

## 2차로도로 평균 통행속도-총지체율-교통량 관계 곡선 재정립

### Relationships Between Average Travel Speed, Time-Delayed Rate, and Volume on Two-lane Highways with Simulation Data

문재필 Moon, Jae-Pil  
김용석 Kim, Yong-Seok

정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail: jpmoon@kict.re.kr)  
정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail: safey@kict.re.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** Two-lane highways have one lane in each direction, and lane changing and passing maneuvers take place in the opposing lane depending on the availability of passing sight distance. 2001 Korea Highway Capacity Manual (KHCM) is classified into two classes of two-lane highways (Type I, II), and average travel speed and time-delayed rate are used as measures of effectiveness (MOEs). However, since existing two-lane highways have both uninterrupted and interrupted traffic flow-system elements, a variety of free-flow speeds exhibits in two-lane highways. In addition, it is necessary to check if the linear-relationship between volumes and time-delayed rate is appropriate. Then, this study is to reestablish the relationship between average travel speed, time-delayed rate, and flow.

**METHODS :** TWOPAS model was selected to conduct this study, and the free-flow speeds of passenger cars and the percentage of following vehicles observed in two-lane highways were applied to the model as the input. The revised relationships were developed from the computer simulation.

**RESULTS :** In the revised average travel speed vs. flow relationship, the free-flow speed of 90km/h and 70km/h were added. It shows that the relationship between time delayed-rate and flow appeared to be appropriate with the log-function form and that there was no difference in time-delayed rate between the free flow speeds. In addition to revise the relationships, the speed prediction model and the time-delayed rate prediction model were also developed.

**CONCLUSIONS :** The revised relationships between average travel speed, time-delayed rate, and flow would be useful in estimating the Level of Service(LOS) of a two-lane highway.

#### Keywords

two-lane highway, free-flow speed, average travel speed, time-delayed rate, Level of Service (LOS)

Main Author : Moon, Jae-Pil, Senior Researcher  
Highway Research Division, SOC Research Institute, KICT  
283 Goyangdae-ro, Ilsanseo-gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea  
Tel : +82.31.910.0168 Fax : +82.31.910.0161  
email : jpmoon@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering  
http://www.ksre.or.kr/  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)

#### 1. 서론

2차로도로는 중앙선을 기준으로 하여 각 방향별로 한 차로씩 차량이 운행되는 도로를 말한다. 교통운영 측면에서 다른 도로 형태와 다른 점은 추월시거와 대향 차량

과의 간격이 확보되면 대향차로를 이용하여 고속 차량이 저속 차량을 추월할 수 있다는 것이다.

2011년도 도로연장 통계에 의하면, 총 포장도 연장 105,931km 중에서 2차로도로는 62,442km(약 74%)

로, 주요 대도시간 연결, 대도시와 인접 중도시, 중도시간을 연결하는 주요 간선도로망부터 지역내의 통행을 담당하는 보조간선도로로 기능을 하고 있다. 88올림픽 고속도로가 우리나라의 대표적인 2차로도로의 연속류 도로에 해당되며, 신호교차로가 간헐적으로 설치된 일반 국도나 지방도의 2차로도로가 연속류와 단속류 교통특성이 혼재된 2차로도로이다.

대향 차로를 이용하여 저속차량을 추월하는 2차로도로의 교통운영 특성을 서비스수준 분석에 고려하기 위해서 한국도로용량편람(1992)에서는 지체시간 백분율(PTSF, Percent Time-Spent-Following)과 평균 통행속도를 효과적으로 적용하였다. 그러나 설계속도 80km/h 이상의 도로를 대상으로 했기 때문에 분석 방법론의 적정성에 의문이 제기 되었고, 활용도가 충분하지 않았다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 2001년에 2차로도로의 용량과 서비스수준 분석 방법론을 개정한 바 있는데, 서비스수준 효과적도는 PTSF에서 총지체율로 사용하였다. 총지체율은 운전자가 희망하는 속도에 대한 지체 정도를 표현하는 척도이다. 이상적인 조건에 대한 2차로도로의 총지체율-교통량 관계곡선 그리고 평균 통행속도-교통량 관계 곡선은 Fig. 1과 같다. 2차로도로는 자유속도를 기준으로 두 가지 유형, 유형 I과 유형 II로 구분하였다. 유형 I은 설계속도 100km/h로 연속 교통류 도로로 주로 고속도로와 같은 고규격도로, 유형 II는 설계속도 80km/h로 연속 교통류 도로로 주로 일반도로에 해당된다.

