

# 자연친화적인 급내리막 직선부에서 GHG 배출지표에 근거한 속도유지표준화 형태의 교통정온화

## Effect of Traffic Calming Using Speed-Maintained Standardization on Environment-Friendliness of Downward Slope Location based on GHG Emission Indicators

홍수정 Hong, Su-Jeong  
오흥운 Oh, Heung-Un

경기대학교 공과대학 도시·교통공학과 연구원 (E-mail : dew-h@nate.com)  
정희원 · 경기대학교 공과대학 도시·교통공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : ohheung@gmail.com)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** In this paper, the effectiveness of speed-maintained standardization in road geometry on environmental impact at a downward slope location, based on greenhouse gas (GHG) emission indicators, was studied. Specifically, the aim of this study was to ascertain whether speed-maintained standardization resulted in decreased CO<sub>2</sub> emissions as well as noise pollution, due to reduced vehicle speeds.

**METHODS :** In this study, speed-maintained standardization in road geometry was proposed as a means to reduce vehicle speeds, with a view to reducing CO<sub>2</sub> emissions and noise pollution. This technique was applied at a downward slope location. The vehicle speeds, CO<sub>2</sub> emissions, and noise levels before and after application of speed-maintained standardization were compared.

**RESULTS :** It was found that speed-maintained standardization was effective as a means to reduce speed, as well as CO<sub>2</sub> emissions and noise pollution. By applying speed-maintained standardization, it was confirmed that vehicle speeds were reduced consistently. As a result, CO<sub>2</sub> emissions and noise levels were decreased by 9% and 11%, respectively.

**CONCLUSIONS :** This study confirmed that speed-maintained standardization in road geometry is effective in reducing vehicle speeds, CO<sub>2</sub> emissions, and noise levels. Moreover, there is further scope for the application of this method in the design of roads in urban and rural areas, as well as in the design of highways.

### Keywords

*speed-maintained standardization, vehicle speeds, CO<sub>2</sub> emissions, noise pollution, highway design*

Corresponding Author : Oh, Heung-Un, Professor  
Department of Urban & Transportation Engineering College of Engineering,  
Iui-dong San 94-6, Yongtong-gu, Suwon-si, Kyonggi-do, 16227, Korea  
Tel : +82.31.249.9742 Fax : +82.31.244.6300  
E-mail : ohheung@gmail.com

International Journal of Highway Engineering

<http://www.ksre.or.kr/>

ISSN 1738-7159 (print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Jan. 19, 2016 Revised Jan. 26, 2016 Accepted Mar. 30, 2016

## 1. 서론

### 1.1. 속도유지표준화의 정의

속도유지표준화란 차량주행속도의 제어를 위해 시케인 기법을 사용하여 설계기준을 정형화한 것이다. 속도유지표준화는 차로폭을 축소하여 여유폭을 확보하고, 설계속도에 따른 곡선반경을 차로계획에 적용한 것으로

설계속도별로 곡선반경, 도로교각, 단위구간의 길이(곡선길이, 곡선부의 최단 직선길이)가 표준화되어있는 것을 말한다.

### 1.2. GHG 배출지표의 정의

GHG(Green House Gas)는 연료 연소에 의해 발생

되는 온실가스로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>)을 말하며, 가장 크게 영향을 미치는 온실 가스는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)이다.

GHG 배출지표란 단위 주행거리 및 운행시간당 연료소비량을 기반으로 한 GHG 배출량을 의미한다. 본 연구는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 중심으로 한다(교통안전공단).

### 1.3. 연구 배경 및 목적

자연친화적인 급내리막 직선부도로는 보행자의 안전을 보장하고, 도로인근거주자의 편의를 도모하며 관광지 내부의 자연환경을 보호해야 하는 필요성을 가지고 있다. 많은 사례에서 자연친화적인 도로의 평면선형 직선부와 급곡선부에서는 속도제한표지와 과속방지카메라, 과속방지턱 등의 규제에 의해 차량 주행속도를 제한하고 있는데, 이러한 규제에 의한 속도제어방식은 실제 운전자들의 준수율이 미비한 실정이다. 이에 따라 자연친화적인 도로를 주행하는 차량은 도로제한속도 이상으로 가속주행할 수 있으며, 이로 인해 발생하는 자동차 탄소가스와 소음은 보행자와 도로인근거주자 및 자연환경에게 피해를 유발할 수 있다.

