

■ 論 文 ■

신호등 설치 밀도가 일반국도의 구간 통행속도에 미치는 영향분석

An Analysis of the Effects of Signalized Intersection Density on Travel Speed for Korea's National Highways

정 준 화

(한국건설기술연구원 책임연구원)

문 재 필

(노스캐롤라이나 주립대학교 박사과정)

김 영 록

(한국건설기술연구원 연구원)

목 차

- I. 서론
- II. 기존 문헌 고찰
- III. 자료수집 및 분석
 - 1. 자료수집
 - 2. 자료분석
- IV. 신호등 설치 밀도로 인한 속도 감소영향
 - 1. g/C별 영향분석
 - 2. 교통량 수준별 영향분석
- V. 결론
참고문헌

Key Words : 신호등 설치밀도, 일반국도, 구간 통행속도, g/C, 교통량수준
Signalized Intersection Density, National Highway, Travel Speed, Greentime/Cycle, Traffic Volume Level

요 약

국내 일반국도는 고속도로와 함께 도시 간을 연결하는 이동성 기능중심의 도로로 고속도로의 우회도로로서의 성격도 함께 가지고 있다. 그러나 최근 국내 현황을 살펴보면 유·출입이 완전히 통제된 수준의 도로에서부터 신호교차로가 빈번하게 설치되어 시가화 된 수준의 도로까지 다양한 형태로 나타난다. 일반적으로 일반국도의 구간 통행속도에 미치는 영향 분석을 위해 주로 사용되는 변수로는 도로의 기하구조와 교통상황 등이 있는데, 본 연구에서는 이 중에서 신호등에 의한 속도영향을 살펴보았다.

그 결과, 일반국도의 통행속도에 가장 크게 영향을 미치는 요인은 신호등 설치밀도였으며, 신호등 설치밀도가 0.3개/km 이하에서는 일정속도를 유지하고 0.7개/km까지는 급격히 감소하다가 이후에는 속도가 낮게 안정화 되었고, g/C=0.6은 0.8에 비해 3~9km/h로 감속되었다. 교통량 수준별로는 신호등 설치밀도가 미치는 영향이 거의 유사한 것으로 나타났다.

Korea's national highways, which emphasize a high level of mobility, serve primarily intercity travel and are used as a detour for freeways. However, at the present, the highways do not have consistent geometric features or other characteristics: for example, some highways have full access control and others have uncontrolled access. Generally, geometric and traffic conditions affect pronouncedly travel speeds in the highway sections. This study focused on the effect of signalized intersection relative factors on the speeds: signalized intersection densities, signal phases, and volume levels.

The study shows that signalized intersection density was the strongest variable affecting the travel speeds: the speeds held fairly constant over intersection densities below 0.3 intersections/km, decreased sharply through intersection density of 0.7 intersections/km, and appeared constant at the lowest level over intersection densities above 0.7 intersections/km. The results also indicate that the effect of signal and traffic volume levels on the speeds was similar to that of the signalized intersection density.

이 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발 연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

1. 서론

국내 일반국도는 고속도로와 함께 도시와 도시를 연결하는 이동성 기능이 증시되면서도, 또 한편으로 고속도로의 우회도로로서의 성격도 함께 가지고 있다. 이러한 성격은 도시부에서 멀어져 지방부로 갈수록 뚜렷하게 나타난다.

도시 간을 연결하는 이동성 기능을 가진 일반국도는 최근 중소도시들의 경제성장에 따른 교통수요 증가 등으로 인해 확장 및 신설공사가 진행 중에 있어 그 역할과 비중이 점차 커져가고 있다. 최근 신설되는 일반국도가 자동차 전용도로로 건설되는 사례가 많아지고 있음은 이를 반증하고 있으며 이러한 이유로 지방부 일반국도는 이동성을 충분히 확보해 주는 것이 중요하다.

그러나, 최근 국내 일반국도 현황을 보면 일반국도는 고속도로와 같이 유·출입이 완전히 통제된 수준의 도로에서 신호교차로가 빈번하게 설치된 시가화 수준의 도로가 혼재되어 있다.

이 같은 특성은 일반국도의 이동성을 저해하는 요인이 되곤 하는데 그 요인을 정리하면, 도로의 기하구조(도로 종단 및 평면선형, 횡단면, 접근로 설치 현황, 차로수 등)와 교통상황(교통량, 교통신호, 제한속도 등)을 들 수 있다. 이 같은 요인들은 일반적으로 일반국도의 평균속도(주로 지점속도)를 예측하기 위해 모형식의 독립변수로 사용된다. 본래 국도는 그 기능상 간선기능을 요구받고 있으나, 실제 현장에서는 신호등 설치로 인해 간선기능이 저하되고 있다. 이에 본 연구에서는 일반국도의 구간 통행속도에 영향을 미치는 요인 중 신호등(신호연동화를 운영하지 않는 지방부 일반국도 구간)에 주목하였으며, 그 영향정도의 분석을 연구의 목적으로 설정하였다. 본 연구를 통해 향후 도로 정비 및 확충 사업시에 정책 결정의 근거자료로 활용할 수 있을 것이며, 아울러 도로용량편람 다차로도로 구간의 서비스수준을 분석하는 주 효과척도인 구간 통행속도를 계산하는 데 활용할 수 있다.

