

속도위반 단속 허용범위 개선안 제시 및 효과 추정

Improvement and Estimation of Effect for Speed Limit Tolerance

정수환* · 한경희** · 이민호*** · 이철기****

* 주저자 : 아주대학교 교통공학과 석사과정

** 공저자 : 아주대학교 교통공학과 박사과정

*** 교신저자 : 전국자동차운전전문학원연합회 회장

**** 공저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

Su-hwan Jeong* · Kyeong-hee Han* · Min-ho Lee** · Choul-ki Lee***

* Dept. of Transportation Eng., Univ. of Ajou

** Federation of Specialized Driver Training Schools

*** Dept. of Transportation System Eng., Univ. of Ajou

† Corresponding author : Min-ho Lee, asmino21@naver.com

Vol. 22 No.2(2023)

April, 2023

pp.164~181

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

<https://doi.org/10.12815/kits.2023.22.2.164>

2023.22.2.164

Received 14 February 2023

Revised 4 March 2023

Accepted 15 March 2023

© 2023. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요약

낮은 제한속도 환경에서 무인 교통단속 장비의 속도위반 단속 허용범위는 매우 높으며, 이는 제한속도 준수율이 낮은 주요인 중 하나이다. 이에 따라 본 연구에서는 무인 교통단속 장비의 속도위반 허용범위를 개선하여, 새로운 제한속도별 허용범위 기준을 제시하였다. 먼저 운전자에게 과속을 유발할 수 있는 운전자·이용자 측면의 오차 실효성을 분석하고, 분석 결과에 따라 단속 장비 오차와 내비게이션 GPS 속도 오차를 적용하여 허용범위 개선안을 제시하였다. 또한, 허용범위 개선 시 운전자 측면에서 장기적으로 기대되는 사고율 및 사고 심각도 등 안전성 효과를 추정하였다. 추정 결과 모든 제한속도의 도로구간에서 제한속도 준수율, 사고율, 속도 변화에 따른 심각도별 사고건수 변화율, 보행자 교통사고 사망률 모두 개선되었다. 따라서 본 연구에서 제시한 속도위반 단속 허용범위 개선안이 도입될 경우, 추정된 개선 효과와 같이 도로의 안전성이 향상될 것으로 기대된다.

핵심어 : 제한속도, 허용범위, 장비오차, 안전성, 사고율

ABSTRACT

In a low speed limit environment, the speed limit tolerance of automated traffic enforcement devices is very high, which is one of the main factors for the low compliance rate. Therefore, in this study, we aimed to improve the speed limit tolerance and to present a new standard. The effects of the operator and user errors that can cause speeding by drivers were analyzed. Based on the results of the analysis, an improvement of the tolerance was proposed by applying an error in the enforcement device and GPS speed. In addition, long-term expected safety effects such as the accident rate and severity were estimated from the operator's perspective when improving the tolerance. As a result of the estimation, the speed limit compliance rate, accident rate, and change rate of a number of severe accidents due to speed change, and pedestrian traffic accident mortality rate were all improved in all speed limit environments. The introduction of the proposed improvement is expected to improve road safety significantly.

Key words : Speed limit, Tolerance, Device error, Safety, Accident rate

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 10년간 교통사고는 꾸준히 감소하는 추세를 나타내고 있다. 2012년 223,656건의 교통사고로 5,392명의 사망자와 344,565명의 부상자 발생하였으나, 2021년에는 203,130건의 사고로 2,916명의 사망자와 291,608명의 부상자가 발생하였다. 이처럼 연평균 사고건수, 사망자 및 부상자 수는 각각 1.1%, 6.6%, 1.8%의 비율로 점차 감소하고 있다. 그러나 여전히 교통사고에 대해 개선해야 할 점이 남아있다. 2021년 기준, 과속으로 인한 1,550건의 교통사고로 293명의 사망자가 발생하며 18.9%의 높은 치사율을 보였고 도시부 도로인 특별광역시도(약 39.4%)와 시도(약 32.2%)에서 전체 교통사고의 약 71.6%가 발생하였다.(KoROAD, 2022)

과속으로 인한 교통사고 가능성과 심각도를 줄이고 교통약자를 보호하기 위해, 통행이 빈번한 도시부 도로의 제한속도 기준을 특별히 관리하고자 2021년 4월 17일부로 「안전속도 5030」 정책을 시행하고 있다. 「안전속도 5030」이 적용되는 도로의 제한속도는 50km/h를 원칙으로 하되, 보행자 보호가 우선인 도로의 경우 30km/h로 결정한다. 다만, 부득이한 경우 60km/h를 적용할 수 있다.(National Police Agency, 2019)

「안전속도 5030」 정책 시행 후 적용 대상 지역 내 교통사고 사망자는 317명(‘20년)에서 277명(‘21년)으로 12.6% 감소하였고, 보행자 사망자는 167명(‘20년)에서 139명(‘21년)으로 16.7% 감소하였다.(National Police Agency, 2021) 그러나 도로구간을 통과한 차량 중 제한속도를 준수한 차량의 비율(이하, 제한속도 준수율)은 2021년 12월 기준 78.5%로 조사되었다. 제한속도가 50km/h인 도로구간에서는 평균 82.3%의 높은 제한속도 준수율을 보였으나, 30km/h인 도로구간에서의 제한속도 준수율은 평균 64.8%로 50km/h 도로구간보다 17.5% 낮았다. 제한속도 준수율이 낮다는 것은 도로구간을 통과하는 차량의 속도 편차가 크며, 사고 발생 가능성이 높다는 것을 의미한다.(Korea Transportation Safety Authority, 2022)

이러한 상황에서 현재의 무인 교통단속 장비의 속도위반 단속 허용범위는 「안전속도 5030」 정책 시행으로 인해 낮아진 제한속도 환경에서 제한속도 준수율이 낮은 주요인 중 하나이다. 속도위반 단속 시 단속 장비와 차량 계기판 등에서 발생할 수 있는 오차를 고려하여 제한속도별 단속 허용범위를 두고 있으나, 제한속도가 60km/h 미만인 도로구간에서는 허용범위 규정이 미비하다. 이를테면 제한속도가 30km/h인 도로구간은 41km/h부터 단속하고 60km/h인 도로구간은 71km/h부터 단속하고 있어, 속도위반 단속 허용범위가 “+10km/h”로 동일한 것이다.

이처럼 낮은 제한속도 환경에서 무인 교통단속 장비의 속도위반 단속 허용범위는 매우 높다. 경찰은 해당 허용범위를 구체적으로 공개하지 않고 있지만, 이미 많은 운전자들은 경험을 통해 어느 정도 인지하고 있는 실정이다. 이에 따라 몇몇 운전자들이 단속되지는 않으나 제한속도보다 높은 속도로 주행하여 교통안전을 저해할 우려가 있으며, 「안전속도 5030」 정책으로 제한속도를 낮춘 실효성에 대한 문제가 제기되고 있다.

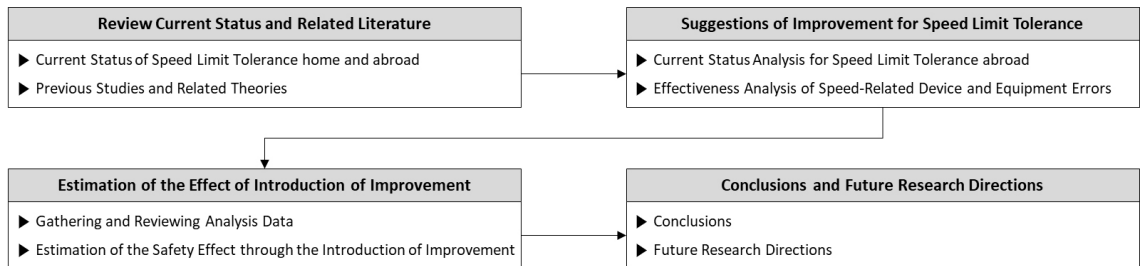
본 연구에서는 무인 교통단속 장비의 기존 속도위반 허용범위 개선안을 제시하였다. 또한, 허용범위 개선 시 운전자 측면에서 장기적으로 기대되는 사고율 및 사고 심각도 등 안전성 효과를 추정하였다.

