

단일로 횡단신호의 교차로 접근지체에 대한 영향 분석

김정현 (교통개발연구원 책임연구원)

Increase of Intersection Approach Delay By Mid-Block Crosswalk Signal

Kim, Jeong Hyun (Research Associate, The Korea Transport Institute)

Abstract

교차로 접근지체의 산정은 간선도로의 서비스수준 평가에 있어서 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 교차로 접근지체는 상류부 교차로에서 진입하는 교통에 대한 균일지체와 그 이외 단일로 상에 존재하는 세가로등에서 유입되는 교통에 대한 무작위지체, 1회의 신호주기에 교차로를 통과하지 못한 교통에 대한 잔여지체 등과 연동보정계수를 이용하여 산정된다.

우리나라를 비롯한 대부분의 나라에서는 미국에서 차량의 지체와 연동보정계수를 이용하여 개발된 교차로 접근지체 산정식의 구조를 그대로 수용하고 있다. 그러나 도심부 신호교차로 사이의 단일로에 보행자를 위한 횡단신호가 설치되어 있는 경우, 이러한 단일로 횡단신호가 하류부 교차로의 접근지체에 미치는 영향이 있을 것으로 판단된다. 따라서 미국과는 달리 신호교차로간의 간격이 크고, 단일로 상에 보행자용 횡단신호 설치가 빈번한 우리나라의 실정에서는 이에 대한 영향을 분석하여 교차로 접근지체 산정 시 이를 반영하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 단일로 횡단신호가 하류부 신호교차로에서의 접근지체에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 상류부 교차로와 단일로 중간부 횡단보도와와의 거리, v/c 비, 신호 offset 등 상황을 설정하여 TRANSYT-7F를 이용하여 시물레이션을 수행하였다.

본 연구에 의하면 단일로 중간의 횡단신호가 상류부 교차로의 신호와 연동되지 않는 경우에는 하류부 교차로의 접근지체에 미치는 영향이 거의 없는 것으로 나타났으며, 연동 시에는 상류부 교차로와의 거리, v/c 비, 신호 offset 등에 따라 최고 80% 이상 까지 접근지체가 증가하였다. 일반적으로는 신호 offset이 40%에서 60% 사이로 연동상태가 불량할수록 하류부 교차로에서의 접근지체가 증가하는 것으로 나타났으며, 그 외에 변수에 대하여서도 신호 offset에 따라 다른 정도로 접근지체에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

따라서 현재 우리나라의 신도시 개발 시 일반적으로 나타나는 대규모 구획(super block)과 이로 인하여 불가피한 단일로 중간부의 횡단신호의 설치에 교통운영 측면에서 재고되어야 할 것으로 판단된다.

I. 서론

우리나라를 비롯한 대부분의 국가에서는 도로 시설의 합리적인 계획, 설계 및 운영을 위하여 도로용량편람을 작성하여 활용하고 있다. 도로용량편람은 각 도로시설의 유형별로 그 시설의 용량 및 서비스수준을 분석하는 방법론과 이에 필요한 자료를 제공하고 있으며, 우리나라는 1992년에 건설부에서 도로용량편람(KHCM)을 발간하였고 현재는 2001년을 목표로 하여 개정을 위한 연구가 진행되고 있다. 미국의 경우에도 수 차례의 개정작업을 거쳐 현재는 1994년도판 Highway Capacity Manual(USHCM)을 사용하고 있으나 2000년을 목표로 한 개정판도 현재 거의 완성단계에 있다.

도로용량편람 중 도시 및 교외부 간선도로의 서비스수준을 분석하는데 있어서 가장 중요한 과정은 교차로에서의 접근지체를 산정하는 것이다. '92년 KHCM 작성 당시 교차로 접근지체 산정식은 미국에서 현재 사용되지 않고 있는 '85 USHCM의 식 구조를 그대로 사용하고 있으나, '94 USHCM에서 이 식의 구조가 변경되었으며 우리나라의 새로운 KHCM에서도 '94년 이후 미국에서 사용되고 있는 식의 구조를 그대로 이용할 계획으로 있다.