이 분석을 위해 신호등 영향은 신호등 설치 밀도로, 이동성은 일반국도의 구간 평균통행속도를 효과척도로 이용하였으며 일반국도의 등급별 자유속도(I등급 : 92km/h, II, III등급 : 87km/h)를 기준으로 속도 감

소량을 분석하여 신호등 설치 밀도가 일반국도에 미치는 영향을 분석하였다.

II. 기존 문헌 고찰

국내·외 신호등 관련 연구를 검토해 보면, 그 목적은 주로 한 교차로 또는 간선도로(Arterial), 또는 교통망 체계(Network)의 소통능력을 제고하기 위하여 진행되었으며, 내용은 효율적인 신호운영 체계를 도출하는 것이 대부분이었다. 연구가 진행된 공간적 범위는 지방부보다는 혼잡이 빈번하게 발생하고, 신호등의 영향이 인접 교차로까지 미치는 도시부에 집중되어왔다.

지방부 일반국도에 대한 연구는 주로 기하구조에 따라 속도를 추정하는 내용¹⁾이 주를 이루고 있으나, 드물게 신호등과 주행속도와의 관계를 시도한 연구가 있었다. 정준화(2001)와 Lum 등(1998)에 의해 수행된 연구 중 일부에서 관련된 내용을 찾아볼 수 있다.

정준화(2001)는 주행속도를 이용하여 도로 평면선형의 안전성을 평가하는 연구에서 신호등과 자유속도와의 관계 규명을 시도하였다. 지방부 일반국도의 자유속도를 결정하는 요인으로 평면선형 자체의 요인과 교차로 여건이 있다고 전제한 뒤²⁾, 상류부로 접근하는 자유속도(85백분위 속도)를 종속변수로 상류부 일정 구간의 선형 요건 및 교차로 여건을 독립변수로 하여 식(1)과 같이 회귀분석을 수행하였다.

$$V_a = f(B, H, W, S) \quad (1)$$

- 여기서, B : $\sum|\theta_i|/L$, 평면선형 굴곡도(°/km)
 H : $\sum|h_i|/L$, 종단선형 경사도(m/km)
 W : 표준 횡단면 폭(m)
 L : 구간 길이(km)
 S_i : 곡선부 시점에서 i km까지 신호등 개수(개/km)
 θ_i : i 곡선부의 교각(°)
 h_i : i 종단 경사의 고저 차(m)

회귀분석 수행결과, 상류부 신호등 밀도가 자유속도

1) 최계성(1998), 이점호 등(2000), 정준화(2001)등이 있음.

2) Mc Lean(1983), R.Lamm 등(1999), 교통개발연구원 등(다차로도로 편, 2001)

에 미치는 영향이 유의한 결과를 얻었는데 상류부 1km 이내, 2km 이내, 3km 이내로 구분하여 분석했을 때, 1km 이내에 설치된 신호등 영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

한편, 여러 연구 중에서 Lum 등(1998)의 연구가 신호등의 영향을 가장 적극적으로 고려한 것이라 할 수 있는데, 싱가포르의 간선도로에서 수집된 교통량과 통행 시간 자료를 이용하여 속도-교통량 관계식을 정립하는 연구를 수행하였다. 교통량 산출에 신호 교차로 당 최소 지체와 단위 길이 당(km) 교차로의 빈도를 변수로 채택하였는데, 신호교차로 빈도가 높아질수록 교통량이 적어지고 속도도 감소하게 됨을 알 수 있다.

식(2)는 정립한 교통량 산출식을 나타낸다.

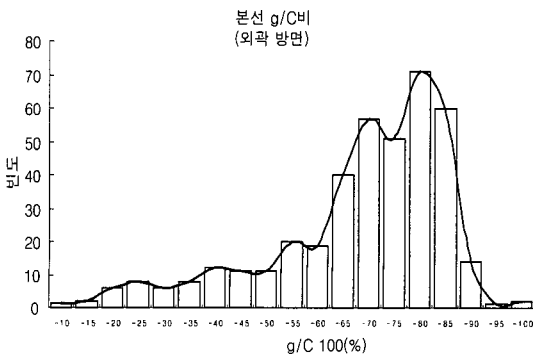
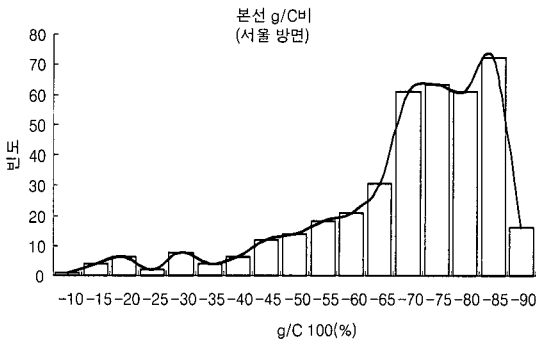
$$q = 48.08 \times u \left[\ln \left(\frac{1}{u} - \frac{df}{3,600} \right) + 4.129 \right] \quad (2)$$

여기서, q : 교통량(vph)

u : 통행속도(km/h)

d : 용량 상태 도달 전 신호교차로에서의 최소 지체(초)

f : 단위 길이당(km) 신호교차로의 빈도



<그림 1> 국내 일반국도 g/C 분포도(한강이남)

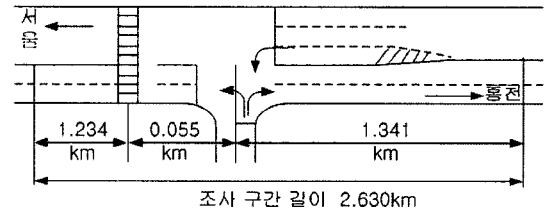
참고로, <그림 1>은 국내 수도권 한강이남 지역 일반국도의 신호교차로 g/C 분포도를 나타내고 있으며 신호주기 대비 녹색시간 비율이 70%를 넘고 있다(교통개발연구원 등, 2001).

