



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

자동차 에어컨 사용 시 吸氣라인 改善에 따른
出力 및 煤煙 特性에 關한 研究

濟州大學校 産業大學院

機械工學科

片 訓

2011年 8月

碩士學位論文

자동차 에어컨 사용 시 吸氣라인 改善에 따른
出力 및 煤煙 特性에 關한 研究

濟州大學校 産業大學院

機械工學科

片 訓

2011年 8月

자동차 에어컨 사용 시 吸氣라인
改善에 따른 出力 및 煤煙 特性에
關한 研究

指導教授 權 麒 麟

片 訓

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2011年 8月 日

片訓의 工學碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 許 鐘 哲 (印)

委 長 鄭 東 垣 (印)

委 長 權 麒 麟 (印)

濟州大學校 産業大學院

2011年 8月

목 차

Summary	ii
Nomenclature	iv
List of Figures	vi
List of Photographs	vii
List of Tables	viii
I. 서론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적	3
1.3 연구 방법 및 내용	4
II. 실험 장치 및 실험 방법	6
2.1 실험 장치	6
2.2 장치 구성	6
2.3 측정 장치	7
2.4 실험 방법	21
2.5 실험 관련 기초 이론식	28
III. 실험 결과 및 고찰	34
3.1 에어컨 작동상태의 각 단수에 따른 흡기라인과 별도의 에어컨 라인을 연결하기 전·후에 평균출력(보정출력) 및 평균매연배출농도의 특성	34
3.2 에어컨 각 단수별 작동상태에서 흡기라인과 별도의 에어컨 라인을 연결하기 전·후에 최대출력 및 각 모드별 매연배출농도, 최대매연배출농도의 특성	42
IV. 결론	47
Abstract	49
참고 문헌	51
감사의 글	53

Summary

Diesel Engine with its merits of high thermal efficiency, good fuel efficiency, performance and durability is being widely used for automobile, construction equipment, farm machine and industrial generator. Recently with interest in environmental conservation and its rapid change of each country's environmental policy, we are in the point that requires the technological development for clean environment by diminishing the emissions of pollutants of particulate matter and NOx. Specially, many ways are being studied not to lower the thermal efficiency of combustion but to diminish the emissions of noxious gas, of which inter-cooler and turbocharger maximize the air intake and improve its efficiency.

This paper based on this context experimented the use of air conditioner used for the real automobile on summer time with its output(power) and the change of exhaust gas(smoke) by automobile exhaust gas precise inspection(Lug down 3mode).

We made a comparative analysis of output(power) and characteristics of exhaust gas(smoke) either in injecting the forced cooling or not the way that we put in action the diesel-used turbo charger inter-cooler automobile's air conditioner and connected some part of cooled air through interior evaporator of inspiration line with its separate air conditioner line. We had its experimental results as following.

1. When the air conditioner was on supercharging natural aspiration we compared 1st grade with 4th grade that its average output(power) has been reduced to 3.7%, and its average exhaust gas(smoke) has been increased to 18.4%.

2. When the aspiration line in supercharging natural aspiration was connected

with the air conditioner line and supplied a forced cold wind, we compared 1st grade with 4th grade that its average output(power) has been reduced to 3.1%, and its average exhaust gas(smoke) has been increased to 8.4%.

3. Both in cases that the air conditioner was on supercharging natural aspiration and in supercharging natural aspiration in connection with the air conditioner line and with a forced cold wind supplied, we made a mutual comparison of 4th grade of air conditioner that its air intake temperature has been reduced to 23°C, maximum output(power) increased to 9.6% and concentration of exhaust emission reduced to 42.8%.

As you've seen above, we knew that supplying a forced cold wind in connection with air conditioner line to aspiration line in supercharging natural aspiration results in the increased amount of compressed air supercharged, the increased output through the improved combustion, and the reduced concentration of exhaust emission. Also, we regard preventing the turbocharger overheating as it would contribute to ensure its durability.

Nomenclature

PM	:	Particulate matters
PAU	:	Power absorption unit
B/V	:	Ball valve
NO _x	:	Nitrogen oxides
<i>ACDT</i>	:	Coast-down measurement time (s)
<i>CCDT</i>	:	Coast-down computation time (s)
<i>DIW</i>	:	Dynamometer inertia weight (kg)
V_i	:	Velocity when reducing from 45km/h to 35km/h (m/s)
V_j	:	Velocity when reducing from 75km/h to 65km/h (m/s)
<i>IPS</i>	:	Indicated horsepower of arbitrary setting (ps)
<i>PLPS</i>	:	loss horsepower of arbitrary setting (ps)
V_{45}	:	45km/h in the velocity (m/s)
V_{35}	:	35km/h in the velocity (m/s)
$ACDT_{40}$:	Actual coast-down time (s)
ρ	:	Density (kg/m^3)
V	:	Volume (m^3)
M	:	Mass (kg)
t	:	Temperature ($^{\circ}C$)
V_t	:	Volume of gas at temperature $t^{\circ}C$ (m^3)
V_o	:	Volume of gas at temperature $0^{\circ}C$ (m^3)
T	:	Absolute temperature (K)
P_c	:	Compensation power (PS)
P_e	:	Measurement power (PS)
K	:	A standard state revised numerical value
f_m	:	Air-fuel ratio coefficient

P_s	:	Atmospheric pressure (kPa)
f_a	:	Atmospheric coefficient
F_D	:	Driving force (N)
v	:	Driving velocity of the roller chassis dynamometer (km/h)
η_D	:	Efficiency of power transmission
N	:	Smoke concentration
T	:	Light transmittance
I	:	Brightness of receiving (cd)
I_o	:	Brightness of emitting (cd)

List of Figures

Fig. 1.1 Schematic diagram of experimental apparatus.....	5
Fig. 2.1 Automotive inspection system.....	7
Fig. 2.2 Conceptual diagram of operation in an eddy current type braking equipment.....	10
Fig. 2.3 Operating circuit of opacity meter.....	16
Fig. 2.4 Lug down 3 mode driving graph.....	23
Fig. 2.5 KD147 mode driving graph.....	24
Fig. 2.6 Test on chassis dynamometer.....	29
Fig. 3.1 Average power of turn on the air conditioner to blower speed steps.....	41
Fig. 3.2 Average smoke of turn on the air conditioner to blower speed steps.....	41
Fig. 3.3 Max power of turn on the air conditioner to blower speed steps.....	43
Fig. 3.4 Max smoke of turn on the air conditioner to blower speed steps.....	43
Fig. 3.5 Intake air temperature variation of turn on the air conditioner to blower speed steps.....	46

List of Photographs

Photo. 2.1 Chassis dynamometer	9
Photo. 2.2 Roller and PAU, Drive moter, Controller	11
Photo. 2.3 Opacity meter	15
Photo. 2.4 Correction screen of opacity	17
Photo. 2.5 Standard filters and Filter insert	17
Photo. 2.6 Magnetic type vibration sensor	18
Photo. 2.7 Smoke inhalation equipment	19
Photo. 2.8 Engine cooling blow fan	19
Photo. 2.9 Safety devices	20
Photo. 2.10 Tested car on chassis dynamometer	25
Photo. 3.1 Test result of turn on the air conditioner 1 step(Ball valve close)	35
Photo. 3.2 Test result of turn on the air conditioner 1 step(Ball valve open)	35
Photo. 3.3 Test result of turn on the air conditioner 2 step(Ball valve close)	36
Photo. 3.4 Test result of turn on the air conditioner 2 step(Ball valve open)	36
Photo. 3.5 Test result of turn on the air conditioner 3 step(Ball valve close)	37
Photo. 3.6 Test result of turn on the air conditioner 3 step(Ball valve open)	37
Photo. 3.7 Test result of turn on the air conditioner 4 step(Ball valve close)	38
Photo. 3.8 Test result of turn on the air conditioner 4 step(Ball valve open)	38
Photo. 3.9 Test result of temperature variation	45

List of Tables

Table 2.1 Specifications of test vehicle.....	6
Table 2.2 Specification of chassis dynamometer.....	8
Table 2.3 Specification of opacity meter.....	15
Table 3.1 Average test result of power and smoke when turn on the air conditioner.....	40
Table 3.2 Test result of power and smoke when turn on the air conditioner.....	42
Table 3.3 Intake air temperature variation of turn on the air conditioner to blower speed steps.....	45

I. 서론

1.1 연구배경

최근 지구 온난화, 오존층 파괴, 대기 오염 등의 환경 문제가 대두되면서 산업 전반에 걸쳐 환경 우선주의에 발맞추어 급변하고 있다. 이에 세계 자동차 시장의 요구 사항도 환경을 중요시 하는 추세로 급변하고 있으며, 대기 오염 물질의 발생원 중 자동차로부터 발생하는 오염원이 많다는 조사에 따라 각 국에서는 배출가스 규제를 강화하고 있다. 따라서 자동차 업체에서도 이러한 규제강화에 대응하기 위해 청정 연소의 저공해 자동차 개발 및 대체 연료 개발이 절실히 필요한 상황이다. 더불어 하절기에 에어컨 사용에 따른 배출가스 발생에 대한 규제가 미비한 실정이며 에어컨 사용에 따른 배출가스 발생정도가 미사용 시 보다 많다는 뉴스 보도도 있었다.

디젤 엔진은 높은 열효율과 양호한 내구성 때문에 다양한 용도로 사용되고 있으며, 연비가 우수하고 공기가 비교적 충분한 상태로 연소가 되기 때문에 CO, HC, CO₂ 배출량이 매우 적은 장점을 가지고 있다. 반면 공기만을 흡입한 후 압축행정 말기에 고온, 고압의 연소실내로 연료를 직접 분사하기 때문에 착화 지연 동안의 예혼합 연소기간에서의 급격한 열 발생으로 질소산화물(NO_x)의 생성과 분무의 성장과정동안 진행되는 확산연소기간에서 연료와 공기의 혼합시간 부족에 따른 농후영역에서의 입자성 물질(Particle matter : PM)이 생성되는 근본적인 문제점이 발생한다. 이에 디젤엔진에 있어서는 NO_x와 PM의 저감이 중요한 관건이 되고 있으며, 이 같은 결점을 보완하기 위해 여러 가지 방법의 배기가스 저감기술이 시도되고 있다.¹⁾

디젤엔진에서의 배출가스 저감을 위해 분사장치 및 흡기포트와 연소실 형상에 따른 공기유동을 증가시키는 방법이 있으며, 당량 비를 높이지 않고 출력을 높일 수 있는 방법으로 부스터나 과급기를 이용하여 초기 압력을 높이는 방법이 있다. 비록 당량 비는 같을지라도 부스터에 의해 초기 압력이 증가할 때, 공기의 밀도가 높아지고 체적효율이 좋아져서 연소효율의 증대 시킬 수 있다. 그리고 단위

사이클 당 총 투입열량이 증가되므로 출력이 증가된다.²⁾

이러한 과급기(Turbocharger)의 성능을 개선한 가변 용량 터보차저 인터쿨러(Variable geometry turbocharger intercooler : VGT)와 인터쿨러(Inter-cooler)의 용량을 증가시켜 흡기 전 공기의 냉각효과를 증대 시켜 공기 유동을 증가시키는 방법 등과 같은 연소자체의 개선 기술과 EGR이나 분사시기 등의 제어기술과 산화촉매 및 희박 NO_x촉매 등의 정화장치를 이용한 배출가스 억제 방법인 후처리 시스템 개선, 대체 연료의 사용 등으로 대별 할 수 있다.^{1),3)}

그렇다면 디젤기관에서 과급이란, 과급기를 이용하여 급기밀도를 주위의 대기압이상으로 높여 공급하는 것을 말한다. 급기밀도를 높이면 체적효율이 증가하므로 평균유효압력이 상승된다. 따라서 행정체적을 증가시키지 않고도 출력을 증대시킬 수 있다. 즉, 과급기관은 무과급 기관과는 반대로 외기압보다 높은 압력으로 압축된 공기를 흡입한다. 따라서 행정체적과 회전속도가 무과급 기관과 똑같다고 하더라도 실린더에 충전(充填)되는 공기질량이 증가하고, 공기질량의 증가에 상응하는 만큼 연료를 더 연소시킬 수 있기 때문에 출력을 증대시킬 수 있으며, 과급공기 냉각을 통해 다른 조건이 모두 같을 경우라도 공기의 온도가 낮으면 낮을수록 실린더에 과급되는 공기의 질량은 더욱더 증가한다. 즉, 체적효율이 개선된다. 또한, 열효율이 높아지고, 연료소비율은 낮아지고, 매연의 발생이 크게 감소한다. 이 밖에 실린더 내의 열 부하를 감소시키며 연소최고온도가 낮아지므로 NO_x가 적게 생성된다.^{4),5),6)}

본 연구는 다년간 운 행차 배출가스 정밀검사를 하면서 느낀 점과 현장 출장을 다니면서 에어컨 사용에 따른 디젤 인터 쿨러 차량의 출력 및 매연 발생 등에 대해 느낀 점을 실험을 통해 연구 분석하고자 한다.

디젤 인터 쿨러 장착 차량을 검사하면서 느낀 점은 다음과 같다. 흡입되는 공기의 냉각효과가 증가 할수록 출력은 증가하고 매연은 감소하는 것을 알 수 있었으며 냉각계통에 문제가 있는 경우 검사모드(Lug down 3mode)가 진행 될수록 매연 발생량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한, 동절기 보다 하절기에 매연 부적합 율이 많은 것과 하절기에 에어컨 사용을 하면 사용 단수 증가에 따라 출력이 떨어진다는 느낌을 받았으며 경사가 급한 오르막 지역 등을 오르다 보면 앞 차량의 배기구에서 내뿜는 매연이 평지 운행보다 눈에 보일 정도로 배출 되는 경우를 볼 수 있었다.

