

## 근거리사진측량을 이용한 도로에서의 정지시거 정립

### Thesis of Non-passing Distance in Road using Close-Range Photogrammetry

최석근<sup>1)</sup> · 이선규<sup>2)</sup> · 임현량<sup>3)</sup> · 이재기<sup>4)</sup>

Choi, Seok-Keun · Lee, Son-Gyu · Im, Hon-Ryang · Lee, Jae-Kee

1) 충북대학교 공과대학 토목공학과 부교수(E-mail : skchoi@chungbuk.ac.kr)

2) 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail : seongyu30@nate.com)

4) 충북대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail : pmj2817@nate.com)

3) 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-mail : jklee@chungbuk.ac.kr)

#### 요지

우리나라의 교통사고발생은 OECD국가 중 인구 10만명당 사망자 14.9명으로 29개국 중 25위로 최하위권에 머물러있는 실정이다. 본 연구는 현재 적용하고 있는 우리나라 도로구조시설기준에서 정지시거에 대한 기준이 현실적이지 못하다고 분석되었기 때문에 근거리사진측량을 이용하여 3차원 모델링하고 정지시거를 명확한 근거에 기준하여 이를 규명하고자 수행하였다. 따라서 본 연구는 도로 정지시거의 기준을 재정립하여 안전하고 쾌적한 도로설계 기준을 제시하는데 그 목적이 있다.

## 1. 서론

우리나라는 차량등록대수가 16만 3천대로 세계 13위의 자동차 대국이나, 교통사고발생은 OECD국가 중 하위권에 머물러있고, 공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침(2002. 건교부)에 의하면 사망 1인당 3.1억원, 부상 1인당 0.2억원으로 비용을 산정해 볼 때 막대한 직접적 경제적 손실이 나타나는 실정이다. 본 연구는 도로 곡선부에서의 정지시거를 재정립하기 위하여 근거리 사진측량을 이용하여 도로 형상을 3차원 모델링하고, 차량의 크기와 주행 위치 등을 분석하고자 한다.

따라서, 본 연구에서는 도로 주행 시 정지시거의 기준을 재정립함으로써 교통사고를 방지하고, 안전하고 쾌적한 도로설계 기준을 제시하는데 그 목적이 있다.

## 2. 정지시거 이론론 및 설계기준 분석

### 2.1 정지시거 기본이론

정지시거의 산정 시 기준이 되는 속도는 본래 설계속도였으나, 건설교통부(2003)는 설계속도를 주행속도로 변경하였으며, 주행속도는 설계속도 120-80km/hr까지는 설계속도의 85%, 70-40km/hr까지는 설계속도의 90%, 그 이하는 설계속도와 같다고 규정하였다.

정지시거를 측정하는 방법은 운전자의 위치를 진행하는 차로의 중심선상으로 하고, 운전자 눈의 높이를 도로 표면으로부터 100cm로 하여, 장애물 또는 물체의 높이 15cm를 볼 수 있는 거리를 같은 차로의 중심선상으로 측정하여야 한다. 정지시거는 반응시간동안 주행한 거리와 제동정지 거리의 합으로 이루어진다. 반응시간 동안의 주행거리는 운전자가 장애물을 발견하고 브레이크를 밟을 때까지의 반응시간 즉, 위험요소를 판단하는 시간 1.5초와 제동장치를 작동하는 시간 1.0초, 총 2.5초로 하여 주행거리를 산정하였다. 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙해설 및 지침에 의하면 운전자가 같은 차로상에 고장차 등의 장애물을 인지하고 안전하게 정지하기 위한 필요한 거리로서 차로중심선상 1미터 높이에서 그 차로의 중심선에 있는 높이 15센티미터의 물체의 맨 윗부분을 볼 수 있는 거리로 하도록 되어 있다.

$$D = d_1 + d_2 = \frac{V}{3.6}t + \frac{V^2}{254f} = 0.694V + \frac{V^2}{254f} \quad (1)$$

## 2.2 국내외 정지시거 설계기준 분석

미국의 기준(AASHTO)에서는 운전자가 자동차 진행방향의 전방에 있는 장애물 또는 위험 요소를 인지하고 제동을 걸어 정지 하던가, 혹은 장애물을 피해서 주행할 수 있는 길이로서, 운전자가 주행 중에 전방을 주시하는 위치를 진행 차선의 중심선상으로 하고 눈의 높이는 도로 표면으로부터 1.07m, 장애물의 위치는 동일 차선의 중심선 상으로 하고, 장애물의 높이 0.6m로 한다라고 되어있다.

