



## 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](#)

공학석사학위논문

차량 속도궤적 자료를 활용한  
과속방지턱의 영향구간 분석

An Analysis of Influencing Section of Speed Humps  
Using Vehicle Speed Profile Data

2015년 2월

서울대학교 대학원  
건설환경공학부  
윤 규 근



차량 속도궤적 자료를 활용한  
과속방지턱의 영향구간 분석

An Analysis of Influencing Section of Speed Humps  
Using Vehicle Speed Profile Data

지도교수 고 승 영

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2014년 10월

서울대학교 대학원  
건설환경공학부  
윤 규 근

윤규근의 공학석사 학위논문을 인준함.

2014년 12월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부 위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)



## 국문초록

과속방지턱은 국내 도로에 가장 보편적으로 설치된 도로안전시설 중 하나이다. 과속방지턱을 고속으로 통과할 경우 차량 및 탑승자에게 수직 방향의 충격이 가해지게 되므로, 이를 완화하려는 운전자들의 회피 행동으로부터 속도 저감 효과가 발생하게 된다. 기존의 연구들은 평균 속도 감소폭 또는 속도감소율 등의 순간적인 지표들을 사용하여 과속방지턱의 속도 저감 효과를 간단하게 표현하였다. 그러나 이러한 지표들은 과속방지턱의 속도 저감 효과가 미치는 범위에 대한 정보를 주지 못한다.

이에 본 연구에서는, 통과 차량이 제한속도 이하로 주행하게 되는 구간을 과속방지턱의 속도 저감 효과가 미치는 범위라고 설정하고, 이를 ‘영향구간’이라고 정의하였다. 과속방지턱을 통과하기 전과 후의 영향구간에 대하여 분석함으로써, 운전자들의 과속방지턱 통과 행태를 관찰하였다. 추가적으로, 시간대와 차종과 같은 외부 요인이 변화함에 따른 영향구간의 변화 양상을 분석하였다.

또한, 본 연구에서는 과속방지턱 사이 구간에서의 제한속도 이하 주행 구간 비율을 유효영향구간비율로 정의하였다. 이를 통해 연속형 과속방지턱 사이 구간에서의 속도 저감 효과를 정량적으로 분석하였다.

연구 결과, 통과 전·후 영향구간은 통과 후 영향구간이 더 길게 관측되어 비대칭임이 확인되었으며, 연속형 과속방지턱에서 단일형 과속방지턱보다 1.12~2.21배까지 연장되었다. 시간대에 따른 차이는 통계적으로 유의하지 않았으며, 차종 간의 차이는 주어진 조건에 따라 다

양하게 나타났다. 유효영향구간비율은 시간대보다는 차종의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 주간에는 승용차와 화물차 간의 차이가 통계적 유의성을 확보하였다.

이러한 연구 결과로부터, 연속형 과속방지턱이 단일형 과속방지턱보다 넓은 범위에 대하여 속도 저감 효과를 작용하는 데에 유리하다는 것을 알 수 있었다. 통과 전·후 영향구간만을 고려했을 때에는 연속형 과속방지턱의 이점이 드러나지 않았다. 하지만 유효영향구간을 이용하여 과속방지턱 사이 구간까지 고려하면, 제한속도 이하로 주행하는 구간의 길이가 단일형 과속방지턱에 비해서 1.19~3.73배까지 연장되는 효과를 얻을 수 있어, 연속형 과속방지턱이 경제적인 이점을 갖게 되었다.

본 연구의 결론이 현행 지침인 ‘도로안전시설 설치 및 관리 지침’에 포함될 경우, 과속방지턱의 실제 현장 설치 시에 실무자들이 참고할 수 있도록 과속방지턱 설치 지점 및 연속형 과속방지턱 설치 간격 관련 정보를 제공하여, 바람직한 과속방지턱 설치에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

**주요어 : 과속방지턱, 영향구간, 속도궤적, 생존분석**

**학 번 : 2013-20932**

## <제 목 차 례>

제1장 서론 .....	1
1.1 연구의 배경 및 목적 .....	1
1.2 연구의 의의 .....	4
1.3 연구의 내용 및 구성 .....	4
제2장 선행연구 검토 및 이론적 배경 .....	6
2.1 과속방지턱 관련 국내외 선행연구 .....	6
2.1.1 국내 선행연구.....	6
2.1.2 국외 선행연구 .....	9
2.1.3 선행연구 검토의 시사점.....	12
2.2 생존분석의 개념 및 활용 방안.....	12
2.2.1 생존분석의 개념.....	12
2.2.2 본 연구에서의 활용 가능성 및 방안.....	14
2.3 국내 과속방지턱 관련 규정.....	15
제3장 연구 방법론 .....	18
3.1 현장 조사 및 측정.....	18
3.2 조사자료 가공 .....	24
3.3 생존분석 수행 .....	30
3.4 분석 결과 검토 및 해석.....	33



<b>제4장 분석 결과 및 해석</b>	<b>34</b>
4.1 현장 조사 자료 개요	34
4.1.1. 측정 자료 개요	34
4.1.2. 영향구간 표본의 모수 분포 여부 검정	36
4.2 과속방지턱 설치 유형에 따른 영향구간의 생존분석	40
4.2.1. 단일형 과속방지턱의 영향구간	40
4.2.2. 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전·후 영향구간	44
4.2.3. 50m 간격 연속형 과속방지턱의 영향구간	47
4.2.4. 연속형 과속방지턱 사이 구간의 유효영향구간비율	50
4.2.5. 영향구간과 주행속도 간의 관계	53
4.2.6. 소결	54
4.3 영향구간 분석 결과의 통계적 유의성 검정	56
4.3.1. 로그순위검정	56
4.3.2. 대응 표본 윌콕슨 부호순위검정	62
4.4 현행 지침에의 연구 결과 적용 방안	64
<b>제5장 결론 및 향후 과제</b>	<b>69</b>
5.1 연구의 결론	69
5.2 연구의 한계 및 향후 연구 과제	73
<b>참고문헌</b>	<b>75</b>
<b>Abstract</b>	<b>78</b>

## 〈표 차례〉

〈표 2-1〉 과속방지턱의 설치 위치 관련 지침 내용 .....	16
〈표 3-1〉 조사지점 개요 .....	19
〈표 4-1〉 조사지점 및 시간대별 차종 분포 .....	34
〈표 4-2〉 주요 모수 분포별 누적 분포 함수 .....	37
〈표 4-3〉 영향구간 분포에 대한 K-S 검정 결과 .....	38
〈표 4-4〉 단일형 과속방지턱 통과 전 영향구간의 평균 및 중앙값 .....	43
〈표 4-5〉 단일형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 평균 및 중앙값 .....	43
〈표 4-6〉 30m 간격 연속형 과속방지턱 통과 전 영향구간의 평균 및 중앙값 ..	46
〈표 4-7〉 30m 간격 연속형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 평균 및 중앙값 ..	46
〈표 4-8〉 50m 간격 연속형 과속방지턱 통과 전 영향구간의 평균 및 중앙값 ..	49
〈표 4-9〉 50m 간격 연속형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 평균 및 중앙값 ..	49
〈표 4-10〉 연속형 과속방지턱 사이 구간의 유효영향구간비율 평균 .....	51
〈표 4-11〉 연속형 과속방지턱 사이 구간 유효영향구간비율의 분포 .....	52
〈표 4-12〉 주·야간에 따른 차종별 통과 전·후 영향구간 로그순위검정 결과 ..	58
〈표 4-13〉 통과 전·후 영향구간의 차종간 로그순위검정 결과 .....	59
〈표 4-14〉 주·야간에 따른 차종별 유효영향구간비율 로그순위검정 결과 ..	60

<표 4-15> 유효영향구간비율의 차종간 로그순위검정 결과.....	60
<표 4-16> 구간별 첫째 과속방지턱 통과 후 영향구간의 비교.....	62
<표 4-17> 통과 전·후 영향구간에 대한 대응 표본 윌콕슨 부호순위검정 결과....	64
<표 4-18> 과속방지턱의 설치 위치 관련 지침 수정안.....	65
<표 4-19> 과속방지턱의 설치 위치 관련 부가 설명 안.....	66
<표 4-20> 과속방지턱의 설치 간격 관련 부가 설명 안.....	68
<표 5-1> 요인에 따른 통과 전·후 영향구간 길이의 평균.....	69
<표 5-2> 요인에 따른 과속방지턱 사이 구간의 유효영향구간비율의 평균....	71
<표 5-3> 연속형 과속방지턱의 제한속도 이하 주행구간의 평균 길이..	72

## <그림 차례>

[그림 1-1] 충돌 직전 차량의 속도와 보행자 치사율 간의 관계 .....	2
[그림 3-1] 연구 수행 단계 .....	18
[그림 3-2] 단일형 과속방지턱 조사 지점 .....	20
[그림 3-3] 단일형 과속방지턱 조사 지점 현장 사진 .....	20
[그림 3-4] 30m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점 .....	20
[그림 3-5] 30m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점 현장 사진 .....	21
[그림 3-6] 50m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점 .....	21
[그림 3-7] 50m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점 현장 사진 .....	21
[그림 3-8] 스피드건을 이용한 속도계적 수집 과정 .....	24
[그림 3-9] 텍스트 파일 형태의 속도계적 .....	25
[그림 3-10] Excel 시트 형태의 속도계적 .....	25
[그림 3-11] 단일형 및 연속형 과속방지턱 영향구간의 구성 .....	27
[그림 3-12] 단일형 과속방지턱 영향구간의 수치적 표현 .....	27
[그림 3-13] 연속형 과속방지턱 영향구간의 수치적 표현 .....	28
[그림 3-14] SPSS 자료 입력 예시 .....	30
[그림 3-15] K-S 검정 실행 화면 .....	30
[그림 3-16] 처리 자료 요약 예시 .....	31
[그림 3-17] 영향구간 생존표 예시 .....	31
[그림 3-18] 영향구간의 평균 및 중위수 결과 예시 .....	32
[그림 3-19] 영향구간의 백분위수 결과 예시 .....	32

[그림 3-20] 생존함수 곡선 예시.....	32
[그림 4-1] 단일형 과속방지턱 속도계적 예시.....	35
[그림 4-2] 연속형 과속방지턱 속도계적 예시.....	35
[그림 4-3] 정규분포에 대한 영향구간의 K-S 검정 결과 예시.....	39
[그림 4-4] 균등분포에 대한 영향구간의 K-S 검정 결과 예시.....	39
[그림 4-5] 지수분포에 대한 영향구간의 K-S 검정 결과 예시.....	39
[그림 4-6] 단일형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(주간)...	40
[그림 4-7] 단일형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(야간)...	40
[그림 4-8] 단일형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(주간)...	41
[그림 4-9] 단일형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(야간)...	41
[그림 4-10] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(주간)...	44
[그림 4-11] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(야간)...	44
[그림 4-12] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(주간)...	45
[그림 4-13] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(야간)...	45
[그림 4-14] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(주간)...	47
[그림 4-15] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(야간)...	47
[그림 4-16] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(주간)...	47
[그림 4-17] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(야간)...	48
[그림 4-18] 30m 간격 연속형 과속 방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(주간)...	50
[그림 4-19] 50m 간격 연속형 과속 방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(주간)...	50
[그림 4-20] 30m 간격 연속형 과속 방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(야간)...	50
[그림 4-21] 50m 간격 연속형 과속 방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(야간)...	50
[그림 4-22] 차량 평균속도와 영향구간 길이 간의 관계.....	53

# 제 1 장 서론

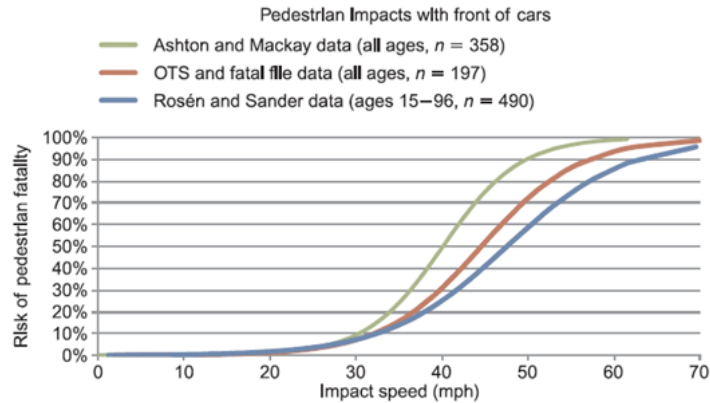
## 1.1 연구의 배경 및 목적

2011년을 기준으로 우리나라의 인구 10만 명당 보행사망자 수는 4.1명이었다. 이는 OECD 회원국 평균 1.4명보다 약 3배 높은 수치이며, 조사 대상국 중 1위이다. 따라서 정부 부처 및 지방자치단체에서는 어린이보호구역·보행우선구역·보행환경개선사업 등 각종 정책을 수립 및 추진하여, 보행자 안전을 선진국 수준으로 향상시키기 위해 노력하고 있다.

이러한 사업들의 주된 내용 중 하나는, 구역을 통과하는 차량의 감속을 유도하기 위한 도로안전시설을 설치하는 것이다. 설정된 구역 내에 과속방지턱·고원식 횡단보도·시케인 등의 교통정온화 시설을 설치하여 차량 과속의 억제를 꾀한다. 이러한 속도 저감 시설 설치의 이론적 근거는 많은 기존 연구에서 제공하고 있다. 영국 교통부의 보고서인 Department for Transport(2010)은, 차량의 보행자와의 충돌 직전 속도가 높을수록 보행자의 치사율이 높아진다는 관련 연구들을 수집하여 요약하였다.

그림 1-1에서 볼 수 있듯이, 보행자의 치사율은 충돌 직전 속도 30mph 이하에서는 서서히 증가하다가, 30mph에서 40mph로 상승하는 구간에서 3.5~5.5배로 급격하게 증가하였다. 속도 저감 시설 설치뿐만 아니라, 어린이보호구역에서의 제한속도가 30km/h로 낮게 책정되어 있

는 것도 만일에 사고가 발생할 경우에 부상의 심각도를 경감시키기 위한 것이다.



[그림 1-1] 충돌 직전 차량의 속도와 보행자 치사율 간의 관계<sup>1)</sup>

과속방지턱은 이러한 속도 저감 시설 중에서 가장 보편적으로 설치되어 있는 시설로, 평상시 운전자들이 차량을 운행할 때 많이 마주치게 된다. 차량이 과속방지턱을 통과하면, 차량 및 탑승자에게 지면과 수직인 방향으로 충격이 가해지게 된다. 차량의 통과 속도가 빠를수록 차량에는 큰 충격이 가해지며, 심한 경우에는 차량 현가장치 손상이나 탑승자의 부상으로 이어진다. 따라서 운전자들은 충격을 완화하기 위하여 과속방지턱을 통과하기 전에 충분히 감속하는데, 이와 같이 운전자들이 충격을 회피하고자 하는 행태로부터 과속방지턱의 속도 저감 효과가 발생하게 된다.

과속방지턱의 충격을 완화하기 위하여 운전자들이 취하는 감속 행태는 매우 다양하다. 통과 전 및 통과 후 주행 속도, 가·감속 시점 등은

1) 출처: Department for Transport, 2010.

운전자의 개인 성향과 차량 성능에 영향을 받아 달라질 수 있기 때문이다. 따라서 과속방지턱의 속도 저감 효과로 인해 차량이 제한속도 이하로 주행하게 되는 거리의 길이인 영향구간 또한 운전자마다 다를 것이라는 추측도 가능하다. 또한, 차량이 주행하는 시간대, 통과 차량의 차종 등 운전자의 성향 외의 외부 요인에 의해서도 과속방지턱의 영향구간은 변화할 것이다

한편, 과속방지턱 설치가 과속을 줄이기 위한 일종의 ‘처방’이라고 가정한다면, 의·약학 분야에서 신약 및 치료법의 효과를 분석할 때 활용하는 생존분석을 본 연구에 활용할 수 있을 것으로 유추해 볼 수 있다. 본 연구에서는 영향구간의 길이가 상황에 따라서 어떻게 변화하는지 생존분석을 수행하여 분석하였다.

본 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 평균지점속도와 같은 점(點)적인 자료 대신, 차량 속도계적과 같은 선(線)적인 자료를 활용하여 과속방지턱의 영향구간에 대한 분석을 수행한다. 과속방지턱을 통과하면서 이뤄지는 감속의 절대량도 중요하다지만, 과속방지턱의 영향이 도로 구간 상에서 어느 정도까지 미치는지에 대해서도 연구가 필요하다.

둘째, 영향구간에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들을 반영하여, 그 변화 양상을 분석한다. 단독으로 설치된 단일형 과속방지턱 또는 연속으로 설치된 연속형 과속방지턱인지 여부, 통과 차량의 차종, 주간 및 야간으로 구분되는 시간대 등의 요인들을 고려하여, 각 요인이 변화함에 따라 영향구간이 어떻게 변화하는지 확인하는 과정을 수행한다.



셋째, 과속방지턱을 통과하기 전의 감속 양상과 통과한 후의 가속 양상이 다를 수 있어, 과속방지턱을 기준으로 통과 전·후 구간에서의 통과 차량들의 주행행태를 파악한다. 또한, 연속형 과속방지턱의 경우에는 과속방지턱 사이 구간에서 제한속도 이하로 주행하는 구간의 비율을 산출하여 과속방지턱 사이 구간에서의 속도 저감 효과를 공간적인 개념으로 표현한다.

## 1.2 연구의 의의

과속방지턱의 속도 저감 효과는 여러 평가지표를 통해서 분석할 수 있다. 기존 연구에서는 통과 속도의 평균, 과속방지턱 통과로 인한 평균 속도 감소폭, 속도감소율 등 직접적인 속도 관련 지표를 채택한 경우가 많다. 이는 이러한 지표들을 활용하는 것이 직관적으로 속도 저감 효과를 비교적 간단하게 확인할 수 있는 방법이기 때문이다. 하지만 이러한 지표들은 과속방지턱을 통과하는 순간의 효과를 분석하기에는 적절하지만, 과속방지턱이 영향을 미치는 범위 즉, 영향구간에 대해서는 정보를 주지 못한다. 과속방지턱의 영향구간에 대해 분석을 수행하게 된다면, 기존 지침 등에 제시된 과속방지턱의 적정 설치 지점, 연속형 과속방지턱의 적정 설치 간격 등의 기준을 새로운 관점에서 바라보고 그 적정성을 검토할 수 있을 것이다.

## 1.3 연구의 내용 및 구성

본 연구에서는 현장 조사를 통해 과속방지턱의 영향구간을 확인하

고, 생존분석을 활용하여 영향구간을 수치적으로 분석한다. 또한, 영향구간 자체를 과속방지턱 통과 전과 후, 과속방지턱 사이 구간으로 구분하여 그 차이를 분석한다. 단일형 및 연속형 과속방지턱 여부, 차종, 시간대 등의 요인에 따라 어떤 변화가 발생하는지도 확인하였다.

본 연구는 다음과 같은 순서로 구성된다.

2장에서는 과속방지턱의 속도 저감 효과와 관련하여 국내 및 국외에서 진행된 기존 연구들을 고찰하고, 시사점을 탐색하여 연구의 방향 및 기존 연구와의 차별점에 대하여 검토한다. 또한, 생존분석의 개념에 대한 관련 문헌들을 살펴본 후, 본 연구에의 적용 가능성을 확인한다. 3장에서는 2장의 내용을 토대로 현장 조사 및 자료수집, 자료 분석 및 해석 등 전체 연구의 진행 과정에 대한 방법론을 제시한다. 4장에서는 수집한 속도궤적을 가공하고, 생존분석을 활용하여 과속방지턱의 영향구간의 양상을 확인한다. 이를 차종 및 시간대 요인과 설치 유형별로 비교하여, 영향구간에 어떤 영향을 미치는지 확인한다. 마지막으로 5장에서는 연구의 결론, 성과 및 한계를 살펴보고 향후 연구의 방향을 제안한다.