이에 본 연구는 자동차 배출가스 오염물질량에 의한 대기오염을 개선하기 위

해 2002년부터 시행하고 있는 배출가스 정밀검사 방법을 이용하여 하절기 차량에 에어컨을 작동 시켰을 때의 출력과 매연 특성을 분석하고 에어컨 작동 시 부하에 따른 손실을 줄이기 위해 실내의 냉풍을 흡기라인에 연결하였을 때의 출력과 매연 특성을 분석하여 정량적이고 객관화된 데이터를 제시하고자 한다. 또한 이번 실험을 토대로 하절기에 디젤기관의 배출가스 저감대책 마련에 필요한 보다 다양한 기술 자료를 제공하고자 한다.⁷⁾

1.2 연구 목적

경유는 산업적으로 매우 많이 사용되고 있으나 배기가스 다량배출로 사회적인 문제가 되고 있다. 디젤 엔진은 기존의 스파크 점화 엔진보다 우수한 열효율을 가지나, 압축행정 말기에 연소실내로 연료를 직접 분사하므로 공간적으로 불균일한 혼합기 분포를 형성하고 농후한 영역에서는 PM을 배출하며 연소실 전체로는 희박 연소임에도 불구하고 국부적으로 고온의 화염을 형성하여 많은 NO_x를 발생하게 된다.⁸⁾

디젤연소의 특성은 착화지연, 예혼합 화염영역기간 동안의 연소특성, 그리고 연료와 공기의 혼합기 형성이 디젤엔진의 배기 오염물 방출에 많은 영향을 끼치며 이러한 오염물 중 입자상 물질은 불균질 혼합기 조건, 연료가 농후한 영역에서 주로 생성된다. 따라서 이러한 연소 분위기를 근본적으로 개선하기 위해서는 연소 단계 이전인 흡기 과정에서 더 많은 양의 공기 공급이 필요하다. 그러나 왕복동 엔진의 급기는 흡기 밸브가 열려있는 제한된 기간 동안에 실린더에 채워져야 하며 그 과정이 매우 복잡하다. 저속에서 배기가스로부터 공해물질이 많이 방출되는 이유는 엔진의 사용목적에 따라 최대 출력이 상용 회전수 부근에서 나오도록 설계를 하기 때문이다. 실린더 안으로 분사된 연료가 완전 연소가 이루어지기 위해서는 이론 공연비 이상의 공기가 급기 되어야 한다. 이러한 급기효율을 나타내는 척도로서 체적효율을 사용한다. 체적효율이란 한 흡기 기간 중에 실린더 안에 채워지는 공기의 질량을 행정용적을 채우는 공기의 질량으로 나눈 것을 의미한다. 디젤엔진의 체적효율은 엔진으로 유입되는 평균 공기 유동율과 비례하며, 엔진출력, 토크특성 및 배기오염물 방출에 중대한 영향을 미친다. 따라서 체

적효율을 향상시키면 이러한 문제점들을 해결할 수 있다. 디젤엔진에서 체적효율을 높이기 위하여 배기가스 구동 터보차저를 사용하기 시작한 것은 오래된 일이지만 아직까지도 터보차저에서 발생하는 맥동과 흡기시스템 자체의 흡기맥동과 매칭이 중요한 과제다. 과급을 하더라도 디젤엔진의 체적효율은 흡기매니폴드와 배기매니폴드의 형상에 지대한 영향을 받는다.⁹⁾

이에 본 연구에서는 운행차 배출가스 정밀검사 방법을 이용하여 하절기 에어컨 사용에 따른 배출가스 증가와 출력 저하에 대한 개선을 통해 배출가스 저감과 출력저하를 방지하여 환경오염을 줄여보고자 현재 운행되고 있는 터보 인터쿨러 차량에 흡기라인에 에어컨 라인을 연결하고, 냉풍을 이용하여 흡기라인에 공급되는 공기의 밀도를 높여 충분한 공기 공급으로 불완전연소를 개선하고 냉각손실에 따른 출력 저하를 최소화 하고자 한다. 이는 여름철 사용 디젤 차량뿐만 아니라 건설기계등과 같이 흡기 냉각효과가 적은 터보 차저 디젤 차량의 성능개선에 기여하고자 한다.

1.3 연구방법 및 내용

본 연구에서는 터보차저 인터쿨러 디젤 차량의 자연흡기 상태에서의 에어컨 작동 시 사용단수에 따른 출력과 매연 특성 및 흡기라인에 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 라인을 만들어 연결한 상태에서의 출력과 매연 특성을 운행차 배출가스 정밀검사 방법을 이용하여 비교, 실험하였다.

Fig. 1.1은 실험차량의 개략도로 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인(직경 60mm, 길이 1,500mm)을 만들어 중간에 송풍을 돕기 위해 DC12V 송풍기를 설치하고, 송풍기는 실내 에어컨 s/w에 연결하여 on/off 되도록 하였다. 엔진룸 에어컨 라인에 볼 밸브로 Open & Close 할 수 있도록 하였으며 에어크리너를 거쳐 들어오는 외기 라인에 T-valve로 연결하여 과급기로 흡입되도록 설치하였다. 별도의 에어컨 라인은 외기온도의 영향을 줄이기 위해 단열재로 감싸고 실험 전에 냉매를 교환하고 엔진오일 및 오일 필터, 연료 필터, 에어크리너 필터를 교환하였다. 또한 타이어 공기압도 규정 압(42PSI)에 맞추고 이물질도 제거 하였으며 충분히 공회전 시켜 에어컨 라인도 식혀 주었다.

실험은 전 부하, 정격엔진회전수상태에서 배출가스 정밀검사 방법을 이용하여 에어컨 작동상태 1단에서 볼 밸브를 닫고 자연흡기과급상태에서 1차 테스트를 하였고, 볼 밸브를 열어 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부가 별도의 에어컨 라인에 흡입되도록 하여 2차 테스트를 하였다. 동일한 방법으로 1단~4단까지 순차적으로 적용 진행하여 출력 및 매연 특성을 비교·분석 하였다. 또한, 테스트가 끝남과 동시에 비접촉 적외선 온도계를 이용하여 과급기(임펠라)에서 인터쿨러로 들어가는 흡기라인의 온도를 측정하였다. 또한 각 테스트가 끝나고 난 후엔 충분히 식혀 다음 실험에 간섭을 방지하였다.

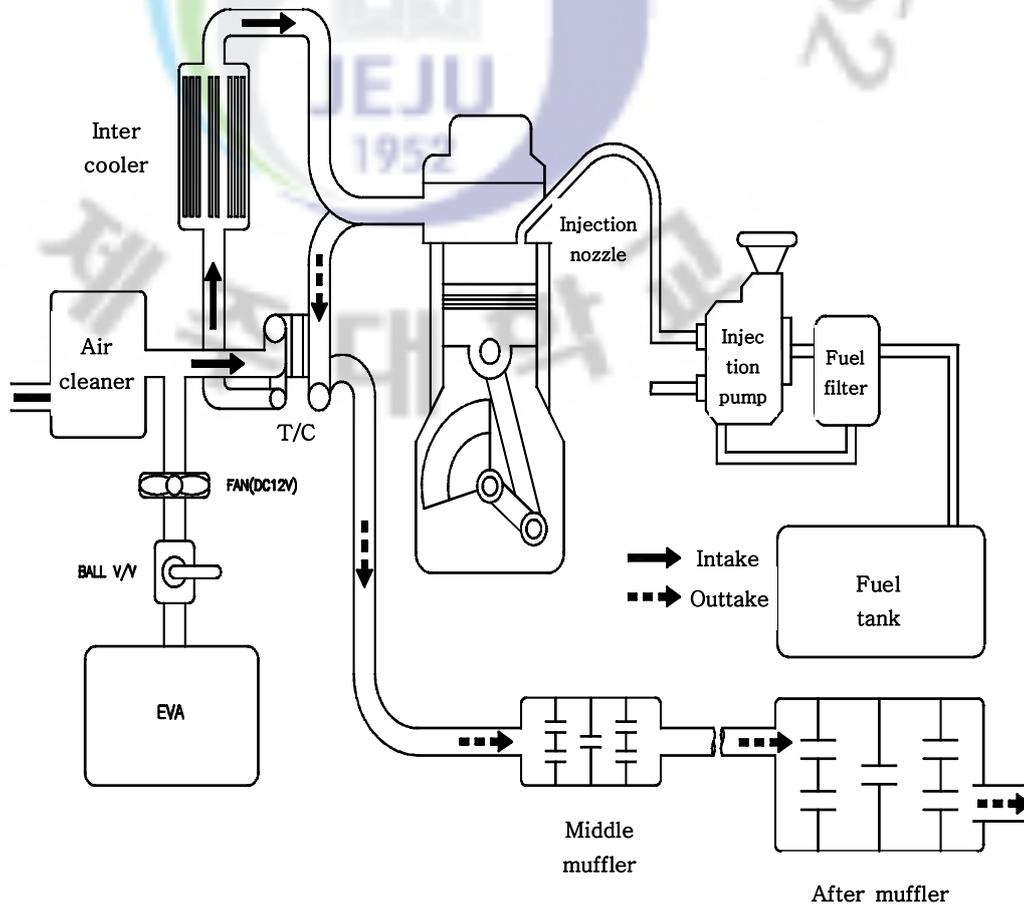


Fig. 1.1 Schematic diagram of experimental apparatus

II. 실험장치 및 실험 방법

2.1 실험 장치

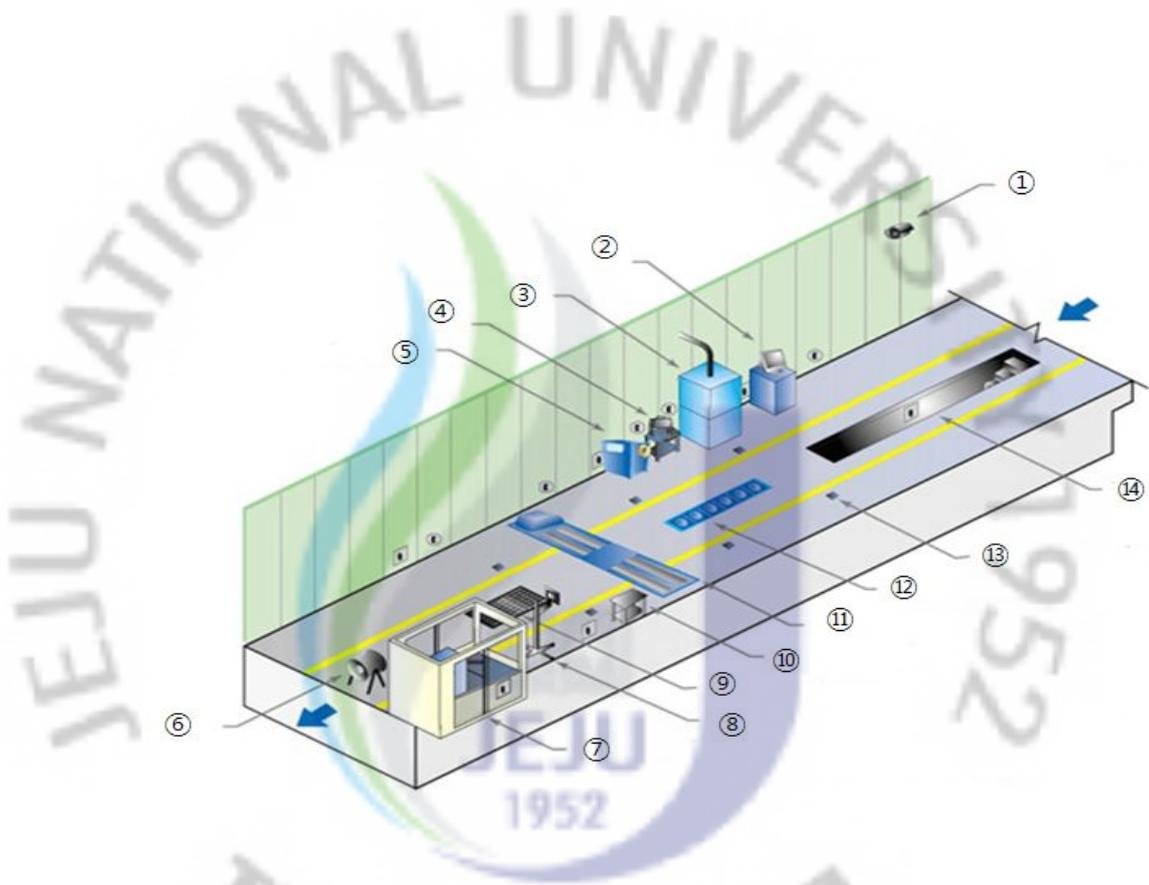
본 연구에 사용된 차량은 H사의 터보차저 인터쿨러 장착 디젤 차량을 사용하였으며 엔진 제원은 Table 2.1과 같다. 실험에 사용된 실험 장치도는 Fig. 2.1과 같고, 주요 구성부로서는 기관동력계 및 컨트롤러, 데이터 수집 장치, RPM 센서, 안전장치, 송풍기, 매연 측정기, 매연 포집기 등을 사용했다. 데이터 수집은 운행 속도에 따른 운행속도, 출력, 토크, 매연농도, 엔진회전수, 가스온도를 데이터 수집 장치를 통해 그래프에 표시하는 방식으로 구성되어 있다.

