적인 도로 네트워크 스크리닝 시행이 가능하다. 두 번째는 네트워크를 분석 구간으로 나누는 방안이다. 적합한 구간 설정을 위해 분산계수를 활용한 결과 구간당 최소 20건 이상의 사고가 포함되도록 나누었을 때 최저 분산계수가 산출되는 것으로 나타났다. 이러한 방식으로 208개의 분석 대상 구간이 도출되었다. 세 번째는 다양한 관점에서 도로 위험 구간을 파악하기 위해 기본적으로 활용되는 사고건수/km, 사고건수/대·km, 사고비용 지표 외 자전거 사고건수/대·km과 보행 사고건수/대·km 지표를 활용했다.

도로 네트워크 스크리닝 시행 결과는 지표 결과값의 4분위수 및 z-value값을 활용하여 다섯 개의 등급으로 나누었다. 지표별 두 가지 등급화

기준을 적용했을 때 공통으로 도출된 ‘매우 위험’ 등급 구간을 살펴보았다. 사고건수/km 지표의 경우 일반국도 6호선의 ‘서울시 마포구 성산로’ 구간, 사고건수/대·km 지표의 경우 일반국도 37호선의 ‘경기도 이천시 장호원읍 서동대로’ 구간과 6호선의 ‘서울시 마포구 성산로’ 구간이 ‘매우 위험’ 등급으로 나타났다. 또한 사고비용 지표의 경우 일반국도 6호선의 ‘서울시 마포구 성산로’ 구간이, 자전거 사고건수/대·km의 경우 일반국도 37호선의 ‘경기도 이천시 장호원읍 서동대로’ 구간, 45호선의 ‘경기도 남양주시 경춘북로’ 구간, 46호선의 ‘경기도 가평군 경춘로’ 구간, 3호선의 ‘서울시 광진구 천호대로’ 구간이, 보행 사고건수/대·km 지표의 경우 일반국도 37호선의 경기도 이천시 장호원읍 서동대로’ 구간이 ‘매우 위험’ 등급에 해당한다. 전반적으로 ‘매우 위험’ 등급에 속하는 구간들은 토지이용이 활발한 도시부 도로의 일부인 것으로 나타났다. 이는 도시와 마을을 통과하는 일반국도 구간을 대상으로 다양한 안전 대책을 시행할 필요가 있음을 시사한다.

향후 연구로는 본 연구에서 제안된 데이터 연계 방안 및 분석 대상 구간 설정 기준의 적합성을 검증하기 위해 전체 일반국도를 대상으로 도로 네트워크 스크리닝을 시행할 필요가 있다. 또한 정확한 도로 구간의 평가를 위하여 자전거 이용량 및 보행량 데이터 활용이 필요하며, 신호 교차로 및 비신호 교차로 대상 도로 네트워크 스크리닝 시행과 같은 다각적인 관점에서의 도로 위험 수준 평가가 필요하다.

주요어 : 도로 안전도 평가, 도로 네트워크 스크리닝, 도로 위험도 평가 지표, 단순 순위 기법, 교통안전 개선사업, 교통사고
학 번 : 2021-25763

목 차

제 1 장 서 론 1

제 1 절 연구 배경 및 목적 1

제 2 절 연구 범위 4

1. 공간적 범위 4

2. 시간적 범위 4

제 3 절 연구 흐름도 5

제 2 장 문헌 고찰 6

제 1 절 도로 네트워크 스크리닝 6

제 2 절 도로 위험 구간 평가 지표 8

제 3 절 일반국도 교통사고 특성 12

제 4 절 시사점 및 연구의 차별성 15

제 3 장 연구 방법 17

제 1 절 도로 네트워크 스크리닝 소개 17

제 2 절 도로 네트워크 스크리닝 단계별 연구 방법 18

1. 1단계: 도로 네트워크 스크리닝 목적 설정 18

2. 2단계: 분석 대상 구간 설정 기준 제시 18

3. 3단계: 활용 지표 선정 21

4. 4단계: 도로 네트워크 스크리닝 검사 기법 선정 23

5. 5단계: 도로 네트워크 스크리닝 시행 결과 등급화 28

제 3 절 분석범위 설정 30

1. 수도권 일반국도 현황 30

제 4 절 데이터 수집 32

1. 교통사고 데이터 32

2. 네트워크 데이터 33

3. 교통량 데이터 ····· 34
제 5 절 연구 방법 ····· 35
1. 데이터 연계 ····· 35
2. QGIS 공간 처리 속성을 활용한 데이터 가공 ····· 36
3. 교통량 미수집 구간 교통량 할당 ····· 38

제 4 장 분석 결과 ····· 41
제 1 절 Simple Ranking Method 적용 구간별 기초통계 ····· 41
제 2 절 지표별 도로 네트워크 스크리닝 적용 결과 ····· 43
1. 사고건수/km ····· 43
2. 사고건수/대 · km ····· 47
3. 사고비용 ····· 51
4. 자전거 사고건수/대 · km ····· 55
5. 보행 사고건수/대 · km ····· 59
제 3 절 소결 ····· 63

제 5 장 결 론 ····· 65
제 1 절 연구의 요약 및 의의 ····· 65
제 2 절 연구의 한계 및 향후 연구과제 ····· 67

참고문헌 ····· 69
Abstract ····· 72

표 차 례

<표 2-1> 도로 인프라 차원의 평가 지표 정리 ····· 11
<표 2-2> 최근 10년 일반국도 사고 중 자전거 및 보행 사고 비교 ····· 14

<표 3-1> Lynam 연구 및 iRAP 기준 분석 대상 구간 설정 기준 ····· 19
<표 3-2> 주요 교차로 단위로 설정된 분석 대상 구간 기초통계 ····· 20
<표 3-3> 사고건수/km 지표 장단점 ····· 21
<표 3-4> 사고건수/대·km 지표 장단점 ····· 21
<표 3-5> 사고비용 지표 장단점 ····· 22
<표 3-6> 자전거 및 보행 사고건수/대·km 지표 장단점 ····· 23
<표 3-7> Sliding Window Method 적용 예시 ····· 24
<표 3-8> Peak Searching Method 적용 예시(적정 윈도우 크기 산출) ····· 25
<표 3-9> Peak Searching Method 적용 예시(윈도우별 지표값 산출) ····· 25
<표 3-10> 최소 사고건수(10건, 20건) 할당 시 구간별 기초통계 ····· 27
<표 3-11> 결정된 최종 분석 대상 구간 기초통계 ····· 28
<표 3-12> 서울지방국토관리청 관할 일반국도별 연장 ····· 31
<표 3-13> TAAS 교통사고 데이터 항목 ····· 32
<표 3-14> TAAS 교통사고 데이터 테이블 ····· 32
<표 3-15> 표준노드링크 중 노드 데이터 테이블 ····· 33
<표 3-16> 표준노드링크 중 링크 데이터 테이블 ····· 33
<표 3-17> TMS 교통량 데이터 테이블 ····· 34
<표 3-18> View-T 교통량 데이터 테이블 ····· 34
<표 3-19> 교통사고 데이터 중 연구에 활용된 항목 ····· 35
<표 3-20> 네트워크 데이터 중 연구에 활용된 항목 ····· 36
<표 3-21> 교통량 데이터 중 연구에 활용된 항목 ····· 36
<표 3-22> 사고 및 표준노드링크 결합 데이터 항목 ····· 37
<표 3-23> 사고 및 표준노드링크, 교통량 결합 데이터 항목 ····· 38

<표 4-1> 208개 구간별 사고건수 및 연장, 교통량 기초통계 ·····42
<표 4-2> 208개 구간별 기초통계 및 분산계수 ·····42
<표 4-3> 사고건수/km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수) ·····44
<표 4-4> (사고건수/km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 44
<표 4-5> 사고건수/km 지표 적용 등급별 분포 (z-value) ·····45
<표 4-6> (사고건수/km) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 45
<표 4-7> 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수) ·····48
<표 4-8> (사고건수/대·km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 48
<표 4-9> 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (z-value) ·····49
<표 4-10> (사고건수/대·km) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 ·····49
<표 4-11> 사고비용 지표 적용 등급별 분포 (4분위수) ·····52
<표 4-12> (사고비용) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 ····52
<표 4-13> 사고비용 지표 적용 등급별 분포 (z-value) ·····53
<표 4-14> (사고비용) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 ·53
<표 4-15> 자전거 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수) ·····56
<표 4-16> (자전거 사고건수/대·km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 ·····56
<표 4-17> 자전거 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (z-value) ·····57
<표 4-18> (자전거 사고건수/대·km) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 ·····57
<표 4-19> 보행 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수) ·····60
<표 4-20> (보행 사고건수/대·km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 ·····60
<표 4-21> 보행 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (z-value) ·····61
<표 4-22> (보행 사고건수/대·km) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위 ·····61

그 림 차 례

<그림 1-1> 연구 흐름도 ····· 5

<그림 2-1> 사고감소잠재성법 예시 ····· 10

<그림 3-1> 도로안전편람의 도로 네트워크 스크리닝 절차 ····· 17
<그림 3-2> 분석 대상 구간 설정 기준 예시 ····· 20
<그림 3-3> Sliding Window Method 개념도 ····· 24
<그림 3-4> 5km 단위로 분석 대상 구간 구분 시 분산계수 ····· 28
<그림 3-5> 지표값의 4분위수를 활용한 등급 구분 ····· 29
<그림 3-6> 지표값의 z-value값을 활용한 등급 구분 ····· 29
<그림 3-7> 최근 10년 지방국토관리청별 차량 사고 비교 ····· 30
<그림 3-8> 최근 10년 지방국토관리청별 자전거 사고 비교 ····· 30
<그림 3-9> 최근 10년 지방국토관리청별 보행 사고 비교 ····· 31
<그림 3-10> 수도권 19개 일반국도 노선망 ····· 31
<그림 3-11> 표준노드링크의 오류 링크 예시 ····· 36
<그림 3-12> 표준노드링크에 버퍼 25m 적용 전(좌) 후(우) ····· 37
<그림 3-13> 교통량 미수집 링크에 교통량 할당 방법 예시 ····· 39
<그림 3-14> 연구 프로세스 ····· 40

<그림 4-1> (사고건수/km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래) ····· 46
<그림 4-2> (사고건수/대·km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래) ····· 50
<그림 4-3> (사고비용) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래) ····· 54
<그림 4-4> (자전거 사고건수/대·km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래) ····· 58

〈그림 4-5〉 (보행 사고건수/대·km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value 값 활용 등급 구분(아래) ·····62
〈그림 4-6〉 '서울시 마포구 성산로' 구간(위) 및 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간(아래) ·····64

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경 및 목적

교통사고는 크게 인적요인・차량요인・도로 인프라(환경) 요인에 의해 발생한다(Sabey, B. E., 1980). 인적요인에 의한 사고는 미숙한 운전 조작 및 상황판단 부주의 등 운전자 또는 보행자에 의해 발생하는 사고를 일컬으며, 차량요인에 의한 사고는 차량의 구조적 결함이나 정비 불량으로 인해 발생하는 사고를 의미한다. 도로 인프라 요인으로 인한 사고는 도로 구조 및 도로 안전시설 등에 의해 발생하는 사고를 뜻한다.

각각의 요인에 의해 발생하는 사고 예방을 위해 다양한 정책 및 기술이 시행되고 있다. 착한 운전 마일리지[1] 및 민식이법[2] 등의 시행은 인적요인에 의한 사고 감소에 영향을 미친다. 신차의 안전도를 평가하는 자동차 안전도 평가[3] 및 자동차에 장착된 센서가 위험 상황을 감지하여 안전운전을 할 수 있도록 도와주는 장치인 첨단 운전자 보조시스템(Advanced Driver Assistance System, ADAS) 기술은 차량 요인에 의한 사고를 예방한다. 또한 「교통사고 잦은 곳 개선 사업」, 「위험도로 개선사업」, 「마을주민 보호구간 개선 사업」 등의 교통안전 개선사업은 도로 인프라 요인으로 발생하는 사고 감소에 효과적이다.

다양한 정책 시행 및 기술 개발에도 불구하고 교통사고는 여전히 증가하는 추세이다. 도로교통공단에서는 도로 안전 취약 구역에 대한 개선대책 마련을 위하여 “사고 잦은 곳”을 지정하고 있다. 사고 잦은 곳이란 교통사고가 연 5건(특별・광역시) 및 3건(일반 시・군) 이상 발생한 지점을 의미한다. 최근 3년간의 사고 잦은 곳 현황을 살펴보면 2017년 7,439개소, 2018년 7,689개소, 2019년

1) 착한 운전 마일리지: 안전운전 장려를 위해 운전면허 보유자가 서약서 제출 후 1년간 무위반・무사고로 서약 내용 준수할 경우 10점의 마일리지 적립. 적립된 마일리지는 운전면허 정지 처분 시 벌점 혹은 면허 정지 일수만큼 감경에 사용 가능(정부24 홈페이지, https://www.gov.kr/portal/service/serviceInfo/PTR000050215)

2) 민식이법: 2019년 충남 어린이 보호구역 내 발생한 교통사고로 사망한 사고 이후로 발의된 법안으로 ‘도로교통법 개정안 제12조 4항 및 5항’ 및 ‘특정범죄 가중처벌 등에 관한 법률 개정안 제5조의 13’으로 이루어짐

3) 자동차 안전도 평가(New Car Assessment Program, NCAP): 자동차 안전도에 대한 정보를 소비자에게 제공하고 제작사가 안전도가 높은 자동차를 제작하도록 유도하기 위해 새로 출시되는 신차에 대해 자동차의 충돌 안전성 등 안전도를 평가하는 제도(한국교통안전공단 홈페이지, https://www.kotsa.or.kr/portal/contents.do?menuCode=04030600)

8,281개소로 점차 증가하는 추세이다(도로교통공단, 2020).

사고 잦은 곳과 같이 동일 지점에서 반복적으로 발생하는 사고는 인적요인 또는 차량요인보다 도로 인프라 요인에 의해 발생할 가능성이 높다. 위험 운전을 일삼는 운전자 혹은 정비 불량 차량이 해당 지점을 유독 많이 통과한다고 보기 어렵기 때문이다. 예를 들어 어떤 일반국도 노선을 따라 사고 건수를 조사한 결과 특정 지점에서만 사고가 자주 발생한다면 이는 도로의 기하구조, 도로시설 등 도로 인프라 요인에 의한 사고이다. 즉, 유사한 도로 구간임에도 불구하고 특정 지점에서 사고가 잦다는 것은 도로 인프라 차원의 개선이 필요함을 의미한다. 도로 인프라 요인에 의한 사고가 발생하는 이유는 다음과 같다.

첫째, 도로 설계 기준은 최소한의 안전 기준만 제시할 뿐 충분히 안전한 기준을 제시하지 않는다. 국내 도로는 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」에 따라 건설 및 유지된다. 하지만 이 설계 기준을 따른다고 하여 충분한 안전을 확보하고 있다고 보기 어렵다. 한국건설기술연구원은 일반국도의 사고 잦은 곳을 대상으로 도로 기하구조에 따른 사고율 관계를 분석하였다. 그 결과 곡선반경[4]이 커질수록 사고율이 감소하는 것으로 나타났다(한국건설기술연구원, 1989). 즉 곡선반경이 길어질수록 안전함을 시사한다. 이러한 연구 결과는 호남고속도로를 공간적 범위로 설정한 강정규 외(2002)의 연구에서도 동일하게 나타났다.

둘째, 도로관리청이 도로 인프라 안전을 개선해야 할 동기가 부족하다. 도로 인프라는 건설 및 유지에 막대한 자원과 비용이 소요되며 불특정 다수의 도로 이용자가 이용하는 공공재적 성격을 갖는다. 따라서 도로 설계 및 운영은 민간기업보다 국가 및 지자체에서 담당하는 경우가 대부분이며 자연스럽게 경쟁 없는 독점 구조가 형성된다. 이러한 독점 구조는 도로 설계 및 운영 시 최소 안전 기준만 충족시키면 된다는 관행을 낳는다.

셋째, 서로 다른 도로 설계 기준들이 결합되면 예상치 못한 위험 또는 결함이 발생할 수 있다. 예를 들어 평면선형의 평면곡선 구간과 종단선형의 오목곡선 구간이 결합되었을 때 운전자는 기존의 평면곡선 반경보다 더 굽어(shape)보이고 오목곡선 구간은 더 완화(flat)되게 인식하기 때문이다(박민수, 2012).

도로 인프라 요인으로 발생하는 사고 예방을 위해 「위험도로 개선사업」,

4) 곡선반경: 곡선구간에서 도로, 철도선로 등의 커브 정도를 나타내는 정도

「마을주민 보호구간 개선 사업」 등 다양한 교통안전 개선사업을 시행하고 있다. 하지만 교통안전 개선사업의 시행 대상 지점을 선정하는 방식이 체계적이지 않다는 한계가 있다. 예를 들어 지방국토관리청은 개선이 필요한 사고잦은곳을 제시하고 중앙정부에서 이를 목록화한다. 중앙정부는 목록화된 사고잦은곳에 대해 사고발생 건수, 주요 발생 원인, 개선 비용 등을 종합적으로 검토 후 사업 시행의 우선순위를 정한다. 하지만 이러한 과정으로 개선이 필요한 지점을 결정하는데 최소 수개월이 걸리며 상당한 인력과 행정비용이 소요된다. 또한 현재 교통안전 개선사업은 단순히 사고가 자주 발생하는 지점을 찾는 사고건수 지표만을 활용한다. 사고건수/대・km 와 같이 사고건수 외 교통량 또는 연장 등을 함께 고려하는 지표를 활용하지 못하고 있다. 이는 사고 데이터와 교통량 데이터 등 서로 다른 데이터를 연계하지 못하고 있기 때문이다.

이러한 차원에서 "도로 네트워크 스크리닝"이 요구된다. 도로 네트워크 스크리닝(Road Network Screening)이란 사고에 영향을 미칠 수 있는 사고 이력, 도로 요인, 교통 특성 등을 객관적으로 고려하여 사고 발생 가능성이 있는 위험 지점의 우선순위를 정하는 제도다(AASHTO, 2010). 도로 네트워크 스크리닝은 다양한 지표를 활용하여 다각적인 관점에서 도로의 위험 수준을 파악할 수 있다. 또한 도로 네트워크 스크리닝에 활용되는 데이터들은 연계하여 활용한다면 더욱 신속하고 체계적인 시행이 가능해진다. 마지막으로 공간적 제한 없이 도로의 지점・선・면 단위[5] 모두를 대상으로 시행할 수 있으므로 위험 원인에 알맞은 적절한 교통안전 개선사업 시행이 가능해진다. 이러한 장점이 있는 도로 네트워크 스크리닝은 앞서 언급한 기존 교통안전 개선사업의 한계를 개선할 방안이 될 것이다.

따라서 본 연구는 도로 네트워크 스크리닝 제도를 수도권 일반국도에 적용하기 위한 고려사항을 정리하고 시범 적용을 위한 방안 제시를 목적으로 한다.

5) 지점 단위 사업은 도로의 특정 지점 개선을, 선 단위의 사업은 도로의 특정 구간 또는 축을 따라, 면 단위의 사업은 도시의 특정 구역에 속한 도로 네트워크 전체를 대상으로 추진(한국교통연구원, 2020)

제 2 절 연구 범위

1. 공간적 범위

본 연구의 공간적 범위는 서울지방국토관리청 관할 일반국도 19개 노선이다. 2012년부터 2021년까지 최근 10년간 일반국도에서 발생한 총 178,548건의 사고 중 수도권(서울, 인천, 경기) 일반국도에서 발생한 사고는 54,082건이다. 이는 전체 사고 중 약 30%를 차지하는 수치이다. 또한 사고 노출률[6]에 영향을 미치는 교통량 및 인구 밀도 확인을 위하여 국가통계포털 KOSIS에서 제공하는 데이터[7]를 확인하였다. 그 결과 타지역에 비해 수도권 인구 밀도 및 자동차 등록 대수가 높은 것을 알 수 있었다. 지속적인 교통안전 개선사업 시행에도 불구하고 높은 사고율을 나타내는 수도권 일반국도의 위험 수준 파악 및 개선 방안 모색을 위하여 연구의 공간적 범위로 설정하였다.

2. 시간적 범위

교통사고 데이터를 분석할 때 일시적인 교통사고 변화를 전체 교통사고 변화로 오해할 수 있는 '평균으로의 회귀(Regression to mean)'에 유의해야 한다. 평균으로의 회귀란, '임의성(randomness)'이라는 특성이 있는 교통사고 데이터의 시간적·공간적 임의성을 줄이기 위해 최소 3년 이상의 데이터로 분석해야 사고의 특성을 판단할 수 있음을 의미한다.

본 연구는 일반국도의 안전 수준을 측정할 수 있는 다양한 지표를 활용하여 도로 네트워크 스크리닝을 시행하고자 하므로 수집할 수 있는 교통사고 데이터 중 가장 최근 년도 데이터인 2017년부터 2021년까지의 데이터를 활용하였다.

---

6) 사고 노출률: 잠재적으로 위험한 사건에 노출되는 비율로 도로에서 발생하는 차량 사고의 경우 교통량을 토대로 노출률 추정(이하식 외, 2019))

7) 국가통계포털 홈페이지, https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?vwcd=MT_zTITLE&menuId=M_01_01

제 3 절 연구 흐름도

① 서론	⇨	○ 연구 배경 및 목적 ○ 연구 범위 ○ 연구 흐름도
② 문헌 고찰	⇨	○ 도로 네트워크 스크리닝 ○ 도로 위험 구간 평가 지표 ○ 일반국도 교통사고 특성 ○ 시사점 및 연구의 차별성
③ 연구 방법	⇨	○ 도로 네트워크 스크리닝 소개 ○ 도로 네트워크 스크리닝 단계별 연구 방법 ○ 분석범위 설정 ○ 데이터 수집 ○ 연구 방법
⑤ 분석	⇨	○ 구간별 Simple Ranking Method 적용 ○ 지표별 도로 네트워크 스크리닝 적용 ○ 소결
⑥ 결론	⇨	○ 연구의 요약 및 의의 ○ 연구의 한계 및 향후 연구과제

<그림 1-1> 연구 흐름도

제 2 장 문헌 고찰

제 1 절 도로 네트워크 스크리닝

도로 네트워크 스크리닝은 많은 국가 및 기관에서 다양한 이름으로 활용되고 있다. 명칭은 다르지만 지표를 활용하여 도로 구간 평가 후 위험하다고 판단되는 구간부터 교통안전 개선사업을 시행하는 개념은 동일하다. 다음은 도로 네트워크 스크리닝 및 유사 제도를 활용하는 미국, 유럽, iRAP의 사례이다.

1. 미국

도로 네트워크 스크리닝은 미국 고속도로의 위험 수준 평가를 위해 개발되었다(한국교통연구원, 2012). 이 개념은 2010년 미국 주(州)도로 및 교통행정관협회(American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO)에서 발간한 도로안전편람(Highway Safety Manual, HSM)에서 자세히 설명되고 있다. 연방 고속도로 관리국(Federal Highway Administration, FHWA)은 도로안전편람의 도로 네트워크 스크리닝을 활용하는 대표적인 기관이며 도로안전편람의 도로 네트워크 스크리닝에서 제시하는 지표(사고건수, 사고건수/대・km, 대물피해환산법 등) 및 5단계 절차를 활용하고 있다(FHWA, 2013).

2. 유럽

OECD의 산하기관인 국제교통포럼(International Transport Forum, ITF)에서는 도로 인프라 안전 수준 향상을 위한 Road Infrastructure Safety Management의 한 유형으로 Road Infrastructure Safety Management(RISM)를 제시했다. RISM은 도로 인프라 수명 주기의 모든 단계(1단계 계획, 2단계 건설, 3단계 운영, 4단계 유지보수, 5단계 위험 요소 제거, 6단계 재건설)에서 안전이 고려될 수 있도록 단계별 적용 가능 기법을 소개한다. RISM 중 3단계에서 활용하는 기법이 네트워크 안전 랭킹으로 교통안전 개선사업 시행 시 사고 및 사고비용 감

소 효과가 틀 것으로 예상되는 구간의 랭킹을 정한다(ITF, 2015).

2005년 프랑스의 Setra에서는 일반국도를 대상으로 사고비용 지표를 활용하여 사고비용 절감 가능성이 클 것으로 예상되는 구간의 순위를 정하는 User’s Safety on Existing Roads(SURE)를 활용했다(Setra, 2005). SURE는 2008년까지 전국 일반국도 40개 노선을 대상으로 시행되었으며, 2014년까지 전국 일반국도를 대상으로 시행되도록 의무화되었다.

독일의 연방도로청(Federal Highway Research Institute, BASt)은 간선도로와 생활도로(residential road)를 대상으로 사고비용 지표를 활용하여 도로의 안전 랭킹을 정하는 Recommendations for the Safety of Road Networks(ESN)를 시행했다(für Straßen-und, 2003). ESN은 도로 안전 랭킹을 정하는데 사용될 뿐만 아니라 사고비용 지표를 기반으로 도로의 안전 개선 가능성 계산법을 제공한다.

3. International Road Assessment Program(iRAP)

국제 도로 평가 프로그램인 International Road Assessment Program(iRAP)은 치명적인 사고 발생 가능성이 있는 도로 구간 파악을 위하여 사고위험지도를 시행한다. 영국 비영리기구인 iRAP은 미국(usRAP), 인도(IndiaRAP) 등 다양한 나라에 지사를 두고 도로의 위험 수준을 평가한다. 사고위험지도는 iRAP에서 제공하는 템플릿 양식에 맞게 사고 및 교통량 등의 데이터 입력 후 사고건수, 사고건수/대·km, 사고비용 등의 지표를 활용하여 분석 대상 구간 비교 및 도출된 결과는 5등급으로 나눠 안전 구간 및 위험 구간을 확인한다(EuroRAP, 2020).

영국의 Agilysis는 도로안전과 관련된 데이터 분석 및 컨설팅을 주 업무로 하는 민간기업이다. 그러나 유럽 국가들의 도로 안전에 관심을 가지며 공공사업에도 힘을 쏟고 있다. 특히 iRAP과 파트너십을 맺고 iRAP에서 활용하고 있는 사고위험지도 프로세스를 활용하여 도로의 위험 수준을 평가한다. Agilysis는 iRAP에서 활용 중인 지표를 포함한 다양한 지표(속도 제한을 준수하는 차량 비율, 안전벨트 착용 운전자 비율, 사고 후 18분 이내 현장에 도착하는 응급 서비스 비율 등)를 활용하여 도로의 위험 수준을 더욱 세밀하게 평가한다(Agilysis, 2020).

제 2 절 도로 위험 구간 평가 지표

도로 네트워크 스크리닝 시행 시 어떤 지표를 활용하는지는 중요한 이슈다. 활용 지표에 따라 같은 구간일지라도 위험 수준이 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 따라서 도로 인프라 안전과 관련된 연구에서 활용되고 있는 지표 사례를 검토하였다.

