

근거리사진측량을 이용한 도로에서의 정지시거 정립

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

최석근¹⁾ · 이선규²⁾

Choi, Seok Keun · Lee, Seon Gyu

Abstract

Even Korea is big country of automobile, the occurrence of traffic accident is in last place in 29 OECD countries. If it is evaluated by assessment guide of investment over the development project of public-traffic facilities, it was shown that the direct economical loss was fairly great. In this study, in order to minimize the traffic accidents occurring at curve area of road, it was tried to establish the standard of non-passing distance. The close-range photogrammetry was used and three dimensional modeling was fulfilled. Currently, this paper was focused on presenting the standard of road design with analyzing the internal and external standard of non-passing distance.

Keywords : Traffic accident, Close-range photogrammetry, Non-passing distance, Road design

초 록

우리나라는 자동차대국이나, 교통사고발생은 OECD 29개 국가 중 25위로 최하위에 머물러있는 실정이다. 이와 같이 공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침에 의하여 산정해 보면 직접적 경제적 손실이 매우 크게 나타나고 있다. 본 연구는 도로 곡선부에서 발생하는 교통사고를 최소화하기 위하여 정지시거의 기준을 재정립하고자 한다. 이를 위하여 근거리 사진측량을 이용하여 지형의 3차원 모델링을 수행하고, 현재 국내외의 정지시거 기준을 분석하여 이들 기준을 재정립함으로써 안전하고 쾌적한 도로설계 기준을 제시하고자 하였다.

핵심어 : 교통사고, 근거리 사진측량, 정지시거, 도로설계

1. 서 론

우리나라는 차량등록대수가 16만3천대로 세계13위의 자동차대국이나 교통사고발생은 OECD국가 중 인구 10만명당 사망자 14.9명으로 29개국 중 25위로 최하위권에 머물러있는 실정이다(최석근 외, 2006).

공공교통시설개발사업에 관한 투자평가지침(2002. 건교부)에 의하면 사망 1인당 3.1억원으로 직접적 경제적 손실이 매우 크게 나타나고 있다.

본 연구는 근거리 사진측량을 이용하여 고속도로와 같이 접근이 어려운 경우나, 설계 자료가 없는 지역의 대상물의 위치분석 및 3차원 모델링을 수행하고, 현재 도로에

서 정지시거 미확보로 인하여 발생하는 교통사고를 해결하고자 한다.

따라서, 본 연구에서는 사진측량을 이용하여 대상지역의 3차원 모델링과 도로 정지시거의 기준을 재정립하여 안전하고 쾌적한 도로설계 기준을 제시하고자 한다.

2. 사진측량 및 정지시거 이론

2.1 근거리 사진측량 시스템

근거리 사진측량 해석에 사용한 프로그램은 TOPCON사의 PI-3000이다. 본 프로그램은 지상에 표정점을 설치한 후 기준점 3차원 좌표를 결정하고, 카메라 검정을 수

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

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

행하여 사진 촬영한 후 표정과정은 거쳐 3차원 입체화를 수행하는 시스템으로 처리과정은 그림 1과 같다.

표정점 설치의 단사진의 경우 4점 이상, 입체영상의 경우 기준점 4점 이상, 포인트 6점 이상이 중첩되어야 한다. 카메라 검정은 타겟을 좌, 우, 상, 하, 정면의 5쌍의 사진을 초점거리를 일정하게 하여 촬영하고, 그 화상을 해석하여 수행하게 된다.

좌표값은 카메라 검정한 보정파일의 좌표계를 선택하여 등록한다. 표정은 입체영상을 등록하고, 번들조정으로 좌우 화상의 표정점을 클릭하여 상대표정을, 영상점의 좌표명을 등록하여 절대표정을 수행하게 된다. 표정결과를 확인하여 정밀도가 낮은 점은 재 측정을 실시한다.

대상물의 윤곽, 특징 등 3차원 도화를 실시하고, DSM 자동계측은 입체영상에 의해 3차원 데이터를 자동 계측한다. 이 경우 Poly line으로 계측범위를 지정하게 된다.

