

■ 論 文 ■

임계간격을 이용한 비신호 교차로의 시거 산정에 관한 연구

Intersection Sight Distance Based on Critical Gap at Unsignalized Intersections

이 슬 기

(중앙대학교 도시공학과 석사과정)

이 용 재

(중앙대학교 도시공학과 교수)

김 석 근

(중앙대학교 도시공학과 석사)

목 차

I. 서론

II. 임계간격 추정법

III. AASHTO의 비신호 교차로 시거

1. AASHTO(1994) 시거모형

2. AASHTO(2001) 시거모형

3. 교차로 시거모형의 비교분석

IV. 우리나라의 비신호 교차로 시거

1. 도로설계편람(2000) 시거모형

2. 임계간격을 이용한 시거 산정

3. 현행 시거기준과의 비교

V. 결론 및 향후과제

참고문헌

Key Words : 임계간격, 비신호 교차로, 교차로시거, 시거, AASHTO

요 약

교차로 시거는 안전하게 교차로를 운영하기 위하여 필요한 기본적인 요소 중의 하나임에도 불구하고 외국선진국에 비하여 우리나라에서는 아직까지 이에 대한 체계적인 연구경험이 부족한 실정이다. 즉, 미국을 위시한 세계 여러 나라에서는 이미 많은 노력을 들여 자신들의 고유한 운전자 특성 및 행태, 차량의 운행특성, 기타 환경조건의 영향 등을 고려한 교차로 시거 기준을 마련하여 사용하고 있으나 이와는 대조적으로 우리나라의 경우는 미국의 설계기준을 거의 여과 없이 준용하여 사용하고 있다.

본 연구에서는 이러한 국내외 연구여건을 감안하여 최근 미국과 유럽 선진국에서 유용성이 널리 알려져 있는 AASHTO(2001) 시거모형을 활용하여 우리나라 도시지역의 비신호 교차로에 적합한 교차로 시거를 산정하여 보고자 한다. 이 시거모형은 안전제동거리(Safe Stopping Distance)를 바탕으로 발전된 기존의 시거모형과는 달리 운전행태에 따른 임계간격(Critical Gap)을 이용하여 개발된 모형으로서 교차로 주변에서 발생하는 상황을 손쉽게 모형에 포함시킬 수 있을 뿐만 아니라 운전자의 안전에 관한 행태적 측면까지 고려할 수 있도록 개선된 것이다. 연구의 결과에 의하면 국내와 미국의 도로설계에 적용되고 있는 운전행태별 시거기준과 비교하여 본 연구에서 산정한 시거가 전반적으로 작은 값으로 추정되고 있어 현재 우리 나라 교차로의 설계에 적용되는 기준치들이 매우 보수(안전)적인 경향이 있음을 발견하였다.

본 논문은 2002학년도 중앙대학교 학술연구비의 지원을 받아 수행되었습니다. 이 연구를 위하여 도와주신 중앙대학교에 감사의 뜻을 전합니다.

I. 서론

일반적으로 교차로에서는 운전행위와 관련하여 복합적이고 복잡한 의사결정을 필요로 하기 때문에, 교차로내에서 운영의 효율성과 안전성을 높이기 위해서는 개인 운전자의 반응행태, 수용능력, 판단력 등을 고려한 세심한 설계가 필요하다. 운전자의 운전능력은 인지-반응시간, 판단시간, 정보처리시간, 차량의 가속시간 등으로 표현되며 이러한 요소의 특성이 가장 잘 반영되어 있는 도로설계요소중의 하나가 시거(視距)이다. 따라서, 교차로에서의 시거는 일반도로에서 요구되는 정지시거와는 달리 운전자가 교차로 주변상황에 대하여 인지하고 판단하면서 주행하는데 필요한 거리(시간)가 추가로 요구되며, 이를 교차로 시거(Intersection Sight Distance: ISD)라 한다.

교차로 시거는 안전하게 교차로를 운영하기 위한 기본적인 요소 중의 하나임에도 불구하고 외국선진국에 비하여 우리나라에서는 아직까지 이에 대한 체계적인 연구경험이 부족한 실정이다. 즉, 미국을 위시한 세계 여러 나라에서는 이미 많은 노력을 들여 자신들의 고유한 운전자 특성 및 행태, 차량의 운행특성, 기타 환경조건의 영향 등을 고려한 교차로 시거 기준을 마련하여 사용하고 있으나 이와는 대조적으로 우리나라의 경우는 미국의 설계기준을 거의 여과없이 준용하여 사용하고 있다.

본 연구에서는 이러한 국내의 연구여건을 감안하여 최근 그 유용성이 입증된 AASHTO(2001) 시거모형을 활용하여 우리나라 도시지역의 비신호 교차로에 적합한 교차로 시거를 산정하여 보고자 한다. 본 연구에서 채택된 시거모형은 임계간격(Critical Gap)을 이용한 모형으로, 이 방법은 기존의 AASHTO(1994) 교차로 시거모형을 보다 단순화시킨 것으로 교차로 주변에서 발생하는 상황을 손쉽게 모형에 포함시킬 수 있을 뿐만 아니라 안전운행 등 운전자의 행태적 측면까지 고려할 수 있도록 개선된 것이다.

특히 본 연구에서는 우리나라의 경우 AASHTO의 이방향 정지제어 교차로(TWSC)와 우리나라 비신호 교차로가 유사한 운영특성을 가지고 있다는 연구결과(김석근, 2002)를 이용하여 두가지 유형의 교차로 시거를 중심으로 연구를 진행한다. 임계간격을 이용한 국내의 연구들이 대부분 교차로의 용량과 지체시간 산정 등에 국한되어 있으나 외국에서는 이미 시거

는 물론 안전사고분석에 까지 널리 활용되고 있다. 본 연구에서는 이러한 연구배경을 이해하기 위하여 우선, 국내에서 경험한바 있는 임계간격을 추정하는 간격수락이론에 대해서 간단히 살펴보고, AASHTO 교차로 시거 모형의 기본 열개와 시거의 발전과정에 대해서도 검토하여 본다. 또한, 우리나라 도로설계편람에서 제시한 시거모형과 시거기준에 대해서도 소개하고, 현장에서 직접 수집한 자료분석을 통하여 추정된 우리나라의 운전행태별 임계간격과 이를 적용하여 산출한 시거를 비교 분석하여 새로운 시거기준의 타당성을 검토하여 본다.

II. 임계간격 추정법

임계간격(Critical Gap)이란 통행을 시도하기 위하여 통행우선권이 낮은 차량이 받아들이는 통행우선권이 높은 차량간의 간격 중 최소간격을 의미한다. 임계간격을 시거산정에 활용하려는 이론적 배경에는 "운전자는 불확실한 운전상황에서 스스로의 판단에 의하여 간격수락(Gap Acceptance) 혹은 안전한 기회(Safe Opportunity)를 활용하여 운행의 목적을 달성한다"라는 가정이 전제되어 있으며 특정지점(상황)에서 이러한 시간간격을 이용하여 반복적으로 안전하게 통행의 목적을 달성할 수 있다면 이때의 시간간격을 시거산정에 사용하는 것이 합리적이라는 논리가 전제되어 있다.

임계(시간)간격을 추정하는 방법으로는 이미 국제적으로 공인된 20여가지 이상의 많은 방법들이 존재한다. 임계간격 추정기법의 유용성에 대한 대표적인 연구는 Miller(1972)와 Brilon(1999)에 의해 수행되었다. 1972년 Miller의 연구에서는 9가지의 임계시간간격 추정모형 중에서 효율적인 임계간격 추정치를 찾기 위한 방법을 제시하였다. 각 방법을 비교 분석하기 위하여 난수발생기법에 의한 100세트의 인공 자료를 구축하였고 이 자료들은 각각의 기법에 공통적으로 적용되었다. 그의 연구에서는 좋은 추정방법의 속성으로 참값에 가까운 추정치, 부도로 차량에게 제공되는 간격의 분포에 민감하지 않은 추정치, 임계간격의 분포에 민감하지 않은 추정치의 세 가지를 조건을 설정하고, 이 기준에 적합한 추정기법을 도출하였다. 그 결과, 최우추정법과 Ashworth(1968)의 추정법이 가장 유용한 방법이라고 주장하였다. 또한, 최우

추정법의 민감도를 분석하기 위하여 기 가장한 임계 간격의 분포를 변화시켜 임계간격을 추정한 결과 민감도가 매우 작다는 결론을 도출하였다.

