

이륜자동차의 주행저항 결정 기법이 WMTC 연비 측정에 미치는 영향

이광구* · 용부중* · 용기중*

Effect of Road Load Determination Methods on the Fuel Economy
Measurement using WMTC in Two-wheel Vehicles

Gwang Goo Lee*, Boojoong Yong*, Geejoong Yong*

Key Words : Fuel economy(연비), WMTC(Worldwide-harmonized Motorcycle Test Cycle, 국제조화 이륜자동차 테스트 사이클), Road load(주행저항), Coast down method(타행주행법), Table method(주행저항표법)

ABSTRACT

There are some ambiguities of the information on the fuel economy provided to the consumers because the standard and the detailed regulations for the fuel economy of the two-wheeled vehicle have not been established in Korea. Since Korea has been a signatory of World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations since 1998, it is possible to remove the ambiguities by adopting the WMTC (Worldwide-harmonized Motorcycle Test Cycle) measurement method for the fuel economy of the two-wheel vehicle. As a preliminary study on the WMTC mode fuel economy, road loads measured by coast down method and table method were compared for the two types of two-wheeled motorcycles on sales in domestic market. In the same model, it was confirmed that the deviation of WMTC mode fuel efficiency was below -5% between products. On the other hand, the difference of WMTC fuel economy exceeded 5% between the coast down method and table method.

1. 서론

2018년 1월 기준 국내에서 운행 중인 것으로 신고 된 이륜자동차는 약 219만대로, 이는 승용차·승합차·화물차·특수차 등록 대수(약 2,260만대)의 약 10% 수준에 해당한다⁽¹⁾. 이륜자동차는 이동 수단으로서 낮은 비율을 점유하고 있지만, 소비자에게 제공되는 출력 및 연비에 대한 정보나 안전기준 측면에서는 사각지대에 놓여 있다⁽²⁾.

1987년 자동차안전기준에 관한 규칙 제3장 이륜자동차

차의 안전기준 개정을 통하여 이륜자동차 관련 국내 안전기준이 최초로 도입되었다. 개정 초기 총 14개 항목의 기준을 도입한 이후, 몇 차례의 제·개정을 거쳐 현재 33개 항목을 규정하고 있다⁽³⁾. 기준도입 초기에 비하여 기준항목이 2배 이상 증가하였으나, 유럽 등 선진국과 비교하면 부족한 부분이 많다. 이에 최근 이륜자동차의 안전 기준 및 시행세칙 도입을 위한 다양한 항목의 연구가 진행되고 있다^{(2),(4-7)}.

이륜자동차는 주로 공단 근로자의 출퇴근용이나 자영업 종사자의 배달 및 택배 등의 용도로 이용되고 있으므로, 이륜자동차 사용자에게 가장 중요한 정보 중 하나는 연비이다. 이륜자동차 연비에 대한 규정은 ‘자동차 및 자동차부품의 인증 및 조사 등에 관한 규정’ 제6조에 의해

* 경일대학교 기계자동차학부
E-mail : dragon@kiu.kr

‘[별표 5] 제원통보 및 제원표 작성방법’에 정의되어 있다⁽⁸⁾. 이에 따르면, 소비자에게 제공되는 이륜자동차의 제원 중 연료소비율은 ‘60km/h 정속주행’ 시험에서 측정된 값이다. 정속 연비 조건은 소비자가 이륜자동차를 운행하며 체감하는 연비와 거리감이 존재한다. 또한 측정방법에 대한 상세 시행규칙이 부여되어 있지 않기 때문에, 이륜자동차 제조사에 의해 제공되는 연료소비율 정보에는 큰 모호성이 존재한다.

