

무인과속단속시스템 적정설치지점 설계에 관한 연구

A study on the Installation of the Automated Speed Enforcement Camera

안형준

서울대학교 환경대학원 석사과정
y5645@snu.ac.kr

이영인

서울대학교 환경대학원 교수
yilee@snu.ac.kr

Key Words :

목 차

- | | |
|---------------------|---------------------|
| I. 서론 | IV. 방법론 적용 |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | 1. 기본 가정 |
| 2. 연구의 내용 | 2. 평면곡선구간 |
| 3. 연구의 범위 | 3. 종단곡선구간 |
| II. 선행연구 및 관련 이론 고찰 | 4. 직선구간 |
| 1. 선행연구 검토 | V. 결론 및 향후과제 |
| III. 방법론 정립 | 1. 결론 |
| 1. 기본 개념 | 2. 본 연구의 한계 및 향후 과제 |
| 2. 연구수행방법 | 참고문헌 |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

과속은 직·간접적으로 교통사고 발생원인 가운데 높은 비율을 점유하고 있으며 차량의 주행속도가 높을수록 교통사고 피해는 증가하게 된다. 과속사고를 방지하는데 비용/효과 측면에서 단속이 가장 효과가 우수한 대안으로 알려져 있으나 인력에 대한 단속은 적발율이 떨어지고, 위험하며, 단속에 대한 시비가 끊이지 않으므로 무인과속단속시스템의 도입이 활발하게 이루어 졌다.

무인과속단속시스템은 1997년도 32대의 도입을 시작으로 1998년 100대, 1999년 100대, 2000년 300대, 2001년 280대가 설치되었고, 2004년까지 총 3,959대가 설치될 계획이다.

무인단속시스템이 도입된 이후 사고 예방에 탁월한 효과를 보인 것으로 나타났다. 경찰청이 1997~2001년 설치한 고정식 과속단속 카메라 총 539대를 대상으로 카메라 설치 전·후 교통사고 통계 현황을 분석한 결과 사망사고로 인한 피해자가 586명에서 286명으로 300명이나 감소했으며, 같은 기간 사고 발생 건수도 9,652건에서 6,911건으로 28% 줄었다.

이 기간에 평균적으로 사고 발생 건수는 23~32% 줄어들고, 사망사고는 38~66% 감소한 것 또한 확인되었다.

이러한 교통사고 예방에 뛰어난 효과를 보이고 있는 무인과속단속시스템은 설치지점의 설계에 있어 뚜렷하고 일관성 있는 지침이 제공되어야 불필요한 곳의 설치로 인한 예산의

낭비를 막을 수 있다. 그러나 현행 교통단속처리지침 제4편(무인교통단속) 제46조(설치, 관리 등)에 의하면 "무인교통단속장비의 설치는 자동차의 속도, 신호, 전용차로 등 법규위반행위가 빈번히 이루어지거나 교통사고가 빈발하는 곳에 설치함을 원칙으로 한다"고 하여 구체적인 선정기준이 없고 정성적인 기준 지표에 의존하여 설치하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 실제 도로의 조건에 맞는 현장자료를 이용하여 무인교통단속시스템의 설치지점 기준을 정량화 하는데 그 목적이 있다.

2. 연구의 내용

본 연구는 무인과속단속시스템의 설치지점 설계를 제시하기 위한 과정으로써, 과속사고 잦은 지점의 도로 기하구조 특징에 대한 연구결과를 검토하였고, 종단 및 평면곡선부 등 시거제한 구간, 직선부 등 위험 및 주요지점에 대한 가·감속도 및 속도 패턴에 대한 문헌고찰을 실시 하였다.

최종적으로 앞서 문헌고찰을 통한 속도 및 가·감속도 값 및 가정을 통한 값을 바탕으로 도로안전시설물 예고판 설치 기준식에 적용 후, 직선도로, 곡선도로, 내리막도로상에서의 무인과속시스템 설치지점을 설계하였다.

