

주·야간 운전자의 주행속도 선택 특성

Drivers' Operating Speed Selection on Daytime and Nighttime

김 용 석

(한국건설기술연구원 선임연구원)
safey@kict.re.kr

조 원 범

(한국건설기술연구원 연구원)
worber@kict.re.kr

목 차

I. 서론

1. 연구배경 및 목적
2. 연구범위 및 방법

II. 문헌조사

1. 도로 설계 일관성 평가
2. 주간과 야간의 주행속도 비교연구

III. 현장조사 및 자료분석

1. 자료 수집
2. 자료 분석

IV. 결론 및 향후연구

참고문헌

I. 서론

1. 연구배경 및 목적

도로 설계는 운전자의 기대와 일치되는 방향으로 수행되는 것이 바람직하다. 이는 “도로 설계자의 의도가 도로 이용자에게 분명하게 전달됨으로써, 도로 이용자의 반응 행태에 대해 신뢰성 있는 예측이 가능하고 이러한 행태에 최대한 부합되는 도로 선형 설계를 수행하는 것”으로 정의되는 도로 이용자 중심의 도로 선형 설계의 기본 구상이라 할 수 있다.

도로 이용자 중심의 도로 선형 설계를 위한 다양한 접근 개념 가운데 도로 설계 일관성은 개별 설계 요소들이 도로 설계 기준을 만족하는지의 여부를 검토하는 범위에서 나아가 도로의 일정 구간을 따라 개별 도로 설계 요소들의 조화로운 연결 정도를 평가하는 척도로 활용되고 있다.

도로 설계 일관성은 크게 운전자의 운전 중 부하가 도로를 따라 균등하게 유지되게 하는 것, 도로의 횡단선형의 변화 등이 설계 구간 내에서 가능한 균질 되게 제공될 수 있도록 하는 것, 운전자의 주행속도의 변화가 일정 범위 내에서 유지되도록 하는 것으로 구체화될 수 있다. 이 가운데 주행속도를 일정하게 유지하는 특성을 반영한 주행속도 일관성은 선행 연구들을 통해 구체적인 평가기준이 확립되었으며 교통사고와의 인과관계 측면에서도 다른 척도들에 비해 활용도가 높다.

그동안 주행속도 일관성에 관련한 국내외 다양한 연구들이 수행되었으며, 현재까지도 이 분야에 대해 추가적인 연구 노력들이 경주되고 있다. 본 연구도 이러한 배경 하에 수행되었던 주행속도예측모형 개발연구 과정에서 파생된 것이다. 본 연구는 현장에서 조사된 운전자의 주간과 야간의 속도자료를 이용하여 주간과 야간의 운전자의 속도 선택 행태에 대한 특성을 비교할 목적으로 작성되

었다. 선행연구는 주간에 한정하여 주행속도 예측 모형을 제시하고 있는 점을 감안할 때, 본 연구는 주간과 야간에 구별된 주행속도 예측식의 개발 여부를 사전에 검토하기 위한 목적을 가지고 있다.

교통사고 통계만으로 볼 때, 야간사고는 2005년을 기준으로 전체 교통사고의 48.8%, 사망자의 55.9%를 차지함으로써 사회 경제적인 파급효과가 높다. 반면 야간의 교통사고에 영향을 줄 것으로 판단하는 운전자의 주행 행태에 대한 연구는 매우 제한적으로 수행됨으로써 야간 사고의 인과관계를 규명하는데 매우 한정적인 추론에 의존할 수밖에 없다.

2. 연구범위 및 방법

야간에 운전자는 시야가 주간에 비해 상대적으로 제한되며, 이러한 인간공학적 한계 요소는 야간 교통사고의 원인을 규명하는데 중요한 단서를 제공할 수 있다. 이런 관점에서 본 연구는 야간에 조사된 운전자의 주행 행태에 대해 검토하고 도로 설계 일관성 관점에서 야간 운전자의 주행속도의 변화 특징을 분석하여 향후 이 분야 연구의 기초적인 자료로 활용되기를 기대한다.

본 연구는 지방부 4차로 도로를 대상으로 현장에서 운전자의 주행속도를 주간과 야간 시간대에 조사하였다. 도로 기하구조와 관련하여 주간과 야간에 운전자의 주행속도 특성간의 차이를 비교하는데 초점을 두고 수행되었다.