반면 유럽연합의 경우 목표치를 제시하고 있지는 않지만 소비자 정보제공의 목적으로 형식승인 시, EU Regulation No. 168/2013, 제24조에 의한 WMTC(Worldwide-harmonized Motorcycle Test Cycle) 모드 연비를 요구하고 있다. 일본도 2013년 7월부터 제작자 스스로 WMTC 모드 연비를 병기하도록 유도하고 있다. WMTC 모드는 UN/ECE/WP29 GRPE(오염 및 에너지 전문분과)에서 개발한 이륜자동차의 배출가스 및 연비 인증절차로서 2005년 6월 세계기술기준(GTR(Global Technical Regulation) No. 2)으로 제정되었다⁽⁹⁾. 규정 제정 단계에서 세계 여러 지역(유럽, 미국, 일본)의 이륜자동차에 대한 통계적 정보와 운행 데이터를 반영하여 개발되었기 때문에 국제조화가 고려되었다. 우리나라는 1998년에 자동차 안전기준 국제조화 협정인 UN/ECE에 가입하였으므로, GTR No. 2 수준의 이륜자동차 연비 시험방법을 조속히 도입하여 국제조화를 도모해야 한다.

이륜자동차의 WMTC 연비는 차대동력계(chassis dynamometer)에서 측정된다. 차대동력계를 활용한 연비 측정에서 가장 중요한 변수는 이륜자동차의 속도에 대한 동력계의 주행저항(road load) 설정이다. 차대동력계의 구조적 관점에서 보면 시험 대상인 이륜자동차의 타이어 회전력에 의해 차대동력계의 롤러가 회전하며, 이때 발생하는 총 부하는 동력계의 회전마찰 저항과 타이어 구름 저항, 모터사이클 구동계의 마찰저항 및 동력계 동력 흡수 장치의 제동력 등의 합이다. 실제 도로에서와 동일한 주행저항 설정을 위해서는 시험 대상인 이륜자동차에 맞춰 차대동력계의 에너지 흡수 장치의 제동력을 조정해야 한다. 이륜자동차의 주행저항은 타행주행법(coast down method)이나 주행저항표법(table method)으로 결정할 수 있다⁽¹⁰⁾. 이륜자동차의 국제화연비측정에 대한 합리적인 시행세칙을 도입하기 위해서는 주행저항 측정 방법이 WMTC 모드 연비 측정에 미치는 영향을 상세히 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 국내에서 시판 중인 두 종류의 이륜자동차를 대상으로 타행주행법과 주행저항표법으로 주행

저항을 측정하고 비교하였다. 두 기법으로 결정된 주행저항을 이용하여 WMTC 모드 시험을 수행하고, 연비에 미치는 주행저항의 영향을 분석하였다. 이를 통해 이륜자동차의 연비 측정 시행세칙의 방향을 제시하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 주행저항 측정방법

도로 위를 주행하는 이륜자동차의 부하를 측정하기 위해서는 이륜자동차 엔진으로부터 타이어로 전달되는 동력을 차단하고 관성에 의해 주행하는 타행주행 시험이 필요하다. 타행주행 시험은 GTR No. 2에 정의된 조건을 준수하며, 경사가 없는 편평한 1.5km의 고속 직선 주행로에서 진행하였다. 타행주행 시험이 시작되는 기준 속도인 50km/h로 설정하고, 속도가 10km/h씩 감소하는 시점에서 타행주행 시간(Δt)을 기록하여 식 (1)에 의해 주행저항(F)을 계산한다.

