

도로의 경사가 승용차 유류소모량에 미치는 영향

Effect of Road Gradient on Fuel Consumption of Passenger Car

도 명 식*
(Myungsik Do)

최 승 현**
(Seunghyun Choi)

요 약

유류소모량 산정 모형 개발을 위해서는 차종, 도로의 경사, 포장상태, 포장종류 등 다양한 변수들을 고려해야 하지만 현재 사용하고 있는 국토교통부의 투자평가지침에도 차종으로만 구분이 되어 있을 뿐 다양한 요인들을 고려하지 못하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 도로의 경사도가 승용차의 유류소모량에 미치는 영향을 분석하기 위해 실제 주행실험을 통해 얻은 데이터를 기반으로 유류소모량 산정 모형을 개발하고 적용성을 검증하는 것을 목적으로 한다. 경사도에 따른 유류소모량 모형 개발을 위해 GPS 장비와 연비측정장비를 이용하여 실제 주행실험을 통해 유류소모량을 초(sec) 단위로 측정하였다. 평지($\pm 0\sim 2\%$), 오르막($+2\sim 5\%$), 내리막($-2\sim 5\%$)의 세 가지 경사도로 구분하였으며 차량의 속도와 유류소모량을 변수로 하는 회귀모형을 이용하여 모형을 개발하였다. 승용차의 유류소모량은 내리막, 평지, 오르막 순으로 커지는 것을 확인할 수 있었다.

핵심어 : 유류소모량, 도로 경사도, 연비, 승용차, 연비 측정장비

ABSTRACT

Even though vehicle types, gradient, pavement conditions and types of pavement should be considered for estimating fuel consumption, existing models were developed as a function of vehicle types and vehicle speed. Therefore in this study, the model of fuel consumption was developed using field test data in order that effect analysis on the passenger vehicle fuel consumption by road gradient. At first, fuel consumption was measured in second-based, using GPS device and fuel consumption measurement device for development of fuel consumption model considered road gradient. The road gradient was classified as flatland, up-hill and down-hill. Development of model was using by regression model which vehicle speed(km/h) and fuel consumption(ℓ /km). The on-road test proved that fuel consumption of passenger vehicle is affected by road gradient.

Key words : Fuel consumption, Road gradient, Fuel consumption measurement, Passenger car, Fuel consumption measurement Device

† 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구 사업 지원을 받아 수행된 것임
(No. 2012R1A1A4A01010563)

* 주저자 및 교신저자 : 한밭대학교 도시공학과 교수

** 공저자 : 한밭대학교 도시공학과 석사과정

† 논문접수일 : 2014년 07월 03일

† 논문심사일 : 2014년 07월 14일

† 게재확정일 : 2014년 08월 19일

I. 서론

유류소모량의 산정에 영향을 미치는 요인은 다양하지만 그 가운데에서 도로의 경사(gradient), 도로의 포장상태(serviceability), 그리고 도로의 포장종류(시멘트 포장과 아스팔트 포장) 등이 있다.

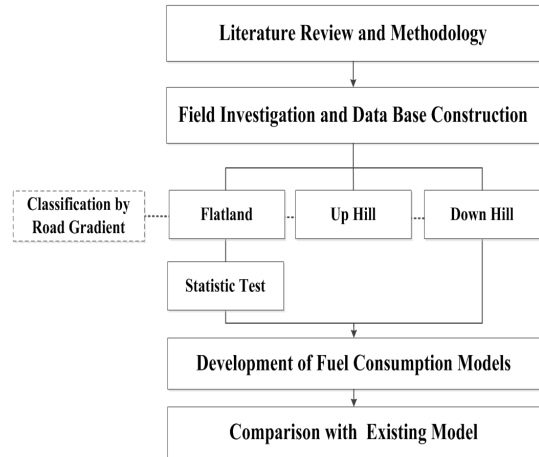
기존 연구를 살펴보면 국내의 경우, 국토교통부(2013a)의 “교통시설 투자평가지침”에서 제시한 6차종에 대한 유류소모량 산정식이 일반적으로 많이 사용되며[1], 이와는 별도로 대형트럭(8톤, 15톤, 25톤 카고, 25톤 덤프, 25톤 카고형 덤프트럭)을 대상으로 한 연구에서는 해당 유류를 가득 채운 차량이 일정거리를 운행하고 난 뒤 사용한 유류의 양을 측정하여 유류소모량(l/km)를 측정하는 연구가 있다[2].