II. 문헌조사

1. 도로 설계 일관성 평가

도로의 선형 안전성 평가는 주행속도의 변화와 도로교통 사고의 높은 상관성에 기초하여 연구가 발전되어 왔다. Lamm 등(1999)은 이 분야 연구들을 종합하여 세 가지 도로

선형 안전성 평가기준을 제시하였다. 첫째, 도로 설계요소별 주행속도와 설계속도의 차이, 둘째, 두 개의 연속적인 설계요소(직선부와 곡선부, 곡선부와 곡선부) 사이의 주행속도 차이, 셋째, 요구되는 횡방향 마찰계수와 가정된 횡방향 마찰계수의 차이이다. 특히 두 번째 평가기준은 <표 1>과 같이 연속적인 설계요소의 주행속도 변화에 초점을 둔 것으로 본 연구에서 중점을 두고 검토한 평가기준이다.

<표 1> 도로 선형 안전성 평가기준

평가	연속되는 선형요소의 주행속도 차이
우수	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 10 \text{ km/h}$
양호	$10 < V_{85_i} - V_{85_{i+1}} \leq 20 \text{ km/h}$
불량	$ V_{85_i} - V_{85_{i+1}} > 20 \text{ km/h}$

주) V_{85i} : i 번째 설계요소를 주행하는 운전자의 85백분위 주행속도,
 V_{85i+1} : $i+1$ 번째 설계요소를 주행하는 운전자의 85백분위 주행속도

곡선부 주행속도 예측모형 개발 연구는 국내·외에서 다수 수행되었다.

캐나다는 1999년에 도로설계기준(TAC, 1999)을 개정하면서 “설계 일관성(Design Consistency)”을 별도의 장으로 제시하고, 횡단선형 일관성, 주행속도 일관성, 작업부하로 나누어 제시하고 있다. 횡단선형 일관성과 작업부하는 여전히 정성적인 수준에서 언급하고 있으나 주행속도 일관성은 곡선부에서의 주행속도 예측 식을 식 (1)과 같이 제시함으로써 보다 정량적으로 평가할 수 있도록 하고 있다.

$$V_{85} = 102.45 + 0.0037L - (8995 + 5.73L)/R \quad (1)$$

여기서,

V_{85} : 85th 백분위 주행속도(Km/h)

L : 곡선장(m)

R : 평면곡선반경(m)

2. 주간과 야간의 주행속도 비교연구

Guzman(1996)은 도로 설계 일관성 평가를 위한 주행속도 연구의 과정 중에 도로 현장에서 조사된 주간과 야간의 주행속도 자료를 이용하여 도로 기하구조와 관련한 속도 특성을 검토하였다. 동 연구는 <표 2>와 같이 곡선 진입 전 직선부에서 주간과 야간에 주행속도의 평균과 표준편차를 비교하여 제시하였다. 통계 분석 결과로써, 바깥쪽 차로만을 볼 때 주간 속도와 야간 속도 간에 통계적으로 유의한 차이를 보인 지점은 2개 지점인 것으로 나타났음을 제시했다(T-test 결과). 주간과 야간의 속도가 동일한 모집단에서 파생되었는지의 여부를 검증하기 위한 통계분석에서는 3개 지점에서 주간 속도가 야간에 비해 분산이 큰 것으로 나타났음을 제시했다.

<표 2> 접근 직선부 중앙에서 속도 평균 및 표준편차 통계분석 결과(Guzman, 1996)

곡률	평균		표준편차	
	바깥쪽 차로	안쪽 차로	바깥쪽 차로	안쪽 차로
3			D	
3		N		
3		D	D	
6				
6		N		D
10		D	D	
10	D			
12	D			

주) N=야간속도가 높음; D=주간속도가 높음

Guzman(1996)은 <표 3>과 같이, 곡선부에서 주간과 야간에 주행속도의 평균과 표준편차를 비교하여 제시하였다. 통계 분석 결과로써, 바깥쪽 차로만을 볼 때 총 8개 지점 가운데 3개 지점은 야간 주행속도가 높게 나타났고 5개 지점에서는 주간 속도가 높게 나타났음을 제시했다. 주간 속도와 야간 속도 간에 통계적으로 유의한 차이를 보인 지점은 4개 지점으로 나타났음을 제시했다(T-test 결과). 연구 저자는 이들 4개 지점은 조사지점

들 가운데 곡률이 큰(곡선반경이 작은) 지점들이며, 이러한 결과는 야간에 운전자가 곡률이 큰 곡선으로 진입 시에 어려움이 있을 것이라는 점을 설명할 수 있음을 언급했다.

