

■ 論 文 ■

평면곡선부의 속도 및 교통사고 영향분석연구

The Effects of Horizontal Curves on Vehicle Speeds and Accidents

이 점 호

이 동 민

최 재 성

(서울시립대학교 교통공학과 박사과정) (서울시립대학교 교통공학과 석사과정) (서울시립대학교 교통공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 연구접근방법
- II. 기존연구문헌고찰
 - 1. 속도변화의 설계기준
 - 2. 속도추정모형
- III. 평면곡선에서 차량의 속도변화특성
 - 1. 현장조사 및 분석방법
- 2. 분석결과
- IV. 평면곡선에서 교통사고발생 특성분석
 - 1. 교통사고발생 현황
 - 2. 속도변화와 교통사고의 관련성
 - 3. 속도변화의 설계기준검토
- VI. 결론
- 참고문헌

요 약

본 연구는 평면곡선부의 자유속도변화와 교통사고에 대한 영향을 분석하기 위해 수행되었으며, 이를 위해 곡선반경별로 진입부 직선도로-곡선부도로-진출부 직선도로로 구분하여 각 차량의 속도를 산출하였다. 평면곡선부의 자유속도변화와 기하구조의 영향을 분석하기 위해 선행차량에 의해 영향을 받지 않는 속도를 이용하였다. 이러한 곡선부에서 주행하는 차량의 자유속도를 통해 곡선반경별 최저속도와 그 속도가 나타나는 위치를 분석하였고, 해당 도로구간의 교통사고자료를 비교·분석하여 평면곡선 내의 속도변화와 교통사고발생간의 관계를 규명하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 운전자들은 곡선시작지점에 도착하기 전에 충분히 속도를 줄이고, 곡선부에서 가장 낮은 속도가 나타나는 위치는 곡선내에서 나타난다. 이는 운전자의 시거에 의한 영향이다. 둘째, 곡선부에서의 속도변화폭이 클수록 사고위험성은 크고, 실제 교통사고 발생건수도 높다. 본 연구의 결과를 통해 도로 주행의 안전성을 고려한 평가지표를 개발할 수 있으며, 이는 일관성 있는 도로설계를 이루게 한다.

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

평면곡선에서는 원심력에 의해 횡방향 마찰력이 발생하여, 직선보다 차량주행이 어려워진다. 도로를 설계할 때는 최소 곡선반경을 만족시키도록 하고 있지만 주어진 평면곡선반경에서 인접직선구간의 길이에 따라 다양한 속도변화가 생긴다. 이 때의 속도변화를 정확히 예측하려는 시도는 여러 연구를 통해 시도되었지만 아직도 분명한 결과를 얻지 못하고 있다. 더욱이 곡선반경의 교통사고 발생효과에 대해서는 연구가 극히 드물며, 속도변화와 교통사고 발생결과를 비교하여 평면선형설계의 적절성을 검토하려는 노력은 아직 없었다.

외국의 연구에서는 평면곡선 및 종단곡선에서 속도와 선형과의 관계를 설명하려는 연구노력들이 활발히 연구되어 온 반면 우리나라에서는 그동안 운전자의 속도행태에 관해서 연구된 바가 거의 없었고 속도와 도로선형간 교통안전성에 대한 관계규명 노력도 미흡했던 것이 사실이었다.

본 연구에서는 지방부도로의 평면곡선에서 도로선형의 일관성과 주행하는 차량의 속도간의 부조화가 어떻게 도로교통 안전에 영향을 미치는지 살펴본다. 또한 차량의 속도변화와 교통사고발생건수의 관계를 규명하여 도로설계 및 개선평가에 반영하려는 데 연구목적이 있다.

2. 연구 접근방법

본 연구에서는 곡선 내에서 차량의 속도변화와 사고발생율의 관계를 분석하기 위해 먼저 각 속도추정 모형에 의한 속도와 현장조사결과 산출된 평면곡선에서의 개별차량 속도를 비교·분석하였다. 또한 각 곡선반경별로 곡선부에서의 속도변화행태를 분석하여 곡선 내의 최저속도와 그 속도가 나타나는 위치를 찾아내고, 그들 지점에서의 사고자료를 분석하여 그 관계를 규명하였다. 이를 통해 평면곡선부의 기하구조에 따른 차량의 속도 및 교통사고 영향을 분석하였다.

본 연구에서 사용하고 있는 속도는 교통류의 간섭을 받지 않고 도로의 기하구조에 의해서만 영향을 받는 개별차량의 속도이다. 이에 대한 정확한 용어는

정립되어 있지 않아 가장 근사한 개념인 '자유속도'의 용어를 사용하였다.