세계은행에서 개발한 HDM(Highway Development and Management)-4 S/W와 도로 평탄성(IRI: International Roughness Index)을 고려한 승용차 유류소모량 산정방안에 대한 연구에서는 i-EDS 유류소모량 측정 장비를 활용하여 차량의 유류소모량을 측정하였으며[3], 차량이 경사진 도로에서 주행할 경우 차량연비에 미치는 영향을 분석하기 위해 컴퓨터를 이용한 AVL Cruise 프로그램으로 모의 주행하여 유류소모량을 산출한 연구도 있다[4].

한편 국외의 연구 동향을 살펴보면 트럭의 유류소모량 산정을 트럭의 모델, 엔진유형, 적재부의 형태에 따른 유류소모량과 트럭의 사용 유류에 따른 유류소모량 산정 방안 개발에 대한 연구가 진행되었으며[5], 또한 다양한 차종에 대한 유류소모량 산정방안의 개발을 진행하였는데 특히, 유류소모량에 영향을 미칠 수 있는 요인에 대한 연구가 많이 이루어졌음을 알 수 있다[6][7][8].

그러나 기존의 연구들은 Table 1에서와 같이 차량의 종류 및 시뮬레이션 프로그램을 통한 유류소모량의 산정에 초점을 두고 있는 것으로 나타났다. 또한, 국토교통부(2013a)의 “교통시설 투자평가지침”에서 제시하고 있는 유류소모량 산정 모형은 도로의 경사와 포장상태 같이 차량의 유류소모량에 미칠 수 있는 다양한 요인들을 고려하지 못한 한계가 있음을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서는 승용차를 대상으로 실제 주행실험 자료를 기반으로 도로의 경사가 유류소모량에 미치는 영향에 대해 분석하는 것을 목적으로 하며, Fig 1은 연구의 흐름을 요약한 것이다.



〈그림 1〉 연구 흐름도
 〈Fig 1〉 Procedure of This Study

연구의 객관성을 확보하기 위해 실제 주행구간과 조사 차량의 선정과정에 기존 연구를 고찰하였으며 가능한 범위에서 많은 자료를 확보하기 위해 노력하였다. 나아가 기존의 국토교통부의 지침에서 사용되고 있는 유류소모량 산정식과의 차이를 분석하여 활용가능성에 대한 검증을 수행하였다.

II. 유류소모량 측정 실험방법

1. 실험개요

본 연구에서는 도로의 경사에 따른 차량속도별 유류소모량 산정 모형을 개발하기 위하여 GPS(Global Positioning System) 수신 장비를 이용하여 대상구간의 경사를 측정하였다. 조사 대상지역을 선정하기 위해 대상 후보지역 도로의 기초현황 조사 및 각 구간별 경사도 측정 등을 시행하였다. 평지와 경사구간이 명확하게 구분 되는 도로구간 중에서 주변 여건에 의한 변수 및 통과 교통량이

〈표 1〉 관련 연구 고찰
 〈Table 1〉 Literature Review

Authors	Test Vehicles	Test methods	Measurement Device	List of Measurement
Oh et al.	Heavy Truck	Instantaneous speed, Empty and full loading condition	Direct Measurement	Fuel consumption
Yoo et al.	Passenger car	Instantaneous speed (40,60,80,100 km/h)	i-EDS	Fuel consumption
S. C. Choi	Passenger car	AVL Cruise Program Simulation		Fuel consumption
Barth et al.	Truck	NCHRP Program Simulation		Fuel consumption and Emissions
Hung et al.	Passenger car	Instantaneous speed, Idling, accelerating and decelerating Condition.	CMEM	Fuel consumption and Emissions
Akcelik et al.	Passenger car	aaSIDRA and aaMOTION Program Simulation		Fuel consumption and Emissions
Palinee et al.	Passenger car and Truck	Instantaneous speed, roadway design, pavement type.	-	Fuel consumption

적고 연속류 성격이 강한 구간을 최종 조사 대상으로 선정하였다.