2001년 도로용량편람 역시 그 이하 수준의 도로, 일부 단속류 특성 혼재 등을 반영하고 있지는 못하다. 즉 2차로도로 유형 II 중에서 간헐적으로 신호교차로가 설치된 단속류 교통특성도 혼재된 도로가 있기 때문에 같은 도로·교통 조건이라도 이러한 단속류 교통특성의 영향에 의해 자유속도가 다르게 분포될 수 있다. 이러한 다양한 2차로도로의 도로·교통 조건을 반영하기 위해서

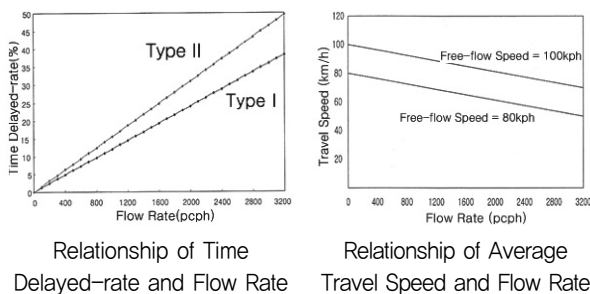


Fig. 1 Relationships of Time Delayed-rate and Average Travel Speed to Flow Rate for Two-lane Highway in 2001 KHCM

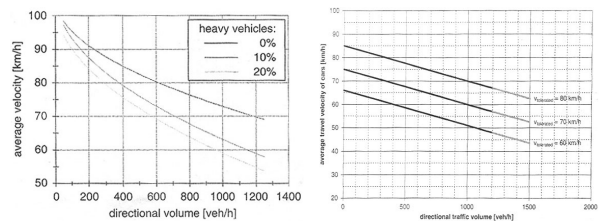
현재 정립된 자유속도를 더 세분화하여 제시할 필요가 있다. 또한, 직선 형태로 변화되는 총지체율-교통량 관계 곡선에 대한 적합성을 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 2차로도로의 이상적인 조건에 대한 평균 통행속도-교통량 그리고 총지체율-교통량 관계 곡선을 재정립하기 위해서 기존 연구결과를 검토하여 관계 곡선을 정립하기 위한 방법론을 정립하였으며, 우리나라 2차로도로의 도로·교통 여건을 조사하였다. 이러한 현장 조사와 정립된 방법론을 토대로 현재 국내 2차로도로 여건을 반영한 관계 곡선을 정립하였다.

## 2. 관련 문헌 고찰

R. Tapio Luttinen 연구(2006)는 핀란드의 2차로도로에서 관측된 교통량 자료를 토대로 속도-교통량 관계 곡선을 정립하고, 이를 통하여 방향별 분포비에 따른 통행속도와 용량에 미치는 영향을 정량적으로 제시하였다. 통행속도와 교통량 관계 곡선은 직선 관계보다는 곡선 관계가 더 적합한 것으로 나타났다. 또한, 대향 방향 교통량의 영향을 받는 것으로 분석되었다(R. Tapio Luttinen, 2000).

독일에서는 2차로도로 현장에서 수집된 교통류 자료를 토대로 시뮬레이션을 사용하여 Fig. 2와 같이 중차량 비율에 따른 속도-교통량 관계 곡선을 도출하였다. 또한, 양방향 2차로 터널내의 속도-교통량 관계 곡선을 보여주고 있다(Werner Brilon et al., 2006).



Relationship of Average Velocity and Directional Traffic Volume by Percentage of Heavy Vehicles  
Relationship of Average Travel Speed and Directional Traffic Volume in Two-lane Two-way Tunnel

Fig. 2 Relationship between Speed and Volume in Germany

미국도로용량편람(이하 USHCM 2000)의 2차로도로 분석 방법론에서 일방향 분석 방법은 양방향 분석 방법에 비해 PTSF(Percent Time Spent Following)를 과대평가하며, 같은 도로·교통 조건에서 다른 서비스수준으로 평가하는 문제점이 나타났다. 이러한 문제점을 해

결하기 위해서 USHCM(2010)에서는 2차로도로 교통량 수준에 따른 평균 통행속도와 지체시간 백분율의 관계를 재정립하였다(Fig. 3 참조).

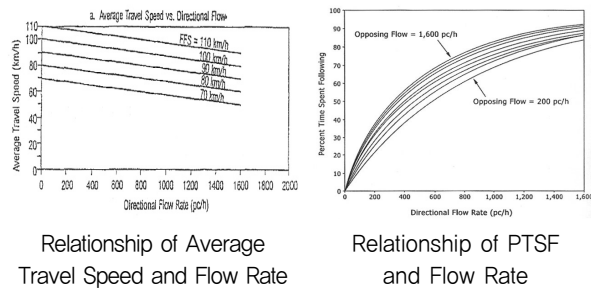


Fig. 3 Relationship of PTSF and Average Travel Speed to Flow Rate in 2010 USHCM

### 3. 2차로 도로 및 교통류 특성

#### 3.1. 2차로 도로 특성

국내 2차로도로 도로·교통여건을 조사하기 위하여 연평균 일교통량(AADT)이 10,000대/일 이상인 유형 II에 해당되는 2차로도로 중 무작위로 선정하여 총 70개 구간을 대상으로 도로·교통현황을 조사하였다. 지방지역을 중심으로 도로 주변이 개발된 구간(시가지 등)을 통과하는 2차로도로는 조사대상에서 제외시켰다. 조사대상 2차로도로에 대한 조사는 차량을 주행하면서 비디오 촬영에 의해 이루어졌다.