III. 자료수집 및 분석

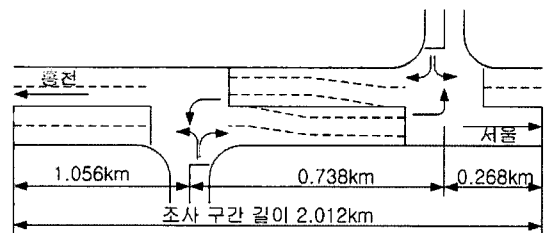
1. 자료수집

본 연구에서는 신호등 설치 밀도가 일반국도의 구간 통행속도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 현장조사를 수행하였다. 여기서 구간 통행속도는 신호등 설치 밀도에 의한 영향만을 분석하기 위하여 인접 교통류의 영향을 받지 않는 자유류 상태의 속도를 측정하였다.

현장조사 대상지는 신호교차로의 간격과 g/C에 따라 신호교차로 이외에 통행속도에 영향을 미치는 인자가 거의 없다고 판단되는 지점(평지, 차로폭 3.5m이상, 좌우



비룡 1리 삼거리 (g/C = 0.74)

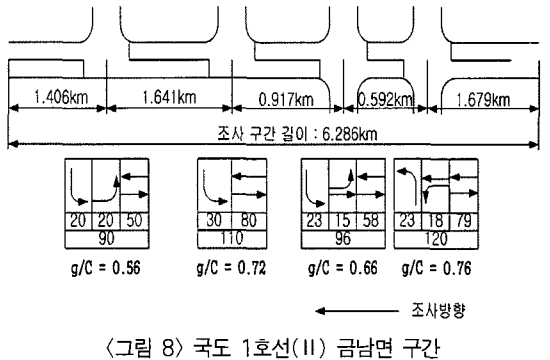
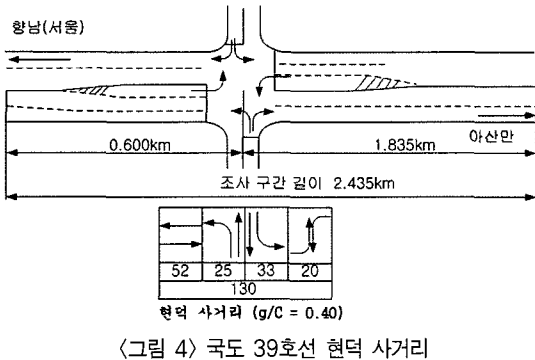
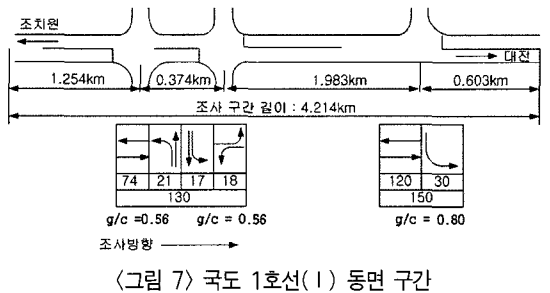
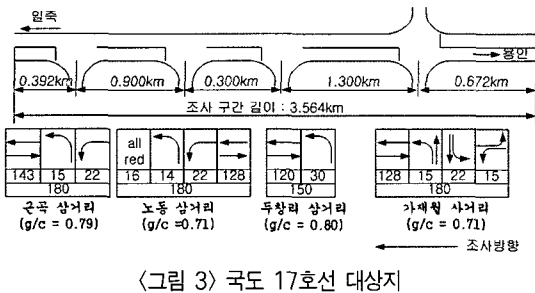
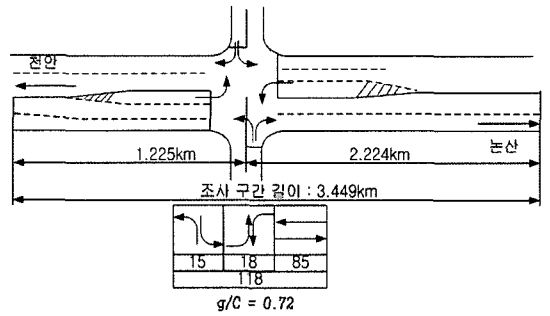
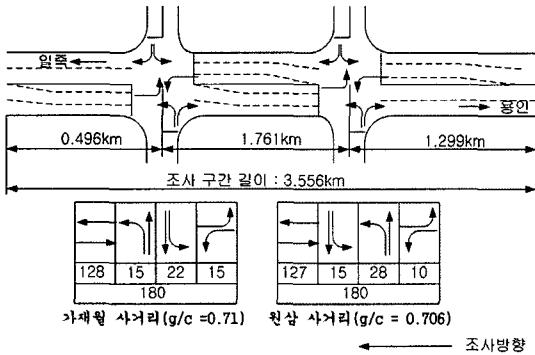
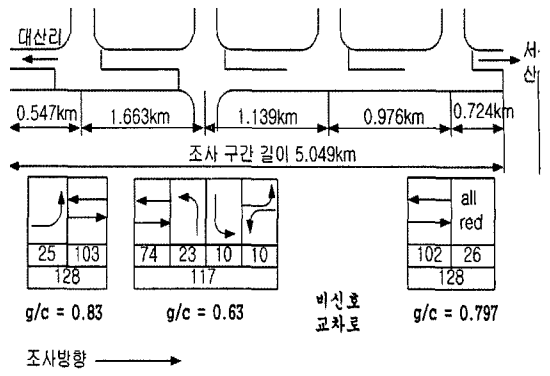
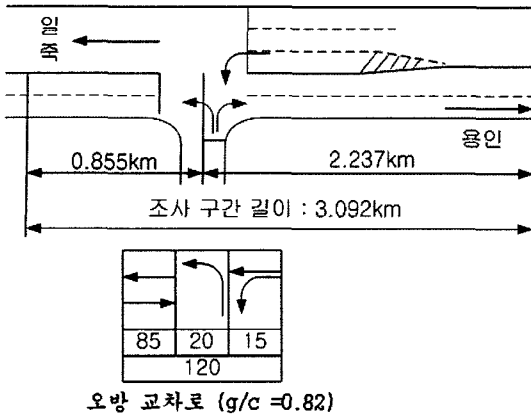