3. 연구의 범위

본 연구는 비교적 속도가 높고, 특히 속도의 변화가 심한 지방지역의 연속류 특성을 갖는 국도 및 지방도를 대상으로 하였다.

실제 사례적용을 위해 “지방지역 속도관리방안 연구”의 대상이 된 일반국도 1호선, 일반국도 14호선 및 지방도 383호선의 총 3개 노선을 선정하였다.

II. 선행연구 및 관련 이론 고찰

1. 선행연구 고찰

“무인교통단속시스템 실무지침 개선방안연구(2001)”에서는 1998년에 13개 지방경찰청 관할지역에 설치된 100대의 무인과속단속시스템 중 15개 지점에서 설치 전·후 1년간의 설치효과를 분석한 결과를 바탕으로 기 설치된 무인교통단속시스템의 설치위치에 따른 사고율 및 사고심각도 개선효과, 단속건수 등에 대해 설치 전과 후를 비교하여 효과가 높은 설치지점을 제시하였다.

이의 결과 직선도로상의 경우 횡단보도, 진·출입로 등 시설물의 100~300m 전에 설치하는 것이 바람직하며, 곡선도로상의 경우 곡선도로가 시작되기 전 100~300m 범위의 직선도로상에 설치하는 것이 타당하며, 내리막도로 상의 경우 내리막도로의 끝 지점 전 100~300m 범위에 설치하는 것이 바람직하다고 결론을 내리고 있다.

III. 방법론 정립

1. 기본 개념

무인과속단속시스템의 설치목적은 속도의 편차 및 분산을 최소화하여 동일한 교통류를 유도하여 주행차량의 안전성을 극대화 시키고자 하는데 있다.

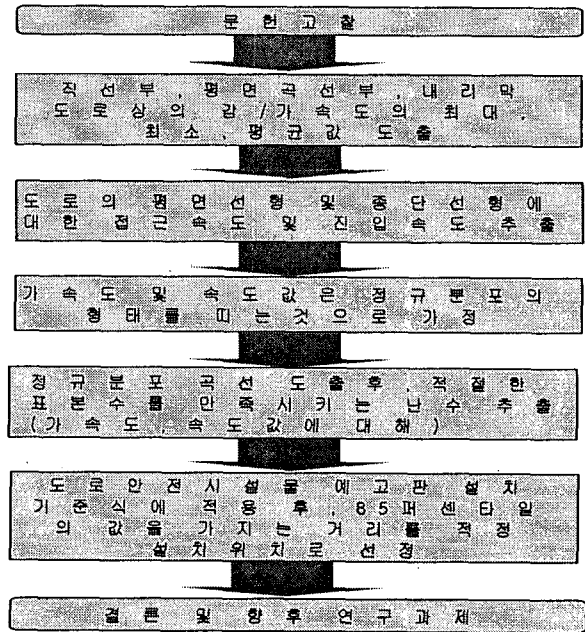
차량 주행시 속도분산을 유발하는 요인은 개별 차량의 감·가속도, 차로변경회수, 차종구성비 등으로 나누어 생각할 수 있다.

본 연구에서는 개별차량의 감·가속도가 속도분산을 유발하는 가장 주요한 요인이라는 측면에서 접근하였다. 이는 실제 도로를 주행하는 차량의 감·가속도는 차량의 성능 및 운전자의 판단이 반영되는 되는 것으로써, 정규분포의 형태를 띠는 것으로 가정하였다.

또한 위험구간의 선정시에는 과속사고 잦은 지점의 도로기하구조 특성을 이용하여 1차적으로 단속지점을 선정함으로써, 무인과속단속시스템의 설치가 요구되는 도로의 기하구조 측면을 고려하였다.