Table 1과 Fig. 4는 조사된 대상구간의 도로특성을 보여주고 있다. 모든 조사 대상구간의 제한속도는 60km/h이다. 조사결과에 의하면, 평균 신호등 밀도는 0.28개/km, 황색 점멸 신호등 밀도는 0.57개/km, 그리고 비신호교차로 밀도는 1.97개/km로 각각 나타났다. 2차로도로는 신호교차로간 간격이 2km 이상이며, 대부분 부도로와 교차하는 지점은 비신호교차로나 황색 점멸 신호등으로 운영되는 것으로 나타났다.

또한, 추월허용 구간은 조사구간의 총 길이 554.1km 중에서 5.3km(약 1%)로 대부분 2차로도로에서 추월허용 구간을 설치·운영하지 않는 것으로 나타났다. 이는 선형조건이 비교적 양호하면서 수요가 어느 정도 있는

Table 1. The Characteristics of Two-lane Highways

| Total Length (km) | Average Signalized Intersection Density (points/km) | Average Flashing Yellow Light Density (points/km) | Average unsignalized Intersection Density (points/km) | Passing Zones (km) |
|-------------------|---|---|---|--------------------|
| 554.1             | 0.28  | 0.57  | 1.97  | 5.3                |

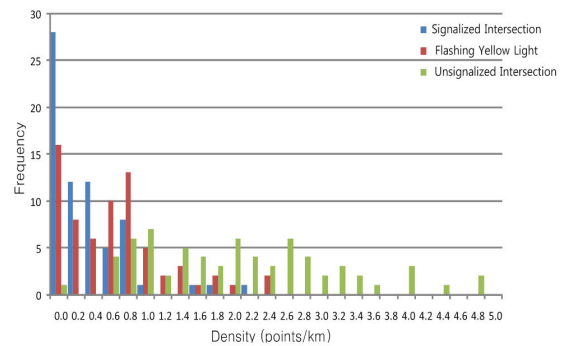


Fig. 4 Density (points/km) of Traffic-controlled Intersection Type in Two-lane Highway

2차로도로를 지속적으로 4차로로 확장한 결과, 남아있는 2차로도로의 기하구조여건이 상대적으로 양호하지 않는 경우가 많아졌기 때문에 판단된다.

#### 3.2. 2차로도로 교통류 특성

2차로도로 유형에 대한 교통류 특성을 분석하기 위해 이동식 장비, NC-97을 설치하여 각 지점에서 속도와 교통량 자료를 수집하였다. 조사지점은 교통량 이외에 속도에 영향을 미치는 다른 도로·교통 요인이 없는 구간으로, 차로 폭이 3.5m 이상이며 평지·직선 구간, 추월이 허용되지 않는 구간에 해당된다. 국내 2차로도로 중 최상위 수준의 도로인 88고속도로(제한속도 80km/h)의 몇 개 지점에서 교통자료를 수집하였다. 88고속도로는 기존 도로용량편람(2001)의 유형 정의에 따르면 2차로도로 유형 I에 해당된다. Fig. 5는 이 도로의 속도-교통량 관계를 보여주고 있다. 분석 결과에 의하면, 자유속도는 110km/h에서 70km/h 사이로 관측되었으며, 속도와 교통량 관계는 직선 관계로 속도는 교통량이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 제한속도 60km/h인 2차로 지방도 두 개 지점(강화도, 일산)에서 이동식 검지기(NC-97)를 설치하여 속도와 교통량 자료를 수집하였다. 기존 도로용량편람(2001)의 2차로도로 유형구분 기준에 따르면 두 개의 지방도는 유형 II에 해당된다. 88고속도로와 같이 속도는 교통량 증가에 따라 완만하게 직선형태로 감소하는 것으로 나타났다. 자유속도는 80km/h에서 60km/h 사이로 관측되었다. 아울러 도로용량편람 개정 및 보완연구 수행 시 수집된 2000년의 2차로 동해고속도로와 일반도로에서 관측된 속도와 교통량을 2011년에 관측된 자료와 비교하였다. 2000년과 2011년 2차로도로의 교통량 수준에 따른 속도변화는 비슷한 패턴으로 나타났다.

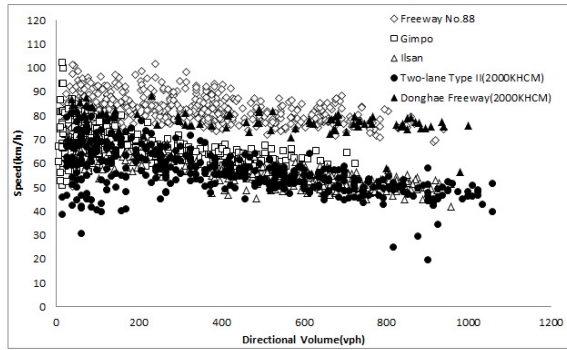
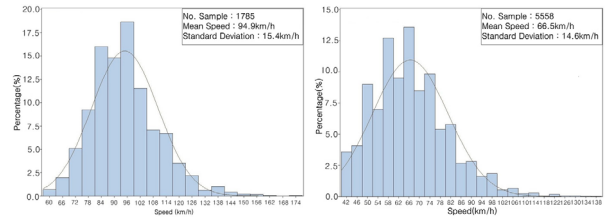


