

〈기술논문〉

자동차의 엔진 토크 산출에 대한 연구

나 원 용*

신성대학 기계자동차계열*

A Study on Calculation of Engine Torque for Automotive

Wanyong Rha*

*Faculty of Machinery and Automobiles, Shinsung College, Chungnam 340-860, Korea
(Received 9 December 2002 / Accepted 16 June 2003)

ABSTRACT : The main study experiments to obtain engine torque of the vehicle during performance test of the recent automobile. Torque was measured through the engine dynamometer to produce engine torque of the vehicle but the research method calculated engine torque of the vehicle without the engine dynamometer. The performance of the vehicle receive various running resistance. The study certifies performance of certification before a certification of used vehicle didn't carry out and certificate. This way evaluated on road test and chassis dynamometer. The result of the study shows that it is much possible to apply the test. After comparing the engine torque of road driving with that of chassis dynamometer, the results are approximately the same. When rapidly speeded up, the road-load vehicle can pitch in some degrees, which may result in the fluctuations of acceleration, and then affect on the engine torque. Therefore it is confirmed that this method is easier way to measure the performance of vehicles.

Key words : Running resistance(주행저항), Air resistance(공기저항), Rolling resistance(구름저항), Engine torque(엔진 토크), Tractive force(구동력), Coast down time(타행시간)

1. 서론

자동차 회사에서 자동차를 개발하는 경우에는 사용목적 및 용도에 따라서 엔진의 성능을 비롯한 자동차의 구동장치의 변속비, 종감속비 등을 고려하여 구동력 및 주행저항 등을 측정 개발하고 있지만,¹⁻³⁾ 그 시간이 장기간 소요됨은 물론 그 소요비용도 상당하다고 판단된다. 최근에는 자동차의 중고 자동차의 성능을 확인하는 방법이 매우 미흡하고 이의 성능을 검증할 수 있는 방법이 아직 개발되어 있지 않기 때문에 본 연구에서는 이러한 개발 방법을 개발하고 실차와 차대동력계에서 시뮬레이션을

실시하여 엔진 및 차대동력계에서 실차 시험을 하지 않고도 자동차 엔진의 토크를 산출할 수 있는 새로운 실험방법을 개발, 제안하고자 한다.

2. 관련이론

2.1 주행저항

자동차는 주행을 하게 되면 반드시 저항을 받는다. 이것을 주행저항(Running resistance)이라 하는데 이 저항이 커지게 되면 주행에 보다 큰 출력이 필요하게 되고, 반대로 저항이 작아지게 되면 줄어드는 만큼 출력이 작아도 된다. 예를 들어 지금 자동차가 일정한 속도로 주행하고 있다면 자동차가 받고 있는 저항과 자동차가 발생하고 있는 출력이 평형을 이루고 있다는 것을 의미한다. 만약, 이 때 가속페달

*To whom correspondence should be addressed.
rwy@shinsung.ac.kr

을 밟아서 평형이 깨어지면서 자동차의 출력쪽이 커지게 되면 여유로 남는 힘, 즉 여유구동력이 자동차의 속도를 높이는데 사용되어 자동차는 서서히 가속된다.

가속페달을 밟음으로써 얻어지는 구동력을 여유구동력이라고 하며 이 구동력에 의해서 차량이 가속되고 또한 가속시 가속저항(Inertia resistance, Ri)이 발생한다. 이와 같이 자동차는 주행방법에 따라서 여러 가지의 저항을 받고 있는데 구름저항(Rollig resistance, Rr), 공기저항(Air resistance, Ra), 구배저항(Gradient resistance, Rg), 가속저항 등으로 구분된다.

자동차에 작용하는 주행저항의 합을 전주행저항(Total running resistance, Rt)이라고 하며 다음과 같이 표시된다.

$$Rt = Rr + Ra + Rg + Ri \quad (1)$$

식 (1)에서 Rg와 Ri를 모두 0으로 놓으면 평탄로를 일정속도로 주행하는 것이 되고 그 때의 저항을 평지정속주행저항, Rg만을 0으로 놓으면 평탄로를 가속하는 상태로 되며 그 때의 저항을 평지가속주행이라고 한다.

