

유럽과 한국의 이륜차 엔진 성능 시험 규정에 대한 비교 연구

이광구* · 용기중*

A Comparison Study on the Engine Performance Test Regulation of Two-wheeled Vehicles between EU and Korea

Gwang Goo Lee*, Geejoong Yong*

Key Words : Engine performance test regulation(엔진 성능 시험 규정), Maximum torque(최대토크), Rated power(정격출력), Regulation of the UNECE(유럽경제위원회 규정)

ABSTRACT

As a preliminary research to provide amendment for the engine performance test regulation of two-wheeled vehicles, the engine performance data are investigated in terms of maximum torque, rated power, and engine speed of motorcycles on sales in Korean market. Based on the engine performance database officially published to consumers, some forecasted problems are discussed when the maximum torque and the rated power are measured under the present test standards. EU and Korea regulations on engine performance test are carefully compared in terms of the accuracy of measurement devices, test procedures including data acquisition method, and allowable range of rated power measurement. Complementary items are discussed to eliminate ambiguities in the present regulation and to construct rational regulation system.

1. 서론

국내 도로교통법에 따르면 원동기를 장착하여 주행하는 모터사이클을 이륜자동차(이하 이륜차)로 정의하고 있다. 최근에는 이륜차가 레저스포츠용으로 확산되고 있으나, 여전히 대부분의 이륜차는 공단을 중심으로 근로자의 출퇴근용이나 자영업 종사자의 배달 업무 또는 택배 등과 같은 유통·물류 등의 영업용으로 이용되고 있다.

국내 자동차관리법에 의하면, 이륜차는 원동기의 배기량에 따라 경형(50cc 미만), 소형(100cc 이하 최대적재량 60kg 이하), 중형(100cc 초과 260cc 이하), 대형(260cc 초과)으로 분류된다. 2016년 7월 현재 국내에 등록된 이륜차는 약 218만대에 이른다⁽¹⁾. 원동기 배기량에 따른 이륜차의 분포는 Fig. 1과 같이 중형 이륜차가 50%

에 달하나⁽¹⁾, 경형이륜차의 경우에는 신고 되지 않고 이용되는 사례가 많기 때문에 Fig. 1의 배기량별 분포는 실제와 차이가 있을 것으로 예상된다.

원동기의 성능은 가속능력, 연비, 최대토크, 정격출력, 배기가스 배출량, 소음수준 등 다양한 변수로 표현될 수

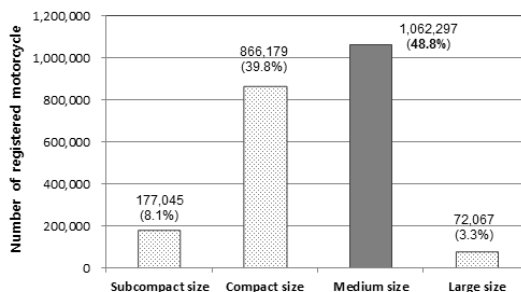


Fig. 1 Current status of registered motorcycles with respect to the engine displacement volume (July 2016)⁽¹⁾

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

있다. 그 중에서 소비자들이 피부로 느낄 수 있는 대표적인 성능변수는 최대토크와 정격출력이다. 하지만 Fig. 1과 같이 국토교통부에 신고 되어 있는 이륜차는 대부분 260cc 이하의 원동기가 장착되어 있기 때문에(96.7%), 최대토크와 정격출력 값이 작고 이에 따라 측정 오차가 문제점으로 대두될 수 있다. 따라서 합리적이고 정교한 성능 시험 기준의 도입과 운영이 매우 중요하다.

본 논문에서는 국내 이륜차 제조 기업이 판매하고 있는 원동기의 성능 표시 현황과 문제점을 분석한 후, EU의 이륜차 원동기 성능 시험 기준과 국내 시험 기준을 비교하고 향후 이륜차 원동기 출력에 관한 안전기준 및 시행세칙의 개선 방향을 제시하고자 한다.

2. 국내 이륜차 제조 기업의 원동기 성능 현황

2.1. 이륜차 원동기 성능 공표 비율

국내 이륜차 제조 기업이 2014년 이후 시장에 출시한 51개 모델의 원동기 성능제원을 조사하였다. 51개 이륜차 모델의 배기량별 분포와 최대토크 및 정격출력을 공개한 모델 수의 비율은 Table 1과 같다. Fig. 1과 유사하게 중형 이륜차 모델이 가장 많다. 반면에 소형과 경형의 모델 수는 상대적으로 적다. 이는 소형 이하의 이륜차는 주로 중국으로부터 수입에 의존하고 있기 때문으로 판단된다.

