

무인교통단속장비 설치 판단 기준 및 설치대수 산정 연구

Study on Estimation of Unmanned Enforcement Equipment Installation Criteria and Proper Installation Number

소형준* · 김용만** · 김남선*** · 황재성**** · 이철기*****

* 주저자 : 도로교통공단 기획예산처 차장대우
 ** 공저자 : 도로교통공단 서울지부 안전시설검사부 차장
 *** 공저자 : 국립경찰대학 치안정책연구소 책임연구원
 **** 공저자 : 아주대학교 일반대학원 교통공학과
 ***** 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 교수

So Hyung-Jun* · Kim Yong-Man** · Kim Nam-Seon*** ·
 Hwang Jae-Seong**** · Lee Choul-Ki*****

* Department of Planning&Budget, Korea Road Traffic Authority
 ** Seoul Branch of Road Traffic Authority, Korea Road Traffic Authority
 *** Police Science Institute
 **** Dept. of Transportation Eng., Ajou University
 † Corresponding author : Lee Choul-Ki, cklee@ajou.ac.kr

Vol.19 No.6(2020)

December, 2020
 pp.49~60

pISSN 1738-0774
 eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2020.19.6.49>

Received 25 August 2020
 Revised 17 September 2020
 Accepted 11 December 2020

© 2020. The Korea Institute of
 Intelligent Transport Systems. All
 rights reserved.

요약

교통사고 예방을 위해 설치되는 무인교통단속장비의 운영대수는 매년 경찰청과 지방자치단체의 지속적인 설치로 해마다 증가하고 있다. 하지만 공학적, 체계적인 분석결과가 아닌 민원 위주의 정성적인 판단을 기반으로 설치하고 있어 정량적인 설치기준이 필요한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 도로 유형별 사고 심각도를 고려한 설치 판단기준을 제시하고 필요 설치대수를 산출하여 향후 추가 설치대수를 도출하는 것을 목표로 하였다. 사고건수와 KSI를 활용하여 교통사고 심각도를 나타낼 수 있는 ARI 지표를 개발하였으며, 일원배치 분산분석과 군집분석을 통해 도로유형을 4가지 유형으로 분류하고, 도로 유형별 사고 잦은 곳의 사고정보를 분석하여 교통사고 심각도가 높은 군집의 ARI를 도출하였다. 도로 유형별 단속장비의 설치 판단을 위한 ARI 값을 제시하였고, 사고 잦은 곳 중 교통단속장비가 기 설치된 구간을 제외하고 5,244대의 추가 설치가 필요한 것으로 분석되었다.

핵심어 : 무인교통단속장비, 설치기준, 적정 설치대수, ARI(Accident Risk Index)

ABSTRACT

The number of traffic control equipment installed to prevent traffic accidents increases every year due to continuous installation by the National Police Agency and local governments. However, it is installed based on qualitative judgment rather than engineering analysis results. The purpose of this study was to present additional installations in the future by presenting the installation criteria considering the severity of accidents for each road type and calculating the appropriate number of installations. ARI indicators that can indicate the severity of traffic accidents were developed, and road types were classified through analysis of variance and cluster analysis, and accident information by road type was analyzed to derive ARI of clusters with high traffic accident severity. The ARI values required to determine the installation of equipment for each road type were presented, and 5,244 additional installation points were analyzed.

Key words : Traffic enforcement equipment, Install Criteria, Proper number of installation, ARI

I. 연구개요

1. 배경 및 목적

경찰청은 2019년 9월 기준 8,630대의 고정식 무인교통단속장비와 390대의 이동식 무인교통단속장비가 설치되어 총 9,020대의 무인교통단속장비를 운영하고 있으며, 도로교통법 일부 개정(일명, 민식이법)으로 어린이 보호구역 내 무인교통단속장비의 설치를 의무화하였다.