1. 사고건수

선행연구를 통해 도출된 지표 중 가장 빈번히 활용되는 지표에는 사고건수, 사고건수/km, 사고건수/대・km이 있다. 사고건수를 지표로 활용한 연구로는 Hauer, 2002; Appleton, 2009; Brannolte, 2009; Han, 2016의 연구가 있으며 사고밀도와 동일한 의미인 사고건수/km를 지표로 활용한 연구에는 Han, 2016의 연구가 있다. 또한 사고율과 동일한 의미의 사고건수/대・km 지표를 활용한 연구에는 Appleton, 2009; Han, 2016의 연구가 있다.

Hauer et al.(2002)는 도로 위험 구간의 순위를 정하기 위해 교통안전 개선사업에 투입되는 비용 대비 편익 지표 및 사고건수 지표를 활용하였다. 첫 번째 비용 대비 편익 지표의 경우 과거에 시행된 교통안전 개선사업들의 실제 비용 대비 편익을 토대로 분석 대상 구간에 교통안전 개선사업을 시행했을 때 발생할 것으로 예상되는 비용 대비 편익을 추정한다. 추정값을 토대로 사업 효과가 가장 클 것으로 판단되는 구간부터 교통안전 개선사업을 시행한다. 두 번째 사고건수 지표의 경우 분석 대상 도로에서 발생하는 사고 건수를 비교하여 사고가 빈번히 발생하는 구간부터 교통안전 개선사업을 시행한다.

Appleton et al.(2009)는 뉴질랜드 교통청(New zealand Transport Agency, NzTA)은 도로의 위험 수준을 모니터링하기 위하여 ‘Road Infrastructure Safety Assessment(RISA)’를 시행했다고 언급한다. RISA는 분석 대상 도로에서 발생한 교통사고 발생 원인을 안전 측면에서 이상적인 기준으로 설계된 가상 도로에 적용한다. 그리고 안전한 설계 기준에 의해 사고가 얼마나 감소할 수 있을지 예

측하는 것을 목적으로 한다. 즉, RISA의 핵심은 분석 대상 도로를 정하고 분석 대상 도로와의 비교를 위한 벤치마킹 도로를 개발하는 것이다. 안전한 기준으로 설계된 벤치마킹 도로는 분석 대상 도로와 두 가지 측면에서 비교하게 된다. 첫 번째 측면인 Personal Risk의 경우 사고건수/대・km를 지표로 활용하며, 두 번째 측면인 Collective Risk의 경우 사고건수를 지표로 활용한다.

2. 사고비용

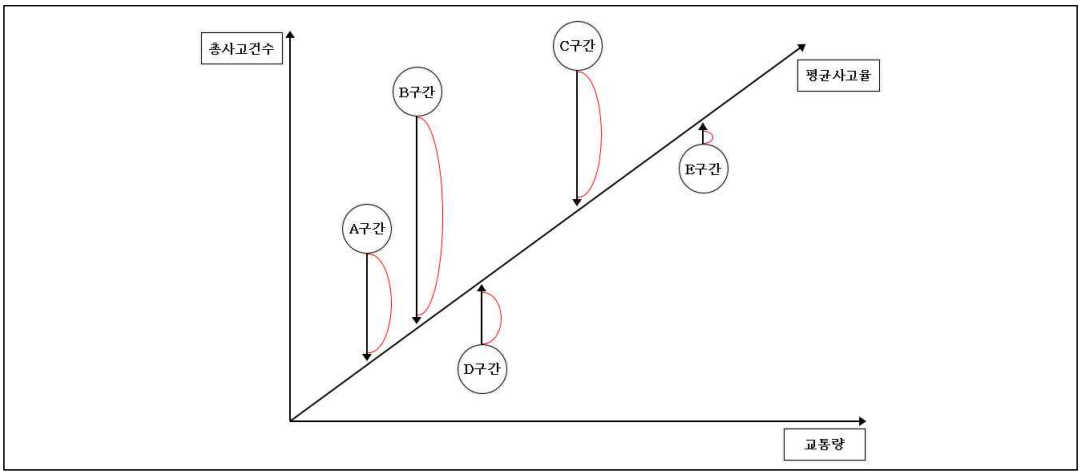
사고비용을 지표로 활용할 경우 사고로 인한 다양한 손실을 화폐적 가치로 환산하여 사고의 심각도를 객관적으로 비교할 수 있다. 사고비용을 지표로 활용한 연구에는 Brannolte, 2009; Han, 2016의 연구가 있다.

Brannolte et al.(2009)는 EU에 가입된 국가들의 교통사고 사망자수를 줄이기 위해 도로 인프라 차원에서의 안전 관련 진단이 필요하다고 제안한다. 이에 독일 연방도로청(BASt)은 도로 인프라 안전 관리 시스템인 Recommendations for the Safety of Road Networks(ESN)를 소개한다. ESN은 도로 안전 진단을 거시적 관점과 미시적인 관점에서 평가한다. 거시적 관점은 분석 대상이 되는 도로 위험 구간에서의 실제 사고비용과 안전 기준에 부합하는 기준으로 설계된 도로에서의 예상 사고비용을 비교하여 차이가 큰 구간부터 교통안전 개선사업을 시행한다. 또한 미시적 관점은 도로의 안전 수준을 평가하는 방법으로 Black Spot Management(BSM)를 제시하며 사고건수 지표를 활용하여 사고 다발 구간을 식별하고 사고건수가 많은 구간부터 교통안전 개선사업을 시행한다.

3. 사고감소잠재성법(Potential for Accident Reduction, PAR)

사고감소잠재성법이란 분석 대상 도로 구간의 실제 사고율과 분석 대상 도로 구간과 유사한 특성이 있는 도로 구간의 평균 사고율을 비교하여 교통안전 개선사업을 시행 우선순위를 정하는 방법이다. 즉, 실제 사고율과 평균 사교율

의 차이가 가장 큰 구간부터 교통안전 개선사업을 시행하는 것이다. <그림 2-1>을 예시로 보면 B 구간이 평균 사고율로부터 가장 멀리 떨어져 있다. 이는 B 구간의 실제 사고율과 평균 사고율의 차이가 가장 크며 교통안전 개선사업을 시행하기 위한 우선순위가 가장 높음을 의미한다.



<그림 2-1> 사고감소잠재성법 예시

사고감소잠재성법과 유사한 개념인 유사도로별 건/대·km 비교 지표와 사고감소 가능성 평가 지표를 활용한 연구에는 Han, 2016의 연구가 있다.

Han(2016)은 도로는 공공재 특성이 강하므로 도로 설계 및 운영 단계에서 도로관리청이 독점적으로 운영할 수밖에 없으며 더 이상의 경쟁이 필요 없는 도로 인프라의 안전 수준을 향상 동기가 부족하다는 점을 지적한다. 도로 인프라의 위험 수준 향상을 위해 도로관리청 간의 경쟁이 필요하며 경쟁을 위해 도로 인프라의 위험 수준을 객관적으로 평가할 수 있는 제도에 대해 소개한다. iRAP의 사고위험지도와 도로사고 예방지수(Road Protection Score, RPS), 뉴질랜드의 RISA, 독일의 ESN이다. 사고위험지도 및 ESN은 사고건수를 지표로 활용하여 도로 구간별 위험 수준을 비교한다. 반면, 도로사고 예방지수 및 RISA는 안전 측면에서 이상적인 조건으로 설계된 도로와 분석 대상 도로가 기하구조 및 시설물 측면에서 얼마나 차이가 나는지 비교한다. 각각의 지표로 도로의 위험 구간을 평가·비교하여 도로관리청이 도로 안전 개선에 힘쓸 수 있도록 독려한다.

도로 네트워크 스크리닝은 활용되는 지표에 따라 결과가 다르게 도출될 수 있으므로 스크리닝 목적에 맞는 적절한 지표 선정이 중요하다. 그러므로 앞서 살펴본 선행연구를 통해 도로 네트워크 스크리닝 및 유사 제도에서 활용하는 지표와 도로 인프라 차원에서 도로 위험 구간 평가 시 활용되는 지표를 <표 2-1>과 같이 정리하였다. 총 11건의 선행연구 중 사고건수를 지표로 활용하는 경우가 7건으로 가장 많았으며, 사고건수/km의 경우 4건, 사고건수/대・km가 7건임을 알 수 있다. 또한 사고비용을 지표로 활용한 경우는 6건, 대물피해환산법 지표는 2건, 유사도로별 건/대・km 비교 지표는 1건, 사고감소 가능성 평가를 지표로 활용한 경우는 3건임을 알 수 있다.

<표 2-1> 도로 인프라 차원의 평가 지표 정리

	사고건수			사고비용		PAR	
	사고건수	사고건수/km	사고건수/대・km	사고비용	대물피해환산법	유사 도로별 건/대・km 비교	사고감소 가능성 평가
SETRA(2005)				○			
HSM(2010)	○		○		○		
FHWA(2013)	○		○		○		
ITF(2015)		○	○	○			○
BASt (für Straßen-und) (2003)				○			
iRAP(2020)	○	○	○				
Agilysis(2020)		○	○	○			○
Hauer(2002)	○						
Appleton(2009)	○		○				
Brannolte(2009)	○			○			
Han(2016)	○	○	○	○		○	○

선행연구를 통해 도로 인프라 차원의 위험 수준 평가 시 빈번히 활용되는 지표의 종류를 확인할 수 있었다. 총 7개의 지표 중 본 연구에서는 사고건수/km 및 사고건수/대・km, 사고비용 지표를 활용하여 도로 네트워크 스크리닝을 시행하였다. 해당 지표들은 분석 대상 구간의 연장과 교통량을 반영한 객관적인 비교가 가능하며 사고의 심각도 및 사고로 인한 경제적 손실을 측정할 수 있다는 장점이 있다.

제 3 절 일반국도 교통사고 특성

본 연구의 공간적 범위에 해당하는 일반국도는 주요 도시 및 국가산업단지 등을 연결하며 차량의 원활한 이동을 지원하는 도로라는 점에서 고속도로와 동일하다. 그러나 고속도로는 승용차, 화물차 등의 차량 통행만 허용되는 반면 일반국도는 도시 및 마을을 통과하며 자전거 및 보행자 통행을 허용한다는 특징이 있다. 따라서 기존에 진행된 일반국도에서 발생하는 교통사고 관련 연구를 살펴본다면 일반국도의 특성을 반영한 지표 설정에 도움이 될 것으로 예상한다. 관련 연구에는 박규영, 2006; 심관보, 2006; 전우훈, 2016의 연구가 있다.

심관보 외(2006)은 전국 일반국도를 대상으로 사고 현황을 파악한 결과 차량대차량 사고가 가장 자주 발생했으며 차량대보행자 사고로 인한 사망자수가 가장 많음을 확인했다. 특히 토・일요일, 18~20시, 노면 상태 습윤, 안개 낀 날 상대적으로 사고가 자주 발생했다. 도로 직선부와 곡선부 비교 결과 직선부에서 사고 발생 빈도가 높지만 치사율은 곡선부가 높으며, 교차로와 단일로 비교 결과 교차로에서의 사고 발생 빈도 및 치사율이 높다. 또한 중앙분리시설이 노면표시로 되어있을 때 사고 발생 빈도가 높으며 방호울타리로 되어있을 때 치사율이 높다. 마지막으로 보차도 분리 시설이 없을 때 사고 발생 빈도가 높지만 보차도가 가드레일 및 펜스로 분리되었을 때 치사율이 높은 것으로 나타났다.

박규영 외(2006)는 로짓모형을 이용하여 일반국도의 기하구조 및 안전 시설물이 보행 사고에 미치는 영향을 분석하였다. 연구의 공간적 범위는 일반국도 1호선 및 14호선이며 교차로 단위로 355개의 구간을 나누었다. 교통사고 데이터, 도로 기하구조 데이터, 안전 시설물 설치현황 데이터를 사용하여 보행 사고를 분석한 결과 교차로에서의 시거가 명확히 확보될 경우 사고위험도가 60.1% 감소, 교차로에 보도를 설치했을 때 사고 발생률이 0.441배 감소하는 것으로 나타났다. 단일로의 경우 조명 등의 설치 여부가 보행 사고에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.

전우훈 외(2016)는 일반국도를 이용하는 자전거 통행의 급격한 증가로 자전거 사고도 함께 증가하고 있으므로 자전거 통행의 안전성 향상을 위해 자전거 노면표시에 대한 안전 적정성 설문조사를 실시했다. 유효 응답자 260명을 대상으로 자전거 노면표시 색상에 대해 설문한 결과 분홍색을 안전하다고 응답한 비율이 44%, 주황색이 21%, 청색이 17%로 나타났다. 자전거 노면표시 설치 위치에 대해서는 차로 내부에 설치하는 것이 적절하다고 응답한 비율이 56%로 가장 높았으며, 다음으로 16%의 비율로 길 가장자리 구역선을 따라 설치하는 것이 적절하다고 응답했다. 또한 자전거 노면표시 설치 방법에 대해 자전거의 연속적인 주행과 자전거 안전시설 인식을 위해 끊김이 없이 이어서 설치하는 것이 적절하다는 응답이 80%로 가장 높았으며, 400m 간격으로 반복 설치하는 것이 적절하다는 응답이 11%로 나타났다.

일반국도에서 발생한 사고를 분석한 연구들은 타 도로 연구와는 달리 차량 사고 외 자전거 및 보행 사고를 다루는 경우가 많다. 또한 일반국도에서 발생한 차량 사고를 분석한 연구에서도 자전거 이용자 및 보행자와 같은 교통약자의 안전에 대해 빈번히 언급한다. 이러한 일반국도를 이용하는 자전거 이용자 및 보행자 안전에 대한 관심은 자전거 이용자 및 보행자 관점의 지표를 활용하여 도로의 위험 구간을 평가할 필요성을 제공한다.

자전거 및 보행 관련 지표 활용을 위해 실제 일반국도에서 발생하는 자전거 및 보행 사고 현황을 살펴보았다. 2012년부터 2021년까지 최근 10년간 일반국도에서 발생한 사고와 사고로 인한 사망자 중 자전거 사고 및 보행 사고가 차지하는 비율을 살펴보았다. 자전거 사고는 제 1당사자[8] 및 제 2당사자[9] 사고를 집계하였으며 보행 사고의 경우 제 2당사자 사고만 집계하였다. 또한 보행 사고의 경우 사고 1건당 중복 사상자가 발생할 수 있어 보행 사고 기록은 따로 수집하지 않는다. 따라서 전체 사고 중 자전거 사고가 차지하는 비율만 확인할 수 있었다. 총 181,548건의 사고 중 5,799건의 자전거 사고가 발생하였으며 이는 약 3.2%에 해당하는 비율이다. 사고로 인한 사망자수의 경우 총 7,460명의 사망자

8) 제 1당사자: 교통사고에 관계한 사람 중 과실이 상대적으로 큰 쪽을 일컫는 용어
9) 제 2당사자: 교통사고에 관계한 사람 중 과실이 상대적으로 작은 쪽을 일컫는 용어

중 자전거 사고로 인한 사망자는 297명으로 4%에 해당한다. 사고로 인한 보행 사망자는 2,375명으로 31.8%에 해당한다. 보행 사고가 집계되지 않아 전체 사고 중 보행 사고와 자전거 사고가 차지하는 비율 확인은 어려웠으나 사망자수의 경우 전체 사망자 중 보행 사고 및 자전거 사고로 인한 사망자 비율이 35.8%를 차지함으로서 사고로 인한 결과가 치명적인 것을 알 수 있었다. 이는 일반국도가 자전거 이용자 및 보행자 관점에서 안전하지 못한 도로라는 것을 다시 한번 상기시키는 결과이다. 따라서 자전거 이용자 및 보행자 관점의 지표를 활용하여 일반국도의 위험 수준을 비교하고 위험 구간을 개선한다면 더욱 안전한 일반국도 이용이 가능할 것으로 예상한다.

<표 2-2> 최근 10년 일반국도 사고 중 자전거 및 보행 사고 비교

		전체 사고	자전거 사고	보행 사고
사고	건	181,548	5,799	-
	%	100	3.2	-
사망자	명	7,460	297	2,375
	%	100	4.0	31.8
치사율	%	4.11	5.12	-

※ 보행사고의 경우 사고 1건 당 중복 사상자 발생 가능성이 있어 사고건수에 대한 정보는 제공하지 않음

※ 치사율: 교통사고 100건 당 사망자수

제 4 절 시사점 및 연구의 차별성

본 연구에서는 기존 교통사고 개선사업이 지니고 있는 한계를 해결하고 효율적인 도로 인프라 위험 수준 평가 방안으로 도로 네트워크 스크리닝을 제안한다. 도로 네트워크 스크리닝과 관련된 선행연구를 통해 도출된 본 연구의 시사점 및 차별성은 다음과 같다.

첫째, 국내에 도입되지 않은 도로 네트워크 스크리닝 제도를 소개하고 수도권 일반국도에 적용하는 방안을 제시한다. 미국 AASHTO의 도로안전편람에서 소개한 도로 네트워크 스크리닝은 FHWA에서 활발히 사용되고 있다. 또한 이와 유사한 제도로 프랑스 Setra의 SURE, 독일 BASt의 ESN, iRAP 및 Agilysis의 사고위험지도가 있다. 이 처럼 도로안전 분야의 선진국인 영국, 독일, 미국 등에서는 도로 네트워크 스크리닝을 시행하고 있다. 그러나 국내에는 도로 네트워크 스크리닝이 공식적으로 도입되지 않았을 뿐만 아니라 도로 인프라 관점에서 위험 수준을 평가할 수 있는 체계적인 제도가 마련되어 있지 않다. 이에 본 연구에서는 도로 네트워크 스크리닝 및 유사 제도들의 개념을 정리하여 소개하고 국내 일반국도를 대상으로 적용하는 방안을 제시한다.

둘째, 수도권 일반국도 대상으로 도로 네트워크 스크리닝을 시행하기 위한 분석 대상 구간 분류체계를 개발한다. 대표적으로 통계적으로 유의미한 사고건수가 포함되도록 분석 대상 구간을 설정하거나 교통량이 유사하거나 유사한 설계 기준이 적용된 구간을 분석 대상 구간으로 설정한다. 하지만 도로 네트워크 스크리닝을 위한 도로 네트워크의 도로 요인, 교통 특성 등이 모두 상이하기 때문에 분석 대상 구간을 설정하는 절대적인 기준은 없다. 본 연구는 수도권 일반국도 대상 도로 네트워크 스크리닝 시행이 목적이므로 수도권 일반국도 한정으로 교통사고, 교통량, 네트워크 데이터를 수집 및 활용한다. 따라서 일반적으로 활용되는 분석 대상 구간 설정 기준을 참고하되 수도권 일반국도의 특성을 반영하는 새로운 분석 대상 구간 분류체계를 개발한다.

셋째, 도로 네트워크 스크리닝에 필요한 교통사고, 교통량, 네트워크 데이터의 연계 방안을 제시한다. 도로 네트워크 스크리닝 시행의 주목적은 주기적이고 체계적이며 신속하게 도로의 위험 구간을 파악하는 것이다. 이를 위해서는 도로 네트워크 스크리닝에 활용되는 데이터들을 효과적으로 연계하여 데이터베이스화하는 것이 필요하다. 본 연구에서 활용되는 교통사고, 교통량, 네트워크 데이터는 각각 다른 기관에서 수집 및 관리하므로 데이터 형식이 모두 상이하다. 도로교통공단에서 수집하는 교통사고 데이터는 총 24개의 항목으로 구성되어 있으며, 국토교통부 및 한국교통연구원에서 수집하는 교통량 데이터는 각각 13개의 항목으로 구성되어 있다. 네트워크 데이터 역시 국토교통부에서 관리하며 총 18개의 항목으로 구성되어 있다. 이 중 수도권 일반국도 대상으로 도로 네트워크 스크리닝을 시행하기 위해 필수적으로 필요한 항목은 각각 13개, 6개, 7개이다. 연구를 위해 추출된 항목들을 지리정보체계와 연계하여 데이터베이스화한다면 신속하고 체계적인 도로 네트워크 스크리닝이 가능해질 것이다.

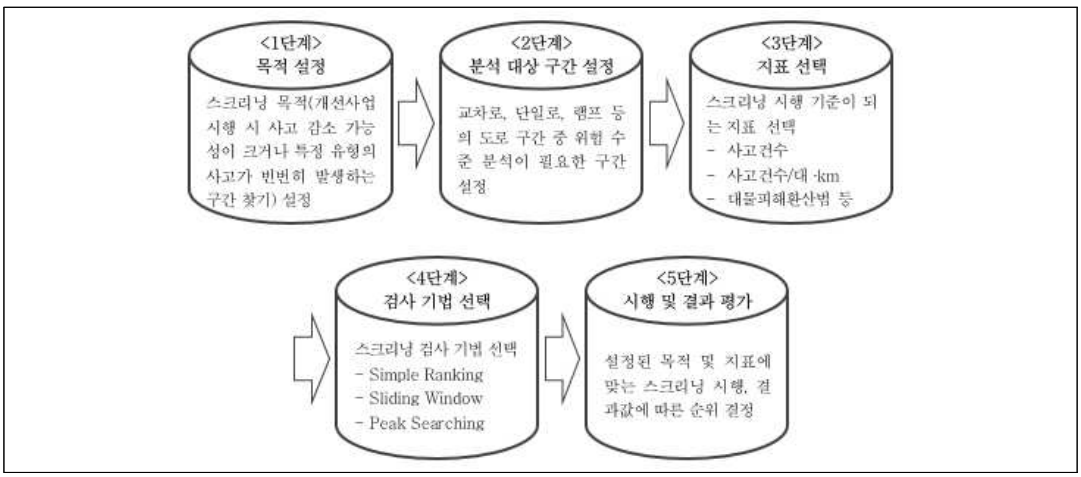
넷째, 수도권 일반국도의 위험 수준을 파악하기 위한 새로운 관점의 지표를 활용한다. 일반국도는 국가 기간 도로망 역할을 하는 동시에 도시와 마을을 통과하는 도로로 도시부 도로의 성격을 가진다. 도시부 도로는 일반적으로 도로 주변에 건물이 밀집되어 있으며 차량 이외의 자전거 및 보행자 등의 통행이 가능하다는 특징을 갖는다(한국교통연구원, 2017). 따라서 일반국도에서 발생하는 사고의 특징을 확인할 때 차량 외 자전거 이용자와 보행자도 함께 고려해야 한다. 그러나 기존 일반국도 대상 연구 및 교통안전 정책은 주로 차량에 초점을 맞춰 왔으며 자전거 이용자 및 보행자와 같은 교통약자는 간과되고 있다. 따라서 도로의 위험 수준을 평가하는 데 기본적으로 활용되는 지표(사고건수/km 및 사고건수/대・km, 사고비용)뿐만 아니라 자전거 이용자 및 보행자 관점에서의 지표를 활용하여 도로의 위험 수준을 비교한다.

제 3 장 연구 방법

제 1 절 도로 네트워크 스크리닝 소개

도로 네트워크 스크리닝(Road Network Screening)이란 교통안전 개선사업 시행 시 사고감소 효과가 클 것으로 예상되는 지점부터 작을 것으로 예상되는 지점까지 순위를 정하는 제도다(AASHTO, 2010). 도로 네트워크 스크리닝은 사고 다발 지역이나 특정 사고 비율이 높은 도로 구간을 파악하는 데 사용되며, 도로 교통 안전 분야에서 널리 활용되고 있다. 이미 국외의 다양한 기관 및 민간기업에서 도로 위험 수준을 평가하기 위해 사용되고 있으나 국내에서는 아직 익숙하지 않은 개념이다.

미국 AASHTO의 도로안전편람에서는 사고 발생 빈도와 심각도를 낮추기 위한 방법으로 '도로 네트워크 스크리닝(Road Network Screening)', '안전진단(Diagnosis)', '대책 선정(Select Countermeasures)', '경제성 평가(Economic Appraisal)', '사업 우선순위 결정(Prioritize Projects)', '안전 효과 평가(Safety Effectiveness Evaluation)'를 제시한다. 그 중 도로 네트워크 스크리닝은 사고감소 효과가 가장 클 것으로 예상되는 지점의 사고 패턴 및 기여 요인, 적절한 개선대책을 파악하는데 효과적이라고 설명한다. 도로안전편람에서는 도로 네트워크 스크리닝의 절차를 총 5단계로 제시한다.



<그림 3-1> 도로안전편람의 도로 네트워크 스크리닝 절차

제 2 절 도로 네트워크 스크리닝 단계별 연구 방법

1. 1단계: 도로 네트워크 스크리닝 목적 설정

1단계는 도로 네트워크 스크리닝의 목적을 설정하는 단계이다. 본 연구는 도로 네트워크 스크리닝을 수도권 일반국도에 적용하기 위한 고려사항을 정리하고 시범 적용을 위한 방안 제시를 목적으로 한다. 구체적으로 도로 네트워크 스크리닝 시행을 위한 분석 대상 구간 설정 기준과 데이터 간 연계 방안을 제시한다. 또한 도로 위험 구간 평가를 위해 기본적으로 활용되는 사고건수/km, 사고건수/대・km, 사고비용 지표 외 자전거 이용자 및 보행자 관점의 자전거 사고건수/대・km, 보행 사고건수/대・km 지표를 활용한다.

2. 2단계: 분석 대상 구간 설정 기준 제시

2단계는 분석 대상 구간 설정 기준을 정하는 단계이다. 구간을 지나치게 좁게 설정할 경우 구간별 연장 및 교통량, 사고건수 등의 정보가 충분치 않아 통계적으로 유의미한 분석이 어렵다. 반대로 구간을 지나치게 넓게 설정할 경우 분산 문제가 발생할 수 있으므로 적절한 구간 설정이 필요하다. 본 연구는 표준노드링크를 사용하므로 표준노드링크를 구성하는 링크 단위로 분석 대상 구간을 설정하려 했다. 하지만 링크를 분석 대상 구간으로 활용할 경우 구간 길이가 매우 짧아 구간당 포함되는 사고 건수가 거의 없거나 전혀 포함되지 않는 문제가 발생했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인접한 링크를 통합하여 구간을 설정할 필요가 있었다. 따라서 타 연구에서 활용하고 있는 분석 대상 구간 설정 방법을 살펴보았다.