<표 3> 곡선부 중앙에서 속도 평균 및 표준편차 통계분석 결과(Guzman, 1996)

곡률	접근부 직선		곡선 1/2L	
	바깥쪽 차로	안쪽 차로	바깥쪽 차로	안쪽 차로
3			D	D
3		N		
3		D		N
6	D		N	
6		N		D
10	D	D		
10	D			
12	D	D		

주) N=야간속도가 높음; D=주간속도가 높음

Guzman(1996)은 주간과 야간에 개별차량의 접근 직선부와 곡선부 속도차이에 대한 결과로, 총 8개 지점 가운데 6개 지점에서 야간에 속도 차이가 큰 것으로 나타났으나 통계적으로 유의한 지점은 3지점에 불과하였음을 제시하고 있다(<표 4> 참조). 주간과 야간에 속도차이의 표준편차가 큰 지점은 6개 지점으로 나타났으며 이 가운데 반은 야간에, 나머지는 주간에 분산이 큰 것으로 나타났음을 제시했다.

<표 4> 접근 직선부와 곡선 중앙에서 개별차량 속도 차의 평균 및 표준편차 통계분석 결과(Guzman, 1996)

곡률	접근부 직선		곡선 1/2L	
	바깥쪽 차로	안쪽 차로	바깥쪽 차로	안쪽 차로
3				N
3	N	N	D	
3			N	N
6			N	
6	N		D	D
10			D	
10	N		N	
12		N		

주) N=야간속도가 높음; D=주간속도가 높음

III. 현장조사 및 자료분석

1. 자료 수집

현장조사는 왕복 4차로의 일반국도로 제한 속도가 80km/h인 구간을 대상으로 수행되었다. 현장조사 구간은 주행속도에 영향을 줄 수 있는 외부환경 요인을 최대한 배제하기 위하여 다음의 선정 원칙에 최대한 부합되는 도로지점을 선정하였다.

- 교차로, 과속단속시스템 영향 없는 곳
- 도로 주변의 영향이 최소화된 곳
- 도로에 인접하여 또는 진행방향으로 운전자의 주행에 비정상적인 상황을 유발하는 교량, 학교, 공장 등이 없는 곳

최종적으로 선정된 구간은 <표 5>와 같다. 속도자료 수집은 미국 nu-metrics사의 NC-97을 이용하였다. 검지기는 가로 16cm, 세로 14cm, 높이 2cm 정도로 운전자에게 쉽게 식별되지 않을 정도의 크기이다. 검지원리는 자기장(magnetic field) 위로 통과하는 차량의 영향을 검지하고, 검지기 내의 마이크로컴퓨터가 이를 토대로 지점속도(spot

speed)를 예측하게 된다. 검지기로부터 수집되는 자료는 차량속도, 검지시간, 차두시간, 차량길이이다. 이들 자료는 검지기에 저장되고 조사시간이 끝난 후에 RS232 포트를 통해 개인용 컴퓨터로 옮겨진다.

구간별 주행속도 조사위치는 곡선부 전방 100m, 곡선부의 중간지점(1/2)이다. 조사장비를 통해 조사된 속도자료 중 추종이 일어날 수 있는 차두시간이 6초 이하인 경우는 다른 차량의 영향을 받았다고 가정하고 자료에서 제외하였으며, 차종은 승용차로 국한하여 분석을 수행하였다.

2. 자료 분석

주간과 야간에 직선부와 곡선부에서 운전자의 주행속도 평균의 동일성에 대한 검정을 위해 독립표본 t-검정을 수행하였다(<표 6> 참조).

이를 위해 두 분포의 등분산 여부를 검정(Levene의 등분산 검정)하고 이 결과에 따라 귀무가설(H_0 : 주간과 야간의 평균속도를 동일하다.)의 유의확률을 계산하였다.