위의 실험조건을 고려하여 주행실험 대상으로 선정된 구간은 전라북도 임실 지역의 국도 17호선 구간과 경상북도 구미 지역의 국도 33호선 구간으로 유지보수 공사구간을 포함하여 두 곳 모두 왕복 약 14km의 연장구간이다(Table 2 참조).

유류소모량을 측정하기 위한 도로 주행실험은 해당 유류를 가득 채운 차량을 일정거리를 운행하고 난 뒤 사용한 양을 측정하여 유류소모량(l/km)을 측정하는 방법과 연비측정기를 사용하는 방법이 주로 사용되지만 본 연구에서는 OBD-II(On Board Diagnosis)방식의 Smart Eco Gauge 연비측정기를 사용하였다. Smart Eco Gauge 연비측정기는 순간연비, 평균연비, 유류소모량 등의 정보를 조사자에게 제공한다.

Fig 2에는 주행실험을 위해 사용한 GPS 장비와 연비측정기의 구성을 나타내고 있다.

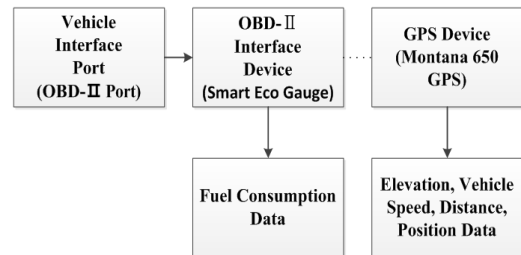
한편 주행실험에 사용된 차종은 승용차를 대상으로 하였으며 1,600cc 급인 아반떼와, 약 2,000cc 급인 K-5를 대표차량으로 선정하였다. 이 차종들은 동급 차종 중 최근 판매량이 늘어나고 있는 추세이며 승용차 차종을 대표한다고 가정하여도 무리가 없다고 가정하였기 때문이다.

실험에서 주행속도는 다양한 속도 영역에서 그

결과를 활용할 수 있도록 20km/h에서 80km/h까지 20km/h 단위로 나누어 총 4가지 속도에 대해 가능한 한 정속 주행하면서 초당(second-based) 유류소모량을 수집하였다. 각 구간에 대해 2회의 현장조사를 실시하였으며 총 16개의 시나리오를 구성 하여 현장 조사를 진행하였다.

〈표 2〉 현장구간 특성
 〈Table 2〉 Characteristics of Test Roads

Classification	Gumi	Imsil
Total length (km)	14.0	14.1
No. of lane	4	4
AADT (Veh/day)	19,053	10,510



〈그림 2〉 조사 장비 설정
 〈Fig 2〉 Test Device Configuration

주행실험 시에 구미구간은 26세로 운전경력 5년의 남성 운전자, 임실구간은 27세로 운전경력 7년

의 남성 운전자가 조사에 임해 운전자의 차이에 의한 외적 변수를 최소화 하였다. 또한, 운전자이외에 조사장비의 운용을 위한 조사원 1명이 탑승하여 조사를 수행하였다.

2. 유류소모량 및 경사도의 측정

현장 주행실험에서 측정된 유류소모량(km/ℓ)과 GPS 수신 장비를 이용한 차량의 속도, 좌표, 이동거리, 고도정보를 맵핑하여 각 지점별 위치 정보, 유류소모량과 경사도 자료를 획득하였다.