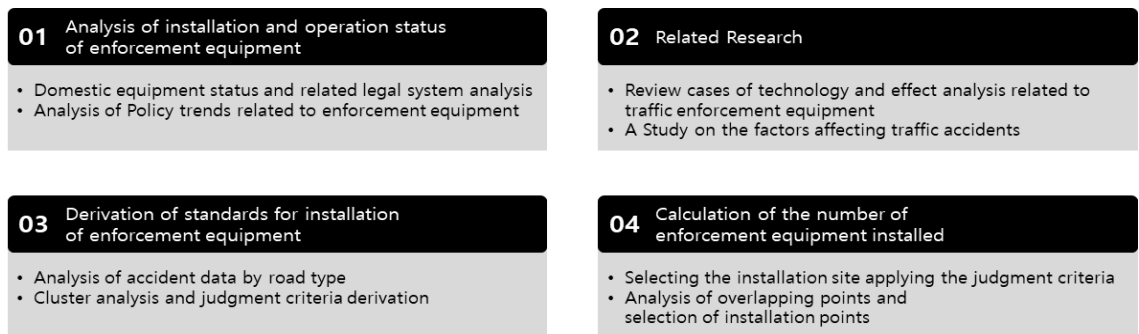
매년 경찰청에서 자체적으로 시행하는 구매·설치와 지방자치단체로부터의 무상 대부 등으로 무인교통단속장비 운영대수는 해마다 증가하고 있으나, 무인교통단속장비의 객관적이고 정량적인 설치기준은 마련되지 않아 사고위험도와 도로 위험 정도를 고려한 정성적 기준보다 민원이 많은 곳 위주로 설치를 하고 있는 실정이다. 또한, 과도한 단속장비 설치에 대한 국회의 문제 제기로 인해 무인교통단속장비 정책의 변화가 요구되고 있다.

무인교통단속장비의 설치를 위해서는 교통사고의 정보 및 빈도 등 교통사고 위험을 고려한 지표와 도로 기하구조 등 도로조건, 안전시설물 설치 등 운영조건, 통신망 전력공급 등 무인교통단속장비 설치여건 등을 종합적으로 고려할 필요가 있다.

본 연구에서는 무인교통단속장비 설치에 앞서 교통사고 위험도를 통해 1차적인 설치 판단을 위한 정량적인 지표산정에 목표를 둔다. 도로별 무인교통단속장비 설치 판단지표를 도출한 이후 교통사고 잦은 곳에 설치 판단지표를 적용하여 사고 잦은 곳에 무인교통단속장비의 필요 설치대수를 산정하여 무인교통단속장비 추진 정책에 기여하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 무인교통단속장비 관련 현황 및 국내외 사례 및 사고분석을 통해 설치 판단지표를 도출하고 적정 운영대수를 산정할 수 있는 기법을 도출하고자 한다. 무인교통단속장비 현황 및 국내외 사례 분석 부문에서는 현행 무인교통단속장비 관련 업무 전반에 대한 현황 및 관련 법·제도 조사와 국내외 유사 연구 사례 분석 및 단속장비 설치효과 검토 등을 수행했다. 무인교통단속장비 설치기준 및 적정 운영대수 산정부문에서는 교통 사고데이터 분석을 통한 도로의 유형을 구분하고 유형별 단속장비 설치의 기준을 마련하기 위해 군집분석을 실시하였으며, 최종적으로 도로의 유형별 무인단속장비 설치 총량에 대한 산정 방법을 산출하는 전략에 대한 연구를 수행하였다.



<Fig. 1 Research Procedure>

II. 현황 및 이론적 고찰

1. 무인교통단속장비 종류 및 설치 현황

1) 무인교통단속장비 종류

무인교통단속장비는 도로교통법 제4조의2의 규정에 따라 속도위반, 신호위반, 교차로 통행방법위반, 구간 속도위반 단속장비 등 도로상의 법규위반행위를 단속하기 위한 장치를 말하며(Korea Ministry of Government Legislation), 단속이라는 물리적인 방법을 활용해서 교통법규를 준수하도록 유도하여 교통사고 발생을 감소시키고 최종적으로 도로교통의 안전을 지향하기 위한 방안으로 설치하고 있다. 무인교통단속장비는 형식과 단속기능에 따라 고정식, 이동식으로 나누어지는데 고정식 무인교통단속장비는 한 위치에 고정되어 단속기능을 수행하고 과속단속 및 구간단속, 과속 및 신호위반을 단속하는 다기능 단속장비가 있다. 이동식 무인교통단속장비는 이동식 구간 내에 옮겨 설치할 수 있는 단속장비로 과속을 단속하는 기능을 수행한다. 2019년 10월 기준으로 전국에 설치된 고정식 단속장비는 8,630대이고, 이동식 단속장비는 390대가 설치 및 운영되고 있다.

<Table 1> Operation status of unmanned enforcement equipment(As of October, 2019) (Unit : Number of Equipment)

Total	Fixed			Removable
	Sub total	Speeding	Multifunction	
9,020	8,630	3,609	5,021	390

2) 연도별 무인교통단속장비 설치현황

무인교통단속장비는 2019년 10월 기준으로 총 9,020대가 설치·운영 중이며, 최근 5년간(2016년~2019년) 전체 장비대수의 52.12%에 해당되는 4,701대가 설치되었다. 처음 단속장비가 설치된 2003년부터 지속적인 설치 추세를 보였지만, 2010년부터 2012년까지 3년간 설치대수가 감소하였고, 2013년부터 다시 지속적인 설치의 증가를 보이고 있다.