데이터 처리는 삼각망처리(TIN), 정사영상(자동 모자이크), 단면도, 등고선도, Texture를 첨부하여 3차원 모델을 형성한다. 데이터 출력은 .DXF, .CSV, .VRML 형식으로 출력할 수 있으며 도면은 축척을 지정하여 프린트로 출력이 가능하다.

2.2 정지시거 이론

정지시거는 운전자가 같은 차로상에 있는 고장차 등의 장애물 또는 위험요소를 인식하고 제동을 걸어서 안전하게 정지하는데 필요한 길이를 설계속도에 따라 산정한 것이다. 실제로 그 도로의 확보된 정지시거를 측정하는 방

법은 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 거리(식 1)와 제동정지 거리(식 2)의 합으로 이루어진다(대한토목학회, 2000).

$$d_1 = v \cdot t = \frac{V}{3.6} t \quad (1)$$

여기서 d_1 : 반응시간 동안의 주행거리
 v, V : 주행속도(m/sec, km/hr)
 t : 반응시간(2.5초)

제동정지거리는 운전자가 브레이크를 밟아 자동차를 정지시킬 때까지의 필요한 거리로 그 자동차의 브레이크 장치의 성능, 포장의 종류 및 노면상태, 타이어의 재질 및 상태 등 다양한 조건에 따라 달라진다. 반응시간동안 주행한 거리와 제동정지 거리의 합이 정지시거(식 3)이며, 정지시거는 도로의 전 구간에서 확보되어야 안전하다.

$$d_2 = \frac{v^2}{2gf} = \frac{V^2}{254f} \quad (2)$$

여기서 d_2 : 제동정지거리
 g : 중력가속도(m/sec²)
 f : 습윤시 종방향 미끄럼 마찰계수

$$D = d_1 + d_2 = \frac{V}{3.6} t + \frac{V^2}{254f} = 0.694V + \frac{V^2}{254f} \quad (3)$$

여기서 D : 정지시거
 d_2 : 제동정지거리

2.3 정지시거 설계기준 검토

우리나라 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙해설 및 지침(대한토목학회, 2000)에서는 운전자가 같은 차로 상에 장애물을 인지하고 안전하게 정지하기 위한 필요 거리로서 차로중심선상 1미터 높이에서 그 차로의 중심선에 있는 높이 15센티미터 물체의 맨 윗부분을 볼 수 있는 거리로 되어 있다.

미국의 기준(AASHTO, 2001)에서는 운전자가 자동차 진행방향의 전방에 장애물 또는 위험 요소를 인지하고 제동을 걸어 정지하거나, 장애물을 피해 주행할 수 있는 길이로 규정되어 있다. 운전자가 주행 중에 전방을 주시하는 위치를 진행 차선의 중심선상으로 하고 눈 높이는 도

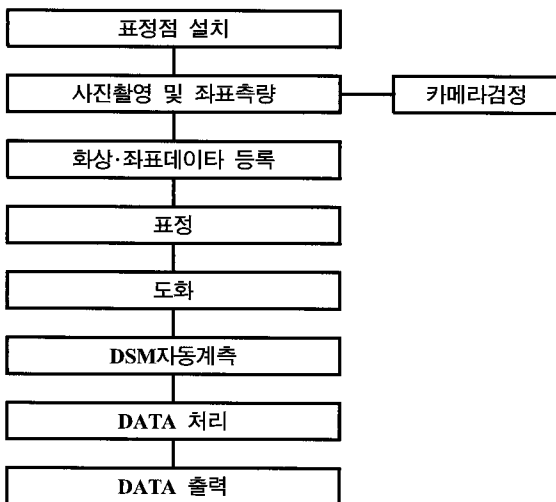


그림 1. 근거리 사진측량 흐름도

로 표면으로부터 1.07m, 장애물의 위치는 동일 차선의 중심선 상으로 하고, 장애물의 높이 0.6m로 되어있다.