연비측정 장비에서 구한 유류소모량 자료는 km/ℓ 단위로 본 연구에서는 이를 GPS의 주행속도 자료를 통해 초 단위 유류소모량(ℓ/s) 및 ℓ/km 단위로 환산하였다.

$$F = \frac{V}{(3600 \times F_m)} \quad (1)$$

$$F_a = \frac{1}{F_m} \quad (2)$$

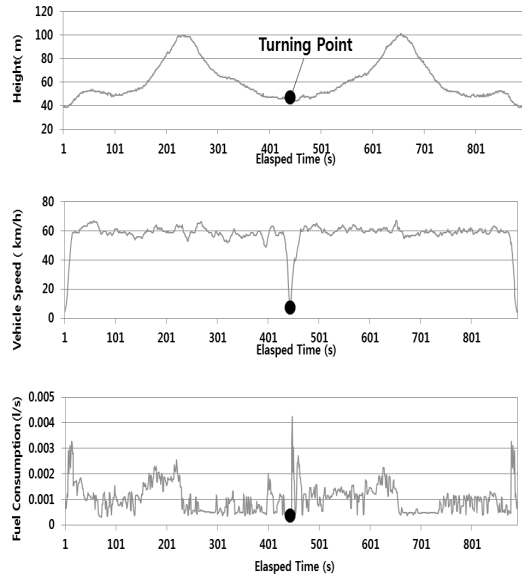
여기서, F 는 초당 유류소모량(ℓ/s), V 는 주행속도(km/h), F_m 는 순간연비(km/ℓ), F_a 는 초당 유류소모량(ℓ/s), F_m 은 순간연비(km/ℓ)를 나타낸다.

도로의 경사도 및 주행속도 자료를 얻기 위해 GARMIN사의 Montana 650 GPS 장비를 사용하였다. Montana 650 은 평균 10m(95%)의 위치 정확도를 나타내며 고도 자료의 경우 ±3 m의 오차를 보이고 있어 경사도 분류에 대한 정확성 향상을 위해 한국 건설기술연구원으로부터 고도 자료를 제공 받아 보정하였다. 경사도 산정은 식 (3)과 같다.

$$S = \frac{H}{x} = \frac{H}{\sqrt{L^2 - H^2}} \times 100(\%) \quad (3)$$

여기서, S 는 경사도(%), H 는 고도차이(m), L 은 경사로의 길이(m), x 는 수평이동거리(m)를 나타낸다.

경사도 구분은 수평이동거리(x)에 대한 명확한 기준이 제시되어 있지 않아 본 연구에서는 100m 간격으로 구분하여 경사도를 산정하였으며, 국토교통



〈그림 3〉 구미구간의 구간 프로파일
〈Fig 3〉 Section Profile of Gumi

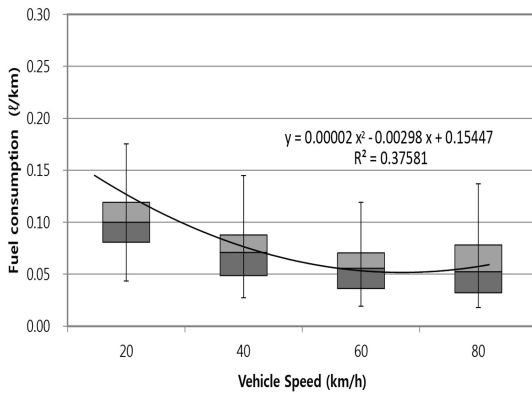
부(2013b)의 도로용량편람 기준에 따라 평지는 0~2%, 구릉지는 2~5%, 특정경사구간은 5%이상으로 구분하였다[9].

Fig 3에서와 같이 구미구간은 2% 미만의 경사도를 갖는 평지구간과 2~5%의 경사도를 갖는 오르막과 내리막 구간(역 방향 주행)으로 분류되었으며, 임실구간은 경사도가 2%미만으로 나타나 모두 평지구간으로 분류되었다.