## 제2장 선행연구 검토 및 이론적 배경

### 2.1 과속방지턱 관련 국내외 선행연구

#### 2.1.1 국내 선행연구

유창형(1994)은 서울시 노원구 상곡초등학교 앞에 설치된 과속방지턱 주변의 차량주행속도를 측정하여 속도 저감 효과를 분석하였다. 차량속도는 조사원들이 초시계를 사용하여 육안으로 실시하였으며, 과속방지턱 진입 직전 구간을 2개의 구간으로 나누어 각각에서의 구간 평균속도를 비교하였다. 분석 대상 조건에는 경찰관 감시 여부, 차종, 구간·야간, 조명시설 유무, 요일별, 시간대 등이 포함되었다. 경찰차량 정차 시, 대형차, 야간, 조명시설이 있을 시, 평일, 야간 시간대에 속도 저감 효과가 더 큰 것으로 조사되었다.

금기정(1996)은 과속방지턱 전방 30m 지점에서의 주행속도를 진입속도로 정의하고, 이를 과속방지턱 통과속도와 비교하여 속도 저감률을 산출하여 과속방지턱의 속도 저감 효과를 분석하였다. 또한, 진입전보다 통과 중에 소음이 크게 발생한다는 사실을 소음 측정을 통해 확인했다. 그리고 차량이 과속방지턱 통과 전에 제동을 시작한 지점을 평균인지거리라고 정의한 후 이를 측정하여, 야간에 인지거리가 짧아진다는 측정 결과를 얻었다. 통과 차량의 수직가속도를 측정함으로써 가해지는 충격이 영국의 기준보다 2배 높다는 것과 운전자들이 과속방지턱에 대하여 부정적으로 인식하고 있다는 인식조사 결과도 포함한

포괄적인 연구를 수행하였다.

정병두, 오승훈(2000)은 수원시 팔달문 주변 이면도로에 안전 콘을 이용하여 조사용 임시 시케인을 설치한 후, 설치 전·후의 차량 통과 속도를 비교 및 분석하였다. 시케인 내부 속도는 속도 측정기, 시케인 통과 속도는 비디오 촬영, 구간 통과 속도는 번호판 조사를 통하여 분석하였다. 또한, 시케인의 유형을 Crank형 또는 Slalom형으로 다르게 함과 동시에 각각의 기하구조를 조금씩 변형하면서 조사를 하여, 유형별로 속도 저감 효과가 뛰어난 기하구조를 제안하였다.

김종식(2003)은 서울시 성북구의 과속방지턱 187개의 설치 실태를 지침과 비교하여 파악하고, 그 효과를 현장측정을 통해 분석하였다. 이 동식 검지기 NC-97을 이용하여, 과속방지턱 통과 전 및 통과 시 차량 속도를 측정하였고, 통과 전·후 가·감속차량비율과 가·감속거리를 측정하였다. 감속거리와 가속거리를 합쳐 과속방지턱의 영향범위라고 정의하였는데, 감속거리는 차량 후미 브레이크등 등화 여부로, 가속거리는 가속페달 작동 여부로 조사를 하였다. 또한, 평균진입속도, 도로경사, 과속방지턱의 기하구조 등을 변수로 하는 평균속도 차이 예측 선형 모형을 개발하였다. 모형에서 과속방지턱의 기하구조인 폭원, 높이, 길이 등은 진입속도와 도로경사에 비해 상대적으로 중요도가 낮은 변수로 판단하였다.

이호원 외(2012)는 어린이 보호구역 내의 교통안전시설물의 설치 타당성을 입증하기 위하여 구간통행속도를 평가지표로 선정하여 분석하였다. 조사대상 시설물로는 과속방지턱, 과속방지 노면표시, 미끄럼방지포장, 고원식 횡단보도, 어린이보호구역 안전표지, 속도제한표지, 속

도제한 노면표시, 적색포장 등 사실상 모든 시설물을 포함하였다. 비디오카메라 2대를 이용하여 촬영한 후 번호판 매칭을 통하여 구간통행속도를 측정하였으며, 분석 결과 과속방지턱과 고원식 횡단보도가 속도저감에 매우 효과적인 것으로 나타났다.

여인수 외(2013)는 연속형 과속방지턱이 설치된 26개 구간에 대하여, 통과 차량 속도를 과속단속카메라에 활용되고 있는 레이저건을 이용하여 측정하여 속도궤적을 수집하였다. 속도궤적으로부터 두 과속방지턱 사이 구간에서의 최대 속도를 도출한 다음, 이들의 85백분위 속도를 산출하여 과속방지턱 간격과의 선형회귀모형을 구축하였다. 모형은 제한속도에 부합하는 설치간격을 산정할 때 활용할 수 있고, 이에 기초하여 제한속도 30km/h 구간에 대한 과속방지턱 적정 간격을 20m로 제안하였다. 국토해양부(2011)에서 적정 간격을 35m라고 명시한 것과 차이가 있다.

한편, 김종식(2003)은 차량의 속도궤적과 같은 정량적 측정이 아닌 브레이크등 등화와 같은 정성적 측정을 통해 과속방지턱의 영향범위를 분석을 시도하였다. 본 연구에서 개선할 수 있는 부분은 두 가지로 정리할 수 있다. 첫째는 측정의 정확도를 높일 수 있다. 브레이크등이 등화된 시점에 과속방지턱으로부터의 차량의 위치를 알아야 하는데, 현장에 거리를 표기해 둔 후 이를 육안을 관측했기 때문에 오차 발생의 우려가 있다. 이에 비교했을 때, 수집된 속도궤적으로부터 영향구간을 산출하게 되면 정확도는 높아지게 된다. 둘째는 과속방지턱의 속도저감 효과와 영향을 미치는 범위를 함께 고려할 수 있다. 단순히 브레이크등 등화 지점과 가속페달 작동 지점 간의 거리를 영향범위로 간주하

게 되면, 실제로는 과속방지턱에 대한 운전자의 반응 시점을 알게 될 뿐이다. 이는 과속방지턱으로 인한 속도 저감 효과가 반영된다고 말하기 어려운 부분이다. 그렇기 때문에, 해당 선행연구에서는 속도 저감 효과를 반영하는 지표와 영향범위가 별도의 지표로 구성을 하였다. 하지만, 본 연구에서는 이를 동시에 고려할 수 있었다.

국내 선행연구의 검토 결과, 전체적인 흐름이 시설물 하나의 분석에서 구간 단위의 분석으로 확장되어가고 있었다. 하지만, 과속방지턱에 한해서는 그렇지 않았다. 단일형 과속방지턱에 대해서는 속도 저감 효과 외에 소음 및 주민 인식 등 다양한 평가요소를 다뤘던 많은 연구가 진행되었다. 이에 비교했을 때, 연속형 과속방지턱에 대해서는 여인수 외(2013)의 연구에서만 분석되었고, 그 외의 연구들에서는 조명되지 못한 것을 확인했다.

### 2.1.2 국외 선행연구

Herrstedt (1992)는 3개 시범 마을에 대하여 교통정온화 기법 관련 실험을 수행하였다. 해당 구간에 대하여 속도, 사고, 보행자 및 자전거 보호, 통과차량 및 인접차량의 지연, 소매 거래, 소음 및 대기오염, 에너지 소비, 비용, 이용자 의견 등 다각적인 분석을 실시하였다. 여기에서 차량의 속도가 유의미하게 감소하였음을 매립된 검지기로부터의 결과로 확인하였다. 통과 교통량도 감소하여, 주민들이 체감하는 교통안전 수준이 향상되었으며, 전보다 마을의 분위기가 활성화 되었다는 주민들의 긍정적인 응답이 많았다.

Gilmore et al. (2013)은 차량 주행속도가 고속에서 저속으로 변이되

는 구간(High- to Low-Speed Transition Zone)에 대하여 회전교차로(Roundabout) 및 횡방향 노면표시(Transverse Pavement Marking)가 차량의 감속에 미치는 영향을 분석하였다. 제한속도가 10~35mph 낮아지는 15개 지점에 대하여 Traffic Classifier와 레이저건을 이용하여 속도궤적을 측정하였다. 분석 결과, 회전교차로와 횡방향 노면표시가 제한속도 준수율을 15~20% 향상시키는 것이 확인되었다. 이러한 조사결과를 바탕으로, 주행속도 변이구간의 설계 가이드라인을 제안하였다.

Barbosa et al. (2000)은 영국 City of York 내 6개 대상지의 속도저감 시설을 대상으로, 기송관(Pneumatic tube)을 이용하여 지점별 차량 통과시간을 측정한 후, 이를 통해 속도궤적을 얻어냈다. 이 자료로부터 진입속도, 시설로부터의 거리, 시설별 속도 저감 효과를 반영한 속도궤적 모형식을 산정하였다.

Ibrahim et al. (2003)은 말레이시아의 과속방지턱 등 속도저감 시설에 대해 비디오카메라를 이용하여 통과차량의 속도궤적을 얻어내었다. 이로부터 속도저감 시설로부터 차량의 이격거리와 차량 평균 접근속도 간의 관계를 나타내는 선형 모형을 구축하였다.

Moreno et al. (2011)은 Speed table의 기하구조, 인접한 교통정온화 시설과의 거리와 평균 속도 감소폭 간의 관계를 분석하였다. 평균 속도 감소폭의 85백분위 값은 Speed table 진입 시의 경사와 이전 교통정온화 시설과의 거리의 영향을 많이 받는 것으로 분석되었다.

Moreno and García (2013)는 GPS를 이용하여 획득한 차량의 속도궤적으로부터 Surrogate Safety Measure (SSM)를 산출하였다. 누적

속도 균등성(Accumulated speed uniformity)와 누적 제한속도 초과(Accumulated speeding) 등의 SSM과 속도 및 시설 밀도 간의 관계를 선형 모형으로 표현하였다. 또한, SSM 기준 값에 따라 설치된 시설의 성능을 평가하였다.

Kojima et al.(2011)은 속도 저감 효과뿐 아니라 소음과 진동 측면에서 적절한 연속형 과속방지턱 간격을 도출하기 위해, 임시 과속방지턱을 도쿄 코쿠분지(国分寺)시의 실제 도로 구간에 설치하여 실험을 수행하였다. 4개의 가변 연속형 과속방지턱 간격을 30, 40, 60, 100m로 매주 변화시키면서 속도 및 소음, 진동을 측정하였다. 그 결과, 60m 이하 간격으로 설치 시에 구간 내에서 30km/h 이하로 주행한다는 것을 확인했다. 하지만 과속방지턱 통과 후 가속으로 인한 소음 수준이 높다는 주민들의 의견을 반영하여, 도쿄 분쿄(文京)구에서 20m 간격으로 설치하여 운전자들이 재가속을 포기하도록 하는 추가 실험을 수행하였다. 과속방지턱이 설치된 구간 내에서 차량들이 25km/h 이상 주행할 수 없었으며, 소음도 기준치 이하 수준으로 제어되었다.

국외 선행연구들을 살펴본 결과, 국내 연구들에 비해 연속형 자료들을 활용한 시기가 빨랐다. 우리나라에 비해 교통정온화를 비롯한 교통안전 관련 부문에서 다양한 연구들이 진행된 것으로 추정된다. 최근 들어, 국내 교통 분야에서도 안전 분야가 부각되고 있어, 교통안전시설의 효과에 대한 연구도 증가할 것으로 예상된다. 그럼에도 불구하고, 과속방지턱을 설치함으로써 발생하는 제한속도 이하 주행 구간에 대한 연구는 드문 것으로 분석되었다. 본 연구에서 과속방지턱의 영향구간에 대하여 심도 있게 분석하는 것이 의미가 있을 것으로 기대된다.



### 2.1.3 선행연구 검토의 시사점

선행 연구들에서는 단일형 과속방지턱의 효과를 평가하는 연구와 주야 및 차종 등의 외부 요인을 반영하였지만, 이를 연속형 과속방지턱에 대해서는 최근에 연구되기 시작하였다. 또한, 과속방지턱의 효과 분석에 있어 평균통과속도, 평균 속도 감소폭과 같은 점(點)적인 지표들은 많이 활용되었지만, 본 연구에서 집중하고자 하는 영향구간과 같이 선(線)적인 지표들은 활발하게 활용되지 않았다.

이러한 선행연구 검토를 바탕으로 하여, 본 연구에서는 기존 연구에서 부족했던 연속형 과속방지턱의 효과에 대한 분석을 수행하며, 선적인 개념이 추가된 영향구간의 길이를 평가지표로써 활용하였다.

## 2.2 생존분석의 개념 및 활용 방안

### 2.2.1 생존분석의 개념

박재빈(2006)은 생존분석이란, 관찰대상(subject)을 일정시간 추적하여 특정 사건이 발생하기까지의 시간을 측정할 수 있고, 나아가서 사건발생에 영향을 미치는 요인이 존재할 때, 이러한 사건발생시간과 요인을 분석 및 평가하는 통계 방법이라고 정의하였다. 생존분석은 사건발생시간이 중요한 변수로써 작용하는 모든 분야에서 활용 가능하다. 실제로 인구학, 의·약학, 경제학, 범죄학, 심리학, 공학 등 다양한 분야에서 활용된다.

교통 분야에서는 Washington(2003)에서 제시된 차량 사고가 발생하

기까지의 시간, 운전자의 다음 신차 구매 시까지의 소요시간, 신교통기술 개발 후 실제 도입까지의 소요시간 등 많은 부분에서 활용 가능하다. 이 외에도 특정 사건 발생 후에 같은 사건이 반복될 때, 그 간격을 분석하고자 할 때 유용하다. 예를 들어, 안전운전 교육 지속 기간, 주차장 내 주차시간, 대중교통수단 재차시간 등의 분석에도 활용될 수 있을 것이다.

김양진(2013)은 생존분석의 주 관심은 생존함수(survival function)의 추정과 생존함수 또는 위험함수(hazard function)에 영향을 주는 공변량(covariate) 또는 예측변수를 찾아내어 그 연관 정도를 구하는 데에 있으며, 여타 통계분석방법들과 구별되는 가장 큰 특징은 중도절단자료(censored data)를 포함하는 부분이라고 설명하였다. 사건을 관측하는 시간이 무한정일 수 없고, 사건이 발생하기 전 관측이 종료될 경우에는 해당 사례에 대하여 사건이 언제 발생했는지 알 수 없으므로, 이를 절단되었다고 표현한다. 중도절단자료가 있을 경우, 표본평균과 표본분산을 추정되지 못할 수 있다. 그러나 본 연구에서 도출하는 영향 범위의 경우에는 이러한 중도절단이 발생하지 않는다. 본 연구의 측정에서 중도절단이 일어나기 위해서는, 과속방지턱을 통과하면서 제한속도 이하로 감속한 후, 잔여 구간을 계속하여 제한속도 이하로 주행해야 하는데, 이러한 경우가 발생하지 않기 때문이다. 따라서 중도절단자료를 고려하지 않아도 무방하였다.

### 2.2.2 본 연구에서의 활용 가능성 및 방안

생존분석은 표본 분포가 모수 분포를 따른다고 가정하지 않고 자료의 순서에만 의존하는 비모수 방법과 모수 분포를 따른다고 가정하는 모수 방법으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 영향구간이 모수 분포를 따르지 않는다고 가정하는 비모수 방법을 활용하였다. 측정한 표본의 분포가 특정한 모수 분포를 따르는지 확인하기 위하여, 이표본 콜모고로프-스미르노프 검정(Kolmogorov-Smirnov test, 이하 K-S 검정)을 수행할 수 있다. 이표본 K-S 검정은 두 분포 사이의 동질성을 검정할 수 있는 기법이며, 표본 분포와의 비교 대상을 모수 분포로 설정하면 비모수 분포 여부의 검정도 가능하다. 본 연구의 측정을 통해서 획득한 자료에 대해서도 이러한 과정을 수행하였으며, 그 결과 어떠한 모수 분포도 따르지 않는 것이 확인되어 비모수 방법을 사용하게 되었다. 검정 수행의 수치적 결과는 표 4-3에서 제시하였다.

비모수 방법에는 생명표법(Life-table method)과 Kaplan-Meier 분석(이하 KM 분석)이 가장 널리 활용된다. 생명표법은 측정 단위가 주, 달, 분기, 년과 같이 일정한 폭을 가진 구간인 경우 또는 분석 자료가 그룹화 되어, 구간 별 사건 발생수가 알려져 있는 경우에 활용 가능하다. 반면에, KM 분석은 그룹화 되지 않은 개별 사건에 대해 분석하는 경우에 활용될 수 있다. 본 연구에서는 측정 단위가 일정하지 않고, 분석 자료가 그룹화 되지 않았으므로, KM 분석을 채택하였다. 최종적으로, 본 연구에서는 과속방지턱의 영향구간의 길이에 대하여 KM 분석을 수행하였다.

본 연구에서와 같이 중도절단자료가 포함되지 않은 경우에, KM 분석에서의 생존함수 추정은 수식 (1)과 같은 경험적 분포함수를 사용하여 이뤄진다.  $\hat{S}_n(t)$ 는 점차 감소하는 우연속계단함수로, 시간에 따른 표본의 생존율을 표현한다.

$$\hat{S}_n(t) = 1 - \hat{F}_n(t) = 1 - \frac{I(t_i > t)}{n} \quad (1)$$

여기에서,  $\hat{S}_n(t)$  : 시점  $t$ 에서의 생존함수

$\hat{F}_n(t)$  : 시점  $t$ 에서의 누적 사망률

$I(t_i > t)$  : 사건발생시점  $t_i$ 가  $t$  이후인 사건의 발생 수

$n$  : 총 사건 발생 수.

## 2.3 국내 과속방지턱 관련 규정

국토해양부(2011)에는 과속방지턱의 기능·설치장소·구조 등 설치와 관련된 기준들이 포함되어 있다. 이 지침에서는 “일정 도로 구간에서 통행 차량의 과속 주행을 방지하고, 일정 지역에 통과 차량의 진입을 억제하기 위해 설치하는 시설”로 규정하였다. 그러나 30km/h 이하의 속도에서는 물리적 충격이 비교적 적도록 하여, 차량 손상이나 과도한 불쾌감을 줄여야 한다고 명시하였다.

지침은 7개의 장으로 구성되어 있는데, 본 연구에서 분석한 과속방지턱의 영향구간을 반영될 수 있는 부분은 ‘5장 설치’이다. 5장에서도 ‘1절 설치 위치’와 ‘2절 설치 간격’에서 이러한 영향구간의 반영이 가능하다. 표 2-1은 지침에 명시된 과속방지턱 설치 위치와 설치를 금하는

위치를 인용한 것이다.

과속방지턱은 속도 저감 시설이기 때문에, 교차로 및 도로의 굴곡지점·도로 오목 종단 곡선부의 끝 등 차량 및 운전자의 안전을 위하여 주행속도가 일정 수준까지 감소해야 되는 지점에 설치된다. 목표 지점으로부터의 이격 거리를 수치로써 제시하고 있지만, 예외 항목을 두어 현장에서의 융통성을 보장하고 있다. 또한, 감속이 이뤄질 때도 그 과정이 안전하게 이뤄질 수 있는 위치에 설치하도록 하고 있다. 또한, 과속방지턱 설치를 금하는 위치도 제시하여, 무분별한 설치를 방지하고자 하였다.

<표 2-1> 과속방지턱의 설치 위치 관련 지침 내용

과속방지턱 설치 위치	과속방지턱 설치를 금하는 위치
1) 교차로 및 도로의 굴곡 지점으로부터 30m 이내 2) 도로 오목 종단 곡선부의 끝으로부터 30m 이내 3) 최대경사 변화 지점으로부터 20m 이내(10% 이상 경사시) 4) 기타 교통안전상 필요하다고 인정되는 지점	1) 교차로로부터 15m 이내 2) 건널목으로부터 20m 이내 3) 버스정류장으로부터 20m 이내 4) 교량, 지하도, 터널, 어두운 곳 등 5) 연도의 진입이 방해되는 곳 또는 맨홀 등의 작업 차량 진입을 방해하는 장소

한편, 연속형 과속방지턱의 설치 간격에 대한 기준은 자체 실험 결과로부터 도출한 수식 (2)와 같은 멱함수 관계식에 의하여 산정되었다. 제시된 적정 설치 간격은 규제속도가 20km/h일 때 20m, 30km/h일 때 35m, 40km/h일 때 90m이며, 차량의 주행 속도, 도로 여건 등을 감안하여 합리적으로 설치할 수 있도록 하였다.

$$Y=9.7573X^{0.315821} \quad (2)$$

여기에서,  $Y$  : 85백분위수 속도(km/h)

$X$  : 과속방지턱의 설치 간격(m).