Table 2.1 Specifications of test vehicle

Item	Content
Type	4 Cylinders
Fuel injection type	IDI (Indirect injection)
Displacement	2,476cc
Maximum torque	23kg·m/2,000rpm
Maximum power	95PS/4,200rpm
Bore × Stroke	91.1mm × 95mm
Compression ratio	21 : 1

2.2 장치 구성

본 연구에서는 운행차 배출가스 정밀검사방법으로 실험을 수행하였으며, 아래 Fig. 2.1은 운행차 배출가스 정밀검사의 장치 구성 및 본 실험에서 사용한 실험 기기의 개략도를 나타낸 것이다.^{7),10)}



- | | |
|---|-----------------------------|
| ① Camera for shooting before-through inspection | ② Sensory tester(LAN) |
| ③ Exhaust gas collector | ④ Opacity meter |
| ⑤ 5 GAS Gauge and Chamber | ⑥ Engine cooling blow fan |
| ⑦ Main control room(LAN) | ⑧ Driving supporter monitor |
| ⑨ Coolant and Oil collecting tank | ⑩ RPM meter & Chamber |
| ⑪ Chassis dynamometer | ⑫ Reclaimed gas collector |
| ⑬ Anchor-belt ring for vehicle safety | ⑭ Sensory test pit |

Fig. 2.1 Automotive inspection system

2.3 측정 장치

1) 차대동력계

(1) 동작원리

차대동력계는 공회전률, 구동 토크, 구동 RPM, 동력흡수장치(PAU)등으로 구성되어

있다. 자동차의 주행바퀴는 동력계상의 두 개의 롤 set 사이에 위치하고 자동차의 회전력은 동력흡수장치 Eddy current에 직접 연결되어 있는 구동 롤과 함께 전달되며 “Load”는 정확한 Load sell과 전자신호를 거쳐 제어시스템에 전달되고 PAU는 직류전원과 함께 정지상태의 코일에너지 부하를 흡수하게 된다. 코일은 자장이 설치되어 있는 회전자 안에서 Eddy current를 발생시키며 힘이 세기를 지시해 주면서 회전동작을 관리한다. 동력의 흡수는 rpm과 field 코일에 응용된 직류전원에 함에 의존하고 있다. 회전자의 속도는 속도센서를 통해 제어 시스템에 전달을 정확히 하고 회전력과 속도를 알고 있을 때 마력은 결정되게 된다.
7),10),11),13)

(2) 구성

차대동력계는 PAU, 관성중량부여장치, 구동장치, 롤러장치, 차량속도 측정 장치, 기관회전속도 측정 장치, 자동차 구동출력 측정 장치 등으로 구성되어 있다. Table 2.2는 차대동력계의 제원을 나타내고, Photo. 2.1은 외관을 나타낸다.
7),10),11),13)

Table 2.2 Specification of chassis dynamometer

General		Lift beam	
Nominal voltage	220V 50/60 Hz	Construction	one piece
Nominal current	20A	Operation	Pneumatic
Fuse protection	20A Slow	Compressed air	6~10 bar
Axle load	5,500 kg	Eddy-current Brake	
Max. wheel pow	373KW	Number of coils ASM	8
Max. tractive force	6,667N	Max. current coil	2.5A
Roller set		Voltage per coil	96V
Test speed	200km/h (124mph)	Mechanical flywheel mass	907±18kg
Roller diameter	217.5mm(8.6 in)	Drive	
Roller axle center separation	444mm(17.5 in)	Three-phase motor	2.5A
Driving direction	bi-directional	Power	2.2KW
Operating temperature	1.7~43.3℃	Speed max.	50 km/h
Roller surface	power-coated	Weighing system	
		Weighing range	362~2,722kg



Photo. 2.1 Chassis dynamometer

가. 동력흡수장치(PAU : Power absorption unit)

자동차의 구동력을 흡수하는 장치로서 실제도로상의 상태를 구현하게 하는 중요한 장치이다. 스테이터 어셈블리는 로터와 샤프트(롤러) 사이에 위치하고 프레임의 축과 연결되어 있으며 스테이터 코일은 좌·우 8개의 Pole로 구성되어 있으며, 코일은 전기적으로 직렬로 연결된다. 또한 전류가 직렬코일을 통해 흐를 때, 자기장이 스테이터와 로터 사이에 형성되며 로터의 회전을 방해하여 생기는 회전 반력을 스테이터를 통하여 로드 셀에 전달 로드 셀에 전달된 힘을 전압으로 변환하여 제어장치로 보내고 제어장치는 다시 이 전압으로 코일의 전류량을 제어한다.^{7),10),11),13)}

① 와전류형 제동장치(동력흡수장치)

와전류형 제동장치는 자속이 회전 도체를 관통하면 도체내부에 와전류가 유도되고 와전류와 자속사이의 상호 작용에 의해 반발력이 생기게 된다. 이를 이

용한 것이 와전류형 제동장치이다. 본 연구에서 이용한 차대동력계의 동력흡수장치도 이와 같은 원리를 이용한 것이다. 금속판을 회전시키면 자석이 금속판의 회전방향으로 힘을 받는 구조로 사용된다. 이 때 자석을 고정시켜 놓으면 뉴턴의 운동 3법칙인 작용 반작용 “한 물체가 다른 물체에 힘(작용)을 가하면, 반드시 크기가 같고 방향이 반대인 힘(반작용)을 되받는다.”의 법칙에 의하면 금속판은 회전에 반대되는 방향으로 힘을 받게 된다. 이 힘을 로드 셀(스트레인 게이지)을 이용하여 측정하게 되면 이는 곧 금속판에 가해지는 제동력이 된다. 동력흡수장치 내에는 구동 부(롤러)와 축에 의해 기계적으로 연결된 금속 회전체와 자기에너지를 발생시키는 코일이 감긴 코어가 일정한 공극(Air Gap)을 사이에 두고 회전체 주위에 균등하게 배치된 고정체로 구성되며, 회전체의 속도와 전기 공급량에 따라 와전류가 생성되고, 회전체 회전에 대한 제동력, 즉 자동차 구동에 대한 부하력으로 작용하고 이 부하력을 로드 셀에 의해서 측정된다. Fig. 2.2는 와전류 제동장치의 작동원리와 개념도, Photo. 2.2는 구동 부(롤러)와 동력흡수장치, 구동 모터, 컨트롤러를 나타낸 것이다.^{10),11)}

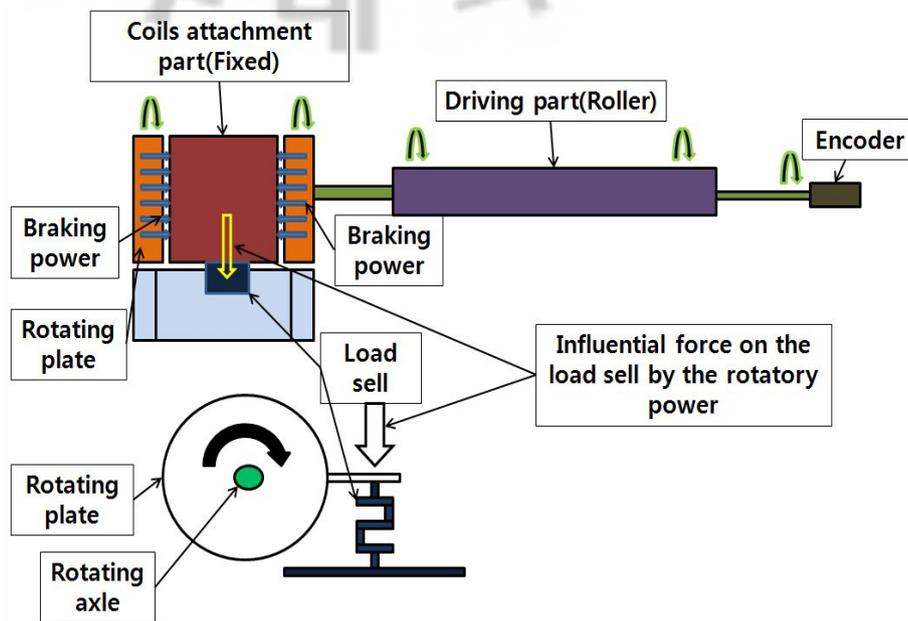


Fig. 2.2 Conceptual diagram of operation in an eddy current type braking equipment

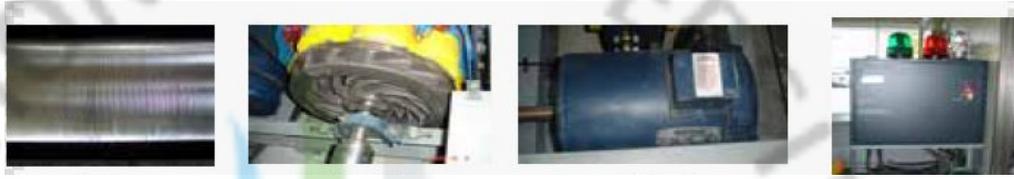


Photo. 2.2 Roller and PAU, Drive moter, Controller

② 와전류형 제동장치의 제동력 제어

와전류에 의하여 발생하는 제동력은 장치의 구성 및 원판과 자석과의 거리 등 기계적인 설계에 따라 달라진다. 그러나 설계 및 제작이 완료되면 이는 장비의 고유 파라미터로 상수화 되며, 제동력은 원판을 통과하는 자속의 세기, 회전 속도에 비례하게 된다. 동력흡수장치의 구조에서 제동력은 곧 로드 셀에 걸리는 하중으로 표현된다. 또한 제동력의 세기는 곧 해당속도에서의 전류의 세기(자장의 세기)에 비례한다. 제동력은 로드 셀에서 측정된 신호를 기준 값과 비교하여 PID 알고리즘에 의하여 오차를 0(Zero)으로 하는 방향으로 전류를 가감하여 제어하게 된다. 즉, 전기공급량을 피드백 방식으로 컨트롤러에서 제어하여 자동차의 도로주행상태와 유사한 조건을 재현할 수 있는 것이다.^{10),11)}

나. 관성중량부여장치

가속 시 자동차에 관성중량을 부여하기 위한 장치로 기본관성중량은 일반적으로 플라이휠을 이용하고 부가관성중량은 PAU 또는 다수의 플라이휠을 사용하게 되며 이 장치는 PAU를 이용하여 관성량을 0.45kg씩 증가시킬 수 있으며 PAU는 롤러 한쪽에만 연결되어 있고, 5.3km/h로 가속되는 10,900lb(4,944kg)의 차량에 부합하는 주행관성 시뮬레이션이 가능하도록 구성되며 PAU에 연결된 롤러는 ‘드라이브’롤러라 하며 전체 회전체의 기본관성이 2,000lb(900kg)가 되도록 PAU와 함께 설계된다.^{7),10),11)}

다. 구동장치

동력계 자체 예열 시나 코스트다운 점검 시 롤러를 강제구동하기 위한 장치로 동력계의 축과 연결되어 있으며 일정속도 이상 가속 후 전동기의 전원을 차단하는 방식과 축이음을 끊는 방식이 있다.^{7),10),11)}

라. 롤러장치

롤러장치는 롤러와 베어링으로 구성되어지며 롤러는 자동차의 동력을 받아 PAU에 전달하는 매개체로서 직경이 클수록 PAU가 받는 부담은 크지만 마찰손

실이 감소하고 기계적 부담은 적게 된다. 또한 롤러의 표면은 미끄럼 방지 처리하여 타이어와 롤러의 마찰계수를 증대시켜야 할 필요가 있는 장치이다.

베어링은 비틀림 및 수직하중을 받으면서 고속으로 회전하기 때문에 허용하중과 위험회전수를 고려하여야만 한다.^{7),10),11)}

마. 차량속도 측정 장치

롤러의 회전수를 엔코더로 감지하여 롤러속도로 환산한 값으로 나타나게 되는데 이는 롤러의 회전수를 측정 차속으로 환산하는 과정을 갖게 되고 이 장치는 정밀 측 또는 축이 끝부분에 설치 가능한 구조이어야 하며 1회전 당 60펄스로 측정되며 홀센서방식으로 반영구적인 내구성을 지닌다. 측정된 차속과 시간을 이용하여 주행거리를 연산하며 엔코더는 차대동력계의 드라이버 롤러에 직접 부착되며, 디지털과 아날로그 회로를 통하여 속도와 가속도 정보를 산출한다.^{7),10),11)}

바. 자동차구동 출력 측정 장치

자동차의 구동바퀴에서 발생하는 구동출력을 측정하는 장치로 표준상태의 보정된 값으로 나타낸다. 토크 암의 길이가 길수록 로드 셀이 받는 부하는 감소하지만 정확도면에서는 짧은 쪽이 유리하며, 로드 셀은 롤러의 회전을 저지하기 위한 PAU의 부하를 기계적인 양으로 검출한다.^{7),10),11)}

사. 교정

① 코스트다운

동력계의 부하동력(*IPS*)은 8.0~18.0PS에서 임의로 설정한 2지점에서 롤러속도가 45km/h에서 35km/h로 감소되는 시간과 25km/h에서 15km/h로 감소되는 시간(코스트다운 시간)을 측정한다. 오차율을 계산된 코스트다운 시간(*CCDT*)과의 차이로 다음 식(1)과 같이 계산한다.^{10),12)}

$$\text{코스트다운시간오차율(\%)} = \frac{(ACDC - CCDT)}{CCDT_{\left(\frac{V_i + V_j}{2}\right)}} \times 100 \quad (1)$$

단, 동력계 롤러속도 코스트다운 시간은 다음 식(2)에 의해 구한다.

$$CCDT_{\frac{(V_i+V_j)}{2}} = \frac{\left(\frac{0.5 \times DIW}{9.8}\right) \times (V_i^2 - V_j^2)}{75 \times \left(\frac{IPS_{\frac{(V_i+V_j)}{2}}}{2}\right) + \frac{PLPS_{\frac{(V_i+V_j)}{2}}}{2}} \quad (2)$$

ACDT : 코스트다운 측정시간(s)

CCDT : 코스트다운 계산시간(s)

DIW : 동력계 관성중량(kg)

V_i : 45km/h ~ 35km/h에서의 속도(m/s)

V_j : 75km/h ~ 65km/h에서의 속도(m/s)

IPS : 임의의 설정한 동력계 지시마력(ps)

PLPS : 임의의 설정한 동력계 손실마력(ps)

단, 코스트다운 시험 시 2개의 임의의 부하동력 설정 치에서 측정된 시간이 이 미 계산된 시간 *CCDT* 의 ±7% 이내이어야 한다.