일본(도로구조령의 해설과 운용)의 경우는 자동차가 그 진행방향 전방에 장애물(또는 대항하는 자동차)을 인지하고 충돌하지 않도록 제동을 걸어 정지하든가 혹은 장애물을 피해서 주행할 수 있는 길이어야 한다고 되어있으며, 독일(독일연방 도로설계지침 RAS-L)의 경우는 차도에서 갑자기 발생한 방해물에 대하여 차량을 정지시키기 위해서 속도 V85로 주행하는 운전자가 필요로 하는 노선이 필요 정지시거(Sh)이다. 이것은 반응시간, 동작시간 동안의 거리와 순수한 제동거리를 합한 것으로 표 1과 같다.

표 1. 각국별 정지시거 기준 비교

구 분	운전자 눈높이(m)	장애물높이(m)	구 분	운전자 눈높이(m)	장애물높이(m)
한 국	1.0	0.15	프랑스	1.0	0.15
미 국	1.07	0.60	영 국	1.05	1.05
일 본	1.2	0.10	호 주	1.14	0.23

## 3. 현장관측 및 편기량 분석

### 3.1 운전석 편기량 분석

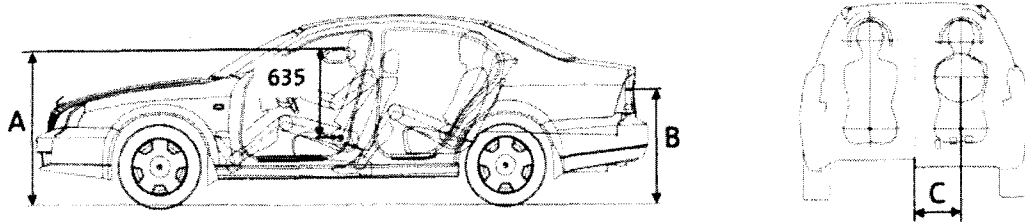


그림 1. 차량제원조사 모형

표 2. 차량 제원조사 결과

회사	차 종	배기량	단위	C	A	B
지엠	마티즈	796	mm	300	1167	944
	토스카	1993	mm	370	1122	789
대우	레 조	1998	mm	350	1234	1201

회사	차 종	배기량	단위	C	A	B
현 대	아반테	1582	mm	345	1170	908
	투스카	1975	mm	332	1070	770
	쏘나타	1991	mm	365	1163	879

운전자의 편기량을 조사결과와 비교하기 위해 지엠대우 자동차의 레조를 대상으로 사진측량을 실시하고 자료 처리시스템을 이용하여 그 차이를 검정하였다. 그림2는 타켓을 부착후 사진 촬영 및 기준점 측량을 하는 광경이며, 그림3은 3D 영상으로 입체화한 광경이다.

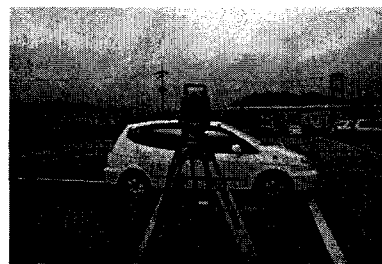


그림 2. 사진측량 전경

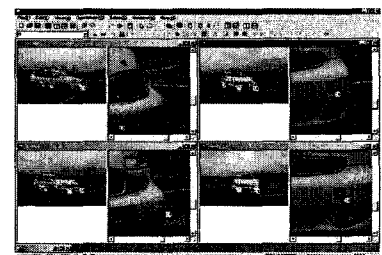


그림 3. 자동차 표정과정

### 3.3 곡선부 차로의 편기량

곡선부를 주행하는 차량은 원심력을 최소화하기 위해 직선화 경로를 선택하게 되고, 곡선부에서는 안전이 확보되는 한 곡선부 내측을 통과하게 된다. 이는 정지시거의 기준인 차로 중심선으로부터 편기함으로써 불리하게 작용하게 된다. 편기량 조사는 한 차로내에서 차량의 편기된 상황을 촬영하여 편기량

을 관측하였다. 곡선반경별, 설계속도별, 방호시설별, 종단경사별 등으로 촬영하였으며, 관측된 일부자료의 결과는 표3과 같다.