## 제3장 연구 방법론

본 연구는 그림 3-1과 같은 단계에 따라 수행한다.



[그림 3-1] 연구 수행 단계

### 3.1 현장 조사 및 측정

조사 지점 탐색을 위해, 온라인 포털 위성지도에서 단일형 또는 연속형 과속방지턱이 설치되어 있는 도로 구간들을 관찰하였다. 현장 조사를 위한 장소 물색에 있어서, 몇 가지 기준을 설정한 후 이에 부합하는 지점을 선정하여 탐색을 진행하였다. 먼저, 교차로나 차량 출입이 빈번한 주차장 등과 같은 상충지점과 충분히 떨어져 있어야 한다. 이

러한 지점이 가까이 있으면 통과 차량이 타 교통류의 영향을 받아 자유 의지로 운행하지 못하게 되고, 이는 과속방지턱 통과 시 가·감속에 영향을 주기 때문이다. 다음으로, 과속방지턱 이후의 평지 구간이 가속하기에 충분해야 한다. 거리가 충분하지 않으면, 과속방지턱이 아닌 다른 원인으로 인한 속도 저감 효과가 중첩될 수 있기 때문이다. 이러한 기준들을 세운 것은 외부 요인들의 간섭을 최대한 배제하고, 과속방지턱만의 순수한 효과를 확인하기 위함이다.

단일형 과속방지턱, 30m 간격 연속형 과속방지턱, 50m 간격 연속형 과속방지턱 등 과속방지턱 설치 유형 및 간격별로 1개 지점씩 선정하였다. 단일형 과속방지턱 지점으로 서울시 성북구 월곡로10길, 30m 간격 연속형 과속방지턱 지점으로 경기도 고양시 덕양구 지축로, 50m 간격 연속형 과속방지턱 지점으로 경기도 고양시 일산동구 장항로를 선정하여, 총 3개 지점에 대하여 조사를 수행하였다. 표 3-1은 조사지점들에 대한 간략한 정보를 담고 있으며, 그림 3-2~3-7은 각 지점의 위성사진 및 지점 개요, 현장사진이다.

〈표 3-1〉 조사지점 개요

구간	월곡로10길	지축로	장항로
위치	서울 성북구	경기 고양시 덕양구	경기 고양시 일산동구
구간 길이*	300m	700m	380m
과속방지턱 개수	1개	2개	2개
과속방지턱 간격	-	30m	50m
기타 사항	편측 보도/노면주차	편측 보도	편측 보도

\*:인근 도로와의 교차지점 간의 거리





[그림 3-2] 단일형 과속방지턱 조사 지점



[그림 3-3] 단일형 과속방지턱 조사 지점 현장 사진



[그림 3-4] 30m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점



[그림 3-5] 30m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점 현장 사진



[그림 3-6] 50m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점



[그림 3-7] 50m 간격 연속형 과속방지턱 조사 지점 현장 사진

조사 일시는 평일 주간(11:00~일몰시간)과 야간(일몰시간~23:00), 시간대에 따른 영향구간의 변화를 비교하였다. 기상상황은 청천 시로 통제하여 날씨로 인한 오차 발생을 방지했으며, 도로 포장이 젖어 있지 않은 건조 상태에만 측정하여, 젖은 도로에서 변할 수 있는 감속 행태를 통제하였다.

승용차, SUV 및 승합차, 화물차 등 구간을 빈번히 통과하는 소형 차량에 대해서 속도계적을 측정하였다. 중·대형 버스 및 화물차는 통행빈도가 낮을 뿐 아니라 도로에서의 통행속도가 낮아, 영향구간이 과대 측정되는 경향이 있을 것으로 예상되어 측정 대상에서 제외하였다. 선행 차량이 존재할 경우에는 운전자가 차량 간 안전거리를 유지하고자 하는 경향이 있을 것이라고 판단하여, 이를 최소화하기 위하여 속도계적 측정 구간 내에 선행차량이 존재하지 않는 차량에 한하여 속도계적을 측정하였다.

선행 연구자들 중 Moreno and García(2013)는 차량 속도 측정에 GPS 장비를 이용하였다. GPS는 인공위성으로부터 신호를 수신하여 물체의 위치를 지표면상의 좌표로 표현할 수 있어, 다양한 분야에서 널리 쓰이고 있다. 수신기에 따라 차이가 있지만 전반적으로 정밀도가 높으며, 주변 장애물이 없는 모든 지표면상에 대하여 위치 정보를 저장할 수 있기 때문에 광범위한 지역을 주행하는 고속주행 차량에 대한 분석이 가능하다는 장점이 있다.

하지만 위치 정보를 측정하고자 하는 차량마다 수신기가 장착되어 있어야 하므로, 임의의 차량에 대하여 분석을 하고자 할 때에는 운전자의 동의를 구하고 장비를 장착해야 한다는 단점이 있다. 또한, 장착

한 장비를 회수하기 위한 별도의 과정이 필요하며, 이러한 과정을 거치다 보면 운전자가 모종의 실험에 참여한다는 사실이 은연중에 알려지기 때문에 순수한 실험결과를 구득하지 못할 위험이 존재한다.

GPS 장비의 이러한 한계로, 본 연구에서는 미국 Applied Concepts Inc.사에서 제작한 STALKER ATS II 스피드건을 사용하여 개별차량의 속도궤적을 측정 및 수집하였다. 이 스피드건은 1분당 2,814회(1초당 46.875회) 레이더파를 송신하여, 송신된 레이더파와 물체에 반사된 레이더파 간의 주파수 차이를 이용하여 물체의 속도를 측정한다. 스피드건을 이용하면, 최대 1.75마일(약 2.8km) 떨어진 물체의 속도를 측정할 수 있으며, 측정 가능한 물체의 속도 범위는 시속 1~890마일(약 1.6~1,424km)이다. 본 연구의 조사 구간 길이와 차량 속도를 충분히 측정할 수 있는 제원이다.

스피드건은 측정 대상 물체에 별도의 수신기를 장착할 필요가 없기 때문에, 큰 제약 없이 임의의 차량을 대상으로 속도궤적 조사가 가능하다. 차량에 장비를 설치하는 과정이 생략됨으로써, 무의식적인 운전자의 평상시 운전 행태가 속도궤적에 반영될 수 있으며, 개인 프라이버시 침해 문제도 제기될 여지가 없다.

하지만, 스피드건은 측정 대상과 스피드건 사이에 장애물의 개입을 최대한 막아야 한다. 만약 장애물이 존재할 경우에는, 스피드건의 레이더파가 목표 차량이 아닌 장애물에 반사되어 수신되기 때문에, 측정 대상의 정확한 속도를 수집할 수 없게 된다. 차량 진행 방향과 스피드건 레이더파 송·수신 방향에 각도차가 있을 시에는 보정이 필요한 점도 스피드건의 한계이다. 그러나 본 연구에서는 직선 구간을 통과하는

선행차량들을 측정 대상으로 한정했기 때문에, 그림 3-8처럼 스피드건을 활용할 수 있었다.



[그림 3-8] 스피드건을 이용한 속도궤적 수집 과정

## 3.2 조사자료 가공

스피드건으로 측정된 차량속도 자료는 현장에서 측정이 종료된 직후에 스피드건 내장 메모리에 저장된다. 이후 제작사에서 제공되는 소프트웨어가 설치된 PC에 스피드건을 연결한 후, PC의 저장장치로 자료를 업로드할 수 있다. 소프트웨어의 시각화 기능을 이용하여 속도궤적의 개형을 파악하고, 보행자 또는 측정 대상 외의 차량 등 주변 사물의 방해로 인해 국소적으로 노이즈가 발생했다고 판단되는 부분을 수정하였다. 노이즈가 측정 구간 전반에서 심하여 차량의 주행 특성이 잘 드러나지 않는 자료는 분석 대상 표본에서 제외하였다.

소프트웨어에서는 그림 3-9와 같이 측정 시점, 속도, 가속도, 거리 등이 포함된 텍스트 파일의 형태로 속도궤적을 저장할 수 있다. 가장

기본적인 유형 중 하나인 텍스트 파일로 결과를 제공함으로써, 분석자가 필요로 하는 후 처리 과정을 용이하게 하였다. 많은 프로그램에서 텍스트 파일을 불러올 수 있어 확장성이 크기 때문이다. 본 연구에서는 이러한 텍스트 형태의 자료를 그림 3-10과 같이 스프레드시트 형태로 변환하여 분석에 활용하였다.

Sample	Time	Speed	Accel	Dist
0	0.00	46.59	-0.03	0.00
1	0.02	46.57	-0.03	0.99
2	0.04	46.54	-0.04	1.99
3	0.06	46.51	-0.05	2.26
4	0.09	46.47	-0.06	2.54
5	0.11	46.42	-0.06	2.81
6	0.13	46.37	-0.06	3.09
7	0.15	46.33	-0.06	3.36
8	0.17	46.28	-0.07	3.64
9	0.19	46.23	-0.07	3.91

[그림 3-9] 텍스트 파일 형태의 속도계적

trial_1	Time	Speed	Dist	Index	Sectionlength	trial_2	Time	Speed	Dist	Index	Sectionlength	trial_3	Time	Speed	Dist	Index	Sectionlength	trial_4	Time	Speed	Dist	Index	Sectionlength
0	42.06	0	1	0	0	0	36.58	0	1	0	0	0	42.23	0	1	0	0	0	32.01	0	1	0	0
0.02	42.04	0.9	2	0.9	0.9	0.02	36.61	0.78	1	0.78	0.78	0.02	42.19	0.9	2	0.9	0.9	0.02	31.92	0.68	2	0.68	
0.04	42.02	1.79	3	1.79	1.79	0.04	36.61	1.56	1	1.56	1.56	0.04	42.16	1.8	3	1.8	1.8	0.04	31.85	1.36	3	1.36	
0.06	42	2.04	4	2.04	2.04	0.06	36.6	1.78	1	1.78	1.78	0.06	42.14	2.05	4	2.05	2.05	0.06	31.8	1.55	4	1.55	
0.09	41.98	2.29	5	2.29	2.29	0.09	36.59	2.1	5	2.1	2.1	0.09	42.13	2.3	5	2.3	2.3	0.09	31.77	1.74	5	1.74	
0.11	41.96	2.54	6	2.54	2.54	0.11	36.54	2.21	6	2.21	2.21	0.11	42.13	2.55	5	2.55	2.55	0.11	31.77	1.93	6	1.93	
0.13	41.95	2.79	7	2.79	2.79	0.13	36.5	2.43	7	2.43	2.43	0.13	42.12	2.8	7	2.8	2.8	0.13	31.77	2.12	6	2.12	
0.15	41.93	3.04	8	3.04	3.04	0.15	36.46	2.64	8	2.64	2.64	0.15	42.1	3.05	8	3.05	3.05	0.15	31.78	2.3	6	2.3	
0.17	41.91	3.29	9	3.29	3.29	0.17	36.41	2.86	9	2.86	2.86	0.17	42.08	3.3	9	3.3	3.3	0.17	31.8	2.49	6	2.49	
0.19	41.88	3.53	10	3.53	3.53	0.19	36.36	3.08	10	3.08	3.08	0.19	42.07	3.55	10	3.55	3.55	0.19	31.82	2.68	6	2.68	
0.21	41.84	3.78	11	3.78	3.78	0.21	36.32	3.29	11	3.29	3.29	0.21	42.05	3.8	11	3.8	3.8	0.21	31.84	2.87	6	2.87	
0.23	41.8	4.03	12	4.03	4.03	0.23	36.28	3.51	12	3.51	3.51	0.23	42.03	4.05	12	4.05	4.05	0.23	31.87	3.06	6	3.06	
0.26	41.75	4.28	13	4.28	4.28	0.26	36.25	3.72	13	3.72	3.72	0.26	42.01	4.29	13	4.29	4.29	0.26	31.89	3.25	6	3.25	
0.28	41.7	4.52	14	4.52	4.52	0.28	36.22	3.94	14	3.94	3.94	0.28	41.99	4.54	14	4.54	4.54	0.28	31.92	3.44	6	3.44	
0.3	41.64	4.77	15	4.77	4.77	0.3	36.19	4.15	15	4.15	4.15	0.3	41.98	4.79	15	4.79	4.79	0.3	31.94	3.63	6	3.63	
0.32	41.56	5.02	16	5.02	5.02	0.32	36.17	4.37	16	4.37	4.37	0.32	41.96	5.04	16	5.04	5.04	0.32	31.97	3.81	6	3.81	
0.34	41.47	5.26	17	5.26	5.26	0.34	36.15	4.58	17	4.58	4.58	0.34	41.94	5.29	17	5.29	5.29	0.34	32	4	6	4	
0.36	41.37	5.51	18	5.51	5.51	0.36	36.13	4.79	18	4.79	4.79	0.36	41.9	5.54	18	5.54	5.54	0.36	32.02	4.19	6	4.19	
0.38	41.27	5.75	19	5.75	5.75	0.38	36.11	5.01	19	5.01	5.01	0.38	41.86	5.79	19	5.79	5.79	0.38	32.04	4.38	6	4.38	
0.41	41.17	6	20	6	6	0.41	36.09	5.22	20	5.22	5.22	0.41	41.81	6.03	20	6.03	6.03	0.41	32.07	4.57	6	4.57	
0.43	41.09	6.24	21	6.24	6.24	0.43	36.07	5.44	21	5.44	5.44	0.43	41.75	6.28	21	6.28	6.28	0.43	32.09	4.76	6	4.76	
0.45	41.01	6.49	22	6.49	6.49	0.45	36.04	5.65	22	5.65	5.65	0.45	41.68	6.53	22	6.53	6.53	0.45	32.12	4.95	6	4.95	

[그림 3-10] Excel 시트 형태의 속도계적

MS Excel VBA(Visual Basic for Applications)를 이용하여 자료를 분석하게 되면, 텍스트 파일 형태의 데이터들이 MS Excel 시트 상에 입력되고, 여기에 분석자가 원하는 데이터 처리 과정들을 적용하여 획득하고자 하는 지표들을 계산하게 된다. VBA 코드를 작성하여 차량속

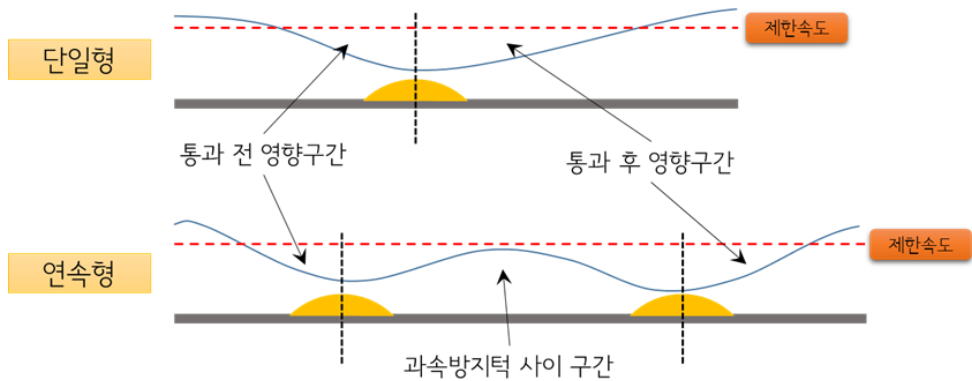
도가 기록된 때 시점별로 지정한 제한속도 초과 및 미만에 따라 지수를 부여하였다. 이를 이용하여 제한속도 이하로 주행한 구간과 제한속도를 초과한 구간을 분리하였다. 구간의 시점과 종점, 최저속도 지점을 추출하여, 각 구간의 길이와 과속방지턱의 위치뿐 아니라 본 연구의 분석 대상인 영향구간 값을 산출하였다.

차량의 주행속도가 제한속도 이하로 감소하지 않은 경우에는, 과속방지턱의 효과가 없는 것으로 간주하였기 때문에 영향구간의 길이는 0으로 입력되도록 하였다. 반면에, 차량들이 과속방지턱을 통과하면서 제한속도 이하로 감속을 했다면, 완전히 통과한 후에도 제한속도 이하의 속도를 오랫동안 유지하여 주행하는 경우가 사실상 없었기 때문에 영향구간 산출이 가능했다.

본 연구에서 선정한 조사 지점들에는 구간 상의 제한속도가 표지판 또는 노면표시로 명시되지 않아, 조사 지점 구간의 제한속도에 대한 가정이 필요했다. 한편, 국토해양부(2011)에 ‘과속방지턱을 설치할 때, 대부분 통행속도를 30km/시로 제한하고 있’다고 언급되어 있다. 지침의 의도가 조사 지점 상의 과속방지턱에도 반영되었다고 판단하였기 때문에, 과속방지턱의 영향구간 분석 시에 구간의 제한속도를 30km/h로 설정하였다.

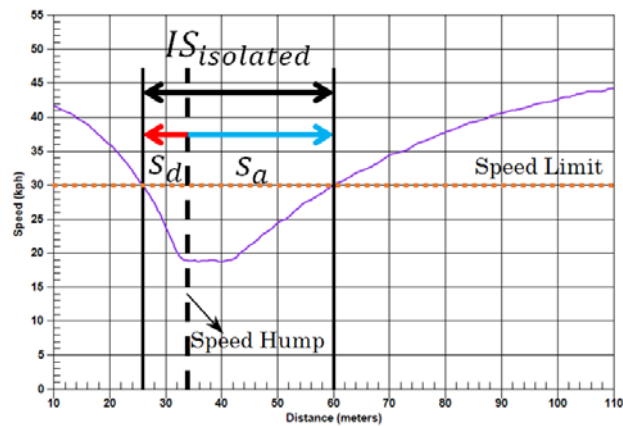
본 연구에서 주목한 것은 과속방지턱의 영향구간으로, 차량이 제한속도 이하로 주행하게 되는 구간을 의미한다. 영향구간은 과속방지턱을 통과하기 전의 감속과 통과한 후의 가속을 거치는 과정에서 발생하게 된다. 그림 3-11은 단일형 및 연속형 과속방지턱의 영향구간을 개념적으로 비교한 것이다.





[그림 3-11] 단일형 및 연속형 과속방지턱 영향구간의 구성

먼저 단일형 과속방지턱에 대해서는, 통과차량이 과속방지턱 통과 전에 감속하여 제한속도에 도달하는 지점을 시점, 과속방지턱 통과 후에 다시 가속하여 제한속도를 초과하는 지점을 종점으로 하여, 영향구간의 길이를 계산하였다. 단일형 과속방지턱의 영향구간( $IS_{isolated}$ )은 그림 3-12에 나타난 것과 같이, 과속방지턱 통과 전 감속 구간( $s_d$ )과 통과 후 가속 구간( $s_a$ )으로 구성되어 있다.

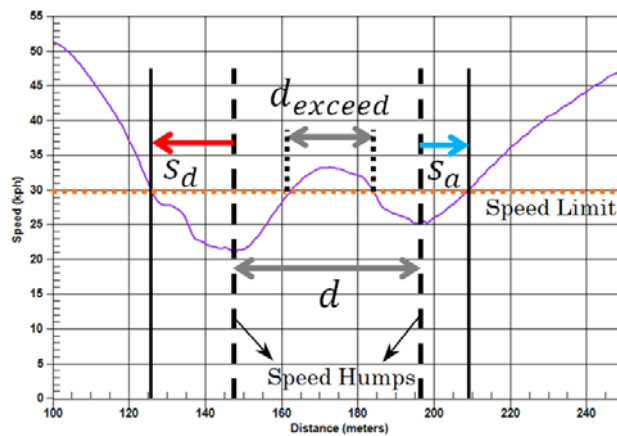


[그림 3-12] 단일형 과속방지턱 영향구간의 수치적 표현



분석 시에는 과속방지턱 통과 전과 통과 후의 영향구간에 대해 집중하였다. 이는 경험적으로 알려진 운전자들의 비대칭적인 감·가속 행태를 실측 자료를 통해서 확인할 수 있을 것으로 예상했기 때문이었다. 또한, 단일형 및 연속형 과속방지턱에 대한 운전자의 감·가속 행태의 변화 분석에도 적합하였다.