2. 연구의 방법 및 수행 절차

본 연구에서는 낮은 제한속도 환경에서 기존의 미비한 속도위반 단속 허용범위를 개선하고, 운전자 측면에서 기대되는 장기적인 효과를 추정하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 <Fig. 1>과 같은 절차로 수행하였다.

먼저 현황 및 관련 문헌 고찰에서는 국내외 속도위반 단속 허용범위 현황을 검토하여 동향을 파악한다.

그리고 운전자가 자신의 주행속도를 인지하는 장치의 속도 오차와 속도위반 단속 장비의 기계적 오차의 관련 이론 및 연구를 통해, 단속 허용범위 조정을 위한 고려사항을 검토한다. 또한 도출한 개선안에 대하여 효과 추정을 위해, 속도 개선에 따른 효과분석 연구 사례를 검토한다. 다음으로, 고찰한 국외의 속도위반 단속 허용범위 현황을 분석하여 개선 방향을 설정하고 속도 관련 장치 및 장비 오차를 활용하여 개선안을 도출한다. 그 후 개선안에 대한 효과 추정을 수행하고, 이를 위해 개별차량 속도 데이터를 수집 및 가공한다. 마지막으로 결론과 향후 연구 방향을 논한다.



<Fig. 1> Study Conduct Procedures

II. 현황 및 관련 문헌 고찰

1. 국내외 속도위반 단속 허용범위 현황

1) 국내 속도위반 단속 허용범위 현황

국내 무인 교통단속 장비는 「경찰청 교통단속 처리지침 제38조」에 따라, 제한속도를 10km/h를 초과한 경우에 단속하도록 규정하고 있다. 이에 따라, 국내 무인 교통단속 시스템의 제한속도별 속도위반 단속 허용범위는 <Table 1>과 같이, 제한속도 60km/h 이하 도로구간에서는 “+10km/h”, 60km/h를 초과하는 도로구간에는 “+20%”를 허용하고 있다. 그러나 해당 기준은 지역에 따라 달라질 수 있다.

<Table 1> Current Status for Speed Limit Tolerance home

Speed Limit	Speed Limit Tolerance	Maximum Tolerance Speed	Speed of Crackdown on Speeding
30km/h	+ 10km/h	40km/h	more than 41km/h
40km/h		50km/h	more than 51km/h
50km/h		60km/h	more than 61km/h
60km/h		70km/h	more than 71km/h
70km/h	+ 20%	84km/h	more than 85km/h
80km/h		96km/h	more than 97km/h
90km/h		108km/h	more than 109km/h
100km/h		120km/h	more than 121km/h
110km/h		132km/h	more than 133km/h
120km/h		144km/h	more than 145km/h

2) 국외 속도위반 단속 허용범위 현황

세계 주요 국가의 무인 교통단속 시스템의 속도위반 단속 허용범위 현황은 <Table 2>와 같으며, 대부분 “+10%” 미만으로 적용하고 있다. 특히 미국은 “+1mph”에서 “+10mph” 사이의 속도위반 단속 허용범위를 각 주 정부별로 지정하고 있다. 영국과 키프로스(키프로스)는 모든 제한속도의 도로구간에서 자동차 속도계 오차 “+10%”와 단속 장비의 기계적 오차 “+2 ~ 3mph”를 합산하여 속도위반 단속 허용범위를 설정하고 있다. 프랑스는 신규 장비의 허용범위를 “+3km/h”(100km/h 미만)과 “+3%”(100km/h 미만)으로 설정하고 있으며, 허용범위 기준에 관한 내용이 법규에 규정되어 있다. 핀란드는 모든 제한속도의 도로구간에서 6km/h 이상 과속 시 단속되나, 10km/h 이내에서는 처벌하지 않는다. 뉴질랜드는 기존 모든 제한속도의 도로구간에서 “+10km/h”의 속도위반 단속 허용범위를 설정하였으나, 안전성 확립을 위해 삭제하였다. 그러나 운전자들의 민원으로 인하여, “+10%”의 허용범위를 다시 도입하였다.

<Table 2> Current Status for Speed Limit Tolerance abroad

Country	under 100km/h	more than 100km/h	Remark
United States	+ 1~10mph		Designated by Each State Government
Germany	+ 3km/h	+ 3%	-
United Kingdom	+ (10% + 2mph)	+ (10% + 3mph)	10% Vehicle Speedometer Error + 2-3mph Error in Intermittent Equipment
Spain	+ 7km/h	+ 7%	-
France	+ 5km/h	+ 5%	Separately Specify the Permissible Range of Crackdowns on New Equipment (+ 3km/h & 3%)
Italy	+ 5km/h	+ 5%	-
Austria	+ 5km/h	+ 5%	-
Belgium	+ 6km/h	+ 6%	-
Czech Republic	+ 3km/h	+ 3%	-
Denmark	+ 3km/h	+ 3%	-
Finland	+ 10km/h		Crackdown on Speeding more than 6 km/h (But, No Penalty within +10 km/h)
Luxembourg	+ 3km/h		-
Netherlands	+ 3km/h	+ 3%	-
Norway	+ 3km/h	+ 3%	-
Poland	+ 10km/h		-
Switzerland	+ 5km/h	+ 6km/h	-
Greece	+ 20km/h		-
Hungary	+ 15km/h		-
Sweden	+ 1km/h		-
Cyprus	+ (10% + 2mph)		Control Equipment Mechanical Error 10% + Error Limit of 2 mph
Australia	+ 5%		-
New Zealand	+ 10%		Reintroduction after Deleting the Existing Restriction range of + 10 km/h

2. 「안전속도 5030」관련 현황

한국교통안전공단이 2022년 조사한 자료에 따르면, 「안전속도 5030」 정책 시행 이후 제한속도 준수율은 30km/h 도로구간에서 평균 64.8%, 50km/h 도로구간에서 평균 82.3%로 나타났다. 또한 제한속도 30km/h와 50km/h 도로구간의 지역별 제한속도 준수율을 살펴보면, <Table 3>과 같이 나타났다.

「안전속도 5030」 정책의 본격적인 시행에 앞서 서울, 부산, 대구 등 일부 지자체에서 계도기간을 운영하였다. 특히 부산광역시의 경우 계도기간 초기 단속건수가 1만 3천여건까지 증가하는 추세를 보였으나, 시간이 지남에 따라 9천건 수준으로 감소하였다.

<Table 3> Rate of Compliance with Speed Limits 30 and 50km/h by Region for Road Sections

Region	Speed Limit 50km/h or less	Speed Limit 50km/h	Speed Limit 30km/h
Seoul City	88.4%	95.1%	81.5%
gyeonggi-do	82.6%	88.8%	73.4%
Gangwon-do	73.5%	76.3%	71.2%
Chungcheongbuk-do	78.9%	84.4%	69.0%
Chungcheongnam-do	76.7%	80.9%	64.2%
Jeollabuk do	76.4%	80.5%	71.0%
Jeollanam-do	74.3%	78.2%	70.5%
Gyeongsangbuk-do	73.1%	80.2%	63.1%
Gyeongsangnam-do	77.0%	82.4%	71.9%
jeju island	71.8%	81.1%	60.6%

3. 무인 교통단속 시스템 관련 이론 및 연구

1) 자동차 계기판 속도계 오차

자동차 제작사는 「자동차안전기준에 관한 규칙」과 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙」을 준수하여야 하며, 각각 제48조와 제110조에 속도계와 관련된 법령이 명시되어 있다. 「자동차안전기준에 관한 규칙 제48조」에 따르면, 평탄한 노면에서의 자동차 속도계는 속도가 40km/h인 경우 지시오차가 정 15%, 부 10% 이내이어야 한다. 또한 「자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 제110조」에 따라, 자동차의 속도계는 평탄한 노면에서 25km/h 이상일 때 계기판의 속도계가 실제 속도보다 높아야 한다.