<Table 2> Status of Fixed Unmanned Enforcement Equipment by Year(As of October, 2019)

(Unit : Number of Equipment)

Year	Total	Year	Total	Trend of Installation of Fixed Unmanned Enforcement Equipment
2003	1	2012	193	
2004	0	2013	560	
2005	62	2014	680	
2006	38	2015	418	
2007	91	2016	982	
2008	332	2017	1,208	
2009	768	2018	1,411	
2010	603	2019	1,100	
2011	573	total	9,020	

2. 관련 연구 및 사례 고찰

1) 국내외 무인교통단속장비 설치 기준

국내 무인교통단속장비의 설치 기준은 정량적 지표를 반영하지 않고, 사고 잦은 곳을 개선하기 위함이거나, 민원에 의존하는 경우가 많다. 해외의 경우 영국에서는 KSI 지표, 사고 심각도, 속도, 현장여건 등을 파악한 후 단속의 적절성 및 적용할 단속유형을 조사한 후 경제성 분석을 통해 설치를 결정한다. 호주에서는 ATE 프로그램에 따라 단속장비 설치지점을 선정한다. ATE 프로그램에서는 KSI와 경미한 상해사고 모두를 가중치를 적용하여 판단한다. 이후, 스쿨존 및 보행자 사고지점 등 지역적 특성을 고려하여 설치지점을 결정한다(KoROAD, 2017).

2) 무인교통단속장비 운영방안 개선 연구

Joo et al.(2012)은 다양한 문헌 연구를 통해 기존의 단속장비 설치 효과 평가방법을 재검토하고 차세대 무인교통단속장비 개발 방향 제시를 목적으로 연구를 진행하였다. 무인교통단속장비의 효과를 평가하는 방법으로 전통적 방법인 교통량을 고려한 방법의 부정적인 시각을 반영하여 교통량이 아닌 연도별 설치 전후 교통사고 건수의 변화율을 고려하여 무인교통단속장비 설치지점 별 설치 전 5년, 설치 후 2~3년의 교통사고 건수를 근거로 설치 후 교통사고 건수와 설치 전을 토대로 한 추정 교통사고 건수를 비교하여 설치효과를 분석하였다. 분석된 설치 효과를 바탕으로 단속장비 설치에 따른 사망자수 감소 추정치를 산출하여 국가교통안전기본계획에서 제시하는 목표를 달성하기 위해 필요한 무인교통단속장비의 대수를 산정하는 방법을 제시하였다.

3) 전국 무인교통단속장비 적정 운영수량 연구

Hong(2012)는 효율적으로 무인교통단속장비를 운영하기 위한 연구를 진행하였으며, 무인교통단속장비 효과 분석 실시하였고, 적정운영 대수 산정, 무인교통단속장비 운영 중장기 계획을 수립하였다. 설치 전 1년, 설치 후 1년의 교통사고 발생건수와 사망자수 비고를 통한 무인교통단속장비 효과 분석 수행하였다. 각각의 방식으로 산출한 결과 소요대수에 큰 차이를 가지고 있으며, 해당 연구에서는 국민정서와 국가의 계획 및 예산이 가장 중요한 요소로 판단하여 국가교통안전기본계획 반영 방식 및 국민정서 방식을 바탕으로 적정 소요대수를 산정하였다. 국가교통안전기본계획 반영 방식과 대국민 정서 방식의 평균을 산정했을 때 2017년 적정소요대수는 $(8,735\text{대} + 5,815\text{대}) / 2 = 7,275\text{대}$ 로 산출되었다.

4) 관련연구 고찰 및 차별성

해외 무인교통단속장비 설치를 위해서는 우선적으로 사고 심각도를 고려한 후 기하구조 및 현장여건을 검토하여 설치지점을 선정한다. 국내 관련 연구사례는 설치 효과를 분석한 후 국가 계획의 목표치에 달성하기 위해 필요한 단속장비 설치 대수를 분석하였지만, 설치 판단에 관련된 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 사고분석을 통해 무인교통단속장비 설치를 위해 1차적으로 설치 필요지점을 판단하기 위한 판단지표를 선정하고, 판단지표를 적용하여 무인교통단속장비의 설치 대수를 산정하였다.