자연친화적인 급내리막 직선부도로를 주행하는 차량의 가속으로 인해 발생하는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 등의 자동차 탄소가스는 기체 상태나 미세입자물질이며 도로 위에서 바로 배출된다. 따라서 직접적으로 노출되므로 자연친화적인 주변도로의 보행자와 도로인근거주자 및 자연환경에게 미치는 영향은 치명적일 수 밖에 없다(이승호, 2005). 특히, 자동차에서 배출되는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)는 온실가스 중에서 인위적 요인에 의해 가장 많이 배출되는 물질로서 이로 인해 도로인근거주자들은 오염된 공기에 노출되기 쉬우며 호흡기 질환 등의 각종 건강문제가 발생하기도 한다(주진운, 2015).

또한 환경분쟁위원회의 2010년부터 2014년도까지의 통계자료에 따르면, 공사장의 소음을 제외하고 접수되는 민원 중 42%가 교통 등으로 인한 소음피해가 차지한다. 이는 소음이 인체에 직접적으로 감지되는 것이기 때문이라고 할 수 있다(강준모; 이성경, 2006). 따라서 자연친화적인 급내리막 직선부도로를 주행하는 차량의 가속으로 인해 발생하는 소음은 자연친화적인 도로의 인근거주자들에게 청각장애나 정신적인 스트레스, 수면방해, 집중력 저하 등의 피해를 지속적으로 야기할 수 있

다(강상준; 김동영, 2010). 한편, 자연친화적인 급내리막 직선부도로의 소음은 생태계에 서식하는 야생동물에게도 치명적일 수 있다. 연합뉴스(2009)에 따르면 주변도로의 자동차 소음으로 인해 야생동물의 먹이찾기와 짝짓기 등을 방해하며, Arévalo, Newhard(2011)에 따르면 교통 소음으로 인해 조류 개체 수에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 자연환경에 서식하는 야생동물 개체수를 감소시켜 먹이사슬에 영향을 줄 수 있으며, 야생동물의 기대수명을 감소시킬 수 있다(Trina; Lenore, 2009).

결과적으로 자연친화적인 급내리막 직선부도로를 주행하는 차량의 주행속도와 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량, 소음발생량이 보행자와 도로인근거주자 및 관광지 내부의 자연환경과 야생 동식물에게 피해를 야기할 수 있으므로 이를 위한 개선방안이 필요하다. 하지만 현재 자연친화적인 급내리막 직선부도로를 주행하는 차량의 가속주행과 그로 인해 발생하는 자동차 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 소음을 개선하는 효과적인 대안은 없는 실태이다.

이에 따라 본 연구에서는 에코드라이빙(친환경운전)의 방법으로 기하구조를 평면적으로 개선하는 속도유지표준화의 적용을 기준으로 하여 차량 주행속도와 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량, 소음발생량을 분석하고자 한다. 또한 속도유지표준화 적용 전과 적용 후의 분석결과를 비교하여 개선효과를 검증하고자 한다. 결과적으로 속도유지표준화를 통해 차량 주행속도를 일정하게 유도하고, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량, 소음발생량을 감소시킴으로써 자연친화적인 급내리막 직선부도로의 친환경적이고 효과적인 개선방법으로 속도유지표준화를 제안하고자 한다.

## 2. 국내 연구문헌 고찰

### 2.1. 주행속도 감소를 위한 속도유지표준화 연구

도로선형의 기하구조를 통하여 주행속도를 개선하는 속도유지표준화를 연구하기 위한 대표적인 사례로 시케인이 있다.

시케인은 도로상 연석을 확장시키거나 반대방향의 교통섬을 확장시켜서 도로의 선형이 'S'자 형태가 되도록 만든 구간이다(정경옥 외, 2011). 이는 도로를 주행하는 운전자가 차량 주행속도를 감소시킬 수 있도록 시각적으로 도로가 굽어 있음을 보여주는 효과가 있다. 이와 반대로 도로의 긴 직선부 길이는 차량의 가속주행을 발

생시키며 안전상의 위험과 지나친 탄소배출량을 유발시킬 수 있다.