② 손실마력교정

동력계의 기계적 손실을 측정하기 위하여 동력계 부하동력(지시마력)을 0(Zero)으로 설정하여 롤러속도 40km/h에서 동력계 손실마력을 측정하고 다음 식 (3)에 의해 계산된 손실마력과의 오차를 구한다. 손실마력이 증가된 경우에는 코스트다운 점검 시에 손실마력(*PLPS*)을 수정 입력하여 교정한다.^{10),12)}

$$\text{손실마력}(PS)_{40} = \frac{\left(\frac{0.5 \times DIW}{9.8}\right) \times (V_{45}^2 - V_{35}^2)}{75 \times (ACDT_{40})} \quad (3)$$

DIW : 동력계 관성중량(kg)

V₄₅ : 45km/h에서의 속도(m/s)

V₃₅ : 35km/h에서의 속도(m/s)

ACDT₄₀ : 45km/h에서 35km/h의 실제 코스트다운 시간(s)

단, 동력계의 손실마력은 두 점의 임의 속도에서 측정된 손실마력이 계산된 손실마력의 ±0.25PS이내이어야 한다.

③ 부하측정 시험

동력계를 정지한 상태에서 최대토크의 0%, 20%, 40%, 60%, 80%에 해당하는 분동(추)을 로드 셀에 부여한다. 이 때 각 교정 점에서 토크를 연속 3회 측정

한 후 그 평균치를 계산하여, 다음 식 (4)에 의해 계산된 토크 값과 오차를 구한다.^{10),12)}

$$\text{계산토크(kg}\cdot\text{m)} = \text{분동 무게(kg)} \times \text{토크 암 길이(m)} \quad (4)$$

단, 분동(추)은 동력계 최대부하(Torque)의 0%, 20%, 40%, 60%, 80%에 해당하는 부하(Torque)를 측정할 수 있어야 하며, 분동(추)의 오차는 $\pm 0.1\%$ 이내이어야 한다.^{10),12)}

2) 주제어장치

차대동력계 및 주변 측정 장치와 상호통신이 가능하도록 동일한 프로토콜로 구성되어 있으며 차대동력계로부터 자동차의 속도, 흡수마력, 기관회전수를 실시간으로 전송받으며, 전송받은 자료에 의하여 차대동력계 부하를 폐회로 시스템(Feedback system)으로 제어한다. 또한 검사모드별 수행프로그램, 검사결과의 입출력, 검사장비의 정도관리 등이 자동프로그램에 의하여 수행되고 주전산기로 실시간 전송된다.^{7),10)}

3) 매연측정기

운행차 배출가스 정밀검사 시 배출되는 매연배출량을 측정하는 장치로 광 투과식 매연측정기를 사용하며, 매연의 배출농도(%)를 검사한다. 광 투과식 매연측정기는 탄소원자가 주성분인 매연 및 입자상물질이 빛을 흡수하거나 산란시키는 특성을 이용하여 가시적인 투명도를 측정하는 장비로, 배기관에 배출되는 매연을 부분유량채취방식으로 실시간 연속적으로 채취하여 농도를 직접 광원으로 투과하여 측정한다.^{7),11)}

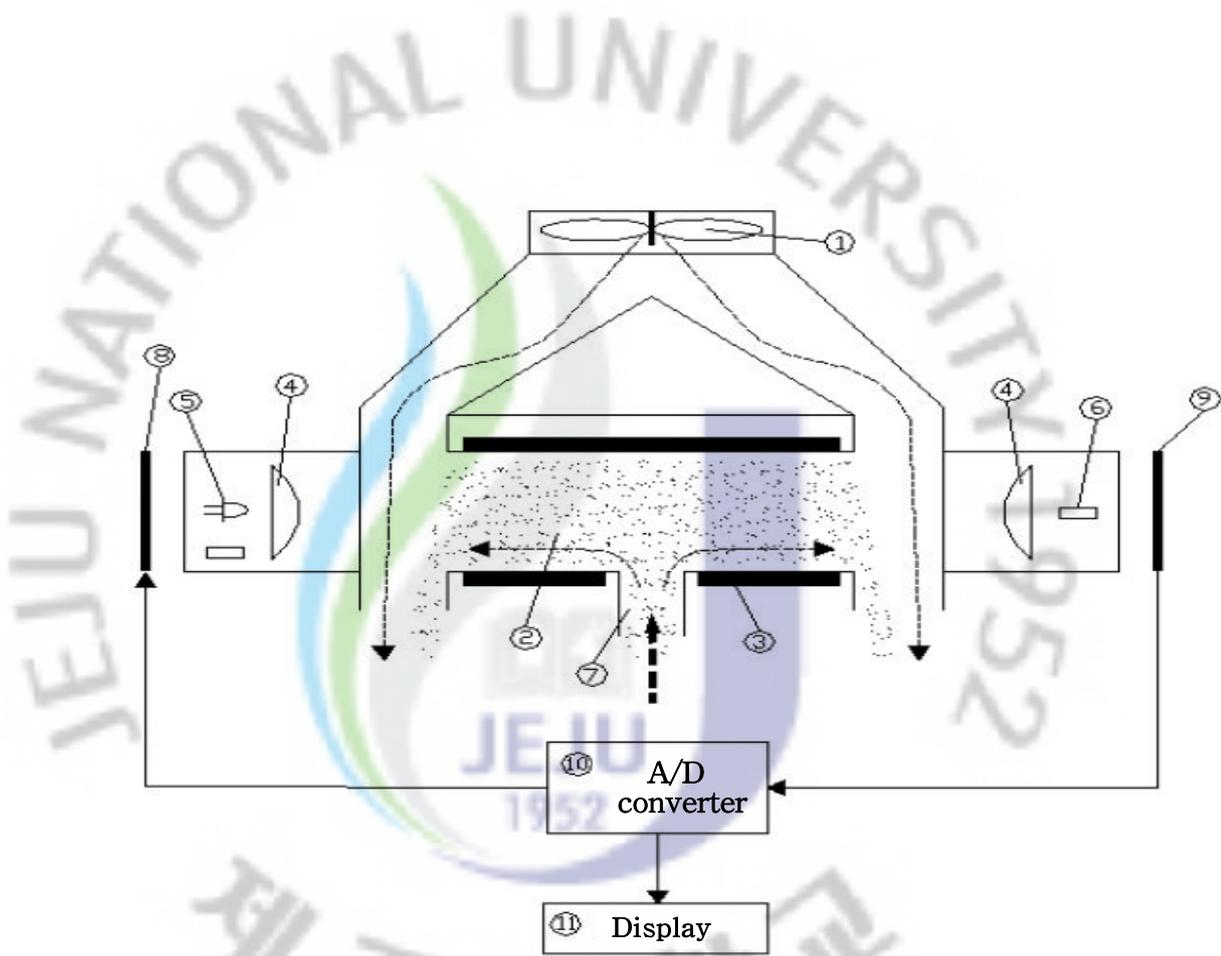
이번 실험에 사용된 광 투과식 매연측정기는 J사의 CSM-2500이며 Table 2.3은 광 투과식 매연측정기의 제원을 나타내고, Photo. 2.3은 광 투과식 매연측정기의 외관, Fig. 2.3은 매연측정기 작동회로를 나타낸다.^{7),10),13)}

Table 2.3 Specification of opacity meter

Item	Specification
Model	CSM-2500
Operating voltage	AC 220V (50/60 Hz)
Operating temperature	-10~40℃
Humidity	0~90%
Warm-up time	< 3 minutes
Dimensions	40W×17.3D×26.3H cm
Weight	8 kg
Measuring technology	Partial flow opacity meter
Port	RS232C
Resolution	0~99.9% (0.1%)
Display	Hand terminal (LCD)*PC controller
Effective path length	215 mm
Light source	Green LED (565 nm)
Detector	Photodiode



Photo. 2.3 Opacity meter



- ①Fan ②Sampling-cell ③Sampling-cell constant temperature heater
- ④Condensing lens ⑤Light source(Green LED) ⑥Detector(Photodiode)
- ⑦Sampling gas inlet ⑧Light source control circuit
- ⑨Signal input and analysis circuit ⑩A/D converter circuit ⑪Display

Fig. 2.3 Operating circuit of opacity meter

매연측정기는 매일 배출가스(매연)측정 전 1회에 한해 영점 교정을 해야 하며 영점 교정은 Photo. 2.4의 매연측정기 교정모드 화면으로 전환하여 Photo. 2.5와 같이 표준필터를 삽입하여 시험 필증에 있는 농도 수치를 각각 입력한다. 교정기관은 한국산업 기술원에서 년 1회 교정 시험을 거쳐 합격한 표준필터를 1년의 인증유효기간(1년) 동안 사용한다. 교정 허용오차율은 시험 필증 농도 값의 $\pm 2\%$ 이내이어야 한다.¹³⁾



Photo. 2.4 Correction screen of opacity



Photo. 2.5 Standard filters and Filter insert

4) 보조 장치 및 기타장치

(1) 운전모드 보조모니터(An extra monitor)

검사자동차내의 검사원이 배출가스 검사모드를 용이하게 인지하여 검사모드를 구현하는데 필요한 정보를 모니터로 나타낸다.⁷⁾

(2) 엔진회전수 검출기(RPM meter)

부하 검사 시 정해진 정격출력에서 전자석타입(Magnetic type)의 진동센서(Vibration sensor)를 이용하여 엔진의 회전수를 측정하는 장치이다. Photo. 2.6은 엔진회전수 검출기로서 진동센서의 본체, LED, 마그네틱 부, 음향 센서 부를 표시한 것이고, 구성은 LED(Light emitting diode)표시등의 적색은 입력전원상태표시, 자기 진단 확인, 속도 신호 없을 확인을 표시하며, 황색은 공회전 속도 인지, 녹색은 최고 속도 인지를 한다. 가속도계는 구조물로 이동된 진동소음을 측정하며 Microphone은 공기로 이동된 소음을 측정한다.^{7),10)}



Photo. 2.6 Magnetic type vibration sensor

(3) 매연 포집기(Smoke inhalation equipment)

운행차 배출가스 정밀 검사 시 배출되는 매연을 흡입하여 모아두는 장치로 아래 Photo. 2.7은 매연 포집기 본체와 매연 포집기 후드의 외형을 나타낸다.⁷⁾

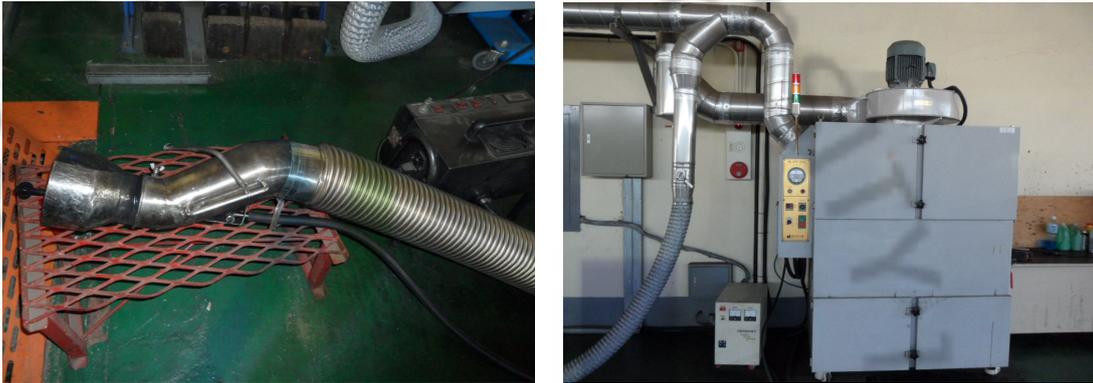


Photo. 2.7 Smoke inhalation equipment

(4) 엔진 냉각용 송풍기(Engine cooling blow fan)

부하 검사 시 엔진 과열에 의한 파손을 방지하기 위한 냉각장치로 부하모드가 시작되면 자동으로 작동된다. Photo. 2.8은 엔진냉각용 송풍기의 외형을 나타낸다.⁷⁾



Photo. 2.8 Engine cooling blow fan

(5) 안전장치(Safety device)

부하 검사 시 자동차의 전방 및 측면이탈을 방지하기 위하여 고임목, 보조롤러, 차량 안전용 벨트 등으로 고정한다. Photo. 2.9에서는 보조롤러, 고임목, 차량 안전용 벨트를 나타내었다.⁷⁾



Photo. 2.9 Safety devices

2.4 실험방법

1) 운행차 배출가스 정밀검사

우리나라를 비롯한 대부분의 국가에서는 대기오염 문제의 심각성을 이유로 환경오염물질 배출규제를 위한 법규를 강화하고 있으며, 자동차 배기가스 검사방법도 효율적으로 관리하고, 감독하기 위해 새로운 방법을 도입하고 있다. 이런 취지로 우리나라도 운행자동차 배출가스 오염물질량에 의한 대기오염을 개선하기 위하여 정부에서 선진국에서 시행중인 강화된 운행차 배출가스 정밀검사를 2002년 5월 20일부터 서울을 전 지역에 시행하고 있으며, 매년 점차 확대 시행하여 2006년부터는 수도권 및 광역시, 인구 50만 이상의 시를 대상으로 전국으로 확대 시행하고 있다.^{7),12)}

운행차 배출가스 정밀검사는 기존의 자동차 배출가스 검사방법과는 많은 차이가 있다. 기존의 자동차 배출가스 검사의 경우 가솔린 자동차는 공전 시 배출가스 중 CO와 HC의 배출량을 측정하고, 경유자동차는 무부하급가속시의 매연배출량을 측정하였다. 그러나 이 같은 검사방법으로는 주행상태에서 배출되는 오염물질의 배출량을 측정할 수 없어 검사결과에 대한 의문이 항상 제기되었다.^{7),12)}

그래서 운행차 배출가스 정밀검사를 시행하게 되었고, 검사방법은 실제 도로주행시의 조건이 어느 정도 고려되도록 차대동력계에서 주행하는 자동차에 실제 도로주행시의 가해지는 조건과 동일한 부하마력을 가하여, 실제 도로주행에서 자동차의 배기가스 배출량이 얼마인지를 측정하는 방법이다. 보다 정확하고 엄격한 방법으로 시행되며 검사결과 관리가 실시간에 가능하도록 검사장비 시스템을 전산망과 연결하고, 검사 기술 인력의 전산망 사용자 등록에 의한 검사 실명제 실현, 검사자동차의 검사장면의 사진촬영 등 부정, 부실검사가 방지되는 체계로 실시된다.^{7),14),15),16)}

또한 정밀검사결과 자료를 차종별, 사용 연도별, 용도별, 주행거리별, 연식별 등 자동차 배출량 특성을 파악하여 정밀검사 시행에 따른 대기오염 개선효과를 분석하고, 향후 운행 자동차 배출가스에 의한 대기오염 개선 방안 강구에 적극적으로 반영될 수 있는 제도이다.^{7),14),15),16)}

2) 운행차 배출가스 정밀검사 방법

운행차 배출가스 정밀검사는 자동차를 대상으로 배출가스를 측정하기 전에 배

출가스 관련부품 및 장치에 대한 관능 및 기능검사를 먼저 실시한다. 그리고 배출가스 검사는 자동차의 총중량 또는 구조의 특수성에 따라 부하검사방법과 무부하 검사 방법으로 구분하여 시행한다. 검사대상 자동차는 부하검사를 받게 되며, 상시 4륜구동 자동차, 2행정 원동기 자동차, 기타 특수한 구조로 검차장 출입이나 차대동력계에서 배출가스 측정이 곤란한 자동차는 무부하 검사를 받게 된다.