Lynam(2005)은 도로를 분석 대상 구간으로 설정하는 세 가지 기준을 제시한다. 첫째, 중앙분리대가 있는 도로, 중앙분리대가 없는 도로, 평면교차로, 입체교차로 등 유사한 설계 기준으로 설계된 도로 또는 시설물을 기준으로 구간을 설정한다. 둘째, 유사한 교통량을 가진 구간을 연결하며 구간을 설정한다. 셋째, 통계적으로 유의미한 사고건수가 포함되도록 구간을 설정한다. Lynam은 세 가지 기준이 모두 충족되도록 구간을 설정하는 것이 중요하다고 강조한다.

iRAP에서도 도로를 분석 대상 구간으로 설정하는 세 가지 기준을 제시한다. 첫째, 도로의 모든 구간에서 교통량을 수집하지 않으므로 교통량 수집기가 설치되어 있는 구간을 기준으로 교통량 미수집 구간을 연결하며 구간을 설정한다. 둘째, 주요 교차로부터 다음 주요 교차로까지를 구간으로 설정한다. 셋째, 주요 교차로부터 다음 주요 교차로까지 구간으로 설정하되 주요 교차로마다 인접 도로 1km씩 포함하도록 구간을 설정한다. iRAP은 세 가지 기준 중 한가지를 선택하여 구간을 설정하지만 각 구간은 다음과 같은 특성을 포함해야 한다고 제시한다. 첫째, 동일 노선 내에서 구간을 나누어야 하며 둘째, 설정된 구간의 연장이 30km 이상 되도록 하며 셋째, 통계적으로 유의미한 사고건수(최소 20건 이상)를 포함해야 한다(EuroRAP, 2020).

<표 3-1> Lynam 연구 및 iRAP 기준 분석 대상 구간 설정 기준

	Lynam 연구 기준	iRAP 기준
기준 1	- 유사한 설계 기준으로 설계된 도로 또는 시설물 기준으로 구간 설정	- 교통량 수집기가 설치되어 있는 구간 기준으로 교통량 미수집 구간 연결하며 구간 설정
기준 2	- 유사한 교통량을 가진 구간을 연결하며 구간 설정	- 주요 교차로부터 다음 주요 교차로까지를 구간으로 설정
기준 3	- 통계적으로 유의미한 사고건수가 포함되도록 구간 설정	- 주요 교차로부터 다음 주요 교차로까지를 구간으로 설정하되 교차로마다 인접 도로 1km씩 포함하도록 구간 설정
비고	- 세 가지 기준이 모두 충족되도록 구간 설정 필요	- 세 가지 기준 중 한가지를 선택하되 다음과 같은 특성 포함 ① 동일 노선 내 ② 구간의 연장이 30km 이상이 되도록 ③ 구간당 20건 이상의 사고가 포함

본 연구는 수도권 일반국도를 분석 대상 구간으로 나누기 위해 iRAP에서 제시한 기준을 참고하되, 국내 도로 특성에 맞게 조정하였다. 분석 대상 구간은 동일 노선 내 주요 교차로부터 다음 주요 교차로까지로 설정하였다. 본 연구에서 정의하는 주요 교차로란 일반국도와 주간선도로 및 보조간선도로가 교차하는 지점으로 고속도로, 일반국도, 특별·광역시도가 이에 해당한다. 그 밖에 지방도 및 시군구도에 해당하는 집산도로 및 국지도로와의 교차로는 분석 범위에서 제외하였으며 제외된 교차로는 단일로로 취급하여 처리하였다. 예를 들어 <그림 3-2>와 같이 일반국도와 일반국도가 교차하는 A 교차로, 일반국도와 특

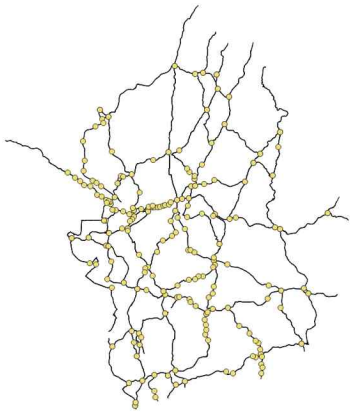
별·광역시도가 교차하는 B 교차로, 일반국도와 지방도가 교차하는 a 교차로가 있다고 가정한다. A 교차로와 B 교차로는 연구의 분석 범위에 해당하며 a 교차로는 분석 범위에 해당하지 않는다. 따라서 A-B 구간이 본 연구의 분석 대상 구간이 된다.

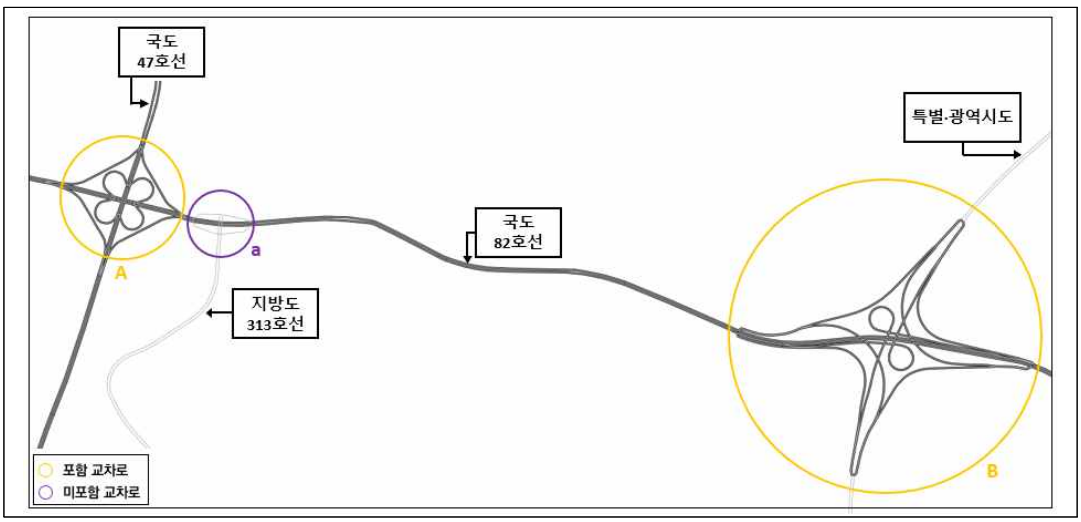
이러한 방식으로 설정된 분석 대상 구간은 총 233개이다. 이 때 구간의 최소 연장은 2.17km이며 최대 연장은 114.17km, 평균 연장은 18.72km, 표준편차는 14.52이다. 또한 구간당 최소 0건부터 최대 1,651건까지 사고가 포함되며 구간당 평균 228.86건의 사고가 포함된다. 이 때 표준편차는 342.81이다.

하지만 233개의 주요 교차로 단위로 분석 대상 구간 설정 시 구간당 포함되는 사고 건수가 충분치 않아 통계적으로 유의미한 분석이 불가능했다. 따라서 구간의 재조정이 필요했으며 이는 4단계에서 설명된다.

<표 3-2> 주요 교차로 단위로 설정된 분석 대상 구간 기초통계

구간 수 (개)	구간별 연장(km)			
	최소	최대	평균	표준편차
233	2.17	114.17	18.72	14.52
	구간별 사고건수			
	최소	최대	평균	표준편차
	0	1,651	228.86	342.81





<그림 3-2> 분석 대상 구간 설정 기준 예시

3. 3단계: 활용 지표 선정

문헌 고찰을 통해 도출된 사고건수/km, 사고건수/대・km, 사고비용 지표와 일반국도의 특성을 반영한 자전거 사고건수/대・km, 보행 사고건수/대・km 지표의 수식 및 장단점을 확인하여 도로 네트워크 스크리닝에 적용한다.

1) 사고건수/km (= 사고밀도)

분석 대상 구간마다 연장이 다르기 때문에 단순히 사고건수로만 비교하는 것은 객관성이 떨어질 수 있다. 따라서 분석 대상 구간의 연장을 고려하여 사고건수를 비교하는 것이 필요하다.

$$\sum_{i=1}^{i} \text{사고건수}_i / \text{구간길이}_i \quad \cdots\cdots (3\text{-}1)$$

<표 3-3> 사고건수/km 지표 장단점

장점	단점
- 교통량이 적은 도로(교통량 변화가 중요하지 않은 도로)를 평가하기 효과적	- 교통량을 고려하지 않을 경우 교통량의 차이가 클지라도 사고건수가 동일하다면 같은 위험 수준의 도로로 판단될 위험이 있음

2) 사고건수/대・km (= 사고율)

분석 대상 구간의 연장과 교통량 대비 사고건수를 고려하여 산정되며, 이 지표를 통해 객관적인 구간 비교가 가능하다. 사고는 특정 지점을 통과하는 교통량과 관련이 있으므로 사고건수/대・km는 교통량이 사고에 대한 노출(exposure) 정도를 나타내는 역할을 한다.

$$\sum_{i=1}^{i} \text{사고건수}_i \times 10^6 / \text{구간길이}_i \times \text{교통량}_i \quad \cdots\cdots (3\text{-}2)$$

<표 3-4> 사고건수/대・km 지표 장단점

장점	단점
- 구간당 사고건수 및 교통량, 연장 모두 고려 가능 - 객관적인 위험 구간 비교 가능	- 계산이 복잡함 - 교통량이 현저히 다를 경우 위험 구간 비교 까다로움 - 타 구간에 비해 교통량이 적으며 사고건수도 적은 구간이 개선 우선 대상으로 선정될 위험이 있음

3) 사고비용

교통사고는 인명피해, 재물피해, 정신적피해 등의 경제적 손실을 야기한다. 따라서 사고로 인한 각종 손실을 화폐적 가치로 환산하여 사고의 심각도를 객관적으로 비교할 수 있다. 2021년 기준 1인당 사망자 순평균비용은 약 482,400천원, 중상자 순평균비용은 64,352천원, 경상자 순평균비용은 4,839천원, 부상신고자 순평균비용은 2,384천원이다. 해당 비용은 사망자 및 중상자, 경상자, 부상신고자 처리를 위한 사회기관비용이 반영되지 않은 비용이다(도로교통공단, 2021).

$$\sum_{i=1}^{i}(\text{사망자 순평균비용}_i + \text{중상자 순평균비용}_i + \text{경상자 순평균비용}_i + \text{부상신고자 순평균비용}_i)/\text{구간길이}_i \quad \cdots\cdots (3\text{-}3)$$

<표 3-5> 사고비용 지표 장단점

장점[10]	단점
- 이해하기 용이함 - 사고 유형 및 사고의 심각도 고려 가능	- 사용된 가중치의 영향을 받음 - 사고 노출률을 고려하지 않음

4) 자전거 사고건수/대・km 및 보행 사고건수/대・km

일반국도는 자전거 및 보행자 통행이 가능하다는 특성이 있으므로 자전거 이용자 및 보행자 관점에서 도로 구간의 위험 수준을 비교할 필요가 있다. 이를 위해 분석 대상 구간의 연장 및 교통량을 함께 고려하여 자전거 및 보행 사고 현황을 객관적으로 비교한다.

$$\sum_{i=1}^{i}\text{자전거사고건수}_i \times 10^6/\text{구간길이}_i \times \text{교통량}_i \quad \cdots\cdots (3\text{-}4)$$

$$\sum_{i=1}^{i}\text{보행자사고건수}_i \times 10^6/\text{구간길이}_i \times \text{교통량}_i \quad \cdots\cdots (3\text{-}5)$$

10) 사고비용 지표 장단점: ‘20 도로교통 사고비용의 추계와 평가, 도로교통공단, 2021

<표 3-6> 자전거 및 보행 사고건수/대·km 지표 장단점

장점	단점
- 구간당 사고건수 및 교통량, 연장 모두 고려 가능 - 객관적인 위험 구간 비교 가능	- 계산이 복잡함 - 교통량이 현저히 다를 경우 위험 구간 비교 까다로움 - 타 구간에 비해 교통량이 적으며 사고건수도 적은 구간이 우선 개선 대상으로 선정될 위험이 있음

4. 4단계: 도로 네트워크 스크리닝 검사 기법 선정

4단계에서는 도로 네트워크 스크리닝 검사 기법을 선정한다. 도로 네트워크 스크리닝 검사 기법은 각 구간의 지표 결과값을 이용하여 위험 구간을 찾는 데 활용된다. 이를 통해 도로 구간들을 위험 수준에 따라 분류하고 우선 순위를 부여할 수 있다. 도로안전편람에서는 검사 기법으로 Simple Ranking Method, Sliding Window Method, Peak Searching Method를 제시한다.

Simple Ranking Method란, 분석 대상 구간별 지표값 계산 후 결과값에 따른 위험 구간 순위를 정하는 기법이다. 계산법이 간단하며 구간별 비교가 용이하다는 장점이 있지만 타 기법에 비해 신뢰도가 낮다는 단점이 있다.

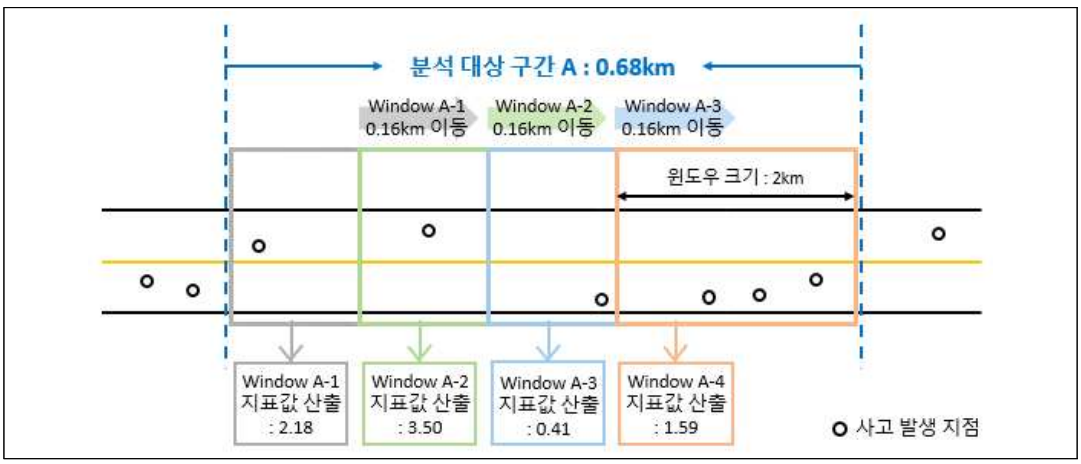
Sliding Window Method란, 분석 대상 구간을 대표하는 위험 하위 구간을 찾는 기법으로 고정된 크기의 윈도우(window)를 일정 간격으로 움직이며 대표 위험 하위 구간을 찾는다(Srinivasan, 2011). 대표 위험 하위 구간을 찾기 위해 윈도우별 지표 결과값을 산출하여 지표 결과값이 가장 큰 윈도우을 분석 대상 구간의 대표 위험 하위 구간으로 결정한다. 윈도우의 크기는 일반적으로 0.16km(0.1mile)로 설정하지만 연구 목적에 맞게 임의로 설정할 수 있다.

예를 들어 사고건수/km 지표를 활용하여 0.68km인 분석 대상 구간 A를 대표하는 위험 하위 구간을 찾는다고 가정한다. 이 때 윈도우 크기는 0.2km이며 0.16km 간격으로 윈도우를 움직이며 윈도우별 지표값을 산출한다. 그 결과 윈도우 A-1 위치에 있을 때 지표 결과값은 2.18, 윈도우를 0.16km 이동시켜 윈도우 A-2 위치에 있을 때 지표 결과값은 3.50, 윈도우 A-3 및 A-4 위치에 있을 때 지표 결과값은 각각 0.41건, 1.59이다(<표 3-7>, <그림 3-3>).

이러한 방식으로 분석 대상 구간 A 평가 시 윈도우 A-2 위치에 있을 때 지표 결과값이 3.50로 가장 크게 도출되므로 윈도우 A-2를 분석 대상 구간 A의 대표 위험 하위 구간으로 결정한다. Sliding Window Method의 핵심은 윈도우 크기를 어떻게 정하는지이다. 윈도우의 크기가 지나치게 작을 경우 윈도우에 포함되는 사고건수가 충분하지 않아 통계적으로 유의한 비교가 어렵다. 또한 윈도우 크기가 지나치게 클 경우 분산의 문제가 발생할 수 있다.

<표 3-7> Sliding Window Method 적용 예시

윈도우 번호	윈도우 위치	사고건수/km 지표값
A-1	0.00 km ~ 0.20 km	2.18
A-2	**0.16 km ~ 0.36 km**	**3.50**
A-3	0.32 km ~ 0.52 km	0.41
A-4	0.48 km ~ 0.68 km	1.59



<그림 3-3> Sliding Window Method 개념도

Peak Searching Method란, Sliding Window Method와 동일하게 분석 대상 구간의 대표 위험 하위 구간을 찾는 기법이다. 하지만 고정된 크기의 윈도우를 활용하는 Sliding Window Method와 달리 Peak Searching Method는 윈도우 크기를 유동적으로 조정하며 최적의 윈도우 크기를 찾는다. 이 때 활용되는 통계 기법이 분산계수다. 연구 목적에 맞는 최저 분산계수 기준을 정하여 기준에 맞는 최저 분산계수가 도출될 때까지 윈도우 크기를 조정하여 최적 분산계수가 도출될 때의 윈도우 크기를 최적 윈도우 크기로 정한다. 최적 크기의 윈도우로 분석 대상 구간을 스크리닝하여 윈도우별 지표값이 가장 크게 산출되는 윈도우를 분석 대상 구간의 대표 위험 하위 구간으로 결정한다. Sliding Window Method와 동일하게 윈도우의 크기는 일반적으로 약 0.16km(0.1mile)로 설정한다.

예를 들어 사고건수/km 지표를 활용하며 0.68km의 분석 대상 구간 B를 대표하는 위험 하위 구간을 찾는다고 가정한다. 이 때 최적 윈도우 크기 도출을 위한 최저 분산계수 기준은 0.43이다. 일차적으로 윈도우 크기를 0.2km로 설정하여 0.16km 간격으로 윈도우를 움직이며 윈도우별 분산계수를 산출한다. 그 결과 윈도우가 B-1-1, B-1-2, B-1-3, B-1-4 위치에 있을 때 분산계수는 각각 2.18, 0.45, 0.47, 1.73이다. 이 때 0.43 이하 값이 도출되지 않았으므로 윈도우 크기를 늘린다. 윈도우 크기를 0.3km로 설정하여 윈도우 B-2-1, B-2-2, B-2-3, B-2-4의 분산계수를 계산하면 각각 1.56, 1.05, 0.42, 1.97의 값이 산출된다. 이 때 B-2-3의 분산계수가 최저 분산계수 기준값인 0.43보다 낮게 산출되었으므로 분석 대상 구간 B를 스크리닝하는 최적 윈도우 크기는 0.3km로 설정된다(<표 3-8>). 0.3km의 윈도우로 분석 대상 구간 B를 스크리닝한 결과 윈도우 B-2-3 위치에 있을 때 지표값이 5.89로 가장 크게 도출되므로 윈도우 B-2-3을 분석 대상 구간 B의 대표 위험 하위 구간으로 결정한다(<표 3-9>).

<표 3-8> Peak Searching Method 적용 예시(적정 윈도우 크기 산출)

윈도우 번호	윈도우 위치	분산계수	윈도우 번호	윈도우 위치	분산계수
B-1-1	0.00 km ~ 0.20 km	2.18	B-2-1	0.00 km ~ 0.30 km	1.56
B-1-2	0.16 km ~ 0.36 km	0.45	B-2-2	0.16 km ~ 0.46 km	1.05
B-1-3	0.32 km ~ 0.52 km	0.47	**B-2-3**	**0.32 km ~ 0.62 km**	**0.42**
B-1-4	0.48 km ~ 0.68 km	1.73	B-2-4	0.38 km ~ 0.68 km	1.97

<표 3-9> Peak Searching Method 적용 예시(윈도우별 지표값 산출)

윈도우 번호	윈도우 위치	사고건수/km 지표값
B-2-1	0.00 km ~ 0.30 km	1.37
B-2-2	0.16 km ~ 0.46 km	4.85
B-2-3	**0.32 km ~ 0.62 km**	**5.89**
B-2-4	0.38 km ~ 0.68 km	3.17

적정 윈도우 크기 선정을 위해 분산계수를 활용하는 이유는 사고 발생 위치의 분포를 확인하기 위해서이다. 일반적으로 도로 네트워크에서 발생하는 사고 현황 조사 시 도로에서 발생한 총 사고건수를 구간 수로 나눈 평균 사고건수 지표를 활용한다. 하지만 평균 사고건수로는 도로축을 따라 발생한 사고가 어떻게 분포되어 있는지 확인하기 어려워 구간별 위험 수준 비교하기에 충분하지 않다. 따라서 사고 발생 위치의 분포를 확인을 위해 평균 사고건수를 토대로 표준편차 및 분산계수를 계산한다.

$$평균 = A/n \quad \cdots\cdots (3\text{-}6)$$

$$표준편차(S) = \sqrt{\frac{\sum_{x=1}^{x^2} - n(A/n)^2)}{n-1}} \quad \cdots\cdots (3\text{-}7)$$

(x : 도로의 한 구간에서 발생한 사고건수)

(n : 도로구간의 개수)

(A : x값의 총계 = $\sum_{x=1}^{x^2}$: 도로에서 발생한 총 사고건수)

$$분산계수(Coefficient\,of\ Variation, CV) = S/(A/n) \quad \cdots\cdots (3\text{-}8)$$

분산계수가 클수록 통계적 유의성이 낮음을 의미하며, 분산계수가 작을수록 통계적 유의성이 높음을 의미한다.

Peak Searching Method의 경우 분산계수라는 통계적 기법을 활용하여 적정 윈도우 길이를 찾으므로 신뢰도가 높다는 장점이 있다. 하지만 사고 발생 위치가 정확하지 않을 경우 분산계수의 정확도가 낮아질 수 있으며, 시행에 시간과 비용이 많이 소요된다는 단점이 있다.

본 연구에서는 도로 네트워크 스크리닝 검사 기법으로 Simple Ranking Method를 사용했다. 즉 전제 도로 네트워크를 분석 대상 구간으로 나누어 구간당 산정되는 지표 결과값으로 구간별 위험도 우선순위를 세운다. 그러나 도로 네트워크를 통계적으로 유의미한 구간으로 나누기 위해 Peak Searching Method의 주요 개념을 활용하였다. 도로 네트워크 스크리닝 2단계에서 설정된 233개의 구간은 구간당 충분한 사고건수가 포함되지 않으므로 충분한 사고건수가 포함되도록 구간을 통합하는 과정이 필요하다. 이 과정에서 분산계수를 활용했다. 233개의 구간을 통합하는 과정에서 통합된 구간별 평균 분산계수를 계산하여 최저 평균 분산계수가 도출될때의 구간을 분석 대상 구간으로 정한다.

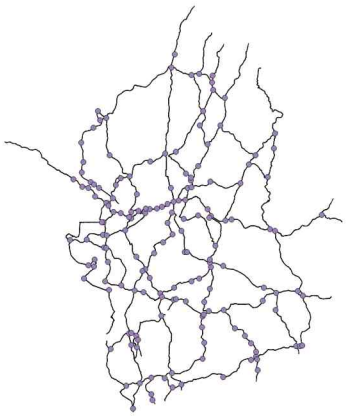
분석 대상 구간 통합을 위해 두 가지 분류체계를 활용했다. 첫 번째 분류체계는 최소 사고건수 기준의 분류이며 두 번째 분류체계는 도로 연장 5km 단위 기준의 분류이다. 첫 번째 분류체계는 2단계 분석 대상 구간 설정 기준 제시 단계에서 설정한 주요 교차로 단위 233개 구간에 적절한 사고건수가 포함되도록 구간을 통합하여 새로운 구간을 만드는 방식이다. 새로운 구간당 포함되는 사고건수를 늘리며 평균 분산계수를 산출하고 최저 분산계수가 산출될 때의 구간을 연구의 분석 대상 구간으로 설정한다. 두 번째 분류체계는 전체 도로를 5km씩

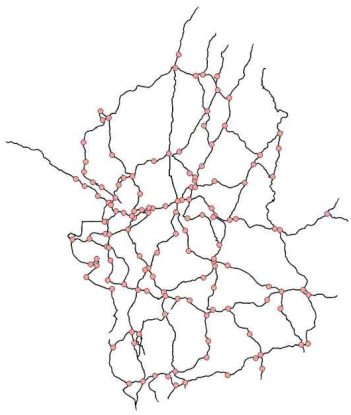
늘려가며 나누어 최저 분산계수가 도출되는 구간을 찾는다.

첫 번째 분류체계의 경우 일차적으로 구간당 최소 10건 이상의 사고가 포함되도록 구간을 통합하였다. 통합 결과 224개의 구간이 도출되었으며 구간별 평균 연장은 21.23km, 구간별 평균 사고건수는 238.06건으로 분산계수는 1.43이었다. 다음으로 구간당 최소 20건 이상의 사고가 할당되도록 구간 조정 결과 총 208개의 구간이 도출되었으며 구간별 평균 연장은 25.37km, 구간별 사고건수는 256.37건, 분산계수는 1.40이었다.

<표 3-10> 최소 사고건수(10건, 20건) 할당 시 구간별 기초통계

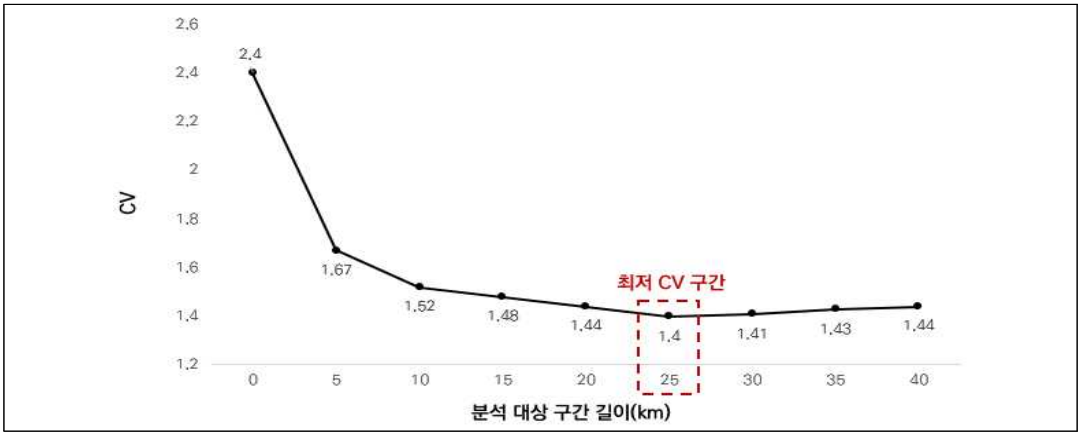
최소 10건 이상의 사고 할당				최소 20건 이상의 사고 할당			
하위 구간 수(개)		분산계수		하위 구간 수(개)		분산계수	
224		1.43		208		1.40	
하위 구간별 연장(km)				하위 구간별 연장(km)			
최소	최대	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차
2.17	58.85	21.23	11.40	2.17	58.85	25.37	11.93
하위 구간별 사고건수				하위 구간별 사고건수			
최소	최대	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차
10	1,651	238.06	301.97	20	1,651	256.37	305.93





이와 같이 구간당 일정 건수 이상의 사고 할당을 위해 구간을 합치는 과정에서 구간의 평균 연장은 길어지며 분산계수는 작아진다. 하지만 최저 분산계수 도출을 위해 제한 없이 구간을 통합할 경우 사고건수의 분산 문제가 발생할 수 있으므로 적정 길이의 분석 대상 구간을 찾을 필요가 있다.