$$F = \frac{1}{3.6} (m + m_r) \frac{2\Delta V}{\Delta t} \quad (1)$$

식 (1)에서 m 은 공차중량과 운전자 중량의 합(kg)이다. 운전자의 중량은 75 ± 5 kg으로 제한된다. m_r 은 모든 차륜의 등가관성중량(kg)으로 공차중량의 7%로 대체될 수 있다. 속도 V 에서 타행주행 시간(Δt)은 $(V + \Delta V)$ 부터 $(V - \Delta V)$ 까지 감속되는 시간으로 정의되고, $\Delta V = 5$ km/h이다. 예를 들어 40km/h에서 주행저항(F)을 계산하기 위해서는 $45 (= 40 + \Delta V)$ km/h부터 $35 (= 40 - \Delta V)$ km/h까지 감속되는 시간(Δt)을 측정하여 식 (1)에 대입한다. $V = 50$ km/h부터 $V = 20$ km/h 범위에서는 일정한 속도 간격(10 km/h)으로 기준 속도를 설정하고 주행저항을 측정하였다. $V = 10$ km/h에서 주행저항을 측정하려면 $5 (= 10 - \Delta V)$ km/h 조건에서 저속 주행이 필요하지만, 5km/h에서는 안정적인 속도 측정이 불가능하여 이보다 높은 $V = 15$ km/h를 기준 속도에 추가하여 시험을 진행하였다.

타행주행 시험에서 이륜자동차의 속도는 차량에 장착된 GPS 위치 정보 신호를 모니터링 하여, 타행주행 시간과 이륜자동차의 속도를 측정하였다. GPS 신호 수집을 위한 DAQ 시스템은 VBOX Automotive 사의 VBOX 3i (속도측정 오차 0.1km/h, 측정범위 0.1~1610km/h, 위치 측정 오차 0.05%, 수신 속도 100Hz)를 활용하였다. Fig. 1은 타행주행 시험에서 측정된 속도 데이터로부터 특정

이륜자동차의 주행저항 결정 기법이 WMTC 연비 측정에 미치는 영향

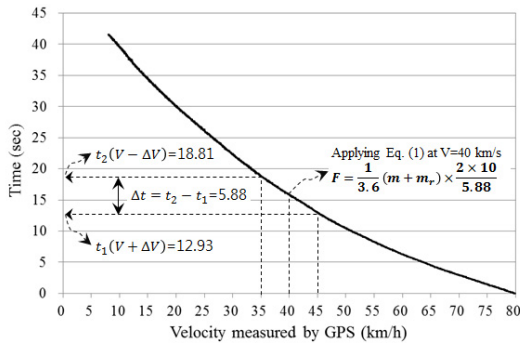


Fig. 1 Example of velocity profile measured by GPS sensor during coast down test

속도($V=40$ km/h) 조건에서 식 (1)을 적용하여 주행저항을 계산하는 방법론을 보여주고 있다.

주행저항(F)을 결정하는 또 다른 방법은 다음 식 (2)에 따라 계산하는 주행저항표 방식이다.

$$F = a + b \times V^2 \quad (2)$$

식 (2)에서 a 는 전륜구름저항(N)이고, b 는 공기항력 함수계수($N/(km/h)^2$)이다. a 와 b 는 이륜자동차의 등가

관성중량(m_i)에 대하여 식 (3)과 (4)의 관계식으로 정의되고, 각각 소수점 첫째 자리와 넷째 자리에서 반올림하여 최종 값이 결정된다. 아래 식에서 m_i 는 이륜자동차 '전체'의 등가관성중량으로 '차륜'만의 등가관성중량을 의미하는 식 (1)의 m_i 과는 차이가 있다.

$$a = 0.088 \times m_i \quad (3)$$

$$b = 0.000015 \times m_i + 0.02 \quad (4)$$

2.2. WMTC 모드 연비 시험

WMTC 모드는 이륜자동차의 배기량이나 성능(최고속도)에 따라 도로에서 경험하는 주행 환경을 모사하여 연비 및 배기가스 배출량을 측정하도록 고안되어 있다. Table 1은 배기량과 최고속도에 따라 분류된 WMTC 모드의 종류를 정리한 것이다. WMTC 1과 WMTC 2 모드는 총 1200초의 주행시간으로, WMTC 3 모드는 10분을 추가하여 총 1800초의 주행시간으로 구성되어 있다. WMTC 2와 WMTC 3는 각각 2개의 세부 주행모드로 분류된다. Fig. 2는 시간에 따른 WMTC 모드별 속도 궤적을 보여주고 있다.