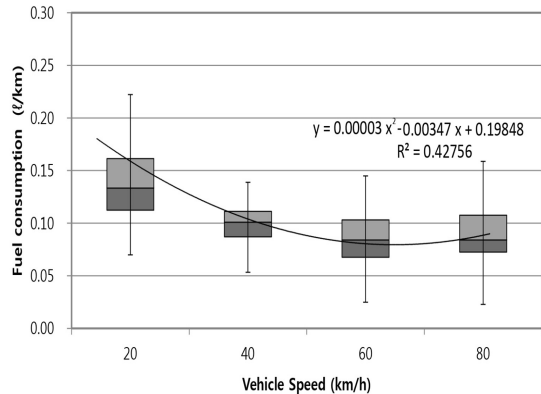
조사 대상구간은 동일 차량으로 2회씩 조사가 이루어졌으며 분석에 사용한 자료는 초단위 유류소모량(ℓ/km) 자료로 이를 경사도를 기준으로 재분류하여 사용하였다.

Ⅲ. 도로의 경사에 따른 유류소모량

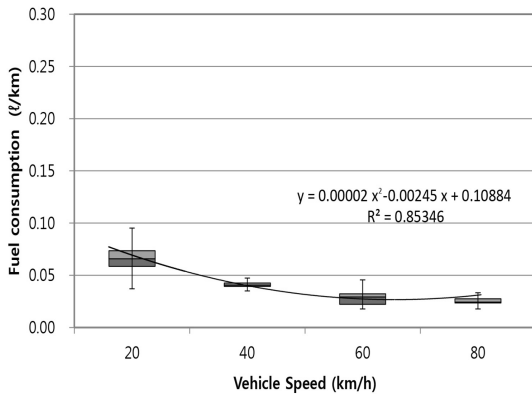
Fig 4~7은 구간별, 경사도(평지, 오르막, 내리막)별 유류소모량 자료를 상자-그림(Box-plot) 기법을 활용하여 나타낸 것으로 상자-그림 기법은 중앙값, 사분편차, 최소값, 최대값을 사용하여 측정된 값들의 분포 형태와 극단값의 유·무 등을 쉽게 알 수 있으며, 이 기법을 활용하여 이상치(outlier)를 제거하



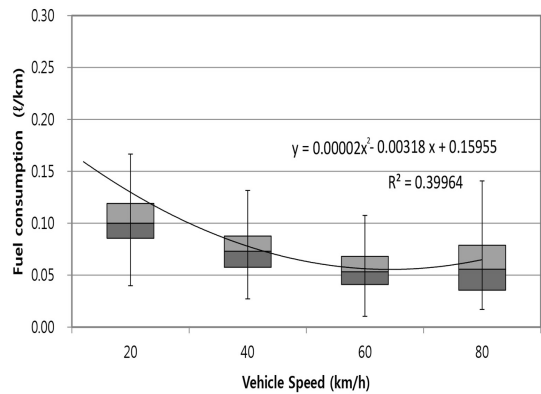
〈그림 4〉 구미 구간의 유류소모량 - 평지
 〈Fig 4〉 Fuel Consumption in Gumi - Flatland



〈그림 5〉 구미 구간의 유류소모량 - 오르막
 〈Fig 5〉 Fuel Consumption in Gumi - Up Hill



〈그림 6〉 구미 구간의 유류소모량 - 내리막
 〈Fig 6〉 Fuel Consumption in Gumi - Down Hill



〈그림 7〉 임실 구간의 유류소모량 - 평지
 〈Fig 7〉 Fuel Consumption in Imsil - Flatland

는데 본 연구에서도 이상치를 제거한 후 유류소모량 모형 구축을 위한 자료로 활용하였다.

상자-그림의 최대-최소값의 범위를 살펴보면 조사 속도에 상관없이 평지, 오르막 구간이 내리막 구간에 비해 크게 나타나 자료의 중심값에 대한 오차가 큼을 확인할 수 있다.