위험구간 선정 및 차량감가속도에 대한 정보를 바탕으로 설치지점을 설계하며, 개별차량의 감·가속도를 고려하여 85%의 운전자가 만족하는 지점에 무인과속단속시스템을 설치하는 것을 원칙으로 하였다.

2. 연구 수행 방법(절차)



IV. 방법론 적용

1. 기본 가정

무인과속단속시스템의 적정설치 지점의 설계를 위해 본 연구에서는 다음과 같은 기본 가정을 전제로 한다.

- 지방지역 도로의 속도관리방안 연구에서 제시한 속도 profile자료를 이용한다.(국도1·14호선, 지방도 383호선)
- 직선도로·평면곡선·내리막곡선을 주행하는 모든 차량은 최대·최소 감가속도의 범위에서 정규분포의 형태를 가지는 것으로 가정한다.
- 직선도로·평면곡선·내리막곡선을 주행하는 차량의 접근속도와 진입속도는 속도 profile자료를 이용한다.(국도1·14호선, 지방도 383호선)
- 적정설치위치 산정 식은 다음과 같다. $V_a/3.6 \cdot t + (V_a^2 - V_s^2)/(3.6^2 \cdot 2 \cdot a)$
 V_a = 접근속도, V_s =진입속도, a =감속도
- 반응시간은 $t=2.5\text{sec}$, 표본수 $n=100$ 개로 설정한다.
- 가속도의 경우 Rice and Alianello의 운전자들의 가/감속에 관한 g-g Diagram의 값과 종단곡선설계에 제시된 승차자의 쾌적성으로 제시된 값 및 Kay Fitzpatrick(2000)이 제시한 설계안전성 가속도 등급을 반영한다.

<표 1> Rice and Alianello의 g-g Diagram 및 Kay Fitzpatrick의 설계안전성 가속도 등급

(단위: %)

감속도	상태	가속도
1.00~1.48	양호	0.54~0.89
1.48~2.00	보통	0.89~1.25
>2.00	열악	>1.25
횡방향 가속도 좌/우 모두 0.2g (1.96%)		
종방향가속도 불룩/오목 모두 0.3%		

2. 평면곡선구간

과속사고 잦은 지점 선정 부문¹⁾의 연구결과 과속사고 잦은 지점으로 선정된 56개소 중 직선구간은 11개소로 전체의 20%, 곡선구간은 45개소로 80%를 차지하고 있어, 과속사고는 곡선구간을 가진 지점에서 많이 발생하는 것으로 나타난다. 곡선구간 45개소 중 개선사업이 이루어진 지점 4개소를 제외한 41개소의 곡선반경별 분포는 <표 2>와 같다. 이 결과 200m 미만의 곡선반경을 갖는 곳이 21(51%)에 달해 무인과속단속시스템의 설치에 있어, 200m 미만의 곡선반경을 갖는 도로의 진입부에 우선적으로 설치되어야 할 것으로 판단된다.

<표 2> 과속사고 잦은 지점의 곡선반경별 분포

	계	100미만	~200m	~300m	~400m	~500m	~600m	~700m	700m 이상
계	41	13	8	7	6	1	1	1	1
시도	4	2		2					
국도	34	9	8	5	6	1	1	1	3
지방도	3	2							1

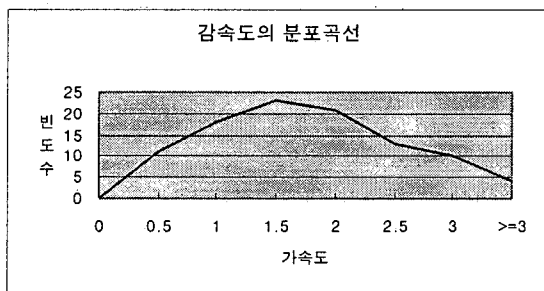
“지방지역 도로의 속도관리 방안연구”에서의 국도 1호선, 국도 14호선, 지방도 383호선의 운행속도 profile 분석결과

- 곡선부 진입전 직선주행로의 85th%속도는 95~100kph로 나타났으며,
- 직선구간에서 곡선구간으로의 진입시 안전을 위해 10~20kph의 감속을 요하는 것으로 나타났다.