다대타운 삼거리 (g/c = 0.85)

다대1리 삼거리 (g/c = 0.89)

조사방향 →

<그림 2> 국도 6호선 대상지



측방여유폭 합이 3.6m이상, 상·하류부 1km이내에 신호차로 또는 보행자 신호, 무인 단속 카메라가 없고, 상·하류부 500m이내에 유출입 지점이 없고 직선구간 인 곳)으로 선정하였다(〈그림 2~8〉참조).

구간 평균 통행속도 조사 대상구간 길이는 기본적으로 3km내외(1.2km~3.0km)로 설정하였으며, 조사 시간대의 교통량 수준은 500대/시 이하였다. 각 지점별 조사는 해당 구간의 시·종점에서 2인 1조가 되어 각 지점을 통과하는 차량의 번호판을 한 쌍으로 하여 속도를 측정하는 방법으로 진행되었다. 이렇게 수집된 자료는 시·종점간의 통과 시각 차이에 의해 개별 차량별로 총 통행 시간을 산출하고, 이를 조사 구간의 길이로 나누어 공간 속도를 계산하였다. 차량은 가능한 한 기준점을 통과하는 모든 차량들을 기록했는데, 이는 신호교차로에서 적색 신호에서 도착한 차량, 녹색 현시가 시작할 때 도착한 차량 그리고, 녹색 현시 동안 주행 속도를 일정하게 유지하면서 신호교차로를 통과한 차량 등 신호교차로와 관련된 지체 시간을 반영하기 위한 것이다. 이렇게 조사된 자료는 기본구간의 자유속도와 비교하여 감소량을 통해 영향 정도를 분석할 수 있다.

여기에서 기본구간이라 함은, 일반국도 구간에서 접근로나 신호교차로가 없는 단일로 구간을 말하며, 구간 평균 통행속도는 인접 교통류(앞, 뒤 차량)의 영향을 받지 않는 상태에서 측정된 속도를 사용하였다.

2. 자료분석

개별 차량별로 산정된 공간 속도는 도로용량편람의 차량 구분 기준을 토대로, 승용차(1.4톤 트럭 포함)와 중차량(5톤 이상, 버스 포함)으로 구분하고 차종별 평균 통행속도를 산출한 다음, 기초 통계 분석과 누적 분포도에 의해 제한 속도, 도로 유형별 구간 평균 통행속도의 특징을 분석하였다. 최종적으로 제한 속도와 유형별 대표적 구간 평균 통행속도(자유류 상태의 속도)를 제시하였다. 신호교차로의 조건에 따른 구간 평균 통행속도의 변화는 〈표 1~3〉과 〈그림 9〉에 나타내었다.

- 분석 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.
- ▷ 신호 밀도 0.3(개/km)이하와 g/C가 0.7 이상인 경우의 평균통행속도는 기본구간의 자유속도와 비슷하게 나타났다.
 - ▷ 신호 밀도가 증가할수록, g/C가 감소할수록, 평균

〈표 1〉 승용차 통행속도 기초 통계 분석

지점	구 분		신호 밀도 (개/km)	표본 수	평균 (km/h)	표준 편차
	구간					
국도 6호선	기본구간		0	119	87.98	12.57
	g/C=0.74		0.33	262	87.51	13.84
	g/C=0.85, 0.89		0.66	181	87.34	16.38
국도 17호선	기본구간		0	206	88.87	13.29
	g/C=0.83		0.32	103	87.96	14.09
	g/C=0.706, 0.71		0.56	135	74.64	15.65
	g/C=0.71, 0.80, 0.79, 0.71		1.12	119	69.33	9.93
국도 39호선	g/C=0.40		0.33	159	76.42	19.69
국도 29호선	g/C=0.80, 0.63, 0.797		0.59	251	77.34	12.14
국도 23호선	g/C=0.72		0.29	148	86.25	12.40
국도 1호선(I)	g/C=0.56, 0.56, 0.80		0.64	165	71.67	11.01
국도 1호선(II)	g/C=0.76, 0.66, 0.72, 0.56		0.71	146	72.94	10.88