대형 모델의 경우 최대토크와 정격출력을 100% 공개하여 판매하고 있다. 하지만 배기량이 감소할수록 원동기 성능의 공표 비율은 큰 폭으로 감소하고 있다. 특히 중형 모델의 40%만이 최대토크를 공개하고 있으며, 소형 이하의 모델에서는 최대토크가 공개된 사례가 전무하다.

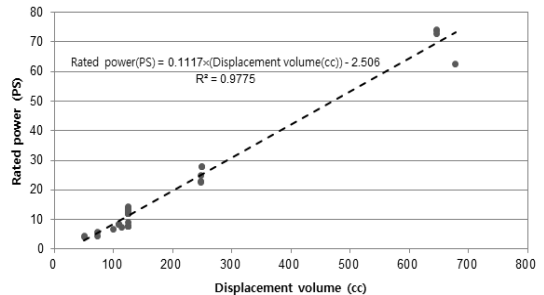
Table 1 Models on sale with released specifications of engine performance in domestic market since 2014

Size	No. of models	Specification-released models			
		Maximum torque		Rated power	
		No. of models	Percentage (%)	No. of models	Percentage (%)
Subcompact	4	0	0.0	2	50.0
Compact	8	0	0.0	3	37.5
Medium	35	14	40.0	29	82.9
Large	4	4	100.0	4	100.0
Total	47	14	35.3	34	74.5

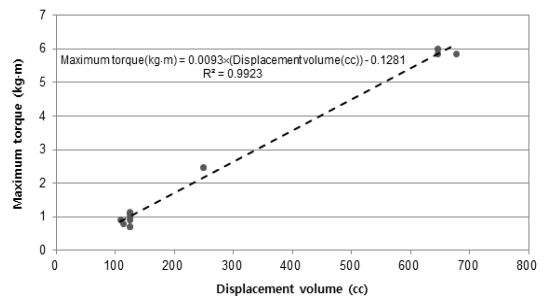
2.2. 시판 중인 이륜차 원동기 성능 현황 및 문제점

성능이 공개된 이륜차 원동기의 배기량에 따른 정격출력과 최대토크의 관계는 Fig. 2와 같다. 정격출력이 공개된 38개 모델의 원동기 중에서 4개 모델을 제외하면 모두 중형 이하에 해당하며, 이중 29개 모델은 배기량 125cc 이하로 14 PS 이하의 저출력 원동기에 해당한다. Fig. 2(a)의 데이터에 대한 1차 회귀분석 관계식에 따르면, 국내에서 시판 중인 이륜차의 원동기는 100cc당 약 11 PS의 출력을 보이고 있다(배기량이 큰 4개 모델에 의해 회귀분석 관계식의 상관계수가 높게 과장될 수도 있는 점을 고려하여 4개 모델을 제외한 34개 데이터에 대해서도 별도로 분석하였으며, 그 차이는 2% 미만임을 확인하였다). 이는 자동차에 탑재되는 일반적인 가솔린엔진의 정격출력에 비해 매우 높은 수준으로⁽²⁾, 정격출력 원동기 회전수가 6,000 RPM 수준인 자동차의 경우와는 달리 Fig. 3과 같이 이륜차의 정격출력은 훨씬 높은 원동기 회전수에서 발생하기 때문이다.

고회전수에서 측정되는 원동기의 정격출력은 동력계의 운전범위 측면에서 문제점을 야기할 수 있다. 일반적



(a) Rated power of 38 models



(b) Maximum torque of 18 models

Fig. 2 Engine performance data of two-wheeled vehicles on sale in domestic market since 2014

인 엔진 동력계는 최대 회전수가 10,000 RPM 수준이고, 실제 측정 영역은 동력계 최대 회전수의 70~80% 범위를 이용한다. 따라서 Fig. 3과 같이 8,000 RPM 이상의 고속영역에서 발생하는 정격출력 시험은 원동기와 동력계 사이에 감속기 장착이 필요하게 되므로, 이로 인한 측정 오차의 분석과 정격출력 산출에 대한 명확한 기준이 요구된다.

