

□ 論 文 □

양방향 2차로 추월금지구간에서의 지체시간산정모형 개발

Development of a Platoon Delay Estimation Model
for No-Overtaking Zone on the Two-Lane Highway

황 경 수

(제주대학교 관광개발학과 강사)

최 재 성

(서울시립대학교 도시공학과 교수)

목 차

- I. 서론
- II. 기존 문헌연구
- III. 모형개발
 - 1. 모형의 전제조건
 - 2. 모형의 유도
- IV. 모형의 검정
 - 1. 검정과 분석을 위한 현장조사
 - 2. Morrall의 저속주행차량모형과의 비교
- V. 민감도분석
 - 1. 교통량에 대한 민감도분석
 - 2. 속도의 분산에 대한 민감도분석
 - 3. 산정거리에 대한 민감도분석
- VI. 결론
- 참고문헌

요 약

양방향 2차로에서 지체는 교통사고유발이나 운전자에게 심리적 부담을 주는 중요한 문제이다. 그러나 이 지체현상 중 지체시간산정에 대한 연구는 많지 않다. 본 연구에서는 일반적으로 사용할 수 있는 지체시간산정모형(PDEM)을 개발했다. 우선적으로 감가속이 일어나지 않은 곡선부에 적용할 수 있는 모형을 고려했다. 검증은 기존에 제시되었던 Morrall모형, TWOPAS모형과 비교하여 개선한 효과를 제시하는 방법과 모형의 변수들을 변화시킬 때 모형의 값이 합리적으로 변하는지를 살펴보는 민감도분석방법을 이용했다.

본 연구에서 개발한 모형에 덧붙여 앞으로 연구해야 할 과제는 감가속과 추월을 고려한 경우의 모형개발과 본 모형에서 계산한 값을 서비스수준지표로 사용하는 방법에 대한 모색이다.

I. 서론

우리나라 양방향 2차로는 포장도로 전체연장의 84%에 달하고 있다(건설교통부, 1995). 그리고 경찰청의 교통사고통계(1995)에 따르면 도로 폭 9m이하의 도로에서의 사고가 전체 교통사고(9,138)의 69%로써 6,243건을 차지하고 있다(경찰청, 1995). 우리나라 2차로의 대부분은 안전을 이유로 추월금지구간으로 지정되어 있다. 이러한 상황임에도 불구하고 2차로에서의 교통사고의 원인을 제공하는 교통류를 지체현상과 지체시간에 초점을 맞추어서 연구한 경우는 많지 않은 실정이다.

본 연구의 목적은 추월이 금지된 2차로에서 지체시간을 산정하는 모형을 구축하고 이를 검증하는 것이다. 대부분 추월금지구간으로 구성되어 있는 우리나라 2차로의 지체현상을 지체시간으로 파악하여, 지체시간을 교통정책의 지표로 사용함으로써 지체해소와 설계에 효율적으로 사용할 수 있도록 하려는 필요성에 의해 연구하게 되었다.

모형은 우리나라에 실질적인 적용을 위해서 추월금지구간에서의 지체시간을 산정하는 것으로 설정했고, 가속이나 감속이 크게 일어나지 않으면서 추월이 금지되어 있고, 실질적으로도 추월이 많이 일어나지 않는 곡선부구간을 대상으로 하고 있다.

II. 기존 문헌연구

지체시간과 관련된 연구는 크게 세가지 측면에서 연구되고 있다. 첫째는 도로의 운영이나 계획에 기준이 되는 용량산정과 관련된 분야이다. 미국의 HCM(1994)은 지체시간을 산정하기가 어렵고, 직접 조사하는 것이 거의 불가능하

다는 이유 때문에 지체차량비를 지체시간의 대체개념으로 보고 있다. 호주의 경우도 마찬가지이다. 호주의 Hoban에 따르면 지체시간비율값이 지체차량비율개념보다는 지체상태를 보다 잘 설명하고 있다고 주장하지만(Hoban, 1984) 지체시간을 지표로 사용하지 못하고 지체차량비율을 사용하는 것은 미국의 경우와 같다. 특히 한국의 용량편람에서는 지체시간비를 서비스수준을 제시하는 지표로 전혀 사용하지 않고 있으며, 지체차량비를 지체의 기본적인 개념으로 사용하고 있는 실정이다(건설부, 1992).

둘째는 도로상에서 나타나는 여러가지 교통류의 특성을 분석하기 위한 컴퓨터시뮬레이션 모형과 관련된 분야이다. 2차로분야에서도 각종 도로정책의 평가나 계획에 사용하기 위해서 시뮬레이션 모형이 부분적으로 사용되고 있다. 2차로도로의 교통류분석을 위해 주로 사용되고 있는 컴퓨터시뮬레이션 모형은 미국의 Midwest Research Institute에 의해 개발된 TWOPAS와 호주의 ARRB에 의해 개발된 TRARR, 이 외에도 North Carolina State University의 Wu Shie-Shin박사에 의해 1980년에 개발된 SOVT, 스웨덴 Nation Road and Traffic Research Institute에서 1977년에 개발한 VTI모형이 있다.

TWOPAS모형은 입력구조에서 교통량과 희망속도의 표준편차, 시간 등 총량적인 개념을 사용하게 됨으로써, 현장에서 구체적으로 얻게 되는 차량간의 차두간격 등은 반영하지 못한다. 그리고 차량 한대당 평균지체의 값은 계산되지만 각각의 차량군에 대한 지체값은 계산하기 어려운 단점을 내포하고 있다. TRARR모형은 지체시간관련지표로써 지체시간비율만 제시되고 있을 뿐 지체시간내에 값을 제시하지 못하고 있다.

셋째로 지체시간관련된 현상을 수학적 모형을 통해서 설명하려는 분야이다. 지체시간을 연

구한 수학적 모형은 차량군에 대한 연구, 추월 구간에서의 차량군과 추월에 대한 연구, 추월금지 구간에서의 지체시간에 대한 연구가 있으나 본 연구와 특히 관련이 깊은 추월금지 구간에서의 지체시간을 계산하는 Morrall의 Slow Moving Vehicle 모형과 최재성의 No-Overtaking Model 모형을 중심으로 살펴보고자 한다. Morrall은 차량군은 저속차량 한대와 그 뒤를 따르는 자유차량으로 구성된다고 가정하고 있다(Morrall, 1992). 저속차량 뒤를 따르는 차량들은 일정한 속도로 주행하며, 이 자유차량들의 속도는 저속차량의 속도와 같거나 더 높다고 가정하고 있다. 이러한 가정하에 지체시간을 구하는 식을 제시하고 있다. 길이 d의 구간에서 저속차량의 통행으로부터 발생하는 총지체 TD는 다음과 같다.

$$TD = KN_a + \sum_{i=1}^{N_f} \left[\frac{(i-1)L}{V_f} - t_i \right] \quad (2-1)$$

여기서, N_a : 차량군을 이루는 차량의 수

K : $C \cdot dV_s$

C : 속도감소율 = $(V_f - V_s)/V_f$

t_i : i번째 차량의 도착시간

V_s : 선두차량(저속차량)의 속도

V_f : 자유차량들의 평균속도

L : 평균차두간격

최재성의 모형은 저속차량이 두대일 경우 지체시간을 계산하는 데 적용할 수 있는 모형이다(Choi, 1996). 이 모형은 Morrall이 제시한 모형의 가정에서 저속차량 뒤를 따르는 차량들의 속도는 일정한 것으로 보는 문제와 저속차량은 선두차량만이 저속차량이라는 제약을 해결하기 위한 맥락에서 유도되었다.

따라서 저속차량 뒤를 따르는 자유차량의 속도는 다르며 선두차량의 속도가 가장 낮고, 그

다음은 저속차량, 자유차량 순으로 속도가 높다고 가정하고 있다.

모형은 다음과 같은 절차를 통해서 만들어지고 있다.