II. 기존 연구문헌 고찰

1. 속도변화의 설계기준

J. Leisch는 도로의 선형설계요소에 영향을 미칠 수 있는 속도변화폭이 10mph이라는 개념에서 출발한 설계일관성 평가기법을 제시하였다. 설계속도가 크게 변화함에 따라 평면선형 등의 도로조건이 급격히 변화하면 도로를 주행하는 운전자들은 당황하게 되고, 그에 따라 사고위험에 직면하게 된다. 따라서 이 10mph 설계기준은 교통안전성을 확보하기 위해 설정된 기준으로, 도로설계 및 기존 도로의 평가기준이 되어 이용되어왔다. Leisch는 10mph 설계기준을 다음과 같이 설명하고 있다.

- 설계속도의 감소는 가능한 피하고, 불가피한 경우 10mph를 초과하지 않을 것.
- 주어진 설계속도 하에서 도로를 주행하는 자동차의 속도는 일반적으로 10mph내에서 변화하도록 할 것
- 트럭과 승용차의 속도차이는 10mph내에서 유지하도록 할 것.

2. 속도추정모형

1) Leisch 방법

미국의 J. Leisch는 기존의 설계속도에 의한 방법의 한계를 극복하기 위해 Operating Speed에 의한 설계일관성 평가의 방법을 제시하였다. 이는 설계속도와 곡선반경에 의해 속도를 산출하여 속도구배도(Speed Profile)를 그리고, 이 결과에 10mph 설계기준을 적용하여 도로설계를 평가하는 방법이다.⁶⁾

이 방법은 모형이 단순하여 적용이 쉽고, 속도구배도를 통해 이해가 쉬운 장점이 있다. Leisch 방법은 10mph 기준이라는 새로운 도로평가기준을 마련하였지만, 속도전이구간 및 곡선사이에 짧은 직선도로가 있는 경우에 대한 적용이 어렵고, 운전자의 주행특성을 반영하지 못하는 한계를 갖고 있다.

2) 스위스 방법

스위스 방법은 도로의 기하학적 구조에 의해 산출되는 "Project Speed"를 이용하여 도로설계를 평가하였다. 이 방법은 Leisch방법과 전반적으로 비슷하나, 도로의 "Project Speed"에 해당하는 속도변화구간길이와 직선부 도로길이를 비교하여 도로설계를 평가한다. 이 방법에 의하면 Leisch방법보다 속도가 6~9km/h정도 크게 산출된다.⁷⁾

스위스 방법은 Leisch방법과 같이 속도추정방법이 단순하고 적용이 쉬운 장점을 갖고 있다. 이 방법은 속도변화구간길이의 개념을 도입하여 도로설계를 평가하였지만 가·감속도를 동일한 값으로 간주하고 곡선사이의 짧은 직선도로가 존재하는 경우에 대한 고려가 이루어지지 않았다. 또한 운전자의 주행특성을 반영하지 못하는 단점이 있다.

3) 독일 방법

독일에서는 설계속도의 영향을 인지하여 설계속도가 장거리에 걸쳐 고정된 값을 적용하거나 단계적으로 변화하도록 하고 있다. 그리고 설계속도의 개념에 추가하여 평면곡선의 곡률변화율과 85%속도에 의해 설계요소들을 결정하고 있다. 이 85%속도는 도로폭과 곡률변화율의 관계에 의해 결정되어진다.⁷⁾

이 방법은 운전자의 주행특성을 잘 반영할 수 있고, 도로폭과 곡선장의 길이를 고려할 수 있는 장점이 있다. 연속적인 도로의 속도를 평가하는데는 유리하지만, 특정지점의 속도특성을 고려하지 못하는 단점이 있다.

4) McLean 모형

McLean은 호주의 2차선도로의 120개 곡선부에서 속도의 변화를 측정하여 분석한 결과, 차량의 속도는 시거나 다른 교통 및 도로 기하학적 요인들보다 운전자의 희망속도에 지배적인 영향을 받는다는 것을 밝혀내고 회귀분석을 통하여 아래와 같은 희망속도와 곡선반경 의한 85%속도 추정모형을 개발하였다. McLean은 운전자가 주행하기를 원하는 속도인 희망속도를 자유속도의 85%속도를 계산함으로써 산출하였다.⁸⁾

이 방법은 희망속도를 통해 운전자의 주행특성을 반영할 수 있으나, 정확한 운전자의 희망속도를 산정

하기가 어려운 단점이 있다.

$$V_c(85) = 53.8 + 0.464 \cdot V_f - \frac{3.26 \cdot 10^3}{R} + \frac{8.5 \cdot 10^4}{R^2}$$

- V_f : 희망속도(자유속도의 85%속도(km/h))
- $V_c(85)$: 곡선 내 85%속도(km/h)
- R : 곡선반경(m)

5) 최재성 모형

최재성 모형은 도로를 주행하는 속도를 예측하여 도로 설계의 일관성을 평가하는 모형이다. 이 모형에서는 도로상에서 속도에 영향을 미치는 요소 중 시거를 가장 핵심적인 요소로 평가하였다. 그리고 이 시거를 통해 주행하는 차량의 속도를 예측하여, 도로의 설계 일관성을 평가하고 있다. 이 모형을 통해 산출되는 평면곡선상의 속도는 최소시거를 적용하여 산출된 것이며 이 속도는 다른 속도추정모형에 의해 산출된 값보다는 낮은 경향을 갖는다.¹¹⁾