Fig. 5 Pattern of Speed-Directional Volume Observed in Two-lane Highways

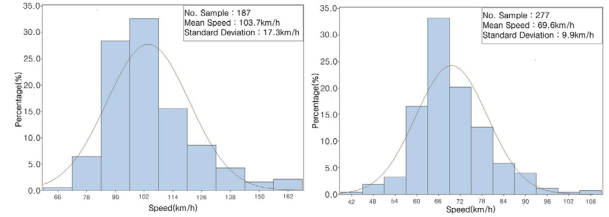
일방향에 대하여 교통량 수준에 따라 속도에 미치는 경향 분석 이외에 한 지점에서 이동식 검지기에 관측된 자료를 토대로 교통량 수준이 200대/시 이하, 차량간 차두시간 20초 이상, 차량길이 8m 이하인 차량을 대상으로 자유속도를 분석하였다. Fig. 6과 7에서는 제한속도 80km/h인 2차로 고속도로와 제한속도 60km/h의 일반도로에서 측정한 승용차에 대한 자유속도 경향을 보여주고 있다. 또한, 본 연구에서 관측한 자유속도 자료 이외에 2000년에 수집된 도로용량편람 개정연구에서 관측된 자유속도 자료와 같이 비교·검토하였다. 2000년 자유속도 자료는 차량번호판 기법을 이용하여 일정한 구간에서 통행한 시간을 관측하여 속도를 산정한 것이다.

2차로도로 유형 I에 해당되는 88고속도로에서 관측된 승용차 자유속도는 95km/h(표준편차 15.4km/h)로 제한속도보다 약 15km/h 높게 나타났다. 2001년 자료의 경우 동해고속도로에서 관측된 평균 자유속도는 103km/h(표준편차 17.6km/h)로 분석되었다. 2차로도로 유형 II에 해당되는 제한속도 60km/h인 지방도에서 관측된 자유속도는 67km/h(표준편차 14.6km/h)이며, 2001년 자료의 경우 승용차 자유속도는 69km/h(표준편차 9.8km/h)로 분석되었다. 비교분석 결과에 의하면, 2차로도로 유형별 자유속도는 현재와 과거 간에 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한, 같은 2차로도로 유형이라도 자유속도가 다르다는 것을 알 수 있다.

따라서, 2차로도로 도로·교통여건 조사자료와 유형별 자유속도 분포도 검토 결과를 토대로 2001년 도로용량편람에서 정립한 100km/h와 80km/h 자유속도를 더 세분화하여 평균 통행속도-교통량 관계곡선을 정립할 필요가 있다.

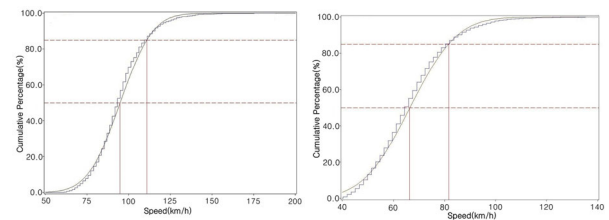


Two-lane Highway Type I (Observed Data) Two-lane Highway Type II (Observed Data)

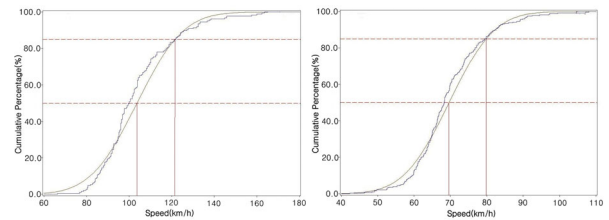


Two-lane Highway Type I (2001KHCM Data) Two-lane Highway Type II (2001KHCM Data)

Fig. 6 Distribution of Free-flow Speed by Type of Two-lane Highway



Two-lane Highway Type I (Observed Data) Two-lane Highway Type II (Observed Data)



Two-lane Highway Type I (2001KHCM Data) Two-lane Highway Type II (2001KHCM Data)

Fig. 7 Cumulative Distribution of Free-flow Speed by Type of Two-lane Highway

## 4. 2차로도로 속도-총지체율-교통량 관계 곡선 정립

### 4.1. 2차로도로 속도-교통량 관계 곡선 정립

평균 통행속도-교통량 관계곡선 정립은 2차로도로의 이상적인 조건을 대상으로 수행되었다. 우리나라에서 이상적인 조건을 만족하는 2차로도로가 거의 없기 때문에 현장 관측 자료보다는 시뮬레이션을 이용하여 관계

를 정립하는 것이 타당하다고 판단된다. 현재 2차로도로를 구현할 수 있는 micro-simulation은 VISSIM, Paramics, TWOPAS 등이 있지만, TWOPAS를 제외한 프로그램은 대향 차로를 이용하여 저속차량을 추월하는 행위를 구현하기가 어렵다. 따라서 본 연구에서는 2차로도로 TWOPAS 모델을 선정하였다. 우리나라 2차로도로도로·교통 여건을 반영하기 위한 TWOPAS에 대한 정산은 현장에서 관측된 자유속도 분포와 교통량 수준에 따른 추종 차량군 비율을 적용하였다. 그러나 사용자가 정산하기 힘든 추월행위 관련 모델 매개변수 값은 우리나라에서도 같다는 가정을 하였다.