따라서, 평면곡선구간으로의 접근속도는 95~100kph의 범위값을 갖는 것으로 가정하고 진입속도는 75~90kph의 범위에 있는 것으로 가정하였다.

감속도의 경우 운전자로써는 선형의 영향만을 받게 될 것으로 가정하여 앞서 <표 1>에서 제시한 설계안전성 감·가속도 등급에서 양호 및 보통의 상태를 아우를 수 있는 평균 1.48m/s², 표준편차 0.5의 정규분포로 가정 후 난수를 추출하였다.

제시된 n=100개의 감속도 값의 난수추출결과 최소값은 0.07m/s², 최대값은 3.22m/s², 평균값은 1.52m/s² 로 분석되었으며, 이는 다음의 분포곡선 및 히스토그램의 형태로 나타낼 수 있다.



<그림 2> 평면곡선구간의 감속도 분포곡선

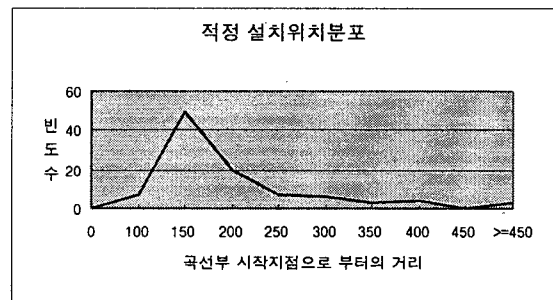
1) 도로교통안전관리공단 (1998), 과속 교통사고 방지 종합대책 P.61

<표 3> 평면곡선구간의 감속도 히스토그램

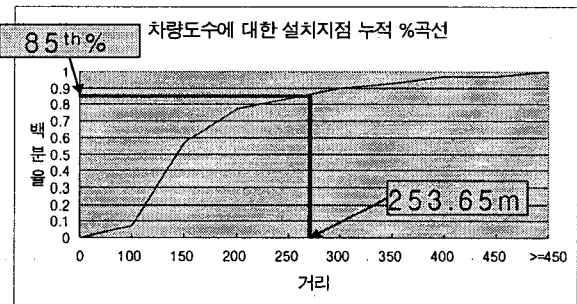
계급	빈도수
0~0.5	11
0.5~1	18
1~1.5	23
1.5~2	21
2~2.5	13
2.5~3	10
>=3	4

이를 도로안전시설물 예고표지판 식에 적용한 결과 곡선구간 시점부분부터 무인과속단속시스템 설치지점까지의 거리는 최소 88.75m, 최대 1206.46m로 분석되었다. 이를 바탕으로 적정 무인과속단속지점 설치지점으로 판단되는 거리는 분석된 거리의 85th% 지점 거리의 값으로써 253.65m로 분석되었다.

이는 다음의 설치위치 분포곡선 및 누적%곡선으로 나타낼 수 있다.



<그림 3> 평면곡선구간의 적정 설치위치 분포곡선



<그림 4> 평면곡선구간의 적정 설치위치 누적 %곡선

3. 종단곡선구간

종단곡선구간의 경우 과속사고 잦은 지점 선정부분²⁾ 결과 하향구배 즉 내리막구간에서의 사고건수가 앞도적으로 높게 나타났으며, 특히 종단구배 0%에서 6%까지는 사고율이 비교적 완만하다가 6% 이상의 지점에서 갑자기 사고율이 높아지는 것을 알 수 있었다. 이는 하향 종단구배구간에서의 운전자 과속과 시거의 제약 등에 따라 위험이 증가하기 때문인 것으

2) 도로교통안전관리공단 (1998), 과속 교통사고 방지 종합대책 P.64

로 판단된다.