7),14),15),16)

(1) 무부하 검사 방법

가. 무부하 급가속 검사

차대동력계상에서 부하검사방법에 의하여 배출가스 검사가 불가능한 경유사용자동차의 매연농도 측정에 사용되며, 자동차가 정지한 상태에서 기관을 최대회전수까지 급가속 시킬 때 매연배출량을 부분유량채취방식의 광투과식 매연측정기로 측정한다. 7),14),15),16)

나. 무부하 정지가동 검사

차대동력계상에서 부하검사방법에 의하여 배출가스 검사가 불가능한 휘발유·가스·알콜 사용 자동차의 배출가스(CO, HC) 배출량과 공기과잉률을 측정하여, 자동차가 정지한 상태에서 무부하정지가동시의 배출가스의 농도를 비분산적외선(NDIR)방법 및 분석기를 사용하여 측정한다. 7),14),15),16)

(2) 부하검사방법

가. ASM(Acceleration simulation mode)2525모드

휘발유·가스·알콜 사용자동차의 일산화탄소, 탄화수소 및 질소산화물을 측정하는데 적용된다. 측정방법은 차대동력계상에 측정대상자동차의 차량중량에 따라 설정된 도로부하마력의 25%에 해당하는 부하마력을 설정하고 40km/h의 정속주행상태에서 배출되는 일산화탄소, 탄화수소 및 이산화탄소의 농도는 비분산적외선(NDIR)방법, 질소산화물의 농도는 전기화학식 또는 비분산적외선방법을 채택한 분석기를 사용하여 측정한다. 7),14),15),16)

나. Lug-down 3mode

경유사용자동차에서 적용하는 측정방법으로 그 방법은 차대동력계상에서 주행하는 상태에서 측정대상자동차의 전부하상태의 엔진정격회전수에서 1모드, 엔진정격회전수의 90%에서 2모드, 엔진정격회전수의 80%에서 3모드로 구성하여 1모드에서 엔진정격출력, 엔진정격회전수 및 매연농도를, 2모드와 3모드에서 각각 엔진회전수 및 매연농도를 측정하며, 매연농도는 부분유량채취방식의 광 투과식

분석방법을 채택한 측정기를 사용하여 측정한다. Fig. 2.4는 모드 구성 그래픽이다. 7),14),15),16)



Fig. 2.4 Lug down 3 mode driving graph

다. KD147모드

차대동력계에서 차량중량에 따라 도로 부하마력을 설정한 다음 IM240모드의 2단계 주행주기를 이용하여 147초 동안 최고 83.5km/h까지 가속, 정속, 감속하면서 매연농도(%)를 측정하며, “D”는 디젤자동차를, “147”은 프로그램에 의한 총검사시간이 147초 소요된다. 시행국가는 캐나다, 한국이며 모드 구성 그래픽은 Fig. 2.5와 같다.^{15),16)}

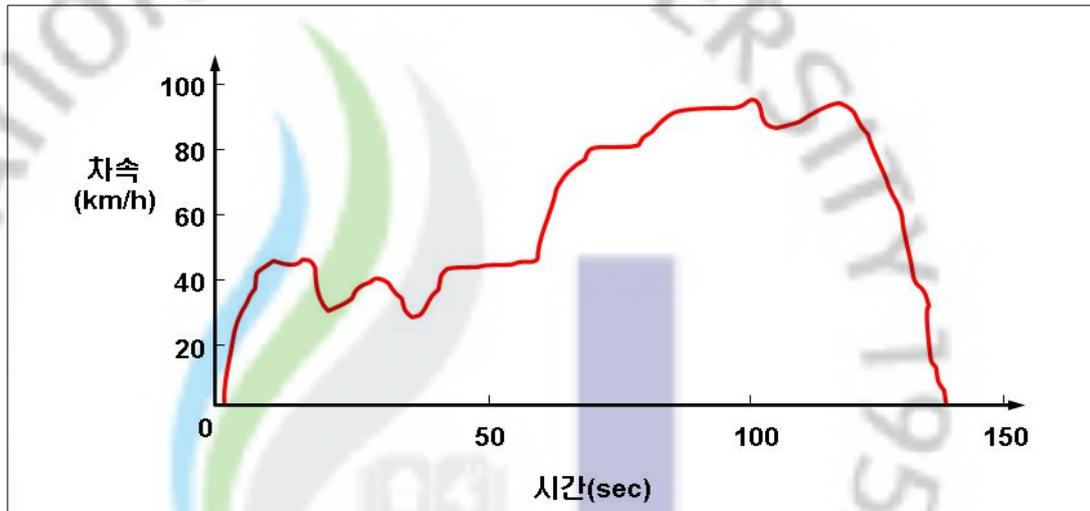


Fig. 2.5 KD147 mode driving graph

3) 부하검사

(1) 대상자동차의 준비

부하검사 전 실험 대상 자동차의 사전 준비사항은 다음과 같다.

가. 자동차 바퀴의 흙, 먼지, 물 등의 이물질은 제거하고 타이어 공기압을 규정 치에 맞춘다.

나. 차대동력계 답판(차륜을 올려놓은 부분) 위에 자동차의 구동바퀴를 정치시키고 답판을 하강시킨 후 자동차를 서서히 구동시켜 자동차를 차대동력계 물러에 정면으로 대칭이 되도록 정렬시킨다.

다. 자동차의 변속기어를 수동변속기는 중립, 자동변속기는 중립 또는 주차위치에 놓고, 구동되지 아니하는 바퀴의 앞뒤에는 고임목을 고이고 별도의 고정 장치로 자동차를 고정시킨다.

라. 배출가스 측정값에 영향을 주거나 측정에 장애를 줄 수 있는 자동차의 에어컨, 히터, 서리제거장치, 등화장치, 라디오 등 부속장치는 작동하지 않는다.

마. 기관회전속도계를 설치한다.

바. 자동차 배기관에 매연측정기의 시료 채취 관을 삽입하고, 매연포집장치의 연결호스를 자동차배기관 끝단에 연결한다. 이 경우 배출가스분석기의 시료채취관은 30cm이상, 매연측정기의 시료채취관은 배기관 벽면으로부터 5mm이상 떨어지도록 하여 5cm이상의 깊이로 삽입한다.

사. 엔진냉각용 송풍기를 설치한다.^{7),14),15),16)}

아래 Photo. 2.10에서는 동력계에 준비된 검사차량의 외관을 나타낸다.



Photo. 2.10 Tested car on chassis dynamometer

(2) 부하검사 방법

가. 측정원리

차대동력계상에서 주행하는 상태에서 측정대상자동차의 엔진정격회전수에서 1모드, 엔진정격회전수의 90%에서 2모드, 엔진정격회전수의 80%에서 3모드로 구성하여 1모드에서 엔진정격출력, 엔진정격회전수 및 매연농도를, 2모드와 3모드에서 각각 엔진회전수 및 매연농도를 측정하며, 매연농도는 부분유량채취방식의 광 투과식 분석방법을 채택한 측정기를 사용하여 측정한다.

나. 검사모드의 구성

① 변속기어 선정

가속페달을 최대한으로 밟은 상태에서 자동차속도가 70km/h에 근접하되 100km/h를 초과하지 아니하는 변속기어를 선정한다. 자동변속기 자동차의 경우에는 오버드라이브(OD)를 사용하여서는 아니 된다.

② 예열모드

자동차는 차대동력계상에 주행하면서 충분히 예열시킨다.

③ 1모드

가속페달을 최대한으로 밟아 차대동력계의 부하마력에 의하여 엔진회전수가 되도록 한다. 측정된 엔진회전수가 엔진정격회전수의 $\pm 5\%$ 이내로 안정되고 나서 5초 후부터 검사모드가 시작되어 10초 동안의 엔진최대출력, 엔진회전수, 자동차 주행속도, 매연농도 등을 측정하여 이를 각각의 산술 평균값으로 나타낸다.

④ 2모드

1모드 상태에서 차대동력계의 부하마력에 의하여 엔진회전수를 엔진정격회전수의 90%에 해당하는 회전수가 되도록 한다. 측정된 회전수가 엔진정격회전수의 90%에 해당하는 회전수의 $\pm 5\%$ 이내로 안정되고 나서 5초 후부터 검사모드가 시작되어 10초 동안의 엔진최대출력, 엔진회전수, 자동차 주행속도, 매연농도 등을 측정하여 이를 각각의 산술평균값으로 나타낸다.

⑤ 3모드

2모드 상태에서 차대동력계의 부하마력에 의하여 엔진회전수를 엔진정격회전수의 80%에 해당하는 회전수가 되도록 한다. 측정된 회전수가 엔진정격회전수의 80%에 해당하는 회전수의 $\pm 5\%$ 이내로 안정되고 나서 5초 후부터 검사모드가 시작되어 10초 동안의 엔진최대출력, 엔진회전수, 자동차 주행속도, 매연농도 등을 측정하여 이를 각각의 산술평균값으로 나타낸다.

다. 검사모드 구성 요건

각 모드별로 측정된 기관회전수가 각 모드별 엔진회전수 오차 범위인 $\pm 5\%$ 이내를 연속하여 2초 이상 벗어나거나, 측정 중에 주제어장치와 1초 이상 통신이 단절된 경우 검사모드는 다시 시작되어야 하며, 이러한 경우가 각 모드에서 2회 이상 발생하면 검사는 중지되어야 한다.

라. 검사결과의 판정

엔진최대출력은 1모드에서 측정하여 다음의 계산식 (1)에 의하여 표준상태로 보정한 기관출력이 측정대상자동차의 엔진정격출력의 50% 이상이면 적합, 50% 미만이면 부적합으로 판정한다.

엔진정격회전수는 1모드에서 측정된 엔진회전수가 엔진정격회전수의 $\pm 5\%$ 이내이면 적합으로 판정하고, 엔진정격회전수 $\pm 5\%$ 를 벗어나면 부적합으로 판정하며 매연농도는 각 모드에서 측정된 매연농도가 모두 운행차 배출허용기준 이내이면 적합으로 판정하고, 어느 한 모드에서도 운행차 배출허용기준을 초과하면 부적합으로 판정한다. 엔진출력은 소수점 첫째자리에서 반올림하여 1ps단위로, 기관회전수는 10rpm 단위로, 매연농도는 소수점 이하는 버리고 1% 단위로 나타내어야 한다.^{7),14),15),16)}

4) 에어컨 사용에 따른 매연 특성 및 출력 평가 방법

실험에 사용된 차량은 국내에서 제작된 상용 디젤 차량으로 터보 인터 쿨러 장착 차량을 선정하였다. 이 실험용 차량은 각 에어컨 단수별로 Lug-down 3mode를 적용하여 매연 및 출력 평가를 실시하였다.

본 실험은 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 만들어 자연흡기라인과 연결했을 때와 연결하지 않은 자연과급 상태에서의 에어컨 단수에 따른 매연 저감특성 및 출력변화에 중점을 두어 실험이 진행되었으며, 이에 따른 실험목적을 구현하기 위해 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결 중간에 볼 밸브를 설치하여 에어컨 단수별로 가동 시 에어컨 라인을 개·폐하는 방식으로 1단, 2단, 3단, 4단의 각기 다른 단수로 비교·분석하였다. 최대한 실험조건을 동일하게 하기 위해 워밍업이 끝난 후 냉각수 온도 $80 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 상태로 유지하여 부하검사를 실시하였다. 또한 1시간마다 3회 반복 측정하여 최대값과 최소값의 편차가 $\pm 3\%$ 이상 나타나지 않았을 때 그 평균값을 최종 매연 농도로 정하였다.⁷⁾

2.5 실험 관련 기초 이론식

1) 출력 산출 식

실험에 사용된 새시동력계의 출력(보정출력) 산출 식은 다음과 같다.^{7),16)}

$$P_c = P_e \times K \quad (1)$$

$$K = f_a^{f_m}$$

$$f_a = \frac{99}{P_s} \left(\frac{T}{298} \right)^{0.7}$$

다만, 터보과급엔진(TC)인 경우

$$f_a = \left(\frac{99}{P_s} \right)^{0.7} \left(\frac{T}{298} \right)^{1.5}$$

이다.