최재성모형은 속도구배도를 이용함으로써 쉽게 이해할 수 있으며, 시거를 통해 운전자의 주행특성을 반영할 수 있다. 연속된 곡선과 짧은 직선도로가 포함된 곡선에 대한 개별차량의 속도추정이 가능한 방법이다.

$$V_h = -g(f \pm G)t + \sqrt{[g(f \pm G)t]^2 + 2g(f \pm G)SD_h}$$

- SD_h : 곡선 내 최소시거
- V_h : 곡선 내 최소속도

III. 평면곡선에서의 속도변화특성

1. 현장조사 및 분석방법

1) 조사방법

전북지역을 통과하는 국도 노선 중 1번, 29번, 30번 국도를 대상으로 연구조건에 맞는 평면곡선들을 공간적 연구범위로 정하였다. 대상 지점들은 평면곡선 전·후로 200m이상의 직선구간을 갖은 단곡선으로 이루어진 도로이고, 해당 곡선은 곡선반경 0~300m까지

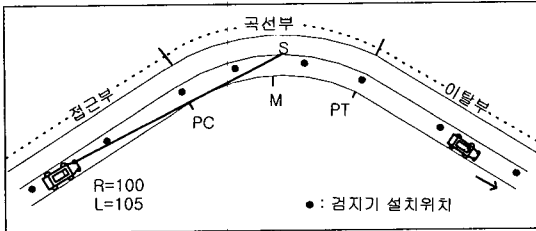
는 50m간격으로 구분하고, 곡선반경 300-500m까지는 100m간격으로 구분하여 총 9개의 평면곡선도로를 선정·조사하였다.

곡선상의 속도변화를 관찰하기 위해 곡선을 접근부, 곡선부, 유출부로 나누어 분석하였으며 검지기의 검지 오차를 확인하기 위해 Speed gun을 이용하여 검지기 속도측정의 오차 여부를 확인하였다.

곡선부의 속도변화를 조사하기 위한 도로구간의 특성은 다음과 같다.

- 대상도로 : 전라북도의 1번, 29번, 30번 국도
- 기하구조 : 지방평지부의 곡선반경이 50~500m인 평면곡선 지점.

그리고 검지기는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 평면곡선의 진입부에 2개소, 곡선부에 4개소, 유출부에 1-2개소로 나누어 설치하였다. 특히 곡선내에서는 곡선의 시작지점(PC)과 운전자의 시거 선이 도로의 중앙선과 만나는 지점(S)을 중심으로 설치위치를 선정하였다.



<그림 1> 곡선부의 검지기설치 위치

<표 1> 곡선부 조사지점의 도로 및 교통조건

구분	지명	교통조건		도로조건	
		평균속도 (km/h)	85%속도 (km/h)	곡선반경 (m)	곡선장 (m)
1	삼천교	54.7	65.6	50	80
2	신태인1	54.6	65.6	100	105
3	김제 3	65.5	73.6	150	144
4	용호	59.4	70.4	180	100
5	신태인2	66.5	76.8	220	110
6	김제 4	64.8	75.2	250	174
7	김제 2	66.7	80.0	300	120
8	김제 1	67.9	78.4	400	130
9	금구	73.8	86.4	500	100

※ 평균속도는 직선부의 평균속도이고, 85%속도는 직선부의 85%속도를 의미함.

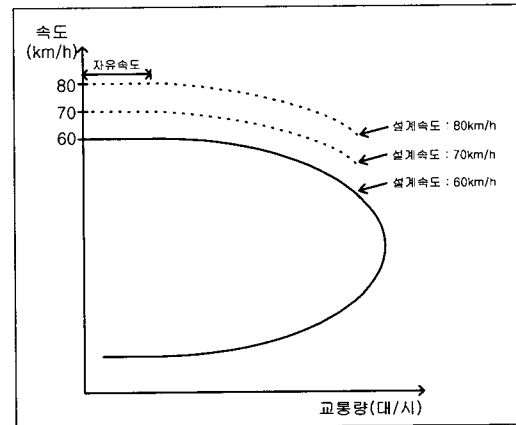
2) 분석방법

(1) 분석대상 속도의 개념

본 연구에서는 평면곡선부의 속도변화 특성을 분석하기 위해 다른 차량의 영향을 받지 않는 상태에서 도로를 주행하는 차량 1대의 개별적인 속도를 조사하였다. 그리고 이러한 개별차량속도의 평균값은 교통류의 영향이 없는 자유교통류에서의 속도, 즉 '자유속도'로 표현할 수 있다.