## 2.2. 탄소배출 저감을 위한 속도유지표준화 연구

이형원(2015)에 따르면 기하구조 조건을 통한 탄소배출 저감을 위해 차량 최대속도를 고려한 곡선부 곡선반경과 직선부 구간 길이의 최대값 조건을 제안하였다.

Fig. 3은 곡선반경과 직선부 구간 길이를 나타냈다. 곡선부 구간에서 적정속도를 유지하기 위하여 설계속도(허용속도)와 곡선반경의 관계식에 따른 곡선반경의 최대값의 적용을 제안한다. 직선부 구간에서 속도 증가 허용률(%) 이상의 가속을 억제하기 위하여 차량 가·감속거리 산출식에 따라 산출된 직선부 길이의 최대값의 적용을 제안한다.

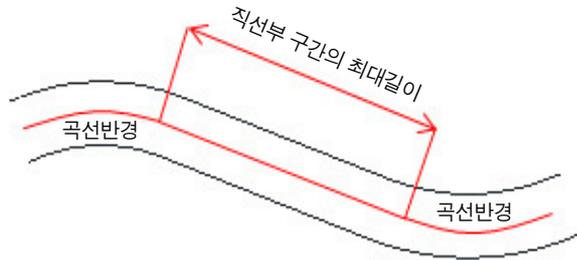


Fig. 1 Definition of Elements of Chicane (Lee, 2015)

위의 연구는 굴절부에 의한 차량의 최저속도에만 초점을 둔 기존 시케인 연구에서 더 나아가 차량의 적정속도의 유지를 통한 속도 저감과 탄소배출 저감까지 고려한 점에서 차별성이 있다.

## 3. 방법론

### 3.1. 대상지 특성

- 위치 : 충청북도 청주시 상당구 산성동 상당산성 부근 제 1터널
- 도로연장 : 393m
- 차로폭 : 3.0m × 2 (왕복)
- 곡선반경 : 59.7m
- 곡선반경에 따른 설계속도 : 42.49km/h

Fig. 2는 대상지의 위성사진이다.



Fig. 2 Satellite Picture of Target Area

Fig. 3은 대상지의 도로에 본 연구의 속도유지표준화를 적용하기 전과 후의 도로선형을 비교하였다.

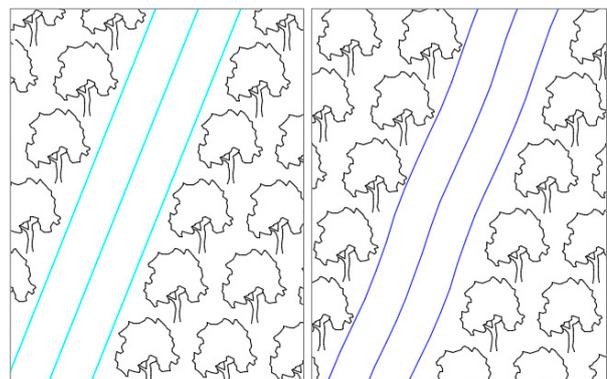


Fig. 3 Target Area Road Before(Left) and After(Right) the Application Speed-Maintained-Standardization

### 3.2. 주행속도 분석방법

다음은 주행속도 분석방법의 개요이다. 주행속도분석 방법은 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선전주행 방식과 개선후주행방식으로 나누어 분석한다.

개선전 주행방식의 경우에는 도로 제한속도인 40km/h를 준수하지 않는 차량이 많으나, 개선후주행방식의 경우에는 차량속도가 40km/h로 개선된다. Table 1은 속도유지표준화 적용에 의한 개선 전후의 주행방식의 특성을 비교하였다.