- ① 선두차량이 시작점을 통과한 시각을 0으로 한다.
- ② 저속차량 S가 출발점 P를 출발한 후 t 단위시간 후에 차량 y가 출발하고 저속차량 S와 차량 y사이에 (m-1)대의 차량이 있는 경우 차량 y가 저속차량 S의 영향을 받기 시작하는 시간을 t_c 라 하면 (단 $t < b$, b는 저속차량 S가 거리 d를 통과하는데 걸리는 시간을 의미)

$$(t_c - t)v_f = t_c v_v - mL \text{ 이다.}$$

여기에서, v_f : 자유차량의 속도

v_v : 저속차량속도

m : 차량의 수

L : 차량 한 대당 평균차두길이

따라서,

$$t_c = \frac{tv_f - mL}{v_f - v_v} \quad (2-2)$$

차량 y가 출발점 P에서 도착점 R까지 갈 때 실제로 걸린 시간은

$$t_y = \frac{d - t_c v_v}{v_v} + \frac{t_c v_v}{v_f} \quad (2-3)$$

여기에서, d : 출발점 P에서 도착점 R까지의 거리
이상적인 상태에서 걸린 시간은

$$t_{y0} = \frac{d}{v_f} \quad (2-4)$$

따라서 지체된 시간은

$$D_{i,m}(y) = t_y - t_{y0} = d \left(\frac{1}{v_v} - \frac{1}{v_f} \right) \cdot t + \frac{mL}{v_f} \quad (2-5)$$

이러한 개념하에서 총 지체시간을 구하고 있다.

III. 모형개발

1. 모형의 전제조건

본 연구에서는 기존연구와는 달리 저속차량이 n대가 있을 경우 총지체는 어떻게 나타나는지를 나타낼 수 있는 차량군지체시간산정모형(PDEM:Platoon Delay Estimation Model)을 개발했다.

본 연구에서 개발한 모형의 가정이 앞의 두 모형과 다른 가정은 다음과 같다.

- 저속차량이 n대가 있으며 이 들은 모두 속도가 다르다는 것을 가정하고 있다.
- 선두차량을 뒤따르는 차량들은 순서대로 선두차량을 뒤따르지 않고 저속차량들과 먼저 차량군을 이루며 최종적인 차량군은 이 차량군들이 합으로 나타난다. 따라서 저속차량들의 속도에 의해서 최종적인 차량군의 총지체는 다르게 나타난다.
- 모든 차량들은 초기의 속도로 달리기를 희망하는 것을 가정하고 있으며, 따라서 교통량이 많더라도 정지한 상태는 없는 것으로 가정하고 있다.

본 연구에서 가정하고 있는 내용을 모형의 유도를 위해서 다시 정리하면 다음과 같다.

- ① 단위시간당 교통량은 Q이다. 단위시간당 차량이 도착할 확률은 포아송분포를 따른다.
- ② 차량 한대당 평균 차두거리는 L이다. 지

체로 인해 차량군이 형성된 상황을 설정한 것이다.

- ③ 시작점과 종점은 각각 P, R로 표시되며 그 거리는 d이다.
- ④ 선두차량이 시작점을 통과한 시각을 0으로 한다.
- ⑤ 저속차량들 사이에는 자유차량이 있을 수 있으며 저속차량들과 자유차량들이 하나의 차량군을 이루더라도 정지하지 않고 계속 운행한다.
- ⑥ 차량군을 이루는 차량들은 선두차량의 영향을 받는다.
- ⑦ 차량군을 이루는 저속차량들을 제외한 일반차량들의 속도는 지체차량을 만나기 전까지는 구간내에서 일정하게 유지되며 이는 저속차량의 속도보다 빠르다.

2. 모형의 유도

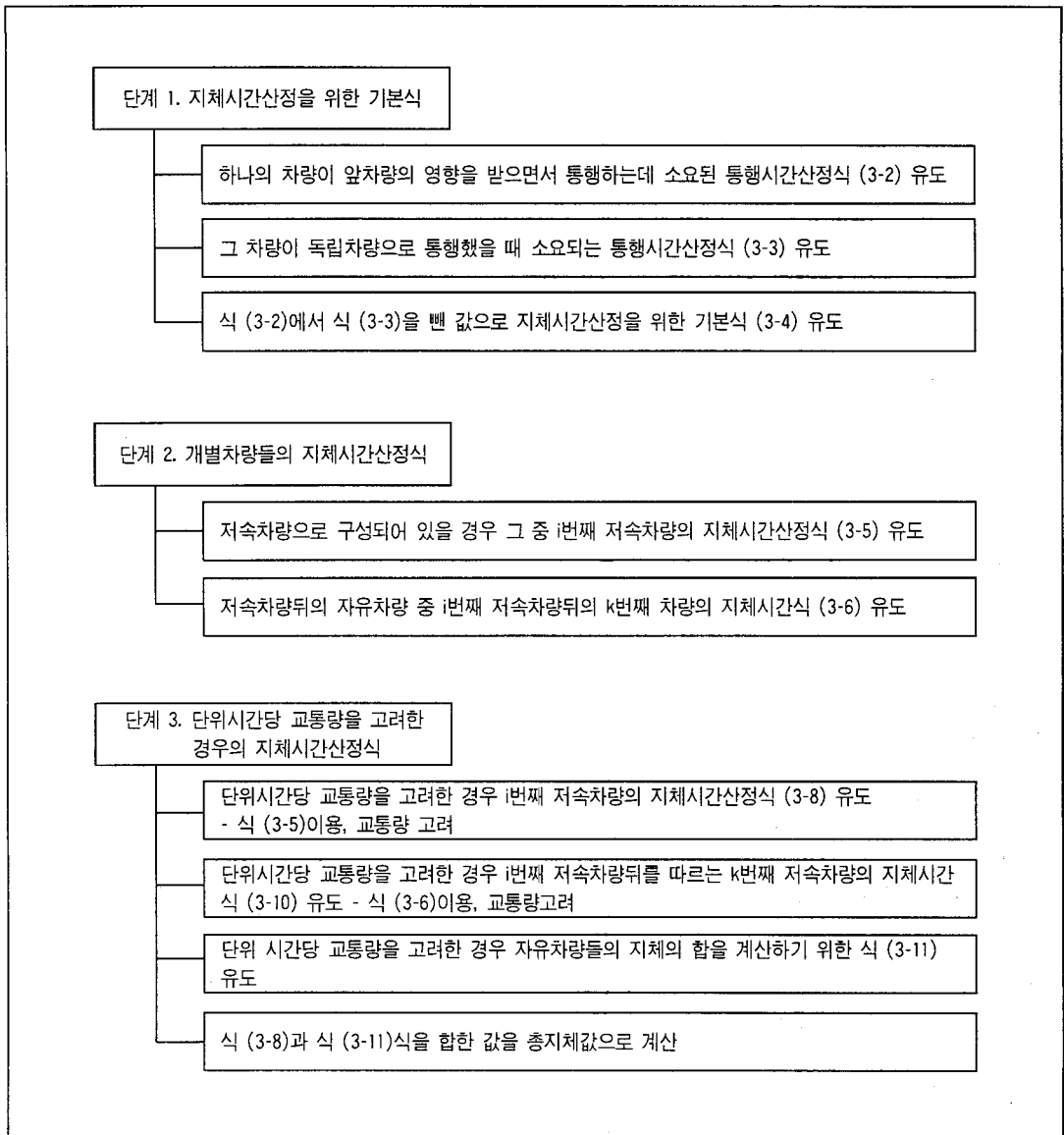
1) 모형의 구조

본 연구에서 개발한 모형은 크게 3단계를 통해서 만들어졌다.

첫째, 지체시간산정을 위한 기본식 둘째, 개별차량들의 지체시간산정식 셋째, 단위시간당 교통량을 고려한 경우의 지체시간산정식개발과 정이다. 이러한 3단계는 <그림 3-1>과 같다.