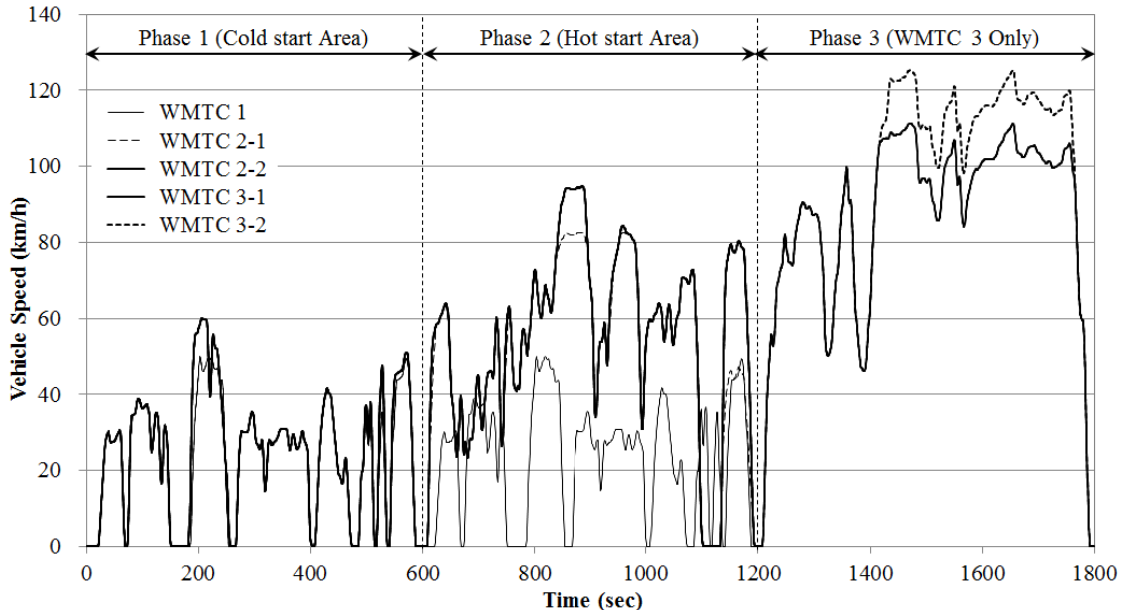


Fig. 2 Vehicle speed trajectories of WMTC modes (Note that the trajectory of WMTC 2-2 is exactly same with that of WMTC 3-1 until phase 2.)

Table 1 Classification conditions of WMTC modes with respect to displacement volume (V_d) and maximum speed (V_{max})

Type	Classification conditions
1	$V_d < 150 \text{ cc} \ \& \ V_{max} < 100 \text{ km/h}$
2-1	$V_d < 150 \text{ cc} \ \& \ 100 \text{ km/h} \leq V_{max} < 115 \text{ km/h}$ or $V_d \geq 150 \text{ cc} \ \& \ V_{max} < 115 \text{ km/h}$
2-2	$115 \text{ km/h} \leq V_{max} < 135 \text{ km/h}$
3-1	$130 \text{ km/h} \leq V_{max} < 140 \text{ km/h}$
3-2	$V_{max} \geq 140 \text{ km/h}$ or $V_d \geq 1,500 \text{ cc}$

연비측정은 냉간시험과 열간시험으로 구분되어 진행되었다. 냉간시험은 이륜자동차를 상온 상태에서 8시간 이상 안정화(soaking) 시킨 후 진행되었다. 열간 조건 연비는 냉간시험이 완료되고, 약 30분 경과 후에 측정되었다. 또한 본 연구의 주요 시험 변수인 차대동력계의 도로 부하 설정 방법(타행주행법과 주행저항표 방법)에 따라 냉간 및 열간 조건으로 구분하여 WMTC 모드 연비를 측정하였다.