이러한 자유속도는 교통량이 매우 적을 때 나타나는 속도로 <그림 2>에서처럼 교통량-속도관계 곡선에서 Y축과 만나거나 교통량이 증가함에 따라 속도가 감소하지 않고 수평을 유지하는 교통량 영역에서의 속도이다.

본 연구에서는 이와 같은 자유속도로 곡선부에 진입하는 개별차량들을 속도조사대상 차량들로 정하였다.

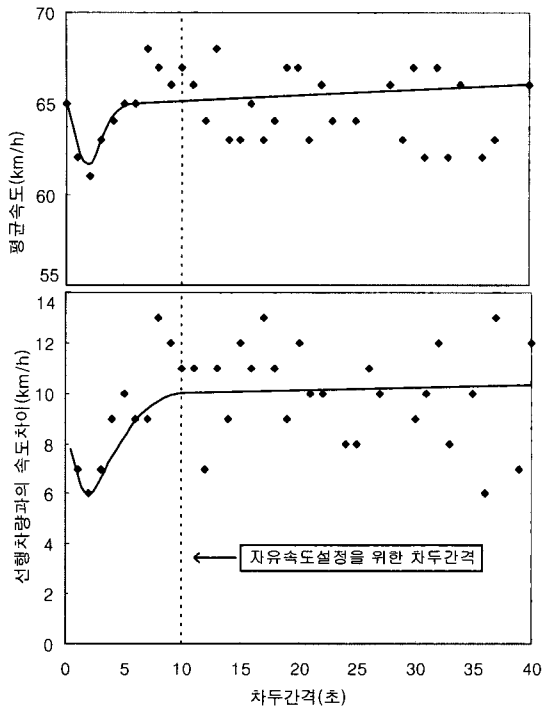


<그림 2> 교통량에 따른 설계속도와 자유속도

(2) 분석대상 차량분류 기준설정

O.K. Normann(1939)에 의하면 지방부 도로에서 차량간의 간섭을 설명할 수 있는 가장 중요한 지표는 연속적인 차량간의 평균속도차이고, 이를 분석한 결과 차두간격이 9초이상 되면 주행하는 차량은 선행차량에 의해 영향을 받지 않게 되고, 차두간격이 1.5초이하인 경우에 운전자들은 추월을 시도하게 된다고 하였다.¹²⁾

본 연구에서도 Normann의 분석방법을 이용하여 차두간격변화에 따른 평균속도 및 속도차이를 분석한 결과 <그림 3>에서 보는 바와 같이 차두간격이 9~10초일 때 주행하는 차량이 선행차량에 의해 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 이를 근거로 교통류의 간섭을



〈그림 3〉 차두간격에 따른 평균속도 및 속도차이변화

받지 않는 차량을 분류하기 위한 기준으로 차두간격 10초를 설정하였다.

(3) 곡선반경별 속도변화분석

평면곡선부에 자유속도로 접근해 오는 차량들 중 10초 이상의 차두간격을 가지고 곡선부로 진입하는 개별 차량들의 속도를 분류하였다. 그리고 이 개별 차량들의 연속적인 속도변화 궤적을 조사하여 곡선부에서 속도변화 행태를 분석하였다.

〈표 2〉 곡선반경별 최저자유속도

곡선반경 (m)	최저자유속도 (km/h)	분류결과 차량대수 (%)
50	39.5	49(19)
100	57.2	77(15)
150	60.5	65(9)
180	57.3	72(14)
220	67.9	72(21)
250	64.9	71(19)
300	66.8	101(21)
400	63.2	76(15)
500	71.1	91(14)

※ 괄호안의 숫자는 분류결과 차량대수의 비율

또한 평균적인 운전자 행태를 벗어난 차량들을 배제하기 위해 측정된 차량 중 전체평균 진입속도 이하로 진입하는 차량들은 배제하였다. 이같이 분류한 결과 전체교통량 중 분석대상 차량대수와 이 차량들의 곡선내의 최저 자유속도는 〈표 2〉와 같다. 이 최저 자유속도는 곡선을 주행하는 차량들이 갖게 되는 가장 낮은 속도이고 주행의 안전성을 평가할 수 있는 지표로 중요한 의미를 갖는다. 본 연구에서는 이러한 곡선내의 최저 자유속도의 값과 최저 자유속도를 갖게되는 위치를 분석하여 사고 자료와 비교·평가하였다.