2) 지체시간산정을 위한 기본식

양방향 2차로도로에서 일반적인 차량군은 다음 <그림 3-2>에서와 같이 나타난다. 차량군은 저속차량과 저속차량사이에서 통행하는 자유차량으로 구성된다. T_1, T_2, \dots, T_n 은 저속차량을 의미하며, 이 차량들의 시작점을 각각 t_1, t_2, \dots, t_n ($t_1 < t_2 < \dots < t_n$)으로 출발한다. 그때 차량들은 v_1, v_2, \dots, v_n ($v_1 < v_2 < \dots < v_n$)으로 시작점을 통과한다. 그리고 산정거리는 앞



<그림 3-1> PDEM모형의 구조

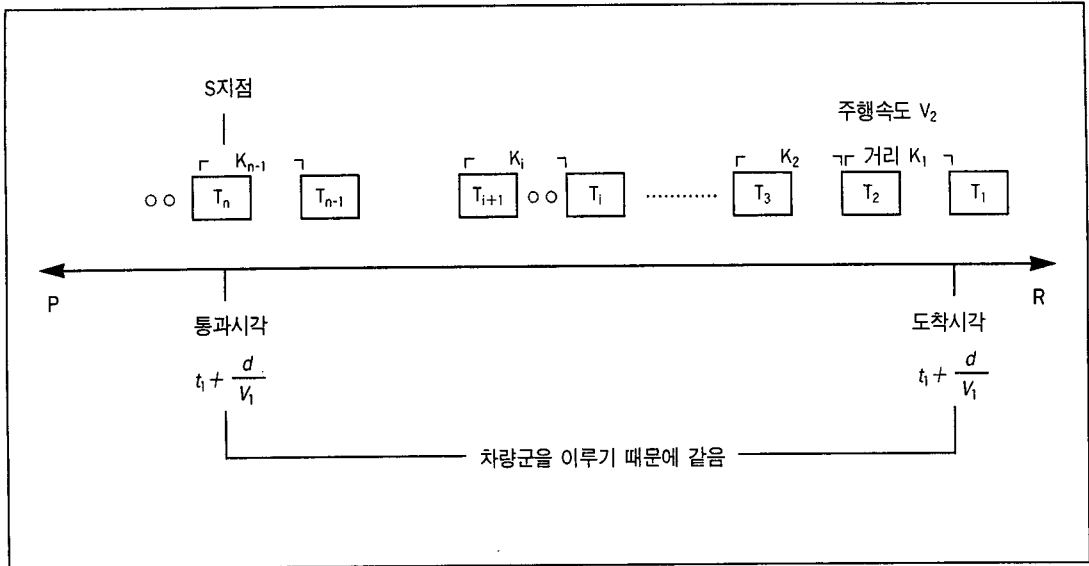
의 가정 ③에서와 같이 d 이다. 차량들이 차량군을 이루더라도 추월은 하지 않고, 차량군을 이루다가 차량군 중 일부가 종점을 통과하면, 그때 종점을 통과한 차량은 그 차량이 종점을 통과한 후에 차량군 후미로 따라붙는 차량에 대해 영향을 미치지 못하게 된다. 이러한 차량군

에서 선두차량이 종점에 도착하는 시각은

$$T_1 \text{이 R에 도착하는 시각} = t_1 + \frac{d}{v_1} \quad (3-1)$$

이 된다.

그리고 차량군을 이루고 있는 차량들이기 때문에 선두차량이 종점에 도착하는 순간 마지막



〈그림 3-2〉 차량군의 형태

에 따라 붙은 저속차량이 S지점을 통과한다면 그 때 시각은 〈그림 3-2〉에서 처럼

$$t_1 + \frac{d}{v_1} \text{ 가 된다.}$$

차량들은 앞차를 따라붙게 될 때까지는 원래의 속도로 통행한다. 즉 K_1 동안은 속도 v_2 로, 거리 K_2 동안은 속도 v_3 로, ..., 거리 K_{n-1} 은 속도 v_n 으로 이동한다. 따라서 마지막 저속차량이 차량군을 이룬 후 도착점까지 소요되는 시간은

$$\frac{K_1}{v_2} + \dots + \frac{K_{n-1}}{v_n} \text{ 이 된다. 따라서 } T_n \text{의 종점}$$

에 도착하는 시각은

$$\left(\frac{d}{v_1} + t_1 \right) \frac{K_1}{v_2} + \dots + \frac{K_{n-1}}{v_n} \quad (3-2)$$

이 된다. 그리고 마지막 저속차량이 독립차량으로 이동한다면 그 때 종점에 도착하는 시각은

$$t_n + \frac{d}{v_n} \quad (3-3)$$

이므로 저속차량 T_n 의 지체시간은 식 (3-2)에

서 (3-3)을 뺀 값

$$d \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_n} \right) + \frac{K_1}{v_2} + \dots + \frac{K_{n-1}}{v_n} - (t_n - t_1) \quad (3-4)$$

이다.

3) 개별차량들의 지체시간산정식

(1) 저속차량의 지체시간

여러대의 저속차량이 있을 때, 그 중 한대의 저속차량의 지체시간은 앞에서 제시한 지체시간 산정을 위한 기본식을 이용하여 구할 수 있다.

저속차량 T_i 의 지체시간은 기본식 (3-4)에서 $t_1 = 0$, $K_i = kL$ 인 경우이므로, 식 (3-4)에 t_1 에는 0을, K_i 에는 kL 값을 넣어 변형시킴으로써 구할 수 있다. 따라서 저속차량 i 번째 지체시간

$$D(T_i) = d \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_i} \right) - t_i + \left(\frac{k_{i-1}}{v_i} + \dots + \frac{k_1}{v_2} \right) L \quad (3-5)$$

이다.

(2) 저속차량사이 자유차량의 지체시간

저속차량들 사이의 자유차량들은 별도의 계산과정을 통해서 구하게 된다.

자유차량 T가 시간 $t_i < t \leq t_{i+1}$ 에 시작점을 통과하고, 자유차량 T와 저속차량 T_i 사이 k-1대의 차가 있는 경우, 기본식 (3-4) 조건에 다음의 조건을 덧붙여 계산할 수 있다. 즉 $t_1=0$, $K_i = k_i L (1 \leq i \leq n-1)$, $K_n = k_n L$, $v_j = v$ (v_j 는 저속차량 사이의 일반자유차량)인 조건을 기본식 (3-4)에 대입하여 풀면 저속차량 T_i 뒤를 따르는 k번째 차량의 지체시간

$$D(i,k) = d \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v} \right) \cdot t + \left(\frac{k}{v} + \frac{k_{i-1}}{v_i} + \dots + \frac{k_1}{v_2} \right) \quad (3-6)$$

이다.

4) 단위시간당 교통량을 고려한 경우의 지체

시간산정식

시간적으로 지체를 겪는 자유차량이 균등한 시간간격으로 시작점 P를 통과한다고 가정하면, 즉 단위시간당 교통량 Q를 고려하면 일정기간에 들어오는 차량의 수

$$k_i = Q(t_{i+1} - t_i) \quad (3-7)$$

과 같이 나타낼 수 있다. 이를 식 (3-5)에 대입하여 풀면 저속차량 개개의 지체시간을 구할 수 있게 된다. 따라서 저속차량의 지체시간

$$D(T_i) = d \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_i} \right) + \left(\frac{t_2 - t_1}{v_2} + \dots + \frac{t_i - t_{i-1}}{v_i} \right) QL - t_i \quad (3-8)$$

이고, 저속차량 T_2, \dots, T_n 의 지체시간의 합은

$$D_0 = \sum_{i=2}^n D(T_i) \quad (3-9)$$

이다. 또 시간 $t(t_i < t < t_{i+1})$ 에 시작점을 통과하는 자유차량도 저속차량 T_i 로 부터 뒤로 $(t-t_i)Q$ 번째 차이다.

이를 다시 쓰면 $k=(t-t_i)Q$ 이 되고 $t=t_i + \frac{k}{Q}$ 이므로 이 두 개의 조건을 식 (3-6)에 대입하면 저속차량 T_i 뒤를 따르는 k번째의 자유차량의 지체시간은

$$D(i,k) = d \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v} \right) \cdot \left(t_i + \frac{k}{Q} \right) + \frac{k}{v} L + \left(\frac{t_2 - t_1}{v_2} + \dots + \frac{t_i - t_{i-1}}{v_i} \right) QL \quad (3-10)$$

이 된다. 이 식을 변형하여 저속차량과 저속차량사이의 자유차량의 지체시간을 구할 수 있다. 시간 t_i 와 t_i 이후의 자유차량 중 마지막 자유차량 f_i 사이 $(f_i - t_i)Q$ 대의 차가 시작점을 통과하므로 시간 t_i 와 f_i 사이에서 시작점을 통과한 모든 차의 지체시간의 합을 D_i 라 하면

$$D_i = \left[\frac{d}{v_1} - \frac{d}{v} + \left(\frac{t_2 - t_1}{v_2} + \dots + \frac{t_i - t_{i-1}}{v_i} \right) QL - t_i \right] Q(f_i - t_i) + \frac{1}{2} \left(\frac{QL}{v} - 1 \right) (f_i - t_i) (Q f_i - Q t_i + 1) \quad (3-11)$$

이다. 따라서 총지체시간은 식 (3-9), (3-11)의 값을 합한 $\sum_{i=0}^n D_i$ 이다.