2.1.1 구름저항

자동차가 도로 위를 주행할 때 타이어와 노면과의 저항을 구름저항이라고 한다. 포장된 노면에서는 저항이 작아지나 자갈길과 같은 비포장노면에서는 저항이 현저히 증대되는 등 노면의 상태에 따라 그 값이 크게 달라진다. 구름저항의 크기는 자동차의 속도가 빠르지 않은 상태에서는 타이어에 가해지는 하중에 거의 비례하기 때문에 구름저항계수(Rolling resistance coefficient)를 사용하면 다음과 같이 표시된다.

$$Rr = \mu r \times W \quad (2)$$

여기서, Rr : 구름저항(N)
 μr : 구름저항계수
 W : 차량총중량(N)

구름저항계수는 노면의 상황에 따라 다르며 타이어의 종류와 구조, 자동차의 속도 및 타이어의 공기압 등에 영향을 받는다. 자동차가 고속으로 주행할

수록 타이어 변형횟수가 증가되어 구름저항이 크게 되며 구름저항계수의 값도 크게 된다. 또한 타이어의 공기압이 낮으면 변형량이 크게 되므로 구름저항이 커지고, 타이어의 공기압이 높을수록 운전 중에 가속성능이 좋고 연비도 좋은 것은 구름저항이 작아지기 때문이다.

2.1.2 공기저항

전면에서 불어오는 맞바람을 받으면서 달릴 때에는 주행하기 어려우나 바람을 등지고 주행할 때에는 쉽고도 빠르게 달릴 수 있고, 이것은 달릴 때 공기저항의 영향을 받기 때문이다. 그리고 이 저항은 속도가 빨라질수록 커지게 되며 이것이 공기저항이다.

공기저항의 성분은 다음과 같이 나누어진다.

- 1) 형상저항 : 차체의 전후에 생기는 압력차에 의한 것으로 차체의 형상 그 자체에 따라 결정된다.
- 2) 유도저항 : 고속으로 되면 차체를 들어올리려는 양력이 작용한다. 이 양력으로 인하여 발생된다.
- 3) 마찰저항 : 공기의 점성때문에 차체표면과 공기와의 사이에 발생된다.
- 4) 표면저항 : 차체표면에 있는 돌기물에 의하여 기류가 난기류로 되면서 발생된다.
- 5) 내부저항 : 엔진의 냉각이나 차 실내의 환기 등의 원인으로 들어오는 공기류에 의해서 발생된다.

공기저항은 속도의 제곱에 비례하며 공기저항계수(Air resistance coefficient)를 사용하면 다음과 같이 표시된다.

$$Ra = \mu a \times A \times V^2 \quad (3)$$

여기서, Rr : 공기저항(N)
 μa : 공기저항계수(kg/m2.s)
 A : 전면투영면적(m2)
 V : 주행속도(km/h)

자동차가 받는 전주행저항 중에서 공기저항이 차지하는 비율은 시내주행과 같은 저속 구간에서는 거의 영향을 미치지 않지만 중속 이상에서부터는 급증하며 고속에서는 자동차의 무게에 전주행저항

이 거의 영향을 받지 않을 정도로 공기저항이 크게 작용한다.

2.1.3 구배저항

언덕을 오를 때에는 평지를 주행할 때의 저항 외에 또 다른 저항이 추가된다. 이것을 구배저항 또는 등판저항(Hill climbing resistance)이라고 한다.

Fig. 1에서 총중량이 W인 자동차가 θ 의 구배를 오른다고 하면 중량 W는 구배면에 수직인 분력 W' 와 평행한 분력 $W \sin \theta$ 로 나누어진다. 후자는 자동차를 중력에 이겨서 역으로 들어올리는 힘으로서 평지주행인 때 보다도 이것만큼 저항이 증가된다. 이것이 구배저항이다.