반면에, 연속형 과속방지턱의 영향구간은 단일형 과속방지턱과 달리 과속방지턱 사이 구간이 존재한다. 첫 번째 과속방지턱을 통과한 후 가속을 하고, 두 번째 과속방지턱 앞에서 다시 감속을 하여 통과하는 행태가 관찰되므로, 단일형 과속방지턱의 영향구간 개념을 단순히 적용할 수 없다. 과속방지턱 사이 구간 전체가 영향구간에 포함된다고 가정할 수 있지만, 일부 차량의 경우에는 과속방지턱 사이 구간에서 제한속도를 초과하여 주행하므로 영향구간의 기본적인 정의를 위배하게 된다. 따라서 연속형 과속방지턱의 영향구간에 대하여 추가적인 정의가 필요하다.



[그림 3-13] 연속형 과속방지턱 영향구간의 수치적 표현

연속형 과속방지턱의 영향구간을 도식화 하면, 그림 3-13과 같이 선행 과속방지턱 통과 전 감속 구간, 과속방지턱 사이 구간, 후속 과속방지턱 통과 후 가속 구간으로 나뉘진다. 본 연구에서는 그림 3-13과 같이 과속방지턱 사이 구간에서 제한속도를 초과하는 경우가 발생하였을 때, 사이 구간 전체를 하나의 영향구간으로 간주하는 것이 불가하다고 판단하여, 해당 구간에서 제한속도 이하로 주행하게 되는 거리의 비율을 분석하였다. 이를 유효영향구간비율이라고 정의하고 수식 (3)과 같이 산출하여, 통과 전·후의 영향구간과 동일한 방법으로 분석하였다.

$$r_{effective} = 1 - \frac{d_{exceed}}{d} \quad (3)$$

여기에서,  $r_{effective}$  : 유효영향구간비율

$d$  : 과속방지턱 간 간격(m)

$d_{exceed}$  : 사이 구간 내 제한속도 초과 주행 거리(m).

한편, 연속형 과속방지턱 구간에 진입한 운전자는 첫 번째 과속방지턱 이후에도 다른 과속방지턱이 존재한다는 것을 인지하게 된다. 따라서 첫 번째 과속방지턱 통과 후 단일형 과속방지턱에서처럼 가속하지는 않을 것이고, 구간 진입 시에 운전자의 통과 후 가속 의지가 약화될 것이라고 추정된다. 이러한 차이로 인해 발생하는 단일형 과속방지턱과 연속형 과속방지턱의 속도 저감 효과의 차이를 확인하기 위하여, 차량들이 단일형 과속방지턱과 연속형 과속방지턱의 첫 번째 과속방지턱을 통과하는 행태를 비교하였다.



비모수 검정과 마찬가지로, IBM SPSS 21.0에 기본적으로 탑재되어 있는 KM 분석 패키지를 활용하여 영향구간 길이 자료들을 처리하면, 자료의 개요, 생존표, 평균, 사분위수, 생존함수곡선 등이 추정되어 산출된다. 그림 3-16~3-20은 출력되는 결과물들의 예시이다. 이를 지점별로 수행하여 상호 비교를 위한 결과들을 도출해낸다.

케이스 처리 요약

vehicle class	합계 N	사건 수	중도절단	
			N	퍼센트
Passenger car	72	72	0	0.0%
SUV&RV	43	43	0	0.0%
Freight truck	12	12	0	0.0%
전체	127	127	0	0.0%

[그림 3-16] 처리 자료 요약 예시

생존표

vehicle class	시간	상태	시간에 누적 생존 비율		누적 사건 수	남아 있는 케이스 수
			추정값	표준 오차		
Passenger car 1	.000	1.00	.	.	1	71
2	.000	1.00	.	.	2	70
3	.000	1.00	.	.	3	69
4	.000	1.00	.	.	4	68
5	.000	1.00	.	.	5	67
6	.000	1.00	.	.	6	66
7	.000	1.00	.903	.035	7	65
8	58.240	1.00	.889	.037	8	64
9	60.590	1.00	.875	.039	9	63
10	65.240	1.00	.861	.041	10	62
11	66.590	1.00	.847	.042	11	61
12	66.690	1.00	.833	.044	12	60
13	66.710	1.00	.819	.045	13	59
14	67.760	1.00	.806	.047	14	58

[그림 3-17] 영향구간 생존표 예시

생존 시간에 대한 평균 및 중위수

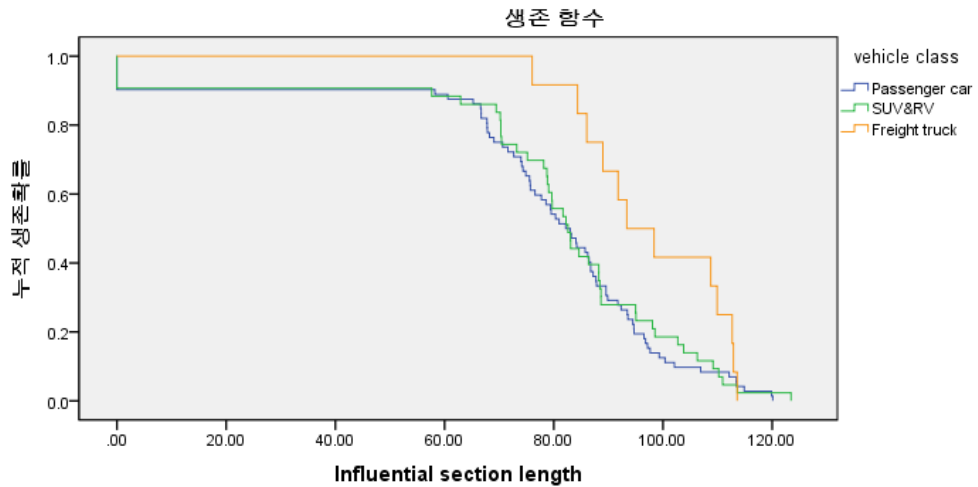
vehicle class	평균 <sup>a</sup>				중위수			
	추정값	표준 오차	95% 신뢰구간		추정값	표준 오차	95% 신뢰구간	
			하한	상한			하한	상한
Passenger car	76.986	3.418	70.286	83.686	82.170	2.530	77.212	87.128
SUV&RV	78.754	4.463	70.007	87.501	82.600	2.222	78.244	86.956
Freight truck	98.062	3.784	90.645	105.478	93.370	5.698	82.201	104.539
전체	79.576	2.527	74.623	84.530	84.070	1.755	80.629	87.511

[그림 3-18] 영향구간의 평균 및 중위수 결과 예시

백분위수

vehicle class	25.0%		50.0%		75.0%	
	추정값	표준 오차	추정값	표준 오차	추정값	표준 오차
Passenger car	93.470	2.365	82.170	2.530	69.040	2.866
SUV&RV	95.070	5.491	82.600	2.222	70.440	2.850
Freight truck	109.930	2.940	93.370	5.698	86.030	3.480
전체	95.000	2.171	84.070	1.755	72.670	2.139

[그림 3-19] 영향구간의 백분위수 결과 예시



[그림 3-20] 생존함수 곡선 예시

### 3.4 분석 결과 검토 및 해석

생존분석을 통해 산출한 결과들을 각 경우별로 비교하고, 비교 결과의 원인 및 의미를 해석해 낸다. 비교항목들은 다음과 같다.

- 과속방지턱 설치 유형별 비교
- 시간대별 비교
- 차종별 비교
- 통과 전·후 영향구간 간 차이 비교

이들 간의 비교는 여러 가지 방법에 의해 진행될 수 있는데, 가장 간단히 할 수 있는 방법은 평균과 중위수와 같이 추정 값들을 비교하는 것들이다. 이러한 비교는 대상 간의 대소 관계를 간단하게 파악할 수 있지만, 통계적 유의성은 확보하기 어렵다.

통계적 신뢰도를 높이기 위해서는 로그순위검정을 시행해야 한다. 로그순위검정은 두 집단의 생존함수 간의 동질성 여부를 검정하기 위한 방법들 중 하나로, Mantel-Cox test라고도 한다. 이 검정을 통해서, 비교되는 생존함수가 상호 간에 차이가 있는지를 확인할 수 있다.

한편, 통과 전·후 영향구간과 같이 상호 대응되는 비모수 표본 간의 차이를 확인하기 위해서는, 대응 표본 윌콕슨 부호순위검정이 활용되었다. 대응 표본 윌콕슨 부호순위검정은 대응되는 표본 간 차이의 절댓값에 순위를 부여한 후, 차이의 부호별로 합산한 결과를 이용하여 검정통계량을 계산한다. 상기 두 통계적 검정은 4장에서 상세히 다뤘다.

## 제4장 분석 결과 및 해석

### 4.1 현장 조사 자료 개요

#### 4.1.1. 측정 자료 개요

〈표 4-1〉 조사지점 및 시간대별 차종 분포

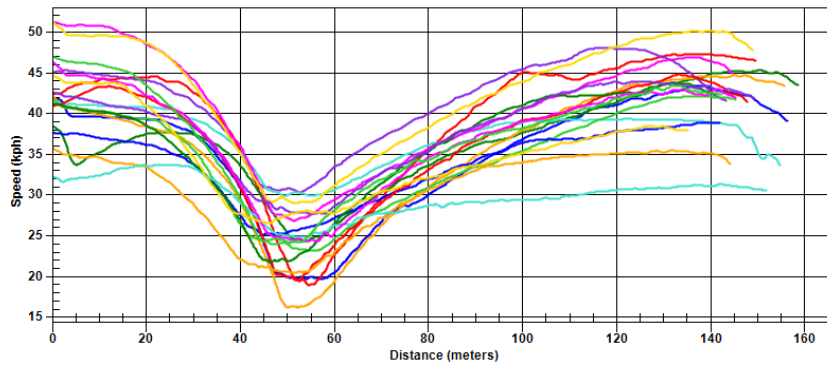
단위: 대.

차 종	단일형		연속형(30m)		연속형(50m)	
	주간	야간	주간	야간	주간	야간
승용차	81 (57.0%)	41 (56.2%)	80 (55.9%)	37 (52.9%)	74 (56.1%)	36 (52.9%)
SUV 및 승합차	47 (33.1%)	24 (32.9%)	46 (32.2%)	24 (34.4%)	45 (34.1%)	24 (35.3%)
화물차	14 (9.9%)	8 (11.0%)	17 (11.9%)	9 (12.9%)	13 (9.8%)	8 (11.8%)
전 체	142	73	143	70	132	68

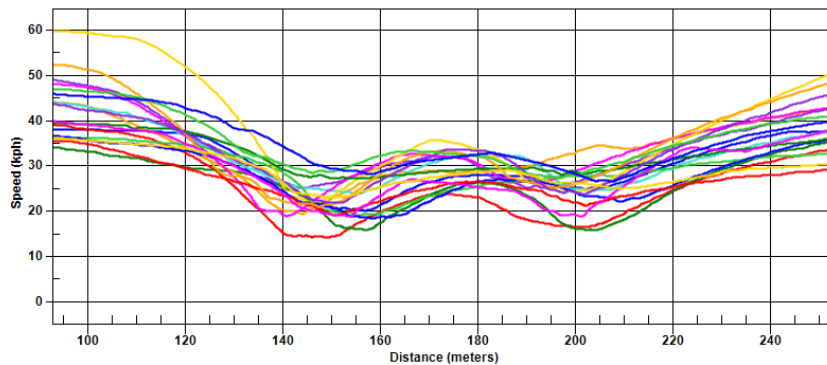
현장조사를 통해 수집한 측정 자료의 개요는 표 4-1과 같다. 구간별 영향구간을 용이하게 비교하기 위하여, 차종별 표본의 분포가 크게 차이나지 않도록 하였다. 야간 표본 수가 주간에 비해 적은 이유는, 차량 교통량의 감소로 인해 동일한 조사 시간 동안 수집된 표본 수가 적었기 때문이다. 야간 표본은 주간 표본의 50% 수준으로 수집되었다.

측정된 속도케적들은 그림 4-1, 4-2와 같은 형태를 나타냈다. 케적들의 개형을 살펴보면, 단일형 과속방지턱에서는 차량 속도가 감소하

는 부분이 1개이지만, 연속형 과속방지턱에서는 2개가 나타난다. 과속방지턱 전방에서 감속 후, 다시 가속하는 운전 행태가 잘 반영되어 있으며, 운전자에 따라 주행하고자 하는 속도가 다양하게 분포하고 있다는 것을 확인할 수 있다.



[그림 4-1] 단일형 과속방지턱 속도궤적 예시



[그림 4-2] 연속형 과속방지턱 속도궤적 예시

속도궤적 예시에서는 운전자에 따라 주행하고자 하는 속도가 과속방지턱 통과 전·후에 약 30~50km/h로 다양하게 분포하고 있었는데, 과속방지턱 통과 시에는 그 범위가 약 15~30km/h로 속도 분포가 약간 밀집되는 것을 시각적으로 확인할 수 있었다.



#### 4.1.2. 영향구간 표본의 모수 분포 여부 검정

전체 및 통과 전·후 영향구간의 길이에 대하여 KM 분석의 수행이 가능한지 확인하기 위해, 두 분포 사이의 동질성을 검정할 수 있는 K-S 검정을 사용하였다. 이로부터, 표본이 균등분포·정규분포·지수분포 중에 따르는 모수 분포가 있는지 확인하였다.

IBM SPSS Statistics 21.0을 활용하면, 표본이 균등분포·정규분포·지수분포 등의 모수 분포의 형태로 분포되어 있는지 검정할 수 있으며, 다음은 해당 통계 패키지에서 이용되는 K-S 검정의 알고리즘에 대한 설명이다.

귀무가설  $H_0: F(x) = F_0(x)$  for all  $x$

대립가설  $H_1: F(x) \neq F_0(x)$  for some  $x$

여기에서,  $F(x)$ 는 표본의 분포,  $F_0(x)$ 는 균등, 정규 분포와 같은 모수 분포이다.  $m$ 개의 관측 값들을  $x_{(1)} < x_{(2)} < \dots < x_{(m)}$ 과 같이 오름차순으로 정렬했을 때, 경험적 누적 분포 함수는 수식 (4)와 같다. 이를 표 4-2와 같은 주요 모수 분포의 누적 분포 함수와 비교함으로써, 표본이 모수 분포를 따르는지 결정하게 된다.

$$\widehat{F(x)} = \begin{cases} 0 & (-\infty < x < x_{(1)}) \\ \frac{\sum_{i=1}^m f_i I\{x < x_{(k+1)}\}}{\sum_{i=1}^m f_i} & (x_{(k)} \leq x < x_{(k+1)}) \\ 1 & (x_{(m)} \leq x < \infty) \end{cases} \quad (4)$$

〈표 4-2〉 주요 모수 분포별 누적 분포 함수

분포	이론적 누적 분포 함수
균등분포(Uniform)	$F_0(x_i) = \frac{x_i - \min}{\max - \min}$ <p>여기에서, max, min은 표본의 최댓값, 최솟값</p>
포아송분포(Poisson)	$F_0(x_i) = \sum_{l=0}^{x_i} \frac{e^{-\lambda} \lambda^l}{l!}$ <p>여기에서, <math>\lambda</math>는 표본 평균</p>
정규분포(Normal)	$F_0(x_i) = \Phi\left(\frac{x_i - \mu}{\sigma}\right)$ <p>여기에서, <math>\mu</math>와 <math>\sigma</math>는 각각 표본 평균과 표준편차</p>
지수분포(Exponential)	$F_0(x_i) = 1 - e^{-\beta x_i}$ <p>여기에서, <math>\beta</math>는 표본 평균의 역수(inverse sample mean)</p>

검정통계량  $Z$ 는 경험적 누적 분포와 이론적 누적 분포 간의 차이로 부터 계산된다.

$$\begin{aligned} D_i &= \hat{F}(x_{(i-1)}) - F_0(x_{(i)}) \\ \tilde{D}_i &= \hat{F}(x_{(i)}) - F_0(x_{(i)}) \end{aligned} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

단, 포아송분포에 대해서는 다음과 같은 계산과정을 거친다.

$$\begin{aligned} D_i &= \begin{cases} \hat{F}(x_{(i)} - 1) - F_0(x_{(i)} - 1) & x_{(i)} > 0 \\ 0 & x_{(i)} = 0 \end{cases} \\ \tilde{D}_i &= \hat{F}(x_{(i)}) - F_0(x_{(i)}) \end{aligned} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

검정통계량  $Z$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$Z = \sqrt{\sum_{j=1}^n f_j \max_i (|D_i|, |\tilde{D}_i|)} \quad (7)$$

양측 유의확률은 아래와 같이 산출되며, 이 값이 유의수준 이하일 경우에, 귀무가설을 기각하여, 표본 분포가 모수 분포를 따르지 않는다는 검정 결과를 내놓는다.

$$p = \begin{cases} 1 & 0 \leq Z < 0.27 \\ 1 - \frac{\sqrt{(2\pi)}}{Z} (Q + Q^9 + Q^{25}), Q = e^{-\pi^2/8Z^2} & 0.27 \leq Z < 1 \\ 2(Q - Q^4 + Q^9 - Q^{16}), Q = e^{-2Z^2} & 1 \leq Z < 3.1 \\ 0 & Z > 3.1 \end{cases} \quad (8)$$

표본 분포가 주어진 모수 분포와 동일하다는 것을 귀무가설, 다르다는 것을 대립가설로 설정하여 검정을 수행하였다.

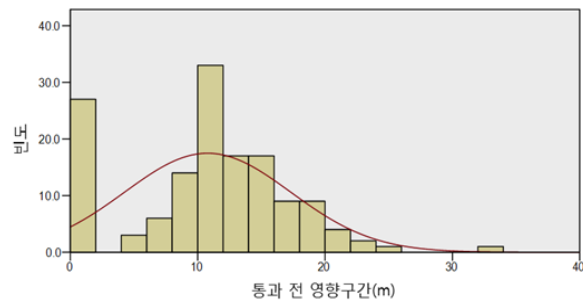
<표 4-3> 영향구간 분포에 대한 K-S 검정 결과

영향구간		균등분포 가정시		정규분포 가정시		지수분포 가정시	
		유의확률		유의확률		유의확률	
		주간	야간	주간	야간	주간	야간
단일형	통과 전	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	통과 후	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000
연속형 (30m)	통과 전	0.004	0.000	0.000	<u>0.200</u>	0.000	0.000
	통과 후	0.000	0.000	0.001	0.016	0.000	0.000
	유효영향구간비율	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
연속형 (50m)	통과 전	0.000	0.000	0.032	0.004	0.000	0.000
	통과 후	0.000	0.000	0.003	<u>0.200</u>	0.000	0.007
	유효영향구간비율	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

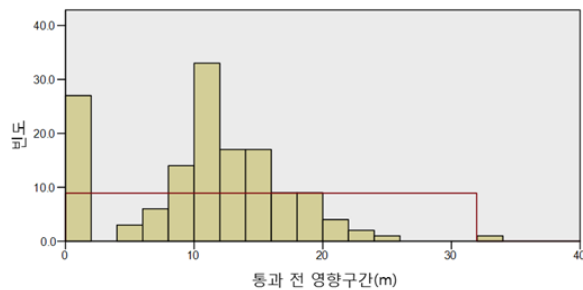
참고: 밑줄은 유의확률 0.05에 대하여 주어진 표본분포가 모수 분포라는 가설을 기각하지 못함.