일본(도로구조령의 해설과 운용, 2003)의 경우는 자동차가 그 진행방향 전방에 장애물을 인지하고 충돌하지 않도록 제동을 걸어 정지하든가 혹은 장애물을 피해서 주행할 수 있는 길이로 되어있다.

독일(독일연방 도로설계지침, 2001)은 차도에서 발생한 장애물에 대하여 차량을 정지시키기 위해 속도 V85로 주행하는 운전자가 필요로 하는 필요 정지시거 Sh이다. 이것은 반응시간, 동작시간 동안의 거리와 순수 제동거리를 합한 것으로 되어 있다. 국내·외의 정지시거 기준을 비교하면 표 1과 같다.

국내 설계기준의 문제점은 차로중심선상 1m높이의 기준은 운전석의 차의 중앙이 아니라 좌측으로 얼마만큼 이격되어 있고, 운전자 눈높이가 국내생산차량의 경우 68kg의 체중을 가진 성인 3인이 탑승 시 최소 1.122m로 1.0m와는 차이가 있다.

장애물의 경우 외국은 0.10~1.05m까지로 다양하게 적용되고 있고, 미국의 경우 2001년에 자동차 후미 등의 높

이를 고려하여 0.6m로 개정하였다. 또한, 종단경사와 정지시거는 일본과 독일의 경우 종단경사에 의한 영향을 고려하여 규정되어 있다.

3. 정확도 및 차로 편의량 분석

3.1 기준점 정확도 분석

도로의 현황조사를 위해서 근거리 사진측량을 수행하였고, 청주시 제2순환도로 가마교차로 램프에 타켓을 1~2m간격으로 총97점을 노면에 부착하고 니콘 D-200 카메라로 촬영하였으며, GPT-7000i로 타켓의 3차원 좌표를 측량하였다. 실측성과와 사진측량 분석에 의한 측량성과 비교는 표 2와 같으며, 시점, 중간, 종점 등에 기준점을 6개 설치하여 그 정밀도를 분석하였다.

평면 위치오차는 최대 3.18cm, 높이오차는 최대 2.9cm로 나타나 도로의 기하구조 조사 성과로는 유용함을 알 수 있었다.

본 연구의 조사대상 도로가 건설된지 오래되고, 수차에 걸쳐 개량되어 설계도서의 구득이 어려워 근거리 사진 측량을 통해 곡선반경, 편경사 등을 계속하였으며, 그림 2는 그 수행과정을 보여준다.

3.2 차로편의량 조사·분석

차로 편의량은 운전석 편의량과 평면곡선부 편의량으로 나누어지며, 운전석 편의량은 차량제조사로부터 조사가 가능하고, 평면곡선부 편의량은 도로의 구분별, 평면곡선 반경별, 설계속도별, 방호시설의 종류별, 중앙분리 방법별, 종단경사 등에 따라 달라질 수 있으므로 조사 위치를 다양화하여 조사·분석하였다.

표 1. 각국별 정지시거 기준 비교

구 분	운전자 눈높이(m)	장애물높이(m)
한 국	1.0	0.15
미 국	1.07	0.60
일 본	1.2	0.10
독 일	1.0	0
호 주	1.14	0.23
프랑스	1.0	0.15
영 국	1.05	1.05

표 2. 기준점 측량성과 비교표

측점		X		Y		Z	
		위거	오차(cm)	경거	오차(cm)	표고	오차(cm)
10	광파	11.177	1.8	16.099	1.4	99.871	1.2
	사진	11.195		16.113		99.859	
88	광파	6.266	1.5	19.042	1.2	100.088	1.5
	사진	6.281		19.030		100.103	
22	광파	7.846	1.5	4.480	2.8	99.695	1.4
	사진	7.831		4.452		99.681	
74	광파	2.331	2.1	5.539	1.4	99.944	1.7
	사진	2.310		5.525		99.927	
39	광파	5.113	1.2	-12.013	1.4	99.388	2.9
	사진	5.101		-11.999		99.359	
56	광파	1.139	0.6	-11.899	1.2	99.605	1.6
	사진	1.145		-11.911		99.589	

3.2.1 운전석 편의량 조사·분석

운전석 편의량 분석을 위하여 지엠·대우자동차회사의 레조차량을 대상으로 사진측량을 실시하고, PI-3000프로그램을 이용하여 운전석이 차량의 중심선으로부터 이격된 거리를 산출하여 제작사의 표준 이격거리와 비교하였다.