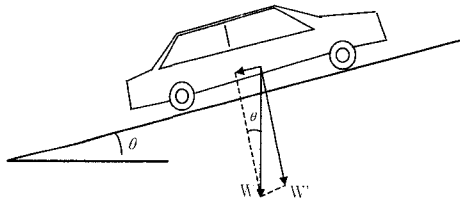


Fig. 1 Gradient resistance

이 구배저항은 다음과 같이 나타내어진다.

$$R_g = W \times \sin \theta \quad (4)$$

여기서, R_g : 구배저항(N)
 θ : 구배각(deg)

자동차가 고갯길을 내려오는 내리막길에서는 구배저항이 역으로 부가되므로 다른 주행저항을 감소시키는 쪽으로 작용한다. 고갯길을 내려올 때에 구름저항과 공기저항을 합한 것보다 이 저항의 절대값이 커지면 자동차의 속도가 점차 증가되므로 엔진 브레이크 등에 의한 속도조절이 필요하게 된다.

2.1.4 가속저항

자동차를 가속시킬 때 발생하는 저항을 가속저항이라고 하며 이 가속저항은 다음의 2가지에 의하여 성립된다.

1) 회전부분의 가속에 필요로 하는 저항

자동차가 가속하게 되면 자동차 구동기구의 회전부분의 회전속도도 상승하게 되므로 이들 부분을 가속할 만큼의 힘이 필요하게 된다. 예를 들면 회전하고 있는 팽이의 속도를 높이기 위해서는 팽이 끈

으로 추가적인 힘을 가할 필요가 있는 것과 같은 원리이다.

2) 회전부분은 포함되지 않는 단지 자동차의 가속만을 고려한 저항

1)과 2)의 합은 다음식으로 표시된다.

$$R_i = (a/g) \times (W + \Delta W) \quad (5)$$

여기서, R_i : 가속저항(N)
 a : 가속도(m/sec²)
 g : 중력가속도(m/sec²)
 W : 자동차 총중량(N)

ΔW : 회전부분의 관성에 상당하는 중량(N)

ΔW 의 값은 엔진, 동력 전달계, 차축, 바퀴 등과 함께 회전하는 부분의 관성모멘트를 구동축의 유효반경상의 중량으로 바꾸어 놓은 것으로 부품의 도면상에서 계산하거나 실물의 진동주기를 측정하여 구한다.

2.2 구동력

엔진의 성능을 주행저항력과 대항하는 자동차의 구동력으로 표시할 때에는 엔진의 축 토오크로부터 구할 수 있다. 토크란 예를 들어 스페너로 볼트를 죄오 붙일 때 볼트를 돌리려고 하는 힘을 말한다. 스페너를 잡고 있는 위치로부터 볼트 중심까지의 거리를 생각하면 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$T = F \times \ell \quad (6)$$

여기서, T : 토크(N.m)
 F : 힘(N)
 ℓ : 길이(m)

엔진이 회전하고 있을 때에는 물체를 돌리고자 하는 힘이 작용하게 되는데 이 회전력을 엔진의 축 토오크라 하며 구동력과 축 토오크는 다음의 식으로 표시된다.

$$P = \frac{T i_s i_f \eta_m}{r} \quad (7)$$

여기서, P : 구동력(N)
 T : 엔진의 축 토오크(N.m)
 i_s : 변속기의 기어비
 i_f : 종감속기어의 기어비

η, m : 엔진으로부터 구동바퀴까지의 동력전달효율
 r : 구동바퀴의 동하중반경(m)

2.3 여유구동력

엔진에서 발생된 동력이 구동바퀴에 전달되어 자동차는 움직이게 된다. 이 때 자동차가 움직이기 위해서는 자동차에 작용하는 주행저항보다 큰 구동력이 있어야 한다. 즉 자동차에서 발생하는 구동력 중에서 주행저항값 만큼이 상쇄되고 남은 구동력으로 자동차가 움직이는 것인데 이것이 여유구동력이며 구동력과 주행저항을 사용하면 다음식으로 표시된다.

$$P_e = P - R_t \tag{8}$$

여기서, P_e : 여유구동력(N)
 P : 구동력(N)
 R_t : 전주행저항(N)

여유구동력이 많으면 그만큼 가속력이 좋아지며 여유구동력이 줄어들면 그만큼 가속력은 둔화된다. 여유구동력이 줄어들어 0이 되면 자동차는 그 때가 정속주행 상태를 나타내는 것이다.