2) 내비게이션 GPS 속도 오차

Mun(2018a)는 실제 주행속도를 측정하는 테스트기를 설치하고, 자동차 계기판 속도계와 내비게이션의 속도 오차를 분석하는 연구를 수행하였다. 연구에 사용한 차량은 경차 중 가장 많이 판매된 모닝, 중형차 중 쏘나타, SUV 차량으로 트랙스를 선정하였다. 또한 내비게이션은 스마트폰 어플리케이션인 원내비(ONE NAVI)를 사용하였다. 그리고 자동차 속도계 기준 30km/h에서 80km/h까지 10km/h 간격으로 속도를 상승시키며 차종별로 연구를 진행하였다. 속도 오차는 자동차 계기판 속도계 및 내비게이션의 속도와 테스트기 속도 간 차이를 테스트기 속도로 나눈 값의 백분율로 산출하였다. 연구 결과 자동차 계기판 속도계의 오차는 최소 6.4%에서 최대 15.9%로 나타났다. 모든 실험 차량과 실제 주행속도 30 ~ 80km/h에서 자동차 계기판 속도계

의 속도가 실제 주행속도보다 더 빠른 것으로 분석하였다. 반면, 내비게이션의 속도 오차는 최소 0.6%에서 최대 1.7%로 나타났으며 이는 내비게이션 GPS와 인공위성 간 정보 전달 과정에서의 시차로 인한 것으로 보았다.

3) 무인 교통단속 장비 오차

「무인교통단속장비 경찰규격서」에 따르면, 단속장비는 차량 검지장치, 영상 수집장치, 지역 제어장치, 통신장치 등에서 여러 가지 요인에 의해 오차들이 발생할 수 있다. 이에 따라, 도로교통공단은 인수·성능검사를 통해 신규로 설치된 장비의 실제 운영에 앞서 기능 및 성능의 적합성을 검사하고, 정기검사를 통해 단속 장비 설치 후 1년마다 기능과 성능의 적합성을 검사하고 있다. 속도위반을 단속할 수 있는 장비들은 차량을 검지하고 속도를 측정하여 속도위반 차량을 단속하는 기능을 수행하여야 한다. 따라서 해당 장비들의 인수·성능검사 및 정기검사는 <Table 4>와 같이 속도위반 단속성능 기준에 따라 실시한다.

<Table 4> Standard for Performance of Automated Traffic Enforcement Devices

Category		Standard			
Speed Accuracy	Speed Limit	under 60km/h	more than 60km/h, under 80km/h	more than 80km/h, under 100km/h	more than 100km/h
	Maximum Error (rate)	less than ±3km/h	less than ±4km/h	less than ±5km/h	less than ±5%
Crackdown on Speeding Error Rate (when Installing Highway)		under 2%			
Violation Vehicle Crackdown Rate		more than 80%			
Vehicle Number Recognition Error Rate		under 2%			

Korea Road Traffic Authority Traffic Science Institute(2009)에서는 무인 교통단속 장비에 대하여 시간에 따른 속도정확도에 대한 변화 추이를 분석하였다. 속도정확도는 2007년 서울청과 경기청 등 13개 지방경찰청을 대상으로 현장검사를 1~3번 실시하여 분석하였다. 인수검사를 포함한 7차 검사를 통해 무인 교통단속 장비의 속도정확도 오차를 분석한 결과, 평균적으로 속도오차를 검사기준 이하로 유지되는 것으로 분석되었다. 이에 따라 무인 교통단속 장비의 정확성 및 신뢰성을 유지하기 위한 현행 적정검사 주기 1년에 대해 당위성을 뒷받침하였다.

4. 효과분석 관련 이론 및 연구 고찰

Lamoen(2014)은 도로 안전에 대하여 속도위반 단속 허용범위 하향의 영향을 분석하였다. NZP(New Zealand Police)는 뉴질랜드의 여름의 사고건수 및 심각도를 줄이기 위해, 속도위반 단속 허용범위를 하향시키는 실험을 진행하였다. 뉴질랜드 전역에서 2개월(2013년 12월~2014년 1월) 동안 진행하였으며, 과거 4년 중 같은 달과 비교하여 도로 안전에 대한 영향을 분석하였다. 속도위반 단속 허용범위는 “+10km/h” 이하의 기존 기준에서 “+4km/h” 이하로 하향한 기준을 적용하였다. 하향한 허용범위를 홍보 및 광고를 통해 운전자들에게 알렸으며, 순찰 및 속도위반 단속카메라 증대를 통해 단속을 강화하였다. 연구 결과 “+10km/h” 이하로 과속하는 차량의 수가 약 36% 감소하였고 “+10km/h” 초과로 과속하는 차량의 수가 약 45% 감소하며, 허용범위 하향으로 과속 차량의 비율이 감소하는 것으로 분석하였다. 또한 사망사고 건수가 약 22%, 중상사고 건수가 약 8%, 경상사고

건수가 약 16% 감소하며, 사고 위험도 또한 감소하는 것으로 분석하였다.

Taylor et al.(2000)는 속도가 교통사고 빈도에 미치는 영향을 분석하고, 속도 특성에 활용하여 교통사고 빈도를 산출하는 모형을 개발하였다. 도시 내 혼잡도로, 시내 도로, 교외 도로, 외곽고속도로의 네 가지 도로 유형별 속도와 교통사고 빈도의 관계를 분석하였다. 연구 결과, 각 도로 유형에서 속도가 증가함에 따라 교통사고 빈도가 더 높은 것으로 분석되었다. 또한 평균속도가 낮을수록 속도의 표준편차는 커지며, 교통사고 빈도가 높게 나타났다. 이에 따라, 교외 도로보다 속도 표준편차가 큰 도시부 도로에서 평균속도가 낮아질수록 교통사고 빈도의 감소 효과가 더 큰 것으로 분석되었다. 이러한 평균속도와 속도 표준편차에 따른 교통사고 빈도 즉, 사고율 산출 모형을 Eq. (1)과 같이 개발하였다.

$$A_r = (0.000435 V^{2.252})e^{5.893(SD/V)} \dots\dots\dots (1)$$

where, A_r : Accident Rate
 V : Average Speed SD : Speed Standard Deviation

Jeong and Oh(2011)은 구간 속도 변화와 사고위험 간의 관계를 수립하고자, 루프 검지기에서 수집된 속도 데이터와 고속도로 사고 데이터를 활용하여 사고율 예측모형을 개발하였다. 초기 사고율 예측모형 구조를 선정하기 위해 Baruya와 Taylor가 제시한 사고율 산출모형을 검토하였다. 속도 특성만을 활용하는 Taylor 모형과 달리, 교통량, 구간길이 등의 구간정보 또한 활용하는 Eq. (2)의 Baruya 모형의 경우 실효성이 없다고 판단하였다. 따라서 Taylor 모형을 기반으로 사고율 예측모형을 개발하였으며, 회귀분석을 통해 속도의 중앙값, 최솟값, 표준편차를 독립변수로 설정하였다. 연구 결과 개발한 모형을 활용하여 산출한 예측 사고율이 실제 사고율과 높은 상관도를 보였다. 속도의 중앙값과 최솟값, 표준편차 값이 증가할수록 사고율도 증가하며, 특히 표준편차 값이 사고율에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석하였다.

$$A_r = (C_{road})\bar{v}^{(-2.492)}o_{v_{lim}}^{0.114} \dots\dots\dots (2)$$

$C_{road} : 5.663fl^{0.748}l^{0.847}e^{(0.038j-0.056w+0.023v_{lim})}e^{(0.023v_{lim})}$
 $o_{v_{lim}} : Rate of Vehicles Exceeding Speed Limit$

where, j : Number of Interchange(IC) per Road Section A_r : Accident Rate
 fl : AADT l : Length v_{lim} : Speed Limit
 \bar{v} : Average Speed w : Lane Width