한편, Fig 6에서 알 수 있는 바와 같이 내리막 구간의 경우 최대-최소값의 범위(variance)도 작지만 주행속도에 상관없이 상대적으로 정밀도가 높은 결과를 얻을 수 있었다.

또한 경사에 상관없이 주행속도가 60~80km/h 부근에서 유류소모가 가장 적게 소비되는 것을 확인할 수 있으며 이러한 연구 결과는 기존 연구성과와

정합성을 가지는 것으로 해석할 수 있다.

Table 3에는 본 연구에 사용된 경사별·속도별 자료에 대한 요약으로 평지의 경우 13,788개, 오르막과 내리막의 경우 2,418개와 1,760개의 초당 유류소모량 자료를 이용하였으며, 동일한 지역의 경우 유류소모량은 조사 시기에 따른 통계적 차이는 없음을 확인할 수 있다.

IV. 기존 모형과 비교 및 적용성 검토

1. 자료의 통계적 검정

본 절에서는 교통시설 투자평가지침의 경우 경

<표 3> 현장실험 결과

<Table 3> Results of Field Tests

Classification			No. of Samples		Anderson-Darling Test				S.D.	Variance
					Sig.		Hypothesis			
			1 st	2 nd	1 st	2 nd	1 st	2 nd		
Gumi - Avante (1,596cc)	Flat land	20km/h	1,156	1,106	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.029	0.001
		40km/h	652	607	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.024	0.024
		60km/h	420	404	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.021	0.000
		80km/h	336	301	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.026	0.026
		Overall	2,564	2,418	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.025	0.013
	Up Hill	20km/h	622	510	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.032	0.001
		40km/h	249	317	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.018	0.018
		60km/h	210	207	0.015	0.005	H ₁	H ₁	0.024	0.001
		80km/h	158	145	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.028	0.028
		Overall	1,239	1,179	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.026	0.012
	Down Hill	20km/h	353	574	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.012	0.000
		40km/h	204	152	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.002	0.002
		60km/h	110	167	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.006	0.000
80km/h		101	99	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.003	0.003	
Overall		828	1,003	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.006	0.001	
Imsil - K5 (1,998cc)	Flat land	20km/h	1,967	1,926	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.025	0.001
		40km/h	1,138	1,055	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.021	0.021
		60km/h	796	732	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.020	0.000
		80km/h	590	602	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.026	0.026
		Overall	4,491	4,315	0.005	0.005	H ₁	H ₁	0.023	0.012

Note1 : Assumption of AD Test is as follow (Signification Level α=0.05)
 H₀(Null Hypothesis) : Fuel Consumption data is normally distributed.
 H₁(Alternative Hypothesis) : Fuel Consumption data is not normally distributed.

사의 여부, 사용된 조사차량의 종류, 차량의 연식, 주변 환경 등 환경적인 특성에 대한 정의를 명기하지 않고 유류소모량 모델을 속도의 함수형태로 나타내고 있는 한계를 지적하고 본 연구에서 시도한 경사도에 따른 유류소모량 모델과 비교를 통해 본 연구의 성과를 설명하고자 한다.

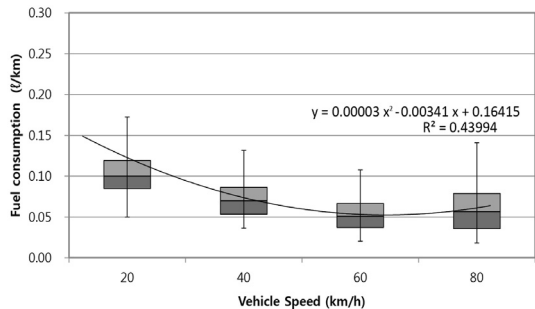
먼저, 평지구간을 대상으로 주행실험을 한 구미와 임실구간의 차량의 종류에 따른 유류소모량이 차이가 있는지를 살펴보기로 한다.

