

# 지방부 왕복 4차로 주행속도예측 모형 및 속도분산 모형 개발

## Development of Operating Speed Prediction Models and Speed Variance Models at Four-Lane Rural Roads

김상엽\* · 최재성\*\* · 김성민\*\*\*

Kim, Sang Youp · Choi, Jai Sung · Kim, Seong Min

### 1. 서 론

설계속도 기반의 도로설계기준은 실제 도로상 운전자의 주행행태를 반영하지 못하여 설계속도를 기반으로 설치된 도로는 설계속도와 실제 주행속도가 다르게 나타날 경우 도로의 안전성을 보장할 수 없다는 한계가 있다. 이러한 한계를 보완하기 위하여 주행속도 기반의 설계일관성평가가 합리적인 안전성 평가 대안으로 평가되고 있다. 이에 따라 주행속도 예측모형은 왕복 2차로 도로의 평면 곡선부 주행속도 예측모형 개발이 활발하게 진행되었으나 평면 직선부와 왕복 4차로 도로의 주행속도 예측모형은 아직 연구가 미비한 상태이다.

또한 차량간의 속도차와 관련한 다수의 연구에서 속도분산이 커질수록 교통사고는 증가한다고 제시하고 있다. 왕복 4차로는 도로 특성상 추월이 가능하기 때문에 도로를 주행하는 차량들간의 속도 차이가 발생하게 되므로 속도분산 또한 안전성을 평가하는 지표가 될 수 있을 것이라 판단되었다.

따라서 본 연구에서는 지방부 왕복 4차로를 대상으로 주행속도 예측모형과 속도분산 모형을 제시하여 왕복 4차로에 대한 주행행태 관련 분석에 활용할 수 있도록 하고자 한다.

### 2. 기존문헌고찰

#### 2.1 주행속도 예측모형

J.R. McLean(1981)은 호주의 지방부 2차로 도로 평면곡선을 대상으로 설계속도가 90km/h보다 낮을 때 85% 주행속도는 기하요소의 설계속도보다 높고, 100km/h보다 높을 경우에는 설계속도보다 낮다는 결론을 얻었다. 이를 토대로 기하구조 요건 외에 상류부 도로의 전반적인 기하구조요건과 주변 개발여건을 고려한 주행속도모형을 개발하였다.

Lamm(1993)은 제한속도가 100km/h인 도로를 대상으로 CCR(곡률변화율)을 변수로 사용해 운전자의 주행 특성을 나타낼 수 있는 주행속도모형을 개발하였다. 한계점으로는 평면선형 요인에만 독립변수가 국한되어 있다는 점이다.

FHWA(2000)의 연구는 2차로 도로를 대상으로 하여 크게 경사가 0~4%인 평면곡선구간, 오목곡선-평면선형구간, 볼록곡선-평면선형구간(시거제약)으로 나누어 주행속도예측모형을 구축하였다.

#### 2.2 속도분산과 사고

Solomon(1964)은 속도의 분산에 따른 사고간의 관계를 정의 하였고 2차로와 4차로 도로의 연속된 관측교통량을 가지고 차량속도분포를 만들어 내었다. 연구대상 도로의 속도자료, 교통량, 그리고 사고기록을 조사하

\* 정희원 · 서울시립대학교 교통공학과 박사과정 · 공학석사010-3251-4302(E-mail:road@uos.ac.kr)

\*\* 정희원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수·공학박사 · 010-2361-8110(E-mail:traffic@uos.ac.kr)

\*\*\* 비희원 · 서울시립대학교 교통공학과 석사과정 · 공학사 · 010-9908-7261(E-mail:mj10105@uos.ac.kr)

였고 다양한 도로구간에 대한 차량사고 포함 비율을 계산하였다. 그 결과 평균속도보다 높거나 낮은 경우 높은 사고의 위험이 있다고 밝혔다.

Kloeden et al(1997)은 Adelaide Metropolitan 지역에서의 사고들에 대해 연구하였다. 사고 직전의 속도와 평균통행속도를 가지고 제한속도가 60km/h인 지역에 부상과 사망사고의 관련된 위험도를 계산한 결과 60km/h가 넘는 속도에서 위험도는 지수적으로 증가하였고 통행속도가 5km/h씩 증가할 때마다 위험도가 두 배가 됨을 제시하였다.

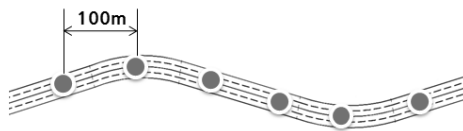
### 3. 자료 수집 및 분석

#### 3.1 대상구간 선정

경기도 포천 및 양평, 경상북도 문경에 소재한 3개 노선 7개 구간(상하행 구분 포함)이며, 총 구간 길이는 134.7km이다.