그러나 접근성 관리가 양호하며 구획(Block)의 길이가 상대적으로 짧은 미국과는 달리, 우리나라의 간선도로 상에는 교차로 사이에 횡단보행자용 신호가 설치되어 있는 경우가 빈번하다. 이와 같은 단일로 횡단신호가 하류부 교차로의 접근지체에 영향을 주게 된다면 이는 분석대상 간선도로 구간 전체의 서비스수준 분석 결과에 영향을 미치게 될 것이다.

본 연구에서는 한정된 상황하에서 TRANSYT-7F를 이용한 시물레이션을 통하여 단일로 횡단신호가 교차로 접근지체에 미치는 영향을 분석함

으로써, 새로운 KHCM 작성에 있어서 단일로 횡단신호가 교차로 접근지체에 미치는 영향을 고려할 수 있는 방법론을 제시하고자 한다.

II. 교차로 접근지체의 산정

교차로 접근지체는 상류부 교차로에서 진행하여 오는 교통에 대하여 발생하는 균일지체와 그의 단일로 중간의 세가로 유입교통등에 대하여 발생하는 무작위지체, 그리고 상류부 교차로와 해당 교차로 간의 교통신호 연동에 따른 연동보정계수 등에 의하여 결정된다.

'92 KHCM에서 교차로의 접근지체 산정을 위하여 제시하고 있는 식의 기본형태는

$$d = (d_u + d_r) \times PF \quad (1)$$

여기서, d = 교차로 접근지체

d_u = 균일지체

d_r = 무작위지체

PF = 연동보정계수

이며, '94 USHCM이 발간되기 전까지는 미국에서도 이와 같은 구조의 식을 사용하였다.

그러나 '94 USHCM에서는, 무작위지체는 상류부 교차로의 신호와 상관없이 일어나는 지체이므로 연동보정계수도 적용되지 않다는 판단에 의하여 다음과 같이 접근지체 산정식을 개선하였다.

$$d = (d_u \times PF) + d_r + d_c \quad (2)$$

여기서, d_c = 잔여지체.

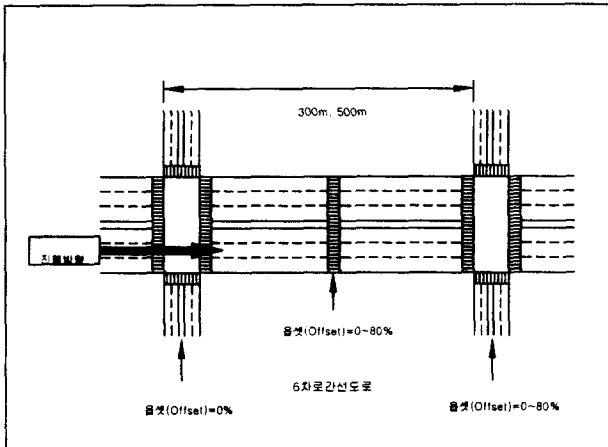
식(2)에서 새로이 나타난 잔여지체는, 1번의 신호 주기로 해당교차로를 통과하지 못한 교통에 의한 지체를 의미한다.

우리나라의 새로운 KHCM에서도 식(2)를 적용한 교차로 접근지체 산정방법을 제시할 예정으로 있다.

III. 단일로 횡단신호의 영향 분석

3.1. 시물레이션의 개요

상류부 교차로와 하류부 교차로 사이에 설치된 보행자 횡단신호가 하류부 교차로의 접근지체에 미치는 영향을 분석하기 위하여 TRANSYT-7F를 이용한 시물레이션을 수행하였다. 시물레이션 수행을 위하여 설정된 상황은 다음과 같다.