Table 4에서 알 수 있는 바와 같이 모든 속도에서 Anderson-Darling Test를 통해 수집된 데이터의 분포가 정규성을 만족하지 못하는 것으로 나타났기 때문에 비모수적 통계 기법인 Mann-Whitney U 기법을 활용하여 통계적 검정을 실시하였다. 통계적 검정의 결과 각 주행 시나리오별로 조사 차량에 따른 유류소모량은 통계적으로 차이가 없는 것으로

나타났으므로 두 지역의 평지 데이터를 하나의 데이터 조합으로 간주하여 모형을 개발하였다.

2. 유류소모량 산정 모형개발

Fig 8에는 평지구간(구미와 임실구간)의 유류소



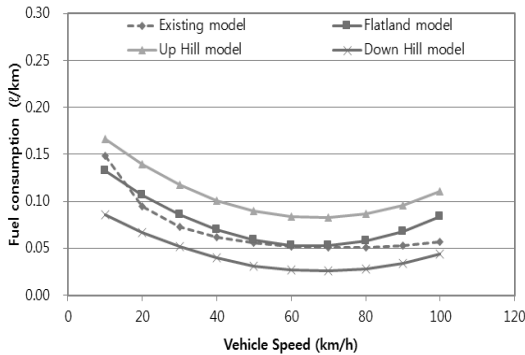
<그림 8> 평지의 유류소모량 모형
 <Fig 8> Fuel Consumption Model (Flatland)

〈표 4〉 통계적 검정 결과
 〈Table 4〉 Results of Statistic Test

Classification		Anderson-Darling Test		Mann-Whitney U Test	
		Sig.	Hypothesis	Sig.	Hypothesis
20km/h	Avante	0.005	H ₁	0.705	H ₀ '
	k5	0.005	H ₁		
40km/h	Avante	0.005	H ₁	0.696	H ₀ '
	k5	0.005	H ₁		
60km/h	Avante	0.005	H ₁	0.509	H ₀ '
	k5	0.005	H ₁		
80km/h	Avante	0.005	H ₁	0.097	H ₀ '
	k5	0.005	H ₁		
Overall	Avante	0.005	H ₁	0.143	H ₀ '
	k5	0.005	H ₁		

Note1 : Assumption of Mann-Whitney U Test is as follow (Signification Level α=0.05)
 H₀'(Null Hypothesis) : Difference of average fuel Consumption between Avante and k5 is not statistically significant.
 H₁'(Alternative Hypothesis) : Difference of average fuel Consumption between Avante and k5 is statistically significant.

모양 산정모형의 결과를 나타낸 것이며 2차 다항식 회귀모형은 식(4)와 같다. 여기서 교통시설 투자평가지침에 명기된 기존 모형(식 5)과의 비교를 위해 본 연구에서 도출된 경사도에 따른 유류소모량 산정 모형을 Fig 9에 함께 나타내었다.



〈그림 9〉 유류소모량 모형의 비교
 〈Fig 9〉 Comp. of Fuel Consumption Models

Fig 9에서 알 수 있는 바와 같이 평지구간에서 기존의 유류소모량 산정 모형과 50~70km/h에서 약 2~5%의 유류소모량 차이를 보일 정도로 비슷함을 알 수 있다. 또한 유류소모는 오르막, 평지 그리고 내리막 순으로 소비되며 그 차이는 통계적으로 유의함을 확인할 수 있었다.

(a) 본 연구의 평지 모형(±0~2%)

$$y = 0.00003x^2 - 0.00341x + 0.16415 \quad (4)$$

(b) 기존 모형식(교통시설 투자평가지침)

$$y = 0.00002x^2 - 0.00299x + 0.15757 \quad (5)$$

(c) 본 연구의 오르막경사 모형(+2~5%)

$$y = 0.00003x^2 - 0.00347x + 0.19848 \quad (6)$$

(d) 본 연구의 내리막경사 모형(-2~5%)

$$y = 0.00002x^2 - 0.00245x + 0.10884 \quad (7)$$

여기서, y (l/km), x (km/h)는 유류소모량과 주행속도를 나타낸다.

V. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 도로의 경사도가 승용차의 유류소모량에 미치는 영향을 분석하기 위해 실제 주행 실험을 통해 얻은 데이터를 이용하여 유류소모량 산정 모형을 개발하고 적용성을 검증하였다.

먼저 경사도에 따른 유류소모량 모형 개발을 위해 실제 주행실험을 통해 유류소모량을 초 단위로 측정하였으며, 오르막(+2~5%), 평지(±0~2%) 그리고 내리막(-2~5%)의 순으로 유류소모량이 소비됨을 확인하였다. 이와 같은 연구 성과는 정부의 지침을 세분화한 결과로 향후 도로의 건설 및 교통시설의 투자를 위한 평가에 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

향후 연구로는 보다 다양한 속도에서의 현장조사를 통해 모형의 정확성을 높일 수 있는 연구가 필요하며, 승용차 이외의 차종에 대한 추가 연구 및 5% 이상의 경사도를 갖는 구간에 대한 유류소모량 산정 모형의 개발도 추가되어야 할 것으로 판단된다. 마지막으로 도로의 경사도 이외에 도로의 다양한 포장상태를 고려하여 포장상태와 주행속도를 독립변수로 취하는 모형식의 개발 또한 필요하다고 판단된다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *5th Investment Evaluation Guide for Transportation Facilities*, pp.178, 2013a.
- [2] J. S. Oh, H. K. Eo, "A Comparative study on fuel consumption depending on the use of lift axle," *J. of the Korean Society of Road Engineers.*, vol. 13, no.3, pp.185-193, Sep. 2011.
- [3] I. K. Yoo, J. W. Kim, S. H. Lee, K. H. Ko, "Comparison of fuel consumption estimation for passenger cars," *J. of the Korean Society of Road Engineers.*, vol. 13, no. 4, pp.167-175, Dec. 2011.
- [4] S. C. Choi, "Eco-driving method at highway including grade using GPS altitude data," *J. of academia-industrial technology*, vol. 12(1), pp.19-25, Jan. 2011.
- [5] M. Barth, G. Scora, T. Younglove, "Estimating emissions and fuel consumption for different levels of freeway congestion," *Transportation Research Record 1664*, vol. 1664, pp.47-57, Jan. 2007.
- [6] W. T. Hung, H. Y. Tong, C. S. Cheung, "A Modal approach to vehicular emissions and fuel consumption model development," *J. of the Air Waste Management Assoc*, vol. 55(10), pp.1431-1440. Mar. 2012.
- [7] R. Akcelik, M. Besley, "Operating cost, fuel consumption, and emission models in aaSIDRA and aaMOTION," *25th Conference of Australian Institutes of Transport Research (CAITR 2003)*, Dec. 2003.
- [8] S. Palinee, A. Siamak A, R. Stefan A, "Effect of pavement type on fuel consumption and emissions," *2009 Mid-continent Transportation Research Symposium*, Sep. 2009.
- [9] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, *Highway Capacity Manual*, pp.166, 2013b.

저자소개



도 명 식 (Do, Myungsik)

2000년 : 교토(Kyoto)대학교 토목공학과 교통계획 전공 졸업(박사)
2000년~2002년 : 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원 근무
2009년~2010년 : Univ. of Iowa (visiting scholar)
2002년~현재 : 한밭대학교 도시공학과 교수
E-mail: msdo@hanbat.ac.kr
연락처: 042-821-1192



최 승 현 (Choi, Seunghyun)

2012년 : 한밭대학교 도시공학과 졸업(공학사)
2012년~현재 : 한밭대학교 도시공학과 석사 과정
E-mail: elflie@naver.com
연락처: 042-821-1663