P_c : 보정출력(PS) P_e : 측정출력(PS)

K : 표준상태 보정값 f_a : 대기계수

f_m : 공연비계수(1.2를 적용한다)

P_s : 대기압력(kPa) T : 대기온도(K)

이때 측정출력 P_e 을 산출하는 계산식은 (2)식과 같다.

$$P_e = \frac{F_D \times v}{3,600 \times \eta_D} \times 1.3596 \quad (2)$$

F_D : 차륜에서의 구동력(N)

v : 새시동력계 롤러의 구동속도(km/h)(=자동차 주행속도)

η_D : 동력전달효율

Fig. 2.6은 새시동력계를 이용해서 구동력을 산출하는 모습을 나타낸다.¹⁷⁾

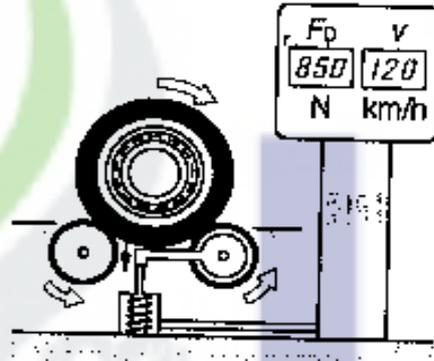


Fig. 2.6 Test on chassis dynamometer

이때 표준상태라 함은 흡기온도 298K(25℃), 대기압력 100kPa(건조대기압력 99kPa+수증기압력 1kPa)의 대기상태를 말한다.^{7),16)}

2) 매연배출농도 산출 계산식

실험에 사용된 광 투과식 매연측정기에 사용된 매연배출농도 산출 식은 다음과 같다.^{7),13)}

$$\text{매연농도(Opacity, } N) : N = 100 - T \quad 3-1$$

$$\text{광투과율(Light transmittance, } T) : T = \left(\frac{I}{I_0}\right) \times 100$$

I : 수광부의 휘도(cd)

I_0 : 발광부의 휘도(cd)

3) 평균출력 및 평균매연배출농도 산출 식

에어컨 작동단수 별 실험 후 평균출력 및 평균매연배출농도의 산출 식은 다음과 같다.

$$\text{평균출력} = \frac{(1\text{모드} + 2\text{모드} + 3\text{모드})\text{출력}}{3}$$

$$\text{평균매연배출농도} = \frac{(1\text{모드} + 2\text{모드} + 3\text{모드})\text{매연배출농도}}{3}$$

4) 실험 조건 별 1단과 4단을 비교한 평균출력(PS)의 증감(增減)율(%)과 평균매연배출농도(%)의 증감(增減)율(%)의 산출 식

자연흡기과급상태에서의 에어컨 작동단수 중 가장 큰 차이를 보인 1단과 4단을 비교하면 1단에서 평균출력이 61.6PS, 4단에서 평균출력이 59.3PS으로 평균출력의 증감률은 3.7% 감소하였고 평균매연배출농도는 1단 43.3%에서 4단 51.3%로 평균매연배출농도의 증감률은 18.4%증가했다. 산출 식은 자연흡기과급상태에서의 에어컨 작동단수 1단을 기준으로 4단 작동 시인 경우는 다음과 같다.

$$\text{평균출력 증감률}(\%) = \frac{(\text{평균출력}_{\text{에어컨작동4단}} - \text{평균출력}_{\text{에어컨작동1단}})}{\text{평균출력}_{\text{에어컨작동1단}}} \times 100$$

$$\text{평균출력 증감률}(\%) = \frac{(59.3 - 61.6)}{61.6} \times 100 = -3.7$$

또한 자연흡기과급상태에서의 에어컨 작동단수 1단을 기준으로 4단 작동 시

평균매연배출농도 증감률(%) =

$$\frac{(\text{평균매연배출농도}_{\text{에어컨작동4단}} - \text{평균매연배출농도}_{\text{에어컨작동1단}})}{\text{평균매연배출농도}_{\text{에어컨작동1단}}} \times 100$$

$$\text{평균매연배출농도 증감률}(\%) = \frac{(51.3 - 43.3)}{43.3} \times 100 = 18.4$$

로 표현된다.

반면, 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 만들어 흡기라인과 연결한 상태에서는 에어컨 작동단수가 오를수록 평균출력과 평균매연배출농도의 증감률을 살펴보면 평균출력은 증가하였으며 평균매연배출농도는 감소하였다. 마찬가지로 가장 큰 차이를 보인 1단과 4단을 비교하면 1단에서 평균출력이 63.3PS, 4단에서 평균출력이 65.3PS으로 평균출력이 3.1%증가했고, 평균매연배출농도는 1단 32%에서 4단 29.3%로 8.4%감소하는 것을 알았다. 산출 식은 별도의 라인을 연결한 상태에서의 에어컨 작동단수 1단을 기준으로 4단 작동 시인 경우는 다음과 같다.

$$\text{평균출력 증감률(\%)} = \frac{(\text{평균출력}_{\text{에어컨작동4단}} - \text{평균출력}_{\text{에어컨작동1단}})}{\text{평균출력}_{\text{에어컨작동1단}}} \times 100$$

$$\text{평균출력 증감률(\%)} = \frac{(65.3 - 63.3)}{63.3} \times 100 = 3.1$$

또한 별도의 라인을 연결한 상태에서의 에어컨 작동단수 1단을 기준으로 4단 작동 시

$$\text{평균매연배출농도 증감률(\%)} = \frac{(\text{평균매연배출농도}_{\text{에어컨작동4단}} - \text{평균매연배출농도}_{\text{에어컨작동1단}})}{\text{평균매연배출농도}_{\text{에어컨작동1단}}} \times 100$$

$$\text{평균매연배출농도 증감률(\%)} = \frac{(29.3 - 32)}{32} \times 100 = -8.4$$

로 표현된다.

5) 실험 조건이 다른 상태에서 동일 에어컨 작동단수 4단과 4단을 비교한 평균 출력의 증감률과 평균매연배출농도의 증감률의 산출 식

가장 큰 차이를 보인 연결 전의 자연흡기과급상태와 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결하기 전의 에어컨 작동단수 4단에서의 평균출력 62PS과 연결후의 4단에서의 평균출력 68PS을 비교했을 때 최대출력은 9.6%증가했고, 연결 전의 자연흡기과급상태와 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결하기 전의 에어컨 작동단수 4단의 3Mode에서 최대매연배출농도 56%와 연결 후의 에어컨 작동단수 4단의 3Mode에서 최대매연배출농도 32%를 비교하면 최대매연배출농도가 42.8%감소하는 결과를 보였다. 산출 식은 연결 전과 연결 후의 에어컨 작동단수 4단에서의 연결 전 출력 기준 시인 경우는 다음과 같다.

$$\text{평균출력 증감률(\%)} = \frac{(\text{평균출력}_{\text{연결후}} - \text{평균출력}_{\text{연결전}})}{\text{평균출력}_{\text{연결전}}} \times 100$$

$$\text{평균출력 증감률(\%)} = \frac{(68-62)}{62} \times 100 = 9.6$$

또한 연결 전과 연결 후의 에어컨 작동단수 4단에서의 연결 전 최대매연배출농도 기준 시

$$\begin{aligned} \text{최대매연배출농도 증감률(\%)} &= \\ &= \frac{(\text{최대매연배출농도}_{\text{연결후}} - \text{최대매연배출농도}_{\text{연결전}})}{\text{최대매연배출농도}_{\text{연결전}}} \times 100 \\ \text{최대매연배출농도 증감률(\%)} &= \frac{(32-56)}{56} \times 100 = -42.8 \end{aligned}$$

로 표현된다.

6) 흡기온도에 따른 밀도 산출 식

이는 샤를의 법칙과 질량 보존의 법칙을 이용해 해석할 수 있는데 샤를의 법칙은 온도와 기체의 부피에 관한 법칙으로 기체팽창의 법칙이라고도 하며, 일정한 압력에서 기체의 부피는 그 종류와는 관계없이 절대온도에 정비례한다는 법칙이다.

즉, 압력이 일정할 때 기체의 부피는 종류에 관계없이 온도가 1°C 올라갈 때마다 0°C일 때 부피의 1/273 씩 증가한다는 것이다. 일정한 압력일 때 기체 분자의 운동은 온도가 높아짐에 따라 활발해져서 용기의 벽에 충돌하는 횟수가 증가하므로 부피가 커지게 된다. V 을 온도 $t^{\circ}\text{C}$ 에서의 기체의 부피라 하고, V_0 을 0°C에서의 부피라고 하면, 다음의 관계식 (1)이 성립된다.

$$V = V_0 \cdot \left(1 + \frac{t}{273}\right) \quad (1)$$

따라서 공기는 일정한 압력에서 기체의 부피가 그 종류와는 관계없이 절대온도에 정비례한다는 법칙인 샤를의 법칙에 의해 온도가 높아지면 부피가 증가하고 온도가 낮아지면 부피는 감소한다. 그러나 질량은 화학반응에서 반응 전의 물질의 총질량과 반응 후에 생성된 물질의 총질량이 같다는 법칙인 질량보존의 법칙에 의해 변하지 않는다. 그래서 온도가 낮아지면 질량은 일정한데 부피가 감소하므로 밀도는 증가한다. 밀도의 산출 식은 다음과 같다.

$$\rho = \frac{M(kg)}{V(m^3)} \quad (2)$$

그러므로 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결하기 전 에어컨 작동단수 4단과 연결후의 에어컨 작동단수 4단을 비교하면 흡기온도가 최고 23℃까지 떨어지는 것을 공식 (1)에 대입하면 식(3)과 같다.

$$V = V_o \cdot \left(1 - \frac{23}{273}\right) = V_o \cdot 0.91 \quad (3)$$

식(3)에서 V 을 온도 t ℃에서의 기체의 부피라 하면 식(2)에서 부피가 $V_o \cdot 0.91$ 만큼 감소하므로 밀도는 $V_o \cdot 0.91$ 만큼 증가했다고 볼 수 있다.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰

3.1 에어컨 작동상태의 각 단수에 따른 흡기라인과 별도의 에어컨 라인을 연결하기 전·후에 평균출력(보정출력) 및 평균매연배출농도의 특성

본 실험은 에어컨을 각 단별로 작동시킨 상태에서 흡기라인과 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결하기 전의 에어컨 작동단수 1단이 Photo. 3.1, 2단이 Photo. 3.3, 3단이 Photo. 3.5, 4단이 Photo. 3.7의 결과로, 연결한 후의 에어컨 작동단수 1단이 Photo. 3.2, 2단이 Photo. 3.4, 3단이 Photo. 3.6, 4단이 Photo. 3.8의 결과로, 각 모드 종료 시 주제어장치 화면상에 표시된 속도, 엔진회전수, 출력, 보정출력, 평균매연배출농도 및 그래프를 나타내고 있다. 단, 결과에 따른 분석은 표준대기압과 표준대기온도에서의 측정된 출력이 아닌 측정당시의 대기압과 대기온도를 표준상태로 보정한 보정출력과 평균매연배출농도를 가지고 분석하였다.

사진에서 보는 것과 같이 자연흡기과급상태에서는 Photo. 3.1의 1단에서는 평균출력이 61.6PS, 평균매연배출농도가 43.3%를 나타내며, Photo. 3.3의 2단에서는 평균출력이 61.6PS, 평균매연배출농도가 50%, Photo. 3.5의 3단에서는 평균출력이 61PS, 평균매연배출농도가 52%, Photo. 3.7의 4단에서는 평균출력이 59.3PS, 평균매연배출농도가 51.3%를 나타내고 있다. 그리고 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 흡기라인을 연결한 상태에서는 Photo. 3.2의 1단에서는 평균출력이 63.3PS, 평균매연배출농도가 32%를 나타내며, Photo. 3.4의 2단에서는 평균출력이 63.6PS, 평균매연배출농도가 32%, Photo. 3.6의 3단은 평균출력이 65.3PS, 평균매연배출농도가 32.6%, Photo. 3.8의 4단에서는 평균출력이 65.3PS, 평균매연배출농도가 29.3%를 나타내고 있다.



Photo. 3.1 Test result of turn on the air conditioner 1 step(Ball valve close)



Photo. 3.2 Test result of turn on the air conditioner 1 step(Ball valve open)



Photo. 3.3 Test result of turn on the air conditioner 2 step(Ball valve close)



Photo. 3.4 Test result of turn on the air conditioner 2 step(Ball valve open)



Photo. 3.5 Test result of turn on the air conditioner 3 step(Ball valve close)



Photo. 3.6 Test result of turn on the air conditioner 3 step(Ball valve open)



Photo. 3.7 Test result of turn on the air conditioner 4 step(Ball valve close)



Photo. 3.8 Test result of turn on the air conditioner 4 step(Ball valve open)

이 결과 자연흡기과급상태에서는 에어컨 작동단수가 올라갈수록 평균출력이 감소하였고 평균매연배출농도는 증가했다. 가장 큰 차이를 보인 1단과 4단을 비교하면 1단에서 평균출력이 61.6PS, 4단에서 평균출력이 59.3PS으로 평균출력의 증감률은 3.7%감소하였고 평균매연배출농도의 증감률은 1단 43.3%에서 4단 51.3%로 18.4%증가했다.

반면, 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 만들어 흡기라인과 연결한 상태에서는 에어컨 작동단수가 오를수록 평균출력과 평균매연배출농도의 증감률을 살펴보면 평균출력은 증가하였으며 평균매연배출농도는 감소하였다. 마찬가지로 가장 큰 차이를 보인 1단과 4단을 비교하면 1단에서 평균출력이 63.3PS, 4단에서 평균출력이 65.3PS으로 평균출력이 3.1%증가했고 평균매연배출농도는 1단 32%에서 4단 29.3%로 8.4%감소하였다.

Table 3.1은 에어컨을 각 단별로 작동시킨 상태에서 흡기라인과 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결하기 전·후의 평균매연배출농도와 평균출력을 나타내고 있다.

Table 3.1 Average test result of power and smoke when turn on the air conditioner

Blower speed step(s)	Item	Ball valve close	Ball valve open
1	Smoke(%)	43.3	32.0
	Power(ps)	61.6	63.3
2	Smoke(%)	50.0	32.0
	Power(ps)	61.6	63.6
3	Smoke(%)	52.0	32.6
	Power(ps)	61.0	65.3
4	Smoke(%)	51.3	29.3
	Power(ps)	59.3	65.3

Fig. 3.1은 흡기라인과 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결하기 전과 연결한 후의 에어컨작동단수 따른 평균출력을 나타내는데 연결하기 전에는 에어컨작동단수가 오를수록 평균출력은 감소하였으나 연결한 후에는 평균출력이 증가하였다. 또한, Fig 3.2는 흡기라인과 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결하기 전과 연결한 후의 에어컨작동 단수에 따른 평균매연배출농도를 나타내는데 연결 전에는 평균매연배출농도가 증가했지만 연결한 후에는 평균매연배출농도가 감소하는 결과를 보였다.