2. 분석결과

1) 평면곡선부에서 속도변화결과

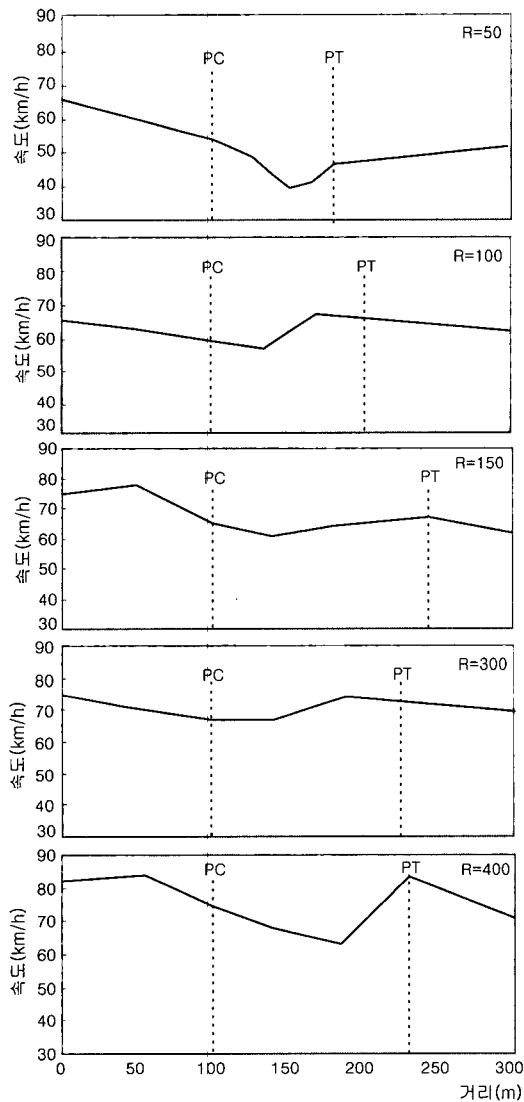
평면곡선에서의 자유속도 변화를 확인하기 위해 곡선 반경별로 접근부-곡선부-유출부의 평균자유속도를 조사했으며 〈표 3〉는 그 결과를 나타낸 것이다. 회망속도로 직선부 도로를 주행한 운전자들은 곡선부에 접근하기 전에 어느 정도 속도를 줄이게 되고, 곡선 내에서 최저 속도까지 감속하였다가, 다시 가속하여 회망속도로 회복하게 된다. 그러므로 교통사고의 위험도는 직선도로보다 속도가 크게 감소되는 평면곡선에서 크게 나타나게 된다. 이는 〈표 4〉에서도 확인할 수 있다. 곡선 내에서도 특히, 속도가 가장 낮게 나타나는 지점은 속도변화가 가장 크게 일어난 지점으로 교통사고의 안전측면에서 중요한 지점으로 해석될 수 있다.

각 곡선 내에서 위치별 속도를 분석한 결과 〈그림 4〉에서와 같이 곡선 내에서 주행하는 운전자들의 최저 자유속도가 나타나는 지점은 곡선의 시작 지점이나 곡선의 중앙지점보다는 곡선시작지점과 곡선의 중앙지점 사이에서 나타나는 것으로 분석되었다.

이러한 속도가 가장 낮게 나타나는 곡선 내 위치에 대해서 최재성모형에서는 곡선의 시작지점으로 보고⁽¹⁾, 미국의 TTI의 연구결과에서는 곡선의 중앙부로 설명하고 있다.⁽¹¹⁾ 한편 최재성모형과 Watanatada의 연구결과에 의하면 곡선 내 속도는 최저속도로 감소된 후, 운전자의 시거가 증가할 때까지 최저속도로 한동안 유지하다가 점차 증가하게 된다고 하였다.⁽¹⁰⁾

〈표 3〉 곡선상의 평균자유속도변화

곡선 반경	평균 자유속도			
	접근부	PC	최저속도	유출부
50	65.9	54.2	39.5	50.8
100	65.4	59.4	57.2	65.8
150	75.1	65.2	60.5	67.2
180	69.7	66.5	57.3	71.0
220	78.9	81.8	67.9	78.5
250	78.9	67.5	64.9	71.4
300	80.2	66.8	66.8	73.0
400	81.9	74.6	63.2	83.4
500	87.3	81.6	71.1	74.4