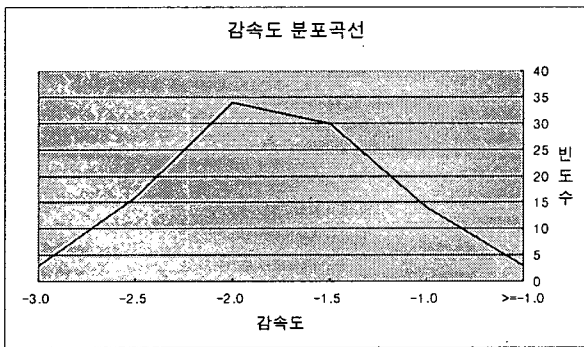
“지방지역 도로의 속도관리 방안연구”에서의 국도 1호선, 국도 14호선, 지방도 383호선의 운행속도 profile 분석 결과

- 하향경사 진입전 정상부근의 85th%속도는 91~96kph로 분석되었으며,
- 하향경사 종단부근의 85th%속도는 107~118kph로인 것으로 나타났다.

따라서, 종단곡선구간으로의 진입전 접근속도는 91~96kph의 범위값을 갖는 것으로 가정하고 종단부의 속도는 접근속도의 경우 107~118kph의 범위에 있는 것으로 가정하였다.

감속도의 경우 운전자가 시거의 제약으로 열악한 상황일 것으로 가정하여 앞서 <표 1>에서 제시한 설계안전성 감·가속도 등급에서 열악한 상태를 나타내는 평균 -2m/s², 표준편차 0.5의 정규분포로 가정 후 난수를 추출하였다.

제시된 n=100개의 감속도 값의 난수추출결과 최소값은 -3.29m/s², 최대값은 -0.81m/s², 평균값은 -2.02m/s²로 분석되었으며, 이는 다음의 분포곡선 및 히스토그램의 형태로 나타낼 수 있다.



<그림 5> 종단곡선구간의 감속도 분포곡선

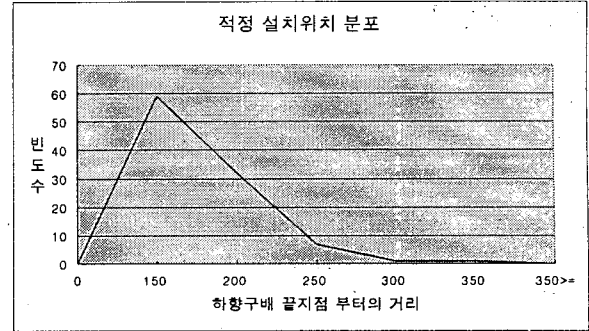
<표 4> 종단곡선구간의 감속도 히스토그램

(단위: %, 대)

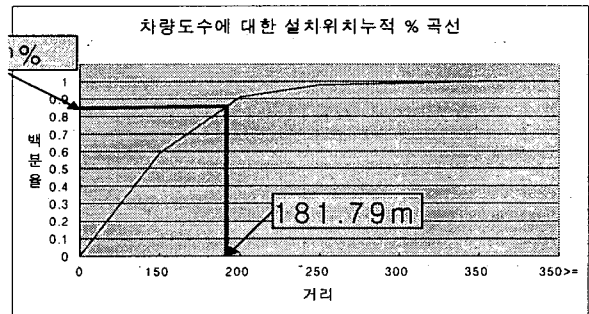
계급	빈도수
<-3	3
-3~-2.5	16
-2.5~-2	34
-2~-1.5	30
-1.5~-1	14
>=-1	3

이를 도로안전시설물 예고표지판 식에 적용한 결과 종단곡선구간 종점부 부터 무인과속단속시스템 설치지점까지의 거리는 최소 102m, 최대 306.97m로 분석되었다. 이를 바탕으로 적정 무인과속단속시스템 설치지점으로 판단되는 거리는 분석된 거리의 85th% 지점 거리의 값으로써 181.79m로 분석되었다.