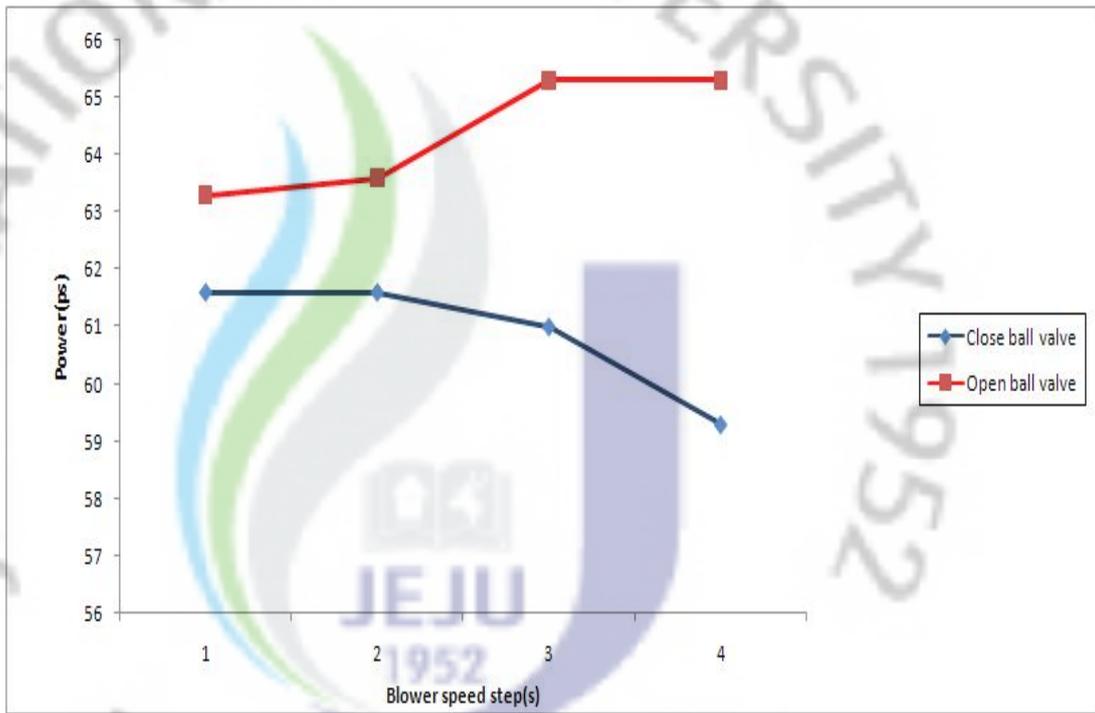


Fig. 3.1 Average power of turn on the air conditioner to blower speed steps

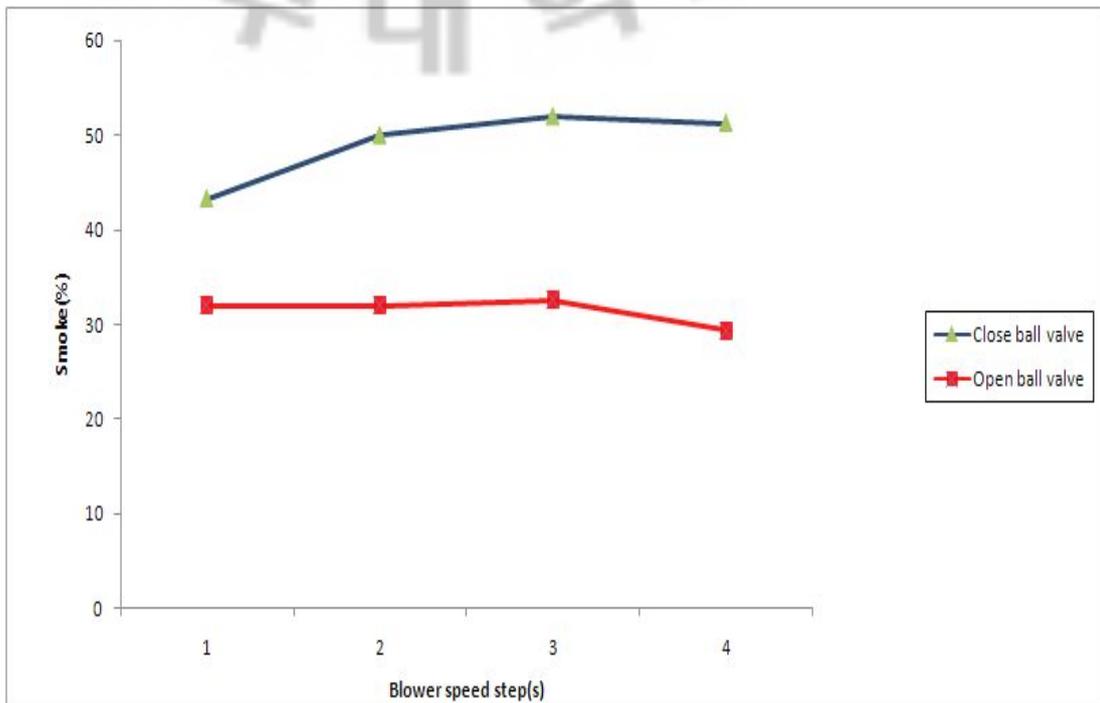


Fig. 3.2 Average smoke of turn on the air conditioner to blower speed steps

3.2 에어컨 각 단수별 작동상태에서 흡기라인과 별도의 에어컨 라인을 연결하기 전·후에 최대출력 및 각 모드별 매연배출농도, 최대매연배출농도의 특성

Table. 3.2는 흡기라인과 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결하기 전·후의 에어컨작동단수에 따른 각 모드별 매연배출농도와 최대출력을 비교한 것이다. 그리고 Fig. 3.3은 흡기라인과 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결하기 전·후의 에어컨작동 단수별로 최대출력을 나타내고, Fig. 3.4는 최대매연배출농도를 나타낸다.

Table. 3.2 Test result of power and smoke when turn on the air conditioner

Blower speed step(s)	Item	Ball valve close	Ball valve open
1	Smoke(%)	1 Mode	32
		2 Mode	33
		3 Mode	31
	Max power(ps)	63	64
2	Smoke(%)	1 Mode	33
		2 Mode	32
		3 Mode	31
	Max power(ps)	64	66
3	Smoke(%)	1 Mode	35
		2 Mode	33
		3 Mode	30
	Max power(ps)	63	66
4	Smoke(%)	1 Mode	29
		2 Mode	32
		3 Mode	27
	Max power(ps)	62	68

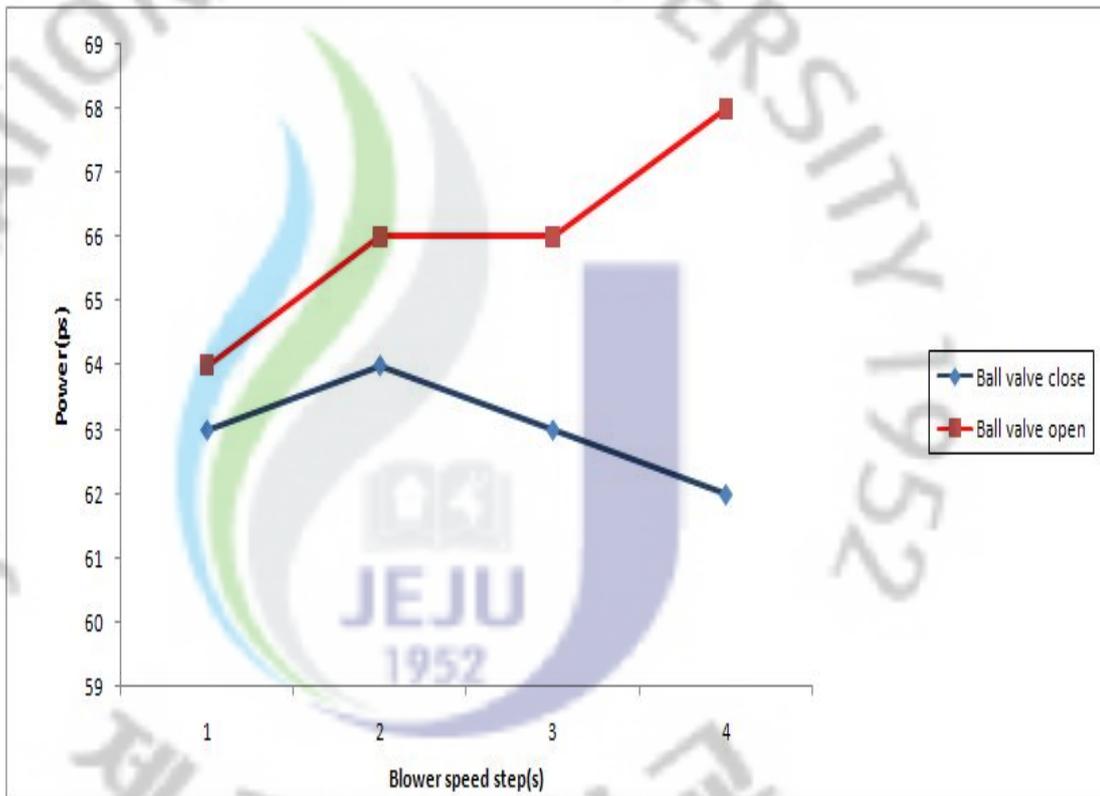


Fig. 3.3 Max power of turn on the air conditioner to blower speed steps

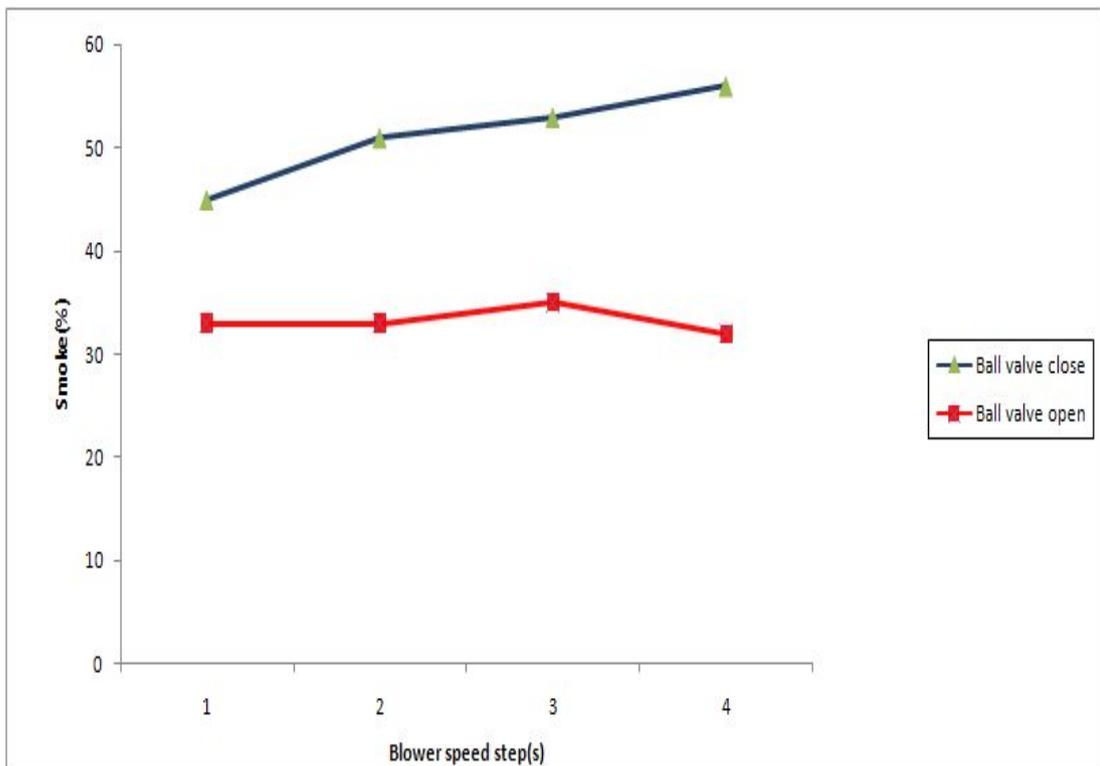


Fig. 3.4 Max smoke of turn on the air conditioner to blower speed steps

이 결과에서 보면 연결 전(자연흡기과급상태)에는 1단, 2단까지는 최대출력이 증가하지만 3단, 4단에서는 감소하는 결과를 나타내었고, 최대매연배출농도는 에어컨작동단수가 올라갈수록 증가하는 결과를 보였다. 반면, 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결한 후에는 에어컨작동단수가 올라갈수록 최대출력이 증가하였고 최대매연배출농도는 감소하는 결과를 보였다. 연결 전의 자연흡기과급상태와 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결하기 전의 에어컨 작동단수 4단과 연결후의 4단을 비교했을 때 최대출력은 9.6%증가했고, 연결 전의 자연흡기과급상태와 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결하기 전의 에어컨 작동단수 4단과 연결 후의 에어컨 작동단수 4단의 3Mode를 비교하면 최대매연배출농도가 42.8%감소하는 결과를 보였다.

Photo. 3.9에서는 과급기를 거쳐 흡기매니폴드로 진입하는 라인에서 실험을 마치고 난 후에 비접촉 적외선 온도계를 이용하여 측정한 온도를 나타내는 사진이며, Table. 3.3은 과급기를 거쳐 흡기매니폴드로 진입하는 라인에서 실험을 마치고 난 후에 비접촉 적외선 온도계를 이용하여 측정한 온도를 작동단수별로 나타내었고 Fig. 3.5의 그래프로 나타내었다. 연결 전(자연흡기과급상태)에는 에어컨 작동단수 1단에서 90℃, 4단에서는 98℃로 올라가는 결과를 보였으며 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결한 후에는 에어컨작동단수 1단에서 83℃, 4단에서는 75℃로 떨어지는 결과를 보였다. 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 흡기 라인과 연결하기 전 에어컨 작동단수 4단과 연결후의 에어컨 작동단수 4단을 비교하면 흡기온도가 최고 23℃까지 떨어졌다.