정격출력 시험의 또 다른 문제점은 이륜차 원동기의 낮은 출력으로 인해 동력계가 갖는 측정 오차가 확대될 수 있다는 점이다. Fig. 4는 Fig. 2(a)의 38개 모델에 대하여 공표된 원동기 정격출력과 회전수로부터 계산한 정격출력 조건에서의 토크 값이다. 총 38개 이륜차 모델 중 24개(63%) 모델의 원동기가 10N·m이하의 토크 값을 가지는 것으로 분석되었다. 일반적인 상용 동력계는 측정 가능한 최대 토크 값의 ±0.2% 측정 오차를 갖고 있다. 최대 측정 토크 범위가 100N·m인 소형 동력계를 가정하면, 현재 국내 시장에서 출력이 공개된 이륜차의 63%를 차지하는 소형 이륜차는 동력계의 측정 오차만으로 2%를 초과하는 원동기 출력 오차를 가질 수 있다. 또한 5

PS 이하의 경형 이륜차의 경우에는 오차가 5% 수준으로 확대된다.

Fig. 2(b)에서 최대토크가 공개된 이륜차의 모델 수(18개)가 정격출력을 공개한 모델 수(38개)보다 적은 이유는 전술한 바와 같이 동력계의 토크 측정 오차 범위와 비교하여 원동기의 최대토크 값이 작아서 공표의 위험요소가 크기 때문인 것으로 판단된다. 특히 최대토크가 공개된 18개 모델 중 5개 모델은 정격출력 원동기 회전수에서 계산된 토크 값이 공개된 최대토크 값보다 크다. 이는 명백한 오류로 이륜차 제조사 간의 과열경쟁으로 인하여 정격출력 값이 과장 발표된 것으로 파악된다.

3. EU와 국내의 이륜차 원동기 성능 규정 비교

3.1. 이륜차 원동기 성능에 대한 EU 규정 현황

EU는 1995년에 Directive 95/1/EC를 채택하여 최고속력과 원동기 토크 및 출력에 관한 규정을 운영하기 시작하였다. 2002년에 일부 개정한 이후, 2013년에 형식승인 규정(Regulation 168-2013)을 전면 개정하면서 이륜차 원동기출력 규정을 후속 규정(Regulation 134-2014 Annex 10)으로 편입시켰다⁽³⁾. 현재 EU와 우리나라만이 이륜차 원동기 성능 규정을 운영하고 있으며, 그 이외의 지역과 국가에서는 운영하지 않고 있다.

EU의 Regulation 134-2014는 국내에서 이륜차로 분류되는 이륜 모터사이클뿐만 아니라 삼륜 또는 사륜의 소형 운송수단을 7 종류의 L-category Vehicle로 분류하여 포함하고 있다. Table 2는 L-category의 세부 분류 기준과 함께 국내 이륜차 분류 기준을 비교하여 보여주고 있다. 국내 기준에 의한 경형 이륜차는 EU의 L1과 동일하며, 소형·중형·대형 이륜차는 EU의 L3에 해당한다.

L-category 운송수단의 원동기 성능 측정 절차와 방법을 담고 있는 Regulation 134-2014의 Annex 10은 Table 3과 같이 구성되어 있다. 배터리와 전기모터를 사용하는 일부 이륜차를 제외하면 대부분의 국내 이륜차는 스파크점화(SI: Spark ignition) 방식의 가솔린엔진을 장착하고 있다. 따라서 본 논문에서는 Regulation 134-2014 Annex 10의 2.1 및 2.2에 기술된 원동기 성능 측정 기준과 국내의 시행세칙을 비교하였다.

3.2. 이륜차 원동기 성능 시험 기준 비교

이륜차 원동기의 출력 오차에 대한 국내 기준은 ‘자동차

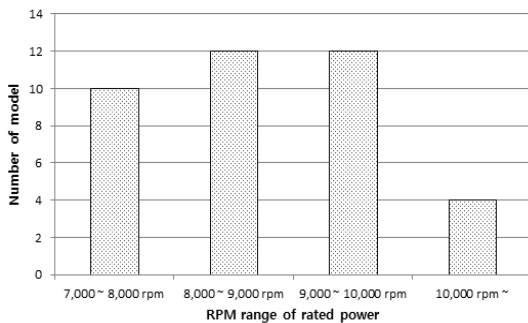


Fig. 3 Rated power RPM of 38 models corresponding to Fig. 2(a)