Table 1. Driving Characteristics Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

|                       | Before improvement  | After improvement  |
|-----------------------|---|--|
| Definition            | Driving characteristic of present road geometry state condition | Driving characteristic of improvement by design speed for radius of curve road connected straight road |
| Speed limit           | 40km/h  | 40km/h   |
| Speed control method  | Speed limit method of regulation by road sign                   | Physical speed limit method by road geometry   |
| Driver characteristic | Compliance rate inadequate                                      | Compliance rate high   |

다음은 개선전주행방식의 주행속도 분석방법이다. 가속 또는 감속거리 식을 이용하여 분석한다. 개선전주행방식의 가속 시 거리와 감속 시 거리, 가속 시의 최대속도 산출에 적용한다. 이때, 가속도는 가속 시  $0.54\text{m/s}^2$ , 감속 시  $1\text{m/s}^2$ 를 사용한다.

다음은 가속 또는 감속거리 식이다.

$$S = \frac{(V_2)^2 - (V_1)^2}{2a} \quad (1)$$

여기서,  $S$  : 가속 또는 감속거리(m)

$V_1$  : 초기속도(km/h)

$V_2$  : 나중속도(km/h)

$a$  : 가속도( $\text{m/s}^2$ )

다음은 개선후주행방식의 주행속도 분석방법이다. U.S. Department Of Transportation(2000)의 곡선반경에 의한 설계속도 식을 이용하여 분석한다. 이때, 편경사는 +2%가 적용된다. 또한 도로 제한속도는 통상적으로 10km/h단위로 적용되므로 Eq. (1)을 이용하여 곡선반경에 의한 설계속도를 산출한 뒤 개선후주행방식의 주행속도 분석 시에 10km/h단위로 적용한다.

다음은 곡선반경에 의한 설계속도 식이다.

$$V = 3.4415R^{0.3861}, \text{ for } e = +0.02 \quad (2)$$

여기서,  $V$  : 곡선반경에 의한 설계속도(mile/h)

$R$  : 곡선반경(ft)

$e$  : 편경사(ft/ft)

### 3.3. CO<sub>2</sub>배출량 배출지표

다음은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량의 분석방법개요이다. 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 분석방법은 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선전주행방식과 개선후주행방식으로 나누어 분석한다. 이는 국립환경과학원(2011)의 식을 이용한다.

다음은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 적용식이다.

$$\text{주행속도}(x) \text{가 } 65.4\text{km/h} \text{ 미만 } [y = 1313.7x^{-0.6}] \quad (3)$$

$$\text{주행속도}(x) \text{가 } 65.4\text{km/h} \text{ 이상 } [y = 0.5447x + 78.746] \quad (4)$$

여기서,  $x$  : 주행속도(km/h)

$y$  : CO<sub>2</sub> 배출량(g/km)

다음은 개선전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 분석방법이다. 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 분석의 적용식과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 할증계수를 이용하여 개선전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 분석한다.

CO<sub>2</sub>배출량 분석의 적용식은 시점에서부터 종점 곡선부 인지시점까지 가속하고, 그 이후 곡선반경 설계속도까지 감속하는 방식이므로 Eq. (3)과 Eq. (4)를 속도에 따라 구분하여 사용한다.

CO<sub>2</sub>배출량 할증계수 정의방법은 시점에서부터 종점 곡선부 인지시점까지의 가속주행 시에는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 추가발생량이 배출되므로 임의의 가속도  $0.54\text{m/s}^2$ 해당하는 CO<sub>2</sub>할증계수를 정의한다.

다음은 논문 「차량 가속특성에 따른 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 비교」(주진윤)의 CO<sub>2</sub>할증계수 식이다.

$$\text{CO}_2 \text{ 할증계수}(k) = \frac{\text{무가속시-가속시 연료소비량차}}{\text{무가속시 연료소비량}} \quad (5)$$

위의 할증계수 식에 따르면, 임의의 가속도  $0.54\text{m/s}^2$ 을 사용하였으므로 CO<sub>2</sub>할증계수는 0.47로 정의한다.

Table 2는 가속도  $0.54\text{m/s}^2$ 에 해당하는 할증계수를 정의한 표이다.