〈표 2〉 중차량 통행속도 기초 통계 분석

지점	구 분		신호 밀도 (개/km)	표본 수	평균 (km/h)	표준 편차
	구간					
국도 6호선	기본구간		0	81	84.76	11.02
	g/C=0.74		0.33	55	81.81	12.76
	g/C=0.85, 0.89		0.66	46	81.58	14.22
국도 17호선	기본구간		0	171	79.31	9.89
	g/C=0.83		0.32	119	78.00	9.49
	g/C=0.706, 0.71		0.56	88	69.81	12.24
	g/C=0.71, 0.80, 0.79, 0.71		1.12	104	65.65	9.67
국도 39호선	g/C=0.40		0.33	120	66.50	15.22
국도 29호선	g/C=0.80, 0.63, 0.797		0.59	109	69.43	9.55
국도 23호선	g/C=0.72		0.29	87	74.98	9.39
국도 1호선(I)	g/C=0.56, 0.56, 0.80		0.64	48	66.89	9.49
국도 1호선(II)	g/C=0.76, 0.66, 0.72, 0.56		0.71	45	65.32	8.99

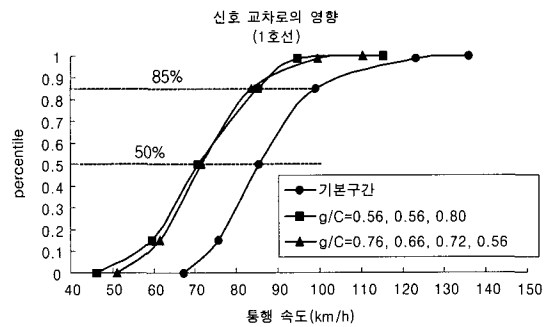
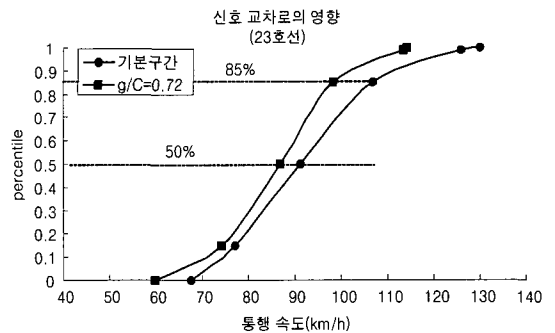
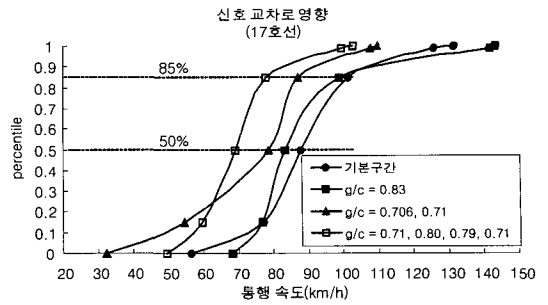
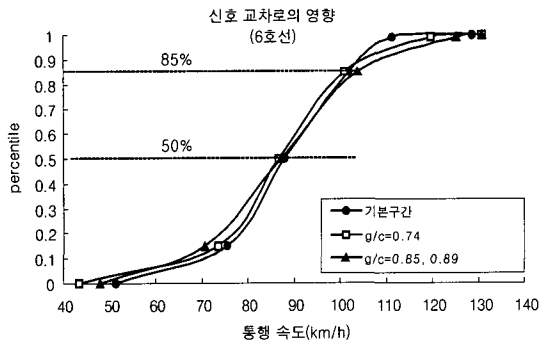
통행속도는 감소하는 것으로 나타났다.

▷ 신호 밀도가 1.12개/km인 경우, 평균 자유속도가 69.3km/h로 나타났으며, 표준편차가 9.9km/h로 다른 경우보다 통행속도의 변동폭이 작은 것으로 나타났다. 이것은 신호교차로에서 통과하는 차량 운전자들은 신호교차로의 영향에 의해 제한적으로 속도를 선택할 수밖에 없기 때문이다.

▷ 통행속도 분포도를 보면, 신호 밀도가 0.3개/km 이상인 경우(구간 내에 두개 이상의 교차로를 포함한 경우는 대부분 두개의 종 모양으로 정규 분포하는 경향을 보이고 있다.

〈표 3〉 누적 백분위 값(신호교차로의 영향, 승용차)
(단위 : km/h)

지점	구분	0%	50%	85%	100%
		구간			
국도 6호선	기본구간	51.4	87.9	102.0	128.6
	g/C=0.74	43.4	86.8	100.9	130.9
	g/C=0.85, 0.89	48.0	87.3	103.8	130.8
국도 17호선	기본구간	56.3	87.9	101.5	131.7
	g/C=0.83	68.3	83.3	99.0	143.4
	g/C=0.706, 0.71	32.5	78.7	87.3	109.9
	g/C=0.71, 0.80, 0.79, 0.71	49.5	69.0	78.0	102.8
국도 39호선	g/C=0.40	43.5	75.4	96.9	132.5
국도 29호선	g/C=0.80, 0.63, 0.797	41.5	76.8	89.9	137.6
국도 23호선	g/C=0.72	59.7	86.9	98.4	114.1
국도 1호선(I)	g/C=0.56, 0.56, 0.80	46.2	70.6	85.0	115.2
국도 1호선(II)	g/C=0.76, 0.66, 0.72, 0.56	51.1	71.5	83.4	110.3