2.3. 연비 측정에 사용된 이륜자동차 사양

본 연구에서는 시판 중인 두 종류의 국산 이륜자동차를 대상으로 연비시험을 진행하였다. 또한 이륜자동차의 동일 모델 간 연비 편차 수준을 파악하기 위하여, 개별 모델에 대해 각각 2대씩, 총 4대의 이륜자동차에 대해 모드 연비를 측정하였다. Table 2는 연구에 사용된 이륜자동차의 제원을 보여준다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 타행주행법과 주행저항표에 의한 주행저항 차이

Fig. 3은 두 종류의 이륜자동차에 대하여 타행주행 실험으로부터 측정된 주행저항 데이터와 회귀선을 보여주고 있다. 타행주행 실험은 주행로에서 바람 방향의 영향을 제거하기 위하여 정방향과 역방향으로 각각 4회 이상 진행되었다. 또한 Fig. 3의 타행주행 데이터는 동일한 모델에서 각각 2대의 이륜자동차로부터 측정된 실험값을 모두 평균한 값이다.

Fig. 3에서 주목할 점은 공차중량과 외형이 더 작은 Model A의 주행저항이 Model B보다 더 크다는 점이다. 이는 이륜자동차 운전자의 탑승 자세와 관련이 있다. Model

Table 2 Specifications of two-wheel vehicles used in WMTC mode test

Units	Specifications	
	Model A	Model B
All lengths in mm		
Weight in kg		
Length×Width×Height	1,870×700×1,100	1,937×800×1,055
Wheelbase	1,250	1,346
Minimum road clearance	115	135
Seat height	735	790
Empty vehicle weight	116	158
Engine type	Air Cooled 4-Stroke	Liquid Cooled 4-Stroke
Displacement (cc)	124.6	249.4
Transmission type	CVT	6-speed manual
Fuel tank capacity (L)	5.9	11.0
Tire type	Front: 110/70-12 Rear: 3.50-10	110/70-R17 54S 150/60-R17 66S
Brake	Hydraulic disc	Hydraulic disc
WMTC mode	WMTC 1	WMTC 3-1
Fuel	Gasoline	

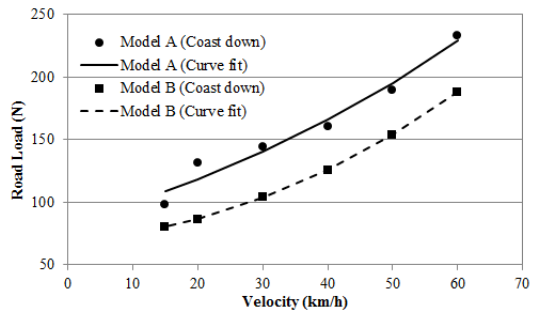


Fig. 3 Road loads measured by coast down method for Model A and Model B

A는 운전자가 상체를 세운 상태로 주행하는 형태인 반면에 Model B는 운전자가 상체를 앞으로 숙인 채로 주행하는 구조이다. 따라서 주행 시 Model A의 공기저항이 Model B보다 큰 값을 가지게 되고, 이로 인해 상대적으로 더 큰 주행저항 값을 보여주고 있다.

Fig. 3에서 Model A의 타행주행 실험 데이터는 저속 영역에서 속도에 대한 주행저항의 변곡점을 가지고 있다.

이는 CVT(Continuously Variable automatic Transmission)를 채용한 Model A의 주행 특성에 기인한다. 타행주행 시험은 이륜자동차의 동력을 차단하고 진행한다. 하지만 Model A의 경우 동력 차단을 위해 전원을 끄더라도 타행주행 초기에 엔진의 시동이 유지되었으며 변속기의 중립 제어도 불가능하였다. CVT가 중립으로 전환되는 차속은 Fig. 3에서 주행저항의 변곡 특성이 나타나는 20~30km/h 부근이다. 차대동력계에서 모드 연비 측정을 위해 주행저항을 설정할 때는 Fig. 3에서 선으로 표시된 회귀곡선의 값을 적용하였다. Model A와 Model B의 주행저항에 대한 회귀식은 각각 식(5) 및 (6)과 같다.