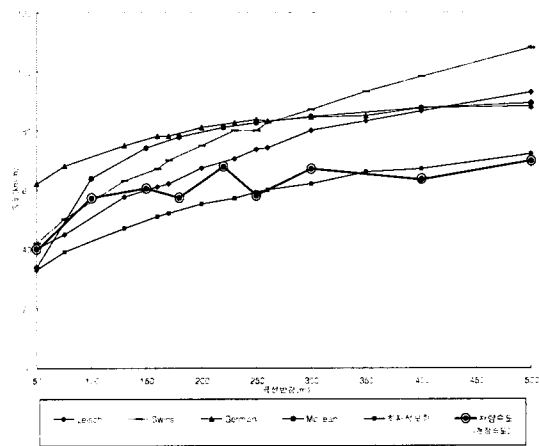


〈그림 4〉 곡선반경별 평균자유속도의 변화

2) 각 속도추정모형과의 비교

앞에서 언급한 각 모형에 의한 차량의 속도 추정 결과와 현장조사를 통해 얻은 자유속도를 비교하면 〈그림 5〉와 같다. 이 자유속도는 현장에서 조사 및 분류된 차량의 평균속도 값을 산출한 것으로 〈그림 5〉에서 보는 바와 같이 곡선반경이 작은 경우에는 현장 속도 값이 각 모형과 비슷한 값을 보이나, 곡선반경이 250m이상인 경우에는 외국모형에 의한 추정속도 값이 20~30km/h 정도 높은 값을 산출하고 있음을 알 수 있었다. 최재성모형과 Leisch모형은 현장조사 결과치를 잘 설명 해주는 경향을 보이고 있다. Leisch 모형은 곡선반경이 작은 범위에서, 그리고 최재성 모형은 곡선반경이 큰 범위에서 현장조사결과를 잘 반영하고 있다. 또한 독일의 모형은 현장조사된 자유속도보다 약 20km/h 정도 큰 값을 보이고 있지만 곡선반경이 증가함에 따라 유사한 속도변화 경향을 보이고 있다.

따라서 우리나라의 지방부 2차로도로에 적용하기 위해서는 속도추정모형의 조정이 이루어져야 할 것이다.



〈그림 5〉 주행속도 추정모형결과와 현장조사결과 비교

IV. 평면곡선에서 교통사고발생 특성분석

1. 교통사고발생 현황

연구대상지점의 최근 3년(96~98년)동안의 사고를 분석한 결과 교통사고 총 발생건수는 총 90건이 발생하였다. 곡선반경별, 곡선 내 위치별 사고발생건수는

〈표 4〉에서 보는 바와 같다. 전체사고건수 90건 중 특히 곡선부에서 발생한 사고는 전체의 78.8%인 71이 발생하여 곡선 내에서의 사고위험성을 확인할 수 있었다.

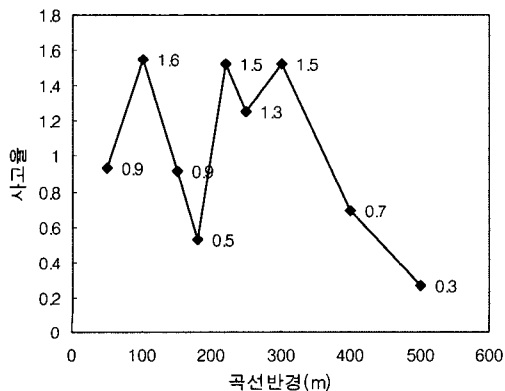
그리고 〈표 4〉에서 괄호 내 사고건수는 전체사고 중 차로 내의 교통류에 의한 사고를 배제한 사고건수이다. 즉, 〈표 4〉의 사고는 개별차량의 속도에 의한 단독사고로 도로이탈사고, 대향차선을 침범하여 정면충돌한 사고들이다. 이 자유속도에 의한 사고들은 특히 곡선부에 집중되어 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 곡선부 도로에 초점을 두어 속도변화에 따른 사고분석을 실시하였고, 특히 최저 자유속도가 발생하는 위치, 속도변화폭 등과 사고발생의 관계를 비교하였다. 〈그림 6〉은 각 곡선반경에 따른 사고발생율을 나타내고 있다. 각기 다른 지형조건과 다른 연평균 교통량에 의해 산출된 값이므로 특정 추세를 보이고 있지는 않지만 곡선반경 100~300m의 도로에서 주로 사고가 많이 발생하고 있음을 알 수 있다.

〈표 4〉 평면곡선상의 위치별 교통사고

위치	계	접근부	곡선부	유출부
총계	90(43)	12(4)	71(37)	7(2)
R=50	10(7)	1(1)	8(5)	1(1)
R=100	10(3)	·	9(3)	1
R=150	9(4)	2	7(4)	·
R=180	7(5)	1	5(4)	1(1)
R=220	8(6)	2(1)	6(5)	·
R=250	16(7)	2(2)	13(5)	1
R=300	15(6)	1	14(6)	·
R=400	9(4)	1	6(4)	2
R=500	6(1)	2	3(1)	1

※ 괄호안 숫자는 자유속도에 의한 사고건수



〈그림 6〉 최근 3년간 곡선반경별 사고율

2. 속도 변화와 교통사고의 관련성

1) 평면곡선에서 속도변화와 교통사고

평면곡선에서 위치별 개별차량의 속도변화를 분석한 결과 실제 접근부의 평균자유속도와 곡선상의 최저속도간에 차이는 평균 10.3~20.5km/h 폭으로 속도변화를 나타내고 있었다. 이에 대한 구체적인 분석결과는 〈표 5〉와 같다. 그리고 〈그림 7〉에서 보는 바와 같이 직선부 자유속도에 비해 속도변화 폭이 클수록 평균사고건수는 증가함을 알 수 있다. 〈그림 7〉은 모든 지점에서 나타나는 속도차이와 자유속도에 의한 교통사고건수의 관계를 나타내고 있다.