Table 2. Scale-Factor by Acceleration

| Acceleration         | CO <sub>2</sub> Scale-Factor(k)  | Rate(%) |
|----------------------|--|---------|
| 0.5m/s <sup>2</sup>  | $k = (0.72 - 0.5) / 0.5 = 0.44$  | 44%     |
| 0.54m/s <sup>2</sup> | $0.04 \cdot (x - 2.2) = 2.5 \cdot 10.8, x = 2.37, k = 2.39 / 5 = 0.47$ | 47%     |

다음은 개선후주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 분석방법이다. 개선전주행방식의 분석방법과 마찬가지로 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 분석의 적용식과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 할증계수를 이용하여 개선후주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 분석한다.

CO<sub>2</sub>배출량 분석의 적용식은 시점에서부터 종점까지 속도가 유지되는 정속주행방식이므로 Eq. (4)을 사용한다.

CO<sub>2</sub>배출량 할증계수 정의방법은 정속주행 시에는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 추가발생량이 배출되지 않으므로 CO<sub>2</sub> 할증계수 정의가 필요하지 않다.

### 3.4. 소음발생량 분석방법

다음은 소음발생량 분석방법의 개요이다. 소음발생량 분석방법은 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선전주행방식과 개선후주행방식으로 나누어 분석한다. 이는 Steven, Heinz(2005)의 식을 이용하여 분석한다.

다음은 소음발생량 적용 식이다.

$$\text{가속 시 } [y = 12.161 \cdot \ln(x) + 26.308] \quad (6)$$

$$\text{평속 시 } [y = 13.257 \cdot \ln(x) + 20.624] \quad (7)$$

여기서,  $x$  : 주행속도(km/h)

$y$  : 소음발생량(dB)

다음은 개선전주행방식의 소음발생량 분석방법이다. 시점에서부터 종점 곡선부 인지시점까지 가속하고, 그 이후 곡선반경 설계속도까지 감속하는 방식이므로 Eq. (6)을 사용한다.

다음은 개선후주행방식의 소음발생량 분석방법이다. 시점에서부터 종점까지 속도가 유지되는 정속주행방식이므로 Eq. (7)을 사용한다.

## 4. 결과

### 4.1. 주행속도 분석결과

Table 3은 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선전·후 주행방식의 주행속도를 비교하였다. 개선전주행방식의 주행속도는 시점에서부터 종점 곡선부 인지시점까지 가속하므로 시점에서 40km/h로 출발하여 260m 지점까지 최대속도 72km/h가 되며, 종점 곡선부 인지시점 이후부터 종점까지 곡선반경에 의한 설계속도까지 감속하므로 42km/h가 된다. 그에 비해 개선후주행방식의 주행속도는 본 연구의 속도유지표준화 적용으로 속도가 40km/h로 유지된다.

Table 3. Vehicle Speeds Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

|       |                     | Before improvement | After improvement | Improvement effect |         |
|-------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|---------|
| Speed | Start point         | 40km/h             | 40km/h            | •                  |         |
|       | Maximum speed point | 72km/h             |                   |                    | Δ32km/h |
|       | End point           | 42km/h             |                   |                    | Δ2km/h  |

※ Δ is decrease mark

Fig. 6은 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선전·후 주행방식의 주행속도를 주행거리에 따라 비교한 그래프이다. 개선전주행방식의 주행속도에서 시점에서부터 가속하여 종점 곡선부 인지시점인 260m 지점에서 최대속도 72km/h까지 도달하며, 이후부터 종점까지 감속하는 것으로 나타났다. 개선후주행방식의 주행속도는 40km/h로 정속주행하는 것으로 나타났다.

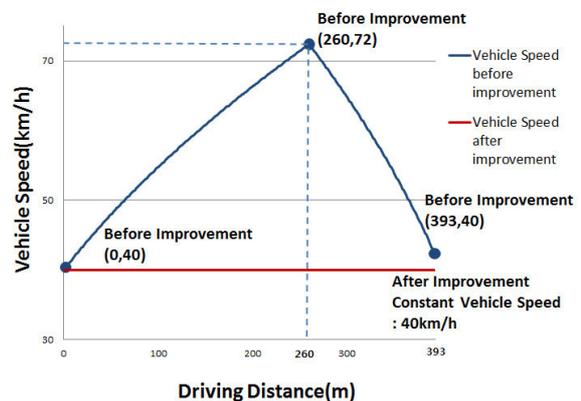


Fig. 4 Vehicle Speeds Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

## 4.2. 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 분석결과

Table 4는 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선 전·후 주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 비교하였다.