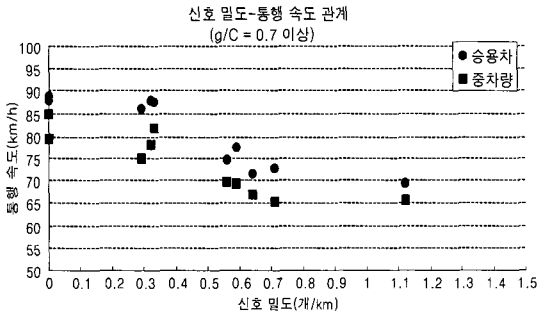
〈그림 9〉 누적 분포도와 백분위 값 (신호교차로의 영향)

Ⅳ. 신호등 설치 밀도로 인한 속도 감소 영향

1. g/C별

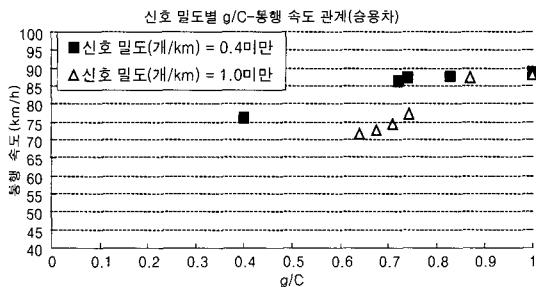
먼저 신호등이 주행속도에 영향을 미치는 정도를 알아보기 위하여 각 신호의 g/C별로 통행속도를 분석하였다. 〈그림 10〉은 g/C가 0.7 이상인 자료를 토대로 신호 밀도와 통행속도의 관계를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면, 신호 밀도 0.3개/km 이하까지는 일정한 속도를 유지하다 0.3개/km 이상부터 통행속도가 급격하게 감소하고 0.7개/km 이상부터는 상당히 양호한 속도를 유지하는 것으로 나타났다.

〈그림 10〉은 통행속도에 대한 신호교차로의 영향을 잘 반영하였지만, g/C가 0.7 이상이라는 한계가 발생한다. 이 결과를 조사된 영역의 신호 밀도에 따라 좀 더 상세하게 살펴볼 필요가 있다.

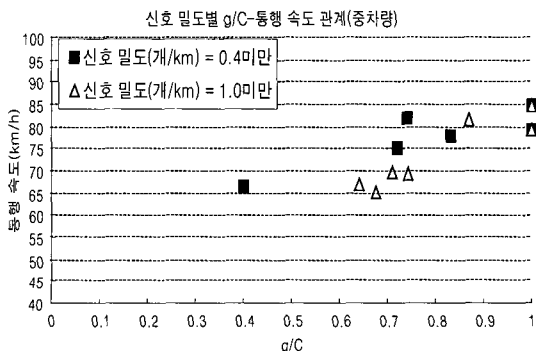


〈그림 10〉 신호 밀도와 통행속도

이를 위해 관측된 자료를 일정한 속도를 유지하는 신호 밀도 0.3을 기준으로 두 그룹(신호 밀도 0.4 미만, 1.0 미만)으로 하였다. 이렇게 분류된 자료를 토대로 하여 각 차종별로 g/C와 통행속도의 관계를 〈그림 11〉, 〈그림 12〉에 나타냈다.



〈그림 11〉 g/C와 통행속도(승용차)



〈그림 12〉 g/C와 통행속도(중차량)

이 결과는 첫 번째 방법보다 적용할 수 있는 범위가 넓고 현장 조건을 잘 반영하고 있다고 판단된다. 따라서, 차종별 g/C와 통행속도 관계를 토대로 회귀 모형을 제시한 다음, 신호 조건에 따른 적절한 구간 통행속도의 감소량을 제시하였다.

다음은 신호교차로 조건(g/C)을 독립 변수로하여, 종속 변수인 통행속도를 추정하는 직선 회귀식을 나타낸다.

① 신호밀도 0.4 미만인 경우,

$$\text{승용차} : y = 31.783X + 63.688 (R^2 = 0.9973) \quad (3)$$

$$\text{중차량} : y = 30.673X + 54.695 (R^2 = 0.783) \quad (4)$$

② 신호밀도 1.0 미만인 경우,

$$\text{승용차} : y = 68.981X + 26.609 (R^2 = 0.9451) \quad (5)$$

$$\text{중차량} : y = 71.019X + 18.947 (R^2 = 0.9595) \quad (6)$$

여기서, y : 평균통행속도(km/h)

X : 신호주기(C)대비 녹색시간(g) 비, g/C

이러한 형식을 이용하여 〈표 4〉와 같이 일반국도의 신호교차로 조건에 따라 기본구간의 자유속도에서 구간 평균 통행속도(식(7) 참조)를 뺀 감소량을 산출하였다.