그림 3은 대상차량에 표정점을 설치 후 사진촬영 및 측

량을 실시하고, PI-3000 프로그램으로 표정작업 과정을 보여준다.

차량 제조사의 조사 자료(그림 4, 표 3)에서 토스카차량의 경우 운전자의 편의량은 37cm이고, 사진측량분석결과 36.89cm로 분석되었다.

표 3에서와 같이 운전석의 편의량(그림에서 C값)은 클

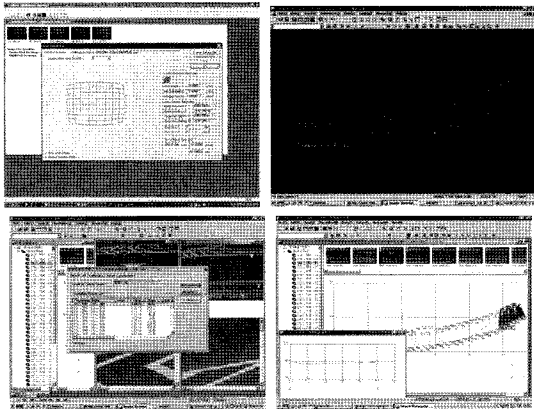


그림 2. 도로의 기하구조 측정과정

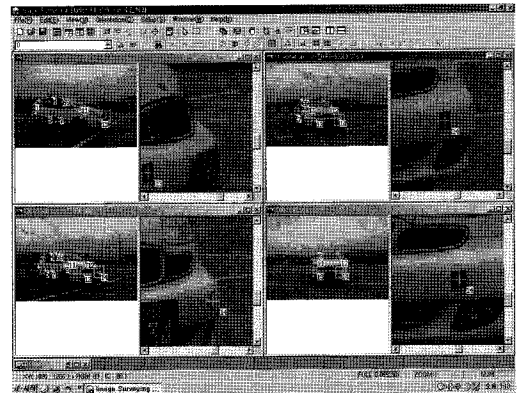
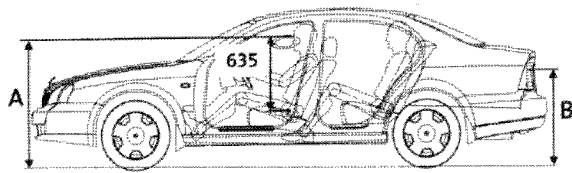
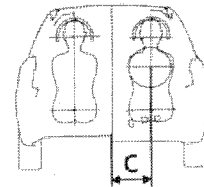


그림 3. 표정작업 과정



A : 지상으로부터 운전자의 눈 높이,
B : 지상으로부터 브레이크 등 높이



C : 차량중심으로부터 이격거리

그림 4. 차량 제원

표 3. 차량 제원조사 결과

제작회사	차 종	배기량(cc)	C(mm)	A(mm)	B(mm)
대우사	마티즈	796	300	1167	944
	젬트라	1598	335	1183	827
	칼로스	1498	335	1178	776
	라세티	1598	350	1176	885
					890
	토스카	1993	370	1122	789
	레 조	1998	350	1234	1201
윈스톱	1991	370	1328	947	
현대사	클릭	1399, 1599	325	1212	945
	베르나	1399, 1599	335	1170	758
	아반테	1591, 1975	345	1170	908
	투스카니	1975	332	1070	770
	쏘나타	1998, 1991	365	1163	879
	투싼	1975, 1991	332	1361	870

수록 정지시거에 미치는 영향이 커지므로 37cm를 적용하였다.