Brilon(1999)의 연구에서는 임계간격 추정과정이 관측시간동안 발생한 주도로 교통량에 의존하지 않는 성질(일치성: Consistency)을 좋은 추정기법의 속성으로 설정하고 유용한 임계시간간격 추정기법에 대한 평가를 실시하였다. 또한, 추정치의 불편성(Unbiasedness)을 평가기준에 포함시켰다. 그의 연구에서는 일방통행의 2개의 도로가 교차하는 가장 단순한 형태의 비신호 교차로에서 현장조사를 실시하여 자료를 수집하였고, 자료를 수집함에 있어 운전자의 간격 수락에 대한 일관성과 운전자 그룹의 동질성을 기본 가정으로 설정하였다. 결과적으로 유용한 임계간격 추정기법으로는 최우추정법(Troutbeck의 기법)과 Hewitt(1983)의 추정기법이 선정되었다. 우리나라에서도 임계간격 추정기법의 평가에 관한 연구(예: 김석근, 2002)가 수행된바가 있으며 아래의 내용은 본 연구를 위하여 실제 검토된 임계간격 추정기법에 대한 발췌된 연구내용이며 이를 이용한 연구결과가 제 IV장에 보다 상세히 수록되어 있다.

1. Raff의 추정기법

이 방법은 Raff와 Hart(1950)에 의해 제안된 기법으로 임계간격을 추정하기 위한 초기 방법으로 알려져 있다. 이들의 추정기법은 수락된 간격의 누적분포 함수와 거부된 간격의 누적분포함수를 통하여 임계간격을 추정하는 방법으로 두 곡선의 교차점을 임계간격으로 정의한다. Raff는 임계간격 t_c 보다 작은 간격을 수락할 확률과 t_c 보다 큰 간격을 거부할 확률이 동등하다는 전제를 이용하여 임계간격 추정식을 제시하였다. Raff의 임계간격 추정식은 식(1)과 같다.

$$t_c = \mu - \frac{1}{2} q \sigma^2 \tag{1}$$

여기서,

- t_c : 임계간격(초)
- μ : 수락된 간격분포의 평균
- q : 주도로 교통량(대/초)
- σ : 수락된 간격분포의 표준편차

2. Ashworth의 추정기법

Ashworth(1968)의 임계간격 추정기법은 간격수락행태에 영향을 미치게 되는 요인 중 주도로 교통량에 의해 치우친(Biased) 간격분포에 대하여 오류를 입증하고 치우침을 제거하여 각기 다른 주도로 교통량 수준에 대해 일관적인 임계간격 추정식을 제시한 방법이다. Ashworth는 수학적 계산을 용이하게 하기 위해 주도로 교통량은 음지수 분포(Negative Exponential Distribution)를 따른다고 가정하였고, 부도로 차량의 최소 수락간격은 정규분포(Normal Distribution)를 따른다고 가정하였다. 이 경우 임계간격의 분포는 수락간격의 분포에서 $s_a^2 q$ 만큼 편중되어 나타난다. 즉, Ashworth가 제시한 임계간격 추정식은 식(2)와 같다.

$$t_c = m_a - s_a^2 q \tag{2}$$

여기서,

- m_a : 수락간격의 평균
- s_a : 수락간격의 표준편차
- q : 주도로 교통량(대/초)

3. Siegloch의 추정기법

Siegloch는 1973년 비신호 교차로의 용량이론에 대한 일관적인 모형을 제공하였다. $g(t)$ 를 t 크기의 주도로 차량의 시간간격 동안에 상충지역으로 진입할 수 있는 부도로 차량의 수라고 정의하고, $h(t)$ 를 주도로 차량의 시간간격에 대한 확률밀도함수라고 하면, 주도로 흐름 내에서 기대되는 t 크기의 간격 수는 $q \cdot h(t)$ 로 표현될 수 있으며, 간격 t 에 의해 제공되는 용량은 $q h(t) g(t)$ 로 표현된다. 식(3)은 적분을 통하여 전체 용량 c 를 산정한 것이다.

$$c = q \cdot \int_{t=0}^{\infty} h(t) \cdot g(t) dt \tag{3}$$

식(3)은 비신호 교차로의 용량에 관련된 모든 간격수락이론의 토대가 되었다. 그는 식(3)의 파라메타를 통하여 주도로 차량 사이의 시간간격 t 와 부도로 차량의 통과대수 $g(t)$ 를 이용한 임계간격 선형회귀 모형식을 제안하였다. Siegloch의 분석방법을 간단히

살펴보면, 우선 주도로 차량 사이의 각 간격 t 와 통과차량 대수 n 을 측정한다. 그 다음으로 n 명의 운전자에 의해 수락된 평균 시간간격을 계산한다. 마지막으로 평균 시간간격동안 교차로로 진입한 차량의 수와 평균시간간격을 통하여 선형 회귀분석을 실시한 후 임계간격을 추정하게 된다. Siegloch의 임계간격 추정식은 식(4)와 같이 제시된다.

$$t_c = t_0 + \frac{1}{2} t_f \tag{4}$$

여기서,

- t_c : 임계간격(초)
- t_0 : 기초임계간격(초)
- t_f : 추종시간(초)

4. Logit 추정기법

Fitzpatrick(1991)은 비신호 교차로의 임계간격 추정시 Logit의 추정기법을 사용하였다. Logit은 로지스틱(logistic)을 선형식으로 표현한 것이다. 종속 변수의 값을 수락간격 혹은 거절간격으로 표시할 수 있다면 로지스틱 함수를 이용할 수 있다. 로지스틱 함수식은 식(5)이고 식(5)을 선형식으로 표시하면 식(6)이 된다.

$$P = \frac{1}{1 + \exp\{-(\beta_0 + \beta_1 \cdot X)\}} \tag{5}$$

여기서,

- P : 수락간격의 확률
- X : 수락간격 값
- β_0, β_1 : 계수 값

$$P' = \log_e \frac{P}{1 - P} = \beta_0 + \beta_1 X \tag{6}$$

5. Troubeck의 추정기법

최우추정법에 의한 임계시간간격 추정기법은 1968년

Miller와 Pretty에 의해 처음으로 제안되었고, 이후 1992년 Troutbeck이 더욱 정교한 형태로 발전시켰다. 최우추정법은 관찰된 표본이 나올 가능성을 최대로 만드는 분포를 찾는 방법으로, 점근적(Asymptotically) 속성을 지니고 있다. 최우추정법의 점근적 속성에 따른 특징을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

- ① 점근적으로 일관성을 지님(불편성은 아님)
- ② 점근적으로 정규분포의 형태를 지님
- ③ 점근적으로 효율성을 가지며, Cramer-Rao¹⁾의 정리에 의해 최소분산을 지님

이 추정기법에서는 임계간격 t_c 가 운전자의 최대 거부간격 r_d 와 수락간격 a_d 사이에 존재할 확률로 계산된다. 즉, n 명의 운전자에 대한 우도함수는 식(7)과 같이 표현된다.

$$L = \prod_{d=1}^n [F_a(a_d) - F_r(r_d)] \tag{7}$$

여기서,

- a_d : d 번째 운전자에 의한 수락간격의 로그값
- r_d : d 번째 운전자에 의한 최대거부간격의 로그값
- $F(\cdot)$: 정규분포의 누적분포함수

식(7)을 로그형태로 변환하면 식(8)과 같이 표현할 수 있다.

$$LL = \sum_{d=0}^n \ln [F_a(a_d) - F_r(r_d)] \tag{8}$$

식(8)의 최대값 산정을 통하여 평균 μ 와 분산 σ^2 을 통하여 임계간격을 추정하게 된다. Troutbeck의 최우추정법에서는 임계간격의 분포를 대수-정규분포(Log-Normal Distribution)로 가정함에 따라 임계간격 추정치의 평균은 식(9)에 의해 계산되며 식(10)은 추정치의 분산을 산정하는 공식이다.