#### 3.2 속도자료 수집

본 연구는 NC-97을 이용하여 그림 1과 같이 차량의 진행방향을 따라 일정간격(약 100m 간격, 일부구간 제외)으로 속도자료를 수집하였다. 자료수집은 맑은 날, 노면상태가 건조한 날에 수행되었으며, 다량의 자료 확보를 위해 현장 및 기상상황에 따라 3시간부터 24시간 사이에서 연속 조사되었다. 평면 곡선부 107개 구간, 평면 직선부 107개 구간을 대상으로 각각 311지점 및 444지점의 주행속도 자료가 수집되었다. 속도자료를 추출한 결과, 수집된 755개 지점의 속도자료 중 최종적으로 표 1과 같이 184개 지점의 속도자료가 선택되었으며, 평면 곡선부 77개소, 평면 직선부 107개소가 포함되었다.



● 주행속도조사지점

그림 1. 주행 속도자료 수집 방법

표 1. 선형유형 구분 및 자료수

종단선형		평면선형	평면 곡선부(C)	평면 직선부(T)
종단경사부(G)			CG [41]	TG [59]
종단 곡선부	볼록(C)		CC [19]	TC [27]
	오목(S)		CS [17]	TS [21]

#### 3.3 기하구조자료 수집

대상구간의 기하구조 조사는 표 2와 같은 과정에 의해 수행되었다.

표 2. 기하구조 자료 수집과정

구 분	내 용
1단계	도로의 준공도면을 활용하여 개괄적 정보일치여부 확인(평면곡선의 굽은 방향 및 길이, 종단경사 방향, 종단선형과 평면선형의 위치 관계 등)
2단계	실측, 또는 중앙분리대 지주간격, 가로등 설치 간격 등 주변 시설물 설치간격 정보를 이용하여 평면선형 길이 확인
3단계	위성지도 및 CAD를 활용하여 세부적인 평면설계요소 정보일치여부 재확인(평면곡선반경 및 길이, 평면직선길이, 완화곡선 설치여부 등)
4단계	편경사, 종단경사, 횡단구성요소 설계제원 현장실측

3.4 주행속도 및 속도분산 자료 분석

수집된 자료를 바탕으로 주행속도와 속도분산과 도로설계요소간의 관계를 표 3, 표 4와 같이 분석해 보았다.