3.2.2 곡선부의 차로 편의량

도로의 곡선부를 주행하는 차량은 원심력을 최소화하기 위해 직선화 경로를 선택하게 된다. 이는 정지시거의 기준인 차로 중심선으로부터 편의함으로써 불리하게 작용하게 된다. 편의량 조사는 그림 5와 같이 한 차로 상에서 차량의 편이된 상황을 사진촬영하여 카메라검정한 후 편의량을 산정하였으며, 그 결과는 표 4와 같다.

곡선부에서의 차로 편의량은 도로의 분류, 평면 곡선반경, 차로폭원, 교통량, 시거 확보, 방호벽(중앙분리방법, 표지명, 가드레일 등) 등에 따라 편의량은 달라질 수 있으나 그림 6~10에서와 같이 평면곡선반경을 제외하고는

편의량에 일정한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

차로 편의량에 가장 영향을 크게 미치는 평면곡선반경별로 분석한 결과 그림 11과 같으며, 측정지점별 곡선반경의 크기에 따라 곡선반경의 크기가 커지면 편의량도 커지는 경향을 보이다가 어느 정도 이상으로 곡선반경이 커지면 오히려 작게 나타났다.



그림 5. 본 연구에 사용된 카메라 및 영상

표 4. 차로 편의량 측정 결과

곡선반경(m)	편의량(cm)	차로폭(편차로수)	허용속도(km/hr)	위 치	도로구분
1500	0.07	3.6(2)	100	경부고속(영동-옥천)	고속
156.2	0.41	3.5(1)	60	보은병원리(보은→청주)	국도
152.9	0.60	3.5(1)	60	보은병원리(청주→보은)	국도
50.4	0.08	3.3(1)	60	보청저수지(보은→청주)	국도
34.7	0.25	3.3(1)	60	보청저수지(청주→보은)	국도
129.8	0.47	3.3(1)	60	보은 회북(보은→청주)	국도
126.6	0.49	3.3(1)	60	보은 회북(청주→보은)	국도
275.0	0.2	3.5(2)	80	척산범고개(대전→청주)	국도
285.4	0.11	3.5(2)	80	남이척산리(청주→대전)	국도
273.9	0.31	3.5(2)	80	남이척산리(대전→청주)	국도
212.35	0.78	3.6(1)	40	경부영동IC(대전→영동)	IC램프
186.95	0.71	3.6(1)	40	경부영동IC(대전→영동)	IC램프
218.45	0.07	3.6(2)	50	경부영동IC(영동→대전)	IC램프
193.05	0.73	3.6(1)	50	경부영동IC(영동→대전)	IC램프
251.05	0.56	3.6(1)	50	중부서청주IC(서울→청주)	IC램프
230.79	0.67	3.2(1)	40	청주외곽 시내도로	시도
90.5	0.42	3.6(1)	40	청주가마IC(터미널→대전)	시내