$$t_c = e^{\mu + 0.5\sigma^2} \tag{9}$$

1) Crimer-Rao는 θ 의 추정치인 $\hat{\theta}$ 이 불편 추정치라면, 즉, $E[\hat{\theta}] = \theta$ 일 경우에 최우추정법의 추정치가 갖는 분산은 다른 추정법에 의해 계산된 추정치가 갖는 분산보다 작거나 같다는 사실을 이론적으로 증명함.

$$s^2 = l_c^2 \cdot (e^{\sigma} - 1) \quad (10)$$

III. AASHTO의 비신호 교차로 시거

본 장에서는 미국의 도로설계기준을 중심으로 비신호 교차로의 시거에 대한 역사적 발전과정을 살펴보고 다음 장에서 상세하게 언급할 우리나라 도로설계편람(2000)과의 차이점을 분석하여 보고자 한다. 우리나라의 경우 운전행태의 구별 없이 단지 운전자의 인지-반응시간(예 : 2.5초)와 차량의 감가속도(예 : 2 m/s²)를 가정하여 산정한 교차로 시거가 소개되어 있으며 여기서 활용한 시거모형은 AASHTO(1994)의 것과 매우 유사함이 발견되고 있다. 따라서, 교차로 시거에 관한 우리나라의 연구결과는 미국의 AASHTO의 연구결과를 면밀히 분석함으로써 장단점과 연구의 한계를 유추할 수 있다.

참고로, AASHTO(1994)에서 언급하고 있는 교차로의 형태는 5가지이며, AASHTO(2001)에서는 전방향 정지제어 교차로를 추가하여 교차로의 형태를 아래와 같이 6가지로 분류한다.

- ① 무통제 교차로(Uncontrolled Intersection)
- ② 이방향 정지제어 교차로(Two-Way Stop Controlled Intersection)
- ③ 이방향 양보제어 교차로(Two-Way Yield Controlled Intersection)
- ④ 교통 신호제어 교차로(Signalized Intersection)
- ⑤ 전방향 정지제어 교차로(All-Way Stop Controlled Intersection)
- ⑥ 주도로 좌회전 차량제어 교차로(Left-turn from the major road)

우리나라의 비신호 교차로는 AASHTO의 이방향 정지제어 교차로와 운영방식이 유사하다는 연구결과(김석근, 2002)를 활용하여 위 6가지 교차로의 형태 중에서 우리나라의 비신호 교차로와 미국의 이방향 정지제어 교차로를 중심으로 시거모형과 시거기준에 대해서 분석하여보고자 한다. 이방향 정지제어 교차로는 운전행태에 따라 다시 3가지로 분류하여 각각에 대하여 교차로 시거를 산정하며 분류된 형태는 아래와 같다.

- ① 부도로 차량이 주도로를 횡단하는 경우
- ② 부도로 차량이 좌회전하는 경우
- ③ 부도로 차량이 우회전하는 경우

1. AASHTO(1994) 시거모형

1) 부도로 차량이 주도로를 횡단하는 경우

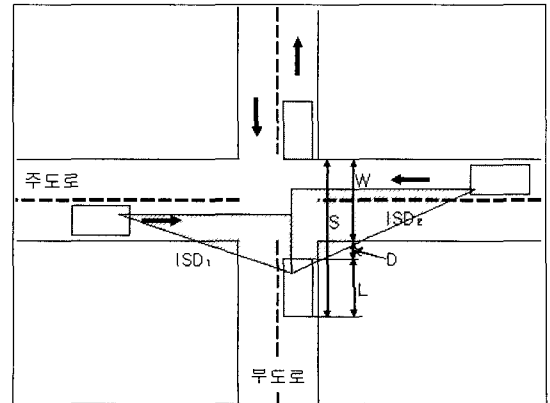
부도로 직진 이동류 시거는 부도로 정지 위치에서 부도로 차량이 주도로를 횡단하기 위해서 필요한 시거이다. AASHTO(1994)의 교차로 시거 모형은 식(11)이다. <그림 1>은 부도로 차량이 주도로를 횡단하는 경우의 최소 완전시거 삼각형이다.

$$ISD = 0.278 \cdot V \cdot (J + t_a) \quad (11)$$

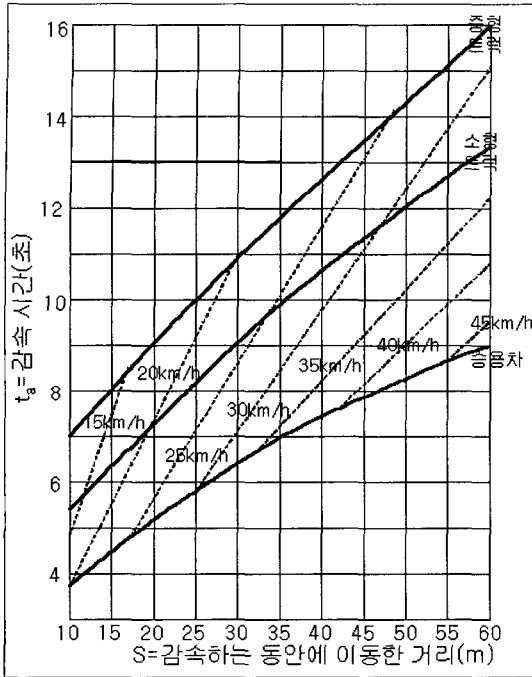
여기서,

- V : 주도로의 설계속도(km/h)
- J : 인지반응시간과 차량 조작시간의 합(예:2초)
- t_a : 주도로 횡단거리 S 를 통과하는데 필요한 시간(초)
- S : $D + W + L$ (<그림 1> 참조)
- D : 통과하는 도로의 가장자리에서 정지차량의 전면까지의 거리(예:3m)
- W : 주도로 차도의 폭(m)
- L : 차량의 전체 길이(m)

주도로 횡단거리(S)은 주도로 차도의 폭(W)은 1차로당 3.6m로 가정하고 통과하는 도로의 가장자리



<그림 1> 부도로 차량이 주도로를 횡단하는 경우의 최소 완전시거삼각형



자료 : A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, 1994, p702

〈그림 2〉 주도로 횡단거리 (S)에 따른 주도로를 횡단하는데 필요한 시간 (t_a)

에서 정지차량의 전면까지의 거리 (D)는 3m로 가정하고 차량의 길이 (L)는 AASHTO의 설계차량 기준에 따라서 승용차(P), 트럭(SU), 중형트럭(WB-12, WB-15)로 구분하고 각각 5.8m, 9.1m, 15.2m, 16.7m로 가정하여 계산한다. 주도로 횡단거리 (S)에 따른 주도로를 횡단하는데 필요한 시간 (t_a)은 〈그림 2〉에 나타나 있다.

주도로가 양방향 2차로이라고 가정하고 주도로 횡단거리 (S)와 〈그림 2〉에서 t_a 을 값을 구하면 〈표 1〉과 같다.

〈표 1〉과 식(11)을 이용하여 주도로 양방향 2차로의 경우에 AASHTO(1994)의 부도로 차량이 주도로를 횡단하는 경우의 교차로 시거를 산정하면 〈표 2〉와 같다.