Nilsson(2004)은 교통사고 발생건수, 사망자수 및 부상자수, 평균속도의 관계를 분석하여, 충돌 속도에 따른 심각도별 사고건수 변화율에 대한 관계식을 산출하였다. 연구 결과, 5%의 속도 증감에 따라 사망사고 건수가 20% 증감하고 중상 및 경상사고 건수가 10% 증감하는 것으로 분석하였다. 이를 통해 속도 변화와 심각도별 사고건수 변화율의 관계를 Eq. (3)와 같이 산출하였으며, <Table 5>와 같이 지수를 산정하였다.

$$\frac{Number\ of\ Accidents\ after\ Speed\ Change}{Number\ of\ Accidents\ before\ Speed\ Change} = \left(\frac{Speed\ after\ Change}{Speed\ before\ Change} \right)^\alpha \dots\dots\dots (3)$$

where, α :Power (Parameter)

<Table 5> Parameter of Rate of Change in the number of Accidents by Severity

Accident Severity	α	95% Confidence Interval
fatalities	4.5	4.1 ~ 4.9
seriously injured road user	3.0	2.2 ~ 3.8
slightly injured road user	1.5	1.0 ~ 2.0

Elvik(2009)은 속도 변화와 심각도별 사고건수 변화율의 관계에 대하여 초기 속도의 영향을 분석하였다. 분석 결과, 속도가 낮을 때보다 높을 때 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 속도가 낮은 지방부 및 고속도로와 속도가 높은 도심부를 구분하여 <Table 6>과 같이 지수를 재산정하였다.

<Table 6> Improvement of Parameter of Rate of Change in the number of Accidents by Severity

Accident Severity	α		
	Rural and Highway	Urban	All
fatalities	4.6	3.0	4.3
seriously injured road user	3.5	2.0	3.0
slightly injured road user	1.4	1.1	1.3

Erik and Ulrich(2009)는 GIDAS(German In-Depth Accident Study)의 자료를 활용하여 1999년부터 2007년까지 충돌 속도에 따른 보행자 교통사고 사망률을 분석하였다. 이를 통해 로지스틱 회귀모형을 기반으로 Eq. (4)와 같이 속도에 따른 보행자 사고 심각도 모형을 개발하였다.

$$P(v) = \frac{1}{1 + e^{(6.9 - 0.090v)}} \dots\dots\dots (4)$$

where, $P(v)$: Pedestrian traffic fatality rate v : Collision Speed

5. 시사점 및 본 연구의 차별성

『안전속도 5030』 정책 시행으로 인해 낮아진 제한속도 환경에서, 제한속도 준수율은 50km/h보다 30km/h 도로구간에서 더 낮게 나타났다. 제한속도 60km/h 이하에서, “+10km/h”로 동일한 속도위반 단속 허용범위가 해당 요인 중 하나이다. 또한 국외 사례에 비해, 국내 속도위반 단속 허용범위는 매우 큰 편이다. 이에 따라 허용범위를 제한속도별로 개선하고자, 무인 교통단속 시스템 관련 이론 및 선행 연구를 검토하였다.

속도위반 단속 허용범위 개선안 기준으로써, 운전자의 과실이 아닌 요인들을 고려하고자 한다. 무인 교통단속 장비는 성능 기준에 따라, 1년마다 정기검사를 실시한다. 성능 기준에 속도정확도가 포함되어 있으며, 이는 무인 교통단속 장비에 오차가 발생할 수 있음을 의미한다. 또한 일반적으로 운전자가 자신의 주행속도를 확인하기 위해 활용하는 자동차 계기판 속도계 또는 내비게이션 GPS 속도도 오차가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 무인 교통단속 장비와 주행속도 확인 장치에 대한 오차를 검토하였다.

속도 감소에 따른 안전성 효과분석과 관련하여, 다양한 연구들이 수행되었다. 대부분 사고율과 사고 심각도를 척도로 안전성을 분석하였으며, 독립변수로서 속도 특성으로 평균속도와 속도 표준편차를 활용하였다.

그러나 속도위반 단속 허용범위 하향에 따른 안전성 효과분석과 관련된 연구는 부족한 실정이다. 뉴질랜드

드에서 속도위반 단속 허용범위 하향의 영향에 대한 연구 사례가 있으며, 실험을 통해 하향 전·후의 안전성을 비교 분석하였다. 본 연구에서는 적절한 제한속도별 속도위반 단속 허용범위를 제시하고, 해당 기준 도입 시 예상되는 안전성 효과를 추정하는 연구를 수행하였다. 본 연구는 도입 전·후 실제 데이터를 비교 분석하는 것이 아닌, 도입 후 데이터를 추정한다는 점에서 선행 연구와 차별성이 있다.

Ⅲ. 속도위반 단속 허용범위 개선

1. 속도위반 단속 허용범위 개선 방향

대부분의 국가가 속도위반 단속 허용범위를 “+10%” 미만으로 적용하고 있으나, 국내의 경우 제한속도 60km/h 이하의 도로구간에 “+10km/h”와 제한속도 60km/h를 초과하는 도로구간에 “+20%”로 매우 높게 적용하고 있다. 이는 속도를 낮추어 사고율 및 사고 심각도 감소를 유도하는 국내 정책 기조와 상반되므로, 속도위반 단속 허용범위를 하향 조정할 필요가 있다. 특히 60km/h 이하의 도로구간에서 “+10km/h”의 허용범위가 일괄적으로 적용되므로, 각 제한속도에 따라 적절한 허용범위 설정이 필요하다.

그러나 속도위반 단속 허용범위를 과도하게 하향할 경우, 운전자들의 민원 발생 우려가 있다. 뉴질랜드는 안전성 확립을 위해, 기존의 속도위반 단속 허용범위 “+10km/h”를 “+0km/h”로 조정하였다. 하지만 운전자들의 과도한 민원으로, 허용범위를 “+10%”로 다시 재조정된 사례가 있다. 운전자들의 혼란을 방지하며 안전성을 제고할 수 있도록, 일정 수준의 속도위반 단속 허용범위는 필요하다. 이에 따라 속도위반의 기준이 되는 주행속도에 대해, 운전자의 과실이 아닌 요인들을 고려하여 속도위반 단속 허용범위 개선안을 제시하였다.

단속 장비 기계적 오차만을 고려하는 타 국가와 달리, 영국과 키프로스는 자동차 속도계 오차를 합산하여 고려하고 있다. 이는 속도위반 단속에 있어 발생할 수 있는, 운영자 측면의 오차와 이용자 측면의 오차를 모두 고려하였다는 점에서, 운영자와 이용자 모두에게 적합한 허용범위 기준으로 판단하였다. 따라서 속도위반 상황에서 주행속도와 관련된 요소로써 운영자 측면으로 단속 장비 기계적 오차를 고려하였으며, 이용자 측면으로 주행속도 인지 장치의 오차를 고려하였다. 특히 이용자 측면의 오차는, 영국과 키프로스에서 고려한 자동차 계기판 속도계 외에도 내비게이션을 고려하였다. 이러한 속도 관련 장치 및 장비가 운전자에게 과속을 유발할 수 있는 요인인지에 대한 실효성 분석을 통해, 허용범위 조건의 고려 여부를 판단하였다.

2. 속도 관련 장치 및 장비 오차 실효성 분석

1) 운전자가 주행속도를 인지하는 장치의 속도 오차

운전자가 주행 시 속도를 확인하는 수단 중 하나인 자동차 계기판 속도계는 유지보수가 잘 되어 있지 않거나 자동차 휠과 타이어의 인치를 변경할 경우 속도 오차가 발생할 수 있다. 또한 과속을 방지하기 위한 지시오차가 반영되어, 자동차 계기판 속도계에 표시되는 속도는 실제 속도보다 6.4% ~ 15.9% 더 높게 나오도록 설계되어 있다.¹⁾ 따라서 자동차 계기판 속도계는 운전자에게 과속을 유발할 수 있는 요인이 아니므로, 속도위반 단속 허용범위에 고려할 필요가 없다.