해당 사례구간인 393m로 환산해 분석하였을 때 개선 전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량이 62.0g/393m에서 개선후주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량이 56.4g/393m으로 5.6g/393m이 감소하였다. 이 사례구간을 1km로 환산하였을 때 개선전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량이 157.7g/km에서 개선후주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량이 143.6g/km으로 14.1g/km이 감소하였다. 이는 속도유지표준화를 적용해 개선함으로써 9%의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 감소효과가 있음을 알 수 있다.

Table 4. CO<sub>2</sub> Emissions Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

|                 |                                 | Before improvement | After improvement | Improvement effect |      |
|-----------------|---------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|------|
| CO <sub>2</sub> | Section of this study (0,393km) | 62.0g              | 56.4g             | △5.6g              | 9% ↓ |
|                 | Section conversion (km)         | 157.7g             | 143.6g            | △14.1g             |      |

\* △ is decrease mark

Fig. 5는 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선 전·후 주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 주행거리에 따라 비교한 그래프이다.

개선전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량은 주행속도 65.4km/h를 기준으로 다른 식이 적용된다. 따라서 주행속도가 65.4km/h인 주행거리 약 192m지점의 168.2g/km와 297m지점의 114.4g/km에서 변곡점이 나타나고 있다.

또한 시점에서부터 260m지점의 최대속도가 나타날 때까지는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 추가발생량이 배출되므로 가속에 따른 할증계수인 0.47이 적용되는 것에 반해, 260m지점 이후부터는 감속하여 추가발생량이 배출되지 않으므로 할증계수가 적용되지 않는다. 따라서 260m지점인 168.2g/km에서도 변곡점이 나타난다.

개선후주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량은 본 연구의 속도유지표준화의 적용으로 속도가 40km/h로 유지되는 정속주행방식이므로 143.6g/km로 일정하게 나타난다.

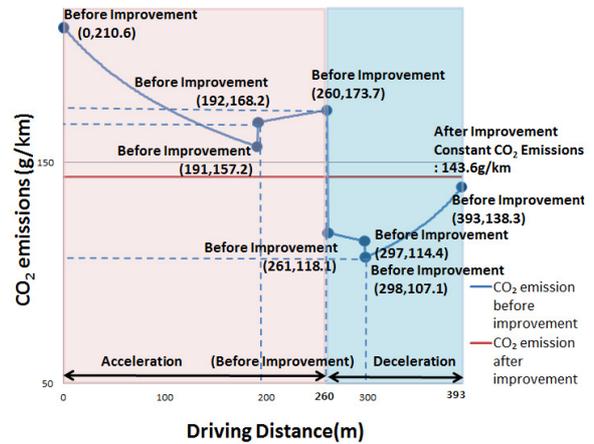


Fig. 5 CO<sub>2</sub> Emissions Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

Fig. 6은 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선 전·후 주행방식의 누적이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 주행거리에 따라 비교한 그래프이다. 위의 Fig. 5에서는 개선 전주행방식과 개선후주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량 차이를 파악하기가 어렵다. 그러므로 개선 전·후 주행방식의 누적이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 주행거리에 따라 비교함으로써 개선전주행방식의 누적이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량보다 개선후주행방식의 누적이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량이 더 적음을 알 수 있다.

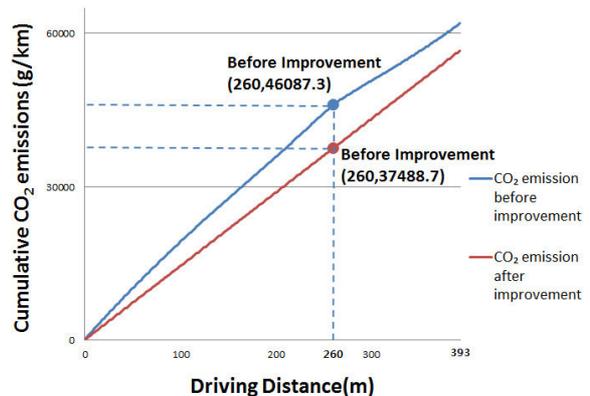


Fig. 6 Cumulative CO<sub>2</sub> Emissions Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

## 4.3. 소음발생량 분석결과

Table 5에서는 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선 전·후 주행방식의 소음발생량을 비교하였다. 개선전주행방식 소음발생량의 최대소음이 78.4dB에서 개선후주행방식 소음발생량의 최대소음이 69.5dB으로 8.9dB이 감소하였다. 이는 속도유지표준화를 적용해 개선함으로써 11%의 소음발생량의 감소효과가 있음을 알 수 있다.