〈표 1〉 설계차량에 따른 횡단거리와 t_a

설계차량	승용차(P)	트럭(SU)	중형트럭(WB-15)
횡단거리(S)	16m	20.1m	26.9m
t_a	4.5초	7.2초	10.5초

〈표 2〉 부도로 차량이 주도로 횡단시거(1994)

설계 속도 (km/h)	승용차		트럭		중형트럭	
	계산값 (m)	설계값 (m)	계산값 (m)	설계값 (m)	계산값 (m)	설계값 (m)
30	54.2	55	76.7	80	104.3	105
40	72.3	75	102.3	105	139.0	140
50	90.4	95	127.9	130	173.8	175
60	108.4	110	153.5	155	208.5	210
70	126.5	130	179.0	180	243.3	245
80	144.6	145	204.6	205	278.0	280
90	162.6	165	230.2	235	312.8	315
100	180.7	185	255.8	260	347.5	350
110	198.8	200	281.3	285	382.3	385
120	216.8	220	306.9	310	417.0	420
130	234.9	235	332.5	335	451.8	455

2) 부도로 차량이 좌회전하는 경우

AASHTO(1984)에서 부도로 차량이 좌회전하는 경우에 두 가지 유형의 행태를 고려하였다. 첫 번째는 주도로 차량이 주도로의 설계속도로 주행을 계속하여 회전차량이 주도로의 설계속도까지 가속을 하는 것이다. 두 번째는 주도로의 차량이 주도로의 설계속도에서 평균 주행속도로 속도를 감속하고 회전차량은 평균주행속도까지 가속을 하는 것이다. AASHTO(1990)에서는 첫 번째 경우는 배제되었고 두 번째 경우는 주도로 차량이 설계속도에서 설계속도의 85%로 속도를 감속하는 것으로 수정했다. AASHTO(1994)는 AASHTO(1990)의 개념을 유지하였다.

AASHTO(1990, 1994)에서 이방향 정지제어 교차로의 부도로 차량이 좌회전하는 경우의 시거 모형을 살펴보면 AASHTO(1990)은 식(12), 식(13), 식(15)이고 AASHTO(1994)은 식(12), 식(14), 식(15)이다. (〈그림 3 참조〉) AASHTO(1990, 1994)의 교차로 시거 산정식 h 값이 다른 이유는 단위의 차이도 있지만 AASHTO(1990)에서 양방향 2차로 도로의 좌회전 회전 반경을 $R = D + 1.5w_l$ 로 간주했다. 그러나, 양방향 2차로 도로에서는 AASHTO(1990)과 AASHTO(1994)는 동일한 개념으로 볼 수 있다.

$$Q = (0.278) \times (0.95) \times V(t_a + J) \tag{12}$$

$$h = P - \left(\frac{\pi R}{2} - R \right) - (1.47) \times (0.85) V t_{vg} - L_a \tag{13}$$

$$h = P - D - 1.5w_l - \left(\frac{\pi R}{2}\right) + 2R - (0.278) \times (0.85) V t_{vg} - L_a \quad (14)$$

$$ISD = Q - h \quad (15)$$

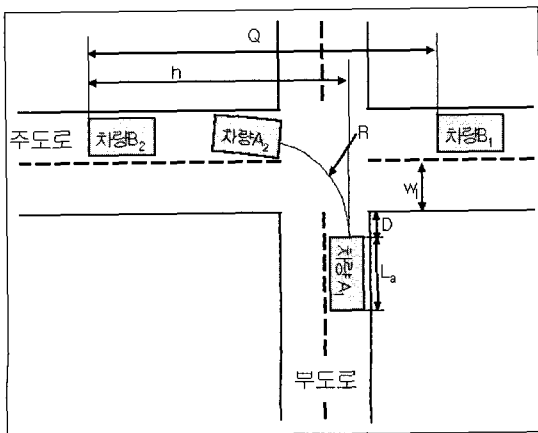
여기서,

- Q : 차량 B가 이동한 거리(m)
- h : 부도로 회전차로의 중간지점부터 마지막 지점까지 차량 B가 이동거리(m)
- V : 주도로 설계속도(km/h)
- t_a : 차량 A의 가속시간(〈표 3〉 참조)
- J : 차량 A의 운전자 인지-반응시간(예:2초)
- P : 차량 A의 가속 거리(〈표 3〉 참조)
- R : 차량의 회전 반경(예:8.5m)
- t_{vg} : 차두 시간 간격(예:2초)
- L_a : 차량 A의 길이(예:5.8m)
- D : 부도로에서 정지했을 때 차량 A의 앞부분부터 주도로의 가장자리까지의 거리(예:3m)
- w_l : 주도로의 차로폭(예:3.6m)

분리된 4차로 도로의 경우의 교차로 시거 산정시에는 h 값을 식(16)와 같이 계산하여 사용한다.

$$h = P - D - 2w_l - w_m - \left(\frac{\pi R}{2}\right) + 2R - (0.278) \times (0.85) V t_{vg} - L_a \quad (16)$$

여기서, w_m : 분리된 도로의 중앙섬의 폭



〈그림 3〉 부도로 차량의 좌회전

〈표 3〉 승용차의 가속 거리와 시간

AASHTO(1990)			AASHTO(1994)		
속도(mph)	거리(ft)	t _a (초)	속도(km/h)	거리(m)	t _a (초)
15	50	4.5	30	25	5.7
20	90	6.1	40	40	7.3
25	140	7.3	50	70	9.8
30	215	9.4	60	110	12.3
35	305	11.3	70	160	15.2
40	420	13.5	80	235	18.8
45	570	15.9	90	325	22.4
50	760	18.6	100	455	27.4
55	1000	21.7	110	650	33.9
60	1315	25.4			
65	1735	30.0			
70	2320	35.9			

자료 : 1. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, 1990, p764
 2. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, 1994, p719

AASHTO(1990, 1994)의 부도로 차량이 좌회전하는 경우의 교차로 시거를 산정하기 위해서는 차량의 가속 거리와 가속 시간이 주어져야 한다. AASHTO(1990, 1994)에서 규정하고 있는 승용차의 가속거리와 시간을 살펴보면 〈표 3〉과 같다.

식(12)~(15)와 승용차의 가속 거리와 시간과의 관계표인 〈표 3〉을 이용하여 부도로 차량이 좌회전하는 경우의 승용차의 시거 값을 산정하여 보면 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 AASHTO(1990, 1994) 부도로 차량이 좌회전하는 경우의 시거 값

AASHTO(1990)			AASHTO(1994)		
속도 (mph)	계산값 (ft)	실제값 (ft)	속도 (km/h)	계산값 (m)	실제값 (m)
15	158.6	160	30	60.7	65
20	221.2	220	40	87.7	90
25	282.1	290	50	120.0	120
30	372.5	370	60	155.5	160
35	467.5	470	70	201.6	205
40	580.8	570	80	252.8	255
45	702.3	700	90	308.0	310
50	838.3	830	100	379.3	380
55	992.7	980	110	455.5	455
60	1165.7	1150			
65	1367.1	1340			
70	1594.8	1560			

3) 부도로 차량이 우회전하는 경우

부도로 차량이 우회전하는 경우와 부도로 차량이 좌회전하는 경우의 차이점은 w_i 의 계수가 1.5대신에 0.5. 회전 반경은 8.5m대신에 7.6m을 사용한다는 점이다. 이 차이로 인한 우회전하는 경우와 좌회전하는 경우의 시거 차이는 좌회전하는 경우가 약 3.3m 길게 된다. AASHTO(1994)에서는 3.3m 차이를 무시하고 우회전 시거와 좌회전 시거가 동일하다고 가정하여 이방향 정지 교차로의 좌·우 시거를 규정하였다.

2. AASHTO(2001) 시거모형

AASHTO(2001)에서는 교차로에서의 운전자 행태에 따라서 각각의 모형을 사용하는 것이 아니라 임계간격을 이용한 동일한 모형을 사용하고 운전행태에 따라서 서로 상이한 임계간격의 값으로 시거를 산정하였다. AASHTO(2001)의 임계간격의 크기는 Harwood et al.(1996)의 연구에서 도출된 값을 기본으로 하여 규정하였다. Harwood et al.의 연구를 살펴보면 5개의 3-지 이방향 정지제어 교차로와 8개의 4-지 이방향 정지제어 교차로, 총 13개의 비신호 교차로에서 자료를 수집하여 앞선 설명한 간격수락이론 중에서 Raff 추정기법과 Logit 추정기법(logistic 회귀분석)으로 임계간격을 추정하였다. 추정한 임계간격을 살펴보면 <표 5>와 같다.

<표 5>의 결과로부터 실제로 AASHTO(2001)에서 채택한 임계간격의 기준은 <표 6>과 같다.