IV. 모형의 검정

본 논문에서 개발한 지체시간산정모형이 기존의 모형과 비교할 때 개선효과가 있는지를 검정하기 위해 기존의 모형값과 비교하는 방법을 사용했다.

1. 검정과 분석을 위한 현장조사

모형의 검정과 분석을 위해서 현장조사를 실

시켰다. 본 장에서 실시하는 검정에 일차적으로 사용되고, 다음 장의 민감도분석에서 2차적으로 사용된다.

본 연구에서 조사지점을 정하기 위해서 다음과 같은 절차를 따랐다. 첫째, 건설교통부의 「94 도로교통량통계연보」(1995)를 이용하여 분석하기에 충분한 교통량이 발생하는 곳을 파악했다. 둘째, 첫째 단계에서 설정된 곳 중 경기도, 강원도, 충청남북도 일대에 있는 지점을 직접 답사했다.

셋째, 답사한 지점 중에서 본 연구가 추월금지 구간을 전제로 하고 있기때문에 추월금지구간 이면서 많은 가속이 일어나지 않는 평지이면서 곡선구간인 곳으로 선정했다.

조사지점으로 선정된 세 곳은 행정구역상으로는 모두 경기도에 위치하지만 경기도의 최북단, 강원도와 충청남도의 경계지역에 위치하고 있다.

그리고 현장조사지점의 도로특성은 <표 4-1>와 같다.

<표 4-1> 현장조사지점의 특성

도로 구분	지점	94년 교통량 (대/일/양방향)	추월 여부	차량길이L(m)* 비율(%)	차선평 (m)	길이개폭(m), 길이개포장	조사일시
지방도 350호선	주내 -만송리	20,416대	금지	①27.9 ②43.8 ③17.8 ④6.9 ⑤3.3 ⑥0.3	3.5	2.5 비포장	1996. 5.25 - 5.26 1996.11. 6 - 11. 7
지방도 310호선	교하리 -일산	12,674대	금지	①28.2 ②39.1 ③14.0 ④10.8 ⑤7.8 ⑥0.2	3.1	0.5 비포장	1996. 5.25 - 5.26 1996.10.16 - 10.17
국도 38호선	평택 -안중	19,271대	금지	①30.6 ②41.1 ③15.0 ④6.7 ⑤6.2 ⑥0.4	3.1	1 비포장	1996. 5.25 - 5.26

주 : * 차량길이는 다음과 같이 분류한다.

- ① 4.52m(승용차, 소형버스, 소형트럭) ② 6.10m(보통트럭) ③ 8.74m(대형트럭) ④ 10.77m(보통버스) ⑤ 18.31m(트레일러)
- ⑥ 18.31m이상. 이 차량길이분류는 건설부, 「도로용량편람」, 1992, p.53의 <표 2-8> 차종별 차량제원의 내용을 따름

2. Morrall의 저속주행차량모형과의 비교

본 절에서는 본 연구에서 개발한 모형이 기존에 개발한 모형과 비교했을 때 개선된 효과가 어느 정도인가를 살펴보고자 한다. 기존에 개발한 모형으로는 Morrall모형과 TWOPAS모형을 선택했다. Morrall모형은 추월금지구간에서 지체시간을 산정하는 모형으로써 세계적으로 알려져 있기 때문이다. 그리고 TWOPAS모형을 선택한 이유는 세가지로 제시할 수 있다. 첫째, 현장지체값을 이용해야하지만 현장상황을 필요한 조건으로 조작할 수 없기 때문이다. 둘째, TWOPAS

모형의 경우는 TRARR모형과는 달리 평균지체로 지체시간을 산정하고 있어서 본 연구에서 개발한 모형의 평균지체값과 비교하기 용이하기 때문이다. 셋째, TWOPAS와 다른 모형들을 비교했을 때 2차로의 시뮬레이션모형으로써 TWOPAS모형이 다른 모형들 보다 현장조건을 반영하는 측면, 현장설명과 그 결과들이 바람직하게 산출되는 측면에서 우월하다고 알려져 있기 때문이다 (한국건설기술연구원, 1990).

1) 입력자료

타 모형과의 비교를 통한 검정은 주로 교통

량이 변할 때 각 모형을 통한 지체값들이 어떻게 변하는지를 살펴보는 것이다. 따라서 교통량이 주된 변수가 된다. 교통량은 주내→만송구간에서 오전 7시부터 8시까지 조사된 978대(대/시/일방향)의 교통량을 이용했다. 이 교통량을 이용하여 차두간격을 같은 비율로 조정하여 300대(대/시/일방향)에서부터 1000대(대/시/일방향)의 교통량을 만들어내었다. 이 자료를 Morrall의 SMV모형과 본 연구에서 개발한 PDEM모형의 입력자료로 사용했으며, TWOPAS모형에서는 총량적인 자료를 요구하기 때문에 각각 300대(대/시/일방향)부터 1000대(대/시/일방향)까지 지정해주었다. 산정거리는 2km로 정했고 교통량을 변화시키면서 분석했다.

2) TWOPAS모형의 입력자료조정

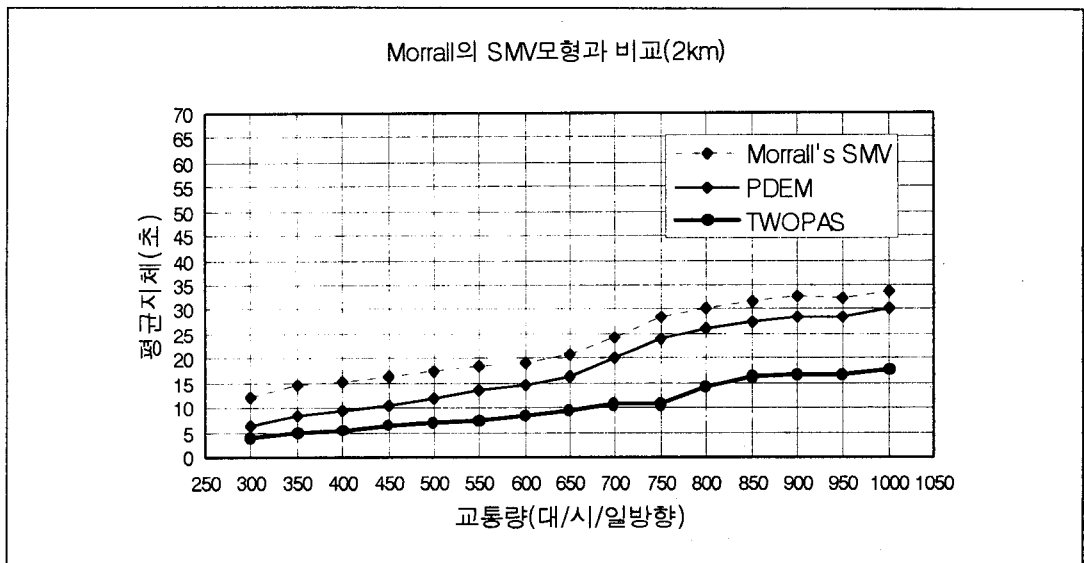
TWOPAS모형을 사용하기 위한 입력자료는 본 모형에서 가정하고 있는 내용과 일치시키기 위한 조건으로 조정했다. 구조적으로 조정하기

어려운 변수들, 예를들면 차종별 감가속특성 등은 한국건설기술연구원에서 우리나라의 2차로 분석에 적용했던 특성들을 받아들여 사용했다(한국건설기술연구원, 1994). 입력변수별 내용 중 비교분석을 위해서 가정한 내용을 보면 다음과 같다.