<그림 1> 분석구간 개념도

- 교차로 간의 길이 : 300m, 500m
- 주도로 : 왕복 6차로
- 부도로 : 왕복 4차로
- 단일로 횡단보도의 수 : 1개
- 횡단보도의 위치 : 교차로 사이 중간지점
- 교차로 신호운영 : 주기 120초, 4현시

	1	2	3	4
상류부 교차로	↶ ↷	← →	↶ ↷	↓ ↑
시간 (G/Y)	17/3	37/3	17/3	37/3
하류부 교차로	↶ ↷	← →	↶ ↷	↓ ↑
시간 (G/Y)	17/3	37/3	17/3	37/3

<그림 2> 교차로 신호현시

- 횡단보도 신호운영 : 주기 80초, 2현시
- 교차로 신호 offset : 0, 20, 40, 60, 80%
- 교통량/용량 (v/c) : 0.8

교통량은 v/c를 이용하여 계산하며, 용량은 '92 KHCM에 제시된 대로

$$1,800 \times (\text{차로수}) \times (\text{주기내 녹색시간비})$$

을 이용하여 계산하였다.

3.2. 시물레이션의 결과

3.2.1. 상류부 교차로와 횡단신호가 비연동인 경우

상류부 교차로의 신호와 횡단신호가 연동이 되지 않고 독립적으로 운영되는 경우에는, 교차로 사이에 횡단신호가 설치되지 않는 경우와 비교할 때 하류부 교차로의 접근지체에 미치는 영향이 거의 없는 것으로 나타났다 (표1).

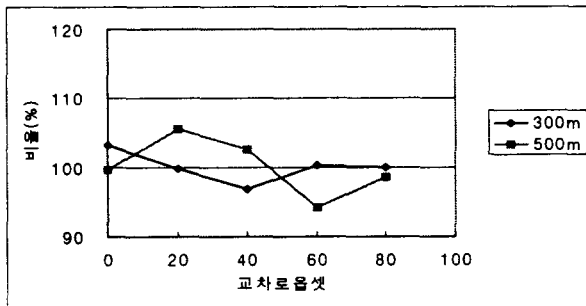
이는 횡단신호로 인한 지체증가와 하류부 교차로의 지체감소가 상쇄됨으로써 나타나는 결과로

추정된다.

따라서 단일로 상에서 1개의 횡단신호가 상류부 교차로와는 독립적으로 연동되지 않고 운영되는 경우에는 하류부 교차로에서의 접근지체 산정에 있어서 보정계수의 적용은 필요치 않다고 할 수 있다.

<표 1> 비연동 횡단신호에 따른 지체

횡단신호 offset	유	무	비율
구간거리 300m			
0%	101.0	97.8	103.3
20%	52.6	52.7	99.8
40%	49.2	50.8	96.9
60%	71.7	71.5	100.3
80%	94.8	94.8	100.0
구간거리 500m			
0%	92.3	92.7	99.6
20%	97.3	92.2	105.5
40%	57.8	56.3	102.7
60%	50.7	53.8	94.2
80%	69.8	70.8	98.6



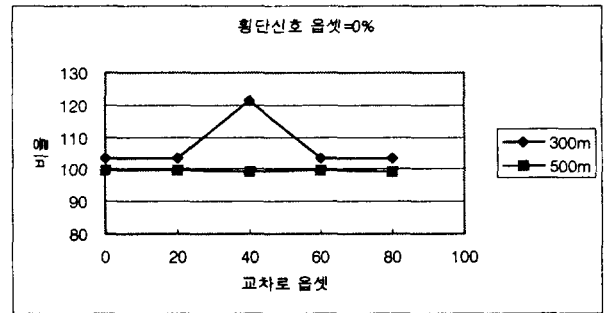
<그림 3> 교차로 접근지체 변화율 (비연동)