표 4-3은 K-S 검정의 결과를 정리한 것으로, 각 영향구간 표본이 모수 분포를 따르는지를 검정한 유의확률을 나타낸 것이다. 유의수준 0.05에 대하여, 전체 48가지 경우 중에서 야간의 30m 간격 연속형 과

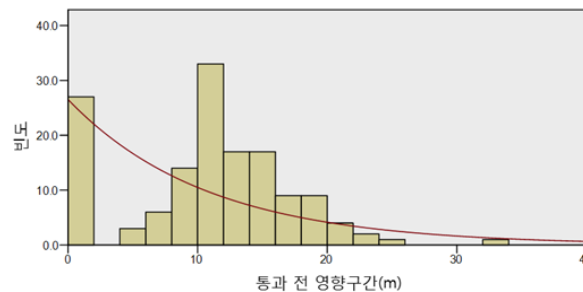
속방지턱 통과 전 영향구간과 야간의 50m 간격 연속형 과속방지턱 통과 후 영향구간 등 2개 경우를 제외하고는 통과 전·후 영향구간과 유효영향구간비율이 특정한 모수 분포라고 가정할 수 없었다. 이로부터, 비모수 방법인 KM 분석 수행의 통계적 근거를 확보하였다.



[그림 4-3] 정규분포에 대한 영향구간의 K-S 검정 결과 예시



[그림 4-4] 균등분포에 대한 영향구간의 K-S 검정 결과 예시

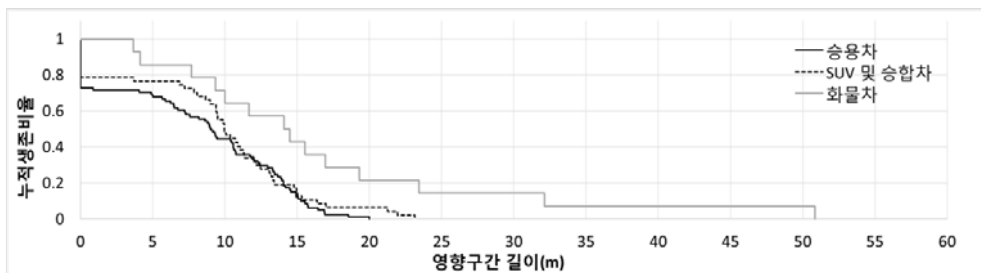


[그림 4-5] 지수분포에 대한 영향구간의 K-S 검정 결과 예시

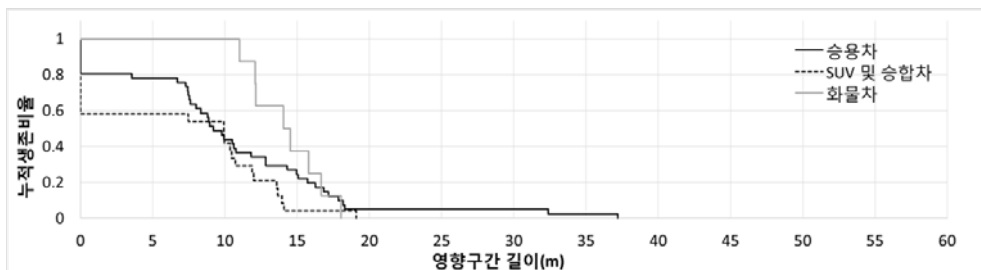
그림 4-3~4-5는 SPSS를 이용한 K-S 검정 수행의 예시로써, 주간  
의 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간에 대한 K-S 검  
정 결과이다. 모수 분포 곡선과 히스토그램 간의 차이가 상당한 것을  
시각적으로 확인할 수 있다. 정규분포와 지수분포 가정 시에는 유의확  
률이 0.000, 균등분포 가정 시에는 0.004로, 수치적으로도 유의수준  
0.05에 대하여 모수 분포가 아니라는 결론을 도출할 수 있다.

## 4.2 과속방지턱 설치 유형에 따른 영향구간의 생존분석

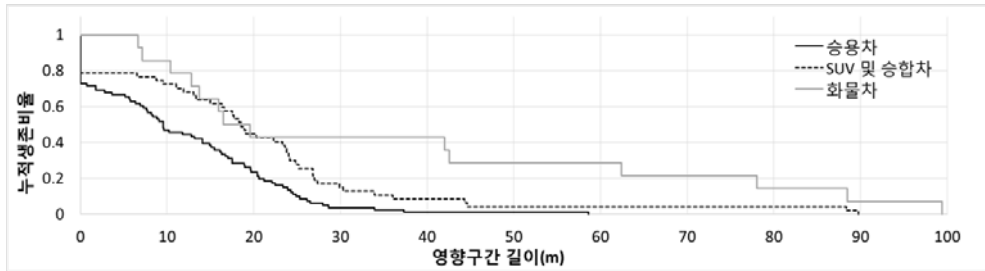
### 4.2.1. 단일형 과속방지턱의 영향구간



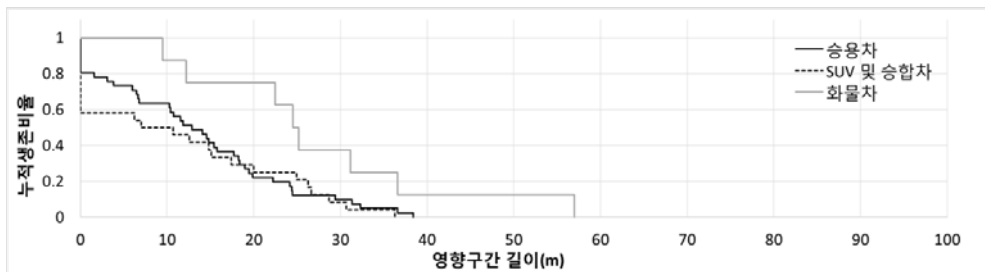
[그림 4-6] 단일형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(주간)



[그림 4-7] 단일형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(야간)



[그림 4-8] 단일형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(주간)



[그림 4-9] 단일형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(야간)

단일형 과속방지턱의 영향구간에 대하여 KM 분석을 수행하였다. 단일형 과속방지턱의 영향구간은 통과 전 영향구간과 통과 후 영향구간만으로 이루어져 있다. 그림 4-6~4-9는 단일형 과속방지턱의 통과 전·후 영향구간을 주간과 야간으로 구분하여 생존함수곡선을 그린 것이다. 생존함수곡선이 세로축에 근접할수록 영향구간의 길이가 상대적으로 짧아지는 것을 의미한다.

먼저, 시간대에 따른 변화를 비교한 결과, 전반적으로 통과 전·후 영향구간 모두 주간보다는 야간에 짧아지는 경향이 있었다. 이로부터, 운전자들이 야간에 위험한 운전 행태를 더 많이 보이는 것을 알 수 있었다. 이러한 경향은 통과 전 영향구간보다 통과 후 영향구간에서 확연하게 드러났다.

다음으로, 차종별 영향구간의 생존함수곡선을 비교하였을 때에는 화물차와 그 외 차종 간의 차이가 두드러졌다. 화물차가 감속구간과 가속구간 모두에서 영향구간이 세 차종 중에서 가장 긴 것으로 나타났다. 이는 화물차의 감·가속 성능이 다른 차종에 비해 떨어지거나, 화물과손의 우려 때문에 운전자가 과속방지턱 통과 시에 더 조심스럽게 운전하기 때문으로 추정된다. 승용차와 SUV 및 승합차 간에도 약간의 차이가 관측되었는데, 시간대가 바뀔에 따라 그 양상이 변화하였다. 주간에는 승용차의 영향구간이 SUV 및 승합차에 비해서 짧은 것으로 나타났지만, 야간에는 이러한 관계가 뒤집어졌다. 단일형 과속방지턱에 대하여, 승용차보다 SUV 및 승합차가 시간대에 따라 운전 행태가 더 많이 변화하는 것으로 확인되었다.

동일 조건 하의 통과 전·후 영향구간 또한 비교하였다. 통과 전 영향구간에 비해 통과 후 영향구간의 길이가 더 긴 비대칭성이 나타나는 것이 확인되었다. 운전자들이 과속방지턱 통과 직전에 급하게 감속하는 것은 주행속도를 최대한 유지하려는 행태가 반영된 것으로 보인다. 과속방지턱 통과 후에는 운전자의 가속에 방해될 요인이 없기 때문에 운전자들의 개별 가속 특성이 드러나는 것으로 추정된다.

표 4-4와 4-5는 단일형 과속방지턱의 통과 전·후 영향구간에 대하여 평균과 중위수를 추정한 것이다. 두 표의 수치를 비교해보면, 주·야간 모든 차종에 대하여 통과 후 영향구간 길이의 평균이 통과 전 영향구간보다 길게 산출되었다. 이로부터 생존함수곡선에서 확인하였던 통과 전·후 영향구간의 비대칭성을 정량적으로 확인할 수 있다.

주·야간의 차이를 확인해보면, 통과 전·후 영향구간 양쪽에서 승용

차의 평균은 증가한 반면, 그 외 차종들의 평균은 감소하였다. 특히, 통과 전 영향구간의 감소폭이 2m 내외인데 비해, 통과 후 영향구간의 감소폭은 9m 이상으로 나타났다. 이는 시간대의 변화가 통과 후 영향구간에 더 큰 영향을 준다는 것을 의미한다.

〈표 4-4〉 단일형 과속방지턱 통과 전 영향구간의 평균 및 중앙값

단위: m.

구분		평균		중앙값	
		추정값	표준오차	추정값	표준오차
승용차	주간	8.16	0.67	9.01	0.64
	야간	10.32	1.26	9.19	0.72
SUV 및 승합차	주간	9.45	0.90	9.96	0.59
	야간	6.97	1.30	9.92	6.09
화물차	주간	16.66	3.32	14.11	2.67
	야간	14.29	0.87	14.06	1.70
전 체	주간	9.42	0.61	9.85	0.47
	야간	9.65	0.87	9.95	0.67

〈표 4-5〉 단일형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 평균 및 중앙값

단위: m.

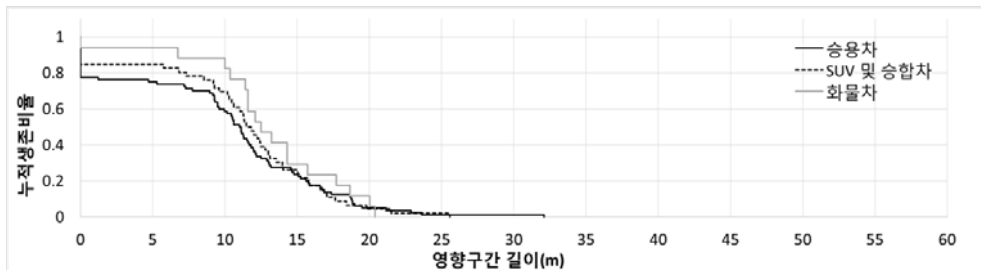
구분		평균		중앙값	
		추정값	표준오차	추정값	표준오차
승용차	주간	11.70	1.25	9.53	1.81
	야간	13.48	1.70	12.89	2.46
SUV 및 승합차	주간	20.19	2.76	18.54	1.09
	야간	11.55	2.48	6.99	7.69
화물차	주간	36.83	8.69	16.49	3.41
	야간	27.33	5.28	24.51	1.94
전 체	주간	16.99	1.56	14.06	1.63
	야간	14.36	1.46	12.89	1.94



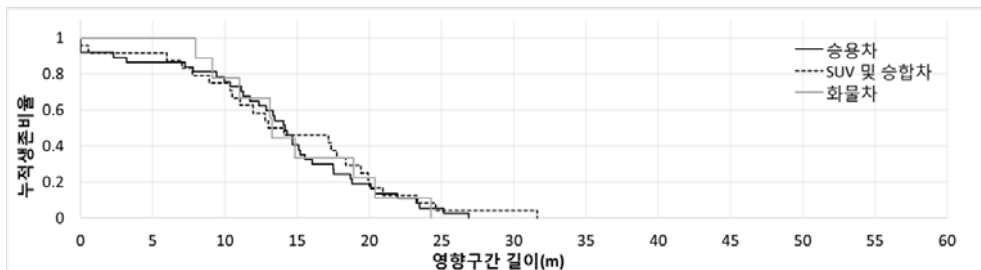
#### 4.2.2. 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전·후 영향구간

30m 간격 연속형 과속방지턱의 영향구간은 통과 전·후 영향구간과 과속방지턱 사이 구간으로 구성되어 있는데, 사이 구간에 대해서는 4.2.2.에서 분석하였다. 그림 4-10~4-13에는 시간대에 따른 통과 전·후 영향구간이 차종별로 생존함수곡선으로 표현되어 있다.

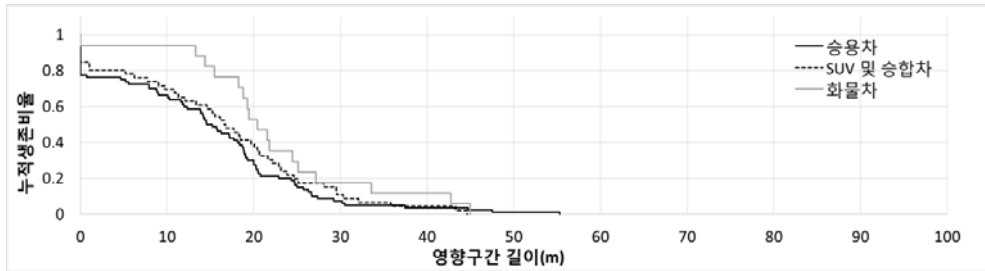
먼저, 동일 조건에 대하여 주·야간을 비교하면, 단일형 과속방지턱에서만큼의 차이는 나타나지 않는다. 이로부터, 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는 단일형 과속방지턱에서보다 시간대의 영향이 적은 것으로 추정할 수 있다. 즉, 30m 간격 연속형 과속방지턱은 단일형 과속방지턱보다 일관적인 속도 저감 효과를 발생시킨다고 말할 수 있다.



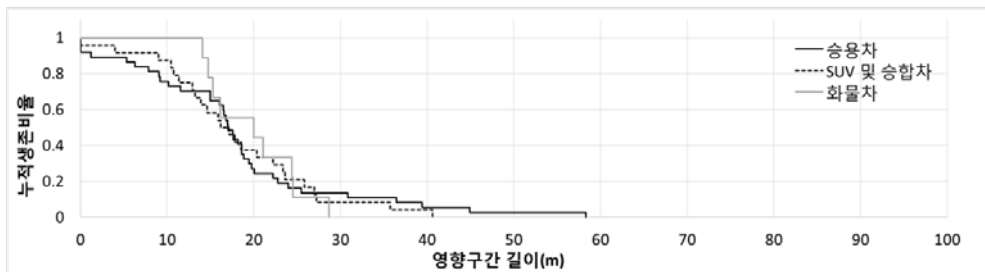
[그림 4-10] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(주간)



[그림 4-11] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(야간)



[그림 4-12] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(주간)



[그림 4-13] 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(야간)

다음으로, 차종 간의 차이를 비교해보면, 단일형 과속방지턱에서의 결과보다 큰 차이가 나지 않는 것을 확인할 수 있다. 승용차와 SUV 및 승합차의 생존함수곡선은 차이가 상당히 줄어들었으며, 화물차의 곡선도 나머지 두 차종과의 차이가 많이 줄어들었다. 특히, 야간의 경우에는 화물차의 영향구간이 다른 두 차종의 영향구간보다 짧아지는 경우가 발생하기도 했다.

마지막으로, 각 조건별로 통과 전·후 영향구간을 비교한 결과, 단일형 과속방지턱에서와 마찬가지로 통과 후 영향구간이 더 긴 것으로 분석되었다. 하지만, 야간에 구간을 통과한 화물차는 주간에 비해 통과 전과 후의 영향구간 생존함수곡선 간의 차이가 많이 줄어든 것을 확인할 수 있었다.

〈표 4-6〉 30m 간격 연속형 과속방지턱 통과 전 영향구간의 평균 및 중앙값

단위: m.

구분		평균		중앙값	
		추정값	표준오차	추정값	표준오차
승용차	주간	10.12	0.78	11.02	0.43
	야간	13.62	1.12	14.17	0.82
SUV 및 승합차	주간	11.12	0.89	11.50	0.55
	야간	14.35	1.54	13.01	3.18
화물차	주간	12.99	1.21	12.51	1.13
	야간	14.77	1.81	13.25	0.18
전 체	주간	10.78	0.55	11.41	0.27
	야간	14.02	0.82	14.06	0.80

〈표 4-7〉 30m 간격 연속형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 평균 및 중앙값

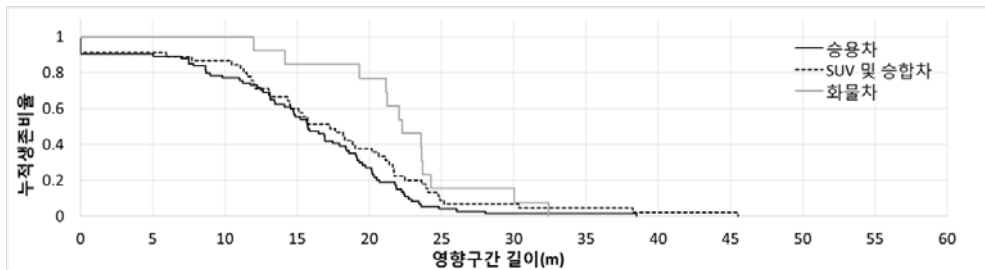
단위: m.

구분		평균		중앙값	
		추정값	표준오차	추정값	표준오차
승용차	주간	14.77	1.32	14.54	1.20
	야간	17.94	2.01	17.03	0.67
SUV 및 승합차	주간	16.40	1.71	16.62	1.75
	야간	17.99	1.89	16.19	1.94
화물차	주간	22.40	2.60	20.44	1.54
	야간	19.88	1.73	19.98	5.72
전 체	주간	16.20	0.99	16.74	1.23
	야간	18.21	1.26	17.03	0.70

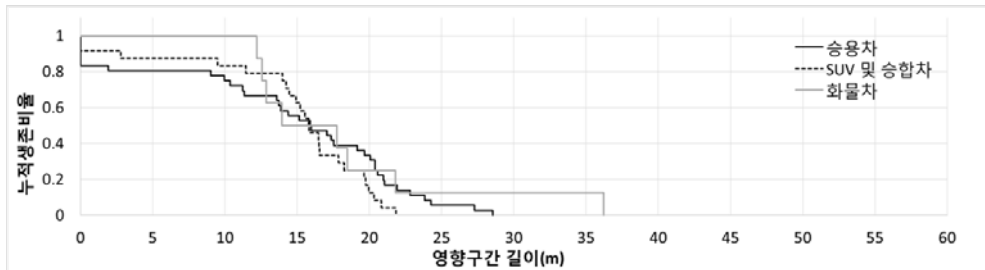
표 4-6과 4-7에서는 30m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전·후 영향구간의 평균과 중앙값을 추정하였다. 수치를 비교해보면, 정도에는 차이가 있지만 모든 경우에 대해서 통과 후 영향구간의 길이가 통과 전 영향구간보다 길었다. 승용차, SUV 및 승합차, 화물차 순으로 영향

구간의 길이가 길어지는 경향은 단일형 과속방지턱과 동일하였다. 다만 화물차의 통과 후 영향구간만이 주간보다 야간에 짧아진 부분은 단일형 과속방지턱에서 승용차를 제외한 두 차종에서 통과 전·후 영향구간이 모두 야간에 짧아진 것과 비교했을 때 특이한 부분이었다.