시뮬레이션시간으로는 1시간을 정했다. 그리고 13개의 차종이 차지하는 비중과 특성, 운전자 10가지 유형에 따른 위험을 감수하는 특성 등은 한국건설기술연구원의 기준을 사용했다. 모든 구간을 추월금지구간으로 정했다. 난수의 값에 따라 지체시간이 조금씩 다르게 나타나므로 모든 분석을 난수를 바꾸면서 4회를 시행하고, 그 값의 평균을 최종적인 TWOPAS모형의 값으로 제시했다.

3) Morrall모형과 비교

분석결과 차량 한 대당 겪게되는 평균지체값의 변화는 <그림 4-1>에 나타나 있다.



<그림 4-1> Morrall모형과 PDEM모형, TWOPAS모형의 평균지체값 비교

주 : Morrall모형의 값이란 Morrall의 저속차량모형의 값을 의미하며, PDEM모형의 값이란 본 연구에서 개발한 모형의 값을 의미하며, TWOPAS모형의 값이란 TWOPAS모형을 통해 계산된 값을 의미한다.

〈그림 4-1〉에서처럼 Morrall모형값이 본 연구에서 개발한 모형값보다 전체구간에서 약 5초 정도 크게 나타나고 있다. PDEM모형의 값이 Morrall모형의 값보다 TWOPAS에 5초정도 더 가깝게 나타나고 있다는 것은 본 모형이 개선한 효과이다. 이 차이는 Morrall모형이 차량군내 차량들이 어느차의 영향을 먼저 받는지를 고려하지 못하고 있으며, 차량군내에도 저속차량이 포함되어 있음에도 불구하고, 차량군내에는 저속차량이 없고, 선두차량을 제외한 모든 차량은 자유차량이며, 이 자유차량의 평균속도를 이용하여 계산하고 있고, 차량군내에 있는 저속차량을 자유차량의 개념으로 파악하고 있기 때문인 것으로 추정된다.

그리고 Morrall모형값과 본 연구에서 개발한 모형값이 비슷한 경향을 보이고 있는 것은 Morrall의 연구의 경우 차량군검색과정을 위한 식을 제시하지 않고 있어서 본 연구에서 개발한 차량군검색을 위한 식을 같이 적용되었기 때문이다.

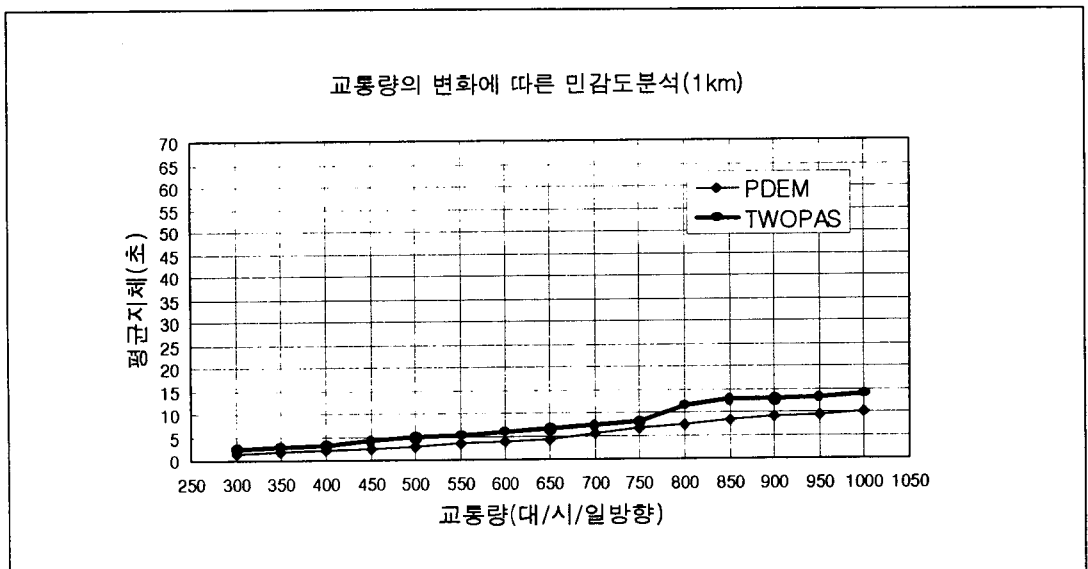
V. 민감도분석

민감도분석에서는 평균지체값이 산정거리를 변화시켰을 경우, 속도의 분산을 변화시켰을 경우, 교통량을 변화시켰을 경우에 어떠한 감도로 움직이는지를 살펴보고, 그 변화내용이 TWOPAS모형에서의 변화값과 비교함으로써 모형을 통한 지체값이 합리적으로 변하는지를 살펴보았다.

민감도분석의 경우도 현장지체값을 사용해서 PDEM모형의 값과 비교해야 하나, 현장상황을 조작하기 어려워 TWOPAS모형값과 비교하는 방법을 택했다.

1. 교통량에 대한 민감도분석

교통량의 변화에 따른 민감도분석은 주내-만송구간에서 1996년 5월 25일 오전 7시부터 오전 8시까지 조사된 978대(대/시/일방향)의 교통량을 사용했다. 그리고 산정구간을 1km, 2km, 3km로 증가시킬 경우에 평균지체값이



〈그림 4-2〉 교통량의 변화에 따른 민감도분석 (1km)

어떻게 변화는지를 교차분석했다.

지체값의 변화는 <그림 4-2>, <그림 4-3>, <그림 4-4>에 나타나고 있다.

교통량의 변화에 따른 민감도분석을 실시한 결과 두 모형에서 모두 교통량을 증가시킬 경우 그리고 산정거리를 동시에 증가시킬 경우, 두 모형의 값은 모두 일정한 경향으로 증가하는 형태를 보이고 있다. 따라서 PDEM모형은 교통량의 변화를 잘 반영하고 있는 것으로 추정된다.

교통량의 변화에 따른 민감도분석 중 산정거리 1km로 할 경우 본 연구에서 개발한 모형의 평균지체값이 TWOPAS모형보다 작게 나타나고 산정거리를 증가시킬 경우 TWOPAS 모형의 평균지체값보다 크게 나타나는 이유는 본 연구의 모형에서 가정했던 모든 차량들은 감속이 없이 처음의 속도를 유지하려한다는 가정이 1km정도까지는 기하구조에 의해서 TWOPAS에서도 어느 정도 지켜지지만 산정거리가 증가하면서 TWOPAS모형에서는 앞차와의 관계 등에 의해서 감속이 일어나게 되

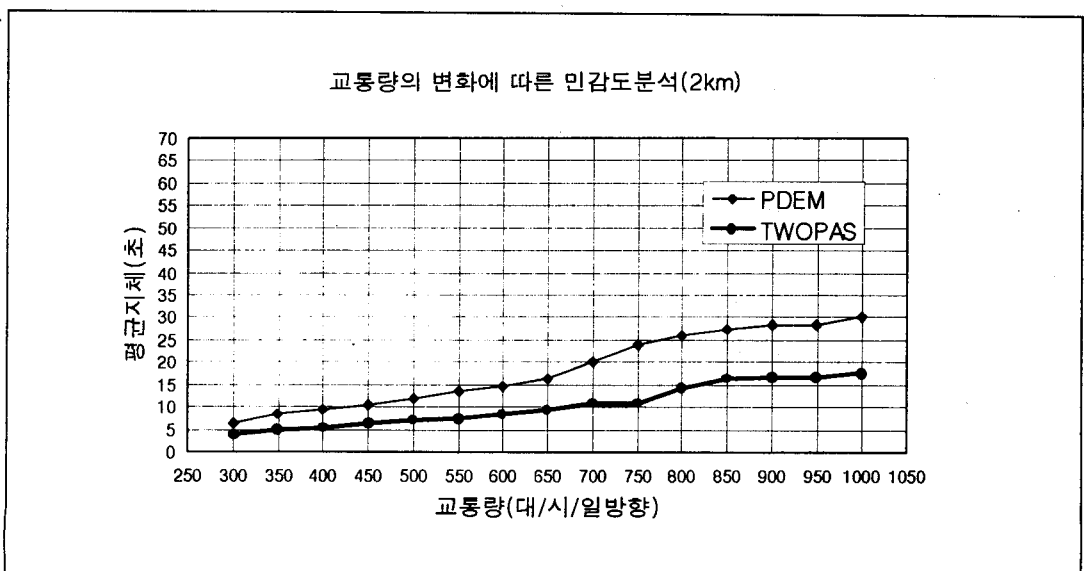
어 처음속도로 통행하려 한다는 가정이 지켜지지 않기 때문이다.