3.2.2. 상류부 교차로와 횡단신호가 연동인 경우

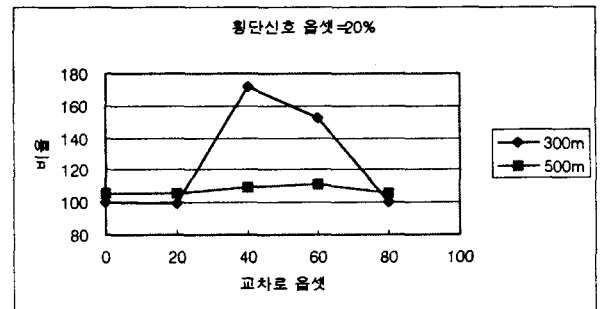
상류부 교차로와 횡단신호가 연동으로 운영되고 있는 경우에 대하여서는 offset이 0%, 20%,

40%, 60%, 80% 인 경우에 대하여 각각 시물레이션을 수행하였다.

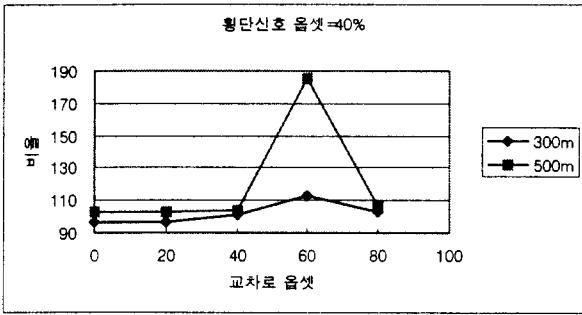
시물레이션의 결과에 의하면, 경우에 따라서는 단일로 횡단신호가 존재할 때가 횡단신호가 없을 때와 비교하여 5% 정도까지 하류부 교차로의 접근지체가 감소하는 경우도 있는 것으로 나타났으나 전반적으로 하류부 교차로의 접근지체를 증가시키는 것으로 나타났다 (그림 4-8). 접근지체가 감소하는 것은 상류부 교차로의 신호가 횡단신호와 비연동으로 운영되는 경우와 같이, 횡단신호에서 발생한 지체증가와 하류부 교차로에서 지체 감소가 상쇄를 일으킴으로써 발생할 수 있는 것이다.



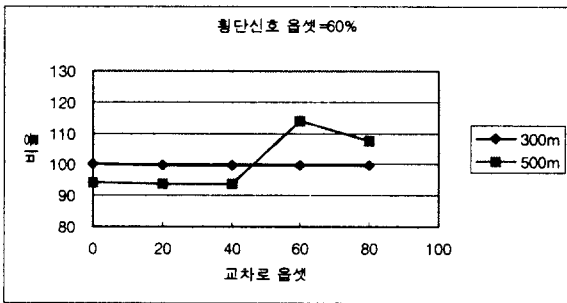
<그림 4> 교차로 접근지체 변화율 (offset=0%)



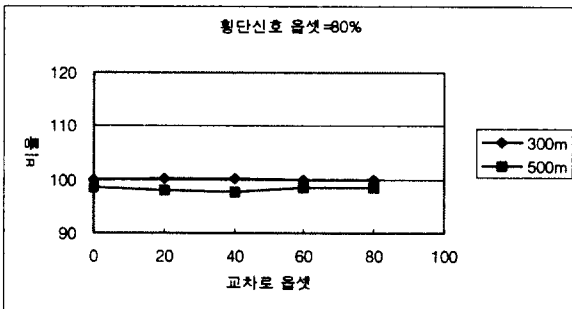
<그림 5> 교차로 접근지체 변화율 (offset=20%)



<그림 6> 교차로 접근지체 변화율 (offset=40%)



<그림 7> 교차로 접근지체 변화율 (offset=60%)



<그림 8> 교차로 접근지체 변화율 (offset=80%)

위의 결과에서 나타났듯이 단일로 횡단신호의 설치로 인하여 하류부 교차로에서의 접근지체가 감소하는 경우는 그 감소율이 최대 6.3%에 불과하나, 증가하는 경우에는 그 비율이 최대 85.8%에 이르고 있다. 또한 일반적으로는 교차로 신호간의 offset이 40% 또는 60% 일 때 지체가 크게

증가하고 있으며, 상류부 교차로 신호와 횡단신호 간의 offset은 20% 또는 40%일 경우 지체가 증가하는 것으로 나타났다.