두 번째 분류체계는 분석 대상 구간을 5km 단위로 늘리며 나누어 최저 분산계수가 도출되는 구간을 찾는 방식이다. 그림 3-4를 통해 확인할 수 있듯이 분석 대상 구간의 길이를 각각 5km, 10km, 15km로 나누었을 때 분산계수는 각각 1.67, 1.52, 1.48이다. 구간의 길이가 길어질수록 분산계수가 작아지며 구간 길이가 30km가 되는 시점부터 분산계수가 증가한다. 분산계수가 최저가 되는 구간은 도로를 25km 단위로 나누었을 때이며 이 때 분산계수는 1.4이다.



<그림 3-4> 5km 단위로 분석 대상 구간 구분 시 분산계수

최적의 분석 대상 구간 도출을 위해 두 가지 분류체계를 함께 고려한 결과 최저 분산계수가 도출될 때의 구간 길이와 최소 20건 이상의 사고가 할당되도록 구간을 조정했을 때의 구간별 평균 연장이 거의 일치하는 것을 확인했다. 최저 분산계수가 도출될 때의 분석 대상 구간의 연장은 25km이며 최소 20건 이상의 사고가 할당되도록 구간 조정 시 평균 연장은 25.37km이다. 따라서 최소 20건 이상의 사고가 할당되도록 구간을 나누는 것이 합리적이라 판단하여 이를 연구의 분석 대상 구간으로 결정하였으며 이 때 도출되는 분석 대상 구간 수는 총 208개이다.

<표 3-11> 결정된 최종 분석 대상 구간 기초통계

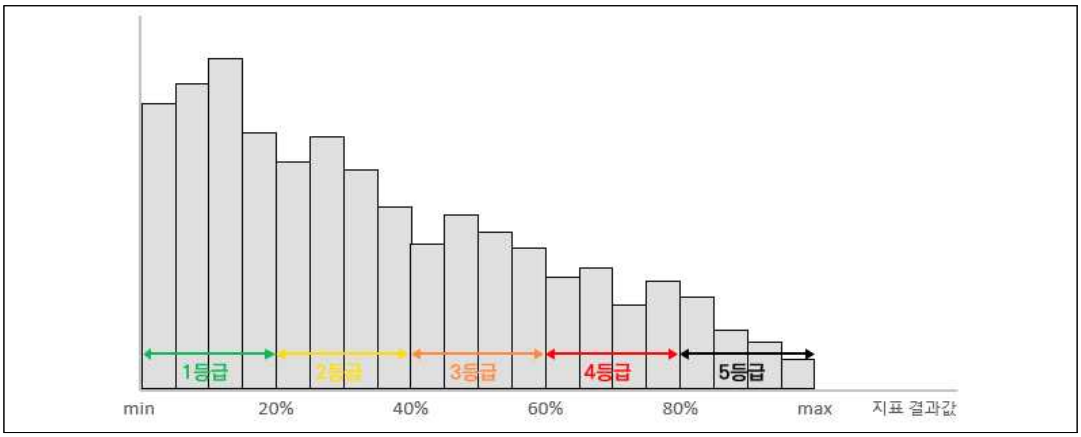
최종 분석 대상 구간 수	구간별 연장(km)			
	최소	최대	평균	표준편차
208	2.17	58.85	25.37	11.93
	구간별 사고건수			
	최소	최대	평균	표준편차
	20	1,651	256.37	305.93

5. 5단계: 도로 네트워크 스크리닝 시행 결과 등급화

5단계는 도로 네트워크 스크리닝 시행 결과를 평가하는 단계로 다섯가지 지표 결과값을 일정 기준에 따라 등급화한다. 도로안전편람 및 iRAP 등 도로 네트워크 스크리닝 시행 기관에서는 분석 대상 구간의 위험 수준 비교를 위해 일반적으로 도로 네트워크 스크리닝 시행 결과를 5개의 등급으로 분류하고 있다. 따라서 본 연구에서도 동일하게 시행 결과를 5개의 등급으로 분류하였다.

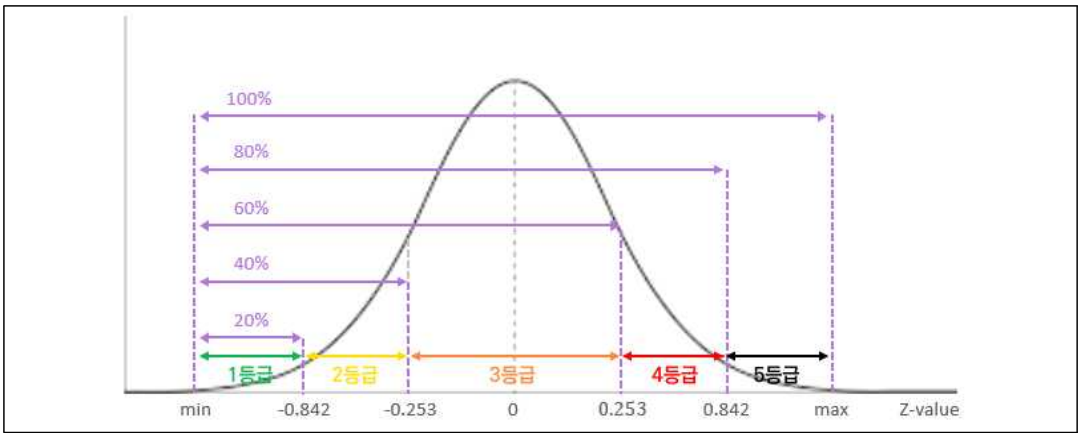
5등급 분류를 위해 두 가지 기준을 활용하였다. 첫 번째 기준은 지표 결과

값의 4분위수를 활용한다. 지표 결과값의 최소값부터 20%에 해당하는 값까지 1등급, 20%에 해당하는 값부터 40%에 해당하는 값까지 2등급, 40%에 해당하는 값부터 60%에 해당하는 값까지 3등급, 60%에 해당하는 값부터 80%에 해당하는 값까지 4등급, 80%에 해당하는 값부터 최대값까지를 5등급으로 분류한다.



<그림 3-5> 지표값의 4분위수를 활용한 등급 구분

두 번째 분류 기준은 지표 결과값을 표준정규분포로 변환하여 z-value값을 활용한다. 표준정규분포에서 하위 20%, 40%, 60%, 80%에 해당하는 값은 각각 -0.842, -0.253, 0.253, 0.842이다. 따라서 최소 z-value값부터 -0.842까지를 1등급, -0.842부터 -0.253까지 2등급, -0.253부터 0.253까지 3등급, 0.253부터 0.842까지 4등급, 0.842부터 최대 z-value값까지 5등급으로 분류한다.



<그림 3-6> 지표값의 z-value값을 활용한 등급 구분

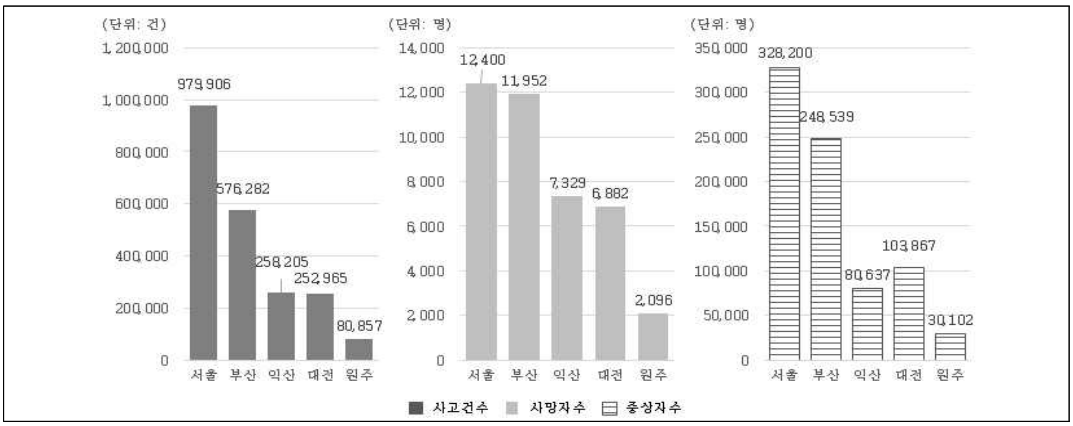
두 가지 기준으로 분류된 5개의 등급은 등급끼리의 시각적 비교가 용이하도록 매핑(mapping)을 시행하였으며 1등급은 초록, 2등급은 노랑, 3등급은 주황, 4등급은 빨강, 5등급은 검정으로 표현하였다.

제 3 절 분석범위 설정

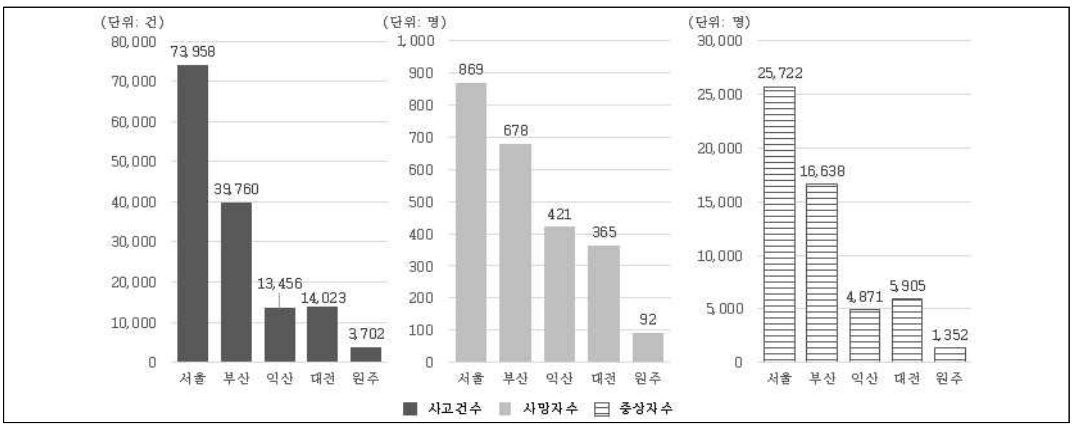
1. 수도권 일반국도 현황

일반국도는 주요 도시 및 국가산업단지, 관광지 등을 연결하여 국가의 도로 네트워크를 형성하는 도로로 고속도로와 함께 국가 기간도로망을 구성한다. 과거에는 대통령령으로 노선이 지정되었으나 2014년 개정된 도로법에 의해 현재는 국토교통부령에 의해 지정·고시되고 있으며, 5개의 지방국토관리청(서울지방국토관리청, 대전지방국토관리청, 부산지방국토관리청, 원주지방국토관리청, 익산지방국토관리청)에서 관리하고 있다.

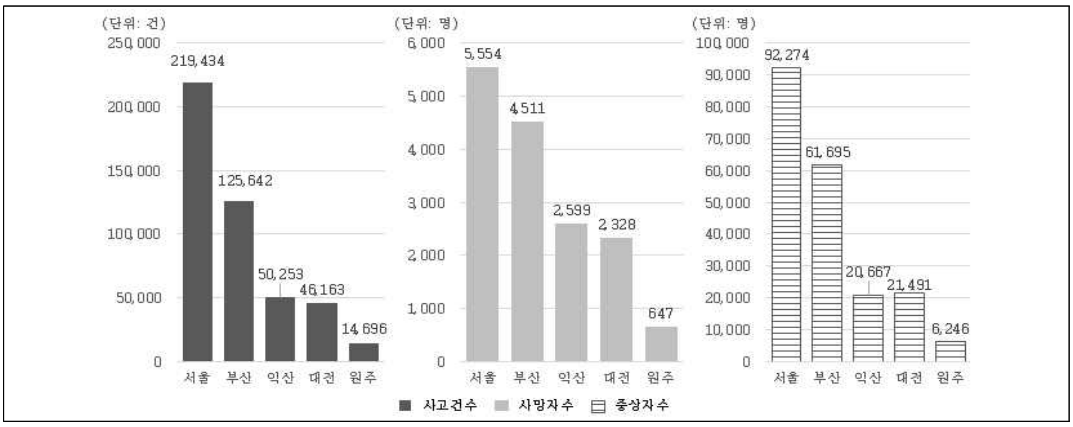
2012년부터 2021년까지 최근 10년간 5개의 지방국토관리청이 관할하는 일반국도에서 발생한 차량 사고 및 자전거 사고, 보행 사고를 비교한 결과 사고건수 및 사망자수, 중상자수 모두 서울지방국토관리청에서 가장 자주 발생했다.



<그림 3-7> 최근 10년 지방국토관리청별 차량 사고 비교



<그림 3-8> 최근 10년 지방국토관리청별 자전거 사고 비교

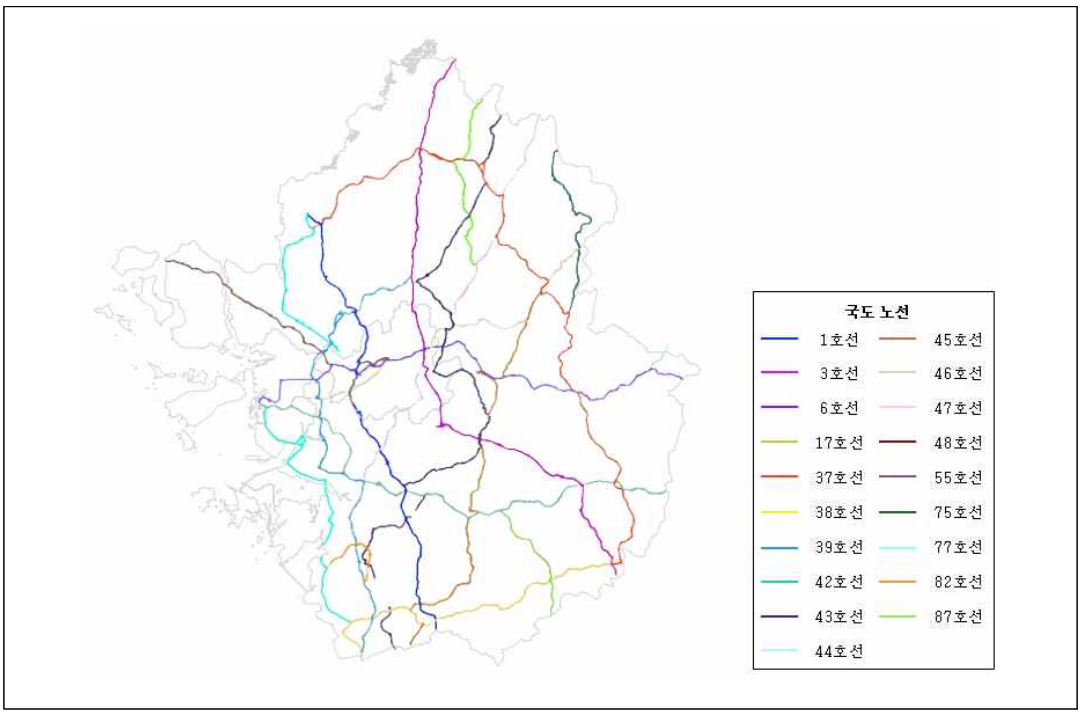


<그림 3-9> 최근 10년 지방국토관리청별 보행 사고 비교

수도권에서 발생하고 있는 사고의 심각성을 파악하고 구간별 위험도 비교를 위해 본 연구에서는 서울지방국토관리청이 관할하는 일반국도 19개 노선을 공간적 범위로 선정하였다. 노선별 연장은 <표 3-8>와 같다.

<표 3-12> 서울지방국관리청 관할 일반국도별 연장

노선명	연장(km)	노선명	연장(km)	노선명	연장(km)	노선명	연장(km)
1호선	201.7	38호선	178.5	45호선	170.8	75호선	66.2
3호선	262.1	39호선	512.2	46호선	88.5	77호선	253.3
6호선	126.7	42호선	204.8	47호선	162.2	82호선	43.9
17호선	40.1	43호선	385.1	48호선	77.9	87호선	65.5
37호선	298.3	44호선	4.2	55호선	4.3	-	-



<그림 3-10> 수도권 19개 일반국도 노선망

제 4 절 데이터 수집

1. 교통사고 데이터

국외에 비해 국내 교통사고 데이터는 전국 모든 도로에서 발생하는 사고를 상세하고 정확하게 수집하여 오픈 데이터로 제공된다는 강점이 있다. 교통사고 데이터를 자유롭게 활용할 수 있다는 강점은 교통안전과 관련된 연구의 질을 향상시키는데 도움이 되었다. 이러한 교통사고 데이터는 도로교통공단의 교통사고분석시스템(Traffic Accident Analysis System, TAAS)에서 수집 및 제공하고 있다. TAAS는 경찰 및 보험사, 공제조합 등에서 제공하는 교통사고 자료를 수집 및 통합, 분석하여 도로 안전 정책 수립 등에 활용할 수 있도록 교통사고 정보를 제공하는 시스템이다. 교통사고 데이터는 사고일시, 사고발생 시군구, 사고내용, 사고유형, 기상 상태, 노면 상태, 피해자 및 가해자의 인적 사항 등의 정보를 포함한다.

본 연구는 2017년 1월 1일부터 2021년 12월 31일까지 수도권 일반국도 19개 노선에서 발생한 교통사고 54,082건을 분석 대상으로 사용하였다.

<표 3-13> TAAS 교통사고 데이터 항목

변수명	세분류	변수명	세분류
사고일시	2017년 1월 1일 ~ 2021년 12월 31일	법규 위반	안전거리미확보, 안전운전불이행, 신호위반, 중앙선침범, 불법유턴 등
사고 장소	전국 시군구 행정동	노면 상태	포장, 비포장
시간대	0시 ~ 24시 (1시간 간격)	기상 상태	맑음, 흐림, 비, 눈, 안개, 기타
사고내용	사망사고, 중상사고, 경상사고	도로 형태	교차로, 단일로 기타
사고유형	차대차, 차대사람, 차량단독	가해운전자 차종	승용, 승합, 건설기계, 화물, 자전거, PM, 특수, 이륜차 등

<표 3-14> TAAS 교통사고 데이터 테이블

사고일시	시군구	사고내용	사고유형	법규위반	노면상태	기상상태	도로형태	…	가해운전자 차종
2020년 1월 1일 18시	경기도 가평군 가평읍	중상사고	차대차-기타	안전운전불이행	포장-건조	맑음	단일로-기타	…	승용
2020년 1월 6일 12시	경기도 가평군 가평읍	중상사고	차대사람-차도통행중	보행자보호의무위반	포장-건조	맑음	교차로-교차로횡단보도	…	화물
2020년 1월 7일 14시	경기도 가평군 가평읍	경상사고	차대차-측면충돌	교차로운행방법위반	포장-젖음/습기	비	교차로-교차로안	…	화물
2020년 1월 8일 09시	경기도 가평군 가평읍	경상사고	차대차-추돌	안전거리미확보	포장-건조	맑음	단일로-교량	…	승합
2020년 1월 15일 14시	경기도 가평군 가평읍	경상사고	차대차-기타	안전운전불이행	포장-건조	맑음	단일로-기타	…	승합
2020년 1월 19일 15시	경기도 가평군 가평읍	사망사고	차대차-측면충돌	안전운전불이행	포장-젖음/습기	흐림	교차로-교차로부근	…	화물
2020년 1월 21일 15시	경기도 가평군 가평읍	경상사고	차대차-측면충돌	중앙선침범	포장-건조	맑음	단일로-교량	…	승합
2020년 1월 29일 13시	경기도 가평군 가평읍	사망사고	차대차-기타	안전운전불이행	포장-건조	맑음	교차로-교차로안	…	승용
2020년 2월 2일 18시	경기도 가평군 상면	부상신고사고	차대차-기타	안전운전불이행	포장-건조	맑음	단일로-기타	…	승용
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

2. 네트워크 데이터

도로 네트워크는 노드(node)와 링크(link)로 구성되어 있다. 노드는 차량이 도로를 주행하는 과정에서 속도의 변화가 발생하는 지점을 나타내며, 링크는 속도 변화 발생 지점인 노드와 노드를 연결한 선으로 일반적으로 도로를 의미한다. 노드 유형으로는 교차로, 도로의 시종점, 행정 경계 등이 있으며 링크 유형으로는 도로, 교량, 터널 등이 있다[11].

지능형 교통체계 표준 노드·링크 구축 및 관리지침에 따르면 표준노드링크는 국토교통부 장관이 구축기준에 따라 구축·관리하는 전자교통지도로 교통정보의 수집·제공 및 도로운영 등에 활용된다. 즉, 전국 도로를 대상으로 교통정보를 실시간으로 원활하게 주고받기 위해 단일화된 ID 체계를 적용한 표준 교통망 DB를 표준노드링크라고 할 수 있다.

표준노드링크는 지능형교통체계(Intelligent Transportation System, ITS) 구현을 위한 기초자료로 활용되며, 도로·교통 및 관련 정보 융합을 위한 다양한 서비스 기반 확보를 위해 활용된다. 2023년 데이터에 따르면 수도권 일반국도 19개 노선은 총 10,269개의 링크로 이루어져 있다.

<표 3-15> 표준노드링크 중 노드 데이터 테이블

NODE_ID	NODE_TYPE	NODE_NAME	TURN_P
3850410400	101	내덕동30-10	0
3850410500	101	내덕동7-12	0
3850410600	101	내덕동69-9	0
3850410700	101	내덕동15-4	0
3850410800	101	내덕동69-31	0
3850410900	101	내덕동667-36	0
3850411000	101	내덕동30-14	0
:	:	:	:

<표 3-16> 표준노드링크 중 링크 데이터 테이블

LINK_ID	F_NODE	T_NODE	LANES	ROAD_RANK	ROAD_TYPE	ROAD_NO	ROAD_NAME	…	MAX_SPD	LENGTH
3720007701	3640009800	3720012600	1	106	0	917	낙동정맥로	…	50	268.3151
3720008503	3720160900	3720003900	1	106	0	917	원남로	…	50	1773.859
3720008601	3720161000	3720161400	1	106	0	917	원남로	…	50	333.3195
3720008602	3720161600	3720003600	2	103	0	7	동해대로	…	70	304.4028
3720008603	3720003900	3720160900	1	106	0	917	원남로	…	50	1776.386
3720008604	3720160900	3720161000	1	106	3	917	원남로	…	50	80.45353
2430077900	2430090900	2430091000	1	105	0	57	보개원삼로	…	60	330.9748
:	:	:	:	:	:	:	:	…	:	:

11) ITS 국가교통정보센터 홈페이지, https://www.its.go.kr

3. 교통량 데이터

교통량과 교통사고 사이의 관계를 명백히 규명하기 어렵지만 교통량은 교통사고 발생에 큰 영향을 미치는 요인 중 하나라는 사실은 분명하다. 따라서 교통량은 교통사고의 원인 분석에 있어 가장 중요한 요소로 간주된다. 도로 교통량 조사 지침에 따르면 교통량은 도로의 특정 지점 또는 단면을 단위 시간 동안 통과하는 차량의 수로 정의한다. 일반적으로 1년 365일 지속적으로 교통량을 조사하여 연평균 일교통량(Annual Average Daily Traffic, AADT)을 산출하는 상시조사와 일년 중 임의의 날짜를 선정하여 교통량을 조사하고 보정계수를 적용하여 AADT를 산출하는 수시조사가 있다(박창수, 2004).

본 연구는 국토교통부의 교통량 정보 제공 시스템(Traffic Monitoring System, TMS) 및 한국교통연구원의 View-T 교통량 데이터를 사용하였다. TMS는 고속국도, 일반국도, 지방도 등의 교통량을 조사하여 도로의 계획과 건설, 유지관리 등에 필요한 기본자료 제공을 목적으로 한다. 또한 View-T 교통량 데이터는 차량 GPS 데이터, 모바일 통신 데이터, 대중교통 카드 데이터 등을 활용하여 모빌리티 데이터를 가공하며, 가공된 모빌리티 데이터는 도로 별, 차종별, 시간대별로 관측된 교통량 및 추정 교통량, 속도, 혼잡강도 등의 자료를 제공한다.

TMS는 수도권 상시교통량 수집 지점 61곳과 수시교통량 수집 지점 278곳을 합쳐 총 339곳의 지점에서 교통량을 수집하며, View-T는 상시교통량 수집 지점 467곳에서 교통량을 수집한다. 따라서 본 연구는 총 806곳의 교통량 수집 지점에서 수집된 교통량 데이터를 활용하였다. TMS 교통량 수집 지점과 View-T 교통량 수집 지점이 겹칠 경우 TMS 교통량 데이터를 우선으로 활용하였다.

<표 3-17> TMS 교통량 데이터 테이블

도로종류	지점번호	호선	구간	차로	도/시	시/군	읍/면	동/리	구분	AADT	XCODE	YCODE
일반국도	0101-01	1	죽교동-대양동	4	전남	목포	-	죽교	상시	16,617	34.809	126.36491
일반국도	0101-00	1	삼향면-학교면	4	전남	무안	삼향	왕산	상시	19,926	34.85192	126.42727
일반국도	0102-02	1	삼향면-학교면	4	전남	무안	청계	도림	수시	17,408	34.91523	126.42809
일반국도	0102-01	1	삼향면-학교면	4	전남	함평	엄다	엄다	수시	10,823	35.00589	126.50078
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

<표 3-18> View-T 교통량 데이터 테이블

link_id	road_rank	road_length	road_name	sido_id	sigungu_id	emd_id	sido_name	sigungu_name	emd_name	OBSR_AADT
1001071	103	3.676	진도대로	36000	36470	3647011	전라남도	진도군	진도읍	4,436
1001072	103	3.676	진도대로	36000	36470	3647031	전라남도	진도군	군내면	4,588
1001147	103	4.303	공룡대로	36000	36400	3640042	전라남도	해남군	문내면	2,565
1001148	103	4.303	공룡대로	36000	36400	3640040	전라남도	해남군	황산면	2,530
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

제 5 절 연구 방법

1. 데이터 연계

도로 네트워크 스크리닝에 활용되는 데이터는 교통사고 데이터, 교통량 데이터, 네트워크 데이터이다. 각각의 데이터는 서로 다른 형식으로 수집 및 관리되고 있으므로 데이터의 원활한 연계를 위해 동일한 형식으로 가공 및 결합할 필요가 있다. 본 연구는 도로 구간의 위험 수준 비교가 목적으로 각각의 데이터 항목 중 도로 네트워크 스크리닝 시행에 필수적으로 필요한 항목만 추출하여 네트워크 데이터 기반으로 교통사고 데이터와 교통량 데이터를 결합한다.