· 즉 감속이 일어날 경우 차량군의 선두차량이 속도가 변화하면서 지체값은 다소 적게 나타나게 되며, TWOPAS모형에서는 운행거리가 증가해짐에 따라 차량들이 앞차와 뒷차와의 영향을 받으면서 감속이 일어나는 것으로 설정하고 있기 때문이라 할 수 있다.

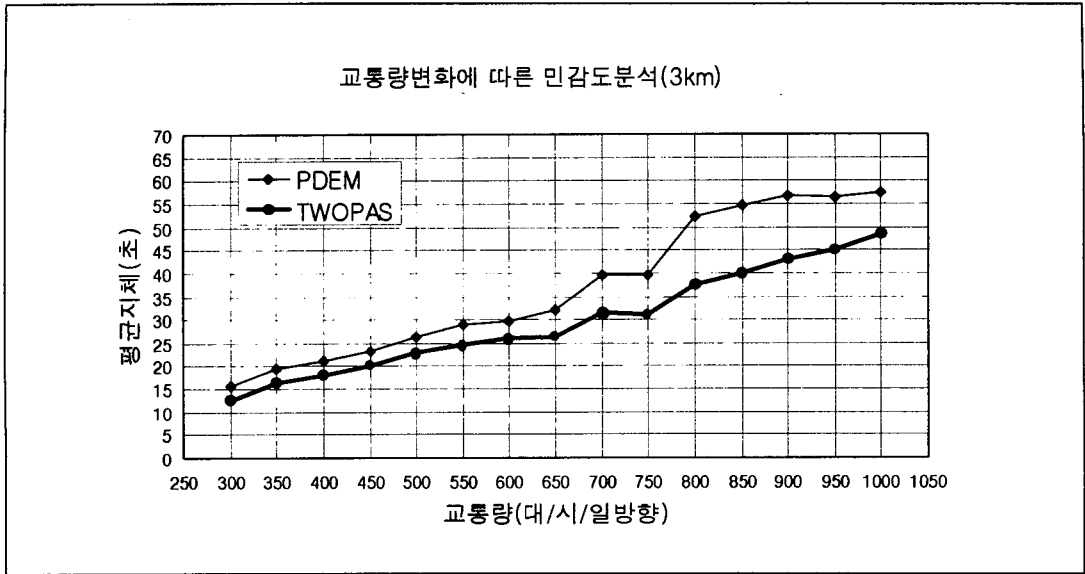
그리고 이와 같은 감속현상은 교통량이 적을 때보다 교통량이 많을 때 그 정도가 크다. 교통량이 많아지면서 고려하게될 앞차와 뒷차와의 영향이 더 많아지기 때문이다. 이러한 이유 때문에 교통량이 적을 때는 본 연구에서 개발한 모형의 값과 TWOPAS모형의 값이 차이가 적다가 교통량이 증가하면서 크게 나타나고 있다.

2. 속도의 분산에 대한 민감도분석

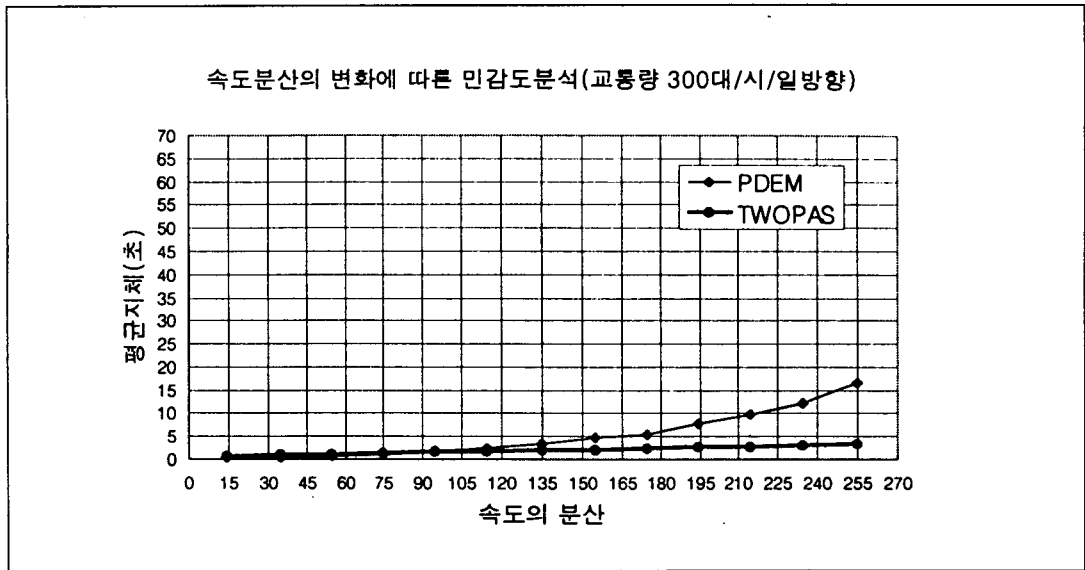
속도의 분산에 대한 민감도분석을 위해서 모두 세가지의 입력자료를 사용했다. 교통량이



<그림 4-3> 교통량의 변화에 따른 민감도분석 (2km)



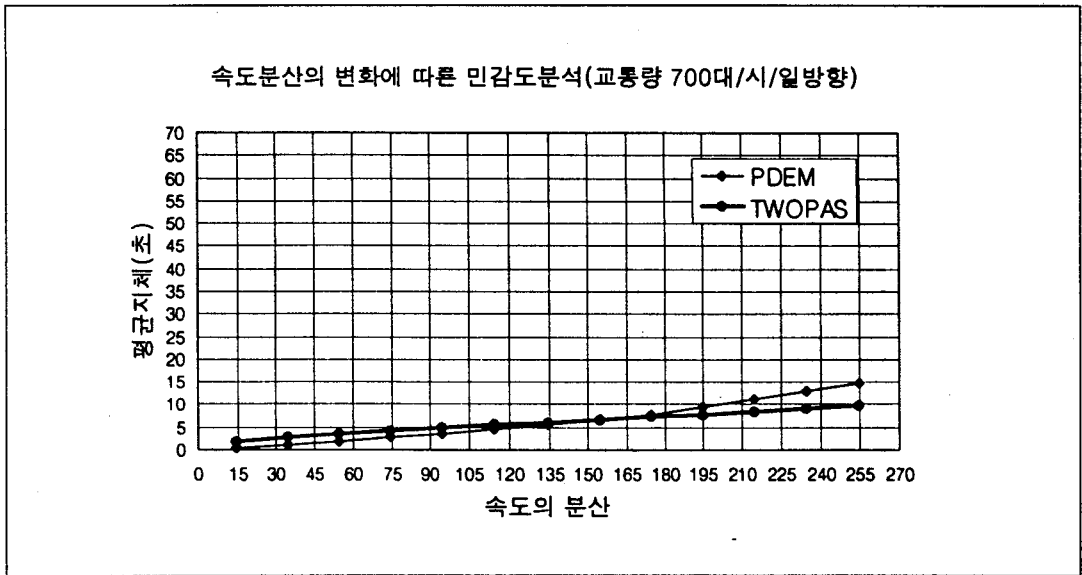
<그림 4-4> 교통량의 변화에 따른 민감도분석 (3km)