운전자는 주행 시 자동차 계기판 속도계 이외에, 내비게이션을 통해서도 속도를 확인할 수 있다. 내비게이션은 비교적 실제 속도와 유사한 속도를 측정할 수 있으며, 내비게이션 GPS가 정상적으로 작동될 때 속도의

1) Mun(2018b), Result of Research of Error of Car Dashboard Speedometer

오차율은 $\pm 0.6\% \sim 1.7\%$ 로 나타난다. 이와 같이 내비게이션의 속도는 실제 속도보다 높을 수도 낮을 수도 있어 운전자에게 과속을 유발하는 요인이 될 수 있으므로, 속도위반 단속 허용범위에 고려할 필요가 있다. 자동차 계기판 속도계와 내비게이션 GPS 속도 오차와 관련된 특징은 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Characteristics related to Error of Device in which Driver Recognizes the Driving Speed

Category	Car Dashboard Speedometer	Navigation GPS Speed
Characteristics	Real Speed < Measurement Speed	Real Speed \approx Measurement Speed
Error Rate	6.4% ~ 15.9%	$\pm 0.6\% \sim 1.7\%$
Whether or not to Consideration	X	O

2) 무인 교통단속 장비의 기계적 오차

무인 교통단속 장비는 차량 검시장치, 영상 수집장치, 지역 제어장치, 통신장치 등에서 여러 요인에 의해 오차가 발생할 수 있다. 「무인교통단속장비 경찰규격서」에서는 속도위반과 관련된 성능 기준으로, 속도정확도 기준을 제시하고 있다. 이와 같이 무인 교통단속 장비를 통해 수집되는 속도는 오차가 발생할 수 있으며, 주행속도를 보다 높게 측정할 가능성이 있다. 따라서 무인 교통단속 장비의 속도정확도에 대한 기계적 오차를 속도위반 단속 허용범위에 고려할 필요가 있다.

3. 속도위반 단속 허용범위 개선안 도출

운전자의 과실이 아니면서 속도위반 상황에서 주행속도에 영향을 줄 수 있는 요소로, 무인 교통단속 장비의 속도정확도 오차와 내비게이션 GPS 속도 오차가 도출되었다. 이에 따라 속도위반 단속 허용범위에 해당 오차들을 고려하였다. 무인 교통단속 장비의 속도정확도 오차는 「무인교통단속장비 경찰규격서」의 속도정확도 성능 기준을 활용하였다. 또한 내비게이션 GPS는, 정상 작동 시 발생할 수 있는 최대 오차율 약 “+2%”에 “1%”의 여유 범위를 두어 “+3%”를 GPS 속도 오차로써 고려하였다. 따라서 <Table 8>과 같이 무인 교통단속

<Table 8> Basis for Deriving a Proposal for Improvement of Speed Limit Tolerance

Speed Limit	Standard for Performance	GPS Error	Proposal for Improvement of Speed Limit Tolerance		Speed of Crackdown on Speeding		Remark
					Current	Improvement	
30km/h	+ 3km/h	+ 3%	“3 + 0.9km/h” Round Up	+ 4km/h	more than 41km/h	more than 35km/h	▼ 6km/h
40km/h			“3 + 1.2km/h” Round Up	+ 5km/h	more than 51km/h	more than 46km/h	▼ 5km/h
50km/h			“3 + 1.5km/h” Round Up	+ 5km/h	more than 61km/h	more than 56km/h	▼ 5km/h
60km/h	+ 4km/h		“4 + 1.8km/h” Round Up	+ 6km/h	more than 71km/h	more than 67km/h	▼ 4km/h
70km/h			“4 + 2.1km/h” Round Up	+ 7km/h	more than 85km/h	more than 78km/h	▼ 7km/h
80km/h			“5 + 2.4km/h” Round Up	+ 8km/h	more than 97km/h	more than 89km/h	▼ 8km/h
90km/h	+ 5km/h		“5 + 2.7km/h” Round Up	+ 8km/h	more than 109km/h	more than 99km/h	▼ 10km/h
100km/h			“5 + 3.0km/h” Round Up	+ 8km/h	more than 121km/h	more than 109km/h	▼ 12km/h
110km/h			“5.5 + 3.3km/h” Round Up	+ 9km/h	more than 133km/h	more than 120km/h	▼ 13km/h
120km/h			“6 + 3.6km/h” Round Up	+ 10km/h	more than 145km/h	more than 131km/h	▼ 14km/h

2) Mun(2018c), Result of Research of Error of Car Dashboard Speedometer and Navigation GPS Speed

장비의 속도정확도 오차와 내비게이션 GPS 속도 오차를 합산 후 올림한 값을, 속도위반 단속 허용범위로 도출하였다.

IV. 개선안 도입 시 효과 추정

1. 효과 추정 방법론

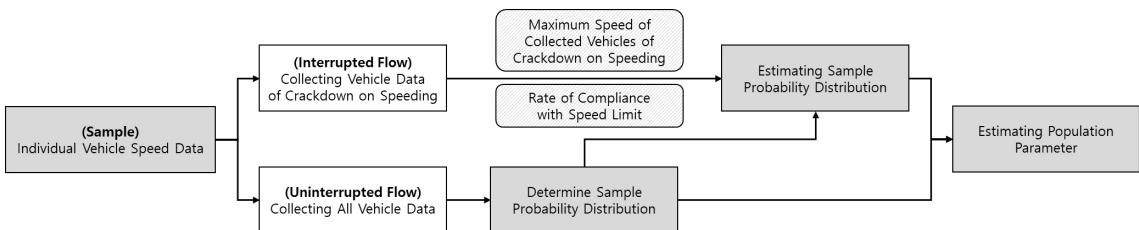
1) 개요

경기남부경찰청에서 관리하는 무인 교통단속 장비에서 수집된 개별차량 속도 데이터를 활용하여, 속도위반 단속 허용범위 개선안 도입 시 예상되는 효과를 추정하였다. 먼저 제한속도별 개별차량 속도 분포의 모수 추정을 통해 모집단을 추정하였다. 그 후 해당 모집단을 기반으로 허용범위 개선안 도입 시 속도 분포 변화를 추정하고, 평균속도와 속도 표준편차를 활용하여 선정된 척도에 따라 안전성 개선 효과를 추정하였다.

2) 개별차량 속도 분포 모수 추정

본 연구에서는 <Fig. 2>와 같이, 모수 추정을 위해 추출된 표본으로부터 모집단의 특성을 하나의 값으로 추정하는 점추정 기법을 수행하였다. 표본의 확률분포가 정규분포를 따르면, 표본평균(\bar{X})과 표본표준편차(s)를 각각 모평균(μ)과 모표준편차(σ)로 추정할 수 있다. 따라서 개별차량 속도 데이터의 확률분포가 어떤 형태의 분포를 따르는지 파악한 후, 해당 확률분포에 따라 모수 추정을 수행하였다.

무인 교통단속 장비를 통해 수집되는 개별차량 속도 데이터는 대상 도로구간에 따라 차이가 있다. 단속류의 경우 지점단속 장비로, 속도위반으로 단속된 개별차량 속도 데이터만 수집된다. 반면 연속류의 경우 구간단속 장비로, 시점과 종점의 차량별 통행시간을 활용하여 구간속도 산출에 활용하기 때문에 구간단속 시점 부에서 모든 개별차량의 지점 속도 데이터가 수집된다. 따라서 연속류는 수집된 모든 개별차량 속도 데이터의 표본 통계량을 활용하여 모수 추정이 가능하다. 그러나 단속류는 속도위반으로 단속된 개별차량 속도 데이터만 수집되기 때문에 모든 차량에 대한 속도 확률분포 추정이 선행되어야 한다.