다음과 같은 실험조건을 2차로도로로 평균 통행속도-교통량 관계 곡선을 정립하기 위해서 TWOPAS 모델에 적용하였다.

1) 도로 조건

- 차로 폭 : 3.5m 이상
- 측방여유폭 : 1.5m 이상
- 추월허용구간 100%인 도로
- 승용차만으로 구성된 교통류
- 교통통제 또는 회전 차량으로 인하여 직진 차량이 방해받지 않는 도로

2) 교통조건

- 분석대상 진행방향 교통량 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600대/시
- 대향방향 교통량 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600대/시
- 자유속도 69.6km/h(표준편차 9.8km/h), 103km/h(표준편차 17.6km/h)
- TWOPAS에서 차량군 비율 :

$$PTSF = 100 \times (1 - \exp^{-a \times V}) \quad (1)$$

여기서,

*PTSF* : 차량군 비율(%)

*V* : 교통량(대/시)

*a* : 매개변수, 0.00277

TWOPAS에서 제공하는 차량군 비율 산정 공식의 매개변수 값은 본 연구에서 현장조사를 이용하여 비선형 회귀분석을 통해 그 매개변수 값을 0.00277로 산출·적용하였다. TWOPAS에서 구현한 2차로도로로 총 길이는 3km, 총 시뮬레이션 도로·교통 조건은 162개(9·9·2)인데, TWOPAS는 미시적 시뮬레이션 프로그램이기 때문

에 각 시나리오별로 시뮬레이션 난수(random seed)를 달리하여 5번씩 반복 실시하여 총 810번(162·5) 시뮬레이션을 수행하였다.

Fig. 8은 시뮬레이션 결과 자유속도, 진행방향과 대향 교통량 수준별 평균 통행속도에 미치는 영향 정도를 보여주고 있다. 시뮬레이션의 평균 통행속도-교통량 관계 패턴은 앞에서 언급한 현장 관측자료의 평균 통행속도-교통량 경향과 같이 통행속도는 교통량 증가에 거의 직선관계로 영향을 받는 것으로 나타났다.

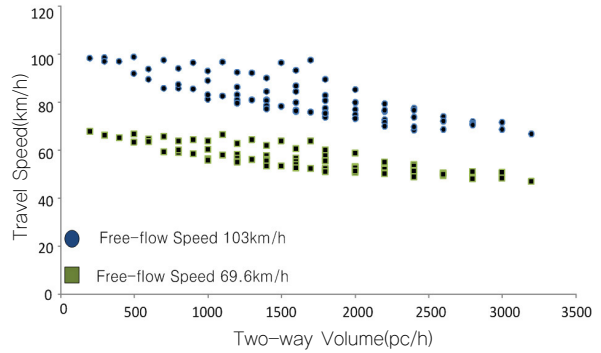


Fig. 8 Pattern of Travel Speed and Two-way Volume by Free-flow Speed

이상적인 조건에 대한 2차로도로로 평균 통행속도-교통량 관계식 정립을 위해서 최대 자유속도(103km/h)와 각 시뮬레이션 결과 값에 해당되는 자유속도간의 차이를 산정한 다음, 각 시뮬레이션 통행속도에 그 차이 값을 합산하였다. 이렇게 가공된 통행속도 자료와 통행속도에 대한 진행방향 교통량과 대향 교통량의 직선 함수 형태로 제안하였고, 이러한 직선 함수를 토대로 통계적 분석(PROC MIXED, SAS)을 통하여 평균 통행속도 예측 모델을 개발하였다. Table 2는 진행방향 교통량과 대향 교통량 수준에 따른 통행속도에 영향을 미치는 정도를 보여주고 있는데, 진행방향과 대향 교통량 수준에 따라 통행속도가 직선으로 감소하는 관계로 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

Table 2. Parameters of Travel Speed Prediction Model

| Variable         | Parameter Value | Standard Error | t-value | p-value |
|------------------|-----------------|----------------|---------|---------|
| Intercept        | 99.4            | 0.9555         | 104.01  | <0.001  |
| Directional Flow | -0.0132         | 0.0008         | -17.29  | <0.001  |
| Opposing Flow    | -0.0037         | 0.0008         | -4.84   | <0.001  |

이러한 통계적 분석 결과를 토대로 다음 식과 같이 이상적인 조건에 대한 2차로도로로의 평균 통행속도-교통량 예측 모델을 제시하였다.

$$ATS = FFS - 0.0132 \times V_d - 0.0037 \times V_o \quad (2)$$

여기서,

ATS : 평균통행속도(km/h)

FFS : 자유속도(km/h)

$V_d$  : 진행방향 교통량(승용차/시)

$V_o$  : 대향방향 교통량(승용차/시)

Fig. 9는 본 연구에서 정립된 2차로도로 평균 통행속도-교통량 예측 모델을 토대로, 방향별 분포 비율 50:50에 대하여 자유속도(100km/h, 90km/h, 80km/h, 70km/h)별 진행방향 교통수준별 자유속도 감속 정도를 제시한 것이다.