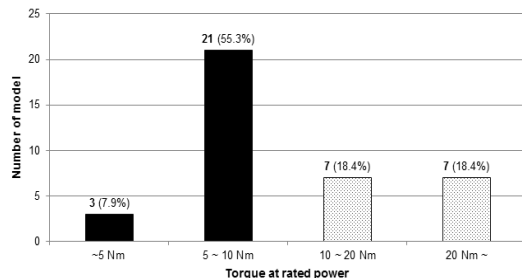


Fig. 4 Statistics of torque values calculated at rated power condition (38 models corresponding to Fig. 2(a))

유럽과 한국의 이륜차 엔진 성능 시험 규정에 대한 비교 연구

차안전기준에 관한 규칙'에 기술되어 있으며⁽⁴⁾, 원동기 출력 시험의 세부 방법 및 절차에 대한 규정은 '자동차안전기준 시행세칙'에 기술되어 있다⁽⁵⁾. 이륜차 원동기 성

능 시험에 대한 EU 기준⁽³⁾과 국내 기준^(4,5)의 주요 내용 및 차이점을 비교하여 요약하면 Table 4와 같다. 본 논문에서는 성능 시험을 위한 부속장치, 시험장치

Table 2 L-category vehicles of UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)

		Displacement volume less than 50 cc and Maximum speed less than 50 km/h	Displacement volume more than 50 cc or Maximum speed more than 50 km/h		
<i>Two</i> -wheeled vehicle	Korea	Subcompact size	Displacement volume less than 100 cc	Displacement volume less than 260 cc	Displacement volume more than 260 cc
			Compact size	Medium size	Large size
<i>Three</i> -wheeled vehicle	EU	L2	L3		
			In relation to the longitudinal median plane		
			<i>Asymmetrically</i> arranged (For example, motor cycles with sidecars)	<i>Symmetrically</i> arranged	
<i>Four</i> -wheeled vehicle	EU	Empty vehicle weight less than 350 kg and Maximum speed less than 45 km/h In case of SI engine, displacement volume less than 50 cc or In case of other IC engine, maximum net power output not exceeding 4 kW or In case of electric motors, maximum continuous rated power not exceeding 4 kW	Empty vehicle weight less than 450 kg and Maximum continuous rated power not exceeding 15 kW		
			L6	L7	

Table 3 List of test procedures in Annex X of EU Regulation 134-2014

Appendix No	Contents included in each section
1	Requirements concerning the method for measuring the maximum design vehicle speed
1.1	Procedure for defining the correction coefficient for the annular vehicle speed-test track
2	Requirements concerning the methods for measuring the maximum torque and maximum net power of a propulsion containing a combustion engine or a hybrid propulsion type
2.1	Determination of the maximum torque and maximum net power of SI engines for vehicle categories L1, L2 and L6
2.2	Determination of the maximum torque and maximum net power of SI engines for vehicle categories L3, L4, L5 and L7
2.3	Determination of the maximum torque and maximum net power of L-category vehicles equipped with a CI engine
2.4	Determination of the maximum torque and maximum power of L-category vehicles equipped with a hybrid propulsion
3	Requirements concerning the methods for measuring the maximum torque and maximum continuous rated power of a pure electric propulsion type
4	Requirements concerning the method for measuring the maximum continuous rated power, switch-off distance and maximum assistance factor of an L1e category vehicle designed to pedal referred to in Article 3(94b) of Regulation (EU) No 168/2013(Moped)

의 정밀도, 시험방법 및 그에 따른 원동기 성능 측정에 대한 허용오차 측면에서 두 지역의 기준을 비교하였다. 이중 부속장치에 대한 EU와 국내 기준의 큰 차이점은 없으므로 생략하였고, Table 4에는 나머지 3개 항목의 세부 내용이 정리되어 있다. EU와 국내기준을 전체적으로 비교하여 요약하면, 원동기 성능 시험을 위한 장치의 정밀도와 시험방법에 대해서는 국내 기준이 대체적으로 엄격하지만 성능 측정에 대한 허용 오차는 EU 기준이 더 엄격하다.