표 3. 유형별 주행속도(V85)와 도로설계요소간 관계 분석

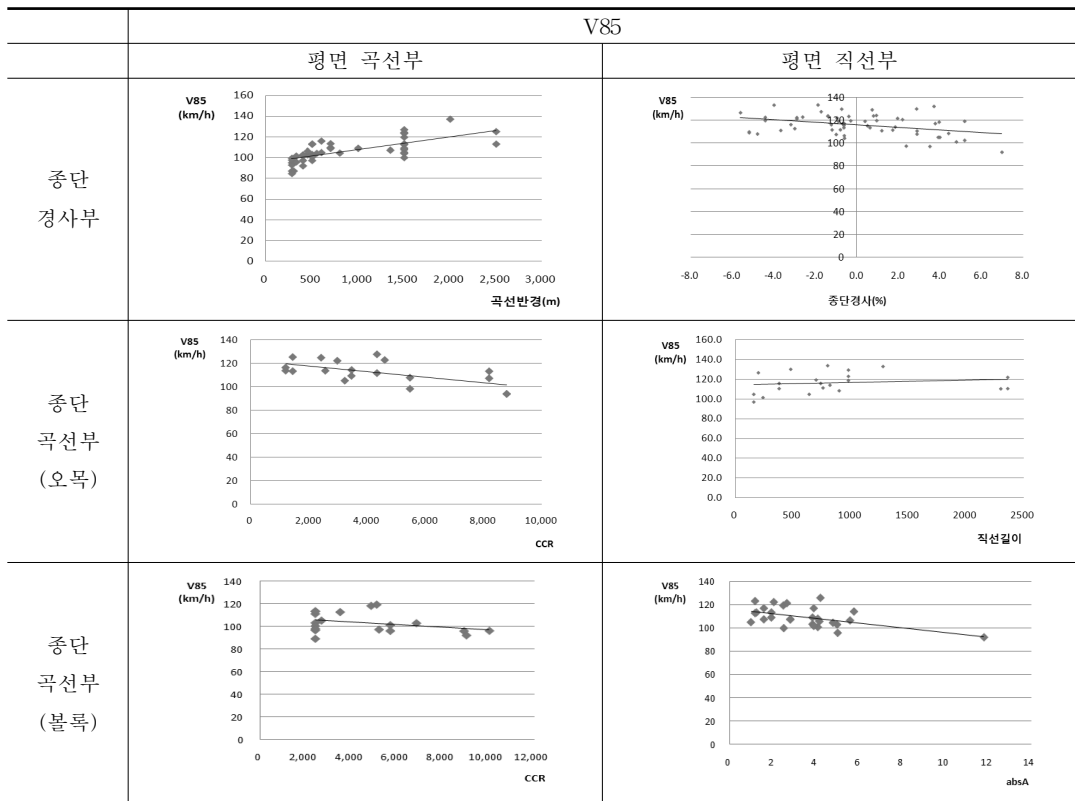
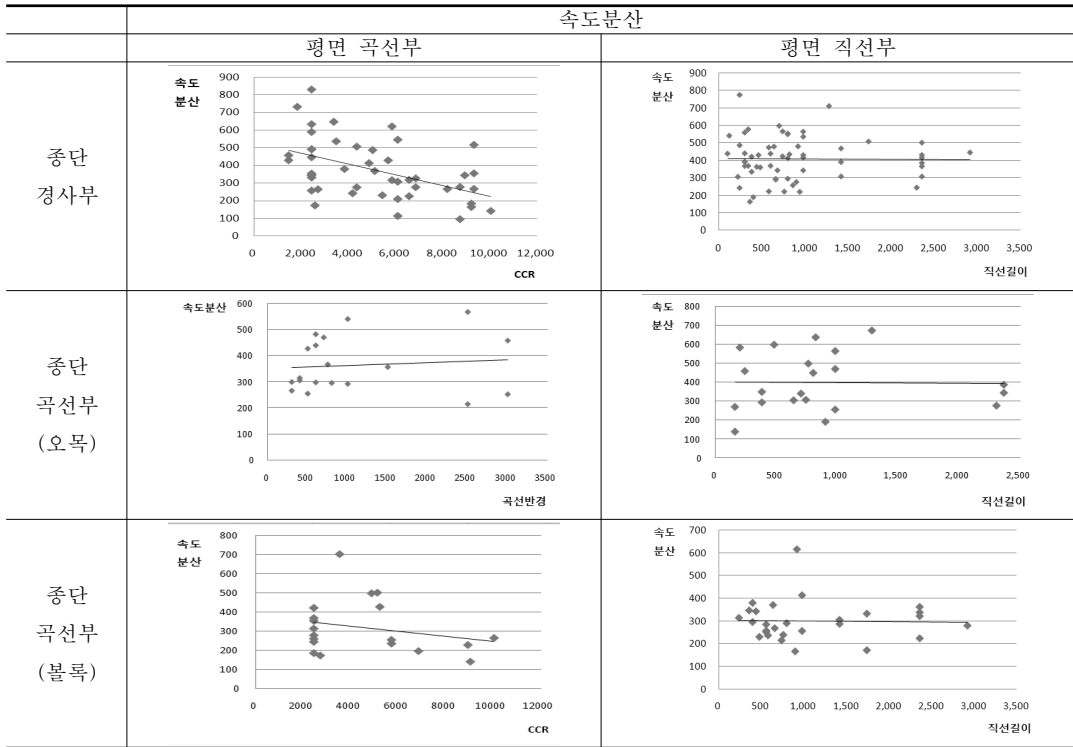




표 4. 유형별 속도분산과 도로설계요소간 관계 분석



#### 4. 주행속도 예측모형 및 속도분산 모형 개발

##### 4.1 변수 선정

본 연구는 주행속도 예측모형 개발을 위하여 평면선형의 설계요소와 더불어 종단선형 및 횡단구성 등을 독립변수로 활용하였다. 본 연구에서 고려한 독립변수는 표 5와 같다.

표 5. 주행속도 예측모형 및 속도분산 모형 개발 시 고려된 독립변수

구분1	구분2	구분3	조사항목
기초 독립변수	평면선형	평면 곡선부	$R, CCR$ $DA, L_c$ $D_{ir}, L_{clo}$ $A$
		평면 직선부	$L_T$
	종단선형	종단 경사부	$G, L_G$
		종단 곡선부	$G_{diff}, L_V$ $Kc$
	횡단구성	$W_{kf}, W_L, W_B$	중앙분리대여유폭(m), 차로폭(m), 길어깨폭(m)
기타 영향요소	$Outslope$	도로면 절성도 여부	

#### 4.2 주행속도 예측모형 및 속도분산 모형 개발

본 연구에서는 선정된 설명변수를 중심으로 다중회귀분석을 이용하여 모형을 개발하였다. 회귀모형의 독립변수는 주행속도와 상관관계가 높고 유의성이 있는 설계요소를 우선적으로 고려하여 선택되었고, 이 중 제거 기준( $F=0.01$ )에 의해 탈락된 독립변수들을 하나씩 제거하는 방법으로 1차 회귀모형을 개발하였다. 최적 회귀모형은 1차 회귀모형을 기준으로 독립변수의 부호, 독립변수간 상관관계, 모형 및 독립변수의 유의성( $F$ 검정과  $t$ 검정), 오차항간 독립성, 다중공선성, 이상치(표준화 잔차) 등을 검토하여 결정되었다.