식 (8)을 다시 풀어 쓰면

$$P_e = \frac{T i_s i_f \eta_m}{r} - (R_r + R_a + R_g + R_i) \tag{9}$$

식 (9)에서 평지를 주행한다고 하면 R_g 가 0이 되고, 여유구동력이 없는 조건이 된다면

$$\frac{T i_s i_f \eta_m}{r} = (R_r + R_a + R_i) \tag{10}$$

식 (10)에서 각각의 주행저항들을 풀어 쓰면

$$\frac{T i_s i_f \eta_m}{r} = \{(\mu_r \times W) + (\mu_a \times A \times V^2) + (a/g) \times (W + \Delta W)\} \tag{11}$$

식 (11)에서 엔진 토크를 구하려면

$$T = \frac{r}{i_s i_f \eta_m} \times \{(\mu_r \times W) + (\mu_a \times A \times V^2) + (a/g) \times (W + \Delta W)\} \tag{12}$$

식 (12)를 바탕으로 실차 시험을 하여 측정값들을 대입하면 실차 상태에서 엔진의 토크를 측정할 수 있다.

3. 시험 장치 및 장소

3.1 시험 장치

3.1.1 차대동력계

시험차량을 롤러(Roller) 위에 놓고 자동차가 실제 도로를 주행하는 것과 같은 상태로 재현하는 장치로서 자동차의 성능을 종합적으로 파악할 수 있으며 2개의 롤러와 분석장치, 핸드 스캐너 등으로 구성되어 있으며 차대동력계(Chassis dynamometer)의 시방은 Table 1에 나타나 있다.

3.1.2 실차 측정 장비

실차 상태에서 자동차의 가속도를 측정하기 위해서는 차속, 엔진회전수, 가속도 등을 측정해야 한다.

1) 차속 센서(Speed sensor)

자동차의 문 바깥쪽에 설치하며, 시험하는 도로에 빛을 쏘아서 반사되는 시간을 계산해서 차속을 측정한다. 상세 시방은 Table 2에 나타나 있다.

2) 엔진회전수 측정장치(Gasoline engine tachometer)

센서(IP-292)를 점화 코일쪽 배선에 물려서 펄스를 측정하여 엔진 회전수 측정장치에 나타난다. 상세 시방은 Table 3에 나타나 있다.

3) 가속도계(Accelerometer)

자동차 내부의 센터 콘솔(Center console)에 설치하여 가속시에 자동차의 가속도를 측정한다. 상세 시방은 Table 4에 나타나 있다.



Fig. 1 Chassis dynamometer

Table 1 Specifications of chassis dynamometer

Items	Specifications
Maker	BOSCH
Model	FLA 203
Power absorption	300kW
Max. permissible weight	3.5ton
Max. roll speed	70km/h
Roll size	31.8cm

Table 2 Specifications of speed sensor

Items	Specifications	
Maker	DATRON	
Model	DLS-1	
Dimensions	175×70×78mm	
Weight	1.6kg	
Measurement range	0.5~400km/h	
Output signal	Frequency	0~40kHz
	Analog	0~10V
Stand off distance	300mm	
Environment	Operation temp.	-35~+55℃
	Storage temp.	-40~+90℃
	Rel. humidity	80% at 40℃

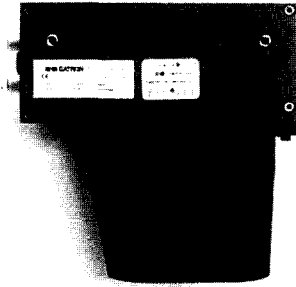


Fig. 2 Speed sensor

Table 3 Specifications of gasoline engine tachometer

Items	Specifications
Maker	ONO SOKKI
Model	SE-152
Dimensions	180×121×144mm
Weight	1.4kg
Sensor	IP-292
Measurement range	500~10000rpm
Power supply	12MDC
Analog output	0~10V
Operating temp. range	0~40V

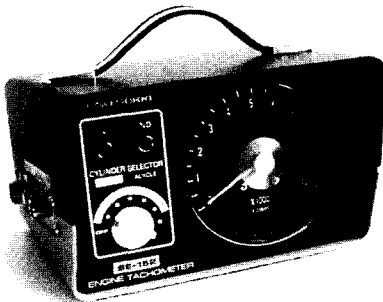


Fig. 3 Gasoline engine tachometer

3.1.3 기상 측정 장비

실차 상태에서 자동차의 성능시험을 할 경우에 시험도로의 기상조건을 측정해서 표준대기 상태로 보정해야 한다.