$$(Model A) F = 0.0199 V^2 + 1.1667 V + 87.195 \quad (5)$$

$$(Model B) F = 0.0285 V^2 + 0.2498 V + 70.228 \quad (6)$$

위의 두 회귀곡선의 결정계수(R^2 , coefficient of determination)는 Model A에서 $R^2=0.9652$, Model B에서 $R^2=0.9999$ 로 매우 높은 값을 가진다. 비록 Model A의 회귀곡선이 일부 구간에서 실험데이터와 차이를 보이지만, 전체적으로는 매우 잘 추종한다.

Fig. 4는 타행주행법과 주행저항표법에 의해 결정되어 모드 연비 측정용 차대동력계에 입력되는 주행저항 값을 비교하고 있다. 주행저항표 방식으로 결정되는 주행저항 값은 타행주행법으로 측정된 주행저항 값의 50% 미만 수준으로 훨씬 작다. 특히 저속영역에서는 20~30% 수준이다. 주행저항표법에 의한 주행저항은 식 (2)~(4)에서와 같이 이륜자동차의 등가관성증량에 의해서만 결정되므로, Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 공차증량이 무거운 Model B가 Model A보다 더 큰 주행저항 값을 가진다.

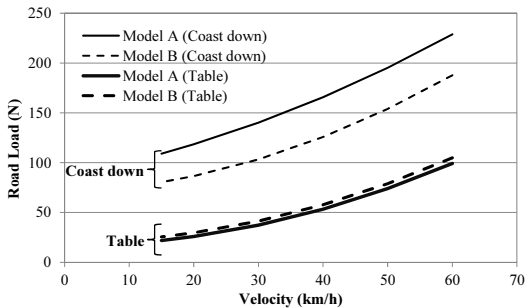


Fig. 4 Comparison of road loads set into the chassis dynamometer between coast down method and table method

이는 실제 도로에서 타행주행법으로 측정할 때는 운전자의 자세에 의해 Model A가 더 큰 주행저항 값을 갖는 것과는 반대의 경향이다. 따라서 운전자의 탑승자세가 현저하게 다른 이륜자동차 모델 간의 주행저항을 비교하는 경우에는, 측정방식(주행저항표법 또는 타행주행법)이 동일하지 않으면 단순 비교가 적합하지 않을 수 있다.

3.2. WMTC 모드 연비 비교

Table 3은 Model A의 WMTC 모드 연비 측정 데이터를 정리한 것이다. 타행주행법과 주행저항표 방법에 의한 주행저항을 적용하여 냉간시험과 열간시험 조건을 수행한 결과이다. 또한 양산 중인 동일 모델의 제품 간의 편차(Model A-1 & Model A-2)를 함께 보여주고 있다. 기업 입장에서는 동일 모델 중 가장 좋은 연비를 갖는 제품의 연비를 공표할 가능성이 높으므로, 제품 간의 편차는 더 높은 연비성능을 보이는 Model A-2에 대해서 계산되었다. Table 3에서 확인할 수 있듯이 제품 간의 연비 편차는 주행저항표를 적용한 열간시험에서 가장 큰 차이(-4.42%)를 보였고, 모든 시험 조건에서 -5% 이내의 차이를 가진다.