<표 5> 현장조사로부터 추정한 임계간격

차량 형태		임 계 간 격 (초)	
		Raff 추정기법	Logit 추정기법
우회전	승용차	6.3	6.5
	트럭	8.4	9.5
	중형트럭	10.7	11.3
좌회전	승용차	8.0	8.2
	트럭	9.8	10.8
	중형트럭	10.0	12.2

자료 : Harwood et al., NCHRP383 Intersection Sight Distance, 1996

<표 6> AAHSTO(2001)의 임계간격 기준

	직진시, 우회전시	좌회전시
승용차	6.5초	7.5초
트럭	8.5초	9.5초
중형트럭	10.5초	11.5초

주 : 1. 양방2차로에서 1차로 증가마다 승용차 0.5초, 트럭 0.7초 추가
 2. 경사 3%에서 1%증가마다 0.1초 추가(직진시, 우회전시)
 3. 경사 3%에서 1%증가마다 0.2초 추가(좌회전시)

자료 : A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, 2001

여기서 <표 5>은 주도로 차량의 이동 속도가 낮은 경우를 포함하고 있는 임계간격의 값이다. <표 6>은 주도로 차량이 모두 일정한 속도로 이동한다고 가정하여 <표 5>의 값을 보정한 임계간격이다.

이러한 연구결과를 반영하면 AASHTO(2001)의 교차로 시거 모형 식은 식(17)과 같이 표현할 수 있다.

<표 7> AASHTO(2001) 이방향 정지제어 교차로 시거

(단위:m)

설계 속도 (km/h)	직진시, 우회전시						좌회전시					
	승용차		트럭		중형트럭		승용차		트럭		중형트럭	
	계산값	설계값	계산값	설계값	계산값	설계값	계산값	설계값	계산값	설계값	계산값	설계값
30	54.2	55	70.9	75	87.6	90	62.6	65	79.2	80	95.9	100
40	72.3	75	94.5	95	116.8	120	83.4	85	105.6	110	127.9	130
50	90.4	95	118.2	120	146.0	150	104.3	105	132.1	135	159.9	160
60	108.4	110	141.8	145	175.1	185	125.1	130	158.5	160	191.8	195
70	126.5	130	165.4	170	204.3	205	146.0	150	184.9	185	223.8	225
80	144.6	145	189.0	190	233.5	235	166.8	170	211.3	215	255.8	260
90	162.6	165	212.7	215	262.7	265	187.7	190	237.7	240	287.7	290
100	180.7	185	236.3	240	291.9	300	208.5	210	264.1	265	319.7	320
110	198.8	200	259.9	260	321.1	325	229.4	230	290.5	295	351.7	355
120	216.8	220	283.6	285	350.3	355	250.2	255	316.9	320	383.6	385
130	234.9	235	307.2	310	379.5	380	271.1	275	343.3	350	415.6	420

$$ISD = 0.278 \cdot V_{major} \cdot t_g \quad (17)$$

여기서,

V_{major} : 주도로 설계속도(km/h)

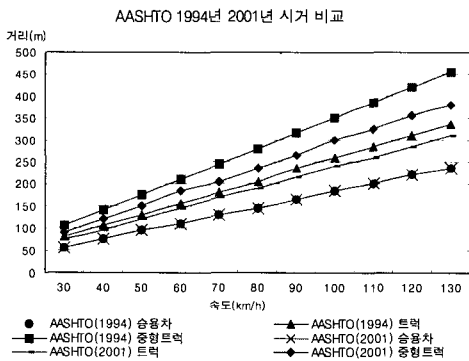
t_g : 임계시간간격

식(17)과 <표 6>을 이용하여 차종별 운전행태에 따른 교차로 시거를 산정하면 <표 7>과 같다.

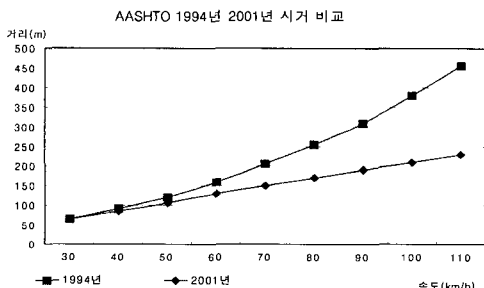
3. 교차로 시거모형의 비교분석

부도로 차량이 주도로를 횡단시의 AASHTO(1994) <표 2>와 AASHTO(2001)<표 7>의 시거를 비교한 <그림 4>을 살펴보면 승용차의 시거 값은 서로 동일하고 트럭과 중형트럭의 시거값은 AASHTO(1994)의 시거가 AASHTO(2001)의 시거보다 상대적으로 더 크다.

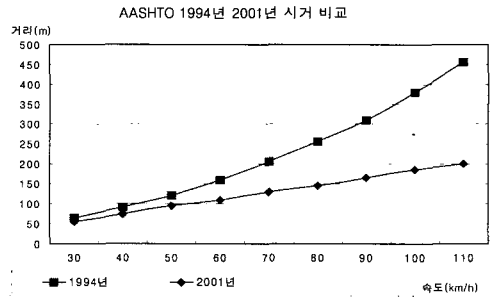
부도로 차량이 좌회전하는 경우의 시거값을 서로 비교하면(<그림 5>참조) 설계속도 30km/h인 경우에



<그림 4> AASHTO(1994, 2001) 부도로 차량이 주 도로를 횡단시 시거의 비교



<그림 5> AASHTO(1994, 2001) 부도로 차량이 좌 회전하는 경우의 시거 비교



<그림 6> AASHTO(1994, 2001) 부도로 차량이 우 회전하는 경우의 시거 비교

는 동일한 시거 값을 가지지만 이후 설계속도가 증가 할수록 AASHTO(2001)의 시거 값이 AASHTO(1994) 보다 작은 값을 갖는 특징이 있다.

부도로 차량이 우회전하는 경우에 AASHTO(1994) <표 4>와 AASHTO(2001)<표 7>의 시거 값을 비교 한 <그림 6>을 살펴보면 역시 AASHTO(2001)의 값이 AASHTO(1994)보다 작음을 알 수 있다.

운전행태에 따른 시거를 비교해 본 결과 모든 경우 에서 임계간격을 사용한 AASHTO(2001)의 시거가 AASHTO(1994)의 시거보다 작음을 알 수 있었다. 여기서 시거가 감소할수록 교통사고율과 교통사고건 수가 증가할 것으로 생각하는 것이 일반적이지만, 아직까지 시거와 교통사고와의 상호관계를 명확하게 규 명하고 있지 못하고 있다(Fambro et al., 1997).

이러한 배경에는 일반적으로 시거와 교통사고와의 관계를 통계적으로 증명하기 위해서는 시거와 관련된 자료를 충분히 수집해야 하나 교통사고라는 특성으로 인하여 분석자료수의 확보에 한계가 있으며 또한 대 부분의 교통사고는 시거와 같이 한가지 요인의 결합 에 의한 것이라기보다는 다양한 요인의 복합적인 결 과로 나타난다고 생각할 수 있다. 시거와 교통사고와 의 관계가 모든사람들의 예상과는 달리 절대적 관련 이 있다고 생각하지 못하는 또 다른 이유로는 정상적 인 운전자라면 다소 시거가 불량한 지점을 통과할 때 라도 운전자 스스로가 자신의 안전을 고려하여 차량 의 속도를 줄인다든지 돌발적인 상황을 미리 준비한 다든지 하여 비록 기준시거에는 미치지 못하는 시거 의 불량한 지점이지만 이와 같은 스스로의 안전조치 로 교통사고를 사전에 예방할 수 있으며 이와는 반대 의 현상으로 비록 기준시거를 만족하고 선형조건이 양호한 도로이지만 이 양호한 시거로 인하여 오히려

과속이나 전방주시태만 등의 운전 부주의를 야기함으로써 이 지점의 교통사고가 다른 도로구간에 비하여 더욱 빈번히 발생할 수도 있다고 생각하는 것이 보다 논리적이라고 볼 수 있다. 따라서, 시거의 확보는 교통사고를 예방하고 교차로의 효율적 운영을 위한 필요조건은 되지만 충분조건은 되지 못한다.