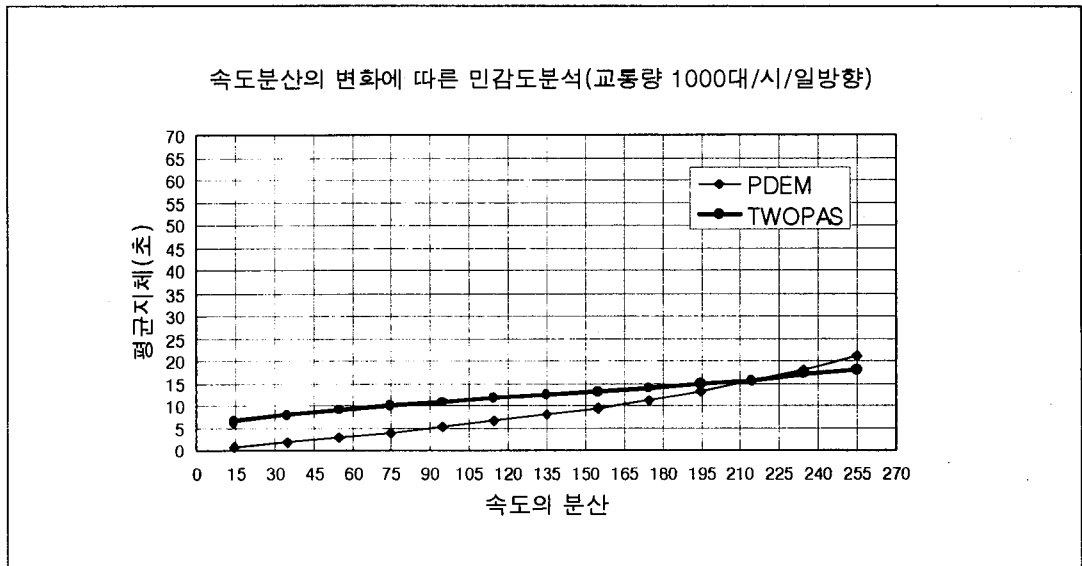
<그림 4-5> 속도분산의 변화에 따른 민감도분석 (교통량 300대/시/일방향)

300대(대/시/일방향)는 1996년 5월 25일 오전 6시부터 오전 7시까지 조사한 자료를 사용했고, 교통량 700대(대/일/일방향)의 자료는 같은날 안중→평택 구간에서 오전 7시부터 오전 8시까지 조사한 700대를 이용했다. 그리고 교통량

1000대(대/시/일)의 자료는 주내→만송 구간의 1996년 5월 25일 조사한 오전 7시부터 8시까지 978대의 자료를 사용했다. 이 중 기준이 되었던 자료는 700대(대/일/양방향)이었으며, 현장에서 조사한 값의 분산이 134.7이었으므로 이를 기준



<그림 4-6> 속도분산의 변화에 따른 민감도분석 (교통량 700대/시/일방향)



<그림 4-7> 속도분산의 변화에 따른 민감도분석 (교통량 1000대/시/일방향)

으로 분산 20씩 등간격으로 증가·감소시키면서 평균지체값의 변화를 분석했다.

분석결과 두 개의 모형에서 변화의 값은 <그림 4-5>, <그림 4-6>, <그림 4-7>와 같다.

속도의 분산변화에 있어서는 PDEM모형의

값이 TWOPAS모형의 값보다 더 민감하게 변화하고 있다. 그러나 전체적인 변화경향은 유사하게 나타나고 있어서 PDEM모형은 속도의 분산에 대한 고려도 합리적으로 하고 있다고 추정된다.

교통량이 300대(대/시/일방향)일 때 본 연구에서 개발한 모형의 값이 속도의 분산에 대해 특히 민감하게 움직이는 것은 속도의 분산에 의한 영향도 있지만 교통량을 이루는 차량들의 차두간격의 분포가 다르기 때문이라고 할 수 있다. 이 자료는 700대(대/시/일방향), 1000대(대/시/일방향)의 자료와 다른 시간에 조사된 내용이어서 차두간격은 다르게 나타나고 있다. 그러나 TWOPAS모형에서의 차두간격은 난수에 의해서 발생되기 때문에 차두간격분포가 큰 영향을 미치지 못하므로 교통량의 변화를 주더라도 큰 영향을 받지 않고, 다만 세 경우 모두 비슷한 경향을 나타내고 있다.

그리고 이 속도분산에 따른 평균지체값이 큰 변화가 없는 것은 산정거리를 1km로 정했기 때문이며, 이는 감속속이 크지 않아 비슷한 경향을 나타내는 것으로 추정되고 있다.

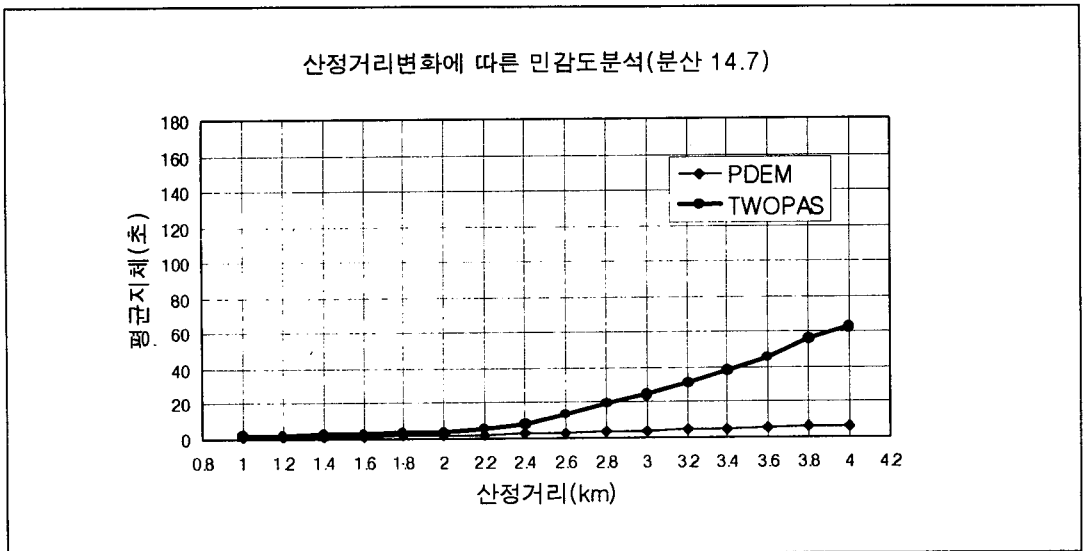
3. 산정거리에 대한 민감도분석

산정구간의 변화에 따른 민감도분석은 산정

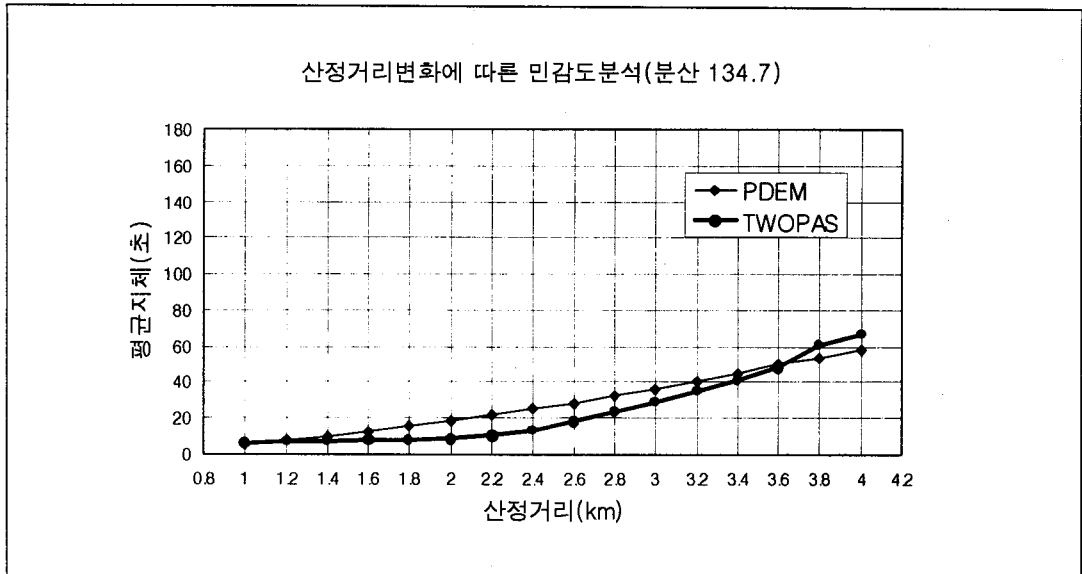
구간을 1km에서 4km까지 변화시키면서 모형에서 계산된 값과 TWOPAS를 통해서 계산된 값의 변화를 비교했다. 입력자료는 안중→평택 구간에서 1996년 5월 25일 오전 7시부터 8시까지 조사된 700대(대/시/일방향)의 교통량을 사용했다. 기준이 되는 분석은 <그림 4-9>이며, 이때 분산값은 현장에서 조사한 분산값 134.7일 때이다. <그림 4-9>을 기준으로 분산의 변화를 주면서 교차분석했다.