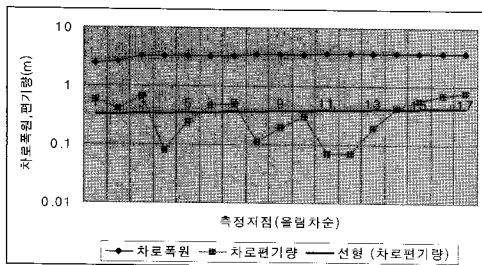


그림 6. 차로폭원과 편의량

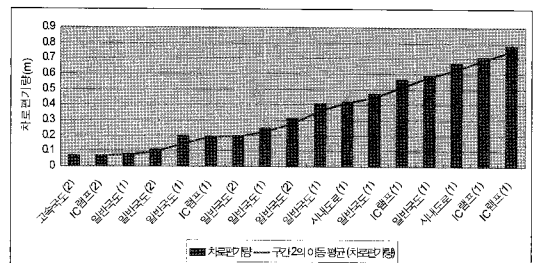


그림 7. 도로구분과 편의량

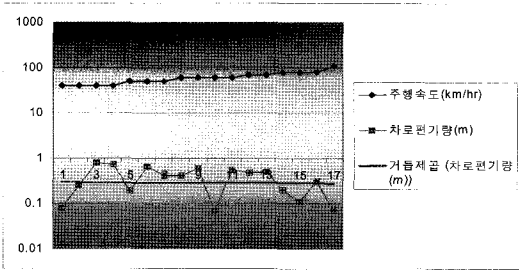


그림 8. 주행속도와 편의량

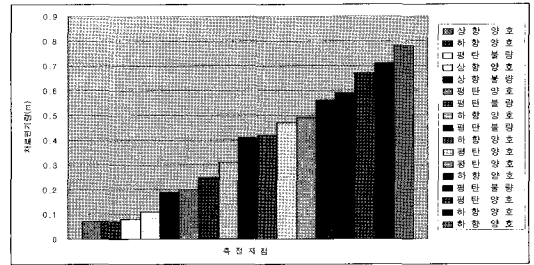


그림 9. 종단,시거와 편의량

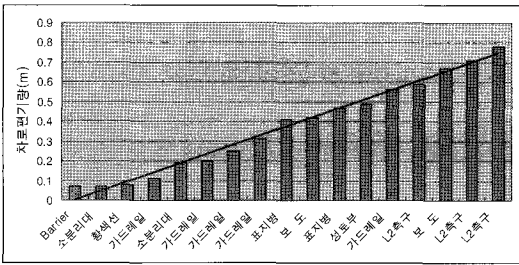


그림 10. 방호시설과 편의량

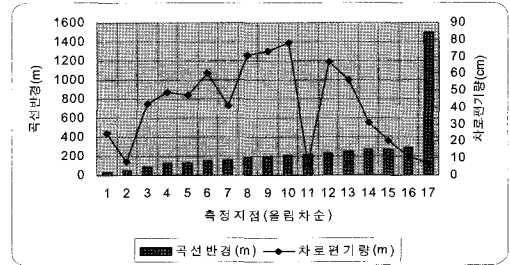


그림 11. 평면곡선반경과 편의량

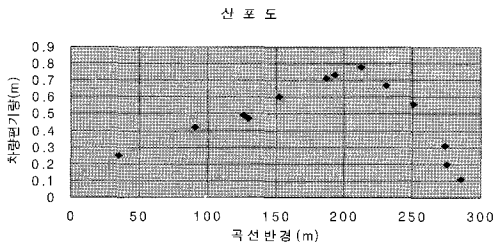


그림 12. 차로 편의량 산포도

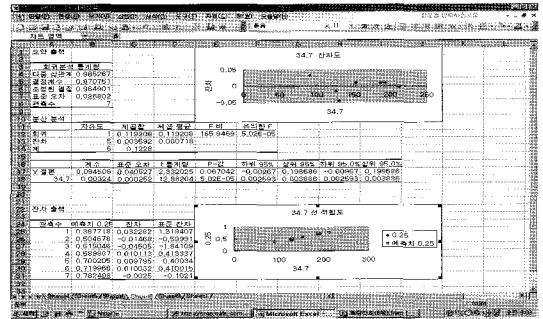


그림 13. 상향경사구간 회귀분석 결과

그림 11에서 지점 2, 5, 7, 11의 경우는 측정지점의 여건이 특수한 경우로, 지점 2는 보에서 청주방향으로 좌측 보청저수지가 있고, 곡선반경(50m)이 작아 시거가 극히 불량하므로 차로중심을 도로표지병으로 분리하였기 때문이다. 지점 5는 보에서 청주방향으로 종단곡선구간의 시거는 극히 양호하나 중앙분리선을 도로표지병으로 하여 대형차량만 중앙분리선을 넘는 경우이다. 지점 7은 보에서 청주방향으로 종단은 평탄하나, 대형차로의 시거가 불량하여 편의량이 줄어든 경우이다. 지점 11은 영동에서 대전, 대구방향으로 시거, 종단은 양호하나, 교통상충이 일어나는 곳으로 차량은 차로의 중심을 이용하는 경향을 나타냈다.

3.2.3 곡선부의 차로 편의량 회귀분석
 평면 곡선반경에 따른 차로 편의량 측정은 특이한 지점의 측정결과를 제외한 13개 지점을 대상으로 회귀분석을 시행하였다.