Fig. 5는 동일한 시험 조건별로 Model A-1과 A-2의 값을 평균하여 비교한 것이다. WMTC 모드연비의 기본 조건은 냉간시험이다. 주행저항 결정방식이 동일한 경우에는 엔진의 온도가 높은 열간시험 조건이 냉간시험보다 높은 연비를 가지는 사실은 잘 알려져 있다. Model A의 경우 냉간시험 대비 열간시험의 연비가 주행저항표 조건에서는 1.83%, 타행주행법 조건에서는 3.14% 증가하였다. 주행저항이 낮게 설정되는 주행저항표 조건의 연비가

Table 3 WMTC (mode 1) fuel economy of Model A (Note that Variation* is defined as the ratio of the difference (between Models A-1 and A-2) to the value of Model A-2 which is larger than that of Model A-1)

Fuel economy (km/l)		Table Method	Coast Down
Cold Test	Model A-1	26.403	24.218
	Model A-2	26.968	25.212
	Average	26.686	24.715
	Variation*	-2.10%	-3.94%
Hot Test	Model A-1	26.559	24.931
	Model A-2	27.788	26.051
	Average	27.174	25.491
	Variation*	-4.42%	-4.30%

타행주행법을 적용한 경우보다 높은 값을 가진다. 주행저항을 결정할 속도범위(15~60km)에서 타행주행법에 비해 평균 30% 수준의 주행저항 값을 가지는 주행저항표법 조건의 연비가 약 7%(냉간시험 7.97%, 열간시험 6.19%) 높은 것으로 나타났다.

Table 4는 시험조건별로 정리된 Model B의 연비를 보여주고 있다. 전체적으로는 Model A와 거의 같은 경향을

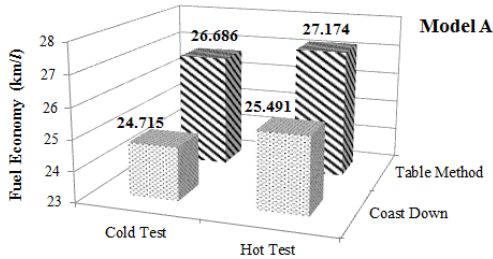


Fig. 5 Comparison of WMTC (mode 1) fuel economy of Model A at different conditions

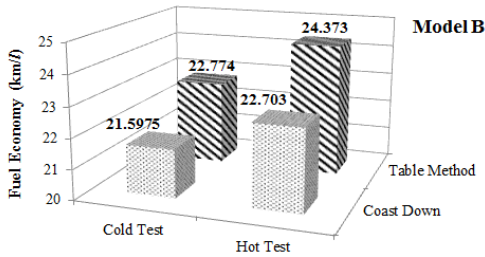


Fig. 6 Comparison of WMTC (mode 3-1) fuel economy of Model B at different conditions

Table 4 WMTC (mode 3-1) fuel economy of Model B (Note that Variation** is defined as the ratio of the difference (between Models B-1 and B-2) to the value of Model B-1 which is generally larger than that of Model B-2)

Fuel economy (km/l)		Table Method	Coast Down
Cold Test	Model B-1	22.600	21.767
	Model B-2	22.948	21.428
	Average	22.774	21.598
	Variation**	1.54%	-1.56%
Hot Test	Model B-1	24.407	22.932
	Model B-2	24.339	22.474
	Average	24.373	22.703
	Variation**	-0.28%	-2.00%

가진다. 제품 간의 연비 편차는 Model A에 비해 절반 수준(-2% 이내)으로 감소한 경향을 보이고 있다.

Fig. 6은 동일한 시험 조건별로 Model B-1과 B-2의 값을 평균하여 비교한 것이다. Model B의 경우 냉간시험 대비 열간시험의 연비가 주행저항표 조건에서는 7.02%, 타행주행법 조건에서는 5.12% 증가하였다. 냉간시험과 열간시험의 연비 차이의 비율이 Model A에 비해 크게 증가하였다. 이는 배기량이 더 큰 Model B의 엔진이 냉간 시험 조건에서 예열되는데 더 긴 시간이 소요되기 때문이다. 주행저항을 결정할 속도범위(15~60km)에서 타행주행법에 비해 평균 43% 수준의 주행저항 값을 가지는 주행저항표 조건에서 연비가 약 6%(냉간시험 5.45%, 열간 시험 6.85%) 높은 것으로 나타났다. 이는 Model A에 비해 증가폭이 작은 것으로, Fig. 4에서 확인할 수 있는 것처럼 타행주행법과 주행저항표 방법 사이의 주행저항 값 차이가 Model A와 비교하여 Model B의 경우가 더 작기 때문이다.