TAAS 사고 데이터는 사망사고 발생 위치 좌표만 제공할 뿐 중상사고 및 경상사고, 부상신고사고의 발생 위치 좌표는 제공하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 파이썬 웹 스크래핑 기법을 활용하여 사망사고 외 사고들의 발생 위치별 좌표를 수집하였다. 웹 스크래핑(Web Scraping)이란 웹 페이지로부터 원하는 정보를 추출하는 기법으로 비구조화된 웹문서 자료를 정형화된 형태로 변환하여 데이터베이스나 스프레드시트로 저장한다. 본 연구는 교통사고의 GIS 공간 분석 기능을 제공하는 교통사고 융합분석 페이지를 대상으로 웹 스크래핑을 시행했으며, 파이썬의 request 패키지를 이용하여 http 통신으로 사고 발생 위치 좌표, 피・가해자 정보, 도로 및 환경 상태 등의 데이터를 요청하여 추출하였다.

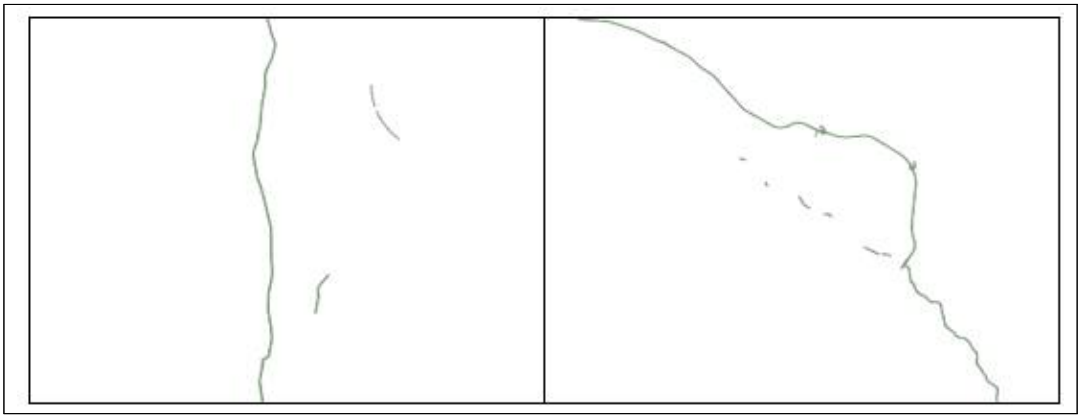
<표 3-19> 교통사고 데이터 중 연구에 활용된 항목

시군구	X 좌표	Y 좌표	사고내용	사망자수	중상자수	경상자수	부상신고자수
경기도 가평군 가평읍	1000671	1970791	중상사고	0	1	0	0
경기도 가평군 가평읍	1001057	1972931	중상사고	0	1	0	0
경기도 가평군 가평읍	1000772	1973942	경상사고	0	0	1	0
경기도 가평군 가평읍	1000797	1974952	경상사고	0	0	1	0
:	:	:	:	:	:	:	:

네트워크 데이터인 표준노드링크 데이터는 일반국도를 포함한 전국 모든 도로에 대한 정보를 제공한다. 표준노드링크 데이터 속성 중 도로 등급을 의미하는 ROAD_RANK 컬럼을 활용하여 일반국도(103)에 해당하는 일반국도 링크 데이터를 추출하였다. 추출된 수도권 일반국도 링크는 총 11,786개로 구성되어 있으나 <그림 3-11>과 같이 이어져 있지 않은 오류 링크도 존재하여 1,517개의 오류 링크를 제외한 총 10,269개의 링크를 분석에 사용하였다.

<표 3-20> 네트워크 데이터 중 연구에 활용된 항목

LIN_ ID	F_NODE	T_NODE	ROAD_RANK	ROAD_NO	ROAD_NAME	LENGTH
3720008602	3720161600	3720003600	103	7	동해대로	304.402824727
2430078200	2430106400	2430105800	103	17	죽양대로	318.075116226
2430076600	2430056000	2430061100	103	45	남북대로	559.560399677
2430085500	2430105400	2430105000	103	17	죽양대로	569.801094547
:	:	:	:	:	:	:



<그림 3-11> 표준노드링크의 오류 링크 예시

교통량 데이터인 TMS 데이터와 View-T 데이터는 교통량 수집 지점의 지역 및 좌표 정보를 제공한다. 따라서 수도권 일반국도에 설치되어 있는 교통량 수집 지점 데이터 추출을 위해 데이터 속성 중 도/시 컬럼을 활용하여 '서울', '인천', '경기' 지역으로 필터링하였다.

<표 3-21> 교통량 데이터 중 연구에 활용된 항목

지점 ID	도/시	도로명	X 좌표	Y 좌표	AADT
0101-01	서울	신목로	1000671	1970791	16,617
0101-00	서울	신목로	1001057	1972931	19,926
0102-02	경기	경수대로	1000772	1973942	17,408
0102-01	경기	경수대로	1000797	1974952	10,823
:	:	:	:	:	:

2. QGIS 공간 처리 속성을 활용한 데이터 가공

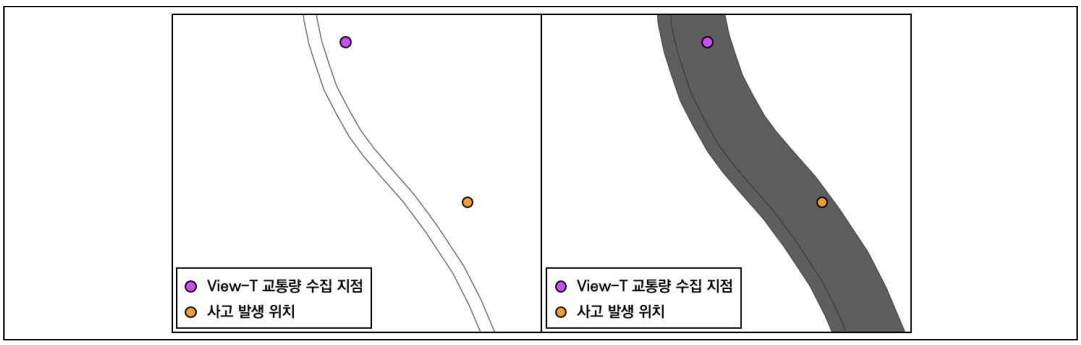
네트워크 데이터인 표준노드링크와 사고 데이터 및 교통량 데이터의 결합을 위해 QGIS 3.16 프로그램을 사용하였다. 먼저 사고 발생 위치별 좌표 및 표준노드링크 데이터의 링크별 좌표를 좌표계 EPSG:5179를 활용하여 QGIS 화면에 출력하였다. 사고 데이터와 표준노드링크의 결합을 위해 표준노드링크에 25m 버퍼(buffer)를 적용하여 네트워크 기준 지름 25m 이내에 위치한 사고를 모두 포함하였다. 표준노드링크 버퍼를 25m로 설정한 이유는 표준노드링크와 사고 발

생 위치가 정확히 일치하지 않기 때문이다. 표준노드링크의 버퍼를 지나치게 넓게 설정할 경우 사고 발생 위치를 다수의 네트워크가 겹치는 상황이 발생하며, 버퍼를 지나치게 좁게 설정할 경우 사고 발생 위치를 네트워크에 모두 포함하지 못하는 상황이 발생한다. 실제로 표준노드링크에 버퍼 적용 없이 사고 데이터와 표준노드링크를 결합했을 경우 전체 사고 중 약 62%인 33,531건의 사고만 네트워크 데이터에 포함되었다. 따라서 도로 링크 버퍼를 조절하며 비교한 결과 25m로 설정했을 때 겹치는 네트워크 없이 수도권에서 발생하는 모든 사고를 포함할 수 있었다. 사고 데이터와 표준노드링크 결합 후 QGIS 프로그램의 '위치에 따라 속성 결합' 기능을 활용하여 데이터들의 항목을 결합하였다.

<표 3-22> 사고 및 표준노드링크 결합 데이터 항목

LINK_ID	F_NODE	T_NODE	ROAD_RANK	ROAD_NO	ROAD_NAME	LENGTH	시군구	X 좌표	Y 좌표	사고 내용	사망자 수	중상자 수	경상자 수	부상 신고자수
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	동해대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1000671	1970791	중상사고	0	1	0	0
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	죽양대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1001057	1972931	중상사고	0	1	0	0
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	남북대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1000772	1973942	경상사고	0	0	1	0
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	죽양대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1000797	1974952	경상사고	0	0	1	0
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

여기에 교통량 데이터를 추가한다. 일반국도 19개 노선 대상 교통량 수집 지점은 TMS 339곳 및 View-T 467곳을 포함한 총 806곳이다. TMS 데이터는 표준노드링크 단위로 가공되어 교통량 수집 지점이 표준노드링크와 정확히 일치한다. 그러나 View-T 데이터의 경우 View-T 자체 네트워크로 가공되어 표준노드링크와 정확히 일치하지 않는다. 하지만 앞서 표준노드링크에 25m 버퍼를 적용했기 때문에 <그림 3-12>의 우측과 같이 View-T 교통량 수집 지점을 표준노드링크에 포함할 수 있었다. 이는 동일하게 '위치에 따라 속성 결합' 기능을 활용하여 기존에 결합한 데이터에 교통량 데이터를 결합하였다.



<그림 3-12> 표준노드링크에 버퍼 25m 적용 전(좌) 후(우)

<표 3-23> 사고 및 표준노드링크, 교통량 결합 데이터 항목

LINK_ID	F_NODE	T_NODE	ROAD_RANK	ROAD_NO	ROAD_NAME	LENGTH	시군구	X 좌표	Y 좌표	사고내용	사망자수	중상자수	경상자수	부상신고자수	AADT
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	동해대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1000671	1970791	중상사고	0	1	0	0	198,649
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	죽양대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1001057	1972931	중상사고	0	1	0	0	198,649
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	남북대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1000772	1973942	경상사고	0	0	1	0	198,649
1000000301	1000008600	1000008900	103	6	죽양대로	150.926	서울특별시 종로구 서린동	1000797	1974952	경상사고	0	0	1	0	198,649
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	

3. 교통량 미수집 구간 교통량 할당

수도권 일반국도를 구성하는 10,269개 링크 모두에서 교통량을 수집하지 않는다. 따라서 교통량 수집 지점이 속한 806개의 링크를 제외한 9,463개의 교통량 미수집 링크에 교통량 할당이 필요하다. 이 때 교통량 미수집 링크 및 교통량 수집 링크의 연장을 반영한 교통량 가중평균을 계산하여 교통량 미수집 링크에 교통량을 할당한다.

예를 들어 <그림 3-13>과 같이 분석 대상 구간 SECTION 1, SECTION 2, SECTION 3이 있으며, SECTION 2는 LINK 1부터 LINK 10까지의 링크로 구성되어 있다고 가정한다. 이 중 LINK 1, LINK 5, LINK 6, LINK 10은 교통량 수집 링크이며, LINK 2, LINK 3, LINK 4, LINK 7, LINK 8, LINK 9는 교통량 미수집 링크이다. 따라서 10개 링크의 연장을 반영한 LINK 1, LINK 5, LINK 6, LINK 10의 교통량 가중평균을 계산하여 교통량 미수집 링크에 교통량을 할당한다.

방향별로 LINK 1에서 LINK 5로 향할 때 교통량은 25,000대에서 29,000대로 증가하며 LINK 2, LINK 3, LINK 4, LINK 5의 연장은 각각 2km, 1km, 2km, 3km이다. 이 때 LINK 5의 29,000대에서 LINK 1의 25,000대를 뺀 4,000대를 2:1:2:3의 비율로 나누어 교통량을 할당하면 LINK 2에 26,000대, LINK 3에는 26,500대, LINK 4에는 27,500대가 할당된다. 이와 같은 방식으로 LINK 7에는 약 27,714대, LINK 8에는 약 27,571대, LINK 9에는 약 27,285대의 교통량이 할당된다.

$$LINK\,2\text{의 교통량} = LINK\,1\text{ 교통량} + \frac{(29000-25000)}{8} \times 2 = 26{,}000\text{대} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3\text{-}9)$$

$$LINK\,3\text{의 교통량} = LINK\,2\text{ 교통량} + \frac{(29000-25000)}{8} \times 1 = 26{,}500\text{대} \quad \cdots\cdots\cdots (3\text{-}10)$$

$$LINK\,4\text{의 교통량} = LINK\,3\text{ 교통량} + \frac{(29000-25000)}{8} \times 2 = 27{,}500\text{대} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3\text{-}11)$$

역으로 LINK 6에서 LINK 10으로 향할 때 교통량이 28,000대에서 27,000대로 감소한다. 상행과 같은 방식으로 연장의 가중평균을 고려했을 때 LINK 7에 할당되는 교통량은 약 27,714대, LINK 8의 경우 약 27,571대, LINK 9의 경우 약 27,285대의 교통량이 할당된다.

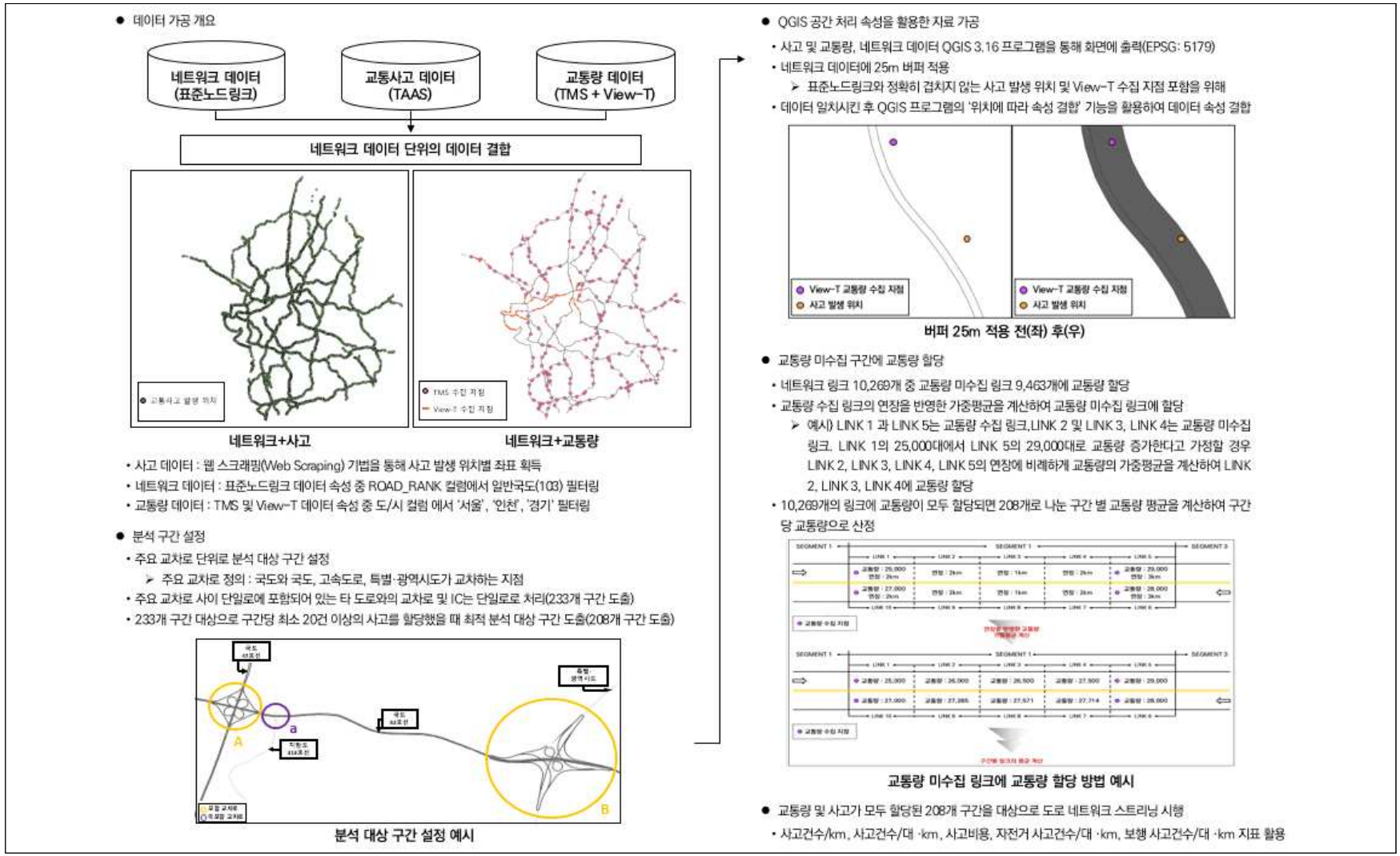
$$LINK\,7\text{의 교통량} = LINK\,6\text{ 교통량} + \frac{(28000-27000)}{8} \times 2 = 27{,}714\text{대} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3\text{-}12)$$

$$LINK\,8\text{의 교통량} = LINK\,7\text{ 교통량} + \frac{(29000-25000)}{8} \times 1 = 27{,}571\text{대} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3\text{-}13)$$

$$LINK\,9\text{의 교통량} = LINK\,8\text{ 교통량} + \frac{(29000-25000)}{8} \times 2 = 27{,}285\text{대} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (3\text{-}14)$$

10,296개의 링크에 교통량이 모두 할당되면 2단계에서 설정된 208개 구간을 구성하는 링크들의 평균 교통량을 계산하여 해당 구간의 교통량으로 산정한다. 예를 들어 SECTION 2를 구성하는 10개의 모든 링크에 교통량이 할당되면 LINK 1부터 LINK 10까지의 평균 교통량을 계산한다. 이 때 평균값은 27,057이며 SECTION 2의 교통량은 27,057대로 산정된다.

<그림 3-13> 교통량 미수집 링크에 교통량 할당 방법 예시



<그림 3-14> 연구 프로세스

제 4 장 분석 결과

제 1 절 Simple Ranking Method 적용 구간별 기초통계

도로 네트워크를 총 208개의 분석 대상 구간으로 설정하여 구간별 전체 사고건수 및 자전거 사고건수, 보행자 사고건수, 연장, 교통량 기초통계를 확인하였다.

전체 사고건수의 경우 구간당 최소 20건부터 최대 1,651건의 사고가 포함되어 있으며 평균 사고건수는 381.7건이다. 또한 분산은 158899.9이며 표준편차는 398.6이다. 자전거 사고건수는 최소 0건부터 최대 102건의 사고가 포함되어 있으며 평균 사고건수는 9.1건이다. 분산은 267.6이며 표준편차는 16.4이다. 보행자 사고건수 역시 최소 0건부터 최대 225건의 사고가 포함되어 있으며 평균 사고건수는 25.1건, 분산은 1663.4, 표준편차는 40.8이다. 자전거 사고 및 보행 사고에 비해 전체 사고의 구간별 분포가 매우 큼을 알 수 있다.

구간별 연장의 경우 최소 2.2km인 구간부터 최대 58.9km인 구간까지 분포되어 있으며 평균 연장은 25.3km다. 분산은 177.8이며 표준편차는 13.3이다. 구간별 교통량의 경우 최소 1,495대부터 최대 78.577대의 교통량이 포함되어 있으며 평균 교통량은 22,301대, 분산은 222650922, 표준편차는 14921.5이다. 구간별 연장 및 교통량의 분포도 매우 큼을 알 수 있다. 이로써 사고건수와 연장, 교통량을 각각 활용하는 것보다 함께 활용한다면 구간의 위험 수준을 더욱 객관적으로 비교할 수 있을 것이다.

또한 구간당 분산계수 계산 결과 가장 작은 분산계수는 0.55이 산출된 구간이며 가장 큰 분산계수가 도출된 구간의 분산계수는 2.89이다. 208개 구간의 평균 분산계수를 계산한 결과 1.4라는 값이 산출되었다.

<표 4-1> 208개 구간별 사고건수 및 연장, 교통량 기초통계

	구간당 사고건수	구간당 자전거 사고건수	구간당 보행 사고건수	구간당 연장(km)	구간당 교통량
최소	20	0	0	2.2	1,495
최대	1,651	102	225	58.9	78,577
평균	381.7	9.1	25.1	25.3	22,301
분산	158899.9	267.6	1663.4	177.8	222650922
표준편차	398.6	16.4	40.8	13.3	14921.5

<표 4-2> 208개 구간별 기초통계 및 분산계수

구간 No.	구간당 링크 수	구간당 사고건수	구간당 자전거 사고건수	구간당 보행 사고건수	구간당 연장 (km)	구간당 AADT	구간당 분산계수
1	41	25	1	2	10.43	4,396	1.59
2	65	125	1	9	15.91	11,017	1.52
3	58	126	7	15	14.10	12,586	1.17
4	88	532	10	58	26.90	16,597	1.12
5	80	386	11	54	20.51	22,819	1.55
6	72	502	60	55	15.67	32,856	0.85
7	25	164	5	5	6.37	78,578	0.97
8	89	425	20	65	20.09	35,530	1.48
9	107	892	47	73	27.05	44,251	1.14
10	129	1651	67	177	43.40	57,268	0.97
11	102	1033	33	105	24.86	19,784	0.90
12	114	1049	64	128	27.20	32,516	1.00
13	61	442	18	34	18.89	21,586	0.92
14	43	42	3	4	38.77	1,564	1.82
15	234	1195	49	209	50.45	21,954	1.17
16	230	1337	40	198	53.54	24,526	1.08
17	99	985	117	129	19.66	20,136	0.86
18	17	136	7	10	4.71	33702	0.79
19	27	367	30	62	7.63	33937	1.05
20	49	610	69	67	11.46	46091	1.27
21	69	1359	50	136	18.88	32534	1.31
22	31	102	2	1	12.52	29770	1.00
23	16	50	0	0	6.50	49901	0.89
24	30	346	2	16	17.24	59615	1.05
25	16	303	4	21	15.15	37427	1.35
26	67	466	7	52	40.46	21726	2.62
27	22	20	0	1	25.28	11640	1.59
28	114	291	3	20	43.98	10110	1.10
29	63	152	4	34	15.64	10686	1.34
30	139	720	40	73	45.64	12701	1.11
:	:	:	:	:	:	:	:
208	49	26	0	0	19.27	9828	2.37

제 2 절 지표별 도로 네트워크 스크리닝 적용 결과

1. 사고건수/km

사고건수/km 지표를 활용하여 도로 네트워크 스크리닝 시행 후 4분위수로 등급화한 결과 ‘매우 안전’ 등급의 범위는 0.41 이상 20.31 이하로 이에 속하는 구간은 총 152개다. ‘안전’ 등급의 범위는 20.31 초과 40.21 이하이며 이에 속하는 구간은 총 35개다. ‘보통’ 등급의 범위는 40.21 초과 60.10 이하로 총 16개의 구간에 이 범위에 속하며, ‘위험’ 등급의 범위는 60.10 초과 80.00 이하로 총 4개의 구간이 해당 범위에 속한다. 마지막으로 ‘매우 위험’ 등급의 범위는 80.00 초과 99.90 이하로 1개의 구간이 이에 해당한다.

또한 등급별 평균 사고건수 확인 결과 ‘매우 안전’ 등급의 평균 사고건수는 132건, ‘안전’ 등급은 478.6건, ‘보통’ 등급은 602.6건, ‘위험’ 등급은 763.0건, ‘매우 위험’ 등급은 460건으로 ‘매우 안전’ 등급보다 ‘매우 위험’ 등급의 평균 사고건수가 약 3.5배 많다. 각각의 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 ‘매우 안전’ 등급의 평균 연장은 19.0km, ‘안전’ 등급은 16.3km, ‘보통’ 등급은 12.2km, ‘위험’ 등급은 11.2km, ‘매우 위험’ 등급은 4.6km로 ‘매우 안전’ 등급의 평균 연장이 ‘매우 위험’ 등급보다 약 4.1배 더 길다. 각 등급의 평균 교통량의 경우 ‘매우 안전’ 등급은 평균 18,888대, ‘안전’ 등급은 평균 31,216대, ‘보통’ 등급은 평균 35,363대, ‘위험’ 등급은 평균 32,373대, ‘매우 위험’ 등급은 평균 23,545대로 ‘매우 위험’ 등급의 평균 교통량이 ‘매우 안전’ 등급에 비해 약 1.2배 많다.

이를 종합한 등급별 평균 사고건수/km는 ‘매우 안전’ 등급 7.34, ‘위험’ 등급 28.78, ‘보통’ 등급 49.56, ‘위험’ 등급 68.27, ‘매우 위험’ 등급 99.90으로 ‘매우 안전’ 등급보다 ‘매우 위험’ 등급의 위험도가 약 13배 더 높다.

지표 결과값을 4분위수로 등급화했을 때 ‘매우 위험’ 등급에 속하는 구간으로 ‘서울시 마포구 성산로’ 구간이 도출되었으며 이 때 사고건수/km 지표값은 99.90으로 나타났다.

<표 4-3> 사고건수/km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수)

	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	7.34	28.78	49.56	68.27	99.90
구간 수	152	35	16	4	1
지표 결과값 범위	0.41 ~ 20.31	20.31 ~ 40.21	40.21 ~ 60.10	60.10 ~ 80.00	80.00 ~ 99.90
연간 평균 사고건수	132.0	478.6	602.6	763.0	460.0
평균 연장(km)	19.0	16.3	12.2	11.2	4.6
평균 교통량	18,888	31,216	35,363	32,373	23,545
백분율(%)	73.1	16.8	7.7	1.9	0.5

<표 4-4> (사고건수/km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 지표값
1	서울시 마포구 성산로	99.90

지표 결과값의 z-value값으로 등급화할 경우 등급별 범위는 앞서 도로 네트워크 스크리닝 5단계에서 설명한 대로 최소 지표 결과값의 z-value값 이상 -0.842이하는 '매우 안전', -0.842 초과 -0.253 이하는 '안전', -0.253 초과 0.253 이하는 '보통', 0.253 초과 0.842 이하는 '위험', 0.842 이상 최대 지표 결과값의 z-value값까지는 '매우 위험'으로 분류된다. 이는 본 연구에 활용된 다섯가지 지표 모두에 동일하게 적용되는 범위이다.

사고건수/km 계산 결과의 z-value값으로 등급화한 결과 '매우 안전' 등급에 속하는 구간은 52개, '안전' 등급은 76개, '보통' 등급은 25개, '위험' 등급은 20개 '매우 위험' 등급은 35개로 도출되었다.

등급별 평균 사고건수의 경우 '매우 안전' 등급은 평균 40.4건, '안전' 등급은 129.0건, '보통' 등급은 349.8건, '위험' 등급은 358.9건, '매우 위험' 등급은 632.5건으로 '매우 위험' 등급의 평균 사고건수가 '매우 안전' 등급에 비해 약 15.7배 많이 발생했다. 각 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 '매우 안전' 등급의 평균 연장은 21.1km, '안전' 등급은 17.4km, '보통' 등급은 19.7km, '위험' 등급은 14.6km, '매우 위험' 등급은 14.2km로 '매우 안전' 등급의 평균 연장이 '매우 위험' 등급에 비해 약 1.5배 길다. 평균 교통량의 경우 '매우 안전' 등급은 13,675대, '안전' 등급은 19,559대, '보통' 등급은 27,486대, '위험' 등급은 32,217대, '매우 위험' 등급은 32,951대로 '매우 위험' 등급의 평균 교통량이 '매우 안전' 등급보다 약 2.4배 많다.

z-value값으로 등급화한 등급별 평균 지표값의 경우 '매우 안전' 등급은

2.15, ‘안전’ 등급은 7.63, ‘보통’ 등급은 17.78, ‘위험’ 등급은 28.61, ‘매우 위험’ 등급은 46.70으로 ‘매우 위험’ 등급의 위험도가 ‘매우 안전’ 등급에 비해 약 22배 더 높다.