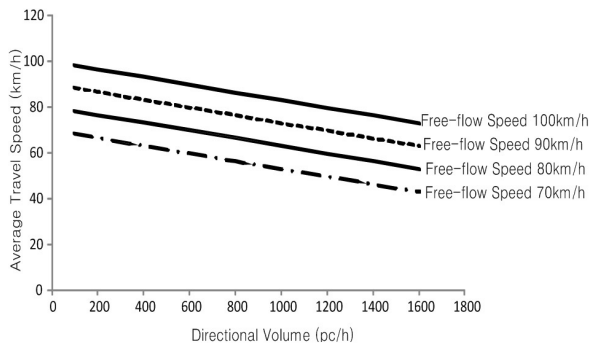


Fig. 9 Relationship of Travel Speed and Flow Rate

#### 4.2. 2차로도로 총지체율-교통량 관계 곡선 정립

2차로도로 평균 통행속도-교통량 관계식 정립 시 적용되었던 도로·교통 조건과 TWOPAS 프로그램을 토대로 이상적인 조건에 대한 총지체율-교통량 관계를 검토하였다. 마찬가지로, 2차로도로 총 시뮬레이션 길이는 3km이며, 각 도로·교통 시나리오별로 난수를 달리하여 5번씩 반복 실시하여 총 810번(9·9·2·5) 시뮬레이션을 수행하였다. 각 도로·교통 조건별로 자유속도와 시뮬레이션으로부터 평균 통행속도를 비교하여 총지체율을 산정하였다.

Fig. 10은 진행방향과 대향 교통량 수준별로 총지체율에 미치는 영향을 보여주고 있다. 이상적인 조건에서 총지체율은 진행방향과 대향 교통량 수준이 증가할수록 로그 곡선 형태로 증가하는 것으로 나타났다. 총지체율이 교통량 수준에 따라 직선 형태로 영향을 미치는 것으로 제시한 기존 한국도로용량편람과 다소 다른 결과를 보여주고 있다. 또한, Fig. 11에서 보여주는 것과 같이, 자유속도 103km/h와 69.6km/h간에 대향 교통량 수준에 따라 총지체율에 미치는 영향 정도는 비슷한 것으로 나타났다. 따라서, 총지체율-교통량 관계는 자유속도에 관계없이 한 개

의 관계 곡선으로 제시하는 것이 타당하다고 판단된다.

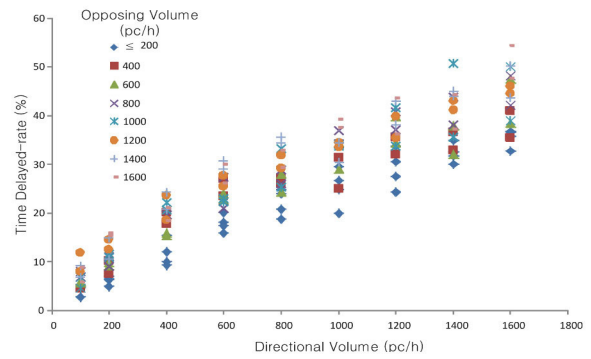


Fig. 10 Time Delayed-rate (%) by Directional and Opposing Flow Rate

시뮬레이션으로부터 도출된 총지체율-진행방향과 대향 교통량 패턴과 기존 연구결과를 토대로 다음과 같은 지수 관계식을 제안하였다. 제안된 모델을 가지고 비선형 회귀분석(PRO NL MIXED, SAS)을 수행하였으며, Table 3과 Fig. 11은 대향 교통량 수준별로 관련 비선형 모델의 매개변수 값들에 대한 통계적 결과와 관측값과 이론값 간의 비교를 보여주고 있다. 매개변수 값들은 통계적으로 유의한 것으로 나타났다.

$$D = 100 \times (1 - e^{(a \times V_d^b)}) \quad (3)$$

여기서,

$D$  : 총지체율(%)

$V_d$  : 진행방향 교통량(승용차/시)

$a, b$  : 매개변수 값

Table 3. Parameters of Time Delayed-rate Prediction Model

| Opposing Flow(pc/h) | Parameter | Parameter Value | Standard Error | t-value | p-value |
|---------------------|-----------|-----------------|----------------|---------|---------|
| 200                 | a         | -0.00075        | 0.000217       | -3.44   | 0.0015  |
|                     | b         | 0.8650          | 0.04154        | 20.82   | <0.0001 |
| 400                 | a         | -0.00304        | 0.001074       | -2.83   | 0.0111  |
|                     | b         | 0.6885          | 0.05099        | 13.50   | <0.0001 |
| 600                 | a         | -0.00156        | 0.000633       | -2.46   | 0.0245  |
|                     | b         | 0.7934          | 0.05849        | 13.57   | <0.0001 |
| 800                 | a         | -0.00192        | 0.000595       | -3.22   | 0.0047  |
|                     | b         | 0.7789          | 0.04465        | 17.44   | <0.0001 |
| 1000                | a         | -0.00202        | 0.001045       | -1.99   | 0.0694  |
|                     | b         | 0.7719          | 0.07457        | 10.35   | <0.0001 |
| 1200                | a         | -0.00459        | 0.000923       | -4.98   | <0.0001 |
|                     | b         | 0.6570          | 0.02912        | 22.57   | <0.0001 |
| 1400                | a         | -0.00403        | 0.001249       | -3.23   | 0.0047  |
|                     | b         | 0.6856          | 0.04490        | 15.27   | <0.0001 |
| 1600                | a         | -0.00309        | 0.001171       | -2.64   | 0.0165  |
|                     | b         | 0.7242          | 0.05471        | 13.24   | <0.0001 |