분석결과 평면직선부의 경우 5개 구간 중 1개 구간, 평면곡선부의 경우는 5개 구간 중 2개 구간을 제외하고는 주간과 야간의 평균속도가 동일하다고 볼 수 있다(<표 7> 참조).

<표 5> 현장조사 구간 기하구조

구간	조사 시작 시간 (시)	조사 종료 시간 (시)	총 조사 시간 (시간)	상류부 평면곡선		접근 직선부 L_T	평면곡선부 중앙				
				R	L_c		R	C_L	e	LW	SW
1	17	12	19	400	260	620	400	330	6.5	3.6	1.5
2	17	16	23	500	201	654	500	198	5.2	3.5	2.0
3	17	12	19	900	324	1,187	600	360	6.0	3.5	1.2
4	19	14	19	600	360	1,187	900	324	6.0	3.5	1.1
5	17	12	19	400	320	1,526	600	360	5.6	3.5	1.5

여기서, R : 평면곡선반경(m)
 L_c : 평면곡선길이(m)
 L_T : 평면직선길이(m)
e : 편경사(%)
LW : 차로 폭(m)
SW : 길어깨 폭(m)

<표 6> 주·야간 집단 통계량

구간	평면 직선 길이	평면 곡선 반경	주야	평면직선부 속도			평면곡선부 속도		
				자료수	평균	표준편차	자료수	평균	표준편차
1	620m	400m	주간	312	94.40	12.860	336	88.60	14.640
			야간	165	92.30	14.990	159	85.70	16.026
2	654m	500m	주간	411	91.74	15.165	452	89.63	16.302
			야간	116	87.40	15.306	142	85.64	18.268
3	1,187m	600m	주간	461	94.22	16.223	481	93.07	14.955
			야간	241	93.78	17.690	278	91.38	15.327
4	1,187m	900m	주간	650	99.53	14.446	699	88.59	14.188
			야간	245	99.46	16.138	281	90.13	16.462
5	1,526m	600m	주간	461	94.22	16.223	481	93.07	14.955
			야간	241	93.78	17.690	278	91.38	15.327

<표 7> 주·야간 독립표본 검정 (95% 신뢰구간 적용)

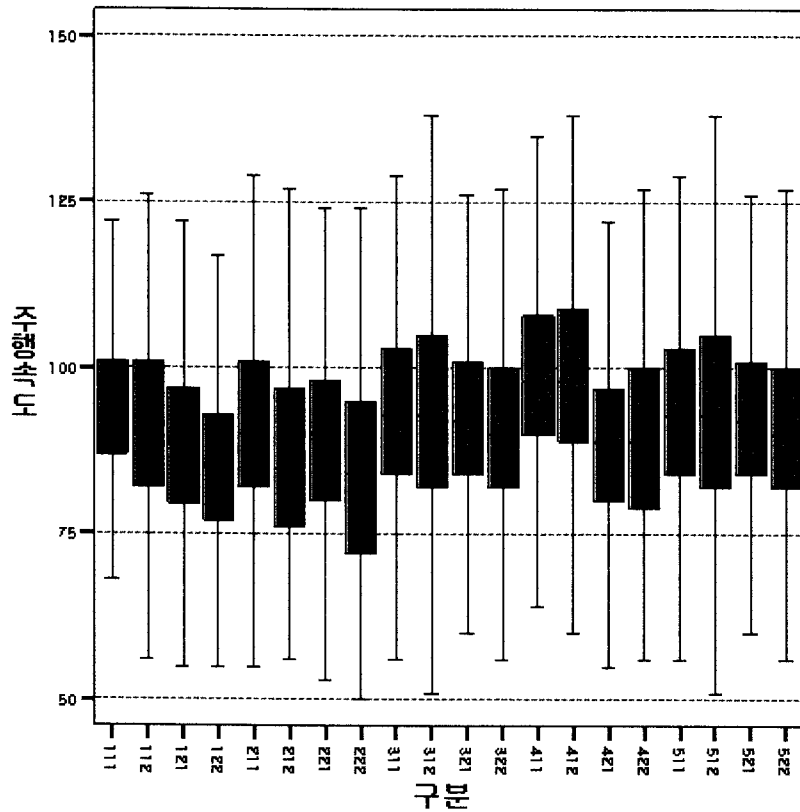
구간	평균의 동일성에 대한 t-검정							
	t	자유도	유의 확률 (양쪽)	주·야간 평균속도 동일성 여부	평균차	차이의 표준오차	차이의 95% 신뢰구간	
							하한	상한
평면직선부								
1	1.601	475	0.110	동일	2.100	1.312	-0.478	4.679
2	2.718	525	0.007	다름	4.343	1.598	1.205	7.482
3	0.328	700	0.743	동일	0.437	1.331	-2.176	3.050
4	0.067	893	0.946	동일	0.075	1.119	-2.121	2.271
5	0.328	700	0.743	동일	0.437	1.331	-2.176	3.050
평면곡선부								
1	1.993	493	.047	다름	2.897	1.453	0.042	5.753
2	2.467	592	.014	다름	3.985	1.615	0.813	7.158
3	1.489	757	.137	동일	1.693	1.137	-0.539	3.925
4	-1.379	456	.169	동일	-1.543	1.119	-3.742	0.656
5	1.489	757	.137	동일	1.693	1.137	-0.539	3.925