5) 관련 이론 분석

사고데이터를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석(ANOVA)과 Scheffe 사후검정을 활용하여 도로별 유의확률을 도출하고, 유의미한 차이가 있는 집단쌍이 무엇인지 분석하고, 그 동질성을 파악하여 동일한 집단으

1) KSI(Killed and Seriously Injured) : 사고위험지수로 사망자수+ 중상자수로 산출

로 분류가 가능한 집단쌍을 가려낸다.

일원배치 분산분석(ANOVA)는 R.A Fisher에 의해 개발된 3개 이상의 모평균에 대한 분석기법이며 측정치의 변동을 총 제곱 합(측정치의 변동을 총 제곱 합(total sum of squares)으로 나타내고 이 총 제곱 합을 실험과 관련된 요인(인자의 작용)에 대한 각자의 제곱 합으로 분해한 후, 나머지를 오차변동으로 해석하는 검정 방법이다. 각 요인마다 분해한 분산을 오차분산과 비교하여 영향을 주는 인자가 무엇인가를 검정하고 그 결과 유의치가 있으면 요인마다 효과 추정을 실시한다. 분산분석은 측정치의 변동을 요인별로 분해하여 어느 요인이 특성에 어느 정도 영향을 주는지를 파악하는 것이라 말할 수 있으며, 분산분석은 원칙적으로 계량치에 대해서 사용되고 그 계량치가 정규분포를 따른다고 가정한다(KOCW, 2019).

본 연구에서 사용된 사후 검정은 Scheffe 검정을 활용하였으며, Scheffe 검정은 분산분석 후 진행되는 사후 비교 방법 중 하나이다. 분산분석을 통하여 유의미한 F검증 값을 얻고 집단 간의 평균이 동일하다는 귀무가설이 기각되면, 다양한 집단들 중 유의미한 차이가 있는 집단쌍이 어떤 것들인지 비교하기 위하여 검증을 진행하며, 집단 간 비교를 위한 알파 값을 조정할 수 있으며 다중 비교도 가능하다. Shceffe 검정의 장점은 여러 개의 단순 짝비교 뿐만 아니라 가능한 모든 경우의 수에 대한 짝비교가 가능하며, 실험군 오차율을 유의 수준 이하로 통제가 가능하다.

Ⅲ. 무인교통단속장비 설치 판단기준 수립

1. 데이터 현황

무인교통단속장비 설치기준 및 적정 대수 산정을 위해서 도로교통공단에서 관리하는 교통사고 잦은 곳 지점 데이터를 일반국도, 지방도, 시·군도, 특별·광역시도로 분류하여 활용하였으며, 교통사고 잦은 곳 지점 데이터는 매년 전국의 도로를 대상으로 실시하는 교통사고 잦은 곳 개선사업의 결과물이다.

교통사고 잦은 곳 개선사업은 교통사고 잦은 곳에 대한 사고요인 분석과 현장조사를 통한 도로구조, 교통시설 및 운영 측면의 문제점을 개선하기 위한 사업이며, 교통사고 잦은 곳 선정기준은 특별·광역시도의 경우 인적 피해사고가 1년에 5건 이상 발생하는 지점, 기타 지역의 경우 인적 피해사고가 1년에 3건 이상 발생하는 지점이다. 교통사고 잦은 곳 선정기준은 아래의 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Criteria for selecting frequent accidents

Category		Selection criteria	
Administrative division	Seoul Metropolitan City	5 or more	
	Metropolitan City	5 or more	
	Si	3 or more	
	Etc	3 or more	
Road type	Intersection	Within 30m behind the vehicle's stop	
	Crosswalk	Within 30m behind the vehicle's stop	
	Other single road	City	Within 100m radius
		Other, Highway	Within 200m radius

고속도로의 분석 데이터는 한국도로공사에서 관리하는 건별 사고데이터를 활용하였으며, 사고데이터는 경찰신고로 접수된 인명피해 또는 인명피해 급의 사고 데이터만을 활용하였다. 분석한 사고데이터는 민자고속도로를 제외한 35개 노선의 1,122개의 콘존을 대상으로 하였으며, 분석 기간은 최근 5년(2013~2017년)으로 선정하였다.

선정된 사고데이터를 통해 일반국도, 지방도, 특별·광역시도, 시·군도, 고속도로의 5개 도로를 대상으로 사고데이터를 통해 얻을 수 있는 변수인 KSI 값과 사고 건수를 기준으로 일원배치 분산분석과 Scheffe 사후검정을 통해 그 동질성을 파악하여 도로를 구분하였다.