표 3. 곡선부의 차로 편기량 측정 결과

곡선반경 (m)	편기량 (cm)	차로폭 (편차로수)	허용속도 (km/hr)	위 치	도로구분	내 측 방호시설	비 고
1500	0.07	3.6 (2)	100	경부고속 영동-목천	고속도로	Barrier	시거 양호
218.45	0.07	3.6 (2)	50	경부고속영동IC(영동→대전)	IC 램프	소분리대	시거 양호
193.05	0.19	3.6 (1)	50	경부고속영동IC(영동→대전)	IC 램프	L-2측구	시거 불량
251.05	0.56	3.6 (1)	50	중부 서청주IC(서울→청주)	IC 램프	성토부	시거 양호

도로의 현황조사를 위해서 근거리사진측량을 시행하였다. 그 중 영동IC 램프 D(서울→영동)를 대상으로 타켓을 5m간격으로 4쌍씩 노면에 부착하고 니콘 D-200 카메라도 촬영하였으며, GPT-7000i로 타켓의 3차원 좌표를 측량하였다. PI-3000 프로그램을 이용하여 3D로 입체화하여 종단경사, 편경사, 도로 폭원 등을 분석하였다.

본 연구에서는 정규분포로 도식화하여 편기 최대값을 0.7m로 적용하였다. 모든 도로에 편기량을 적용하는 것은 비경제적이므로 도로별 설계속도에 따라 적용하는 기준을 다르게 하여야 하며, 설계속도에 따른 편기량은 표4와 같이 결정하였다.

표4. 설계속도별 차로 편기량 산정 값

도로구분	설계속도(km/hr)			최소평면 곡선반경 (m)	차로 편기량 (m)	
	지방지역		도시 지역			
	평지	산지	지역			
고속도로	120	100	100	710, 460	0	
일반도로	주간선도로	80	60	80	280, 140	0.70
	보조간선	70	50	60	200, 140, 90	0.70
	집산도로	60	40	50	140, 90, 60	0.50
	국지도로	50	40	40	90, 60	0.30

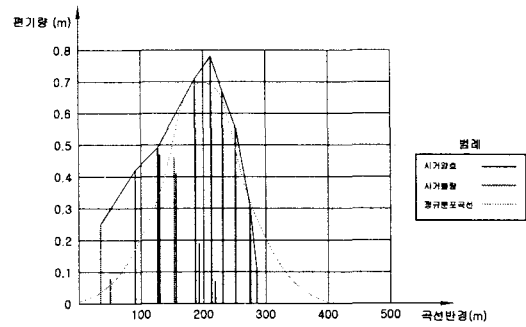


그림 4. 곡선반경별 차로 편기량

### 3.5 설계기준 제안

운전자의 편기량은 자동차 생산 회사의 자료조사와 사진측량에 의한 검정에 의해서 나타난 결과에 따라 최대 편기량을 보이는 지엠 대우의 토스카, 윈스톤의 37cm를 적용하고, 곡선부 차량 편기량은 근거리 사진측량을 통해 조사하고, PI-3000 해석프로그램으로 분석한 결과에 따라 최대 70cm를 적용하였다.

장애물기준은 자동차 생산 회사의 자료조사에 따라 브레이크 등의 높이가 최소77.6cm로 조사되었으나, 외국 수입차량이 증가하는 현실을 반영하고 AASHTO의 규정을 참고하여 설계속도 80km/hr 이상인 도로는 장애물의 높이를 60cm로, 그 미만의 도로는 15cm를 적용하였으며, 외국 수입차량이 증가하는 현실을 감안하여 현재기준인 100cm를 적용하였다.

그림5에서  $M=D^2/(8R)$ 의 식으로부터 곡선반경(R)을 산정( $R=D^2/(8M)$ )하여 최소평면 곡선 반경과 비교하면 표 5와 같다.