1) 풍향/풍속계(Wind direction & velocity meter)

시험도로의 풍향과 풍속을 측정한다. 상세 시방은 Table 6에 나타나 있다.

Table 4 Specifications of accelerometer

Items	Specifications
Maker	DATRON
Model	A453-0001
Dimensions	29×66×45mm
Weight	140kg
Measurement range	±1g
Power supply	12~15VDC
Analog output	±5V
Operating temp. range	0~70V
Storage temp. range	-55~100℃

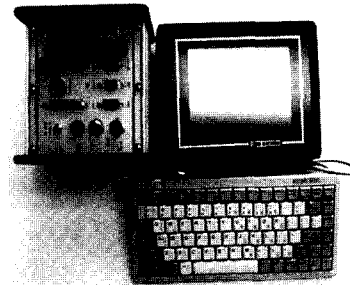


Fig. 5 Data acquisition unit

Table 6 Specifications of wind direction & velocity meter

Items	Specifications
Maker	DATRON
Model	A453-0001
Dimensions	29×66×45mm
Weight	140kg
Measurement range	±1g

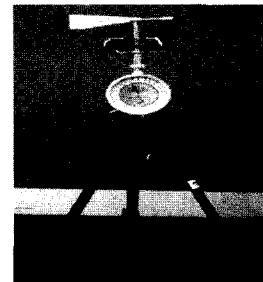


Fig. 6 Wind direction & velocity meter

Table 7 Specifications of humidity & temperature meter

Items		Specifications
Maker		VAISALA
Model		HM34
Dimensions		57×160×27mm
Weight		250kg
Power supply		9V battery
Measurement range	Humidity	0~100%RH
	Temperature	-20~60℃

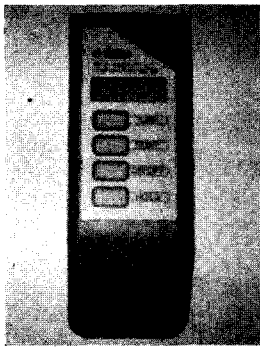


Fig. 7 Humidity & temperature meter

Table 8 Specifications of barometer

Items		Specifications
Maker		ISUZU
Model		3-1050-11
Dimensions		29×70×100mm
Weight		135kg
Power supply		12VDC
Measurement range		1050~790hPa
Operating temp. range		-20~+70℃

Table 9 Specifications of test vehicle

Items		Specifications	
Vehicle	Maker	DAEWOO	
	Model	Lanos	
	Length	4240mm	
	Width	1680mm	
	Height	1430mm	
	Tread	Front	1405mm
		Rear	1425mm
	Wheel base	2520	
	Curb weight	1065	
	Mileage	35000km	
Engine	Type	E-TEC SOHC	
	Displacement	1498cc	
	Max. power	88PS/5600rpm	
	Max. torque	13.6kgf.m/3200rpm	
	Idle speed	850±25rpm	

2) 습도/온도계(Humidity & temperature meter)
 시험도로의 습도와 온도를 측정한다. 상세 시방은 Table 7에 나타나 있다.

3) 대기압계(Barometer)
 시험도로의 대기압을 측정한다. 상세 시방은 Table 8에 나타나 있다.

3.2 시험 장소

파워트레인(Powertrain)과 관련된 주행성능시험은 주로 평지에서 실시한다. 특히 정밀측정시험은 아스팔트가 잘 포장되어 있는 곳에서 이루어지는데 이번 시험을 진행한 장소는 국내 자동차회사에 잘 알려진 곳으로써 충청남도 당진군에 위치한 석문방조제다. 총길이가 9.5km정도이며 3.5km지점에 약간 굴곡이 있다. 일반적으로 주행시험은 왕복 2차선의 6km 직선도로에서 진행한다.