도로유형 구분을 통해 실시한 데이터들은 도로유형별 군집분석을 실시하였으며, 교통사고의 심각성을 대표하는 「사망자 수 + 중상자 수」의 값인 KSI값과 교통사고의 빈도를 대표하는 사고건수를 토대로 활용 가능한 변수를 선정하였다. 군집분석을 통해서 도로유형별로 일정한 분포적 특성을 갖도록 변화하는 과정을 거친 후 군집별 차이 검정을 통해 적절한 군집 수를 파악한 후 이를 활용하여 도로유형별 적정 기준을 수립하였다.

2. 도로유형 구분

일반국도, 지방도, 특별·광역시도, 시·군도, 고속도로의 5개 도로를 대상으로 사고데이터를 통해 얻을 수 있는 변수인 KSI 값과 사고건수를 기준으로 일원배치 분산분석과 Scheffe 사후검정을 통해 동질성을 파악하여 도로를 구분하였다. 일반국도, 지방도, 특별·광역시도, 시·군도, 고속도로 5개의 도로를 일원배치 분산분석을 통해 분석하여 도로별 유의확률을 알고자 하였으며, 종속변수는 인명피해 발생사고 건수와 KSI 값으로 선정하였으며, 그 결과는 아래의 <Table 4>과 같다.

<Table 4> Analysis of One-way ANalysis Of VAriance(ANOVA)

Dependent variable	Category	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean square	F	Significance probability
Number of accidents	Intergroup	1,338,431.542	4	334,607.885	881.364	0.000
	Within a group	6,132,447.382	16,153	379.648	-	-
	Sum	7,470,878.923	16,157	-	-	-
KSI	Intergroup	133,401.952	4	33,350.488	480.319	0.000
	Within a group	1,121,568.837	16,153	69.434	-	-
	Sum	1,254,970.788	16,157	-	-	-

일원배치 분산분석을 실시한 후 사후검정을 실시하였으며, 사후검정은 Scheffe 검정으로 실시하였다. 사후검정을 통해 일반도로, 지방도, 특별·광역시도, 시·군도, 고속도로 중 유의미한 차이가 있는 집단쌍이 무엇인지 분석하고, 동질성을 파악하여 동일한 집단으로 분류가 가능한 집단쌍을 가려내고자 하였다. 사후검정의 변수도 인명피해 발생 사고건수 및 KSI 값으로 선정하였다. 사후검정 결과, 사고건수 및 KSI 값 기준 모두 일반국도와 지방도가 동일한 집단으로 분류 가능하며, 특별·광역시도와 시·군도, 고속도로는 각각 다른 집단쌍으로 분류하였으며, 사고건수와 KSI 값을 기준으로 한 사후검정의 결과는 아래의 <Table 5>, <Table 6>과 같다.

<Table 5> Post-Hoc test result - by number of accident

Road type	N	Subgroup for significance level = 0.05			
		1	2	3	4
National highway	2,326	-	9.71	-	-
Local road	745	-	8.43	-	-
Metropolitan Road	5,441	-	-	-	33.47
Si · Gun road	7,415	-	-	19.11	-
Expressway	231	4.29	-	-	-
Significance probability	-	1.000	0.793	1.000	1.000

<Table 6> Post-Hoc test result - by KSI

Road type	N	Subgroup for significance level = 0.05		
		1	2	3
National highway	2,326	5.57	-	-
Local road	745	4.85	-	-
Metropolitan Road	5,441	-	-	13.00
Si · Gun road	7,415	-	8.23	-
Expressway	231	5.41	-	-
Significance probability	-	0.566	1.000	1.000

위의 사후 검정의 결과를 토대로 본 연구는 일반국도, 지방도, 특별·광역시도, 시·군도 및 고속도로를 대상으로 각각의 무인교통단속장비 설치 기준을 마련하는 연구로 그 대상 도로를 일반국도 + 지방도, 특별·광역시도, 시·군도, 고속도로 4개의 도로유형으로 구분하여 진행하였다.

3. 도로유형별 군집분석

앞서 실시한 도로유형 구분을 통해서 일반국도 + 지방도, 특별·광역시도, 시·군도, 고속도로로 대상 도로가 구분하였으며, 도로유형별 군집분석을 위한 종속변수를 설정하였다. 사고 데이터에서 얻을 수 있는 변수는 인명피해 발생 사고건수, 사망자 수, 중상자 수, 사고 지속 연수 등이 있으며, 교통사고의 심각성을 대표하는 「사망자 수 + 중상자 수」의 값인 KSI 값과 교통사고의 빈도를 대표하는 사고건수를 토대로 활용할 수 있는 변수를 선정하였다.