IV. 결론 및 향후연구

도로 설계 일관성은 운전자의 기대 심리에 부응하는 도로 설계를 지향하는 것으로, 도

로 시설 공급자 측면이 아닌 도로 이용자 측면에서 도로의 안전성을 확인할 수 있는 기회를 제공한다.

도로 설계 일관성 평가를 위해 주행속도



<그림 1> 주·야간 속도분포

주) 구분(X축)의 숫자 중

- 첫 번째 자리 : 구간번호
- 두 번째 자리 : 1 : 평면직선부, 2 : 평면곡선부
- 세 번째 자리 : 1 : 주간, 2 : 야간

예측모형 개발이 국내외 연구에서 이루어졌다. 그러나 대다수의 모형이 주간에 조사된 속도자료를 토대로 개발되었다. 본 연구는 야간 운전자의 주행속도 예측모형 개발 필요성을 위한 사전 연구적 성격을 가지고 검토하였다.

주간과 야간에 조사된 속도자료를 통해 직선부와 곡선부의 속도를 비교한 결과, 두 가지 결론을 도출하였다.

첫째, 총 5개 조사구간 가운데 1개 지점의 평면곡선부를 제외한 총 9개 조건(주·야간, 직선과 곡선)에서 주간 주행속도가 야간 주

행속도에 비해 높게 나타났다. 모든 지점에서 직선부 주행속도는 곡선부 주행속도보다 높게 나타났다.

둘째, 총 5개 구간 가운데 직선부는 1개 구간, 곡선부는 2개 구간이 주·야간에 속도 차이가 있는 것으로 나타났다. 2개 구간은 조사구간들 가운데 곡선반경이 작은 구간으로 운전자가 야간에 곡선부를 진입시에 주간에 비해 상대적인 어려움이 있음을 보여주는 것이다.

셋째, 주간과 야간의 주행속도의 표준편차를 검토한 결과 모든 구간에서 직선부와 곡

선부 모두 야간에 속도의 분산이 큰 것으로 나타났다. 이는 속도의 분산과 교통사고율의 관계에 대한 기존 연구의 공통된 견해인 “속도의 분산이 크면 사고발생의 개연성이 높음”과 일관되게 설명할 수 있는 단서가 될 수 있다.

본 연구는 야간 속도조사의 어려움으로 인해 지점 수가 제약된 측면이 있고 개별차량의 속도에 대한 분석이 제시되지 못하였다. 향후 지점 수 확대와 개별차량이 직선부에서 곡선부로 이동시에 감속하는 특징에 대해 추가적인 연구를 수행함으로써 주간과 야간에 운전자의 주행속도 변화 특성을 보다 상세하게 검토할 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

1. 건설교통부, 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 2000
2. 경찰청, 교통사고 통계분석, 2006
3. Lamm, R., Psarianos, B., & Mailaender T., Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, McGraw-Hill, 1999
4. Guzman, Jesus Jr, Comparison of Day and Night Vehicular Speeds on Horizontal Curves on Rural Two Lane Highways, TTI-04690-5, 1996
5. TAC, Geometric Design Guide for Canadian Roads, 1999.