IV. 우리나라의 비신호 교차로 시거

본 장에서는 현재 우리나라에서 적용하고 있는 비신호 교차로의 시거와 우리나라 운전자의 운전행태와 교차로의 특성을 반영하고 있는 현장자료를 이용하여 AASHTO(2001) 모형을 정산한 결과와의 차이점에 대하여 분석한다. 앞에서 설명한바와 같이 AASHTO(2001)은 기존의 정지시거 산출에 활용한 안전제동거리(즉, 운전자 인지-반응시간 동안의 주행거리와 차량의 가속도에 의한 제동거리의 합)에 근거하지 않고 교차로 형태 및 차종에 따른 임계간격을 추정하여 이를 교차로의 설계속도에 적용하여 운전행태별 시거를 산출하고 있는 특징이 있다. 임계간격을 이용한 시거의 주요한 특징은 기존 AASHTO(1984, 1990, 1994)에서 설정하였던 주도로 차량 및 부도로 차량에 대한 임의적인 운전과 차량특성(예 : 운전자의 인지-반응시간을 2.5초로 균등하게 가정 혹은 주도로의 주행속도를 근거없이 설계속도의 85%로 가정함)의 가정을 배제함으로써 보다 현실적인 운전자의 행태와 교차로의 형태의 특성을 반영하고 있다는 차이점이 나타나고 있다. 또한 이 모형은 반복적인 현상의 관측을 통하여 운전자의 안전에 대한 행태가 시거의 모형을 자연스럽게 반영되고 있다는 또 다른 특징을 지니고 있다.

다음의 내용은 실제 현장조사를 통하여 수집된 우리나라 비신호 교차로의 운전행태별 임계간격의 추정과정과 추정치와 현재 우리나라에서 적용하고 있는 교차로에 대한 시거모형과 기준에 대한 설명이다.

1. 도로설계편람(2000) 시거모형

우리나라는 도로설계편람에서 교차로의 형태를 아래와 같이 3가지로 분류하고 있다.

① 신호 교차로

- ② 비신호 교차로(일시정지표시로 제어되는 교차로)
- ③ 기타 교차로(무통제 교차로)

우리나라는 도로설계편람(2000)에서는 비신호 교차로의 시거 값을 규정하고 있지만 AASHTO처럼 운전행태에 따라서 시거 값을 구분하지는 않고 교차로의 최소시거기준만을 제시하고 있다. 도로설계편람에서 사용하고 있는 시거 식은 식(18)과 같다.

$$ISD = \frac{V}{3.6} \cdot t + \frac{1}{2a} \cdot \left(\frac{V}{3.6} \right)^2 \quad (18)$$

여기서,

V : 설계속도(km/h)

a : 감가속도(m/sec^2)

t : 반응시간(초)

제시하고 있는 감가속도 $2.0m/sec^2$, 반응시간 2.5초를 적용하여 설계속도별로 산정한 최소 시거는 <표 8>과 같다.

<표 8> 비신호 교차로의 최소 시거

설계속도(km/h)	계산값(m)	설계값(m)
20	21.6	25
30	38.2	40
40	58.6	60
50	82.9	85
60	111.1	115
70	143.1	145
80	179.0	180
90	218.8	220
100	262.3	265
110	309.8	310
120	361.1	365

2. 임계간격을 이용한 시거 산정

본 연구에서는 임계간격을 이용한 교차로의 시거를 산정하기 위하여 우리나라 비신호 교차로에 대한 현장의 자료를 수집하였으며 앞에서 소개한 임계간격의 추정법을 활용하여 우리나라 교차로에 적합한 통행행태별 임계간격을 추정하였다. 다음은 현장조사와 분석결과에 대한 간략한 설명이다.

1) 현장조사의 개요

우리 나라의 3-지 비신호 교차로에서 현장조사를 통하여 자료를 수집하였다. 우리 나라의 비신호 교차로 운영상황을 감안할 때, 자료의 수집은 다음과 같은 기본가정을 전제로 실시되었다.

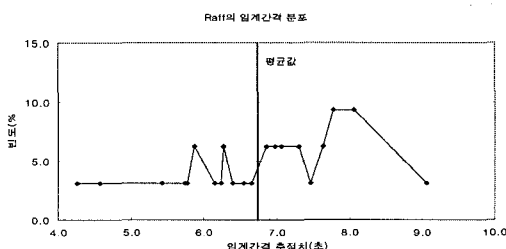
- 〈가정 1〉 현장조사를 실시하는 대상 교차로에서는 주도로와 부도로의 위계, 즉, 통행 차량간의 우선순위가 결정되어 있어 부도로 차량이 주도로 차량 흐름 사이의 시간간격을 수락하는 행태를 관측할 수 있다.
- 〈가정 2〉 교차로를 통과하는 차량의 종류(승용차, 트럭, 버스 등)간의 간격수락 행태에는 차이가 발생하지 않으며, 운전자 집단(정상시력의 운전자 집단, 노인 운전자 집단 여성 운전자 집단 등)은 동질성을 가진다.
- 〈가정 3〉 주도로의 차량의 이동 속도는 모두 동일하다.

현장조사를 실시한 대상 교차로는 경기도 안성시에 위치한 3-지(T-형) 교차로로서, 주도로와 부도로 모두 양방향 2차로 도로로 구성되었고, 주도로의 외측 부분에 평행주차시설이 존재했다. 또한, 교차로의 차량흐름을 제어할만한 교통표지판이나 점멸등과 같은 교통통제시설은 존재하지 않았다.

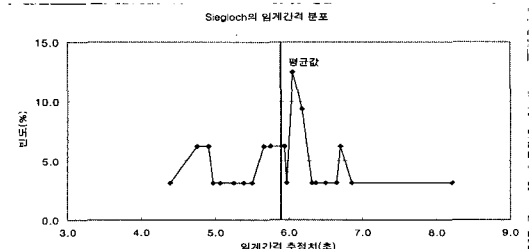
자료는 비디오 캠코더를 통해 수집되었기 때문에 비디오 재생기와 영사기를 통해 자료를 정리하였다. 본 연구의 정확성을 위하여 현장조사는 1개의 3-지 비신호 교차로에서 반복적으로 수행되었으며, 30분간 단위로 총 32개의 자료 세트를 수집하였다. 1차 자료의 분석은 부도로 좌회전 차량을 중심으로 실시하였다. 이에 따라 부도로 좌회전 차량의 수락 및 거부간격은 앞 절에서 규정한 간격크기의 정의에 따라 컴퓨터 통계 패키지인 Microsoft Excel을 이용하여 정리하였다.

2) 현장조사 결과분석

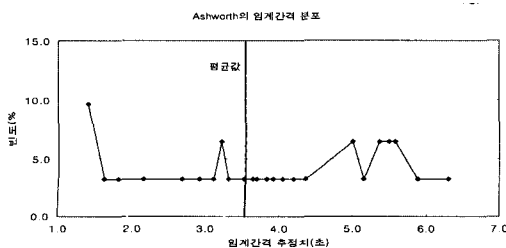
〈그림 7〉~〈그림 10〉은 각 간격수락이론으로 자료별로 산정한 임계간격의 분포를 나타낸 것이다. 이를 간략히 살펴보면 Raff의 추정기법에 의한 임계간격은 추정치의 평균값은 6.8초고 추정치는 8.0초에서 가장 넓은 범위를 걸쳐 나타나고 있다. Ashworth의 추정기법에 의한 임계간격 추정치의 평균값은 3.6초로 이 기법에 의한 추정치 역시 넓은 범위에 걸쳐 고른 분포를 나타내고 있다. Siegloch의 추정기법에 의한 임계간격 추정치의 평균값은 5.9초로 이전의 두 기법에 의한 추정치보다 좁은 범위에서 임계간격 값이 분포되어 나타났다. Troutbeck의 추정기법에 의한 임계간격 추정치의 평균값은 5.1초로 이전에 다루어진 기법에 의한 추정치보다 좁은 범위에 임계간격 값이 분포되어 있다.