우선적으로 선정할 수 있는 변수로는 사고건수와 KSI 값 모두를 포함하는 단일 변수를 만들어 그 적용 가능성을 파악하였으며, 단일 변수를 활용할 경우 각 도로별 데이터의 약 90%가 하나의 군집으로 분석되었다. 사고건수와 KSI 값을 곱한 값으로 변수를 설정할 경우 대부분의 데이터 값이 비슷하게 위치하였고, 군집분석 결과 대규모 케이스를 포함하는 군집이 유발되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 사고건수와 KSI 값을 곱하지 않고 각각의 변수를 동시에 고려한 2차원 상에서의 군집분석이 필요하다.

대규모 군집 유발의 문제점을 해결하기 위해 2차원 상에서 군집분석이 필요하므로 사고건수 및 KSI 값을 각각 고려하여 분석하였다. 각각의 변수를 일정한 분포적 특징을 갖도록 수치형 변수로 변환하기 위해 표준화를 실시하였으며, 가장 일반적인 표준화 방법인 평균-표준편차 표준화 방법을 활용하여 군집분석에 적용 가능한 적절한 데이터로 변화하였다. 표준화한 사고건수와 KSI 값을 변수로 군집 수를 2, 3, 4, ... 순으로 분석하였으며 각 군집 별로 분산분석 및 사후검정을 실시하여 군집 별 차이 검정을 통해 도로유형별 가장 적절한 군집 수를 결정하였다.

1) 일반도로 + 지방도

군집 수를 2, 3, 4, ... 순으로 10개의 군집까지 분석한 결과, 가장 적절한 군집 수는 5로 분석되었다. 사고건수를 기준으로 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 5개의 집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었으며, KSI 값을 기준으로 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 또한 5개의

집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었다. 분석결과는 아래의 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Result of Cluster Analysis - National highway + Local road

Variable	Risk ranking	N	Subgroup for significance level = 0.05				
			1	2	3	4	5
Standardized accidents	5	1,667	-0.557	-	-	-	-
	4	828	-	0.459	-	-	-
	3	375	-	-	1.144	-	-
	2	170	-	-	-	2.839	-
	1	31	-	-	-	-	4.958
	Significance probability			1.000	1.000	1.000	1.000
Standardized KSI	5	1,667	-0.583	-	-	-	-
	4	828	-	0.392	-	-	-
	3	375	-	-	1.832	-	-
	2	170	-	-	-	2.025	-
	1	31	-	-	-	-	4.625
	Significance probability			1.000	1.000	1.000	1.000

2) 특별·광역시도

군집 수를 2, 3, 4, ... 순으로 10개의 군집까지 분석한 결과, 가장 적절한 군집 수는 5로 분석되었다. 사고 건수를 기준으로 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 5개의 집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었으며, KSI 값을 기준으로 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 또한 5개의 집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었다. 분석결과는 아래의 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Result of Cluster Analysis - Metropolitan Road

Variable	Risk ranking	N	Subgroup for significance level = 0.05				
			1	2	3	4	5
Standardized accidents	5	3,231	-0.596	-	-	-	-
	4	1,496	-	0.239	-	-	-
	3	518	-	-	1.308	-	-
	2	167	-	-	-	2.795	-
	1	29	-	-	-	-	4.872
	Significance probability			1.000	1.000	1.000	1.000
Standardized KSI	5	3,231	-0.610	-	-	-	-
	4	1,496	-	0.269	-	-	-
	3	518	-	-	1.332	-	-
	2	167	-	-	-	2.774	-
	1	29	-	-	-	-	4.589
	Significance probability			1.000	1.000	1.000	1.000

3) 시·군도

군집 수를 2, 3, 4, ... 순으로 10개의 군집까지 분석한 결과, 가장 적절한 군집 수는 5로 분석되었다. 사고 건수를 기준으로 Scheffe 사후검정 실시한 결과 5개의 집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었으며, KSI 값을 기준으로 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 또한 5개의 집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었다. 분석결과는 아래의 <Table 9>과 같다.

<Table 9> Result of Cluster Analysis - Si·Gun road

Variable	Risk ranking	N	Subgroup for significance level = 0.05				
			1	2	3	4	5
Standardized accidents	5	4,131	0.596	-	-	-	-
	4	2,296	-	0.366	-	-	-
	3	760	-	-	1.740	-	-
	2	191	-	-	-	3.635	-
	1	37	-	-	-	-	6.146
	Significance probability			1.000	1.000	1.000	1.000
Standardized KSI	5	4,131	-0.607	-	-	-	-
	4	2,296	-	0.292	-	-	-
	3	760	-	-	1.333	-	-
	2	191	-	-	-	2.751	-
	1	37	-	-	-	-	5.097
	Significance probability			1.000	1.000	1.000	1.000

4) 고속도로

군집 수를 2, 3, 4, ... 순으로 10개의 군집까지 분석한 결과, 가장 적절한 군집 수는 3으로 분석되었다. 사고건수를 기준으로 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 3개의 집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었으며, KSI 값을 기준으로 Scheffe 사후검정을 실시한 결과 또한 3개의 집단 모두 유의확률 1.000(유의수준 0.05)를 나타내 그 차이가 유의미한 것으로 분석되었다. 분석결과는 아래의 <Table 10>과 같다.