3.3. 교차로 접근지체 산정

앞 절에서의 분석결과에 의하면 단일로 중간부에 설치된 횡단신호는 경우에 따라서 하류부 교차로의 접근지체를 80% 이상까지 증가시키는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 교차로 접근지체에 대하여 단일로 횡단신호가 미치는 영향을 고려하는 방안이 강구되어야 한다.

이를 위하여 본 연구에서는 단일로 횡단신호 보정계수를 식(2)에 추가하는 방안을 고려할 수 있다. 이 때 단일로 횡단신호에 의한 하류부 교차로 접근지체의 증가는 균일지체에 대하여서만 발생하는 것으로 하였다. 이는 앞의 분석결과에서 나타났듯이 횡단신호가 상류부 교차로와 비연동인 경우 하류부 교차로의 접근지체에 대한 영향이 거의 없고 무작위지체에 대하여서는 연동보정계수가 적용되지 않는 이유와 같다.

따라서 새로운 교차로 접근지체 산정식은 다음과 같은 형태를 나타내게 된다.

$$d = (d_u \times f_c \times PF) + d_r + d_c \quad (3)$$

여기서, f_c = 단일로 횡단신호 보정계수.

단일로 횡단신호 보정계수는, 횡단신호가 상류부 교차로 신호와 비연동인 경우에는 1.0, 연동인 경우에는 각 상황별 시물레이션 분석결과에의 평균값에 해당되는 1.1을 적용하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

IV. 결론

우리나라 도시부에서 간선도로가 통과하는 지역의 경우, 구획의 길이가 300~500m 정도 또는 이 이상이 되는 경우가 많고, 이에 따라 2개 교차로 사이에 보행자를 위한 횡단신호가 설치되는 경우가 빈번하다. 그러나 간선도로의 서비스수준 분석에 있어서 지금까지는 이와 같은 단일로 횡단신호로 인한 하류부 교차로의 접근지체에 대한 영향은 고려되지 않았으며, 이로 인하여 간선도로의 운영상태 분석결과가 현실과 차이를 보이는 경우가 발생하기도 하였다.

본 연구에서는 이와 같은 문제점을 해결할 수 있는 방안으로서, TRANSYT-7F를 이용한 시물레이션 작업을 통하여 단일로 횡단신호로 인한 교차로 접근지체의 영향을 분석하고, 교차로 접근지체 산정시 적용할 수 있는 보정계수를 제시하였다.

본 연구의 결과에 의하면, 단일로 횡단신호가 1개일 때, 횡단신호가 상류부 교차로 신호와 비연동으로 운영되는 경우에는 횡단신호로 인한 하류부 교차로 접근지체에 대한 영향은 거의 없는 것으로 분석되었으며, 횡단신호가 상류부 교차로 신호와 연동으로 운영되는 경우에는 교차로 신호간의 offset, 교차로간의 거리, 상류부 교차로 신호와 횡단신호간의 offset 등에 따라 하류부 교차로 접근지체에 상당한 영향을 미치며, 평균적으로 10% 정도의 접근지체 증가를 가져오는 것으로 분석되었다.

그러나 본 연구의 결과만으로는 새로운 KHCM 상에서 필요로 하는 수준의 단일로 횡단신호 보정계수를 제시하고 있다고 할 수는 없다. 본 연구의 목적은 새로운 KHCM에 적용될 수 있는 완전한 단일로 횡단신호 보정계수를 제시하는 것이 아니라, 단일로 횡단신호 보정계수를 산정할 수 있는 방법론을 제시하는 것이다. 따라서 가장 우선적으로는 교차로 간의 거리를 1km~3km 까지 확대하여 분석하는 작업이 필요하

며, 단일로 상의 횡단신호가 2개 이상 존재하는 경우에 대한 분석도 추가적으로 요구된다.