그림 12의 산포도에서와 같이 곡선반경 212.35m를 기준으로 그 전후가 일차원선형을 나타내며, 그림 13은 일차원선형으로 단순회귀분석을 시행한 결과이다.

평면 곡선반경별 차로 편의량을 도식하면 그림 14와 같으며, 곡선반경이 아주 작으면 안전을 위해 편의량이 줄고, 곡선반경이 크면 원심력이 작아지고 속도가 빨라짐으로써 안전을 위해 편의량은 줄어드는 경향을 보인다. 그러나 곡선반경 200m 전후에서는 원심력은 크게 작용

하면서도 안전에는 크게 문제가 되지 않는 것으로 운전자는 판단하여 차로 편의량은 최대가 된다.

따라서, 모든 도로에 편의량을 같이 적용하는 것은 비경제적이므로 도로별 설계속도에 따라 적용기준을 다르게 하여야 한다.

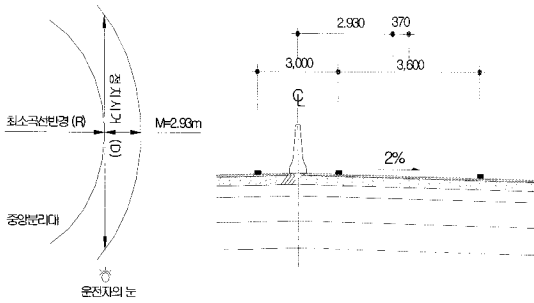


그림 15. 정지시거 기준(Barrier)

4. 정지시거기준 결정

운전자의 편의량은 자동차의 자료조사와 사진측량에 의한 검정에 의해서 나타난 결과에 따라 37cm를 적용하였고, 곡선부 차로 편의량은 사진측량 PI-3000 해석프로그램으로 해석하여 회귀분석한 결과에 따라 최대 85cm를 적용하였다.

장애물기준은 자료조사에 따라 브레이크 등의 높이가 최소 77.6cm로 조사되었으나, 외국 수입차량이 증가하는 현실을 반영하고 AASHTO의 규정을 참고하여, 설계속도 80km/hr 이상인 도로는 장애물의 높이를 60cm로, 그 미만의 도로는 15cm를 적용하고, 운전자의 눈높이 기준은 국내에서 생산되는 차량은 가장 낮은 경우 112.2cm로 조사되었으나, 외국 수입차량이 증가하는 현실을 감안하여 현재기준인 100cm를 적용하였다.

또한, 현행기준은 종단경사가 정지시거에는 미 반영되어 있으나, 종단경사가 오르막일 경우는 비경제적으로 길게 설치되고, 내리막일 경우는 안전에 증대한 위험을 초래하므로 기준에 종단경사를 반영하였다.

4.1 설계기준 결정

정지시거는 운전자가 노면 습윤상태에서 같은 차로 상에 장애물을 인지하고 안전하게 정지하기 위하여 필요한 거리로서, 차로중심선에서 곡선내측으로 κ cm(표 5) 이격된 원호 상의 100cm 높이에서 같은 원호 상의 높이 60cm(설계속도 80km/h 이상) 또는 15cm(설계속도 80km/h 미만)의 물체의 맨 윗부분을 볼 수 있는 거리로 하며, 그 산정식은 다음과 같다.

$$D = d_1 + d_2 = \frac{V}{3.6}t + \frac{V^2}{254(f \pm i/100)}$$

$$= 0.694V + \frac{V^2}{254(f \pm i/100)} \quad (\text{식 4})$$

여기에서, i 는 종단경사(%)이다.