Table 5. Noises Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

|                | Before improvement | After improvement | Improvement effect |       |
|----------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------|
| Maximum Noises | 78.4dB             | 69.5dB            | Δ8.9dB             | 11% ↓ |

\* Δ is decrease mark

Fig. 7은 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선 전·후 주행방식의 소음발생량을 주행거리에 따라 비교한 그래프이다. 개선전주행방식의 소음발생량은 시점에서부터 증가하여 종점 곡선부 인지시점인 260m지점에서 최대소음발생량 78.4dB이 발생하는 것으로 나타났으며, 개선후주행방식의 속도유지표준화 적용으로 속도가 40km/h로 유지되는 정속주행방식이므로 소음발생량이 69.5dB로 일정한 것으로 나타났다.

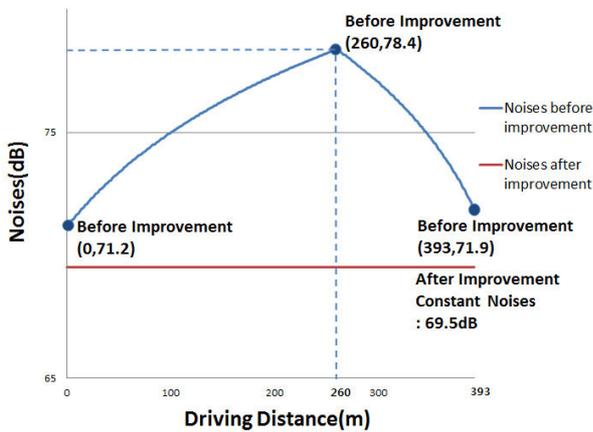


Fig. 7 Noises of Before and After Improvement by Speed-Maintained-Standardization

## 5. 결론

본 연구에서는 자연친화적인 급내리막 직선부에서 급곡선부와 직전의 직선부에서 속도유지표준화의 적용을 기준으로 개선전주행방식과 개선후주행방식으로 나누어 분석하고 비교하였다. 개선 전·후 주행방식의 주행 속도, GHG 배출지표인 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량, 소음 발생량을 분석한 결과, 개선전주행방식에 비하여 개선 후주행방식에서 주행속도는 일정하게 유지되었고, 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량은 9%, 소음발생량은 11%가 감소한 것을 알 수 있었다.

개선전주행방식의 주행속도는 대상지의 직선부에서 실제 운전자들의 도로제한속도 준수율은 미비하므로 시

점에서 종점 곡선부 인지시점까지 도로제한속도 이상으로 가속주행한 후 그 이후부터 감속주행한다. 그에 비해 개선후주행방식은 속도유지표준화를 이용하여 도로 기하구조에 의해 물리적으로 속도제어를 할 수 있다. 결과적으로 개선전주행방식의 주행속도는 최고속도지점에서 72km/h까지 가속한 것에 반해 개선후주행방식의 주행속도에서 40km/h로 유도할 수 있었다. 따라서 속도유지표준화를 이용하여 도로제한속도를 준수하도록 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

개선전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량은 가속주행시에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 추가발생량이 배출된다. 반면에, 정속주행, 감속주행 시에는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 추가발생량이 배출되지 않는다. 개선전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출량은 최대 173.7g/km까지 증가한 것에 반해 개선후주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량은 143.6g/km로 일정하게 배출되었다. 결과적으로 개선전주행방식의 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 기준으로 9%의 감소효과가 나타났다. 따라서 속도유지표준화를 적용하면 가속주행하는 것을 막을 수 있기 때문에 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출량을 감소시킬 수 있다.