표 5. 최소평면곡선반경과 정지시거 비교

설계 속도	주행 속도	f	최소곡선반경	정지시거(m)		
				D	M	R
120	102.0	0.29	710	212.1	2.23	2521.6
110	93.5	0.30	600	179.7	2.23	1810.1
100	85	0.30	460	153.8	2.23	1325.9

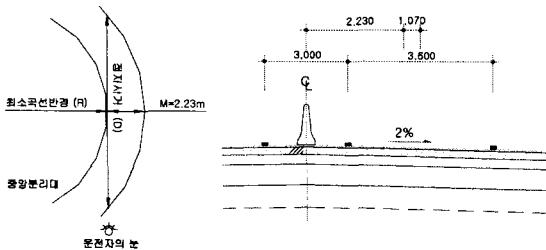


그림 5. 정지시거 기준

80km/hr 이상의 경우(기존 국도 4차로) 정지시거 기준(가드레일)과 최소평면곡선반경 비교는 그림 6 및 표 6과 같다.

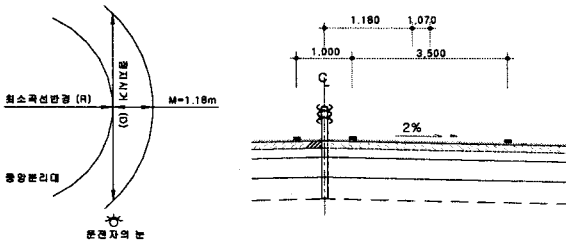


그림 6. 정지시거 기준(가드레일)

표 6. 최소평면곡선반경과 정지시거 비교

설계 속도	주행 속도	f	최소곡선반경	정지시거(m)		
				D	M	R
80	68	0.31	280	105.9	1.18	1188.0
70	63	0.32	200	92.6	1.18	908.3
60	54	0.33	140	72.3	1.18	553.7

정지시거가 확보되는 최소평면곡선반경은 중앙분리방법에 따라 다르며, 중앙부리 방법에 따른 최소평면곡선반경은 표6과 같고, 종단경사를 0%로 습윤시의 노면으로 산정한 값이다.

표6. 정지시거 확보를 위한 최소평면곡선반경(노면습윤시, s=0%)

중앙분리대 형식	설계속도 (km/hr)	주행속도 (km/hr)	f (습윤시)	최小平면 곡선반경(m)	
				현재 기준	제안 기준
방어벽 (Barrier)	120	102.0	0.29	710	2521.6
	110	93.5	0.30	600	1810.1
	100	85	0.30	460	1325.9
가드레일 (신설4차로)	80	68	0.31	280	834.4
	70	63	0.32	200	638.0
	60	54	0.33	140	388.9

※   부분을 적용값으로 제안.

#### 4. 결 론

본 연구는 현재 적용되고 있는 정지시거의 기준을 자료조사와 현장관측을 통하여 재검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 정지시거의 기준은 차로중심이 아니라, 곡선 내측으로 1.07m 편기된 곡선으로 하며, 장애물의 크기는 설계속도 80km/hr이상은 60cm, 그 미만은 15cm로 하여야 함을 알 수 있었다.
2. 100km/hr 이상의 경우(고속도로)  $M=D^2/(8R)$ 의 식으로부터 곡선반경(R)을 산정하여 최소평면 곡선 반경과 비교한 결과 현재의 기준은 정지시거 확보를 위해서는 최소 평면곡선 반경이 더욱 커져야 함을 알 수 있었고, 정지시거 기준을 현실에 부합하게 재정립함으로써 교통사고를 최소화할 수 있을 것이다.

#### 참고문헌

1. AASHTO, (1996), Roadside Design Guide, pp. 119~352.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials, (1990), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington D.C. pp. 398~531.
3. Richtlinien für die Anlage Von Landstraßen(RAL), (1992), Teil III : Knotenpunkte(RAL-K), Abschnitt 2 : Planfreie Knotenpunkte(RAL-K- 2), pp. 93~281.
4. 대한토목학회 (2000), “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙”, pp. 165~177.
5. 건설교통부 (2000), “도로 설계 편람 II”, pp. 304-1~4.
6. 한국도로공사 (2001), “도로설계요령 제1권”, pp. 167 ~ 182.
7. 국도로교통협회 (2001), “도로 설계기준”, pp. 44 ~ 50.
5. 일본도로협회 (1993), “도로 구조령의 해설 및 운용”