한편 진입부 직선도로의 주행속도에 비해 곡선부에서 가장 낮은 속도가 관찰된 곳은 곡선시작지점(PC)의 약 30m 후방지점이었다. 이 지점은 접근부의 직선 구간에서 평면곡선을 볼 때 운전자시거선이 제한되는 지점으로 판단된다. (〈그림 1〉에서 S지점) 그리고

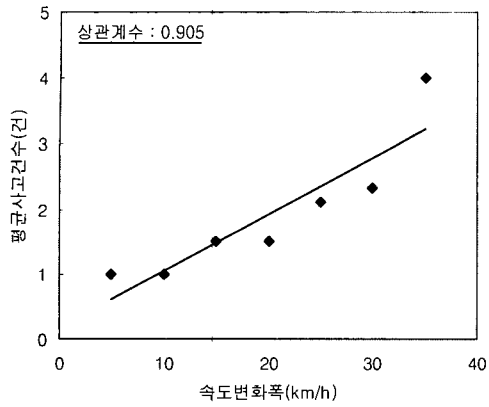
〈표 5〉 평면곡선의 자유속도변화와 교통사고

측 점	1~2	1~3	1~4	1~5	1~6	1~7	
평균 속도차	10.3	13.5	20.5	19.0	15.2	17.1	
총사고건수	7(4)	7(1)	37(16)	25(16)	11(4)	3(2)	
50	①	11.9	16.9	21	26.5	24.5	20.2
	②	1(1)	·	2	3(3)	3(2)	1(1)
100	①	10.9	16.1	24.1	10.6	8.6	12.3
	②	·	1	4(2)	4(1)	·	1
150	①	3.7	16.9	33.2	28.1	16.5	24.4
	②	·	1	4(2)	3(2)	1	·
180	①	7.1	3.2	6.3	12.3	2.6	-1.3
	②	·	1	1	3(3)	1(1)	1(1)
220	①	12.4	1	12.3	18.6	9.3	17.3
	②	2(1)	·	3(2)	2(2)	1(1)	·
250	①	21.5	24.1	28.8	21.2	21	25.3
	②	2(2)	3(1)	6(2)	3(2)	2	·
300	①	16	22.1	20	13.9	14.7	17.1
	②	1	1	10(5)	3(1)	·	·
400	①	4.3	15.8	22.5	22.5	26.6	21
	②	1	·	5(3)	1(1)	2	·
500	①	5.6	5.6	16.2	17.6	12.9	17.5
	②	·	·	2	3(1)	1	·

※ ① 접근부 1번 검지기와 곡선 내 자유속도차이 (지점별 속도차이의 평균)

② 평균교통사고 발생건수

※ () : 자유속도에 의한 사고건수



※ 사고건수는 교통량에 의한 사고는 배제한 단독사고건수임

〈그림 7〉 속도변화폭과 평균사고건수

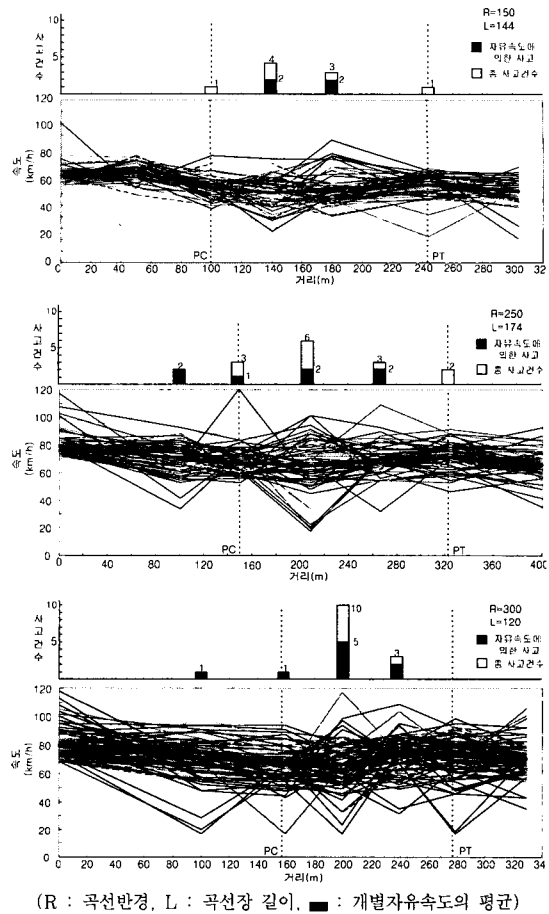
교통사고발생 건수도 PC지점의 약 30m 후방지점에서 37건, 약 60m 지점에서 25건이 발생하여 각각 총 사고 90건 중 41%, 28%를 차지하고 있어 곡선의 앞쪽 부분이 사고위험성이 높은 지점임을 알 수 있다.