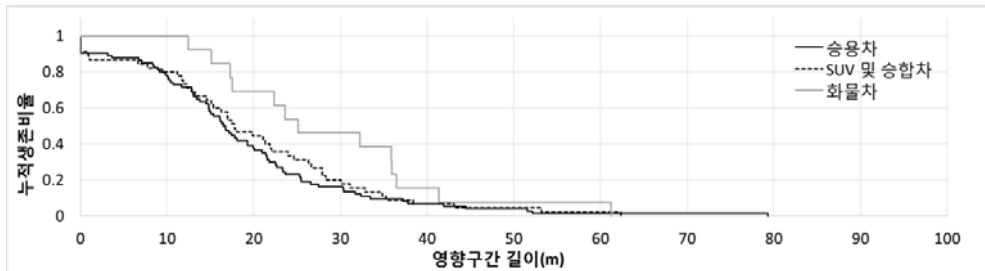
#### 4.2.3. 50m 간격 연속형 과속방지턱의 영향구간



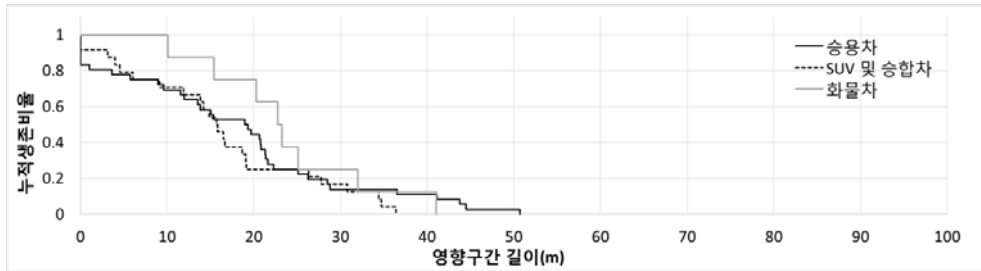
[그림 4-14] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(주간)



[그림 4-15] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간 생존함수곡선(야간)



[그림 4-16] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존함수곡선(주간)



[그림 4-17] 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 후 영향구간 생존합수곡선(야간)

그림 4-14~4-17에서는 50m 간격 연속형 과속방지턱을 통과한 3개 차종별 통과 전·후 영향구간에 생존합수곡선을 표현하고 있다. 30m 간격 연속형 과속방지턱과 마찬가지로, 과속방지턱 사이 구간은 4.2.(4)에서 별도로 분석을 수행하였으므로 본 절에서는 이를 생략하였다.

먼저, 주간과 야간의 차이를 비교해보면, 통과 전·후 영향구간 모두 주간보다 야간에 짧아지는 경향이 두드러졌다. 이러한 경향은 단일형 과속방지턱과 30m 간격 연속형 과속방지턱의 일부 차종에서 나타났으나, 50m 간격 연속형 과속방지턱에서는 더욱 확연하게 나타났다.

다음으로, 차종 간의 차이를 확인해보면, 화물차와 다른 두 차종 간의 차이가 컸다. 이는 앞서 분석한 다른 유형의 과속방지턱에서도 나타난 경향이었다. 이러한 차이는 야간보다 주간에 더 뚜렷하게 나타났다. 승용차와 SUV 및 승합차 간에는 매우 작은 차이만 있었다.

통과 전·후 영향구간을 비교해보면, 앞에서 분석했던 다른 과속방지턱들과 마찬가지로 통과 후 영향구간의 길이가 통과 전 영향구간보다 길게 측정되었다. 과속방지턱의 설치 유형에 상관없이 이러한 영향구간의 비대칭성은 동일하다는 것을 확인할 수 있었다.

〈표 4-8〉 50m 간격 연속형 과속방지턱 통과 전 영향구간의 평균 및 중앙값

단위: m.

구분		평균		중앙값	
		추정값	표준오차	추정값	표준오차
승용차	주간	15.17	0.86	15.73	1.09
	야간	14.43	1.40	15.89	2.00
SUV 및 승합차	주간	17.03	1.35	17.29	1.90
	야간	14.66	1.24	15.80	0.78
화물차	주간	22.29	1.51	22.29	1.41
	야간	18.23	2.84	13.96	3.47
전 체	주간	16.51	0.70	16.93	1.00
	야간	14.96	0.92	15.85	0.71

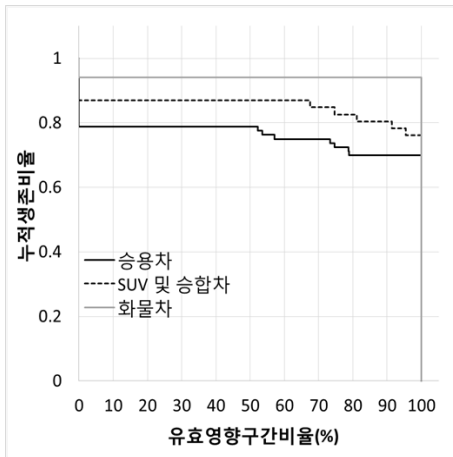
〈표 4-9〉 50m 간격 연속형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 평균 및 중앙값

단위: m.

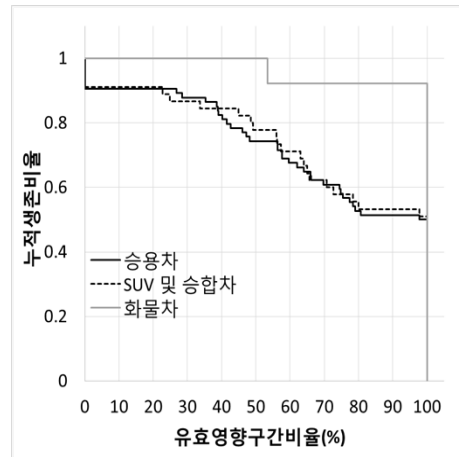
구분		평균		중앙값	
		추정값	표준오차	추정값	표준오차
승용차	주간	18.78	1.57	16.52	1.13
	야간	17.84	2.29	18.95	3.48
SUV 및 승합차	주간	19.99	2.04	17.77	2.02
	야간	16.40	2.22	15.68	1.42
화물차	주간	28.96	3.74	25.14	5.94
	야간	23.75	3.38	22.75	2.09
전 체	주간	20.20	1.20	17.45	1.04
	야간	18.03	1.50	16.68	1.93

표 4-8과 4-9는 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전·후 영향구간의 평균 및 중앙값 추정을 정리한 것이다. 수치상으로 봤을 때, 모든 경우에 대하여 주간보다 야간의 영향구간 길이가 길다는 것을 알 수 있다. 통과 전·후 영향구간을 서로 비교해보면, 수치적인 차이는 다른 유형의 과속방지턱들에 비해 크지 않았다. 하지만, 각 조건 하의 절대적 영향구간의 길이는 50m 간격 연속형 과속방지턱에 가장 길었다.

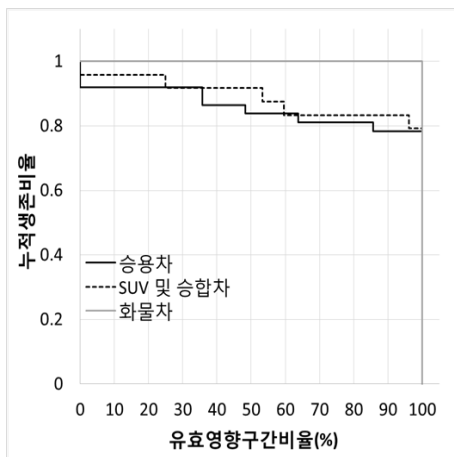
#### 4.2.4. 연속형 과속방지턱 사이 구간의 유효영향구간비율



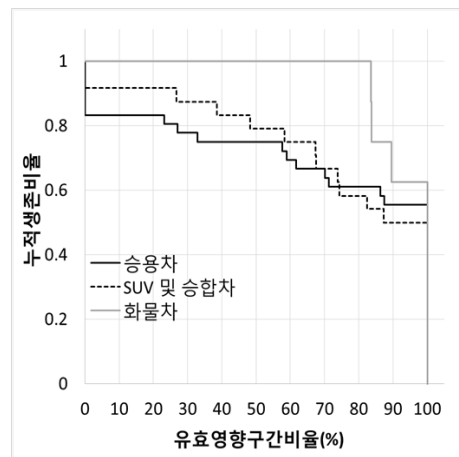
[그림 4-18] 30m 간격 연속형 과속방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(주간)



[그림 4-19] 50m 간격 연속형 과속방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(주간)



[그림 4-20] 30m 간격 연속형 과속방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(야간)



[그림 4-21] 50m 간격 연속형 과속방지턱 유효영향구간비율 생존함수곡선(야간)

〈표 4-10〉 연속형 과속방지턱 사이 구간의 유효영향구간비율 평균

단위: %

구분		30m 간격		50m 간격	
		평균 추정값	표준오차	평균 추정값	표준오차
승용차	주간	75.9	4.6	73.3	3.9
	야간	85.7	5.1	71.6	6.5
SUV 및 승합차	주간	85.0	5.0	74.5	4.9
	야간	88.9	5.5	76.0	6.6
화물차	주간	94.1	5.9	96.4	3.6
	야간	100.0	0.0	94.6	2.7
전 체	주간	81.0	3.1	76.0	2.8
	야간	88.6	3.3	75.8	4.2

그림 4-18~4-21은 4.2.(2)와 4.2.(3)에서 생략했던 과속방지턱 사이 구간에서의 유효영향구간비율에 대한 생존함수곡선을 나타내었다. 유효영향구간비율은, 과속방지턱 사이 구간의 길이에 대한 통과 차량이 제한속도 이하로 주행한 거리를 나타내는 수치로 정의를 하였다. 이전 분석에서 영향구간의 길이가 화물차, SUV 및 승합차, 승용차 순으로 길어진다는 결론을 얻었는데, 이러한 경향이 과속방지턱 사이 구간에서도 현격한 것으로 나타났다. 표 4-10에서 30m 간격 연속형 과속방지턱 사이 구간에 대하여 승용차는 주간에 75.9%의 구간에서만 제한속도 이하로 주행했지만, 화물차는 94.1%의 구간에서 제한속도 이하로 주행하였다. 50m 간격 연속형 과속방지턱에서도 이러한 경향은 유사하였다. 야간의 경우, 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는 수치가 상승하였으나, 50m 간격에서는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다.

한편, 전체 평균 유효영향구간비율을 보면 주간의 30m 간격 연속형 과속방지턱에서 81.0%, 50m 간격 연속형 과속방지턱에서 76.0%로



5%P의 차이를 보였다. 비율상으로는 30m 간격 연속형 과속방지턱의 속도 저감 효과가 더 강한 것처럼 보이지만, 실제 거리로 환산하면 각각 24.3m와 38.0m로 50m 간격 연속형 과속방지턱이 더 넓은 구간에 대하여 속도 저감 효과를 발휘하는 것을 알 수 있다.

〈표 4-11〉 연속형 과속방지턱 사이 구간 유효영향구간비율의 분포

단위: 대

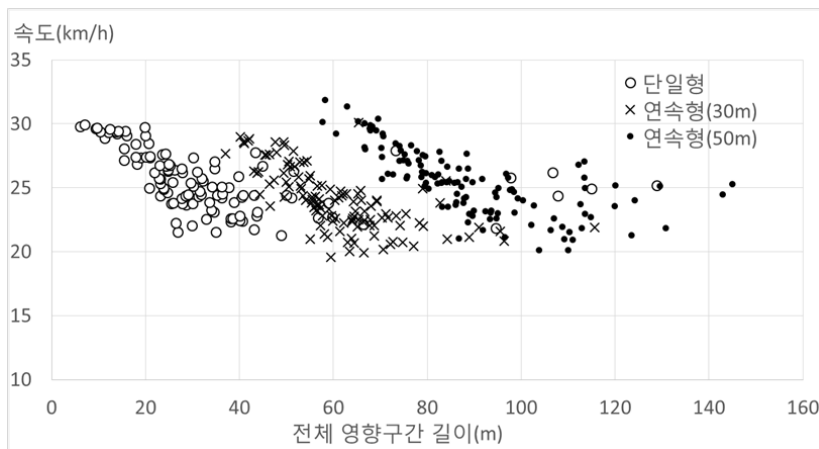
유효영향구간비율	30m 간격		50m 간격	
	주간	야간	주간	야간
0%	24(16.8%)	4(5.7%)	11(8.3%)	8(11.6%)
0% 초과 50% 미만	0(0.0%)	4(5.7%)	18(13.6%)	6(8.7%)
50% 이상 100% 미만	12(8.4%)	5(7.1%)	31(23.5%)	17(24.6%)
100%	107(74.8%)	57(81.4%)	72(54.5%)	38(55.1%)

표 4-11은 과속방지턱 설치 간격과 시간대에 따른 유효영향구간비율 분포의 변화를 나타내고 있다. 과속방지턱 사이 구간 전체에서 제한속도 이하로 주행한 차량의 비율은 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는 주간 74.8%, 야간 81.4%였지만, 50m 간격에서는 주간 54.5%, 야간 55.1%로 설치 간격에 따라 큰 차이를 보였다. 하지만, 이러한 차이는 사이 구간의 길이가 길어지면서 과속방지턱의 속도 저감 효과가 미치는 범위가 상대적으로 줄어들어 발생한 것이다. 50m 간격에서 60%의 유효영향구간비율을 보인 차량이 실제로 속도 저감 효과를 받은 거리는 30m로, 30m 간격의 사이 구간 전체와 절대적 구간 길이는 같다는 것으로부터 이러한 결과가 지표의 차이로 인한 것임을 알 수 있다.

한편, 특정 차량의 유효영향구간비율이 0%라는 것은 과속방지턱이

설치된 구간을 통과하면서, 제한속도 이하로 주행한 구간이 없다는 것을 의미한다. 이러한 차량의 비율은 30m 간격에서 주간 16.8%, 야간 5.7%인데 비해, 50m 간격에서는 주간 8.3%, 야간 11.6%로 나타났다. 과속방지턱의 일반적인 목표 제한속도인 30km/h를 준수하지 않은 차량 비율과 과속방지턱 설치 간격 간의 일관적인 관계가 드러나지 않는 것이 확인되었다.

#### 4.2.5. 영향구간과 주행속도 간의 관계



[그림 4-22] 차량 평균속도와 영향구간 길이 간의 관계

구간 내 통과속도의 제한속도 초과 여부에 상관없이, 통과 전 영향구간의 시점과 통과 후 영향구간의 종점 간 구간을 전체 영향구간이라고 정의할 수 있다면, 전체 영향구간 내에서의 차량 평균속도와 영향구간의 길이 간에는 그림 4-22와 같은 관계를 관찰할 수 있다. 30km/h 이하로 주행하지 않아 영향구간이 관측되지 않은 관측 값들은 평균속도와 영향구간의 길이가 모두 0으로 간주되기 때문에 상관관계

분석에서 제외하였다. 단일형 과속방지턱과 연속형 과속방지턱 모두 영향구간 내 평균속도와 영향구간의 길이가 음의 상관관계를 가지고 있었다.

먼저 단일형 과속방지턱의 경우, 92.7%의 영향구간이 0~60m 구간에 속했으며, 영향구간 내 평균속도는 95.5%가 20~30km/h 구간에 포함되었다. 상관분석을 수행하면 상관계수가 -0.718로, 음의 상관관계가 강했다.

다음으로 30m 간격 연속형 과속방지턱의 경우, 98.3%의 영향구간이 40~100m 구간에 속했으며, 영향구간 내 평균속도는 97.5%가 20~30km/h 구간에 포함되었다. 상관분석을 수행하면 상관계수가 -0.646으로, 음의 상관관계가 강한 편이지만, 단일형 과속방지턱에 비해서는 상대적으로 약하다는 것이 확인되었다.

일부 관측치를 제외하면 연속형 과속방지턱의 영향구간은 92.6%가 60~120m 범위에 분포하고, 영향구간 내 평균속도는 95.0%가 20~30km/h 구간에 속해 있다. 단일형 과속방지턱의 경우와 비교했을 때, 상관계수가 -0.719로, 단일형 과속방지턱에서의 값과 거의 차이가 없었다.

#### 4.2.6. 소결

단일형 과속방지턱과 30m 및 50m 간격 연속형 과속방지턱을 통과하는 차량들에 대하여 통과 전·후 영향구간과 과속방지턱 사이 구간에서의 유효영향구간비율을 산출하여, 과속방지턱 설치 유형·시간대·차종 등의 요인에 따른 변화를 KM 분석을 활용하여 분석하였다.

과속방지턱 설치 유형 간 차이를 비교하면, 일부 차종 및 시간대에  
서 단일형·30m 간격 연속형·50m 간격 연속형 과속방지턱 순으로 영  
향구간이 증가하는 양상이 관찰되었다. 그러나 이러한 증가 추세는 승  
용차에서는 두드러졌으나, 화물차에서는 전혀 발견되지 않아, 일반적인  
현상으로 규정하기는 어려웠다.

시간대 간 비교에서는 전체 18개 경우 중 7개 경우에는 야간의 영  
향구간이 주간보다 길었으며, 11개 경우에는 야간에 과속방지턱의 속  
도 저감 효과가 약화되는 것이 확인되었다. 한편, 50m 간격 연속형 과  
속방지턱에서는 모든 차종에 대하여 야간의 영향구간이 주간보다 짧은  
것으로 나타나, 야간 시간대의 과속에는 상대적으로 취약한 것으로 나  
타났다.

차종 간의 영향구간을 비교한 결과, 승용차의 영향구간이 가장 짧게  
측정되는 것이 일반적이었다. 하지만 일부 경우에는 SUV 및 승합차  
에서 더 짧은 영향구간이 측정되었다. 화물차의 영향구간은 모든 경우  
에 대하여 가장 긴 것으로 나타나, 화물차 운전자들이 과속방지턱에  
대하여 민감하게 반응하는 것이 확인되었다.

연속형 과속방지턱에 대하여 과속방지턱 사이 구간의 유효영향비율  
을 산출한 결과, 30m 간격 연속형 과속방지턱에서 더 높은 비율이 계  
산되었다. 이는 사이 구간이 50m 간격 연속형 과속방지턱보다 짧기 때  
문에 나타나는 현상으로, 절대적인 제한속도 이하 주행거리는 50m 간  
격에서 더 길게 나타나는 경우가 많았다.

과속방지턱으로 인해 제한속도 이하로 주행하게 된 거리와 해당 구  
간을 주행하는 차량의 평균속도를 각각 횡축과 종축으로 하여 산포도

를 도식한 결과, 평균속도가 낮을수록 제한속도 이하로 주행하는 거리가 길어지는 경향을 확인하였다. 이러한 경향으로부터, 넓은 범위에 대하여 속도 저감 효과를 적용하기 위해서는 평균 통과속도를 낮출 수 있는 방안을 강구해야 함을 알 수 있다.

### 4.3 영향구간 분석 결과의 통계적 유의성 검정

4.2절에서는 여러 요인에 따른 영향구간 생존함수곡선의 개형 차이를 확인하거나 평균 및 중앙값을 비교함으로써, 요인별로 영향구간에 미치는 영향을 분석하였다. 하지만 이러한 비교가 유의한 결과를 도출하기 위해서는, 영향구간 간 차이가 통계 검정을 통하여 통계적 유의성을 확보해야 한다.

따라서 4.3절에서는 여러 요인들로 인한 차이가 유의한지 통계적 기법들을 활용하여 분석하였다. 시간대와 차종으로 인한 영향구간의 생존함수곡선 차이를 확인하기 위해서는 로그순위검정을 활용하였다. 통과 전·후 영향구간과 같이 동일 차량에 대하여 행태의 변화를 관찰하기 위해서는 대응 표본 윌콕슨 부호순위검정을 수행하였다.

#### 4.3.1. 로그순위검정

로그순위검정은 두 집단의 생존함수의 동질성을 검정하는 기법으로, 관찰된 자료의 형태가 아래와 같을 때 활용할 수 있다.