<Fig. 2> Overview of Estimating Individual Vehicle Speed Distribution Population Parameters

3) 개선안 도입 시 속도 분포 변화 추정

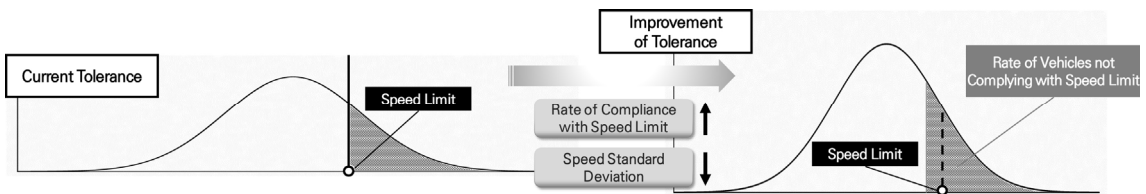
개선안 도입 시 효과 추정은 추정된 개별차량 속도 모집단 확률분포의 확률밀도함수를 활용하였다. 속도위반 단속 허용범위 하향에 따라, 운전자들의 일시적인 혼선으로 인하여 초기 단속률 및 단속건수가 증가할 것으로 사료된다. 그러나 「안전속도 5030」을 통해 제한속도를 하향 조정하였을 당시 계도기간 동안 단속률이 급격하게 증가하였으나, 해당 정책이 점차 안정적으로 정착되며 과속 단속 장비 한 대당 단속건수도 감소

하였다. 이에 따라 속도위반 단속 허용범위 하향 시에도, 「안전속도 5030」과 같이 시간이 지남에 따라 기존 단속률로 회복할 것으로 가정하였다.

4) 안전성 척도

속도위반 단속 허용범위의 개선에 따라, 제한속도 준수율이 증가하고 속도 표준편차가 감소할 것으로 기대된다. 이에 따라 <Fig. 3>과 같이 허용범위 현행 시 제한속도를 준수하지 않았던 차량 비율에 대한 평균속도도 감소할 것으로 기대된다. 이를 기반으로, <Table 9>와 같이 선행 연구를 참고하여 선정된 네 가지 척도를 통해 효과를 추정하였다.

첫째로 도로구간을 통과한 차량 중 제한속도를 준수한 차량의 비율을 계산하여, 개선 전·후의 제한속도 준수율을 산출하여 비교 분석하였다. 둘째로 평균속도와 속도 표준편차를 활용하여, 개선 전·후의 교통사고 빈도를 의미하는 사고율을 산출하여 비교 분석하였다. 이 때, 사고율 산출식은 Taylor 모형을 사용하였다. 셋째로 허용범위 현행 시 제한속도를 준수하지 않았던 차량의 비율에 대한 평균속도가 허용범위 개선 후 감소할 것을 기대하며, 심각도별 사고건수 변화율을 산출하여 분석하였다. 심각도별 사고건수 변화율 산출식은 Nilsson이 개발하고 Elvik이 파라미터를 정산한 모형을 사용하였다. 넷째로 본 연구의 주된 목적 중 하나인 제한속도 60km/h 이하 도로구간에서의 속도위반 단속 허용범위 개선 효과를 보다 심층적으로 분석하기 위해, 제한속도 30km/h와 50km/h 도로구간에서 보행자 교통사고 사망률을 산출하여 비교 분석하였다. 이 때 사용한 평균속도는 허용범위 현행 시 제한속도를 준수하지 않았던 차량의 비율에 대하여 계산한 것이다. 보행자 교통사고 사망률 산출식은 Erik이 개발한 모형을 사용하였다.



<Fig. 3> Schematic Diagram of Effect Scale and Estimation after Introduction of Improvement

<Table 9> Formula for Calculation by Safety Scale about Improvement of Speed Limit Tolerance

Safety Scale	Formula for Calculation
Rate of Compliance with Speed Limit	-
Rate of Traffic Accident	$A_r = (0.000435 V^{2.252})e^{5.893(SD/V)}$
Rate of Change in the number of Accidents by Severity	$\frac{\text{Number of Accidents after Speed Change}}{\text{Number of Accidents before Speed Change}} = \left(\frac{\text{Speed after Change}}{\text{Speed before Change}} \right)^\alpha$ <ul style="list-style-type: none"> * fatalities : $\alpha = 4.6(\text{Uninterrupted Flow}), 3.0(\text{Interrupted Flow})$ * seriously : $\alpha = 3.5(\text{Uninterrupted Flow}), 2.0(\text{Interrupted Flow})$ * slightly : $\alpha = 1.4(\text{Uninterrupted Flow}), 1.1(\text{Interrupted Flow})$
Pedestrian Traffic Fatality Rate	$P(v) = \frac{1}{1 + e^{(6.9 - 0.090v)}}$

2. 활용 데이터 수집 및 검토

1) 데이터 범위

경기남부경찰청으로부터 단속류(제한속도 30, 50km/h)와 연속류(제한속도 80, 90, 100km/h)를 대상으로 개별차량 속도 데이터를 수집하였다. 해당 데이터의 시간·공간적 범위는 <Table 10>·<Table 11>과 같다.

속도위반으로 단속된 개별차량 속도 데이터만 존재하는 단속류에서, 모든 개별차량 속도의 확률분포를 추정하는 데 제한속도 준수율과 수집된 단속차량의 최대속도를 활용하였다. 특히 제한속도 준수율의 경우, 한국교통안전공단에서 발표한 자료를 참고하였다. 발표자료에 따르면, 2021년 전국의 제한속도 준수율은 30km/h와 50km/h 도로구간에서 각각 64.8%와 82.3%를 보였다. 그 중 본 연구의 공간적 범위가 경기도 남부 일대이므로, 30km/h에서 73.4%, 50km/h에서 88.8%의 경기도에 대한 제한속도 준수율을 활용하였다.

<Table 10> Temporal Range of Individual Vehicle Speed Data by Speed Limit

Speed Limit	Data Types	Temporal Scope	Remark
30, 50km/h	Individual Vehicle Speed Data for Enforcement Targets	January 2022 (1 month)	Only Individual Vehicle Speed Data for Speeding Exists
80, 90, 100km/h	Individual Vehicle Speed Data through Automated Traffic Enforcement Devices	March 1, 2022 (1 day)	All Individual Vehicle Speed Data Present

<Table 11> Individual Vehicle Speed Data Spatial Range by Speed Limit

Speed Limit	Road Type	Address	Direction of Travel
30km/h	Interrupted Flow	Children's Protection Zone of Geumsand Elementary School at 556-1 Eunhaeng-dong, Siheung-si	119 Safety Center Samgeori → Eungye Middle School
50km/h		In front of Sammal Elementary School, 964, Yeongdeok-dong, Giheung-gu, Yongin-si	Heungdeok Library → Gwanggyo Lake Park
80km/h	Uninterrupted Flow	450-2, Punggok-ri, Gochon-eup, Gimpo-si. Taejang-ro, 1st and 2nd Lanes	Seoul → Ganghwa
90km/h		The last stop of National Route 28-633 in Jungdae-dong, Gwangju-si	Seongnam → Icheon
100km/h		767-3, Cheongwon-ri, Hwaseong-si, 18.2km of Pyeongtaek-Siheung Expressway, end point 1 and 2 Lanes	Pyeongtaek → Siheung

2) 연속류(제한속도 80, 90, 100km/h) 도로구간의 개별차량 속도 데이터 모수 추정

연속류 개별차량 속도 데이터의 확률분포가 어떤 형태의 분포를 따르는지 결정하기 위해, 정규성 검정을 시행하였다. 각각의 표본 수가 2,000개 이상일 경우 사용하는 Kolmogorov-Smimov 정규성 검정 기법을 활용하였으며, 신뢰도와 유의수준을 95%와 0.05로 설정하였다. 검정 결과 P-value가 제한속도 80, 90, 100km/h 각각 0.41, 0.26, 0.26으로, 모든 제한속도에서 유의수준 0.05보다 높으므로 정규성을 만족하였다. 따라서 연속류의 개별차량 속도 데이터 표본의 확률분포가 정규분포를 따르므로 표본평균(X)을 모평균(μ)으로 표본표준편차(s)를 모표준편차(σ)로 추정하였으며, 그 결과는 <Table 12>와 같다.