(2) 평면곡선에서 개별차량의 자유속도분석

평면곡선에서의 개별차량의 속도변화행태를 분석하기 위해 교통류의 간섭을 받지 않는 차량들의 개별속도 궤적을 곡선반경별로 살펴보았다. 그리고 곡선전방 100~160m지점에서 속도를 측정된 결과 직선도로에서 높은 속도로 주행하는 차량들은 곡선에 이르기 전에 곡선반경별로 65~83km/h의 속도로 감속하여 곡선에 접근하였다. 〈그림 8〉은 9개의 조사지점 중 곡선반경이 150, 250, 300m인 평면곡선에서 사고건수-자유속도궤적변화의 관계를 보여주고 있다. 전체 교통사고건수와 자유속도에 의한 교통사고를 동시에 설명하고 있다. 진입부 속도에 비해 속도감소가 가장 큰 지점에서 사고가 많았고, 이 사고건수가 높은 지점에서는 속도의 분산정도도 크게 나타났다.

3. 속도변화의 설계기준검토

도로에서 주행하는 차량의 속도변화폭에 대하여 미국에서는 도로설계 및 평가 시 10mph 설계기준을 사용하고 있다. 본 연구결과에 따르면 곡선 내 최저속도는 진입 시 속도에 비하여 12.3~33.2km/h의 속도감소가 이루어진 것으로 나타났으며, 교통사고발생건수도 이 속도변화폭과 밀접한 관계가 있는 것으



(R : 곡선반경, L : 곡선장 길이, ■ : 개별자유속도의 평균)

〈그림 8〉 곡선반경별 사고건수와 자유속도변화

로 나타났다.

분석결과 속도의 변화폭이 10mph(16km/h) 이내 인 경우에는 대부분 교통사고 발생빈도가 낮게 나타났다. 10mph를 초과하여 속도변화가 일어난 경우에는 교통사고의 발생빈도가 높고, 특정지점에서 집중적으로 발생하는 현상을 나타내고 있어 우리나라에서도 대체적으로 10mile 설계기준이 적합한 것으로 분석되었다.

V. 결론

본 연구에서는 지방부 2차로도로의 평면곡선에서 나타나는 자유속도의 변화행태를 분석하였다. 그 결과 곡선 내에서 최저 자유속도와 자유속도가 가장 낮게 발생하는 위치를 찾아내고, 곡선상의 사고위험성을 평가하기 위해 교통사고자료와 비교·분석하였다.

다음은 본 연구를 통하여 얻은 결과이다.

- 곡선 내에서의 속도는 평면곡선의 시작지점과 곡선 중앙지점 사이에서 가장 낮게 나타난다. 이는 운전자의 시거의 제한에 따른 것으로 판단된다.
- 평면곡선 내에서 감소된 자유속도의 변화폭 크기는 교통사고발생 빈도에 밀접한 영향을 미치고, 그 속도 변화폭이 클수록 교통사고의 빈도는 높게 나타난다.

한편 본 연구의 결과를 발전시키기 위해 속도변화에 따른 도로의 안전성 검토기준과 곡선 내 속도를 평가할 수 있는 모형 개발이 필요하다. 향후 연구과제는 다음과 같다.

- 도로조건 및 교통조건을 반영한 속도산정 모형의 개발
- 속도 변화에 따른 도로설계의 일관성 및 안전성 평가지수개발
- 평면곡선 상에서의 차량들의 감속 및 가속율의 산출

참고문헌

1. 최재성, 도로선형에 대한 설계일관성 평가모형의 개발, 대한교통학회 제16권 제4호, 1998.
2. 최재성, 이점호, 4차선 도로의 설계요소에 대한 교통안전성 분석연구, 대한토목학회논문집 제5권 제3호, 1995.
3. Hee-Wee Tan, Sight distance and speed on urban local roads, ARRB Transport Research.
4. Francis P. D. Navin, Safety Factors for Roads Design : Can They Be Estimated?, TRR 1280.
5. Ruediger Lamm, Artur K. Guenther, and Elias M. Choueiri, Safety Module for Highway Geometric Design, TRR 1512.
6. J. E. Leisch and J. P. Leisch. New Concepts in Design-Speed Application, TRR 631, 1977.
7. Ruediger Lamm, John C. Hayward and Jeffrey G. Cargin, Comparison of Different Procedures for Evaluating Speed Consistency, TRR 1100, 1980.
8. John Mclean, Driver speed behavior and rural road alignment, Traffic Engineering & Control, 1981.
9. Nicholas J. Garber and Ravi Gadiraju, Factors Affecting speed variance and its influence on accidents, NCHRP 220.
10. Thawat Watanatada, Ashok M. Dhareshwar, Paulo Roberto S. Rezende Lima, Vehicle Speeds and Operating Costs, A World Bank Publication, 1987.
11. K.M.Collins, Validation of and Enhancements to an Operating-Speed-Based Geometric Design Consistency Evaluation Model, Texas Transportation Institute, 1996.
12. O. K. Normann, Preliminary Results of Highway Capacity Studies, Public Roads, Vol. 19, 1939.