집단 1:  $y_{11}, y_{11}, \dots, y_{1m_1}$

집단 2:  $y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2m_2}$

두 집단 자료를 통합한 후 크기 순으로 나열한 후, 중도절단 되지 않은 자료들의 발생시점들로부터  $t_1 < \dots < t_r$ 을 생성한다. 각  $t_i$  시점에서 집단 1로부터 관찰된 사건수를  $d_{i1}$ , 위험그룹에 속한 사건수를  $Y_{i1}$ 라고 하고, 집단 2와 두 집단 전체에서 관찰된 사건 수와 위험그룹에 속한 사건수를 각각  $d_{i2}$ ,  $d_i$ ,  $Y_{i2}$ ,  $Y_i$ 라고 정의할 수 있다. 이때, 로그순위검정의 검정통계량은 수식 (9)와 같다.

$$Z^* = \sum_{i=1}^r \left[ \frac{d_{i1}}{Y_{i1}} - \frac{d_i}{Y_i} \right] = \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_{i1}} [O_{i1} - E_{i1}] \quad (9)$$

여기에서,  $d_{i1}/Y_{i1}$ 은 위험률로써, 두 집단의 생존함수가 동일하다면 위험률 또한 비슷한 값이 산출될 것이라는 가설 하에  $Z^*$ 가 수립되었다. 결과적으로,  $Z^*$ 는 카이제곱 적합도 검정과 유사한 형태를 보인다.  $Y_i$ ,  $Y_{i1}$ ,  $d_i$ 가 알려져 있을 때,  $d_{i1}$ 의 조건부분포가 초기하분포를 따르게 되므로,  $d_{i1}$ 의 평균과 분산은 수식 (10)과 (11)과 같다. 최종적으로, 로그순위검정 통계량은 수식 (12)로 정의된다.

$$E(d_{i1}) = Y_{i1} \frac{d_i}{Y_i} \quad (10)$$

$$Var(d_{i1}) = \frac{Y_{i1} Y_{i2}}{Y_i - 1} \frac{d_i}{Y_i} \left( 1 - \frac{d_i}{Y_i} \right) = V_{i1} \quad (11)$$

$$Z = \frac{Z^*}{\sqrt{V_1}} \sim N(0,1), \quad \chi^2 = \frac{Z^{*2}}{V_1} \sim \chi^2(1) \quad (12)$$

<표 4-12> 주야간에 따른 차종별 통과 전·후 영향구간 로그순위검정 결과

차종		승용차	SUV 및 승합차	화물차
단일형	통과 전	2.813(0.094)	1.370(0.242)	0.443(0.506)
	통과 후	0.540(0.462)	2.968(0.085)	0.676(0.411)
연속형 (30m)	통과 전	3.791(0.052)	3.813(0.051)	0.991(0.320)
	통과 후	0.528(0.468)	0.045(0.833)	0.817(0.366)
연속형 (50m)	통과 전	3.409(0.065)	<u>4.207(0.040)</u>	1.539(0.215)
	통과 후	0.815(0.367)	1.081(0.298)	1.068(0.301)

참고: 괄호 안은 유의확률이며, 밑줄은 통계 검정 결과가 유의함을 의미함.

표 4-12의 로그순위검정 결과를 살펴보면, 주·야간의 영향구간 생존 함수곡선의 차이가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없음을 알 수 있다. 50m 간격 연속형 과속방지턱을 통과한 SUV 및 승합차의 통과 전 영향구간만이 시간대에 따른 변화가 통계적으로 유의하였다. 이 조건 하에서는 주간과 야간의 통과 전 영향구간 평균이 17.03m, 야간의 평균이 14.66m로, 야간의 통과 전 영향구간이 2.37m 짧아졌다. 즉, 야간에는 과속방지턱에 더 가까운 지점부터 제한속도 이하로 주행하게 된다는 것이다. 비록 27개 경우 중에서 단 1개 경우에서만 통계적으로 유의한 차이가 관측되었지만, 과속방지턱의 속도 저감 능력이 야간에 약화될 수 있다는 가능성을 확인할 수 있었다.

한편, 표 4-13은 차종에 따른 과속방지턱 영향구간 생존함수간의 유의한 차이를 확인하기 위해 로그순위검정을 수행한 결과이다. 유의수준을 0.05라고 할 때, 먼저 단일형 과속방지턱에서 전체 영향구간에 대해서는 서로 다른 차종 간의 영향구간 생존함수의 차이가 유의미한 것으로 나타났다. 그러나 통과 전 영향구간에서는 승용차와 SUV 및 승

합차 간, 통과 후 영향구간에서는 SUV 및 승합차와 화물차 간의 차이가 통계적으로 무의미하였다.

<표 4-13> 통과 전·후 영향구간의 차종간 로그순위검정 결과

차종간 비교		승용차 ↔ SUV 및 승합차	SUV 및 승합차 ↔ 화물차	화물차 ↔ 승용차
단일형	통과 전	1.098(0.295)	6.461(0.011)	10.578(0.001)
	통과 후	9.751(0.002)	3.070(0.080)	12.523(0.000)
연속형 (30m)	통과 전	0.088(0.767)	0.244(0.622)	0.525(0.469)
	통과 후	0.364(0.546)	1.698(0.193)	2.664(0.103)
연속형 (50m)	통과 전	2.076(0.150)	1.912(0.167)	8.424(0.004)
	통과 후	0.490(0.484)	2.506(0.113)	3.764(0.052)

참고: 괄호 안은 유의확률임.

다음으로 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는, 세 영향구간 모두 모든 차종 간의 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이는 30m 간격 연속형 과속방지턱을 통과하는 차량에게 영향을 미치는 범위가 차종에 따라 달라지지 않는다는 것을 의미한다. 30m 간격 연속형 과속방지턱이 통과 교통에 대하여 차종 간의 동질화를 유도하는 것으로 풀이된다. 이는 일종의 교통 정온화 효과로 받아들일 수 있다.

50m 간격 연속형 과속방지턱 영향구간은 세 가지 차종 중에서 승용차와 SUV 및 승합차 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 통과 전 영향구간은 승용차와 화물차 간에만 유의미한 차이가 발생하였고, 통과 후 영향구간은 차종 간의 유효한 차이가 없는 것으로 확인되었다. 30m 간격 연속형 과속방지턱과 마찬가지로, 차종 간의 차이가 줄어드는 것이 확인되었다.



〈표 4-14〉 주야간에 따른 차종별 유효영향구간비율 로그순위검정 결과

과속방지턱 설치 간격	승용차	SUV 및 승합차	화물차
30m	0.914(0.339)	0.088(0.767)	0.529(0.467)
50m	0.283(0.595)	0.004(0.947)	2.474(0.116)

참고: 괄호 안은 유의확률임.

〈표 4-15〉 유효영향구간비율의 차종간 로그순위검정 결과

차종간 비교		승용차 ↔ SUV 및 승합차	SUV 및 승합차 ↔ 화물차	화물차 ↔ 승용차
연속형 (30m)	주간	0.018(0.894)	<u>6.013(0.014)</u>	<u>6.484(0.011)</u>
	야간	0.052(0.819)	0.884(0.347)	0.410(0.522)
연속형 (50m)	주간	0.634(0.426)	2.457(0.117)	<u>3.986(0.046)</u>
	야간	0.013(0.911)	2.053(0.152)	2.172(0.141)

참고: 괄호 안은 유의확률이며, 밑줄은 통계 검정 결과가 유의함을 의미함.

유효영향구간비율에 대해서도 시간대와 차종에 따른 차이가 통계적으로 유의미한지 확인하기 위한 로그순위검정을 수행하였다. 표 4-14는 시간대, 표 4-15는 차종에 대한 차이를 검정한 결과이다. 먼저 시간대에 대해서는 세 차종 모두가 두 설치 간격에서 유의수준 0.05에서 차이가 무의미한 것으로 분석되었다. 차종 간의 차이 또한 대체로 무의미하다는 결론이 도출되었으나, 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는 주간에 화물차가 다른 두 차종과 큰 차이를 보였다. 50m 간격에서는 주간에 승용차와 화물차 간의 차이가 유의하였다.

검정 결과를 분석해보면, 단일형 과속방지턱보다 연속형에서 차종간의 차이가 줄어드는 양상을 보인다는 것을 알 수 있다. 이처럼 연속형 과속방지턱에서 차종 간의 차이가 완화되는 것은 과속방지턱 사이 구간 유무에 원인이 있을 것으로 판단된다. 단일형 과속방지턱의 영향

구간을 구성하는 통과 전·후 구간에서는 운전자가 감속 또는 가속하려는 의지를 가지고 있기 때문에 차종별 감·가속 성능이 크게 영향을 미치는 것으로 보인다. 반면, 연속형 과속방지턱에서는 첫 번째 과속방지턱을 통과한 이후에 두 번째 과속방지턱이 추가로 설치되어 있어, 운전자들이 가속 의지를 어느 정도 상실하게 된다. 이런 상태에서 과속방지턱 사이 구간을 주행하게 되기 때문에 차종 간 성능의 차이가 크게 드러나지 않는 것으로 해석할 수 있다.

실제로, 첫 번째 과속방지턱을 통과한 이후 차량들의 가속 행태를 추가적으로 분석해 보았다. 단일형 과속방지턱에서는 첫 번째 과속방지턱이 유일한 과속방지턱이므로, 앞의 분석 내용을 준용하였다. 연속형 과속방지턱에 대해서는 과속방지턱 사이 구간이 해당 구간 내에서의 주행 행태와 상관없이 영향구간에 포함되었기 때문에, 이 구간에서의 제한속도 준수 양상을 단일형 과속방지턱과 비교할 필요가 있었다.

단일형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 사분위수 추정 값들을 산출한 후, 각 사분위수의 영향구간 길이보다 더 긴 구간에서 제한속도 이하로 주행한 연속형 과속방지턱 통과 차량들의 비율을 분석하였다. 그 결과, 표 4-14에서처럼, 연속형 과속방지턱에서 첫 번째 과속방지턱 통과 후 영향구간의 길이가 더 긴 것으로 확인되었다. 동일한 영향구간의 길이에 대하여, 영향구간이 그보다 긴 차량들의 비율이 단일형 과속방지턱보다 연속형에서 약 15.9~50.5%P 높았다. 특히, 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는 75%의 차량이 23.64m가 지난 후에도 30km/h 이하로 주행하였다. 이로부터, 단일형 과속방지턱에서보다 연속형 과속방지턱에서 운전자들이 가속 의지가 낮아진다는 것을 알 수 있었다.

〈표 4-16〉 구간별 첫째 과속방지턱 통과 후 영향구간의 비교

단일형 과속방지턱의 통과 후 영향구간의 사분위수	누적생존확률		
	단일형	연속형 (30m 첫째)	연속형 (50m 첫째)
2.80m	75.0%	82.5%	90.9%
14.06m	50.0%	75.5%	75.8%
23.64m	25.0%	75.5%	50.0%

#### 4.3.2. 대응 표본 윌콕슨 부호순위검정

하나의 영향구간에 대하여 통과 전·후의 영향구간 한 쌍이 대응된다. 본 연구의 자료들은 비모수 검정을 통하여 정규분포를 따르지 않는다는 것이 확인되었으므로, 분석 대상 표본이 정규분포를 따른다는 가정이 필요한 쌍체  $t$  검정의 수행은 불가능하다. 따라서 두 개의 비모수 표본 간의 분포 차이를 검정할 수 있는 대응 표본 윌콕슨 부호순위검정을 수행하였다.

대응 표본 윌콕슨 부호순위검정은 대응 표본  $t$  검정과 마찬가지로, 대응되어 있는 표본 분포 간의 차이를 검정하게 된다. 하지만 두 집단의 분포가 정규분포라고 가정한 후 수행되는  $t$  검정과는 달리, 비모수 분포일 때에도 활용 가능하다.

$$\text{귀무가설 } H_0: \theta = \text{Median}(x_1 - x_2) = 0$$

$$\text{대립가설 } H_A: \theta > 0 \text{ or } \theta < 0$$

대응되는 표본 간의 차이  $d_i = x_{i1} - x_{i2}$ 를 계산한 후, 그 차이가 0이 되는 표본들을 제외하고, 절댓값의 크기에 따라 오름차순으로 정렬하

여 순위를 매긴다. 양수인  $d_i$ 의 순위의 합을  $S_p$ , 음수인  $d_i$ 의 순위의 합을  $S_n$ 이라고 하면, 수식 (13), (14)와 같다.

$$S_p = \sum_{i \in D} f_i \text{rank}(|d_i|; D, f) I(\text{sign}(d_i) > 0) \quad (13)$$

$$S_n = \sum_{i \in D} f_i \text{rank}(|d_i|; D, f) I(\text{sign}(d_i) < 0) \quad (14)$$

평균 양의 순위  $\overline{X_p}$ 와 음의 순위  $\overline{X_n}$ 는 각각 수식 (15), (16)과 같다.

$$\overline{X_p} = S_p / n_{p,f} \quad (15)$$

$$\overline{X_n} = S_n / n_{n,f} \quad (16)$$

검정 통계량  $T$ 는 수식 (17)과 같다.

$$T = \frac{S_p - \mu_T}{\sigma_T} \quad (17)$$

이 때,  $\mu_T$ 와  $\sigma_T$ 는 수식 (18), (19)와 같다.

$$\mu_T = \frac{n_f(n_f + 1)}{4} \quad (18)$$

$$\sigma_T^2 = \frac{n_f(n_f + 1)(2n_f + 1)}{24} - \frac{1}{48} \sum_{j=1}^l (t_{j,f}^3 - t_{j,f}) \quad (19)$$

여기에서,  $n_f$ :  $d_i \neq 0$ 인 표본의 개수 ( $= \sum_{i \in D} f_i$ )

$l$ : 전체 순위 수

$t_{j,f}$ :  $j$ 번째 값에서 동률을 이루는 표본의 개수

만약 동률인 표본이 존재하지 않는다면,  $\sigma_T^2$ 은 수식 (20)과 같다.

$$\sigma_T^2 = \frac{n_f(n_f+1)(2n_f+1)}{24} \quad (20)$$

표 4-15는 월콕슨 검정 결과 산출되는 유의확률을 정리한 것이다. 50m 간격 연속형 과속방지턱에서 통과 전·후 영향구간 간의 차이가 통계적 유의성을 확보하지 못하는 경우가 있었으며, 이는 SUV 및 승합차에서 두드러짐을 알 수 있다. 이전의 분석에서는 통과 후 영향구간이 통과 전 영향구간보다 항상 차이가 있다고 결론 내렸지만, 일부는 통계적으로 유의하지 않았던 것이 확인되었다.

<표 4-17> 통과 전·후 영향구간에 대한 대응 표본 월콕슨 부호순위검정 결과

차종		승용차	SUV 및 승합차	화물차
단일형	주간	0.000	0.000	0.009
	야간	0.015	0.022	0.039
연속형 (30m)	주간	0.000	0.000	0.001
	야간	0.007	0.008	0.038
연속형 (50m)	주간	0.039	<u>0.097</u>	0.039
	야간	0.016	<u>0.709</u>	<u>0.093</u>

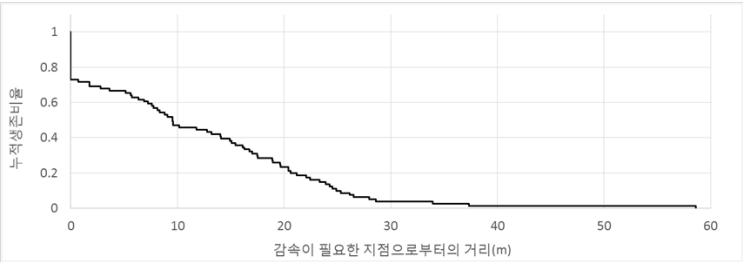
참고: 밑줄은 통계 검정 결과가 유의하지 않음을 의미함.

#### 4.4 현행 지침에의 연구 결과 적용 방안

본 연구에서 분석한 결과를 가장 잘 활용할 수 있는 부분은 현행 과속방지턱 관련 지침인 국토해양부(2011)의 개정 시에 이를 반영하는 것이다. 본 연구의 단일형 과속방지턱 통과 후 영향구간의 분석에서는 차량들이 과속방지턱을 통과한 후 평균 16.99m로 나타났다. 교차로를 기준으로, 15~30m라고 명시되어 있는 현행 기준을 만족하는 수치이

다. 하지만, 16.99m보다 더 먼 지점에 설치될 경우 과속방지턱의 속도저감 효과가 약화될 수 있다.

<표 4-18> 과속방지턱의 설치 위치 관련 지침 수정안

과속방지턱 설치 위치	과속방지턱 설치를 금하는 위치
1) 교차로 및 도로의 굴곡 지점으로부터 30m 이내 2) 도로 오목 종단 곡선부의 끝으로부터 30m 이내 3) 최대경사 변화 지점으로부터 20m 이내(10% 이상 경사시) 4) 기타 교통안전상 필요하다고 인정되는 지점	1) 교차로로부터 15m 이내 2) 건널목으로부터 20m 이내 3) 버스정류장으로부터 20m 이내 4) 교량, 지하도, 터널, 어두운 곳 등 5) 연도의 진입이 방해되는 곳 또는 맨홀 등의 작업 차량 진입을 방해하는 장소
추가 부분	※ 평지 구간에서의 적정 이격거리 17m 권고  <과속방지턱으로부터의 이격 거리에 따른 제한속도 준수율>

따라서 표 4-16과 같이 현행 지침과 같이 과속방지턱 설치 지점을 특정 수치가 아니라 구간으로 제시하여 융통성을 부여하되, 본 연구의 결과 값을 권고 기준으로 명시하는 방향으로 개선될 수 있을 것이다. 이외에도, 본 연구를 통해서 획득한 생존함수 곡선을 제시하여, 현장 설치 시에 목표로 하는 제한속도 이하 주행 차량의 비율에 따라 간격을 조정할 수 있도록 하는 방안도 가능하다.

다음으로, 설치간격에 대해서는 ‘해당 구간에서 목표로 하는 일정한

주행 속도 이하를 유지할 수 있도록 해당 도로의 도로 교통 특성을 고려하여 정'하였다. 각 제한속도별 적정 설치 간격은 실험을 통하여 구축한 관계식으로부터 산출하였으며, 20~90m의 간격으로 설치하는 것을 원칙으로 하였다.

<표 4-19> 과속방지턱의 설치 위치 관련 부가 설명 안

## 부가 설명

단일형 과속방지턱과 연속형 과속방지턱을 비교하는 측정 및 분석을 수행한 결과에 따르면, 단일형 과속방지턱보다 연속형 과속방지턱에서 과속방지턱 설치 개수 당 제한속도 이하 주행구간이 연장됨을 알 수 있다. 통과 전, 후 영향구간만을 고려하면, 연속형 과속방지턱의 효과가 그렇게 크지는 않지만, 과속방지턱 사이 구간을 포함하면, 효과가 2배 이상에 달한다. 주간의 승용차를 기준으로, 단일형 과속방지턱에서는 제한속도 이하 주행구간이 평균 19.9m였지만, 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는 47.7m, 50m 간격에서는 70.6m로 각각 2.4배, 3.6배에 달하였다. 2개의 단일형 과속방지턱을 설치하는 것보다, 적정 설치 간격을 유지함으로써, 하나의 연속형 과속방지턱으로 기능하도록 하는 것이 더 효율적인 것이다.

구분	단일형	연속형(30m)	연속형(50m)
통과 전	8.2	10.1	15.2
통과 후	11.7	14.8	18.8
제한속도 이하 주행구간	19.9	47.7	70.6

<과속방지턱 설치 유형에 따른 영향구간 길이의 변화>

하지만 본 연구에서는 30m 간격과 50m 간격의 연속형 과속방지턱에 대해서만 분석을 수행하여, 그 외의 간격에 대해서도 일반적으로 적용할 수 있는 기준을 제시하기에는 부족한 부분이 없지 않다. 그럼

에도 불구하고, 구간에서의 속도 저감이나 교통 정온화에 있어 연속형 과속방지턱의 성능이 더 우수하다는 사실을 표 4-17과 같이 지침에서 부가적으로 설명할 수 있다.

또한, 과속방지턱 통과 전·후의 운전자들의 반응에 차이가 있어 통과 후 영향구간이 통과 전 영향구간보다 길다는 것이 보편적이라는 결론을 지침에 반영하여, 과속방지턱의 현장 설치 시에 영향구간의 비대칭성에 대하여 인지하도록 할 수 있다. 교차로에 과속방지턱이 설치되는 경우를 가정하면, 교차로에 접근하는 방향과 교차로에서 진출하는 방향에 따라 교차로로부터 과속방지턱이 이격되어 설치되는 거리가 달라져야 할 것이다.