<Table 10> Result of Cluster Analysis - Expressway

Variable	Risk ranking	N	Subgroup for significance level = 0.05		
			1	2	3
Standardized accidents	3	163	-0.468	-	-
	2	53	-	0.742	-
	1	15	-	-	2.708
	Significance probability		1.000	1.000	1.000
Standardized KSI	3	163	-0.488	-	-
	2	53	-	0.832	-
	1	15	-	-	2.629
	Significance probability		1.000	1.000	1.000

4. 도로유형별 무인교통단속장비 설치 판단기준

앞서 군집분석에서 적용한 변수는 사고건수와 KSI 값 두 가지를 각각 적용한 2차원 상의 지표이기 때문에, 군집을 나눈 후 실질적으로 현장에서 활용 가능한 기준 수립을 위해서는 하나의 스칼라 값을 가지는 판단지표가 필요하다. 따라서, 도로유형별 무인교통단속장비 설치 판단지표를 사고건수, KSI 값, 분석기간 모두를 고려한 값으로 설정하였다. 이는 유클리드 거리 개념을 고려한 지표로 $\sqrt{\text{사고건수}^2 + KSI^2}$ 을 기준으로 적용하였으며, 위의 값에 분석기간을 고려한 최종 판단지표는 $\sqrt{\text{사고건수}^2 + KSI^2} / \text{년}$ 으로 선정하였다.

최종 판단지표인 $\sqrt{\text{사고건수}^2 + KSI^2} / \text{년}$ 은 수식으로 부르는 것보다 편리한 사용을 위해 새로운 지표명을 제시할 필요 있다고 판단하였으며, 사고 심각도를 나타내는 지표이므로 명칭을 사고심각도 「ARI(Accident Risk Index)」라고 명명하였다.

도로 유형별 사고 잦은 곳의 ARI 값의 군집분석을 통해 사고 심각도가 높은 케이스부터 낮은 케이스까지 케이스를 분리하여 사고 심각도가 높은 케이스의 기준선을 ARI 기준값으로 선정하였다. 각 도로유형별 ARI 는 아래의 <Table 11>와 같다.

<Table 11> ARI Value by road type

Category	National highway + Local road	Metropolitan Road	Si · Gun road	Expressway
$\sqrt{\text{Cases of Accidents}}^2 + (KSI)^2 / \text{Year}$	1.89	6.58	3.61	1.52

IV. 무인교통단속장비 적정 설치대수 산정

사고건수와 KSI 값을 통해 도출된 ARI 지표를 교통사고 잦은 곳에 적용하여 교통사고 심각도가 높아 무인교통단속장비의 설치가 필요한 지점을 아래 표와 같이 도출하였다.

<Table 12> Calculation result of proper installation number by applying installation criteria judgment index(ARI)

Category	$\sqrt{Cases\ of\ Accidents)^2 + (KSI)^2} / Year$	Appropriate number of operations	
National highway + Local road	1.89	1,404 Points	6,898 Points
Metropolitan Road	6.58	2,210 Points	
Si · Gun road	3.61	3,284 Points	
Expressway	1.52	68 Points	68 Points

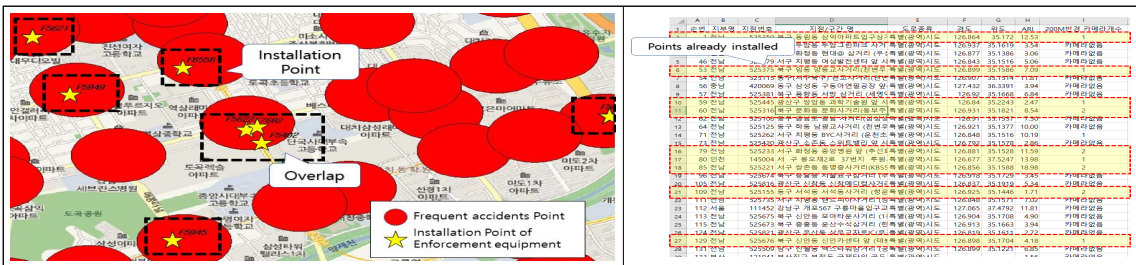
<Table 12>의 사고 심각도가 높은 지점은 현재 무인교통단속장비가 설치된 곳이나 여전히 사고 심각도가 높은 지점이 중복 분석된 경우가 포함되었을 수가 있다. 따라서, 무인교통단속장비의 설치위치 정보와 교통사고 잦은 곳의 위치정보를 분석하여 교통사고 잦은 곳 중 무인교통단속장비가 기 설치된 지점에 대한 파악이 필요하다.