또한 지표 결과값의 z-value로 등급화했을 때 총 32개의 구간이 ‘매우 위험’ 등급에 속하는 것으로 나타났다. 가장 지표값이 큰 구간은 4분위수를 활용했을 때와 동일하게 ‘서울시 마포구 성산로 구간’이며 지표값은 99.90, z-value값은 5.02로 나타났다. 반대로 지표값이 가장 작은 구간은 ‘서울시 종로구 세종대로’ 구간으로 지표값은 31.64이며, z-value값은 0.88이다. ‘매우 위험’ 등급에 속한 구간 중 가장 지표값이 큰 구간은 지표값이 작은 구간에 비해 약 3.2배 더 위험한 것으로 나타났다.

<표 4-5> 사고건수/km 지표 적용 등급별 분포 (z-value)

	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	2.15	7.63	17.78	28.61	46.70
구간 수	52	76	25	23	32
z-value값 범위	-0.842 이하	-0.842 ~ -0.253	-0.253 ~ 0.253	0.253 ~ 0.842	0.842 초과
연간 평균 사고건수	40.4	129.0	349.8	358.9	632.5
평균 연장(km)	21.1	17.4	19.7	14.6	14.2
평균 교통량	13,675	19,559	27,486	32,217	32,951
백분율(%)	25.0	36.5	12.0	11.1	15.4

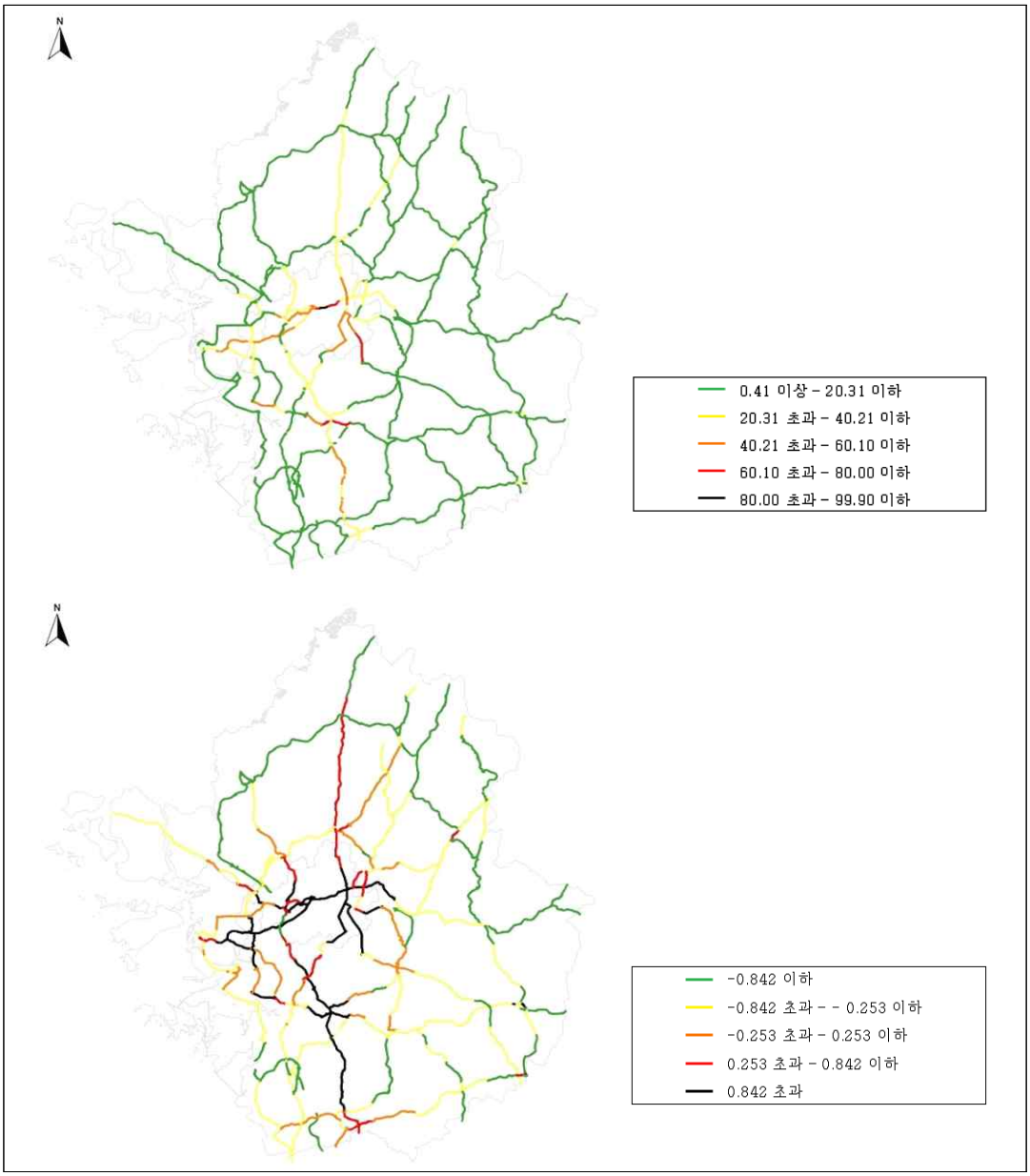
<표 4-6> (사고건수/km) z-value값 활용 시 도출된 ‘매우 위험’ 구간 순위

순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값	순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값
1	서울시 마포구 성산로	5.02	99.90	17	서울시 중랑구 망우로	1.53	42.41
2	서울시 은평구 증산로	3.39	72.96	18	경기도 남양주시 경춘로	1.52	42.29
3	경기도 의왕시 경수대로	3.36	72.59	19	경기도 시흥시 시흥대로	1.48	41.56
4	경기도 안양시 동안구 경수대로	2.87	64.52	20	경기도 부천시 경인로	1.46	41.19
5	경기도 수원시 장안구 경수대로	2.50	58.42	21	경기도 안산시 상록구 중앙대로	1.24	37.65
6	경기도 평택시 경기대로	2.27	54.58	22	경기도 수원시 권선구 수인로	1.08	34.98
7	경기도 오산시 경기대로	2.18	53.06	23	경기도 여주시 영릉로	1.07	34.86
8	경기도 화성시 경기대로	2.13	52.32	24	서울시 강동구 천호대로	1.07	34.77
9	서울시 중랑구 동일로	2.12	52.11	25	경기도 용인시 수지구 포은대로	1.05	34.54
10	서울시 광진구 천호대로	2.06	51.18	26	인천시 남동구 경인로	1.05	34.43
11	서울시 송파구 송파대로	2.04	50.82	27	서울시 영등포구 여의대로	1.02	34.04
12	서울시 강서구 공항대로	1.95	49.38	28	서울시 마포구 마포대로	1.01	33.78
13	서울시 마포구 신촌로	1.93	49.05	29	서울시 광진구 동일로	0.99	33.54
14	서울시 마포구 양화로	1.84	47.57	30	서울시 서초구 양재대로	0.93	32.43
15	서울시 종로구 종로	1.70	45.27	31	서울시 서대문구 성산로	0.89	31.78
16	서울시 동대문구 망우로	1.67	44.78	32	서울시 종로구 세종대로	0.88	31.64

두 가지 등급화 기준을 적용한 결과 z-value값으로 등급화했을 때보다 4분위수로 등급을 나눴을 때 등급별 평균 지표가 더 크게 도출되었다. ‘매우 안전’ 등급의 경우 4분위수로 등급화했을 때의 평균 지표값이 z-value값으로 등급

화했을 때보다 약 3.4배 더 크며 '안전' 등급의 경우 3.8배, '보통' 등급은 2.8배, '위험' 등급은 2.4배, '매우 위험' 등급은 2.1배 더 크다.

또한 두 가지 등급화 기준을 함께 고려했을 때 공통으로 도출된 '매우 위험' 구간은 일반국도 6호선에 속하는 '서울시 마포구 성산로' 구간이다. 해당 구간은 주변에 마포구청역 및 가좌역, 디지털미디어시티역 등 다양한 노선의 지하철역들이 분포되어 있어 차량 및 보행자 등 유동 인구가 많을 것으로 유추된다. 따라서 다른 등급을 받은 타 구간에 비해 구간의 연장이 짧음에도 불구하고 사고가 빈번히 발생했을 것으로 유추된다.



<그림 4-1> (사고건수/km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래)

2. 사고건수/대·km

사고건수/대·km 지표를 활용하여 도로 네트워크 스크리닝 시행 후 4분위수로 등급화한 결과 '매우 안전' 등급의 범위는 18.9 이상 1,071.06 이하로 이에 속하는 구간은 총 167개다. '안전' 등급의 범위는 1,071.06 초과 2,647.51 이하이며 이에 속하는 구간은 총 32개다. '보통' 등급의 범위는 2,647.51 초과 3,175.37 이하로 총 3개의 구간에 이 범위에 속하며, '위험' 등급의 범위는 3,172.37 초과 4,227.53 이하로 총 4개의 구간이 해당 범위에 속한다. 마지막으로 '매우 위험' 등급의 범위는 4,227.53 초과 5,279.69 이하로 2개의 구간이 이에 해당한다.

또한 등급별 평균 사고건수 확인 결과 '매우 안전' 등급의 평균 사고건수는 168.7건, '안전' 등급은 569.7건, '보통' 등급은 290.0건, '위험' 등급은 705.0건, '매우 위험' 등급은 192.0건으로 '매우 안전' 등급의 평균 사고건수와 '매우 위험' 등급의 평균 사고건수는 거의 흡사하다. 각각의 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 '매우 안전' 등급의 평균 연장은 18.1km, '안전' 등급은 18.8km, '보통' 등급은 6.5km, '위험' 등급은 17.1km, '매우 위험' 등급은 3.4km로 '매우 안전' 등급의 평균 연장이 '매우 위험' 보다 약 5.3배 더 길다. 각 등급의 평균 교통량의 경우 '매우 안전' 등급은 평균 22,792대, '안전' 등급은 평균 23,357대, '보통' 등급은 평균 18,052대, '위험' 등급은 평균 15,513대, '매우 위험' 등급은 평균 10,319대로 '매우 안전' 등급의 평균 교통량이 '매우 위험' 등급에 비해 약 2.2배 많다.

이를 종합한 등급별 평균 사고건수/대·km의 경우 '매우 안전' 등급은 479.86, '위험' 등급은 1,518.44, '보통' 등급은 2,796.49, '위험' 등급은 3,563.98, '매우 위험' 등급은 4,769.14로 '매우 안전' 등급보다 '매우 위험' 등급의 위험도가 약 10배 더 높다.

지표 결과값을 4분위수로 등급화했을 때 '매우 위험' 등급에 속하는 구간으로 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간과 '서울시 마포구 성산로' 구간이 도출되었으며 이 때 사고건수/대·km값은 각각 5,279.69와 4,258.60인 것으로 나타났다.

<표 4-7> 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수)

	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	479.86	1,518.44	2,796.49	3,563.98	4,769.14
구간 수	167	32	3	4	2
지표 결과값 범위	18.90 ~ 1,071.06	1,071.06 ~ 2,647.51	2,647.51 ~ 3,175.37	3,175.37 ~ 4,227.53	4,227.53 ~ 5,279.69
연간 평균 사고건수	168.7	569.7	290.0	705.0	192.0
평균 연장(km)	18.1	18.8	6.5	17.1	3.4
평균 교통량	22,792	23,357	17,052	15,513	10,319
백분율(%)	80.3	15.4	1.4	1.9	1.0

<표 4-8> (사고건수/대·km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 지표값	순위	구간명	구간 지표값
1	경기도 이천시 장호원읍 서동대로	5,279.69	2	서울시 마포구 성산로	4,258.60

사고건수/대·km 계산 결과의 z-value값으로 등급화한 결과 '매우 안전' 등급에 속하는 구간은 39개, '안전' 등급은 86개, '보통' 등급은 38개, '위험' 등급은 21개 '매우 위험' 등급은 24개로 도출되었다.

등급별 평균 사고건수의 경우 '매우 안전' 등급은 평균 46.2건, '안전' 등급은 145.9건, '보통' 등급은 301.8건, '위험' 등급은 531.9건, '매우 위험' 등급은 540.9건으로 '매우 위험' 등급의 평균 사고건수가 '매우 안전' 등급에 비해 약 11.7배 많이 발생했다. 각 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 '매우 안전' 등급의 평균 연장은 16.3km, '안전' 등급은 17.6km, '보통' 등급은 19.5km, '위험' 등급은 24.0km, '매우 위험' 등급은 12.8km로 '매우 안전' 등급의 평균 연장이 '매우 위험'에 비해 약 1.3배 길다. 평균 교통량의 경우 '매우 안전' 등급은 27,413대, '안전' 등급은 21,117대, '보통' 등급은 22,249대, '위험' 등급은 22,591대, '매우 위험' 등급은 19,889대로 '매우 안전' 등급의 평균 교통량이 '매우 위험' 등급보다 약 1.4배 많다.

z-value값으로 등급화한 등급별 평균 지표값의 경우 '매우 안전' 등급은 139.99, '안전' 등급은 448.67, '보통' 등급은 839.29, '위험' 등급은 1,190.05, '매우 위험' 등급은 2,506.27로 '매우 위험' 등급의 위험도가 '매우 안전' 등급에 비해 약 18배 더 높다.

이 때 총 24개의 구간이 '매우 위험' 등급에 속하는 것으로 나타났다. 가장 지표값이 큰 구간은 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간이며 이 때 지표값은 5,279.69이며 z-value값은 6.09이다. 이와 반대로 지표값이 가장 작은 구간은 '경기도 포천시 호국로' 구간으로 지표값은 1,485.85, z-value값은 0.87

이다. 지표값이 가장 큰 구간은 지표값이 가장 작은 구간에 비해 약 3.6배 더 위험한 것으로 나타났다.

<표 4-9> 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (z-value)

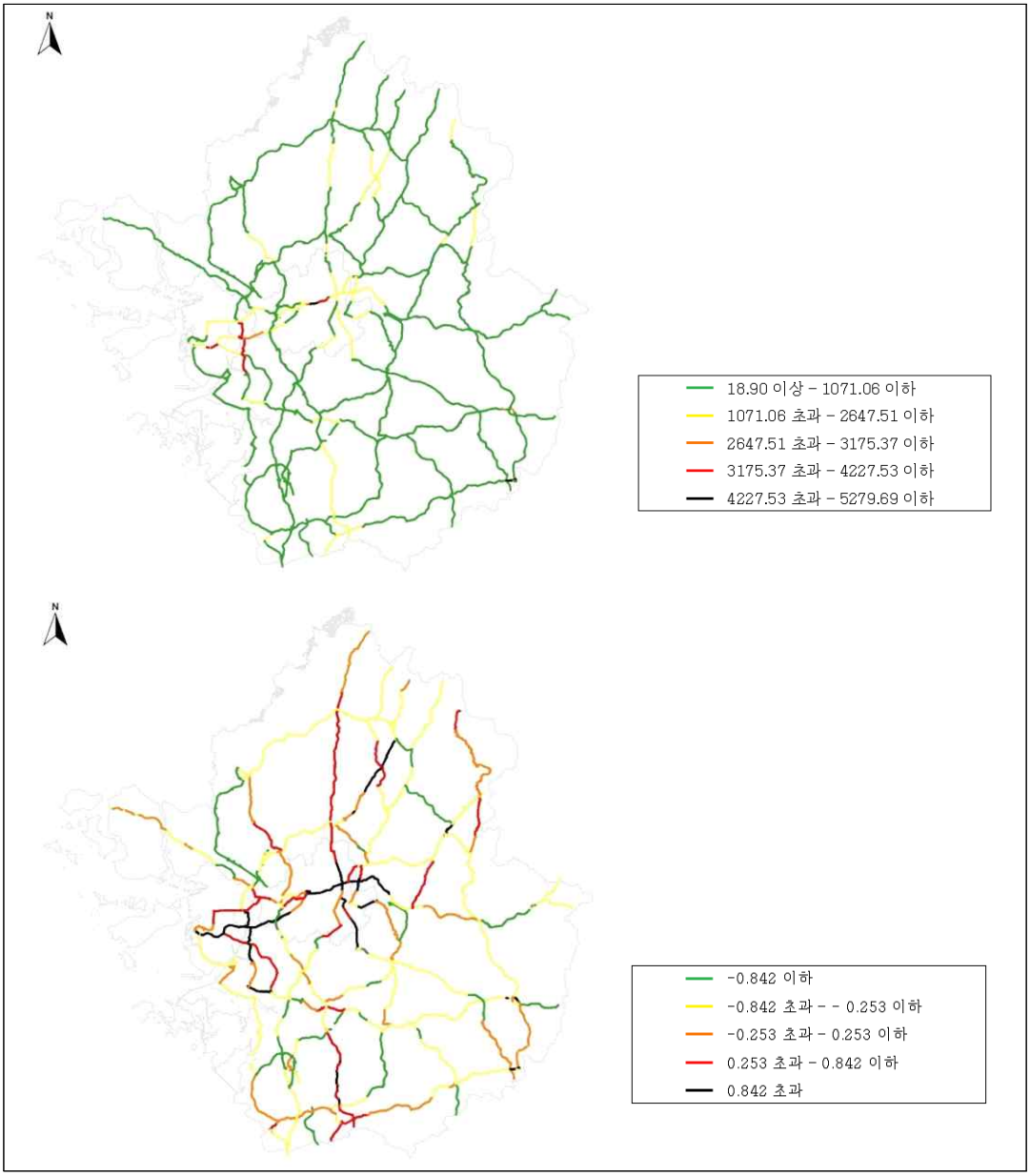
	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	139.99	448.67	839.29	1,190.05	2,506.27
구간 수	39	86	38	21	24
z-value값 범위	-0.842 이하	-0.842 ~ -0.253	-0.253 ~ 0.253	0.253 ~ 0.842	0.842 초과
연간 평균 사고건수	46.2	145.9	301.8	531.9	540.9
평균 연장(km)	16.3	17.6	19.5	24.0	12.8
평균 교통량	27,413	21,117	22,249	22,591	19,889
백분율(%)	18.8	41.3	18.3	10.1	11.5

<표 4-10> (사고건수/대·km) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값	순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값
1	경기도 이천시 장호원읍 서동대로	6.09	5,279.69	13	경기도 시흥시 시흥대로	1.73	2,108.28
2	서울시 마포구 성산로	4.68	4,258.60	14	경기도 부천시 경인로	1.71	2,097.78
3	경기도 가평군 경춘로	4.66	4,242.68	15	서울시 중랑구 망우로	1.45	1,904.31
4	경기도 수원시 권선구 수인로	3.94	3,715.01	16	경기도 수원시 장안구 경수대로	1.40	1,874.41
5	경기도 의왕시 경수대로	3.29	3,247.09	17	인천시 남동구 경인로	1.28	1,786.36
6	서울시 마포구 양화로	3.26	3,220.79	18	인천시 중구 제물량로	1.15	1,688.70
7	경기도 안양시 동안구 경수대로	2.84	2,917.03	19	서울시 강서구 공항대로	1.13	1,677.09
8	서울시 동대문구 망우로	2.67	2,795.31	20	경기도 구리시 아차산로	0.99	1,576.79
9	경기도 여주시 영릉로	2.51	2,677.14	21	서울시 송파구 송파대로	0.94	1,535.99
10	서울시 광진구 천호대로	2.36	2,570.65	22	서울시 마포구 신촌로	0.90	1,508.47
11	서울시 은평구 증산로	2.01	2,311.61	23	경기도 평택시 경기대로	0.89	1,503.58
12	경기도 가평군 경춘로	1.81	2,167.33	24	경기도 포천시 호국로	0.87	1,485.85

사고건수/대·km 지표 역시 z-value로 등급화했을 때보다 4분위수로 등급화 등급별 평균 지표값이 크게 도출되었다. '매우 안전' 등급의 경우 4분위수로 등급화 했을 때의 평균 지표값이 z-value값으로 등급화했을 때보다 약 3.4배 더 크며 '안전' 등급의 경우 3.3배, '보통' 등급은 3.4배, '위험' 등급은 3.0배, '매우 위험' 등급은 1.9배 더 크다.

두 가지 등급화 기준을 함께 고려했을 때 공통으로 도출된 '매우 위험' 구간은 일반국도 37호선의 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간과 일반국도 6호선의 '서울시 마포구 성산로 구간'이다. 전자의 경우 타 구간에 비해 교통량이 매우 적은 것이 특징으로 차량이 적을 때 발생할 수 있는 과속 또는 신호위반 등으로 인한 사고가 빈번했을 것으로 유추한다. 후자의 경우 사고건수/km 지표를 활용한 도로 네트워크 스크리닝 결과와 동일한 구간으로 앞서 언급했듯이 해당 구간 주위에 위치한 많은 지하철역을 이용하는 유동 인구 관련 사고가 잦았을 것으로 유추된다.



<그림 4-2> (사고건수/대・km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래)

3. 사고비용

사고비용 지표를 활용하여 도로 네트워크 스크리닝 시행 후 4분위수로 등급화한 결과 ‘매우 안전’ 등급의 범위는 23,397,309 이상 533,941,382 이하로 이에 속하는 구간은 총 136개다. ‘안전’ 등급의 범위는 533,941,382 초과 1,137,739,753 이하이며 이에 속하는 구간은 총 50개다. ‘보통’ 등급의 범위는 1,137,739,753 초과 1,555,029,528 이하로 총 15개의 구간에 이 범위에 속하며, ‘위험’ 등급의 범위는 1,555,029,528 초과 2,065,573,601 이하로 총 6개의 구간이 해당 범위에 속한다. 마지막으로 ‘매우 위험’ 등급의 범위는 2,065,573,601 초과 2,576,117,674 이하로 1개의 구간이 이에 해당한다.

또한 등급별 평균 사고건수 확인 결과 ‘매우 안전’ 등급의 평균 사고건수는 102.5건, ‘안전’ 등급은 438.8건, ‘보통’ 등급은 610.8건, ‘위험’ 등급은 744.0건, ‘매우 위험’ 등급은 460.0건으로 ‘매우 위험’ 등급의 평균 사고건수와 ‘매우 안전’ 등급의 평균 사고건수보다 약 4.5배 더 많이 발생했다. 각각의 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 ‘매우 안전’ 등급의 평균 연장은 18.6km, ‘안전’ 등급은 18.1km, ‘보통’ 등급은 12.6km, ‘위험’ 등급은 12.4km, ‘매우 위험’ 등급은 4.6km로 ‘매우 안전’ 등급의 평균 연장이 ‘매우 위험’ 보다 약 4.0배 더 길다. 각 등급의 평균 교통량의 경우 ‘매우 안전’ 등급은 평균 17,829대, ‘안전’ 등급은 평균 30,810대, ‘보통’ 등급은 평균 32,664대, ‘위험’ 등급은 평균 33,936대, ‘매우 위험’ 등급은 평균 23,545대로 ‘매우 위험’ 등급의 평균 교통량이 ‘매우 안전’ 등급에 비해 약 1.3배 많다.

이를 종합한 등급별 평균 사고비용의 경우 ‘매우 안전’ 등급은 233,658,924, ‘위험’ 등급은 791,545,825, ‘보통’ 등급은 1,353,716,157, ‘위험’ 등급은 1,790,328,953, ‘매우 위험’ 등급은 2,576,117,674로 ‘매우 안전’ 등급보다 ‘매우 위험’ 등급의 위험도가 약 11배 더 높다.

사고비용 지표 결과값의 4분위수 등급화 결과 ‘매우 위험’ 등급으로 도출된 구간은 ‘서울시 마포구 성산로’ 구간이며 이 때 지표값은 2,576,117,674로 나타났다.

<표 4-11> 사고비용 지표 적용 등급별 분포 (4분위수)

	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	233,658,924	791,545,825	1,353,716,157	1,790,328,953	2,576,117,674
구간 수	136	50	15	6	1
지표 결과값 범위	23,397,309 ~ 533,941,382	533,941,382 ~ 1,137,739,753	1,137,739,753 ~ 1,555,029,528	1,555,029,528 ~ 2,065,573,601	2,065,573,601 ~ 2,576,117,674
연간 평균 사고건수	102.5	438.8	610.8	744.0	460.0
평균 연장(km)	18.6	18.1	12.6	12.4	4.6
평균 교통량	17,829	30,810	32,664	33,936	23,545
백분율(%)	65.4	24.0	7.2	2.9	0.5

<표 4-12> (사고비용) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 지표값
1	서울시 마포구 성산로	2,576,117,674

사고비용 계산 결과의 z-value값으로 등급화한 결과 '매우 안전' 등급에 속하는 구간은 54개, '안전' 등급은 71개, '보통' 등급은 27개, '위험' 등급은 24개 '매우 위험' 등급은 32개로 도출되었다.

등급별 평균 사고건수의 경우 '매우 안전' 등급은 평균 46.9건, '안전' 등급은 127.2건, '보통' 등급은 263.0건, '위험' 등급은 404.4건, '매우 위험' 등급은 658.9건으로 '매우 위험' 등급의 평균 사고건수가 '매우 안전' 등급에 비해 약 13.3배 많이 발생했다. 각 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 '매우 안전' 등급의 평균 연장은 21.2km, '안전' 등급은 17.3km, '보통' 등급은 15.5km, '위험' 등급은 17.2km, '매우 위험' 등급은 15.7km로 '매우 안전' 등급의 평균 연장이 '매우 위험' 에 비해 약 1.4배 길다. 평균 교통량의 경우 '매우 안전' 등급은 14,160대, '안전' 등급은 19,405대, '보통' 등급은 29,354대, '위험' 등급은 27,502대, '매우 위험' 등급은 33,599대로 '매우 위험' 등급의 평균 교통량이 '매우 안전' 등급보다 약 2.4배 많다.

z-value값으로 등급화한 등급별 평균 지표값의 경우 '매우 안전' 등급은 99,449,210 '안전' 등급은 294,771,892, '보통' 등급은 564,618,654, '위험' 등급은 864,756,825, '매우 위험' 등급은 1,333,775,298로 '매우 위험' 등급의 위험도가 '매우 안전' 등급에 비해 약 13배 더 높다.

'매우 안전' 등급에 속한 구간은 총 32개의 구간이었으며 가장 지표값이 큰 구간은 '서울시 마포구 성산로' 구간으로 지표값 2,576,117,674, z-value값 4.495이다. 지표값이 가장 작은 구간은 '경기도 수원시 권선구 수인로' 구간으로 지표값 935,608,950, z-value값 0.842로 나타났다. '서울시 마포구 성산로'

구간은 ‘경기도 수원시 권선구 수인로’ 구간에 비해 약 2.7배 위험한 것으로 나타났다.