시험차량을 80km/h로 약 30분 정도 주행하여 난기 운전한 후 기어 단수를 2단으로 하고 아이들(Idle)

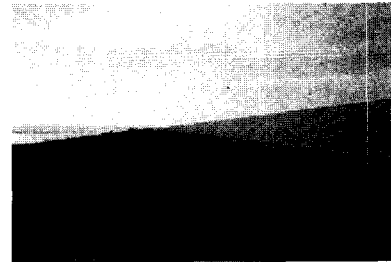


Fig. 9 Test road



Fig. 10 Chassis dynamometer test

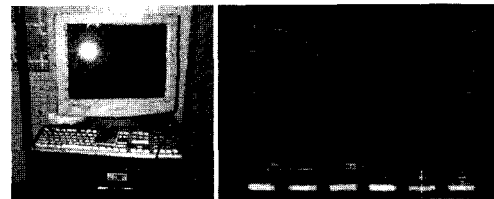


Fig. 11 Test result

상태로 주행한다. 시험차량이 안정화되면 가속페달을 끝까지 밟아서(Wide open throttle, WOT) 가속한다.

엔진회전수가 5000rpm보다 높아지면 가속페달에서 발을 떼고 시험을 종료한다. 상기의 과정을 반복하여 시험을 총 5회 실시하여 데이터의 평균값을 구한다.

4. 실차 여유구동력 시험

일반도로에서 시험차량에 측정장비를 장착하여 주행하면서 자동차의 가속도를 측정한다.

4.1 시험 조건

주행상태에서 시험할 자동차의 상태를 점검한다. 시험차량의 중량을 측정하고 운전자를 포함한 적재하중(Pay load) 136kg을 추가하고 시험도로의 상태를 점검하고 기상상태도 확인한다. 눈이나 비가 오거나, 풍속이 평균5m/s 이상이거나 순간풍속이 7m/s 이상이면 시험을 하지 않는다.

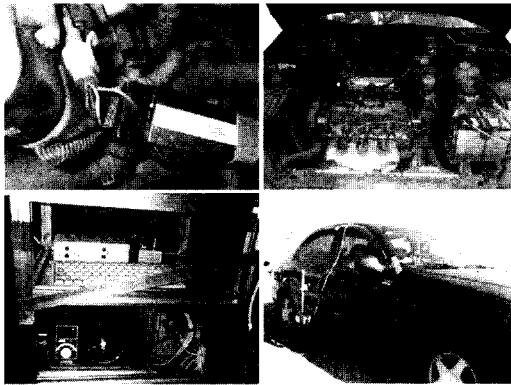


Fig. 12 Set-up a test equipment

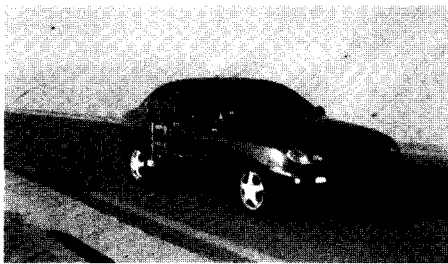


Fig. 13 Extra tractive force test

4.2 시험 방법

- 1) 시험차량에 측정장비를 장착한다.
- 2) 시험 차량을 80km/h로 30분 정도 주행하여 난기시킨다.
- 3) 기어 단수를 2단으로 하고 아이들(Idle) 상태로 주행한다.
- 4) 시험차량이 안정화되면 가속페달을 끝까지 밟아서 가속한다.
- 5) 엔진회전수가 5000rpm보다 높아지면 가속페달에서 발을 떼고 시험을 종료한다.
- 6) 진행방향의 반대방향에서 3)번부터 5)번까지 수행한다.
- 7) 3)번부터 6)번까지의 시험을 총 5회 실시하여 데이터의 평균값을 구한다.

4.3 주행 저항 시험

일반도로에서 자동차 주행시 받는 주행저항을 측정하여 차대동력계 상에서 자동차의 주행을 시뮬레이션(Simulation)하거나, 자동차 주행 저항을 분석하기 위해서 타행성능(Coast down) 시험을 한다.

4.3.1 시험 조건

- 1) 주행상태에서 시험할 자동차의 상태를 점검한다.
- 2) 시험차량의 중량을 측정하고 운전자를 포함한 적재하중(Pay load) 136kg을 추가한다.
- 3) 시험도로의 상태를 점검하고 기상상태도 확인한다. 눈이나 비가 오면 시험을 할 수 없다.
- 4) 외기 온도 조건은 $-1\sim 32^{\circ}\text{C}$ 범위내에 있어야 하며 평균 풍속은 4.44m/s 이하와 순간 최고 풍속은 5.56m/s 이하여야 시험할 수 있다. 대기압은 914~1050hPa에서만 시험이 가능하다.
- 5) 시험구간내의 도로경사도는 최대 0.5% 이하이어야 하며 $\pm 0.1\%$ 이내로 경사도가 일정해야 한다.