Photo. 3.9 Test result of temperature variation

Table. 3.3 Intake air temperature variation of turn on the air conditioner to blower speed steps

Blower speed step(s)	Temperature(°C)	
	Ball valve close	Ball valve open
1	90	83
2	92	82
3	95	79
4	98	75

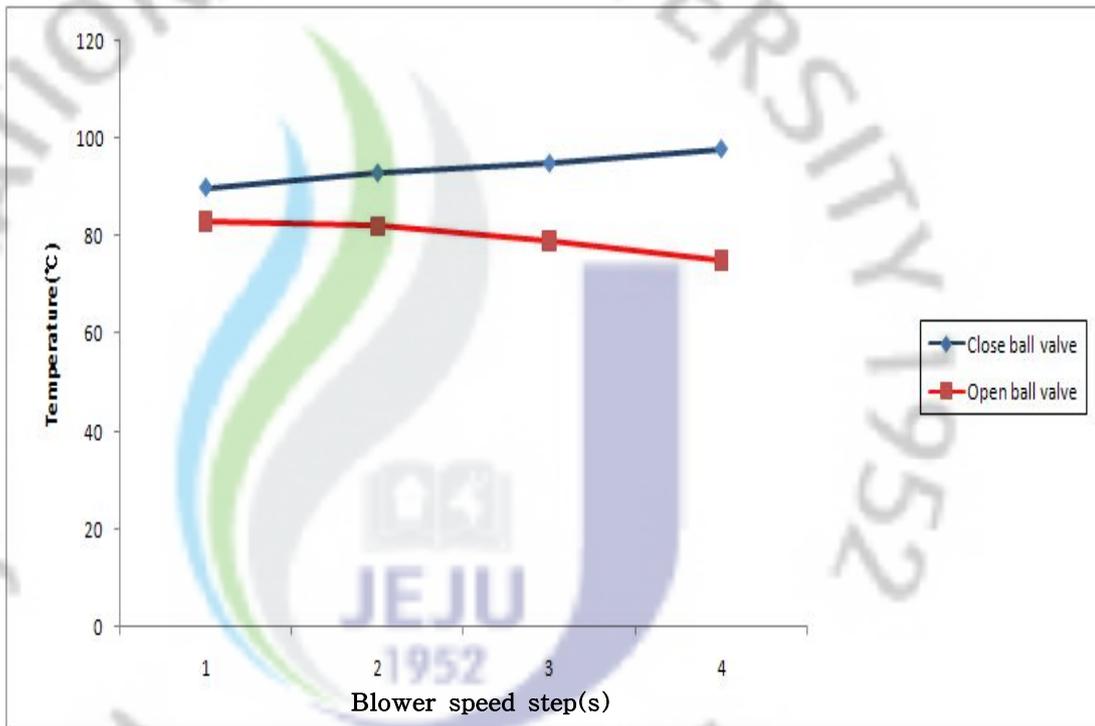


Fig. 3.5 Intake air temperature variation of turn on the air conditioner to blower speed steps

이 결과를 보았을 때 선 연구되었던 “터보 과급 디젤기관의 부하 급변경시 압축 공기 공급에 의한 매연 저감효과”와 “터보 과급 디젤엔진에서 급가속시의 압축 보조공기 공급에 의한 매연 저감”과 같이 흡기에 압축공기를 추가 공급하여 매연저감 효과를 보았는데 이보다 적극적인 방법으로 흡기 쪽에 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인과 연결하였을 때 압축 공기의 공급에 따른 흡기온도를 낮춤으로써 과급되는 공기의 밀도를 높여 연소 상태를 개선함으로써 최대출력의 증가와 최대매연배출농도의 저감효과를 본 것으로 예상된다.^{5),6),18)}

이밖에 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 통해 과급기에 공급된다면 과급기의 과열에 따른 손상을 줄일 수 있을 거라 사료된다.

IV. 결 론

디젤엔진은 높은 열효율과 우수한 연비, 성능 및 내구성 등의 장점이 있어 차량용, 건설기계용, 농기계용, 산업 발전기용등 광범위하게 이용되고 있다. 최근 환경보전에 대한 관심과 그에 따르는 각국 환경정책의 급격 변화 등으로 공해 유발 물질인 입자상물질, NO_x 등의 배출물질을 저감시켜 청정 환경을 위한 기술 개발이 지극히 요구되는 시점에 있다. 특히 연소 열효율을 저하시키지 않고 유해 배출가스를 저감시키는 방법이 많이 연구되고 있으며 특히 인터쿨러와 과급기는 흡입공기량을 극대화시켜 효율을 향상시키는 역할을 한다.

본 연구에서는 이러한 배경을 바탕으로 하절기 실제 차량이 에어컨을 이용 시 그에 따른 출력 및 매연 특성의 변화를 운행차 배출가스 정밀검사방법(Lug down 3mode)으로 실험하였다.

디젤연료를 사용하는 터보차저 인터쿨러 차량의 에어컨을 작동 시켰을 때 흡기라인에 실내의 증발기를 통과하여 차가워진 공기의 일부를 별도의 에어컨 라인을 만들어 흡기라인과 볼 밸브로 연결하여 강제로 냉풍을 주입했을 경우와 그렇지 않았을 때의 출력 및 매연 특성을 비교 분석하였다. 실험결과로부터 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 자연흡기 과급상태에서 에어컨을 켜었을 때 1단과 4단을 비교하면 평균출력은 3.7%감소하였고, 평균매연은 18.4%증가했다.
2. 자연흡기 과급상태의 흡기 라인에 에어컨의 라인을 연결하여 강제로 냉풍을 공급하여 과급했을 때 1단과 4단을 비교하면 평균출력은 3.1%증가하였고 평균매연배출농도는 8.4%감소했다.
3. 자연흡기 과급상태에서 에어컨을 켜었을 때와 에어컨의 라인을 연결하여 강제로 냉풍을 공급한 과급상태에서 에어컨을 켜었을 때의 에어컨 작동단수 4단을 서로 비교하면, 흡기온도가 최고 23℃까지 떨어지며, 최고출력은 9.6%증가하고, 최고매연배출농도는 42.8%감소하였다.

이상에서와 같이 자연흡기 과급상태의 흡기 라인에 에어컨의 라인을 연결하여 강제로 냉풍을 공급하면 과급되어 들어가는 압축공기의 질량이 증가하며 연소분위기 개선을 통해 출력은 증가하고, 매연배출농도는 감소됨을 알았다. 또한, 과급기의 과열을 방지하여 내구성 확보에 도움을 줄 것으로 사료된다.

Abstract

A Study on Characteristics of Power and Smoke by Improvement of Suction Air Line when the Air Conditioner using in Turbocharger Inter-cooler diesel engine

Hoon Pyeon

Department of Mechanical Engineering

Graduate School of Industrial

Jeju National University

Supervised by Professor Ki-Rin Kwon

In the case of turbocharger inter-cooled vehicles which uses diesel as fuel, some cooled air is manually supplied in the suction system through the evaporator and then the power (output) and smoke characteristics are analyzed.

1. If the air conditioner is turned on during normal driving, and a comparison is made between first step and fourth step, the power(output) decreases by 3.7% and smoke increases by 18.4% at the fourth step.
2. If the air conditioner is turned on when a separate line is connected to the suction air system, and a comparison is made between first step and fourth step, the power(output) increases by 3.1% and smoke reduces by 8.4%.
3. Through these two experiments in the suction air system, which works by

connecting a separate air line, the temperature of suction reduces by 23°C and the power(output) increases up to 9.6%. moreover, emission levels reduces by up to 42.8%.

it's expected that it will be helpful for durability guarantee the turbocharger, and Average of the power is increased because of being good at burning state by treated the enough air due to be raised up to the air density into intake line overly. And then raised up to the air density, it is expected that will be increasing power that was good at burning state and will decrease the smoke.

참고문헌

1. 권오영, “직접분사식 예혼합 압축착화 디젤엔진의 연소변동 및 배기 특성”, 석사학위논문, 한양대학교 대학원, 2002, pp.1~4.
2. 임옥택, 권오석, 처거, 윤상진, “흡기관내의 과급이 온도성층화를 갖는 예혼합 압축자기착화엔진에 미치는 영향에 관한 연구”, 한국자동차공학회 학술대회 논문자료집, 2008. 11, pp.926~931.
3. 윤준규, 이준석, 차경옥, “흡기유동 및 연료분사계가 과급식 디젤엔진의 성능에 미치는 영향에 관한 연구”, 한국자동차공학회 추계학술대회논문집, 1999, p.282.
4. 임옥택, 권오석, 처거, 윤상진, “흡기관내의 과급이 온도성층화를 갖는 예혼합 압축자기착화엔진에 미치는 영향에 관한 연구”, 한국자동차공학회 학술대회 논문자료집, 2008. 11, pp.926~931.
5. 정인철, 김성초, 이경환, “터보과급 디젤엔진에서 급가속시의 압축 보조공기 공급에 의한 매연 저감”, 한국자동차공학회 춘계학술대회논문집 1호, 2000. 4, pp.260~266.
6. 엄기흥, 오병진, 김문헌, 이종태, “압축공기 공급에 의한 터보과급 디젤기관의 부하 급변경시 매연저감효과”, 한국자동차공학회 추계학술대회논문집 2호, 1995. 11, pp.389~395.
7. 오세인, “운행차 배출가스 정밀검사를 이용한 바이오디젤 혼합물에 따른 출력 및 매연 특성에 관한 연구”, 석사학위논문, 국민대학교 산업기술대학원, 2006, pp.2~59.
8. 황석준, 김명윤, 김대식, 이기형, 이창식, “균일 예혼합 압축 착화 디젤 기관의 흡기 온도변화에 따른 연소 및 배기 특성에 관한 연구”, 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집 1호, 2003. 5, pp.240~246.
9. 강희영, 고대권, 안수길, 장재은, “가변 흡기시스템이 과급 디젤엔진의 체적효율 향상에 미치는 영향”, 한국자동차공학회 추계학술대회 논문집 1호, 2006.11, pp.232~238.
10. 진광석, “차대 동력계를 이용한 대형 디젤 차량의 매연 배출 특성 연구”, 석

사학위논문, 서울산업대학원 산업대학원, 2009, pp.20~40.

11. (주)자스텍, 「자동차배출가스 정밀검사시스템」, 차량동력계편, 2003, pp.20~21.

12. 송영배, 「자동차 배출가스 공학」, 송림서원, 2004, pp.387~525.

13. (주)자스텍, 「자동차배출가스 정밀검사시스템」, 광투과식 매연측정기편, 2003, pp.24~25.

14. 대기환경보전법 제63조 제7항에 의거 동법 시행규칙 제97조에 따른 운행차 배출가스 정밀검사 시행요령등에 관한규정, “운행차의 정밀검사 방법·기준 및 검사대상 무부하검사방법”

15. 대기환경보전법 제63조 제7항에 의거 동법 시행규칙 제97조에 따른 운행차 배출가스 정밀검사 시행요령등에 관한규정, “운행차의 정밀검사 방법·기준 및 검사대상 부하검사방법”

16. 환경부고시 제2010-46호에 따른 운행차 배출가스 검사 시행요령 등에 관한 규정의 [별표1]에 “운행차 배출가스 검사방법”

17. 김재휘, 「자동차디젤기관」, 골든벨, 2011, p. 426.

18. 홍성호, “고압 디젤 인젝터의 분무구조에 관한 연구”, 석사학위논문, 한양대학교 산업대학원, 2002, pp.13~41.

감사의 글

대학원에 입학에서부터 마칠 때까지 부족한 저를 이끌어 주시고 많은 가르침으로 인도해주신 권기린 교수님께 진심으로 감사드립니다. 부족하지만 저의 논문을 지도해주시고 심사해주신 허종철 교수님, 정동원 교수님께 진심으로 감사드립니다.

학업을 마칠 수 있도록 배려해주시고 용기를 주신 정순귀 이사장님과 이대곤 원장님, 늘 배려와 관심으로 지도해주신 김종수 이사님, 정원만 이사님, 김종호 부장님께 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 검사소에서 동고동락하며 바쁜 업무 중에도 연구에 필요한 시간적인 배려와 연구의 주제 및 방향등 많은 부분에서 관심과 용기를 주신 서관이 소장님, 정인철 소장님, 류제택 과장님, 박현춘 소장님과 동료 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.

바쁜 업무 중에도 실험 장치 및 실험에 도움을 주신 교통안전공단검사소 송상근 소장님, 오승원 대리, 멀리 육지에서도 많은 배려와 관심으로 응원해주신 교통안전공단 안전운전체험센터 김준년 교수님, 교통안전공단 서원준 대리, 김호경 대리, 실험 차량 제작과 실험 장치에 문제가 생기면 언제든 달려오는 전국건설기계 최정환 사장님, 풍력발전 관련 사업을 하시는 부정환 사장님께 감사의 말씀을 드립니다.

자료정리에 최선을 다해 협조해 주신 박사과정 제주폴리텍I대학 자동차과 윤영춘 교수님, 제주대학교 부설공장 고규현 공장장님, 함께 석사과정을 마치는 금호건설 박상진 차장님께 감사의 말씀을 드립니다.

여러 가지 어려운 여건 속에서도 따뜻한 사랑과 용기로 후원해주신 부모님, 장인, 장모님, 그리고 열심히 직장에서 최선을 다하고 있는 동서, 처제들, 처남, 여동생에게 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 어려운 가정 여건 속에서도 진학과 보육에 늘 따뜻한 마음으로 위로해주고 용기를 준 사랑하는 아내, 늘 아버지의 사랑을 그리워하는 사랑하는 아들 예준이에게도 감사하다는 말을 전합니다.

끝으로 물심양면으로 협조해 주신 모든 분들에게 다시 한번 감사드리며 이 작은 결실의 기쁨을 함께 나누고 싶습니다.