<표 4-13> 사고비용 지표 적용 등급별 분포 (z-value)

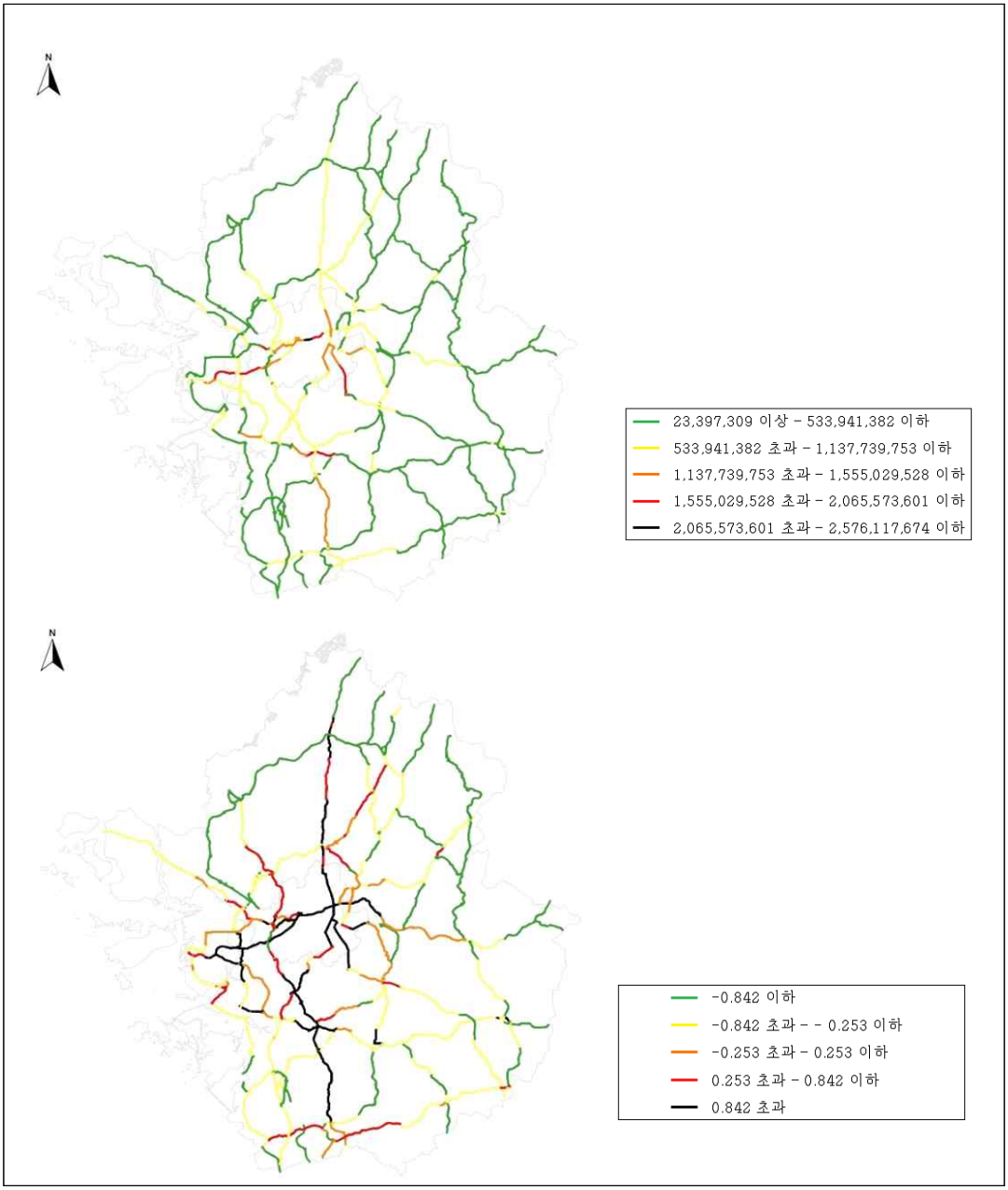
	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	99,449,210	294,771,892	564,618,654	864,756,825	1,333,775,298
구간 수	54	71	27	24	32
z-value값 범위	-0.842 이하	-0.842 ~ -0.253	-0.253 ~ 0.253	0.253 ~ 0.842	0.842 초과
연간 평균 사고건수	46.9	127.2	263.0	404.4	658.9
평균 연장(km)	21.2	17.3	15.5	17.2	15.7
평균 교통량	14,160	19,405	29,354	27,502	33,599
백분율(%)	26.0	34.1	13.0	11.5	15.4

<표 4-14> (사고비용) z-value값 활용 시 도출된 ‘매우 위험’ 구간 순위

순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값	순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값
1	서울시 마포구 성산로	4.495	2,576,117,674	17	서울시 마포구 신촌로	1.578	1,266,019,138
2	서울시 은평구 증산로	3.325	2,050,652,720	18	경기도 남양주시 경춘로	1.525	1,242,239,140
3	경기도 의왕시 경수대로	3.278	2,029,680,375	19	경기도 부천시 경인로	1.517	1,238,511,812
4	경기도 오산시 경기대로	2.742	1,788,896,800	20	서울시 송파구 송파대로	1.465	1,215,436,384
5	경기도 안양시 동안구 경수대로	2.627	1,737,089,516	21	서울시 서초구 양재대로	1.285	1,134,445,688
6	서울시 동대문구 망우로	2.251	1,568,421,291	22	인천시 남동구 경인로	1.053	1,030,186,077
7	서울시 강서구 공항대로	2.248	1,567,233,017	23	서울시 영등포구 성산로	1.047	1,027,705,119
8	서울시 광진구 천호대로	2.004	1,457,348,291	24	서울시 강동구 천호대로	1.046	1,027,004,618
9	서울시 마포구 양화로	1.996	1,453,759,400	25	경기도 안산시 상록구 중앙대로	1.022	1,016,512,781
10	경기도 평택시 경기대로	1.926	1,422,205,779	26	경기도 여주시 영릉로	1.019	1,015,091,768
11	서울시 중랑구 망우로	1.913	1,416,343,574	27	서울시 종로구 세종대로	0.960	988,398,254
12	경기도 수원시 장안구 경수대로	1.897	1,409,172,121	28	경기도 군포시 흥안대로	0.934	976,747,296
13	경기도 시흥시 시흥대로	1.853	1,389,630,093	29	경기도 용인시 수지구 포은대로	0.925	972,717,284
14	서울시 중랑구 동일로	1.633	1,290,674,513	30	경기도 의정부시 평화로	0.871	948,560,019
15	서울시 종로구 종로	1.598	1,275,233,953	31	경기도 용인시 처인구 중부대로	0.855	941,217,911
16	경기도 화성시 경기대로	1.591	1,271,948,173	32	경기도 수원시 권선구 수인로	0.842	935,608,950

사고비용 지표 역시 지표 결과값의 z-value값으로 등급화했을 때보다 4분위수로 등급화했을 때 등급별 평균 지표값이 더 크게 도출되었다. ‘매우 안전’ 등급의 경우 4분위수로 등급화했을 때의 평균 지표값이 z-value값으로 등급화했을 때보다 약 2.3배 더 크며 ‘안전’ 등급의 경우 2.7배, ‘보통’ 등급은 2.4배, ‘위험’ 등급은 2.1배, ‘매우 위험’ 등급은 1.9배 더 크다.

두 가지 등급화 기준을 함께 고려했을 때 공통으로 도출된 ‘매우 위험’ 구간은 사고건수/km 및 사고건수/대 · km 지표와 동일하게 일반국도 6호선의 ‘서울시 마포구 성산로’ 구간이다. 사고비용이 높다는 것은 사망사고 및 중상사고와 같이 상대적으로 치명적인 사고가 잦다는 것을 의미한다. 따라서 해당 구간은 타 구간에 비해 사고가 빈번히 발생한 것과 더불어 치명적인 사고가 자주 발생했을 것으로 유추된다.



<그림 4-3> (사고비용) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래)

4. 자전거 사고건수/대·km

자전거 사고건수/대·km 지표를 활용하여 도로 네트워크 스크리닝 시행 후 4분위수로 등급화한 결과 '매우 안전' 등급의 범위는 0 이상 71.1 이하로 이에 속하는 구간은 총 184개다. '안전' 등급의 범위는 71.1 초과 163.85 이하이며 이에 속하는 구간은 총 16개다. '보통' 등급의 범위는 163.85 초과 213.22 이하로 총 3개의 구간에 이 범위에 속하며, '위험' 등급의 범위는 213.22 초과 284.29 이하로 총 1개의 구간이 해당 범위에 속한다. 마지막으로 '매우 위험' 등급의 범위는 284.29 초과 355.36 이하로 4개의 구간이 이에 해당한다.

또한 등급별 평균 사고건수 확인 결과 '매우 안전' 등급의 평균 사고건수는 199.5건, '안전' 등급은 598.2건, '보통' 등급은 667.7건, '위험' 등급은 466.0건, '매우 위험' 등급은 303.2건으로 '매우 위험' 등급의 평균 사고건수가 '매우 안전' 등급의 평균 사고건수보다 약 1.5배 많이 발생했다. 각각의 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 '매우 안전' 등급의 평균 연장은 17.9km, '안전' 등급은 18.0km, '보통' 등급은 16.2km, '위험' 등급은 6.4km, '매우 위험' 등급은 14.0km로 '매우 안전' 등급의 평균 연장이 '매우 위험' 보다 약 1.3배 더 길다. 각 등급의 평균 교통량의 경우 '매우 안전' 등급은 평균 22,524대, '안전' 등급은 평균 27,309대, '보통' 등급은 평균 15,327대, '위험' 등급은 평균 22,355대, '매우 위험' 등급은 평균 8,173대로 '매우 안전' 등급의 평균 교통량이 '매우 위험' 등급에 비해 약 2.8배 많다.

이를 종합한 등급별 평균 자전거 사고건수/대·km의 경우 '매우 안전' 등급은 13.51, '위험' 등급은 99.57, '보통' 등급은 185.31, '위험' 등급은 264.78, '매우 위험' 등급은 329.17로 '매우 안전' 등급보다 '매우 위험' 등급의 위험도가 약 24배 더 높다.

자전거 사고건수/대·km 지표를 활용하여 도출된 '매우 위험' 등급 구간은 총 4개이다. 지표값이 가장 큰 구간은 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간이며 지표값은 355.36이다. 지표값이 가장 작은 구간은 '서울시 광진구 천호대로' 구간이며 지표값은 237.19이다. '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간은 '서울시 광진구 천호대로' 구간에 비해 약 1.5배 위험한 것으로 나타났다.

<표 4-15> 자전거 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수)

	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	13.51	99.57	185.31	264.78	329.17
구간 수	184	16	3	1	4
지표 결과값 범위	0 ~ 71.1	71.1 ~ 163.85	163.85 ~ 213.22	213.22 ~ 284.29	284.29 ~ 355.36
연간 평균 사고건수	199.5	598.2	667.7	466.0	303.2
평균 연장(km)	17.9	18.0	16.2	6.4	14.0
평균 교통량	22,524	27,309	15,327	22,355	8,173
백분율(%)	88.5	7.7	1.4	0.5	1.9

<표 4-16> (자전거 사고건수/대·km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 지표값	순위	구간명	구간 지표값
1	경기도 이천시 장호원읍 서동대로	355.36	3	경기도 가평군 경춘로	327.59
2	경기도 남양주시 경춘북로	346.56	4	서울시 광진구 천호대로	237.19

자전거 사고건수/대·km 계산 결과의 z-value값으로 등급화한 결과 '매우 안전' 등급에 속하는 구간은 도출되지 않았으며 '안전' 등급은 133개, '보통' 등급은 43개, '위험' 등급은 13개 '매우 위험' 등급은 19개 도출되었다.

등급별 평균 사고건수의 경우 '안전' 등급은 127.8건, '보통' 등급은 352.1건, '위험' 등급은 700.5건, '매우 위험' 등급은 481.9건으로 '매우 위험' 등급의 평균 사고건수가 '안전' 등급에 비해 약 3.8배 많이 발생했다. 각 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 '안전' 등급은 16.6km, '보통' 등급은 21.9km, '위험' 등급은 20.5km, '매우 위험' 등급은 15.2km로 '안전' 등급과 '매우 위험'의 평균 연장은 거의 흡사하다. 평균 교통량의 경우 '안전' 등급은 22,658대, '보통' 등급은 21,507대, '위험' 등급은 27,536대, '매우 위험' 등급은 21,008대로 이 역시 '안전' 등급과 '매우 위험' 등급의 평균 교통량은 거의 흡사하다.

z-value값으로 등급화한 등급별 평균 지표값의 경우 '안전' 등급은 5.13, '보통' 등급은 31.11, '위험' 등급은 70.08, '매우 위험' 등급은 172.93으로 '매우 위험' 등급의 위험도가 '안전' 등급에 비해 약 34배 더 높다.

또한 총 19개의 구간이 '매우 위험' 등급에 속하는 것으로 나타났으며 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간이 지표값이 가장 큰 구간이다. 이 때 지표값은 355.36이며 z-value값은 5.56이다. 지표값이 가장 작은 구간은 '경기도 남양주시 경춘로' 구간이며 지표값은 84.60, z-value값은 0.84이다. '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간은 '경기도 남양주시 경춘로' 구간에 비해 약 4.2배

위험한 것으로 나타났다.

<표 4-17> 자전거 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (z-value)

	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	0.00	5.13	31.11	70.08	172.93
구간 수	0	133	43	13	19
z-value값 범위	-0.842 이하	-0.842 ~ -0.253	-0.253 ~ 0.253	0.253 ~ 0.842	0.842 초과
연간 평균 사고건수	0.0	127.8	352.1	700.5	481.9
평균 연장(km)	0.0	16.6	21.9	20.5	15.2
평균 교통량	0	22,658	21,507	27,536	21,008
백분율(%)	0.0	63.9	20.7	6.3	9.1

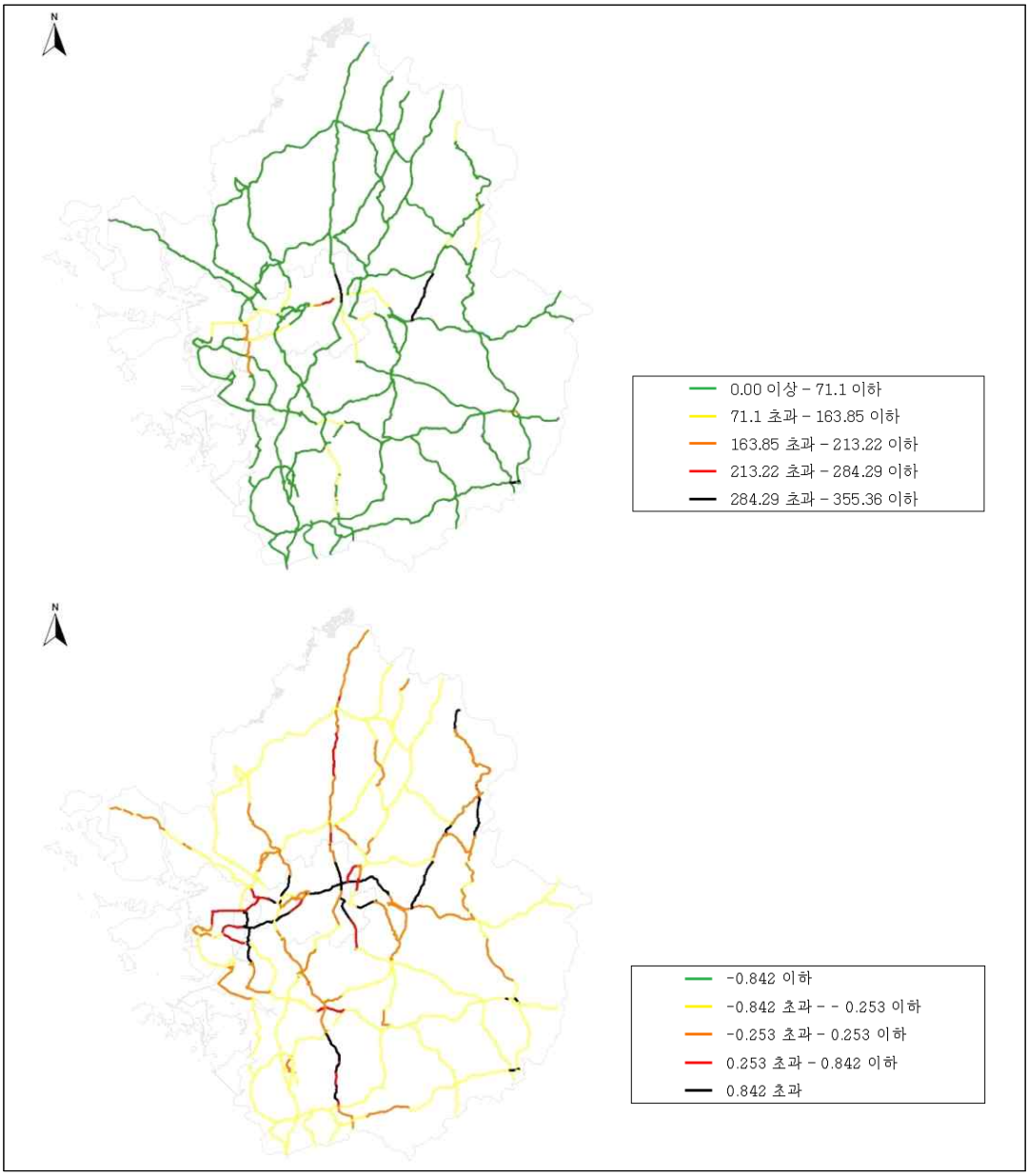
<표 4-18> (자전거 사고건수/대·km) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값	순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값
1	경기도 이천시 장호원읍 서동대로	5.56	355.36	11	서울시 동대문구 망우로	1.44	119.07
2	경기도 남양주시 경춘북로	5.41	346.56	12	서울시 광진구 동일로	1.36	114.51
3	경기도 가평군 경춘로	5.08	327.59	13	경기도 오산시 경기대로	1.20	105.10
4	서울시 광진구 천호대로	4.38	287.19	14	경기도 부천시 경인로	1.10	99.50
5	경기도 의왕시 경수대로	3.98	264.78	15	경기도 수원시 장안구 경수대로	1.09	99.00
6	서울시 마포구 성산로	2.91	202.91	16	서울시 중랑구 망우로	1.02	94.50
7	경기도 수원시 권선구 수인로	2.56	183.25	17	경기도 가평군 호반로	0.93	89.30
8	경기도 여주시 영릉로	2.33	169.77	18	경기도 안양시 동안구 경수대로	0.85	84.80
9	인천시 남동구 경인로	1.68	132.82	19	경기도 남양주시 경춘로	0.84	84.60
10	서울시 마포구 신촌로	1.55	125.01	-	-	-	

z-value값으로 등급화했을 때 '매우 안전' 등급이 도출되지 않아 4분위수로 등급화했을 때의 평균 지표값 비교가 불가능했다. 나머지 등급 모두 4분위수로 등급화했을 때 평균 지표값이 더 컸으며 '안전' 등급의 경우 19.4배, '보통' 등급은 6.0배, '위험' 등급은 3.8배, '매우 위험' 등급은 1.9배 더 크다.

두 가지 등급화 기준을 함께 고려했을 때 공통으로 도출된 '매우 위험' 구간은 일반국도 37호선의 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간, 일반국도 45호선에 속하는 '경기도 남양주시 경춘북로' 구간, 일반국도 46호선에 속하는 '경기도 가평군 경춘로' 구간, 일반국도 3호선에 속하는 '서울시 광진구 천호대로' 구간이다. 경기도 이천시 장호원읍 서동대로 구간의 경우 해당 구간 일대를 형성하는 주건단지와 산업단지로 인해 유동 인구 및 자전거 이용자가 많아 타 구간에 비해 자전거 사고가 빈번했을 것으로 유추한다. 또한 경기도 남양주시 경춘북로와 경기도 가평군 경춘로는 이어지는 구간으로 구간 바로 옆 북한강 자전거길이 형성되어 있어 많은 자전거 이용량과 비례하여 사고가 빈번히 발생했을 것으로 유추된다. 마지막으로 서울시 광진구 천호대로의 경우 광진구 구민 대상으로 공영자전거 무료 대여 및 고장난 자전거를 수리해주는 등의 서

비스를 제공하는 자전거 종합서비스 센터를 운영 중이다. 이처럼 자전거 친화적인 정책 시행으로 해당 구간 일대를 지나가는 자전거 이용자가 많아 사고가 빈번했을 것으로 유추한다.



<그림 4-4> (자전거 사고건수/대 · km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래)

5. 보행 사고건수/대·km

보행 사고건수/대·km 지표를 활용하여 도로 네트워크 스크리닝 시행 후 4분위수로 등급화한 결과 ‘매우 안전’ 등급의 범위는 0 이상 243.68 이하로 이에 속하는 구간은 총 192개다. ‘안전’ 등급의 범위는 243.68 초과 530.86 이하이며 이에 속하는 구간은 총 10개다. ‘보통’ 등급의 범위는 530.86 초과 731.03 이하로 총 3개의 구간에 이 범위에 속하며, ‘위험’ 등급의 범위는 731.03 초과 974.71 이하로 총 2개의 구간이 해당 범위에 속한다. 마지막으로 ‘매우 위험’ 등급의 범위는 974.71 초과 1,218.39 이하로 1개의 구간이 이에 해당한다.

또한 등급별 평균 사고건수 확인 결과 ‘매우 안전’ 등급의 평균 사고건수는 219.1건, ‘안전’ 등급은 505.0건, ‘보통’ 등급은 705.0건, ‘위험’ 등급은 316.0건, ‘매우 위험’ 등급은 104.0건으로 ‘매우 안전’ 등급의 평균 사고건수가 ‘매우 위험’ 등급의 평균 사고건수보다 약 2.1배 더 발생했다. 각각의 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 ‘매우 안전’ 등급의 평균 연장은 18.3km, ‘안전’ 등급은 12.2km, ‘보통’ 등급은 17.1km, ‘위험’ 등급은 3.6km, ‘매우 위험’ 등급은 4.5km로 ‘매우 안전’ 등급의 평균 연장이 ‘매우 위험’ 보다 약 4.1배 더 길다. 각 등급의 평균 교통량의 경우 ‘매우 안전’ 등급은 평균 22,883대, ‘안전’ 등급은 평균 19,221대, ‘보통’ 등급은 평균 15,513대, ‘위험’ 등급은 평균 22,831대, ‘매우 위험’ 등급은 평균 4,386대로 ‘매우 안전’ 등급의 평균 교통량이 ‘매우 위험’ 등급에 비해 약 5.2배 많다.

이를 종합한 등급별 평균 보행 사고건수/대·km의 경우 ‘매우 안전’ 등급은 50.27, ‘위험’ 등급은 333.07, ‘보통’ 등급은 631.99, ‘위험’ 등급은 795.89, ‘매우 위험’ 등급은 1,218.39로 ‘매우 안전’ 등급보다 ‘매우 위험’ 등급의 위험도가 약 24배 더 높다.

보행 사고건수/대·km 지표 결과값을 4분위수로 등급화했을 때 ‘매우 위험’ 등급으로 도출된 구간은 ‘경기도 이천시 장호원읍 서동대로’ 구간이며 이때 지표값은 1218.39이다.

<표 4-19> 보행 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (4분위수)

	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	50.27	333.07	631.99	795.89	1218.39
구간 수	192	10	3	2	1
지표 결과값 범위	0 ~ 243.68	243.68 ~ 530.86	530.86 ~ 731.03	731.03 ~ 974.71	974.71 ~ 1218.39
연간 평균 사고건수	219.1	505.0	705.0	316.0	104.0
평균 연장(km)	18.3	12.2	17.1	3.6	4.5
평균 교통량	22,883	19,221	15,513	22,831	4,386
백분율(%)	93.2	4.8	1.4	1.0	0.5

<표 4-20> (보행 사고건수/대·km) 4분위수 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 지표값
1	경기도 이천시 장호원읍 서동대로	1218.39

보행 사고건수/대·km 계산 결과의 z-value값으로 등급화한 결과 '매우 안전' 등급에 속하는 구간은 도출되지 않았으며 '안전' 등급은 139개, '보통' 등급은 28개, '위험' 등급은 20개 '매우 위험' 등급은 21개 도출되었다.

등급별 평균 사고건수의 경우 '안전' 등급은 135.8건, '보통' 등급은 349.4건, '위험' 등급은 412.2건, '매우 위험' 등급은 612.5건으로 '매우 위험' 등급의 평균 사고건수가 '안전' 등급에 비해 약 4.5배 많이 발생했다. 각 등급에 속하는 구간들의 평균 연장을 살펴본 결과 '안전' 등급은 17.3km, '보통' 등급은 20.9km, '위험' 등급은 19.5km, '매우 위험' 등급은 15.5km로 '안전' 등급과 '매우 위험' 등급의 평균 연장은 거의 흡사하다. 평균 교통량의 경우 '안전' 등급은 22,696대, '보통' 등급은 23,818대, '위험' 등급은 20,896대, '매우 위험' 등급은 21,076대로 이 역시 '안전' 등급과 '매우 위험' 등급의 평균교통량은 거의 흡사하다.

z-value값으로 등급화한 등급별 평균 지표값의 경우 '안전' 등급은 19.68, '보통' 등급은 88.26, '위험' 등급은 167.65, '매우 위험' 등급은 434.77로 '매우 위험' 등급의 위험도가 '안전' 등급에 비해 약 22배 더 높다.

또한 '매우 위험' 등급에 속한 구간은 총 21개이며 이 중 지표값이 가장 큰 구간은 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 으로 지표값 1,218.39, z-value값 8.4으로 나타났다. 지표값이 가장 작은 구간은 '경기도 김포시 김포대로' 구간이며 이 때 지표값은 208.49, z-value값은 0.84이다. '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간은 '경기도 김포시 김포대로' 구간에 비해 약 5.8배 위험한 것으로 나타났다.