표 6. 주행속도 예측모형 및 속도분산 모형 개발

선형유형		주행속도 예측모형	$R_r^2$	P값	지점수
평면	종단				
곡선	종단경사	$V85 = 98.618 + 0.012R - 0.207DA + 0.057L_{do}$	0.765	0.000	41
	블록곡선	$V85 = 106.571 - 0.002CCR - 2.644G_{diff} + 0.063L_v$	0.697	0.016	19
	오목곡선	$V85 = 123.442 + 0.393DA - 0.006CCR$	0.854	0.000	17
직선	종단경사	$V85 = 116.013 - 1.097G$	0.558	0.005	59
	블록곡선	$V85 = 116.528 - 2.012G_{diff}$	0.512	0.005	27
	오목곡선	유의한 모형식 없음	-	-	-
선형유형		속도분산 모형	$R_r^2$	P값	자료 수
평면	종단				
곡선	종단경사	$VD = 528.613 - 0.03CCR$	0.681	0.001	41
	블록곡선	$VD = 1108.034 - 0.402R - 0.088CCR$	0.685	0.006	19
	오목곡선	유의한 모형식 없음	-	-	17
직선	종단경사	유의한 모형식 없음	-	-	59
	블록곡선	유의한 모형식 없음	-	-	27
	오목곡선	$VD = 96.687 + 0.045L$	0.641	0.002	21

여기서,	$R$	: 평면곡선반경(m)	$CCR$	평면곡선변화비율( $gon/km$ )
	$L$	평면직선길이(m)	$G$	해당선형 종단경사(%)
	$DA$	편각(deg/km)	$L_v$	종단곡선길이(m)
	$L_{do}$	완화곡선길이(m)	$G_{diff}$	종단경사대수차(%)

## 6. 결 론

본 연구는 지방부 왕복 4차로 도로를 대상으로 하고 있으며, 평면선형과 종단선형의 조합에 따른 선형유형 6가지 중 평면직선과 오목종단곡선이 중첩된 선형유형을 제외한 5가지 선형유형에 대한 주행속도 예측모형과 속도분산 모형을 개발하였다. 기존의 연구들과는 차별화 된 자료수집 방법 및 자료선별 방법을 개발하였으며 기존에 연구가 활발하지 못했던 왕복 4차로 도로를 대상으로 한 주행속도 예측모형식과 속도분산 모형을 개발하여 모형의 실무활용범위를 확장하였다는데 의의가 있다고 판단된다.

하지만 본 연구에서 이용한 자료가 국도 3개 노선에 한정되어있어 전국을 대표할 수 없으므로 향후 전국적인 속도 및 도로선형요소를 바탕으로 대표성을 지닐 수 있는 연구가 필요하다고 판단된다. 향후 연구로는 주행속도 예측모형을 통한 일관성 평가와 속도분산예측을 통하여 실제 사고와의 관계를 규명하여 도로설계기준의 한계를 보완하고 왕복 4차로에서의 도로의 전반적인 안전성 평가할 수 있는 기준을 정립하여야 하겠다.

## 참고 문헌

1. 국토해양부(2009), “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침”
2. 김용석, 조원범 (2004), “주행속도 기반 도로 평면선형 설계 안전성 평가 연구”, 대한교통학회지, 제22권, 제7호, pp 25-32.
3. Mclean, J.R., (1981), “Driver Speed Behaviour and Rural Road Alignment Design,” Traffic Engineering & Control, Vol.22, Printerhall Limited, London, England, pp.208~211
4. Lamm, R. 외 2인(1993a), “Safety Module for Highway Design,” unpublished manuscript, Institute for Hi



ghway and Railroad Engineering, University of Karlsruhe, Germany

5. Fitzpatrick, K., 외 10인(1999), "Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways", Report FHWA-RD-99-171, FHWA, U.S. Department of Transportation.
6. Kay Fitzpatrick et al.(2000), "Evaluation of Design Consistency Methods for Two-Lane Rural Highways, Executive Summary", FHWA-RD-99-173, FHWA
7. Solomeon(1964), Accidents on main rural High ways Related to Speed, Driver, and vehicle, U.S. Department of Commerce
8. Kloeden(2002), Speeding in Metropolitan Adelaide, A Situation Analysis