<Table 12> Estimation of Individual Vehicle Speed Population Parameters for Uninterrupted Flow

Speed Limit	Population Mean	Population Standard Deviation
80km/h	70.83km/h	8.289
90km/h	80.94km/h	7.014
100km/h	83.29km/h	8.870

3) 단속류(제한속도 30, 50km/h) 도로구간의 개별차량 속도 데이터 모수 추정

단속류에서는 단속된 개별차량 속도 데이터만이 수집되므로, 속도 확률분포를 추정해야 한다. 이를 위해 제한속도 준수율과 수집된 단속 차량의 최대속도를 활용하였다. 확률분포 형태는 연속류와 같이 정규분포를 따른다고 가정하였으나, 신호의 영향을 받는 단속류의 속도 분포는 정규분포를 완전하게 따르지 않는다. 그러나 통계적 추론을 위해, 신호 영향으로 낮은 속도의 차량을 배제하고 확률분포를 추정하였다. 시행착오법(trial & error)을 통해, <Table 13>과 같은 조건을 가장 만족하는 평균속도와 속도 표준편차를 산출하였다.

평균속도가 작을수록 속도 표준편차는 더 커지므로, 제한속도 80km/h, 90km/h, 100km/h의 표준편차보다 큰 '9'부터 표준편차를 '1'씩 증가시키며 시행착오법을 수행하였다. 또한 평균속도는 제한속도 이하로 '1'씩 감소시키며 수행하였다. 속도 확률분포의 통계량을 추정한 결과, 제한속도 30km/h 도로구간은 평균속도 23km/h와 속도 표준편차 11, 50km/h 도로구간은 평균속도 39km/h와 속도 표준편차 9로 도출되었다. 그 후 연속류와 마찬가지로, 추정한 속도 확률분포 및 통계량을 기반으로 모수를 추정하였다.

<Table 13> Conditions for Estimation of Speed Probability Distribution of Interrupted Flow

Category	Contents
Precondition	Probability Distribution Type Follows a Normal Distribution
Condition 1	Rate of Vehicles not Complying with Speed Limit $\approx 1 - \text{Rate of Compliance with Speed Limit}$
Condition 2	Rate that Individual Vehicle Speed is more than Maximum Speed of Collected Vehicle of Crackdown on Speeding $\approx 0\%$

3. 개선안 도입 시 안전성 효과 추정

1) 개선안 도입 시 속도 확률분포 및 제한속도 미준수 차량에 대한 평균속도 변화 추정

속도위반 단속 허용범위 개선안 도입 시 예상되는 속도 확률분포 변화를 추정하기 위해 단속률을 활용하였다. 개선안 도입 초기에 일시적으로 단속률이 증가하다가, 해당 정책이 안정적으로 정착됨에 따라 다시 기존의 단속률을 회복할 것으로 가정하였다. 개선안 도입 초기에는 기존의 개별차량 속도 데이터 분포가 유지되며, 허용범위 기준만이 변경되는 것을 전제로 하였다. <Table 14>는 속도위반 단속 허용범위 현행 기준 및 개선안의 단속률을 나타내며, 개선안 도입 초기에 단속률이 증가할 것으로 분석하였다.

그러나 속도위반 단속 허용범위 개선안이 안정적으로 도입된 후 다시 기존의 단속률로 회복할 것이며, 이에 따라 변화하는 속도 확률분포를 추정하였다. 이 때 제한속도를 조정하는 것이 아니므로 평균속도는 동일하나, 제한속도 준수율이 증가하면서 속도 표준편차가 감소할 것으로 기대된다. 정규분포 확률밀도함수식을 통해 산출한 허용범위 개선안 도입 후 속도 확률분포의 통계량은 <Table 15>와 같다.

<Table 14> Rate of Crackdown on Speeding before and after Improvement

Speed Limit	Current Standard		Improvement	
	Tolerance	Rate of Crackdown on Speeding	Tolerance	Rate of Crackdown on Speeding
30km/h	more than 41km/h	5.088%	more than 35km/h	13.766%
50km/h	more than 61km/h	0.725%	more than 56km/h	2.945%
80km/h	more than 97km/h	0.080%	more than 89km/h	1.419%
90km/h	more than 109km/h	0.003%	more than 99km/h	0.501%
100km/h	more than 121km/h	0.001%	more than 109km/h	0.187%

<Table 15> Speed Probability Distribution Statistics after Improvement of Speed Limit Tolerance

Speed Limit	Average Speed	Rate of Crackdown on Speeding (Current Standard → Improvement)	Speed Standard Deviation (Current Standard → Improvement)
30km/h	23.00km/h	13.766 → 5.088%	11.000 → 7.333
50km/h	39.00km/h	2.945 → 0.725%	9.000 → 6.954
80km/h	70.83km/h	1.419 → 0.080%	8.289 → 5.760
90km/h	80.94km/h	0.501 → 0.003%	7.014 → 4.454
100km/h	83.29km/h	0.187 → 0.001%	8.870 → 5.821

속도위반 단속 허용범위의 하향에 따라, 속도 확률분포가 변화되며 속도 표준편차가 감소하였다. 이와 동시에, 허용범위 현행 시 제한속도를 준수하지 않았던 차량의 비율에 대한 평균속도가 허용범위 개선 후 어떠한 변동을 보이는지 <Table 16>과 같이 분석하였다.

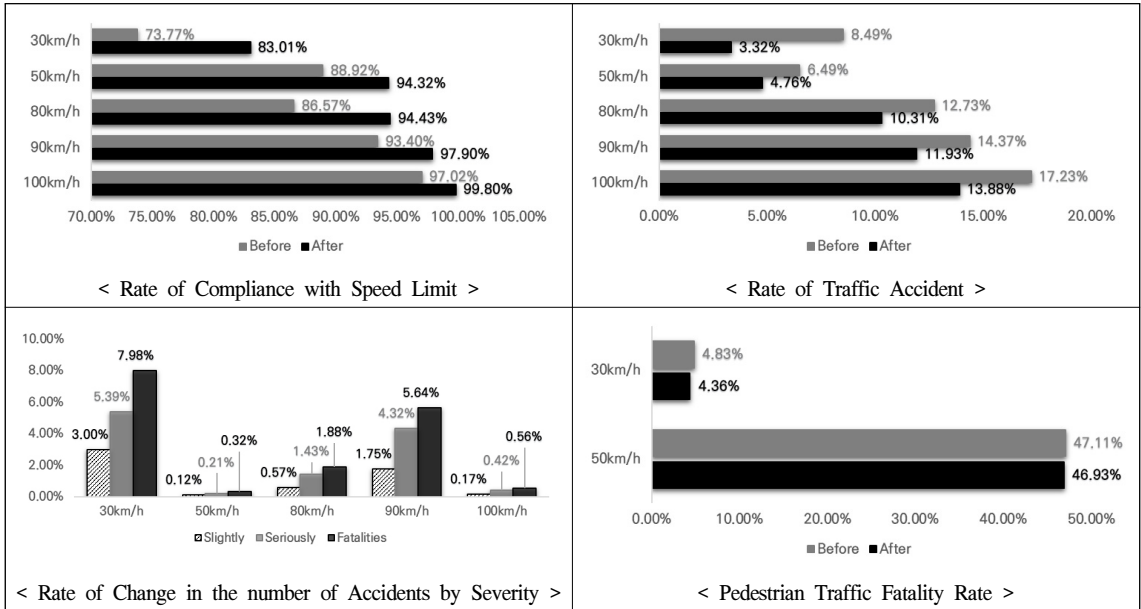
<Table 16> Comparison of Average Speed before and after Introduction of Improvement

Speed Limit	Rate of Vehicles not Complying with Speed Limit	Average Speed of Vehicles not Complying with Speed Limit	
		Current Standard	Improvement
30km/h	22.227%	43.55km/h	42.36km/h
50km/h	10.081%	75.38km/h	75.30km/h
80km/h	13.430%	133.94km/h	133.39km/h
90km/h	6.597%	157.11km/h	155.14km/h
100km/h	2.979%	164.70km/h	164.50km/h