<표 4-21> 보행 사고건수/대·km 지표 적용 등급별 분포 (z-value)

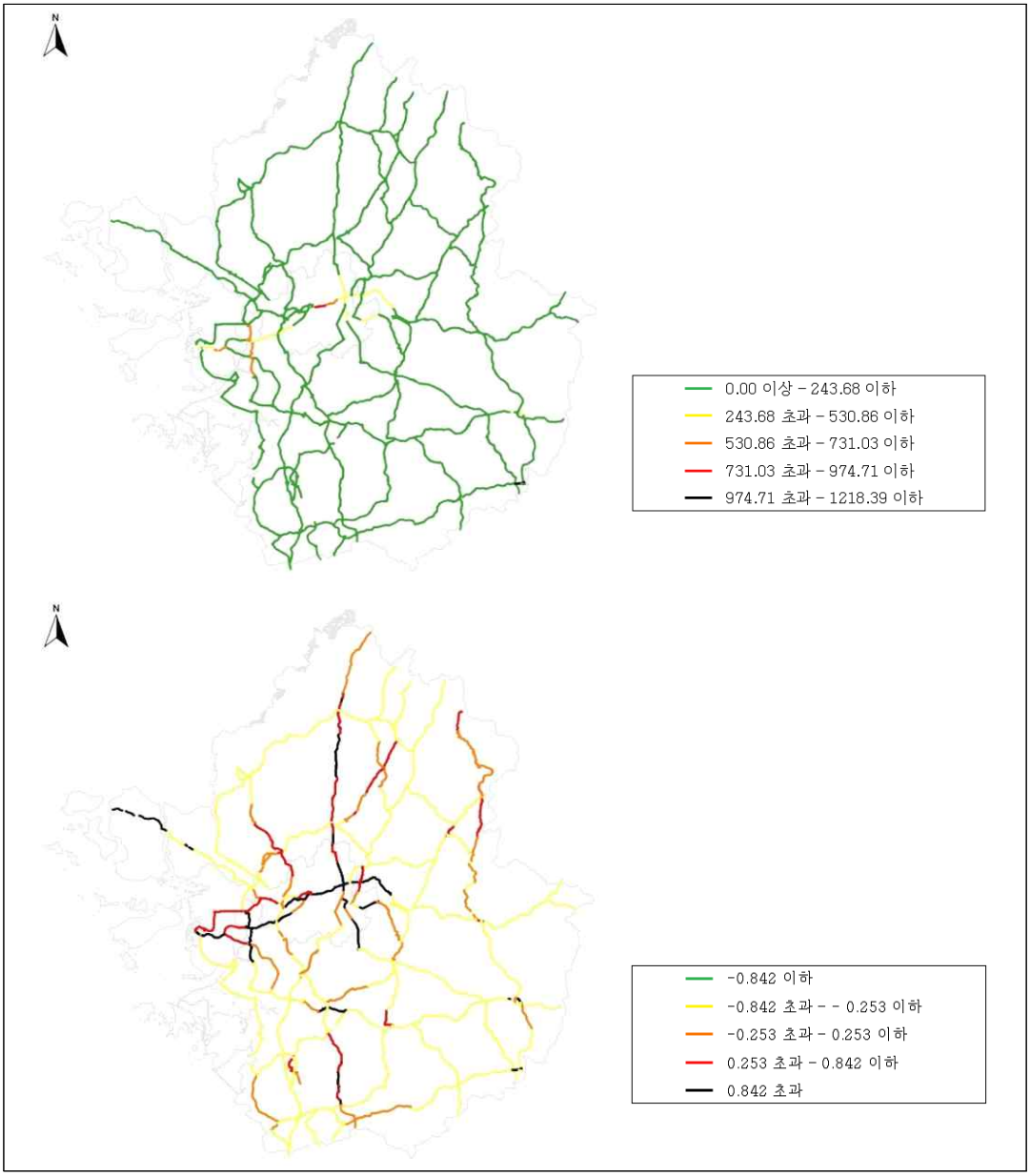
	매우 안전	안전	보통	위험	매우 위험
평균 지표값	0.00	19.68	88.26	167.65	434.77
구간 수	0	139	28	20	21
z-value값 범위	-0.842 이하	-0.842 ~ -0.253	-0.253 ~ 0.253	0.253 ~ 0.842	0.842 초과
연간 평균 사고건수	0.0	135.8	349.4	412.2	612.5
평균 연장(km)	0.0	17.3	20.9	19.5	15.5
평균 교통량	0	22,696	23,818	20,896	21,076
백분율(%)	0.0	66.8	13.5	9.6	10.1

<표 4-22> (보행 사고건수/대·km) z-value값 활용 시 도출된 '매우 위험' 구간 순위

순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값	순위	구간명	구간 z-value	구간 지표값
1	경기도 이천시 장호원읍 서동대로	8.41	1,218.39	12	경기도 가평군 경춘로	1.73	327.59
2	서울시 마포구 성산로	5.36	811.64	13	인천시 중구 제물량로	1.46	290.96
3	경기도 안양시 동안구 경수대로	5.13	780.14	14	인천시 남동구 경인로	1.39	281.57
4	서울시 마포구 양화로	4.32	673.16	15	서울시 마포구 신촌로	1.22	258.36
5	경기도 의왕시 경수대로	4.24	661.96	16	경기도 수원시 장안구 경수대로	1.13	246.38
6	경기도 수원시 권선구 수인로	3.48	560.86	17	서울시 은평구 증산로	1.11	243.52
7	서울시 동대문구 망우로	2.93	487.62	18	서울시 중랑구 동일로	0.92	218.28
8	경기도 여주시 영릉로	2.31	404.84	19	경기도 시흥시 시흥대로	0.89	214.30
9	경기도 부천시 경인로	1.98	360.69	20	경기도 동두천시 평화로	0.84	208.65
10	서울시 중랑구 망우로	1.81	337.64	21	경기도 김포시 김포대로	0.84	208.49
11	서울시 광진구 천호대로	1.79	335.06	-	-	-	-

보행 사고건수/대·km 역시 자전거 사고건수/대·km 지표와 동일하게 z-value값으로 등급화했을 때 '매우 위험' 등급이 도출되지 않아 4분위수로 등급화했을 때의 평균 지표값 비교가 어려웠다. 또한 나머지 등급의 경우 4분위수로 등급화했을 때의 평균 지표값이 z-value값으로 등급화했을 때의 평균 지표값보다 크다. '안전' 등급의 경우 16.9배, '보통' 등급은 6.4배, '위험' 등급은 4.7배, '매우 위험' 등급은 2.8배 더 크다.

또한 두 가지 등급화 기준을 함께 고려했을 때 공통으로 도출된 '매우 위험' 구간은 일반국도 37호선의 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간인 것으로 나타났다. 해당 구간은 아파트 및 학교 등의 주거단지와 소규모 산업단지도 형성되어 있어 보행량이 많을 것으로 예상된다. 타 구간에 비해 사고건수가 적음에도 불구하고 '매우 위험' 등급으로 분류된 이유는 교통량 때문으로 추정된다. 교통량이 많지 않으므로 과속 및 신호위반 등의 법규 위반으로 발생한 보행자 사고가 빈번했을 것으로 유추한다.



<그림 4-5> (보행 사고건수/대 · km) 4분위수 활용 등급 구분(위) 및 z-value값 활용 등급 구분(아래)

제 3 절 소결

다섯가지 지표 결과값을 4분위수로 등급화했을 때 ‘매우 위험’ 등급의 구간이 가장 많이 도출된 지표는 자전거 사고건수/대·km 지표였으며, 지표 결과값의 z-value값으로 등급화했을 때 ‘매우 위험’ 등급의 구간이 가장 많이 도출된 지표는 사고건수/대·km 지표와 사고비용 지표이다.

또한 ‘서울시 마포구 성산로’ 구간이 사고건수/km, 사고건수/대·km, 사고비용 지표에서 ‘매우 위험’ 등급을 받았으며, ‘경기도 이천시 장호원읍 서동대로’ 구간이 사고건수/대·km 및 자전거 사고건수/대·km, 보행 사고건수/대·km 지표에서 ‘매우 위험’ 등급을 받았다. ‘서울시 마포구 성산로’ 구간의 특징은 타 등급과 비교했을 때 평균 교통량은 큰 차이가 없으나 평균 사고건수가 압도적으로 많으며 평균 연장 또한 매우 짧다. 이는 한정된 구간에서 사고가 빈번히 발생했으며 특히 사망사고 또는 중상사고와 같은 치명적인 사고가 자주 발생했음을 의미한다. 또한 ‘경기도 이천시 장호원읍 서동대로’ 구간의 경우 타 등급에 비해 평균 교통량이 적은 반면 평균 사고건수는 많은 것이 특징이다. 적은 교통량에 비해 자전거 및 보행 사고가 잦다는 것은 자전거 이용자와 보행자의 안전을 위한 인프라가 타 구간에 비해 미흡함을 암시한다.

마지막으로 자전거 사고건수/대·km 및 보행 사고건수/대·km 지표의 경우 지표 결과값의 z-value값으로 등급을 나누었을 때 ‘매우 안전’ 등급에 해당하는 구간이 없는 것으로 나타났다. 이는 자전거 사고건수/대·km 및 보행 사고건수/대·km 지표가 결과값이 정규분포를 따르지 않기 때문이다. 두 지표 결과값 모두 좌측으로 왜도가 큰 분포를 나타내며 이를 표준정규분포로 전환했을 때 하위 20%에 해당하는 -0.842보다 작은 값이 나타나지 않았다. 도로 네트워크 스크리닝 결과값을 5등급으로 나누는 두 가지 기준은 각각 한계를 가지고 있다. 예를 들어 4분위수의 경우 데이터 이상치를 고려하지 않아 5개 등급의 양 끝 등급인 ‘매우 안전’ 등급과 ‘매우 위험’ 등급이 과소 평가될 가능성이 있다. 또한 z-value의 경우 데이터가 정규분포를 따르지 않을 때 ‘매우 안전’ 등급 또는 ‘매우 위험’ 등급이 실제보다 적게 혹은 많게 도출될 가능성이 있다. 따라서 이러한 한계를 고려하며 한가지의 기준만 사용하기 보다 두 가지 기준을 함께 적용하여 분석 결과를 다각적으로 평가하는 것이 적합하다.

또한 전반적으로 ‘매우 위험’ 등급으로 도출된 구간은 도시부 도로에 속하는 구간인 것으로 나타났다. ‘매우 위험’ 등급에 해당하는 구간들을 위성사진으로 확인한 결과 <그림 4-6>과 같이 도로 양 옆으로 주거단지와 상업단지가 형성되어 있었다. 즉 도시부 도로 성격을 가지고 있는 구간에서 사고가 빈번히 발생하고 있다. 이는 자전거 및 보행 사고를 포함한 일반국도에서 발생하는 사고를 줄이기 위해 마을을 통과하는 일반국도를 대상으로 안전 대책을 마련할 필요가 있음을 시사한다.

<그림 4-6> ‘서울시 마포구 성산로’ 구간(위) 및 ‘경기도 이천시 장호원읍 서동대로’ 구간(아래)

제 5 장 결 론

제 1 절 연구의 요약 및 의의

본 연구는 수도권 일반국도를 대상으로 도로 네트워크 스크리닝을 시행하여 도로의 구간별 위험 수준을 비교하였다. 구간 비교를 위한 지표로는 사고건수/km 및 사고건수/대·km, 사고비용, 자전거 사고건수/대·km, 보행 사고건수/대·km를 활용하였다. 또한 신속하고 효율적인 도로 네트워크 스크리닝 시행을 위한 데이터 연계 방안을 제시했으며, 수도권 일반국도를 적절한 분석 대상 구간으로 나누기 위해 분산계수를 활용하였다. 그 결과 구간당 최소 20건 이상의 사고가 포함되도록 구간을 설정했을 때 최저 분산계수가 산출되는 것을 확인하였으며 이 때 도출된 구간 수는 208개이다.

208개 구간을 대상으로 다섯 가지 지표를 적용하였을 때 도출된 결과는 5개의 등급으로 등급화한다. 등급화 기준은 지표 결과값의 4분위수를 활용한 기준과 지표 결과값의 z-value값을 활용한 기준을 활용하였다. 두 가지 기준을 함께 적용한 결과 사고건수/km 지표에서 '매우 위험' 등급으로 도출된 구간은 일반국도 6호선에 속하는 '서울시 마포구 성산로' 구간이다. 사고건수/대·km 지표의 경우 일반국도 37호선의 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간과 6호선의 '서울시 마포구 성산로' 구간이 '매우 위험' 등급으로 도출되었으며, 사고비용 지표의 경우 동일하게 일반국도 6호선의 '서울시 마포구 성산로' 구간이 도출되었다. 또한 자전거 사고건수/대·km 지표로 도로 네트워크 스크리닝을 시행한 결과 일반국도 37호선의 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간, 45호선의 '경기도 남양주시 경춘북로' 구간, 46호선의 '경기도 가평군 경춘로' 구간, 3호선의 '서울시 광진구 천호대로' 구간이 '매우 위험' 등급으로 도출되었으며 보행 사고건수/대·km 지표의 경우 동일하게 일반국도 37호선의 '경기도 이천시 장호원읍 서동대로' 구간이 '매우 위험' 등급으로 도출되었다.

전반적으로 '매우 위험' 등급에 해당하는 구간들은 도로 양쪽으로 토지 이용이 활발한 도시부 도로에 속하는 경우가 많았다. 이는 사고 예방 및 감소를

위해 마을을 통과하는 일반국도를 대상으로 안전시설을 보강하는 것이 중요함을 시사한다.

iRAP은 2018년부터 2020년까지 영국 도로를 대상으로 도로 네트워크 스크리닝을 시행하였다. 도로 네트워크 시행 결과 시행 전 3년(2015년~2017년)간 발생한 사망 및 중상사고 2,942건보다 약 13%가 감소한 2,743건의 사고가 발생한 것으로 나타났다(EuroRAP, 2022). 도로 네트워크 스크리닝 시행은 사고 및 사상자 수를 감소시킨다는 직접적인 효과 외 사회·경제적, 과학·기술적 파급효과를 기대할 수 있다.

따라서 이러한 이점을 지닌 도로 네트워크 스크리닝을 국내에 도입한다면 다음과 효과를 기대할 수 있다. 첫째, 일반국도뿐만 아니라 고속도로, 지방도, 도시부 도로 및 비도시부 도로 등 모든 도로를 대상으로 시행할 수 있다. 둘째, 도로의 지점뿐만 아니라 선·면 단위까지 평가할 수 있으므로 도로 위험 요인에 맞는 적절한 교통사고 개선사업 시행이 가능하다. 셋째, 교통사고 및 교통량, 연장 등 객관적이고 정확한 데이터 기반의 다양한 지표를 활용하여 도로를 객관적이며 다각적으로 평가할 수 있다. 넷째, 중앙정부 및 지방국토관리청, 지자체 등 도로를 관리하는 기관은 관할 도로에서 발생하는 사고 동향을 용이하게 파악할 수 있으며, 주기적인 모니터링을 통해 안전한 도로를 유지할 수 있다. 따라서 도로 인프라 안전 개선을 위한 주요 제도로 인정받는 도로 네트워크 스크리닝의 국내 도입을 기대한다.

제 2 절 연구의 한계 및 향후 연구과제

본 연구는 교통안전 개선사업 시행 구간 선정이 체계적이지 못하며 사고건수 지표만을 활용하여 도로의 위험 구간을 다각적으로 평가하기 어려운 기존 도로 인프라 안전 관련 제도 및 기법의 한계를 극복하기 위한 방안으로 도로 네트워크 스크리닝을 소개하였다. 또한 수도권 일반국도를 대상으로 시범적용하기 위한 데이터 연계 방안 및 분석 대상 구간 설정 방법을 제시했다. 하지만 이러한 연구 과정에서 연구 범위에 포함되지 않았거나 연구의 한계가 있음에도 관련 데이터 부재로 고려하지 못한 사항이 있다. 아래 제시된 네 가지 사항은 본 연구의 한계이며 향후 연구과제로 제시한다.

첫째, 자전거 이용량 및 보행량을 고려하지 않았다. 자전거 이용자 및 보행자 관점에서 도로 위험 구간을 정확히 파악하기 위해서는 자전거 이용량 대비 자전거 사고건수 및 보행량 대비 보행 사고건수를 확인해야 한다. 하지만 현재 국내에서는 교통량 데이터만 수집 및 제공할 뿐 공식적으로 자전거 이용량 및 보행량 관련 데이터를 수집하지 않아 데이터 구득 및 활용이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 교통량 대비 자전거 사고건수 및 보행 사고건수 지표를 활용하여 사고 심각도를 확인할 수밖에 없었다. 자전거 이용량 또는 보행량이 많은 구간에서 사고가 빈번히 발생하는 경우 사고건수 지표로만 위험 구간을 평가해도 문제가 없다. 하지만 자전거 이용량 및 보행량이 적은 구간에서 사고가 빈번히 발생하는 경우 사고건수 지표로만 위험 구간을 평가하는 데 문제가 있다. 따라서 추후 자전거 이용량 및 보행량 관련 데이터 구득이 가능해진다면 자전거 이용량 대비 자전거 사고건수 및 보행량 대비 보행 사고건수 지표를 활용하여 더욱 정확한 자전거 이용자 및 보행자 관점에서의 도로 위험 구간 파악이 가능할 것으로 예상한다.

둘째, 도로 인프라 차원에서 일반국도를 설명할 수 있는 지표를 활용하지 않았다. 본 연구는 자전거 및 보행자 통행이 가능한 일반국도의 도시부 도로 특성을 반영한 지표를 활용하였으나 이는 도로 인프라 특성을 충분히 반영한 지표로 보기 어렵다. 도로 인프라 차원에서 연속류 특성이 있는 고속도로와 달리

일반국도는 연속류[12]와 단속류[13] 특성을 동시에 지닌다. 따라서 연속류 및 단속류 특성을 반영한 지표 또는 단속류 중에서도 신호 교차로 및 비신호 교차로 대상 지표 등을 추가로 활용한다면 본 연구의 취지에 알맞은 도로 인프라 차원의 도로 위험 구간 비교가 가능할 것으로 예상한다.

셋째, 문헌 고찰을 통해 확인된 유사도로별 건/대·km 비교 및 사고 감소 가능성 평가 지표를 추가로 활용한다. 유사도로별 건/대·km 비교 지표는 일반적으로 유사한 교통량을 가진 구간을 대상으로 위험 수준을 비교하며 경우에 따라 구간의 차로 수 및 연장이 유사한 구간을 대상으로 위험 수준을 비교한다. 사고 감소 가능성 평가는 분석 대상 구간의 위험도가 유사도로별 건/대·km까지 가능하다고 가정하고 사고의 잠재적 감소 가능성을 예측하는 지표이다(한국교통연구원, 2011). 즉, 유사도로별 건/대·km를 평균으로 가정했을 때 분석 대상 구간의 위험 수준이 평균에 비해 얼마나 개선 가능한지를 확인한다. 두 가지 지표는 분석 대상 구간이 유사한 특성을 가진 타 구간에 비해 얼마나 더 위험한지 혹은 덜 위험한지 비교가 가능하다는 점에서 유용하며, 분석 대상 구간의 위험 수준을 객관적으로 파악할 수 있다는 장점이 있으므로 도로를 더욱 다각적인 관점에서 평가할 수 있다.

넷째, 전국 일반국도를 대상으로 도로 네트워크 스크리닝을 확대 적용한다. 본 연구는 수도권 일반국도를 대상으로 도로 네트워크 스크리닝을 시행하였으며 일반국도의 특성을 반영한 데이터 연계 방안 및 분석 대상 구간 설정 방법을 제시하고 관련 지표를 활용하였다. 이러한 연계 방안 및 구간 설정 방법, 적용 지표의 적절성을 검증하기 위하여 전국 일반국도를 대상으로 확대 적용할 필요가 있다. 또한 전국 일반국도를 대상으로 시범적용할 경우 전국 일반국도의 위험 수준을 파악할 수 있을 것으로 예상한다.

12) 연속류: 차량의 흐름을 제어하는 고정된 시설이 없어 지연 없이 연속적인 이동이 가능한 교통류
13) 단속류: 신호등 및 교통통제시설 등에 의해 차량의 흐름이 제어되는 교통류

참고문헌

강정규, 이성관. (2002). 고속도로 선형조건별 교통사고 위험도 평가모형 개발: 호남 고속도로를 중심으로, 대한교통학회지, 20(4), 163-175.

도로교통공단(2020), “교통사고 잦은 곳 기본개선계획 및 효과분석”

도로교통공단(2021), “20 도로교통 사고비용의 추계와 평가”

박규영, 이수범. (2006). 보행자사고확률모형을 이용한 도로안전시설물의 효과도 추정: 4차로 일반국도를 대상으로, 대한교통학회지, 24(4), 55-65.

박민수. (2012). 고속도로 평면선형과 종단선형이 겹친 복합선형 구간에서의 교통사고특성 및 안전성평가모형, 박사학위논문, 한양대학교.

박창수, 장진환. (2004). AADT 추정시 강설량에 따른 날씨보정계수 개발에 관한 연구, 서울도시연구, 5(2), 19-26.

심관보, 장석민, 김용석, 노관섭. (2006). 국도 교통사고 현황 및 특성 분석, 대한교통학회 학술대회지, 53, 656-664.

이하식, 김의진, 박수진, 고승영, 박호철. (2019). 유동인구를 고려한 보행사고 노출률 추정, 대한교통학회지, 37(4), 302-321.

전우훈, 양인철. (2016). 설문조사를 통한 자전거 노면표시 설치방안. 한국도로학회 학술대회 발표논문 초록집, 125.

한국건설기술연구원(1989), “교통사고와 도로의 기하학적 조건과의 관계”

한국교통연구원(2011), “한국형 도로안전도평가 프로그램 시범사업”

한국교통연구원(2012), “한국형 도로안전편람(KHSM) 개발 기초연구”

한국교통연구원(2017), “도시부 도로 속도 관리체계 개선 방안”

한국교통연구원(2020), “지자체 교통안전 개선사업의 통합 추진방안 연구”

공공데이터포털, https://www.data.go.kr/index.do, 2022.10.10.

교통사고분석시스템, http://taas.koroad.or.kr, 2022.10.15.

국가통계포털, https://kosis.kr/index/index.do, 2023.05.01.

ITS표준노드링크, http://nodelink.its.go.kr, 2022.10.15.

View-T, https://viewt.ktdb.go.kr, 2023.05.12.

AASHTO(2010), “Highway Safety Manual”

Agilysis(2020), “Towards 2030_Making our roads safer for all”

Appleton, I., Hannah, J., Noone, M., Wilkie, S. (2009). Road infrastructure safety assessment, New zealand Transport Agency, Wellington, Nueva zelanda.

Brannolte, U., Münch, A., Voß, H. (2009). Software-based road safety analysis in Germany, In 4th IRTAD Conference, Seoul, Korea, 207-218.

EuroRAP(2020), “Crash Risk Mapping: Technical Specification”

EuroRAP(2022), “Investing In Safer Mobility: Targeting Investment Across the British Road Network”

Federal Highway Administration(2013), “Systemic Safety Project Selection Tool”

für Straßen-und, A. V. F. (2003). Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen: ESN, FGSV-Verlag.

Han, S. (2016). Note on evaluating safety performance of road infrastructure to motivate safety competition, International journal of injury control and

safety promotion, 23(1), 85-92.

Hauer, E., Kononov, J., Allery, B., Griffith, M. S. (2002). Screening the road network for sites with promise, Transportation Research Record, 1784(1), 27-32.

ITF(2015), "Road Infrastructure Safety Management"

Lynam, D. A. (2005). The development of accident mapping as part of the European road assessment programme, TRL annual research review, 65-76.

Sabey, B. E., Taylor, H. (1980). The known risks we run: the highway, Springer US, 43-70.

Setra(2005), "SURE: Users' Safety on Existing Roads"

Srinivasan, R., Lyon, C., Persaud, B., Martell, C., Baek, J. (2011). Methods for identifying high collision concentration locations (HCCL) for potential safety improvements: phase II, Evaluation of alternative methods for identifying HCCL, No. CFS Number 2078A DRI, California. Dept. of Transportation.

Abstract

Application of Road Network Screening Method into National Highways

Seungyeon Lee

Department of Environmental Planning

The Graduate School

Seoul National University

Road crashes are caused by human, vehicle, and road infrastructure factors. If road crashes occur higher at certain road segments, they are likely caused by road infrastructure factors rather than human or vehicle factors. It is because that we cannot regard that reckless drivers or poorly maintained vehicles are more likely to pass certain road segments more than others. As a result, improving the road infrastructure level is required to reduce crashes that occur often on a certain road segment. Many nations are implementing Road Network Screening.

Road Network Screening is the method to prioritize the high-risk road segment objectively, considering crash history, road attributes, and traffic characteristics. In Korea, Road Network Screening is not officially utilized. The purpose of this study is to present what should be considered to apply Road Network Screening methods to National Highways in Seoul Metropolitan Area.

There are three methods to apply the Road Network Screening to National Highways in Seoul Metropolitan Area. The first method is to connect the data which is utilized in this study. The Standard node-link data was

employed for the road network data and the accident data was employed from the TAAS data. Also, traffic volume data is from the Traffic Monitoring System and View-T. If three data are used, road network screening can be efficiently and quickly performed without additional data collection. The Second method is to divide the network into road segments. The lowest Coefficient of Variation was obtained when the road segments were divided with at least 20 crashes per road segment utilizing the Coefficient of Variation to identify the appropriate road segments. As a result, 208 road segments were created. The third method used the number of bicycle crashes per vehicle-kilometer and pedestrian crashes per vehicle-kilometer, in addition to the number of crashes per kilometer, the number of crashes per vehicle-kilometer, and crash costs, all of which are used to identify the dangerous road segments from various perspectives.

The results of the Road Network Screening were classified into five grades based on the quantile and z-value of the indicator results. There are 'High' grade road segments that are commonly formed from the two grading standards. 'Seongsan-ro, Mapo-gu, Seoul' of National Highway 6 was graded by the quantile and z-value of the number of crashes per kilometer. In terms of the number of crashes per vehicle-milometer, National Highway 37's 'Seodong-daero, Janghowon-eup, Icheon-si' and National Highway 6's 'Seongsan-ro, Mapo-gu, Seoul' got a 'High' grade. When it applied a crash cost, 'Seongsan-ro, Mapo-gu, Seoul'of National Highway 6 was identified as a 'High' grade. In addition, in the case of bicycle crashes per vehicle-kilometer, 'Seodong-daero, Janghowon-eup, Icheon-si, Gyeonggi-do' of National Highway 37, 'Gyeongchunbuk-ro, Namyangju-si, Gyeonggi-do' of National Highway 45, 'Gyeongchun-ro, Gapyeong-gun, Gyeonggi-do' of National Highway 46, and 'Cheonho-daero, Gwangjin-gu, Seoul' of National Highway 3 got 'High' grades. Finally, in terms of pedestrian crashes per vehicle-kilometer, National Highway 37's 'Seodong-daero, Janghowon-eup, Icheon-si, Gyeonggi-do' was determined as a 'High' grade. Overall, road segments which are classified as 'High', residential and commercial areas were formed on both sides of the road. These road segments, which form part of an urban road network, are frequently sites of crashes. The findings underscore the necessity to improve safety infrastructure for National Highways toward towns and villages to reduce road crashes.

For future study, Road Network Screening is required for all National Highways to assess the performance of the current data connection method and road segmentation criteria. Also, road segments are required to be appropriately analyzed by using the data with bicycle and pedestrian volume. Lastly, It is necessary to evaluate the road risk from a few different perspectives such as the implementation of Road Network Screening for signal or non-signal intersections.

keywords : Road Safety Assessment, Road Network Screening, Road Risk Assessment Indicators, Simple Ranking Method, Traffic Safety Improvement Projects, Road Crashes
Student Number : 2021-25763