시험장치에 관한 항목들은 대체적으로 EU와 국내 기준이 동등한 수준이나, 동력계 토크 측정의 정밀도, 연료계의 정밀도, 흡기 온도계의 정밀도는 국내가 EU에 비해 엄격한 기준을 요구하고 있다. 하지만 시험장치에 대한 정밀도 기준은 대부분 시험장치 전문 제조사가 제시하는 측정 오차에 비해 매우 관대하다. 예를 들어 연료유량계의 측정오차의 경우, 국내 기준이 $\pm 1\%$ 인 반면에 일반적인 시험장치 제조사가 보증하는 측정오차는 $\pm 0.2\%$ 미만이다⁽⁶⁾. 따라서 표면적으로는 국내 기준이 엄격해 보이지만, EU 및 국내의 기업과 인증기관에서 일반적으로 사용하는 시험장치의 측정 정밀도를 고려하면 두 기준의 차이

는 실질적으로 없는 것으로 판단된다.

시험방법 항목은 국내 기준이 엄격한 측면과 적용 방법이 모호한 세부 기준을 갖고 있다. 원동기 성능을 측정하기 직전에 각종 시험 항목(토크, 회전속도, 각 부위의 온도 등)의 데이터가 최소 1분 이상 실질적으로 안정된 상태로 운전되고 있을 것을 규정하고 있다. 반면 EU 기준은 측정항목의 데이터가 30초 이상 안정 상태를 유지하면 되므로, 국내 시험 기준이 EU 기준에 비해 다소 엄격하다.

데이터 획득 방법에 대해서는 국내 기준이 모호한 내용을 담고 있다. 토크, 회전속도, 온도 등의 데이터를 '가능한 단 시간에 측정하고, 2%를 초과하여 변동하지 아니하는 2개의 안정된 연속적인 측정치의 평균값을 사용'한다고 규정하고 있다⁽⁵⁾. 일반적으로 원동기 성능 측정 시험에서 데이터를 획득하는 시간은 제조사와 공인 기관 사이에 통일되어 있지 않으므로, 위 항목 규정이 자의적으로 적용될 수 있다. 반면에 EU 규정은 데이터를 취득하는 시간이 명확히 제시되어 있다(조건에 따라 10초 또는 20초). 시험 수행자가 원동기 출력이 일시적으로 높게 운전되는 순간을 기다렸다가 의도적으로 측정할 수 있는 문제를 해결하고자, 수동으로 데이터를 취득할 때는 자동

Table 4 Comparison of engine performance test procedure and its method between EU and Korea

		Korea			EU Regulation 134-2014 Annex 10			
					L1, L2, L6		L3, L4, L5, L7	
Accuracy of measurement devices	Dynamometer torque	$\pm 1\%$ full-scale torque			$\pm 2\%$		$\pm 1\%$	
	Dynamometer RPM	$\pm 1\%$ of full-scale speed			←		←	
	Fuel-meter	$\pm 1\%$ of full-scale flow-rate			$\pm 2\%$		$\pm 1\%$	
	Thermometer of intake air	$\pm 1\text{ K}$			$\pm 2\text{ K}$		$\pm 1\text{ K}$	
	Manometer of ambient pressure	$\pm 70\text{ Pa}$			←		←	
	Pressure gauge at intake & exhaust	$\pm 25\text{ Pa}$			←		←	
Test conditions or methods	Engine test condition	Full load(WOT)			←		←	
	Measurement condition	Stable with torque, RPM, and temperatures over 60 seconds			over 30 seconds		over 30 seconds	
	Data acquisition method	Averaging two successive data with fluctuations less than 2%			←		←	
Allowable range of error	Rated power	~11 kW	11 kW~	Power at engine speeds other than rated RPM	~1 kW	1~6 kW	~11 kW	11 kW~
		$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 4\%$	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$	$\pm 2\%$	
	Engine RPM	$\pm 1.5\%$			$\pm 3\%$		$\pm 1.5\%$	

(auto-trigger) 조건의 간격보다 2배 긴 20초로 규정하고 있다. EU의 기준은 해석의 모호성이 없으면서, 데이터 취득 조건에 대한 인위적인 오류가 배제되도록 합리적인 방법을 제시하고 있다. 관련 내용은 국내 규정에도 적용할 필요가 있다.