4.3.2 시험 데이터 정리

- 1) 시험 결과를 'SAE Paper J1263'에 등록되어 있는 타행성능 분석 프로그램을 이용하여 실행하고 이 때 계산된 주행저항의 값을 사용한다.
- 2) 타행성능 분석 프로그램은 시험 차량의 상세시방과 시험결과, 그리고 각종 계산 공식들이 사용되는데 다음과 같다.

3) 시험 차량의 전면 투영면적(Vehicle frontal area)
 시험 차량의 전면부 면적을 알고 있을 경우에는 실제값을 그대로 사용하고 그렇지 않은 경우에는 아래의 식을 사용한다.

$$A = 0.8 \times (H101) \times (W103)$$

A : 시험 차량의 전면 투영면적(m²)

H101 : 시험 차량의 전고(m)

W103 : 시험 차량의 전폭(m)

4) 시험 차량 중량(Test vehicle weight)

시험 차량의 공차중량과 적재하중 136kg을 포함한다.

$$\text{Test weight} = \text{Vehicle curb weight} + \text{Payload(kgf)}$$

5) 실제 시험 차량 중량(Effective vehicle weight)

시험 차량 중량과 회전상당 부분의 관성중량과의 합으로서 정확한 값이 알려져 있지 않을 경우에 다음의 계산으로 값을 취한다.

$$M_e = 1.03 M(\text{kgf})$$

M_e : Effective vehicle weight

M : Test vehicle weight

Fig.14는 차대동력계에서 실측한 엔진의 성능을 기어 위치에 따른 성능을 측정된 결과이다.

Fig.15는 여유 구동력을 평가하기 위하여 엔진 회전수 증가에 따른 가속도 변화를 나타낸 결과이고, Fig. 16은 측정된 가속도로부터 여유 구동력을 측정된 결과이다.

Fig. 17은 실차 주행에 따른 구동력을 구한 후에 엔진의 토크를 산출한 결과이다.