2) 효과 추정 결과

속도위반 단속 허용범위 현행 및 개선안에 대한 평균속도와 속도 표준편차 등 추정 및 분석한 모수를 활용하여, 선정된 산출식을 통해 안전성 개선 효과를 추정하였다. 제한속도 준수율은 모든 제한속도 도로구간에서 최소 2.77%에서 최대 9.24% 증가하며 개선되었으며, 사고율은 모든 제한속도 도로구간에서 최소 1.73%에서 최대 5.18%까지 감소하며 개선되었다. 모든 제한속도에서 속도 변화에 따른 경상·중상·사망사고건수 변화율 또한 개선되었다. 경상사고건수 변화율은 최소 0.17%에서 최대 3.00%까지 감소하였고, 중상사고건수 변화율은 최소 0.42%에서 최대 5.39%까지 감소하였다. 사망사고건수 변화율도 최소 0.56%에서 최대 7.98%까지 감소하였다. 특히 보행자 교통사고 사망률은 제한속도 30km/h 도로구간에서 0.47% 감소하였고, 50km/h

도로구간에서 0.18% 감소하였다. 각 효과척도의 개선 전·후 비교 분석 그래프는 <Fig. 4>에서 나타난다.



<Fig. 4> Comparative Analysis Graphs of before and after Improvement of Speed Limit Tolerance

V. 결론 및 향후 연구방향

1. 결론

본 연구에서는 속도위반 단속 허용범위를 개선하고 그에 따른 안전성에 대하여 효과를 추정하였다. 속도위반 단속 허용범위를 개선하기 위해 국외의 허용범위 현황 및 사례를 검토하였고, 무인 교통단속 시스템에서 운전자에게 과속을 유발할 수 있는 요소를 분석하였다. 내비게이션 GPS 속도 오차와 단속 장비에 대한 오차가 해당 요소로 도출되었으며, 이를 근거로 GPS 오차 3%와 단속 장비 속도정확도 성능 기준을 합산하여 허용범위 개선안을 도출하였다.

도출한 개선안에 대한 효과 추정은 수집한 제한속도별 개별차량 속도 데이터의 모집단을 추정하여, 선정된 척도를 통해 수행하였다. 효과 추정 결과 모든 제한속도의 도로구간에서 제한속도 준수율, 사고율, 속도 변화에 따른 심각도별 사고건수 변화율, 보행자 교통사고 사망률 모두 개선되었다. 특히 제한속도 30km/h 도로구간의 경우, 모든 척도에서 가장 높은 개선 효과를 보였다. 이는 제한속도 30km/h의 속도위반 단속 허용범위 현행 기준이 매우 높게 설정되어 있기 때문이다. 본 연구에서 제시한 속도위반 단속 허용범위 개선안은 현행 기준보다 최소 4km/h에서 최대 14km/h까지 하향된다. 이에 따라 허용범위의 하향이 도로의 안전성이 향상되고 제한속도의 의의인 교통사고로 인한 피해를 최소화하는데 더욱 효과적일 것으로 기대된다.

2. 향후 연구방향

본 연구는 개선 효과 추정을 위하여, 무인 교통단속 장비를 통해 수집된 개별차량 속도 데이터를 활용하였다. 연속류에서는 모든 개별차량 속도 데이터를 수집 및 저장하고 있으나, 단속류에서는 DB 용량의 한계로 속도위반으로 단속된 개별차량 속도 데이터만을 저장하고 있는 실정이다. 이에 따라, 단속류의 개별차량 속도 확률분포를 연속류의 개별차량 속도 확률분포를 통해 추정하였다.

그러나 단속류는 신호의 영향을 받기 때문에, 일반적으로 평균을 기점으로 대칭인 형태를 띠는 정규분포를 완전하게 따르지는 않는다. 따라서 향후, 단속류에 대해서도 모든 개별차량 속도 데이터 수집이 가능해지거나 추정하는 연구가 수행된다면, 본 연구의 방법론을 재검토해 볼 필요가 있다. 이를 통해 향후 연구에서는 무인 교통단속 장비 설치 여부·차종·시간대 등 도로 및 교통 특성을 고려하여, 보다 세부적인 효과분석을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

개선안을 실제로 도입하려 할 경우, 이와 상충되는 현행 법규 개정이 필수적이다. 「경찰청 교통단속 처리지침 제38조(무인 교통단속 장비의 관리)」에 무인 교통단속 장비는 최소 10km/h를 초과한 경우에만 단속하도록 규정되어 있다. 그러나, 개선안은 현행보다 4 ~ 14km/h 축소되어, 제한속도를 10km/h 초과하지 않더라도 단속될 수 있다.

속도위반 시 제재 기준 또한 개선안 도입 시 상충된다. 「도로교통법」, 「도로교통법 시행령」, 「도로교통법 시행규칙」에 근거한 제한속도 위반 시 범칙금 및 과태료는 현행 기준에 따라 설정되었으며, 20km/h 단위로 구분되어 있다. 따라서 개선안 도입 시, 보다 세밀한 기준 정립이 필요하다. 따라서 허용범위를 범제화한 프랑스 사례와 같이, 해당 법규들을 개정할 필요가 있다.

ACKNOWLEDGEMENTS

이 논문은 2023년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C28S01000, 자율주행 혼재 시 도로교통 통합관제시스템 및 운영기술 개발)

REFERENCES

- DCist, <https://dcist.com/story/12/08/29/even-dcs-traffic-cameras-tolerate-a>, 2022.09.08.
- Elvik, R.(2009), *The power model of the relationship between speed and road safety*, Institute of Transport Economics(TOI) Report, pp.1-64.
- Erik, R. and Ulrich, S.(2009), “Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed”, *Accident Analysis & Prevention*, vol. 41, no. 3, pp.536-542.
- Jeong, E. B. and Oh, C.(2011), “Accident rate forecasting model by using speed on freeway”, *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 29, no. 4, pp.103-111.
- Korea Road Traffic Authority(KoROAD) Traffic Science Institute(2009), *A study on the calculation of the proper inspection period of automated traffic enforcement devices*, pp.108-134.
- Korea Road Traffic Authority(KoROAD)(2022), *2022 edition (2021 statistics) statistical analysis of traffic accidents*, pp.15-34.

- Korea Transportation Safety Authority(2022), *Promoting the construction of safe roads for pedestrian living areas*, pp.01-04.
- Lamoen, V.(2014), “The impacts of a reduced speed enforcement tolerance threshold on road safety outcomes”, *Australasian Road Safety Research, Policing & Education Conference*, Australia, Melbourne.
- Mun, I. K.(2018a), “Automotive instrument panel speed and speed tester, speed error analysis of navigation”, *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, vol. 20, no. 4, pp.395-400.
- Mun, I. K.(2018b), “Automotive instrument panel speed and speed tester, speed error analysis of navigation”, *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, vol. 20, no. 4, p.399.
- National Police Agency(2019), *Safety speed 5030 design and operation manual*, pp.6-19.
- National Police Agency(2021), *Analysis of safety speed 5030 100 days effect*, pp.1-5.
- Nilsson, G.(2004), *Traffic safety dimensions and the power model to describe the effect of speed on safety*, Lund Institute of Technology(Sweden, Bulletin 221), pp.1-104.
- Speeding Europe, <https://speedingeurope.com>, 2022.09.08.
- Stuff, <https://www.stuff.co.nz/national/122592414/zero-tolerance-on-speeding-drivers-all-year-round-as-cops-get-tough-on-motorists>, 2022.09.08.
- Taylor, M. C., Lynam, D. A. and Baruya, A.(2000), *The effects of drivers' speed on the frequency of road accidents*, Transport Research Laboratory, pp.1-50.
- Yahoo!news, <https://au.news.yahoo.com/detail-speeding-ticket-confusion-over-polices-tolerance>, 2022.09.08.