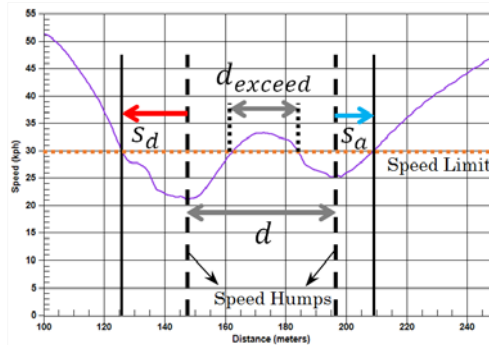
마지막으로, 본 연구에서 분석한 연속형 과속방지턱의 사이 구간의 유효영향구간비율과 관련한 부가적인 분석 내용으로부터 지침의 수정이 필요하다고 주장할 수 있다. 지침에서는 특정 구간에 대하여 85%의 차량이 최대속도 30km/h 이하로 주행하도록 하려면 35m 간격으로 과속방지턱을 설치하면 된다고 명시했다. 그러나 본 연구의 분석에 의하면, 주간에 30m 간격 연속형 과속방지턱의 사이 구간에서 30km/h 이하로 주행한 차량의 비율은 74.8%에 불과하다. 평균속도를 최대속도로 전환하게 되면, 이 수치는 더 낮아질 것이다. 따라서 지침의 과속방지턱 설치 간격 관련 부분은 표 4-18과 같은 부가 설명 안을 제안할 수 있다. 주간의 30m 간격 연속형 과속방지턱 사이 구간의 유효영향구간비율 평균은 81.0%로, 전체 구간에서 30km/h 이하로 주행하도록 유도하는 것은 어려울 것이다. 그러므로 유효영향구간비율에 대한 적절한 기준을 마련하여, 이를 충족시킬 수 있는 적절한 설치 간격을 제시



할 수 있다면 현장에서 적용 가능한 지침을 구성할 수 있을 것이다.

<표 4-20> 과속방지턱의 설치 간격 관련 부가 설명 안

부가 설명
<p>지침에서 구축한 모형식에서 85백분위 최대속도를 사용한 것은, 통과 차량 중 85%에 대해서는 30km/h 이하로 주행하도록 하는 과속방지턱 설치 간격이 35m라는 의미로 해석할 수 있다. 하지만 실제 측정 결과, 35m보다 짧은 거리인 30m에서 평균 30km/h 이하로 통과하는 차량의 비율이 74.8%였으며, 최대속도가 30km/h 이하로 하여 통과하는 차량의 비율은 이보다 낮을 것으로 판단된다. 이를 만족하기 위해서는 과속방지턱 설치 간격이 더욱 가까워져야 하지만, 이는 실제 현장에 적용하기 어려운 결과이다. 그렇기 때문에 유효영향구간비율이라는 개념을 도입하여, 과속방지턱 사이 구간에서 일정 비율에 대해서 제한속도 이하로 주행하도록 유도할 수 있는 과속방지턱 간격을 제시하는 것이 바람직할 것이다.</p>



<과속방지턱 사이 구간 중 제한속도 이하로 주행하는 거리의 비율>

## 제5장 결론 및 향후 과제

### 5.1 연구의 결론

본 연구에서는 단일형 과속방지턱과 연속형 과속방지턱을 통과하는 차량이 제한속도 이하로 주행하게끔 과속방지턱이 속도 저감 효과를 미치는 구간인 영향구간의 길이에 대한 분석을 수행하였다. 분석 결과, 과속방지턱 통과 전·후 영향구간 간, 과속방지턱 유형간, 차종간 영향구간의 차이에 대한 결론을 얻을 수 있었다.

〈표 5-1〉 요인에 따른 통과 전·후 영향구간 길이의 평균

단위: m.

구분		승용차		SUV 및 승합차		화물차		전 차종	
		통과 전	통과 후	통과 전	통과 후	통과 전	통과 후	통과 전	통과 후
단일형	주간	8.16	11.70	9.45	20.19	16.66	36.83	9.42	16.99
	야간	10.32	13.48	6.97	11.55	14.29	27.33	9.65	14.36
연속형 (30m)	주간	10.12	14.77	11.12	16.40	12.99	22.40	10.78	16.20
	야간	13.62	17.94	14.35	17.99	14.77	19.88	14.02	18.21
연속형 (50m)	주간	15.17	18.78	17.03	19.99	22.29	28.96	16.51	20.20
	야간	14.43	17.84	14.66	16.40	18.23	23.75	14.96	18.03

표 5-1은 각 요인의 변화에 따른 통과 전·후 영향구간 길이의 평균의 변화를 정리한 것이다. 표에 따르면, 과속방지턱의 유형에 상관없이 과속방지턱 통과 전보다는 통과 후 영향구간의 절대적 길이가 긴 것을 확인하였다. 18개 경우에서 통과 후 영향구간이 통과 전에 비해 1.12배 ~ 2.21배까지 연장되었다. 이러한 비대칭성이 나타나는 것은 원래의 주

행속도로 과속방지턱에 최대한 근접한 지점까지 주행한 후, 통과 직전에 감속하여 차량에 가해지는 수직 방향 충격을 줄이고자 하는 운전자들의 행태가 반영된 것으로 보인다. 다만, 50m 간격 연속형 과속방지턱의 일부 경우에는 통과 전·후 영향구간 간의 차이에 대한 통계적 유의성이 확보되지 않았다.

다음으로, 주야 시간대별로 영향구간의 차이가 발생하는지 분석하였다. SUV 및 승합차에 대한 50m 간격 연속형 과속방지턱의 통과 전 영향구간을 제외하고, 모든 유형 및 차종에 대하여 시간대에 따른 차이가 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다. 이렇게 차이가 없는 것은 야간 시간대에 조사 지점의 조명 시설 가동이 적절히 이뤄져, 시거 확보가 주간만큼 용이했기 때문으로 추정된다. 하지만 영향구간 길이의 절댓값만을 비교했을 때에는 야간 시간대에 영향구간의 길이가 짧아지는 경향이 나타나, 과속방지턱의 속도 저감 효과가 야간에 저하될 수 있는 가능성은 존재하는 것으로 확인되었다.

또한, 통과 차량들을 승용차·SUV 및 승합차·화물차 등 3개 차종으로 구분하여 분석을 수행하였다. 분석 결과, 단일형 과속방지턱에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이는 차종들이 있었지만, 연속형 과속방지턱에서는 50m 간격에서 승용차와 화물차 간의 차이만 유의하였다. 그 외의 경우에 대해서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 차종별 차량 성능의 차이가 단일형 과속방지턱에서는 영향구간 길이의 차이를 야기했지만, 연속형 과속방지턱에서는 과속방지턱 사이 구간의 영향으로 그 차이가 완화되었으며, 특히 30m 간격 연속형 과속방지턱에서 그 경향이 뚜렷하게 나타나는 것으로 추정된다. 연속형 과속방지

턱을 통과하면서, 차종 간의 차이가 감소하는 교통류의 정온화가 발생한 것으로 해석할 수 있다.

〈표 5-2〉 요인에 따른 과속방지턱 사이 구간의 유효영향구간비율의 평균

단위: %.

구분		승용차	SUV 및 승합차	화물차	전 차종
연속형 (30m)	주간	75.9	85.0	94.1	81.0
	야간	85.7	88.9	100.0	88.6
연속형 (50m)	주간	73.3	74.5	96.4	76.0
	야간	71.6	76.0	94.6	75.8

표 5-2는 유효영향구간비율의 평균을 정리한 것이다. 본 연구에서 정의한 유효영향구간비율은 과속방지턱 사이 구간에서 제한속도 이하로 주행한 거리의 비율을 나타내는 개념으로, 비율이 높을수록 과속방지턱 사이 구간에서 제한속도를 준수하여 주행한다는 것을 의미한다. 차종 간의 비교 결과는 화물차의 유효영향구간비율이 가장 높았으며, SUV 및 승합차와 승용차가 뒤를 이었다. 하지만 통계적 검정 결과는 야간에는 차종 간의 차이가 무의미하며, 주간에도 승용차와 화물차 간의 차이에 대해서만 통계적 근거가 확보되었다.

시간대에 따른 유효영향구간비율의 변화는 과속방지턱 설치 간격에 따라 다소 차이가 있었다. 30m 간격 연속형 과속방지턱에서는 차종에 상관없이 유효영향구간비율이 야간에 항상 길었지만, 50m 간격에서는 지배적인 경향이 존재하지 않았다. 하지만 생존함수곡선에 대하여 시간대 비교를 했을 때, 통과 전·후 영향구간과 마찬가지로 주·야간의 차이가 없다는 결론을 얻었다.

연속형 과속방지턱 설치 시의 비용은 단일형 과속방지턱 설치 시 비

용의 2배가 투입된다고 가정할 수 있다. 통과 전·후 영향구간의 연장 효과는 대부분의 조건에서 2배에 미치지 못하므로, 연속형 과속방지턱이 단일형 과속방지턱보다 경제성이 낮은 것처럼 분석된다. 하지만 과속방지턱 사이 구간까지 고려한다면, 연속형 과속방지턱의 설치로 인해 제한속도 이하 주행구간의 평균 길이가 2배 이상 증가하므로 경제적 측면에서도 장점을 가질 수 있다. SUV 및 승합차와 화물차의 일부 조건 하에서는 2배에 미치지 못하였으나, 이는 단일형 과속방지턱에서의 영향구간 길이가 길었기 때문에 상대적인 배율이 적게 산출된 것으로 보인다.

〈표 5-3〉 연속형 과속방지턱의 제한속도 이하 주행구간의 평균 길이

단위: m.

구분		승용차	SUV 및 승합차	화물차	전 차종
연속형 (30m)	주간	47.66(2.40)	53.02(1.79)	63.62(1.19)	51.28(1.94)
	야간	57.27(2.41)	59.01(3.19)	64.65(1.55)	58.81(2.45)
연속형 (50m)	주간	70.60(3.55)	74.27(2.51)	99.45(1.86)	74.71(2.83)
	야간	68.07(2.86)	69.06(3.73)	89.28(2.15)	70.89(2.95)

참고: 괄호 안은 단일형 과속방지턱의 제한속도 이하 주행구간 평균 길이의 배수임.

기존 연구에서는 과속방지턱의 속도 저감 효과를 분석할 때, 평균속도 또는 그 감소폭이 평가지표로써 많이 활용되었다. 하지만 본 연구에서는 과속방지턱의 영향구간을 정의하여, 과속방지턱으로 인해 제한속도 이하로 주행하게 되는 구간의 길이를 측정 및 분석하였다. 또한, 생존분석 모형을 활용하여, 전체 자료의 형태를 효과적으로 표현하였다. 영향구간을 과속방지턱 통과 전·후로 구분한 것도 의미 있는 분석으로 판단된다.

## 5.2 연구의 한계 및 향후 연구 과제

본 연구에서 분석한 연속형 과속방지턱의 간격은 30m와 50m 뿐이었기 때문에 과속방지턱 간격 변화에 따른 영향구간 길이의 변화를 일반적인 모형으로 제시할 수 없었다. 또한, 단일형과 연속형 과속방지턱이 설치되어 있는 스피드건 측정에 적합한 조사 지점을 다양하게 확보하지 못해, 개별 장소의 특수성이 반영되었을 여지가 존재한다. 차종간의 차이 분석도 부족한 표본 수로 인하여 편향된 자료에 기초하여 이뤄졌을 수 있다. 따라서 일관적인 결론이 도출되는지 더 많은 조사지에서 분석할 필요가 있으며, 표본 수집을 확대하고 연속형 과속방지턱 간격을 다양화한 향후 연구가 이어져야 할 것이다.

조사 구간의 제한속도의 표현이 명확하지 않아, 이를 가정하고 분석한 부분 또한 연구의 한계이다. 제한속도가 명시되지 않아, 설치 당시의 의도를 확인할 수 없었기에 차선택으로 지침을 준용한 것이다. 제한속도가 명시되지 않은 이유는 단순히 명시하지 않았거나, 목표 제한속도를 설정하지 않고 과속방지턱을 무작정 설치했기 때문으로 추정된다. 따라서 과속방지턱을 설치할 때에는 목표로 하는 제한속도를 염두에 두고 설치하거나, 과속방지턱을 설치할 때에 의도한 제한속도를 확실하게 표현하여, 운전자의 혼란을 방지해야 할 것이다.

단일형 및 연속형 과속방지턱을 분석한 본 연구로부터 다양한 연구들이 파생될 수 있다. 먼저, 다양한 과속방지턱 간격에 대하여 유사한 방법론을 적용함으로써, 과속방지턱 설치비용 대비 영향구간이 가장

효율이 높은 간격을 탐색하는 연구를 들 수 있다. 과속방지턱 간격과 영향구간의 길이 간의 관계를 파악하고, 운전자들이 더 이상 연속형 과속방지턱으로 인식하지 않는 과속방지턱 간격의 임계값을 구해낼 수 있을 것이다.

다음으로, 본 연구에서 통제했던 변인들을 조작하면서 분석을 수행할 수 있을 것이다. 기상 상황 및 구간 경사 등을 통제 변인에서 조작 변인으로 전환하여 연구를 수행할 수 있을 것으로 예상된다. 특히, 과속 위험이 높은 하향 경사 구간에서의 과속방지턱 영향구간 분석은 운전자의 가속 외에도 경사로 인한 가속이 추가되므로, 영향구간의 양상이 평지와는 달라질 것으로 추정된다. 이에 대한 후속 연구가 진행된다면, 경사구간 안전도 향상에 기여할 수 있을 것이다.

과속방지턱 통과 전·후의 영향구간이 비대칭으로 발생하는 원인을 정확히 규명하지 못했지만, 이 원인을 분석하여 명확히 하는 과정 또한 별도의 연구로 진행될 수도 있을 것이다.

## 참고문헌

국토해양부, 도로안전시설 설치 및 관리 지침: 제5편 과속방지턱, 2011.

금기정, 과속방지턱 설치효과 분석 및 수직가속도에 의한 개발 연구, 대한교통학회, 대한교통학회지 제14권, 제4호, pp.77-89, 1996.

김양진, 생존분석, 자유아카데미: 파주, 2013.

김종식, Traffic Calming 기법의 Speed Hump에 대한 차량속도 변화 및 효과에 관한 연구, 석사학위논문, 한양대학교, 2003.

박재빈, 생존분석: 이론과 실제, 신광출판사: 서울, 2006.

여인수, 백정길, 최장원, 김용석, 교통정온화 구역 과속방지턱 최적 설치간격, 한국도로학회, 한국도로학회지 제15권, 제3호, pp.151-157, 2013

유창형, 차량 과속방지턱의 효과 분석: 서울시 노원구를 중심으로, 성균관대학교, 석사학위논문, 1994.

이호원, 주두환, 현철승, 김동호, 박부희, 이철기, 어린이보호구역내 교통안전시설이 구간통행속도에 미치는 효과 분석, 한국ITS학회, 한국ITS학회지 제11권, 제3호, pp.124-132, 2010.

정병두, 오승훈, 보차공존도로에서의 시케인 설치를 위한 조사연구, 대한국토·도시계획학회, 대한국토계획학회지 제35권, 제2호, pp.117-125, 2000.



Abaza, O. A., Hussein, Z. S., and Malton, I. S., Optimization of Speed Control Hump Spacing, *ITE Journal*, 82(8), ITE, pp.44-47, 2012.

Barbosa, H. M., Tight, M. R. and May, A. D., A Model of Speed Profiles for Traffic Calmed Roads, *Transportation Research: Part A*, 34(2), Pergamon, pp.103-123, 2000.

Department for Transport, *Relationship between Speed and Risk of Fatal injury: Pedestrian and Car Occupants*, Road Safty Web Publication No. 16., Department for Transport: London, 2010.

Department for Transport, *Traffic Calming*, Local Transport Note 1/07,, Department for Transport: London, 2007.

Gilmore, D. K., Bauer, K. M., Torbic, D. J., Kinzel, C. S. and Frazier, R. J., Treatment Effects and Design Guidance for High-to Low-Speed Transition Zones for Rural Highways, *Transportation Research Record*, 2348(1), Transportation Research Board, pp.47-57, 2013.

Herrstedt L. (1992), Traffic Calming Design – a Speed Management Method: Danish Experiences on Environmentally Adapted through Roads, *Accident Analysis and Prevention*, 24(1), Elsevier, pp.3-16.

HughWoo, T., Lee, C. Y., and Ho, S. M., Comparison of Single and Tandem Speed Humps in Speed Reduction. *Journal of Society for Transportation and Traffic Studies*, 1(3), Thai Society for

Transportation and Traffic Studies, pp.46–53, 2013.

IBM Corporation, IBM SPSS Statistics, 21.0, 2012.

Ibrahim, N. I., Arif, W. R. and Karim, M. R., Road Humps as Traffic Calming Devices, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 4, EASTS, pp.1435–1441, 2003.

Johansson, C., Rosander, P., and Leden, L, Distance between Speed Humps and Pedestrian Crossings: Does It Matter?, *Accident Analysis and Prevention*, 43(5), Elsevier, pp.1846–1851, 2011.

Kojima A., Kubota H., Yoshida M., Ichihara S., and Yoshida S., Effectiveness of Speed Humps Ranged at Different Intervals Considering Roadside Environment Including Vehicle Speed, Noise and Vibration, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9, EASTS, pp.1913–1924, 2011.

Moreno A. T., García A. and Romero M. A., Speed Table Evaluation and Speed Modeling for Low-Volume Crosstown Roads, *Transportation Research Record*, 2203(1), Transportation Research Board, pp.85–93, 2011.

Moreno A. T. and García A., Use of Speed Profile as Surrogate Measure: Effect of Traffic Calming Devices on Crosstown Road Safety Performance, *Accident Analysis and Prevention*, 61, Elsevier pp.23–32, 2013.

Washington, S. P., Karlaftis, M. G. and Mannering, F. L., *Statistical and Econometric Methods for Transportation Data*

*Analysis*, Chapman & Hall/CRC: Boca Raton, Florida, 2003.

Weber, P. A., Towards a Canadian Standard for the Geometric Design of Speed Humps, MS Thesis, University of Ottawa, 1998.

# **Abstract**

## **An Analysis of Influencing Section of Speed Humps Using Vehicle Speed Profile**

Yoon, Gyugeun

Department of Civil and Environmental Engineering

The Graduate School

Seoul National University

Speed humps are one of the most widely installed road safety measures in domestic road environment. If a vehicle passes speed hump with high speed, passengers inside and vehicle experience the vertical impact. Therefore, drivers intend to avoid impact from speeding and speed reduction can be accomplished. Former researches tended to simply describe speed reduction effect by using momentary indices such as average speed reduction or speed reduction rate. However, these indices cannot inform the range that speed reduction effect of speed hump reaches.

In this research, the section that vehicle runs with speed lower than speed limit was equated with the range that speed reduction effect of speed hump reaches and this section was called

influencing section. Analyzing influencing section before and after speed humps, drivers' behavior for passing speed hump were observed. In addition, change of influencing section as external factors such as time and vehicle class were analyzed.

Also, effective influencing section ratio were defined as the ratio of the section that vehicle runs with speed lower than speed limit to length between speed humps. With this defined concept, speed reduction effect on the section between sequential speed humps can be quantitatively analyzed.

According to research results, influencing section before and after speed hump are asymmetric as influencing section after speed hump was longer. These influencing sections were elongated from 1.12 to 2.21 times as type of speed hump changes from isolated speed hump to sequential speed humps. Differences caused by time was not statistically significant and amount of differences among vehicle classes were varied as condition changed. Vehicle class condition affected effective influencing section ratio than time condition. Statistical significance of difference between passenger car and freight truck was secured during day time.

From these results, it was concluded that sequential speed humps had an advantage for widening the range that speed reduction effect reaches compared with isolated speed hump. It was not obvious that sequential speed humps were effective when only

influencing section before and after speed hump were considered. However, including section between sequential speed humps using effective influencing section ratio, it was confident that sequential speed humps had an economic advantage compared to isolated speed hump because total driven length under speed limit was increased by 1.19 to 3.73 times when sequential speed humps were installed.

The conclusion of this research can be included to 'Manual for Installation and Maintenance of Road Safety Measures', the current speed hump installation manual, to inform practitioners the information about speed hump installation location or spacing between sequential speed humps. It is expected that this information can help them to install the desirable speed humps at proper location.

**Keywords : Speed Hump, Influencing Section, Speed Profile,  
Survival Analysis,**

**Student Number : 2013-20932**