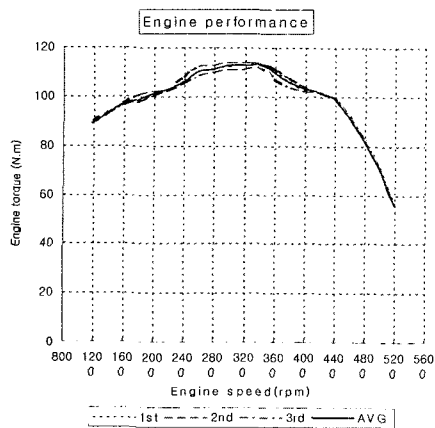


Fig. 14 Graph of engine performance

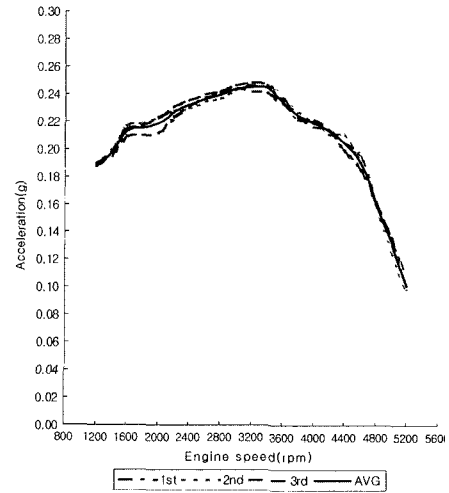


Fig. 15 Test results of acceleration value

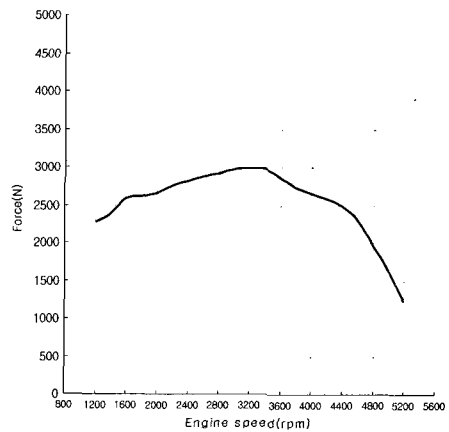


Fig. 16 Results of tractive effort force

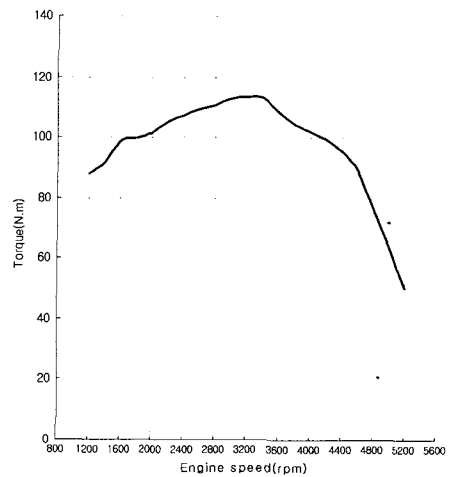


Fig. 17 Results of engine torque by driving

Fig. 18은 차대동력계와 실차에서 주행저항과 가속도로부터 구한 엔진의 토오크를 비교한 결과로서 오차가 거의 없음을 확인하는 것이 가능하였다. 이 결과로부터 실차에서 가속도를 구하면 주행 중인 자동차의 엔진 토오크를 평가할 수 있다고 판단된다.

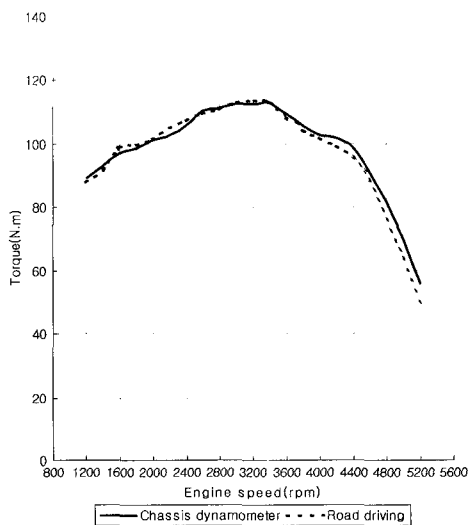


Fig. 18 Comparison of engine torque between chassis dynamometer and road driving

5. 결론

차대동력계에서 자동차의 토크를 측정된 결과와 실차 주행상태에서 자동차의 가속도로 엔진토크를 측정된 결과의 비교 시험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 차대동력계에서 측정된 엔진 토오크와 실차 상태에서 측정된 토오크가 약1.69% 정도 차이가 발

생하였으나 이는 시험장치 및 측정 오차로 사료되며 차대동력계와 실차에서의 엔진 토오크값은 동일하다는 시험결과를 얻었다.

2) 엔진회전수가 낮은 영역에서는 실차 주행상태에서 측정된 엔진 토오크가 급가속시 차량의 흔들림으로 인한 가속도의 변화가 영향을 준 것으로 판단되었다.

3) 측정오차를 줄이기 위해서 바람이 거의 불지 않는 날을 선택하고 양방향으로 시험을 해서 오차를 최소화하였지만, 엔진회전수가 높은 영역에서는 차대동력계의 측정 결과와 점점 더 차이가 발생되었다. 이것은 바람의 영향을 많이 받는 가속저항이 속도의 제곱에 비례하기 때문이라는 것을 확인하였다.

4) 실제 자동차에 대한 엔진의 성능을 쉽게 측정할 수 있는 방법이라고 판단되는데 측정오차를 줄이고 언제 어디서나 시험이 가능하게 하려면 특히 바람의 속도나 방향에 대한 연구와 분석이 더 필요하다는 것을 알 수 있었다.

References

- 1) J. R. Shim, "A Study on Driving Resistance by Coastdown Test", Asia Motors Technical Report, pp.55-62, 1992.
- 2) J. K. Park, "An Instruction Test Method using Coastdown Test", Journal of KSAE, pp.43-47, 2000.
- 3) T. P. Ysain, "The Analytical Basis of Automobile Coastdown Testing", SAE 780334, 1978.