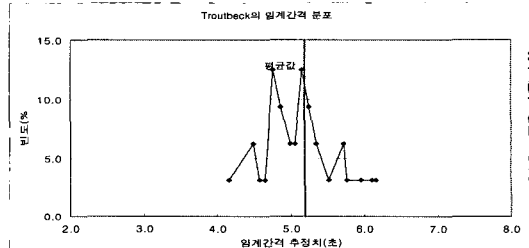
〈그림 7〉 Raff의 기법에 의한 추정치의 불편성



〈그림 9〉 Siegloch의 기법에 의한 추정치의 불편성



〈그림 8〉 Ashworth의 기법에 의한 추정치의 불편성



〈그림 10〉 Troutbeck의 기법에 의한 추정치의 불편성

〈표 9〉 임계간격 추정치의 평균값 및 불편성

	Raff	Ashworth	Siegloch	Troutbeck
평균	6.8초	3.6초	5.9초	5.1초
표준편차	1.06	2.20	0.77	0.47

이상의 분석결과를 이용하여 좌회전 임계간격을 요약하여 보면 〈표 9〉와 같다.

부도로에서의 직진과 우회전 임계간격은 이방향 정지제어 교차로의 운영특성을 고려하여 수도권 지역을 중심으로 총 11개의 비신호 교차로에서 이동류별, 차량의 종류별에 따른 차량들의 임계간격과 추종시간을 조사 및 분석한 고동석(2000)의 연구결과를 기초로 하여 추정되었다. 이 경우의 임계간격 추정도 좌회전의 경우와 같이 최우추정법(Maximum Likelihood Method)을 이용하였다. 교차로 유형별로 추정된 임계간격의 결과치에 대한 이동류별, 차량의 종류별에 따른 영향력을 판별하기 위한 검정은 이원배치 분산분석(Two-Way ANOVA)을 이용하였다. 이원배치 분산 분석의 결과 임계간격은 승용차와 중차량에 대한 차이가 존재하지 않으나, 이동류별에 대한 차이가 나타나는 것으로 분석되어 있다. 교차로 유형별 다른 각 이동류들의 임계간격 기준은 〈표 10〉과 같다.

이상의 분석결과 부도로 좌회전 시거를 위한 임계간격은 4가지 임계간격 추정기법중에서 Troutbeck의 추정기법으로 추정한 임계간격인 5.1초를 사용하였다. 부도로 직진과, 우회전 시거는 고동석의 연구결과를 이용하여 부도로 차량이 직진하는 경우에는 임계간격 4.1초와 부도로 차량이 우회전하는 경우의 임계간격 3.8초와 함께 부도로의 직진, 우회전을 위한 시거를 추정하였다. 이때 도로의 형태는 주도로, 부도

〈표 10〉 교차로 유형별에 따른 각이동류들의 임계간격 (단위:초)

교차로 유형	부도로 직진	부도로 좌회전	부도로 우회전	주도로 좌회전
A형	4.1	4.7	3.8	4.1
자료수	357	298	136	218
표준편차	0.9	0.8	0.7	0.7
B형	5.4	5.2	4.4	4.9
자료수	320	315	165	195
표준편차	1.1	1.2	1.2	0.7

주) A형 : 주도로 일방향 1차로, 부도로 일방향 1차로
 B형 : 주도로 일방향 2차로, 부도로 일방향 1차로
 자료) 고동석, 대한교통학회, 제18권 제6호, 2000

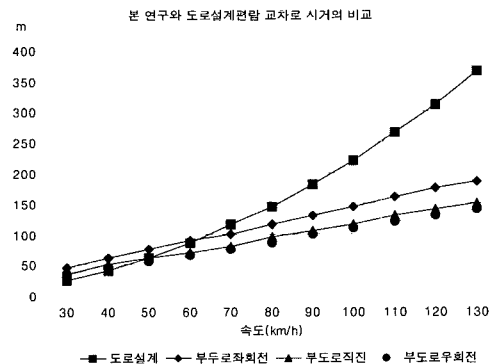
〈표 11〉 임계간격을 이용한 우리나라 비신호 교차로의 시거

설계 속도 (km/h)	부도로좌회전		부도로직진		부도로우회전	
	계산값 (m)	설계값 (m)	계산값 (m)	설계값 (m)	계산값 (m)	설계값 (m)
30	42.5	45	34.2	35	31.7	35
40	56.7	60	45.6	50	42.3	45
50	70.9	75	57.0	60	52.8	55
60	85.1	90	68.4	70	63.4	65
70	99.2	100	79.8	80	73.9	75
80	113.4	115	91.2	95	84.5	85
90	127.6	130	102.6	105	95.1	100
100	141.8	145	114.0	115	105.6	110
110	156.0	160	125.4	130	116.2	120
120	170.1	175	136.8	140	126.8	130

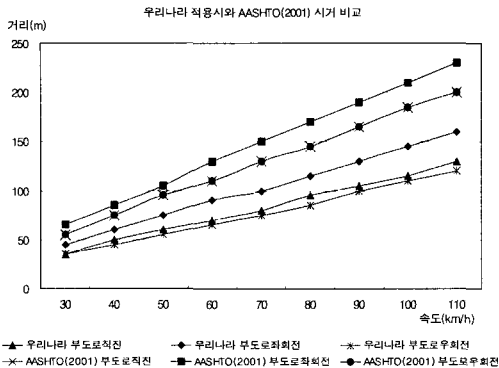
로 양방향 2차로이라고 가정하였다. 추정된 임계간격을 이용하여 통행행태별 우리나라의 비신호 교차로의 시거를 추정하여보면 〈표 11〉과 같다.

3. 현행 시거기준과의 비교

도로설계 편람(〈표 8〉)과 본 연구에서 산정한 시거(〈표 11〉)을 비교하여 보면 〈그림 11〉에서 보는 바와 같이 부도로 좌회전의 경우에는, 본 연구의 시거가 설계속도 70km/h이하에서는 도로설계편람에서 제시하는 시거 기준보다 높게 나타났고 70km/h이상에서는 반대로 낮은 값을 보인다. 부도로 직진의 경우, 설계속도 50km/h일때는 도로설계편람 기준하고 동일하게 나타났으며, 50km/h이하의 속도에서는 더 높은 값을 보이며 50km/h이상의 속도에서는 더 낮은



〈그림 11〉 본 연구와 도로설계편람 교차로 시거의 비교



〈그림 12〉 본 연구와 AASHTO 교차로 시거의 비교

값을 보였다. 부도로 우회전의 경우에는 40km/h를 기준으로 기준이하의 속도에서는 높은 값을 보이며 기준이상의 속도에서는 더 낮은 값을 보였다.

AASHTO(2001)의 〈표 7〉과 본 연구에서 산정한 시거인 〈표 11〉을 비교하여 보면 〈그림 12〉에서 보는바와 같이 부도로 직진, 좌회전, 우회전의 모든 경우에서 본 연구에서 산정한 시거가 AASHTO(2001)의 경우보다 작은 값을 보이고 있다. 그 근본이유로는 두 나라간 임계간격의 차이로 생각되며 모든 운전행태별 임계간격에 대한 우리나라의 추정치가 미국의 경우와 비교하여 작음을 알 수 있다. 즉, 임계간격의 차이가 우리 나라와 미국의 운전자의 특성과 행태, 이용 차량의 성능 등의 차이를 반영하고 있다는 전제에서 살펴보면, 우리 나라의 운전자는 상대적으로 짧은 간격시간을 이용하여 원하는 운전행위를 안전하게 완료하고 있다는 사실을 유추할 수 있다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구는 비록 다양한 자료의 부족(예 : 차종구분 등)과 자료수의 제한에도 불구하고 우리나라의 비신호 교차로를 중심으로 우리나라 운전자의 운전행태와 운전능력, 운전자의 신체적 특성, 차량의 특성 등 우리 고유의 운전환경에 적합한 교차로 시거모형의 도입과 시거기준을 제시하여 보았다는 점에서 의미를 둘 수 있다.

본 연구를 수행하면서 얻을 수 있었던 주요한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 현재 우리나라 설계기준에서 준용하고 있는 내용과 유사한 AASHTO(1994)의 시거는 운전자 특성인 임계간격을 이용한 AASHTO(2001)의 시거 보

다 대부분 크게 나타났다. 이것은 현재의 우리나라 교차로의 시거기준은 미국의 설계기준보다 오히려 보수(안전)적으로 설정되어 있어 우리 나라와 미국의 교통여건 및 경제여건을 감안하여 볼 때 현재의 시거기준은 결과적으로 과도한 선형개선과 경제사회적 손실을 초래할 개연성이 있다.