4.2 최소평면곡선 반경 결정

정지시거 확보를 위한 최소 평면 곡선반경은 국내 생산 차량 즉, 운전자가 주행방향에서 좌측으로 편이된 상태에서 차량이 우측통행하는 경우의 좌로 굽은 도로를 통행

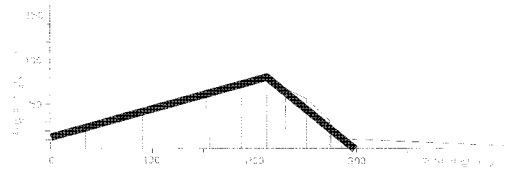


그림 14. 곡선반경별 차로 편의량

표 5. κ 값(총 차로 편의량)

도로구분	설계속도(km/hr)			운전자 편의량 (m)	차로편의량 적용치 (m)	κ 값 (m)	
	지방지역		도시지역				
	평지	산지					
고속도로	120	100	100	0.37	0	0.37	
일반 도로	주간선	80	60	80	0.37	0.60	0.97
	조간선	70	50	60	0.37	0.85	1.22
	집산	60	40	50	0.37	0.60	0.97
	국지	50	40	40	0.37	0.45	0.82

표 6. 최소평면곡선과 정지시거비교

설계속도	주행속도	f (습윤)	최소평면 곡선반경	정지시거(m)		
				D	M	R
120	102.0	0.29	710	212.1	2.93	1919.2
110	93.5	0.30	600	179.7	2.93	1377.6
100	85	0.30	460	153.8	2.93	1009.1

시에 가장 불리한 정지시거를 가지게 되므로, 중앙분리대를 기준으로 정지시거를 검토한다.(외국차량의 경우 우로 굽은 도로) 100km/hr 이상의 고속도로의 경우를 보면, 그림 15에서 $M = D^2 / (8R)$ 의 식으로부터 곡선반경(R)을 산정($R = D^2 / (8M)$)하여 최소평면 곡선 반경과 비교하면 표 6과 같다. 따라서 현재의 기준은 정지시거 확보를 위해서는 최소 평면곡선 반경이 더욱 커져야 함을 알 수 있다.

여기에서, D는 필요정지시거, M(중거) = $1.5 + 3.6 / 2 - 0.37 = 2.93m$ 이고, S = 0% 경우이며, R = 정지시거 확보를 위한 최소평면곡선 반경(고속도로 중앙분리대 콘크리트 Barrier의 경우)이다.

따라서 설계적용 시에는 도로의 구분에 따른 총차로 편 의량(k값), 중앙분리대 형식, 종단경사를 고려하여 새로 이 산정하여 적용하여야 할 것으로 분석되었다.

5. 결 론

본 연구는 현재 적용되고 있는 정지시거의 기준을 자료 조사와 현장계측을 통하여 재검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 사진측량을 이용하여 동적물체의 위치분석이 가능하였으며, 고속도로처럼 접근이 어려운 경우나, 설계 자료가 없는 지역의 자료처리 결과, 평면위치오차는 최대 3.18cm, 높이 오차는 최대 2.9cm로 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

2. 정지시거의 기준은 차로 중심선으로부터 곡선 내측으로 k(총 차로 편의량)값만큼 편이된 경로이며, 정지시거 ($D = 0.694V + \frac{V^2}{254(f \pm i/100)}$)의 결정식을 정립하여 타당성을 입증하였다.

3. 정지시거 확보를 위해서는 현재의 최소평면곡선반경은 크게 상향조정되어야 함을 알 수 있었고, 정지시거의 기준을 현실에 부합하게 재정립함으로써 도로교통의 안전에 기여할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문은 2007년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었으므로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- 건설교통부 (2000), “도로 설계 편람 II”, pp. 304-1~4.
 대한토목학회 (2000), “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙”, pp. 165-177.
 독일, 연방 도로설계지침 (2001), “RAS-L”.
 미국, 연방도로협회 (2001), “AASHTO”.
 일본도로협회 (2003), “도로 구조령의 해설 및 운용”.
 최석근, 이신규, 이재기(2006), 입체교차로 유출입 접속부의 적정설계속도 결정, 한국측량학회지, 제24권, 제5호, pp. 425-431.
 한국도로공사(2001), “도로설계요령 제1권”, pp. 167-182.
 한국도로교통협회(2001), “도로 설계기준”, pp. 44-50.

(접수일 2007. 8. 7, 심사일 2007. 10. 22, 심사완료일 2007. 10. 29)