사고 잦은 곳과 무인교통단속장비가 설치된 지점에 대한 분석은 교통사고 잦은 곳의 위·경도를 Arc GIS의 지도에 표출시킨 후 설정한 반경 이내 기 설치된 중복지점의 개수를 산출하였다.

먼저 지도에 교통사고 잦은 곳과 무인교통단속장비 위치정보를 입력한 후, 교통사고 잦은 곳을 대상으로 설정한 범위만큼 반경을 설정하고 반경 내 무인교통단속장비의 개수를 산출하였다. 설정한 범위는 교통사고 잦은 곳 선정기준인 200m의 구간을 적용하였다. 단속장비 설치지점을 제외하고 추가 설치지점을 산정한 결과는 아래의 <Table 13>와 같다.

<Table 13> Calculation result of installation point excluding installation point of enforcement equipment

Category	Calculation of appropriate operation number	Exclusion point number	Final installation number
Sum	6,966 Units	1,722 Units	5,244 Units
National highway + Local road	1,404 Units	415 Units	989 Units
Metropolitan Road	2,210 Units	602 Units	1,608 Units
Si · Gun road	3,284 Units	694 Units	2,590 Units
Expressway	68 Units	11 Units	57 Units



<Fig. 2 GIS Analysis of overlapping points>

V. 결론 및 향후 연구 과제

본 연구는 무인교통단속장비의 설치를 위해 정량적인 설치 판단 기준을 정립하여 기준에 따른 설치대수의 산정으로 무인교통단속장비의 효과적인 설치 및 운영을 위한 방향제시를 목표로 수행하였다.

설치 판단기준 수립을 위해 도로유형별 사고 특성이 통계분석 결과 서로 다른 결과가 분석되어 도로 유형을 군집분석을 통해 일반도로 + 지방도, 특별·광역시도, 시군도, 고속도로 4개의 도로 유형으로 구분하였다. 설치 판단기준은 분석기간과 사고건수, 사고 심각도를 모두 포함할 수 있도록 유클리드 거리 개념을 적용한 새로운 지표인 ARI(Accident Risk Index) 지표를 도출하여 도로유형별 기준값을 산출하였다. 도로유형별 군집분석을 ARI 기준에 따라 도로유형별 무인교통단속장비의 설치가 필요한 ARI 기준값을 산출하였다. 그 결과 전국의 사고 잦은 곳에 5,244대의 무인교통단속장비의 추가 설치가 필요한 것으로 분석되었다.

무인교통단속장비 설치를 위해서는 사고심각도 이외에 기하구조, 현장 여건 등 다각적인 검토를 통해 단속장비를 설치해야 한다. 본 연구에서는 교통사고 심각도(건수, 치사율)를 통한 기준값 도출에 한정되어 있어 향후 실무에서 최적의 설치지점을 선정하기 위해 현장 기하구조 및 단속장비 설치여건과 교통사고 영향요인을 다각적으로 고려하여 교통사고 영향요인을 모두 반영하여 복잡적으로 적용이 가능한 설치기준의 연구와 신설 도로 및 어린이 보호구역 등 특정 도로에 적용할 수 있는 판단기준의 연구가 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- Hong C. U.(2013), *Study on the appropriate quantity of traffic enforcement equipment operation*, Police Science Institute.
- Joo et al.(2012), *Research on improvement of Traffic enforcement equipment operation plan*, Korea Road Traffic Authority Traffic Science Institute.
- KOCW, <http://www.kocw.net/home/cview.do?lid=6ded41372abc34ae>, 2019.12.02.
- Korea Ministry of Government Legislation, www.law.go.kr.
- Korean Statistical Information Service, <http://kosis.kr/>, 2019.12.02.
- KoROAD(2017), *To learn now traffic safety technologies and operating techniques, such as traffic enforcement equipment, safety headquarters overseas training result report*.
- NHTSA(2008), *Speed Enforcement Camera Systems Operational Guidelines*.
- Traffic Accident Statistics of Korea(2019), *Korea Highway Traffic Authority*. p.22.