이렇게 제안된 값과 이론식, 즉, 교차로 접근 지체식을 이용하여 산정된 값과 비교하였다. 교차로 접근 지체식은 식(8)과 같다.

$$\text{평균 통행 속도} = \frac{\text{구간 길이}(km)}{\text{순행 시간}(h) + \frac{3,600}{\text{교차로 접근지체}(초)}} \quad (7)$$

〈표 4〉 일반국도 신호교차로 조건별 자유속도 감소량(현장 관측 값)

g/C	자유속도 감소(km/h)			
	신호 밀도(개/km) 0 ~ 0.4 미만		신호 밀도(개/km) 0.4~1.0 미만	
	승용차	중차량	승용차	중차량
0.80	-	-	-	-
0.75	1.6	1.4	3.4	3.6
0.70	3.2	3.1	6.9	7.1
0.65	4.8	4.6	10.3	10.7
0.60	6.4	6.1	13.8	14.2
0.55	7.9	7.7		
0.50	9.5	9.2		
0.40	12.7	12.3		

여기서, 교차로 접근지체(d_{app} , 초/대)

$$= d_{adj} \times \text{접근지체 환산계수}$$

$$d_{adj} = d \times PF$$

$$d = 0.38 \times \frac{C(1-u)^2}{1-ux} + 173[(x-1) + \sqrt{(x-1)^2 + \frac{12x}{Q}}] \quad (8)$$

여기서, C : 주기(초)

u : 유효 녹색신호 시간비

x : v/c

Q : 용량(vph)

PF : 연동 보정계수

이론식에 적용되는 값은 다음과 같이 가정하였다.

- 구간 길이 : 3km
- 순행 시간 : $3(\text{km})/87(\text{km/h}) = 0.034(\text{h})$
- 접근지체 환산계수 : 1.32
- 연동 보정계수 : 1
- v/c : 0.1
- 용량(Q) : 3,600(vph)

이러한 식을 이용하여 g/C별(0.8, 0.75, 0.70, 0.65, 0.6)과 신호 밀도별(0.4미만, 1.0미만)로 기본구간의 자유속도에서 구간 평균통행속도까지 감소한 양을 <표 5>와 같이 산정하였다.

현장 관측값과 이론식 값을 비교하면, 구간 평균 통행속도의 감소 변화가 같은 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다. 따라서 신호교차로 조건에 따른 구간 평균 통행속도의 변화는 신호등 설치 밀도 조건을 더 세분화하여 이론식에 의해 산정된 값으로 제안할 필요가 있다.(<표 6> 참조)

<표 5> 일반국도 신호교차로 조건별 자유속도 감소량 (이론식)

직진 주방향 g/C	신호 밀도(개/km)별 자유속도 감소(km/h)					
	≤ 0.3		≤ 0.7		≤ 1.0	
	승용차	중차량	승용차	중차량	승용차	중차량
0.80	0.9	0.7	2.4	2.1	3.8	3.8
0.75	1.4	1.1	3.7	3.3	5.8	5.8
0.70	2.0	1.6	5.2	4.6	8.0	8.0
0.65	2.7	2.2	6.9	6.2	10.6	10.6
0.60	3.5	2.8	8.8	7.9	13.3	13.3

<표 6> 신호등 밀도의 통행속도 영향(제안)

직진 주방향 평균 g/C	신호밀도(개/km)별 자유속도 감소(km/h)					
	≤ 0.3		≤ 0.7		≤ 1.0	
	승용차	중차량	승용차	중차량	승용차	중차량
0.80	1	1	2	2	4	4
0.75	1	1	4	3	5	5
0.70	2	2	5	5	7	7
0.65	3	2	7	6	9	9
0.60	4	3	9	8	13	13

2. 교통량 수준별

<표 6>과 같이 제시된 신호등 설치 밀도별 구간 평균 통행속도 감소량은 자유류 상태(500대/시 이하)에서 산출된 것이기 때문에 교통량 수준별로 고려해야 할 필요가 있다. 이는 신호교차로의 경우 어느 정도의 교통량 수준에서 일정한 지체가 발생하다가 그 이상의 수준에서 급격한 지체가 발생하기 때문이다.

따라서, 신호등 설치 밀도가 구간 통행속도에 미치는 영향을 파악하기 위해서는 일정한 교통량 수준 이상에 따른 속도 변화 분석이 필요하다. 교통량을 고려한 신호등 설치 밀도에 따른 속도 영향분석은 다음과 같은 절차 및 원리를 적용하였다.

- i) 교통량과 신호교차로 지체를 고려한 평균통행속도는 식(7), 식(8)을 이용, 산정
- ii) 동일하게 이론식에 적용되는 값들
 - 접근지체 환산계수 : 1.32(직진 신호)
 - 연동 보정계수(PF) : 1.0(무작위 도착)
 - 용량(Q) : 1,800vphpl
 - 주기(C) : 120초(지방부 일반국도 대표주기)
 - 유효 녹색신호 시간비(u) : 0.7(g/C 분포도 <그림 1> 참조)
- iii) 교통량 수준에 따라 순행 시간 산출시 적용하는 공간 속도
 - 각 유형별의 자유속도를 토대로 고속도로 기본구간에서 제시한 속도-교통량 패턴을 따른다.

이와 같은 절차로 신호등 설치 밀도별, 교통량별 통행속도 저감영향을 산출하였으며, 승용차(<표 7>참조)와 중차량(<표 8>참조)에 대하여 제시하였다.

이 결과에 따르면, 교통량 500vphpl 이하에서 통행속도는 신호등의 영향을 거의 받지 않으며, 교통량 수준에 신호등 영향도 거의 비슷한 수준인 것으로 나타났다.