이는 다음의 설치위치 분포곡선 및 누적%곡선으로 나타낼 수 있다.



<그림 6> 종단곡선구간의 적정 설치위치 분포곡선



<그림 7> 종단곡선구간의 적정 설치위치 누적 %곡선

4. 직선구간

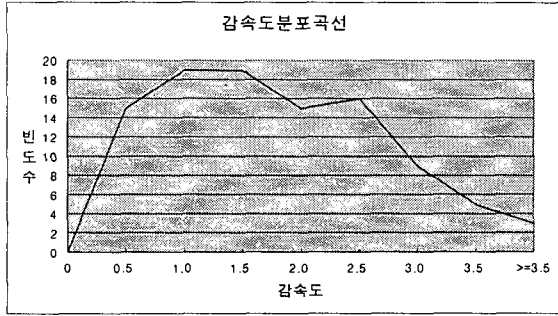
“지방지역 도로의 속도관리 방안연구”에서의 국도 1호선, 국도 14호선, 지방도 383호선의 운행속도 profile 분석 결과 직선구간의 속도분포는 정규분포 형태라기보다는 우측에 또 하나의 종 모양을 가지는 이중구조형태를 띠고 있다. 이는 과속운전자 집단이 존재하며 속도분포가 다른 구간에 비해 상대적으로 크다는 것을 의미한다.

- 직선구간의 85th%속도는 90~110kph로 분석되었으며,
- 직선구간에서의 과속운전자군의 속도분포는 110~120kph인 것으로 나타났다.

직선구간의 경우 무인과속단속시스템의 운영전략은 이러한 두 집단의 속도편차를 줄이는 방향으로 전략을 잡아야 할 것이며, 지방부 연속류 도로의 설계속도기준을 80km로 가정하여, 이러한 두 차량군이 직선구간 진입 후 안전하게 설계속도 기준치까지 감속할 수 있는 거리에 무인과속단속시스템을 설치해야 한다고 할 수 있다.

감속도의 경우 과속 차량군과 일반 차량군의 혼재를 감안하여 앞서 평면곡선구간에서 사용한 보통, 양호의 상태를 나타낼 수 있는 평균 1.48m/s²의 값을 사용하되 표준편차를 1로써 더 큰 것으로 가정한 정규분포로 보고 난수를 추출하였다.

제시된 n=100개의 감속도 값의 난수추출결과 최소값은 0.11m/s², 최대값은 3.86m/s², 평균값은 1.54m/s²로 분석되었으며, 이는 다음의 분포곡선 및 히스토그램의 형태로 나타낼 수 있다.



<그림 8> 직선구간의 감속도 분포곡선

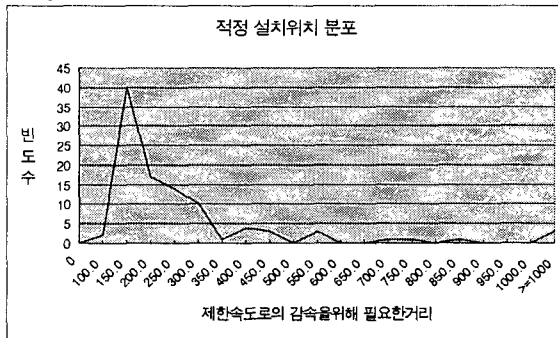
<표 5> 직선구간 감속도의 히스토그램

(단위: %, 대)

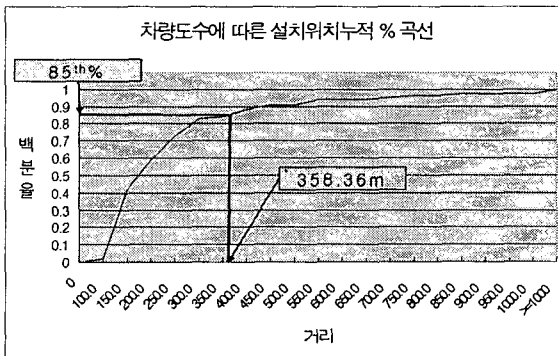
계급	빈도수
0~0.5	15
0.5~1	19
1~1.5	19
1.5~2	15
2~2.5	16
2.5~3	9
3~3.5	5
>=3.5	3