개선전주행방식의 소음발생량은 주행속도와 마찬가지로 시점에서 종점 곡선부 인지시점까지 증가하였다가 그 이후부터 감소한다. 개선전주행방식의 소음발생량은 최대 78.4dB까지 증가한 것에 반해 개선후주행방식의 소음발생량은 69.5dB로 일정하게 발생했다. 결과적으로 개선전주행방식의 소음발생량을 기준으로 11%의 감소효과가 나타났다. 따라서 속도유지표준화는 속도를 일정하게 유도하여 속도가 감소하기 때문에 소음발생량 또한 일정하게 개선되어 감소시킬 수 있다.

속도유지표준화는 도로선형을 'S'자 형태가 되도록 하여 속도를 감소시키는 시케인 기법(정경옥 외, 2011)에서 더 나아가 기존 시케인 기법에서 고려하지 못한 차량이 주행할 수 있는 최대속도까지 고려하였다. 결론적으로, 자연친화적인 도로에서 차량의 적정속도 유지와 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)발생량의 감소와 소음발생량의 감소효과를 유도할 수 있도록 속도유지표준화의 적용을 제안한다.

## 감사의 글

이 논문은 국토교통과학기술원에서 시행하는 교통물류연구사업의 재원으로 수행되었습니다. (과제번호 : 15TLRP-C085451-02)

## REFERENCES

Berry, I. M, 2010, The Effects of Driving Style and Vehicle

- Performance on the Real-World Fuel Consumption of U.S. Light-Duty Vehicles, Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State Univ.
- EAE FGSV, 1985, Chicane Design Guidelines.
- J. Edgardo Arévalo, Kimberly Newhard, 2011, Traffic noise affects forest bird species in a protected tropical forest, *Revista de Biología Tropical*, Vol. 59 No. 2. 969-980.
- Jung, byeong-do, 2003, A Study on Planning and Designing Method of the Community Road.  
(정병두, 2003, 커뮤니티도로의 계획 및 설계기법에 관한 연구, 국토연구, 제37권, 99-112)
- Jung, kyeong-ok et al., 2011, A Preliminary Study for Implementing Complete Street Policy.  
(정경옥 등, 2011, 완전도로 구현방안 연구, 녹색성장종합연구총서2011-10)
- Kang, Jun-Mo, Lee, Sung-Kyoung, An Analysis of the Traffic Noise Measurement Plans of "Apartment Complexes" - A Case on the North Riverside Expressway in Seoul -.  
(강준모, 이성경(2006), "아파트단지" 교통소음측정방안에 관한 연구 - 강북 강변도로 사례를 중심으로, 대한토목학회 논문집, 제 26권 제 1호, 1-11)
- Kang, Sang-Jun, Kim Dong-Yeong, Road Noise Management for the Soorisan Provincial Park.  
(강상준, 김동영(2010), 수리산 도립공원 도로소음 관리방안, 경기연구원, 정책연구 2009-93, 9-11)
- Leicestershire County Council et al., 2014, 6CS Design Guide.
- Lee, Hyung-Won, Oh, Heung-Un, A Study on the Improved Road Geometry Conditions of Chicane Considering the Connection of the Road Geometry and Carbon Reduction, *International Journal of Highway Engineering* Vol.17 No.5. 175-181.
- (이형원, 오흥운(2015), 도로 기하구조와 탄소배출 저감의 연계성을 고려한 시케인 기하구조 조건의 개선에 관한 연구, 한국도로학회논문집, 제 17권 제 5호, 115-122)
- National of Environmental Research, 2001, An Investigation of Green House Gas Emission from Automobiles.
- Sayer, I. A., et al., 1998, Traffic Calming : An Assessment of Selected On-Road Chicane Schemes, TRL Report 313, Transport Research Laboratory, Crowthorne.
- Transportation Safety Authority, www.ts2020.kr, Korea.
- Trina Rytwinski, Lenore Fahrig, Effects of Roads on Animal Abundance: an Empirical Review and Synthesis, *Ecology and Society*, Vol. 14 No. 1. 1708-3087.
- U.S. DOT, 2000, Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways, Publication No.99-171, U.S Department of Transportation, USA.