〈표 7〉 신호등 설치 밀도별 교통량별 승용차 속도저감 영향
(단위 : km/h)

교통량 (vphpl)	신호등 밀도 (개/km)		> 0.1 (신호 지체 포함)		
	≤ 0.1 87km/h이상	87km/h미만	≤ 0.3	≤ 0.7	≤ 1.0
100	0	0	0.0	0.1	0.2
200	0	0	0.1	0.3	0.5
300	0	0	0.2	0.6	0.9
400	0	0	0.4	0.9	1.3
500	0	0	0.5	1.2	1.7
600	1	1	1.1	1.9	2.6
700	1	1	1.7	2.7	3.5
800	2	2	2.3	3.9	4.8
900	2	3	3.0	4.8	5.8
1000	3	3	4.1	5.7	6.9
1100	4	4	4.8	7.0	8.4
1200	4	5	5.6	8.4	10.0
1300	6	6	7.7	9.9	11.6
1400	8	8	9.9	11.9	13.8
1500	9	11	11.2	15.6	17.5
1600	12	14	14.5	19.1	22.1
1700	16	17	19.0	23.2	25.5
1800	20	20	24.4	29.1	32.2

〈표 8〉 신호등 설치 밀도별 교통량별 중차량 속도저감 영향
(단위 : km/h)

교통량 (vphpl)	신호등 밀도 (개/km)	> 0.1 (신호등 지체 포함)		
		≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.7
100	0	0.0	0.1	0.1
200	0	0.1	1.2	1.3
300	0	0.2	1.4	1.6
400	1	1.2	2.5	2.8
500	1	1.3	2.8	3.1
600	1	1.7	3.5	3.9
700	2	2.2	4.2	4.8
800	2	2.6	5.0	5.7
900	2	3.1	6.2	7.0
1000	3	3.4	7.0	7.9
1100	3	4.0	7.9	9.0
1200	4	4.7	8.8	10.1
1300	4	5.6	10.2	11.7
1400	5	6.7	12.2	13.7
1500	6	8.0	14.2	16.0
1600	7	9.4	16.5	18.6
1700	9	11.6	19.5	22.0
1800	10	14.8	24.7	28.0

V. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

- 신호교차로 설치 밀도, 주방향 g/C에 따라 g/C=0.6은 0.8에 비해 3-9km/h 감소
 - 신호밀도 0.3개/km이하 : 일정 속도 유지
 - 0.3 < 신호밀도(개/km) < 0.7 : 통행속도 급감
 - 신호밀도 0.7개/km이상 : 속도 안정화
- 교통량 수준별, 통행속도는,
 - 교통량 500vphpl 이하 : 신호등 영향 없음, 교통량 수준별 영향도 거의 유사함
- 일반국도의 구간 평균 통행속도에 가장 크게 영향을 미치는 것은 신호등 설치 밀도이며, 그 외에 교통량과 g/C 등으로 나타났다.

이 같은 연구는 연동이나 읍셋을 고려하지 않은 국내 지방부 일반국도의 저하된 간선기능이 어느 정도 인지를 신호등 설치 밀도 측면에서 검토하기 위하여 수행되었고, 이는 향후 도로 정비 및 확충 사업시 정책결정의 근거자료로 활용가능하며, 도로용량편람의 다차로도로 구간 서비스수준 분석의 주 효과적도인 구간 통행속도를 계산하는 데 활용할 수 있다.

참고문헌

1. 교통개발연구원 · 한국건설기술연구원 · 대한교통학회(2001), 도로용량편람 개선 연구(3단계), 최종 보고서, 건설교통부
2. 유신 건설기술연구소 (2000), 안전성 향상을 위한 도로 선형 해석 및 평가 자동화 기술 개발
3. 이점호, 이동민, 최재성(2000), 평면곡선부의 속도 및 교통사고 영향분석연구, 대한교통학회지, 제18권1호, pp.35-43.
4. 정준화(2001), 주행속도를 이용한 도로의 평면선형 안전성 평가 모형 개발, 서울대학교 공학박사학위논문.
5. 최재성(1998), 도로 선형에 대한 설계 일관성 평가 모형의 개발, 대한교통학회지, 제16권 제4호, 통권41호, pp. 195~211.
6. C. Oppenlender(1966), Variables Influencing Spot-Speed Characteristics.
7. J. R. McLean(1983), "Current Knowledge of

- Rural Traffic Behavior” Proc. of Workshop on Rural Traffic Simulation, Australian Road Research Center, ARRB, pp. 13~35.
8. K. M. Lum(1998), Speed-Flow Modeling of Arterial Roads in Singapore.
 9. Karen K. Dixon 등(1999), Posted and Free-Flow Speeds for Rural Multilane Highways in Georgia.
 10. Kay Fitzpatrick et al., Design Factors That Affect Driver Speed on Suburban Arterial, Research Report 1769-3, Texas Transportation Institute, 2000.
 11. R. Lamm et al.(1988), Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, McGraw-Hill.
 12. Robert H. Wortman(1963), A Multivariate Analysis of Vehicular Speeds on Four-Lane Rural Highways.

✉ 주 작성자 : 정준화

✉ 교신저자 : 김영록

✉ 논문투고일 : 2006. 12. 8

✉ 논문심사일 : 2007. 2. 1 (1차)

2007. 4. 3 (2차)

2007. 4. 12 (3차)

2007. 5. 1 (4차)

✉ 심사판정일 : 2007. 5. 1

✉ 반론접수기한 : 2007. 10. 31