이를 도로안전시설물 예고표지판 식에 적용한 결과 직선구간 시점부분부터 무인과속단속시스템 설치지점까지의 거리는 최소 90.89m, 최대 1798.75m로 분석되었다. 이를 바탕으로 적정 무인과속단속지점 설치지점으로 판단되는 거리는 분석된 거리의 85th% 지점 거리의 값으로써 358.36m로 분석되었다.

이는 다음의 설치위치 분포곡선 및 누적%곡선으로 나타낼 수 있다.



<그림 9> 직선구간의 적정 설치위치 분포곡선



<그림 10> 직선구간의 적정 설치위치 누적 %곡선

V. 결론 및 향후 과제

1. 결론

본 연구에서는 무인과속단속시스템의 설치목적이 속도의 편차 및 분산을 최소화하여 동일한 교통류를 유도하여 주행차량의 안전성을 극대화 시키고자 하는데 있다고 보고 차량 주행시 속도분산을 유발하는 요인이 개별차량의 감·가속도라는 측면에서 접근하였다. 따라서 개별차량의 감·가속도를 Rice and Alianello의 운전자들의 가·감속에 관한 g-g Diagram의 값과 종단곡선설계에 제시된 승차자의 쾌적성으로 제시된 값 및 Kay Fitzpatrick이 제시한 설계안전성 가속도 등급을 반영하여 적절한 값으로 가정하여 실제 무인과속단속시스템을 설계하는데 적용하였다.

"지방지역 도로의 속도관리 방안연구"에서의 국도 1호선, 국도 14호선, 지방도 383호선의 운행속도 profile 분석결과 자료를 가지고 직선부·평면곡선 진입전·하향구배 구간에서의 무인과속단속시스템 적정 설치지점 설계의 결과 다음과 같이 나타났다.

<표 6> 무인과속단속시스템 적정 설치위치 선정결과

구분	설치지점
평면곡선 진입전	평면곡선 상류부 253.65m
하향구배구간	하향구배 종점 상류부 181.79m
직선도로 구간	직선부 진입후 358.36m

2. 본 연구의 한계 및 향후과제

본 연구의 한계는 적정위치 결정을 위해 사용된 변수값들이 실제 현장조사 및 정확한 예측을 통하여 이루어 지지 못하고 가정을 통하였다는 점으로 들 수 있다.

향후에는 속도분산의 유발에 있어서 개별 차량의 감·가속도뿐만 아니라 차로변경 잦은 곳 및 중차량의 혼합도가 심한 곳에 대한 무인과속단속시스템의 설계가 필요하다고 할 수 있다. 또한 복합선형을 고려한 세부적인 설계안이 필요하다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 도로교통안전관리공단 (1998), 과속 교통사고 방지 종합대책
2. 도로교통안전관리공단 (2001), 무인교통 단속시스템 실무지침 개선방안 연구
3. 도로교통안전관리공단 (2003), 구간통행속도에 의한 과속단속방안 연구
4. 도로교통안전관리공단 (2003), 지방지역 도로의 속도관리방안 연구
5. 도로교통안전관리공단 (1997), 무인과속단속시스템 설치기준 및 효과분석에 관한 연구
6. 도로교통안전관리공단 (1999), 무인과속단속시스템의 효과분석 및 운영방안에 관한 연구

7. Kay Fitzpatrick et al.(2000). "Evaluation of Design Consistency Methods for Two-Lane Rural Highways, Executive Summary." FHWA-RD-99-173, FHWA