4. 결론

이륜자동차의 연비 측정 기준 및 시행세칙의 방향을 제시하기 위한 기초연구로서, 시판 중인 두 종류의 국산 이륜자동차를 대상으로 타행주행법과 주행저항표법으로 주행저항을 측정하고 WMTC 모드 연비를 측정하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 주행저항표 방식에 의해 결정된 주행저항 값은 타행주행법으로 측정된 저항 값의 50% 미만 수준으로 훨씬 작고, 특히 15~20km/h 범위의 저속영역에서는 20~30% 수준이다.
- 2) 양산 중인 동일 모델의 제품 간(Model A-1 & A-2, Model B-1 & B-2) WMTC 모드 연비 편차를 조사한 결과, 높은 연비성능을 보이는 제품을 기준으로(Model A의 경우 A-2, Model B의 경우 B-1) 연비 편차는 모든 시험 조건에서 -5% 이내 수준이다. 따라서 연비에 대한 기준을 '-5% 편차'로 제정하여도 국내 이륜자동차 업계에는 기술적으로 큰 부담이 되지 않을 것으로 판단된다.
- 3) WMTC 모드 연비의 기준인 냉간시험 조건에서 주행저항표 방식에 의해 측정된 연비는 타행주행법에 의해 측정된 연비보다 Model A의 경우 7.97%, Model B의 경우 5.45% 높다. 이륜자동차 연비에 대한 기준으로 유력한 '-5% 이내의 편차'를 고려

하면, 주행저항표법과 타행주행법에 의한 모드 연비 차이는 상대적으로 큰 편으로 이에 대한 명확한 시행세칙의 제정이 필요하다.

후 기

본 연구는 ‘이륜자동차 안전기준 및 검사장비 기술개발(과제번호: 17TLRP-B096242-03)’의 연구결과로서 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원 하에 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 자동차운영보험과, 2018, “2018년 01월 자동차 등록현황보고,” 국토교통통계연보, 국토교통통계누리 (<http://stat.molit.go.kr>).
- (2) 이광구, 용기중, 2016, “유럽과 한국의 이륜차 엔진 성능 시험 규정에 대한 비교 연구,” 자동차안전학회지, 제8권, 제3호, pp. 24~29.
- (3) 국토교통부, 2017, “자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙.”
- (4) 용부중, 용기중, 신재호, 류기현, 2016, “국내 이륜자동차 안전기준 개발: 후사경과 타이어,” 자동차안전학회지, 제8권, 제3호, pp. 18~23.
- (5) 한경희, 2017, “이륜자동차 창달이기장치 등의 국내안전기준 개발,” 자동차안전학회지, 제9권, 제3호, pp. 39~45.
- (6) 임재문, 하태웅, 홍승준, 2017, “이륜자동차 검사기준 개발 I,” 자동차안전학회지, 제9권, 제4호, pp. 55~60.
- (7) 홍승준, 하태웅, 임재문, 2017, “이륜자동차 검사기준 개발 II,” 자동차안전학회지, 제9권, 제4호, pp. 48~54.
- (8) 국토교통부, 2014, “자동차 및 자동차부품의 인증 및 조사 등에 관한 규정.”
- (9) Trans WP. 29, 2005, “GTR No. 2: Measurement Procedure for Two-Wheeled Motorcycles Equipped with A Positive or Compression Ignition Engine with regard to the Emission of Gaseous Pollutants, CO₂ Emissions and Fuel Consumption,” United Nations.
- (10) KS R ISO 11486:2009, “모터사이클-새시 동력계의 주행 저항 설정법,” 한국표준정보망.