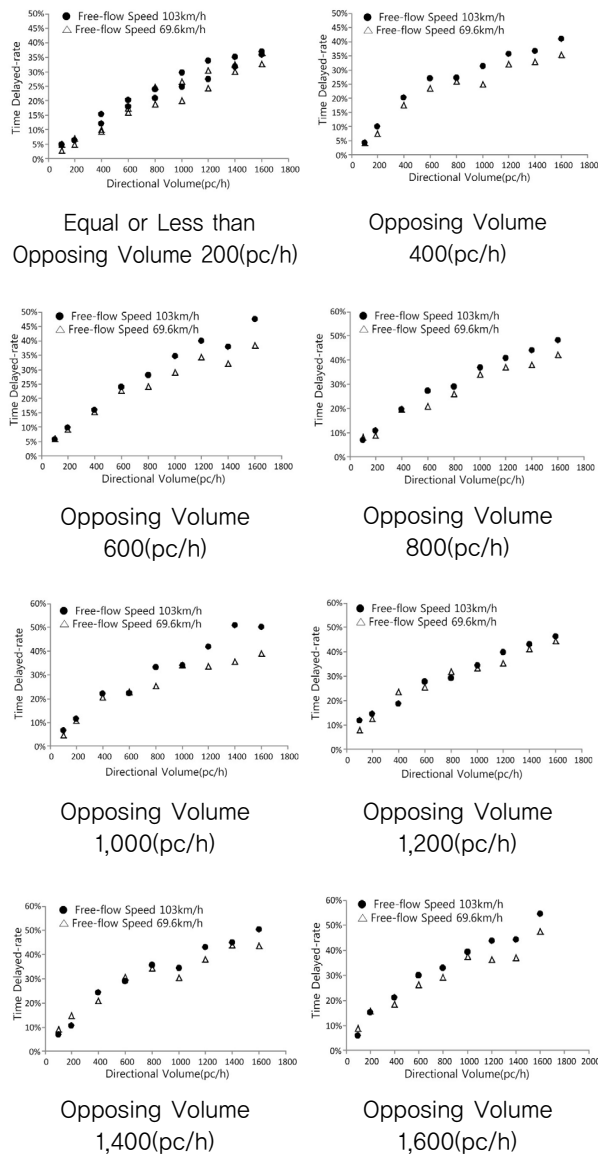


Fig. 11 Relationship of Time Delayed-rate and Directional Flow Rate for Free-flow Speed and Opposing Flow Rate

비선형 회귀분석 결과를 토대로 이상적인 조건에 대한 2차로도로 총지체율-교통량 관계 곡선과 산정 모델을 제시하였다. 대향 교통량 800(승용차/시)와 1000(승용차/시), 1200(승용차/시)에서 1600(승용차/시)에 대한 총지체율-교통량 관계 패턴을 비교한 결과, 총지체율에 미치는 교통량 수준의 영향 정도가 유사한 것으로 나타났다.

따라서 Fig. 12와 Table 4에서 이상적인 조건에 대한 2차로도로 대향 교통량 수준별 총지체율 관계 곡선 및 예측 모델의 매개변수 값들을 제시하였다.

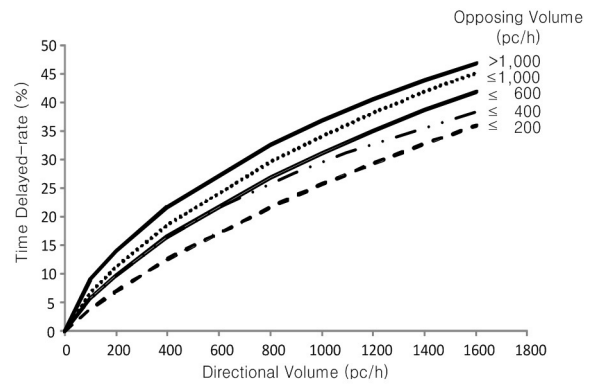


Fig. 12 Relationship of Time Delayed-rate and Flow Rate

Table 4. Parameters of Time Delayed-rate Prediction Model with Base Conditions for Two-lane Highways

| Opposing Flow(pc/h) | Parameter | Parameter Value |
|---------------------|-----------|-----------------|
| ≤ 200               | a         | -0.00075        |
|                     | b         | 0.8650          |
| ≤ 400               | a         | -0.00304        |
|                     | b         | 0.6885          |
| ≤ 600               | a         | -0.00156        |
|                     | b         | 0.7934          |
| ≤ 1000              | a         | -0.00197        |
|                     | b         | 0.7754          |
| >1000               | a         | -0.00403        |
|                     | b         | 0.6856          |