성능측정의 허용 오차는 EU에 비해 국내 기준이 관대하다. EU 기준은 출력 1kW 이하의 초소형 원동기에 대해서만 $\pm 10\%$ 의 오차를 허용하고 1 kW를 초과하면 오차를 $\pm 5\%$ 까지 허용지만, 국내 기준은 출력 11kW 이하(경형과 소형의 전체 모델과 중형의 일부 모델)의 원동기까지 $\pm 10\%$ 오차를 허용하고 있다. 출력이 11kW를 초과하는 원동기에 대하여 EU 기준은 $\pm 2\%$, 국내 기준은 $\pm 5\%$ 의 오차를 허용한다. EU 기준에 비해서 국내 기준이 관대하지만, 국내 이륜차 시장이 EU에 비해 중소형에 편향되어 있는 점을 고려하면 수용할 수 있는 수준으로 판단된다. 2.2절에서 기술한 바와 같이 중소형 원동기가 집중적으로 채택되고 있는 국내 이륜차의 성능은 작은 출력값으로 인해 큰 측정오차의 가능성을 가질 수밖에 없는 상황이다. 또한 이륜차 시장이 축소되어 제조사들이 최신 시험 설비를 도입하기 힘든 상황에서, 엄격한 기준 제정으로 이륜차 제조사를 규제하는 것은 국내 이륜차 산업의 성장에 도움이 되지 않을 것으로 판단된다.

4. 결론

이륜차 원동기 성능 측정의 합리적인 기준 제안을 위한 선행연구로써 국내 제조사가 직접 생산하여 판매하고 있는 이륜차의 성능 현황을 분석하고, EU와 국내의 성능 시험 기준을 비교하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 국내 제조사가 시판 중인 이륜차는 대부분 중소형으로 저배기량의 저출력 원동기를 채택하고 있고, 정격출력과 최대토크가 공표되는 모델의 비율이 각각 74.5%와 35.3%로 낮은 수준이다. 이는 높은 수준으로 예측되는 성능 측정 오차로 인해 제조사가 정격출력과 최대토크를 공표하는데 어려움을 겪고 있기 때문으로 파악된다.
- 2) 이륜차의 정격출력이 발생하는 원동기의 회전수를 고려할 때, 일반적인 동력계에서 정격출력을 측정하기 위해서는 감속기와 같은 추가적인 측정 장치가 사용될 것으로 예상된다. 현재 국내 규정에는 이에 대한 구체적인 절차와 방법이 명시되어 있지

않으므로, '자동차안전기준 시행세칙' 개정 시에 이를 반영할 필요성이 있다.

- 3) 이륜차 성능측정에 대한 EU와 국내의 기준을 시험 장치의 정밀도, 시험방법 및 그에 따른 원동기 성능 측정에 대한 허용오차 측면에서 상세하게 비교하였다. 시험장치의 정밀도에서는 국내 기준이 더 엄격하지만 일반적으로 제조사가 보증하는 시험 장치의 측정 정밀도를 고려하면 EU의 기준과 실질적인 차이가 없는 것으로 파악된다.
- 4) 원동기 출력 데이터 취득 방법에 대하여 명확한 기준을 갖고 있는 EU와 달리 국내기준은 해석상의 모호함을 내포하고 있으므로, 추후 시행세칙 개정 시에 이에 대한 보완이 요구된다.
- 5) 원동기 출력 측정값에 대한 허용 오차는 국내 기준이 EU 기준에 비하여 관대하다. 하지만 소형 이륜차에 집중된 국내 산업 구조와 시장 축소를 겪고 있는 이륜차 제조사의 상황을 고려할 때, 출력 측정값의 허용 오차에 대해서는 현재의 기준을 유지하는 것이 더 합리적인 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 '이륜자동차 안전기준 및 검사장비 기술개발(과제번호: 16TLRP-B096239-02)'의 연구결과로서 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원 하에 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 자동차운영보험과, 2016, "2016년 7월 이륜차 신고현황 통계," 국토교통통계연보, 국토교통통계누리(<http://stat.molit.go.kr>).
- (2) 이광구, 2008, "가솔린엔진 개발 과정에서 벤치마킹 기법의 이용," 한국자동차공학회 대구경북지부 춘계학술대회, KSAE Paper No. 08-G0002.
- (3) The European Commission, 2013, "Commission Delegated Regulation (EU) No 134/2014," Official Journal of European Union.
- (4) 자동차운영과, 2012, "자동차안전기준에 관한 규칙," 국토교통부.
- (5) 자동차운영과, 2012, "자동차안전기준 시행세칙," 국토교통부.
- (6) www.avl.com