산정구간의 변화에 따른 평균지체의 변화값은 <그림 4-8>, <그림 4-9>, <그림 4-10>과 같다.

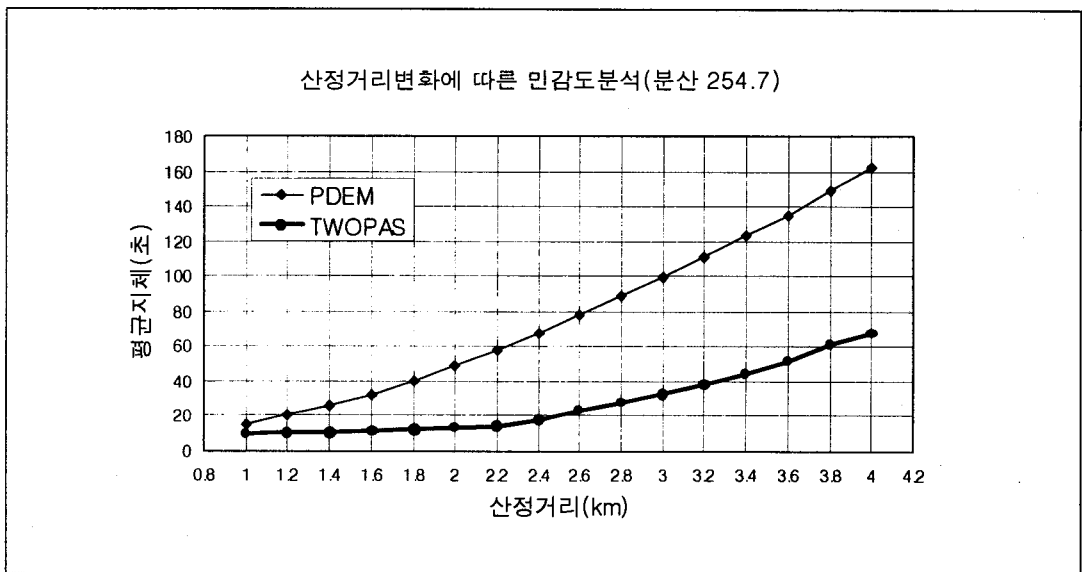
그러나 현장에서 조사한 자료에 대해 분산값을 구해본 결과 500대(대/시/일방향)에서 900대(대/시/일방향)일 경우 분산은 113.9에서 194.7의 범위까지 나타나고, 그 평균값은 141.8으로 나타나고 있다. 이렇게 현장조사를 통한 분산값의 범위와 비교할 때 본 연구에서 비교한 14.7과 254.7의 범위는 비현실적인 경우라 할 수 있다. 따라서 현장에서 나타날 수 있는 분산의 범위를 고려한 결과 <그림 4-9>의 평균지체값이 현실적이라고 보면 본 연구에서 개발한 모형은



<그림 4-8> 산정거리변화에 따른 민감도분석 (분산 14.7)



〈그림 4-9〉 산정거리변화에 따른 민감도분석 (분산 134.7)



〈그림 4-10〉 산정거리변화에 따른 민감도분석 (분산 254.7)

산정거리의 변수를 합리적으로 고려하고 있음을 알 수 있다.

분산이 134.7일 때와는 달리 분산을 작게할 경우 TWOPAS모형의 평균지체값이 크고, 분산을 크게 할 때는 본 연구에서 개발한 모형의 값이

크게 나타나고 있다. 이 경우는 앞에서 살펴본 속도의 분산에 대한 민감분석에서 TWOPAS모형은 상대적으로 속도의 분산에 덜 민감한 반면 본 연구에서 개발한 모형의 값이 속도의 분산에 민감하게 나타나는 결과가 반영된 결과라 하겠

다.

그 결과 TWOPAS모형의 평균지체값은 분산을 달리할 경우에도 그 값이 변화가 크지 않아 증가경향이 비슷하게 나타나고 있고, 본 연구에서 개발한 모형의 경우는 속도의 분산을 달리할 경우 차이가 크게 나타나고 있다.

지금까지 현장에서 조사한 자료를 가지고 민감도분석을 실시한 결과 본 PDEM모형은 교통량, 속도, 산정거리를 합리적으로 고려한 모형이라 할 수 있다.

VI. 결론

본 연구에서 개발한 지체시간을 산정하는 모형이 기여한 바는 크게 두 가지로 제시할 수 있다. 첫째, 본 모형을 통해서 지체시간을 산정할 수 있다는 것이다. 그 동안 현장에서의 지체시간을 조사하는 것은 아주 어렵거나 불가능한 것으로 보았고, 시뮬레이션 프로그램을 통해서나 가능한 것으로 알고 있었다. 그러나 본 연구에서 지체시간산정을 위한 모형과 프로그램이 제시됨으로써 현장의 속도와 차두간격값을 조사하면 지체시간을 손쉽게 계산할 수 있다는 것이다. 둘째, 2차로 교통류를 분석하거나 2차로 도로의 서비스수준을 평가할 때, 지체시간을 이용함으로써 그 동안 지체차량비율이 갖고 있던 지점의 지표라는 제약점을 공간의 지표로 확장할 수 있으며, 지체차량비율이 교통류의 속도분산을 고려하지 못하는 점을 극복했다는 점이다.

그렇지만 본 연구는 여러 가지 한계점을 가지고 있다. 모형개발에서는 추월금지구간, 차량들의 속도가 어느정도 일정속도를 유지하는 곡선구간 등을 가정했지만 실제로는 추월이 일어나며, 현장에서는 감속이나 가속현상이 여러 가지 다른 요인에 의해서 일어난다는 것과 운전

자의 특성들, 앞 뒤 차량들의 형태에 의한 속도에의 영향 등을 고려하지 못한다는 것이다.

이와 같은 한계점을 통해서 앞으로 해결해야 할 과제를 살펴본다면, 첫째, 본 연구에서 개발한 모형에 감속과 가속을 고려할 수 있도록 모형을 진전시키는 것이다. 둘째, 본 모형에서 제시한 지체값을 이용해서 2차선도로의 서비스수준지표로써만이 아니라 설계에 효율적으로 이용할 수 있는 방안을 찾는 것이다. 셋째, 본 연구에서 개발한 모형에 추월현상을 고려할 수 있도록 모형을 진전시키는 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, (1996) 도로현황조사(1995년 12월말 현재), 서울.
2. 건설부, (1992) 도로용량편람, 서울.
3. 경찰청, (1995) 교통사고통계, 서울.
4. 이강재, 황경수, 최재성, (1995) "이차선도로 오르막차선 교통류분석," 서울시립대학교 논문집, 제29집, 서울.
5. 한국건설기술연구원, (1990) 도로용량편람 연구조사(제 2,3단계), 서울.
6. 한국건설기술연구원, (1994) 연속류 도로의 한국형 모의실험 프로그램 개발(I), 서울.
7. 한국건설기술연구원, (1994) 연속류 도로의 한국형 모의실험 프로그램 개발(II), 서울.
8. Jaisung Choi, (1996) "Development of no-overtaking Model and Analysis of fundamentals of traffic flow Characteristics on Two-Lane Highways," 대한교통학회지, 제 14권 제2호, 서울.
9. Australian Road Research Board Ltd, (1994) TRARR 4 - User Manual.
10. Hoban, C.J., (1984) "Measuring Quality of

- Service on Two-lane Rural Roads,”
Proceeding 12th ARRB Conference, 12(5).
11. McLean, J.R., (1989) Two-lane Highway
Traffic Operations : Theory and Practice,
Gordon and Breach Science Publishers.
 12. Morrall, J.E., Wald Abdelwahab, and Al
Werner, (1992) “Planning for Movement of
Very Large, Slow-Moving Vehicles,” Journal
of Transportation Engineering, Vol.118, No.3.
 13. Transportation Research Board, (1985)
Highway Capacity Manual, Special Report
209.
 14. Transportation Research Board, (1994)
Highway Capacity Manual, Special Report
209, Third Edition.
 15. U.S. Department of Transportation, (1986)
TWOPAS User’s Guide-A Microscopic
Computer Simulation Model of Traffic on
Two-Lane, Two-Way Highways.