둘째, 도로설계편람과 본 연구에서 산정한 시거를 비교한 결과에 의하면 특정설계속도(예 : 부도로 좌회전인 경우 70kph, 부도로 직진인 경우 50kph, 부도로 우회전인 경우 40kph)를 기준으로 설계속도가 낮은 경우에는 본 연구에서 산정한 시거가 기준시거보다 높게 나타났고 설계속도가 높은 경우에는 반대의 현상이 나타났다. 결과적으로 설계속도가 낮은 경우에는 안전운행을 위하여 시거를 더욱 강화하여야 하나 설계속도가 높아질수록 필요이상의 보수적인 시거기준을 적용하게 됨으로 횡단면 폭원 및 교차로 부지확보 등으로 과도한 도로건설과 유지관리비용이 발생될 가능성이 있다.

셋째, 현재 미국의 도로설계에 적용되고 있는 AASHTO(2001)의 시거기준과 본 연구에서 산정한 시거의 경우를 비교하여보면 본 연구에서 산정한 시거가 AASHTO(2001)의 시거보다 전반적으로 작은 값으로 추정되고 있어 우리 나라 교차로의 설계에는 현재의 시거기준보다도 상대적으로 작은 시거를 적용하여도 안전운행에 무리가 없으리라는 추정을 하게 한다.

그러나, 상기의 연구결과가 보편타당성을 확보하기 위해서는 더욱 많은 교차로에 대한 현장자료를 수집하여야 하며 이에 대한 정밀한 분석이 요구되나 본 연구에서는 조사에 소요되는 예산과 인력의 한계로 매우 한정적인 연구결과만을 산출할 수 있었다. 따라서, 이러한 본 연구의 한계와 연구결과에 의의성 등을 고려하여 향후 연구방향을 제시하여보면 다음과 같다.

첫째, 임계간격을 이용한 시거모형에서는 모형의 파라메타인 임계간격의 추정이 중요하고 이에 대한 높은 수준의 신뢰성과 안정성이 확보되어야 하며 이를 위해 운전자의 일관성(Consistency)과 동질성(Homogeneity)분석에 소요되는 다양한 자료를 수집하고 분석하는 노력이 요구된다.

둘째, 비신호 교차로의 기하구조에 따른 임계간격의 변화를 추정하여 기하구조의 유형에 따른 시거기준도 마련되어야 할 필요성이 있다.

마지막으로, 우리나라 비신호 교차로의 운영실태를 적절히 반영할 수 있는 새로운 임계간격 추정기법의

개발과 교차로 운영방식을 일관성있게 적용할 수 있는 법적 기준이 또한 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 건설교통부(2000), 도로설계편람, 한국건설기술 연구원.
2. 건설교통부(2000), 도로의 구조 시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침, 대한토목학회.
3. 고동석·이용재·정진혁(2000), "수도권 지역 4-지 비신호 교차로에 대한 이동류별 차량의 임계 간격과 추종시간 기준에 관한 연구", 대한교통학회지, 제18권, 제6호, 대한교통학회, pp.19~32.
4. 김석근(2002), 임계간격 추정기법에 관한 연구, 중앙대학교 석사 학위 논문.
5. 김석근·이용재(2002), 비신호 교차로의 운영특성 분석과 개선에 관한 연구, 건설환경논문집, 중앙대학교 건설환경연구소, 제13권 제1호.
6. American Association of State Highway and Transportation Officials(1984), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington D.C.
7. American Association of State Highway and Transportation Officials(1990), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington D.C.
8. American Association of State Highway and Transportation Officials(1994), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington D.C.
9. American Association of State Highway and Transportation Officials(2001), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Washington D.C.
10. Ashworth, R.(1968), A Note on the Selection of Gap Criteria for Traffic Simulation Studies. Transportation Research 2(2), pp.171~175.
11. Brilon, W., Koenig, R. and Troutbeck, R. (1999), Useful Estimation Procedures for Critical Gaps. Transportation Research Part A : Policy and Practice, Vol.33A, No.3/4, pp.161~186.
12. Fambro, Daniel B., Fitzpatrick. Kay., Koppa, Rodger.(1997), Determination of Stopping Sight Distance, NCHRP Report 400, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
13. Fitzpatric, Kay.(1991), Gaps Accepted at Stop-Controlled Intersection, Transportation Research Record 1303, pp.103~112
14. Harwood, Douglas W., John M. Mason, Robert E. Brydia.(1996), Intersection Sight Distance, NCHRP Report 383, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.
15. Hewitt, R. H.(1983), Measuring Critical Gap, Transpn Sci., 17(1), pp.87~109.
16. Miller, A. J.(1972), Nine Estimators for Gap-Acceptance Parameters. In: Newell, G. (Ed.), Proceedings of the International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation, Berkeley, California June, 1971. Elsevier Amsterdam.
17. Raff, M. S. and Hart, J. W.(1950), A Volume Warrant for Urban Stop Signs. Eno Foundation for Highway Traffic Control: Saugatuck, Connecticut.
18. Troutbeck, R. J.(1992), Estimating The Critical Acceptance Gap from Traffic Movements, Queensland University of Technology Research Report 92-5, pp.23~39.

✉ 주 작 성 자 : 이용재

✉ 논문투고일 : 2003. 10. 6

논문심사일 : 2003. 10. 14 (1차)

논문심사일 : 2003. 10. 20 (2차)

심사판정일 : 2003. 10. 20

✉ 반론접수기한 : 2004. 2. 28

1999. First of all, estimating traffic accident models are presented by using existed data statistically. The models help to maximize traffic accident decrease through control of the presented factor. Secondly, optimum construction cost of improvement is presented to prevent overcapitalization. However, this paper is limited because it was difficult to sort the data with various areas and to approach various ways.

Development of a Freeway Travel Time Estimating and Forecasting Model using Traffic Volume

OH, Sei-Chang · KIM, Myung Ha · HAIK, Yong Hyun

This study aims to develop travel time estimation and prediction models on the freeway using measurements from vehicle detectors. In this study, we established a travel time estimation model using traffic volume which is a principle factor of traffic flow changes by reviewing existing travel time estimation techniques.

As a result of goodness of fit test, in the normal traffic condition over 70km/h, RMSEP(Root Mean Square Error Proportion) from travel speed is lower than the proposed model, but the proposed model produce more reliable travel times than the other one in the congestion. Therefore in cases of congestion the model uses the method of calculating the delay time from excess link volumes from the in- and outflow and the vehicle speeds from detectors in the traffic situation at a speed of over 70km/h.

We also conducted short term prediction of Kalman Filtering to forecast traffic condition and more accurate travel times using statistical model. The results of evaluation showed that the lag time occurred between predicted travel time and estimated travel time but the RMSEP values of predicted

travel time to observations are as low as that of estimation.

Intersection Sight Distance Based on Critical Gap at Unsignalized Intersections

LEE, Sul-ki · LEE, Yong Jae · KIM, Sukeun

The sight distance at unsignalized intersections is the one of the fundamental geometric design elements, and can ensure safety and efficient operations. Despite its importance, little research attention has been directed in Korea compared to developed countries such as European countries, the United States, and Japan. AASHTO ISD policies have been applied to the intersection design in Korea without any revise, which can produce unrealistic and unadoptable design values. Those values are emerged from several reasons because the AASHTO ISD has been calibrated based on the local data. Therefore, the ISD hardly takes into account the local characteristics of Korea such as driving behavior, vehicular movement and roadway conditions.

The objective of this study is to calculate the appropriate ISD values for unsignalized intersections in the urban area in Korea. In this study, we employed the ISD model of AASHTC(2001), which is based on gap acceptance theory and can account for and take the driving and roadway conditions in Korea into consideration. The approach can also consider the complex driving maneuvers at the intersections in a proper and simple manner. The results in this study show that the ISD design criteria currently used in Korea are more conservative(safer) than those of the USA. In other words, the ISD using field data collected in this study has generally smaller values than those in USA.