## 5. 결론

2차로도로는 도로·교통여건에 따라서 지역간 이동성 혹은 지역내의 접근성을 주 기능으로 하고 있다. 도로·교통 현황 조사에 의하면, 2차로도로는 높은 통행속도 기대와 이동성이 강조되는 유형, 높은 통행속도는 기대하지 않지만 이동성과 접근성을 기능하는 연속류와 단속류 교통특성이 혼재된 2차로도로로 구분된다. 이러한 2차로도로 도로·교통 특성을 2001년 도로용량편람의 2차로도로 서비스수준 분석의 기초가 되는 평균 통행속도-교통량, 총 지체율-교통량 관계 곡선에 반영할 필요가 있다.

평균 통행속도-총 지체율-교통량 관계 곡선 검토 및 재정립을 위해서, micro-simulation 프로그램인 TWOPAS 모델을 적용하였다. 승용차 자유속도와 추종차량 비율은 우리나라 2차로도로에서 관측된 자료를 토대로 TWOPAS 모델에 반영하였다. 현장자료와 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 2차로도로의 평균 통행속

도-총 지체율-교통량 관계 곡선을 재정립한 결과, 2001년 도로용량편람과의 차이점은 다음과 같다.

1. 자유속도 100km/h와 80km/h 이외에 90km/h와 70km/h에 대한 평균 통행속도-교통량 관계 곡선을 추가하였다. 이것은 도로·교통 조사에 의하면 현 2차로도로는 연속류 교통특성뿐만 아니라 단속류 교통특성도 혼재되었거나 보다 열악한 2차로 기하구조 조건이 더 다양한 자유속도가 존재하는 것으로 나타났다.
2. 기존 총 지체율-교통량 관계 곡선은 대향 교통량에 따른 총 지체율에 미치는 영향 정도를 반영하지 않았으며, 도로 유형으로 구분하여 직선 관계 형태로 제시하였다. 그러나 시뮬레이션 결과와 기존 연구결과에 의하면, 총 지체율은 교통량 수준에 따라 직선 관계보다는 곡선 형태로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한, 대향 교통량 수준별로 총 지체율에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

본 연구는 이상적인 조건(평지구간, 승용차로 구성, 방향별 분포도 50:50, 추월 허용구간 100%)에 대하여 평균 통행속도-총 지체율-교통량 관계 곡선을 정립한 것이다. 이상적인 조건을 만족하지 못하는 도로·교통 조건(방향별 분포 비율, 추월 허용구간 비율, 특정경사 등)이 평균 통행속도와 총 지체율에 미치는 영향정도를 반영하는 보정계수를 새롭게 정립할 필요가 있다. 비록 TWOPAS 모델에 우리나라 2차로도로에서 관측된 자유속도 분포도와 추종 차량 비율을 반영하였지만, 다양한 도로·교통 조건에 따른 현장 관측 교통류 자료를 수집하여 시뮬레이션 결과와 타당성 검토를 할 필요가 있다. 마지막으로 신호교차로와 같은 단속류 도로·교통 특성이 혼재된 2차로도로에 대한 서비스분석 방법론도 재정립이 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(에너지 절약형 경량 VMS 개발(2차))의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

- Ahmed Al-Kaisy and Zachary Freedman, 2010. Estimating Performance on Two-Lane Highways, Case Study Validation of a New Methodology, Transportation Research Record 2173, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 72-79.
- Harwood, D. W., May, Adolf D., and Anderson, Ingrid B., 1999. NCHRP Project 3-55(3) : Capacity and Quality of Service of Two-Lane Highways, Final Report, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Harwood, D. W., May, Potts, Ingrid B., and Bauer, Karin M., 2003. NCHRP Project 20-7(160) : Two-Lane Roads Analysis Methodology in The Highway Capacity Manual, Final Report, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Highway Capacity Manual, 2001. Ministry of Construction & Transportation  
(도로용량편람, 2001. 건설교통부)
- Highway Capacity Manual. Special Report 209, 2000. National Research Council: Washington D.C., Transportation Research Board.
- Highway Capacity Manual. Special Report 209, 2010. National Research Council: Washington, D.C., Transportation Research Board.
- Luttinen R.T, 2000. Level of Service on Finnish Two-lane Highways, Fourth International Symposium on Highway Capacity, pp 175-187
- Messer, C. J., 1983. NCHRP Report 3-28A: Two-Lane Two-Way Rural Highway Capacity, Final Report, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Study of Revising Highway Capacity Manual, 2000. Final Report(Two-phase), Ministry of Construction & Transportation, Korea.  
(도로용량편람 개선 연구, 2000. 최종보고서(2단계), 건설교통부)
- Werner Brilon and Frank Weiser, 2006. Two-Lane Rural Highways: The German Experience, Transportation Research Record 1988, TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 38-47.  
(접수일 : 2012. 7. 9 / 심사일 : 2012. 7. 10 / 심사완료일 : 2012. 10. 30)