creative commons
COMMONS DEED

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

dCollection

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2021년 2월

박사학위 논문

자동차 배기가스 측정을 위한 매연프로브 효율 향상에 관한 연구

조선대학교 대학원

기계시스템·미래자동차공학과

채 일 석

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

자동차 배기가스 측정을 위한 매연프로브 효율 향상에 관한 연구

A Study on the Improvement of Soot Probe Efficiency for Vehicle Exhaust Gas Measurement

2021년 02월 25일

조선대학교 대학원

기계시스템 · 미래자동차공학과

채 일 석

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

자동차 배기가스 측정을 위한 매연프로브 효율 향상에 관한 연구

지도교수 : 김 재 열

이 논문을 공학박사 학위신청 논문으로 제출함

2020년 10월

조선대학교 대학원

기계시스템 · 미래자동차공학과

채 일 석

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

채일석의 박사학위 논문을 인준함

위원장 조선대학교 교 수 김 경 석

위 원 조선대학교 교 수 박 설)

위 원 조선대학교 교 수 유 관 종

위 원 송원대학교 교 수 이 경 일 (인)

위 원 조선대학교 교 수 김 재 열

2020년 12월

조선대학교 대학원

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

CONTENTS

CONTENTS ····· i
LIST OF TABLES ····· v
LIST OF FIGURES ····· vi
NOMENCLATURE ····· x
ABSTRACT ····· xi

제 1 장 서론 ····· 1
제 1 절 연구 배경 ····· 1
제 2 절 연구 목적 ····· 5

제 2 장 배출가스 관련 이론 ····· 7
제 1 절 가솔린 기관의 배출가스 ····· 7
2.1.1 가솔린 기관의 배출가스 생성 ····· 7
제 2 절 디젤 기관의 배출가스 ····· 10
2.2.1 디젤기관의 배출가스 생성 ····· 10
제 3 절 인체와 환경에 미치는 영향 ····· 13
2.3.1 일산화탄소(CO)의 영향 ····· 13
2.3.2 탄화수소(HC)의 영향 ····· 13
2.3.3 질소산화물(NOx)의 영향 ····· 13

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.3.4 이산화탄소(CO_2)의 영향 ·····14
2.3.5 오존(O_3)의 영향 ·····14
2.3.6 입자상물질(PM)의 영향 ·····15
2.3.7 아황산가스(SOx)의 영향 ·····15
제 4 절 자동차 배출가스 검사 기법 ·····16
2.4.1 자동차종합검사 기법 ·····16
2.4.2 운행자동차의 배출가스 수시검사 기법 ·····18
2.4.3 운행자동차의 배출가스 정밀검사 기법 ·····24

제 3 장 매연 측정프로브 최적 설계 ·····28
제 1 절 매연 측정프로브 모델링 ·····28
3.1.1 기존 매연 측정프로브(A) ·····28
3.1.2 1차 개선된 매연 측정프로브(B) ·····32
3.1.3 2차 개선된 매연 측정프로브(C) ·····34

제 4 장 실험장치 및 방법 ·····36
제 1절 실험장치의 구성 및 제작 ·····36
4.1.1 매연 측정 장치 ·····36
4.1.2 자동차 새시동력계 ·····39
4.1.3 실험 차량 및 사양 ·····42
4.1.4 실험장치의 제작 ·····46
제 2절 자동차 매연측정 기법 ·····49

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.2.1 Lug-down 3모드 기법 ·····49
4.2.2 KD147모드(한국형 디젤 147) 기법 ·····53
4.2.3 광투과식 무부하급가속검사 모드 기법 ·····60
제 3절 실험방법 및 조건 ·····62
4.3.1 배기관 각도 변화 조건에 따른 실험(A프로브, B프로브) ·····65
4.3.2 배기관 각도 변화 조건에 따른 실험(A프로브, B프로브, C프로브) ·····68
4.3.3 잔류매연제거 매연측정 ·····73

제 5 장 실험 결과 및 고찰 ·····75
제 1절 잔류매연제거 측정 ·····75
5.1.1 A 차량의 잔류매연제거 측정 결과 ·····75
5.1.2 B 차량의 잔류매연제거 측정 결과 ·····76
제 2절 A 차량의 매연측정 ·····77
5.2.1 프로브(A)와 프로브(B)의 매연 농도와 온도의 측정 결과 ·····77
제 3절 B 차량의 매연측정 ·····81
5.3.1 프로브(A)와 프로브(B)의 매연 농도와 온도의 측정 결과 ·····81
5.3.2 프로브(A), 프로브(B), 프로브(C)의 매연 농도와 온도의 측정 결과 ·····85
제 4절 C 차량의 매연측정 ·····89

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.4.1 프로브(A), 프로브(B), 프로브(C)의 매연 농도와 온도의 측정 결과 ····89
제 5절 광투과식 무부하급가속 측정 ····93
5.5.1 프로브(A), 프로브(B), 프로브(C)의 매연 농도의 측정 결과 ····93
5.5.2 프로브(A), 프로브(B), 프로브(C)의 흡입온도의 측정 결과 ····95
제 6절 Lug-down 3모드와 광투과식 무부하급가속의 비교 측정 결과 ····97

제 6 장 결론 ····99

REFERENCES ····101

부록 ····106
제 1절 (B) 프로브 치수도 및 해설 ····106
1.1 (B) 프로브 설계 설명 ····106
1.2 (B) 프로브 등각투영 뷰 (Isometric view) ····107
1.3 (B) 프로브 전면투영 뷰 (Font view) ····108
제 2절 (C) 프로브 치수도 및 해설 ····109
2.1 (C) 프로브 설계 설명 ····109
2.2 (C) 프로브 등각투영 뷰 (Isometric view) ····110
2.3 (C) 프로브 전면투영 뷰 (Font view) ····111

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

LIST OF TABLES

Table 1 Vehicle subject to precision inspection and validity period of precision inspection ····· 17
Table 2 Conditions of load horsepower by vehicle type and cylinder number · 26
Table 3 Specification of smoke detector ····· 38
Table 4 Specifications of the chassis dynamometer (CCD HD, ASM-P) ····· 41
Table 5 Specifications of experimental vehicle(A) ····· 43
Table 6 Specifications of experimental vehicle(B) ····· 44
Table 7 Specifications of experimental vehicle(C) ····· 45
Table 8 The conditions of load horsepower ····· 55
Table 9 Gear shift point according to time ····· 58
Table 10 Measuring conditions ····· 63

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

LIST OF FIGURES

Fig. 1 Relationship between exhaust gas and mixing ratio ····· 8
Fig. 2 Schematic of flame ionization detector ····· 21
Fig. 3 Schematic of non dispersive infra red ····· 22
Fig. 4 Schematic of chemi luminescent detector ····· 23
Fig. 5 Existing soot measurement probe(A) ····· 29
Fig. 6 Various shapes of automobile exhaust pipe ····· 30
Fig. 7 Shape of damaged smoke measurement probe(A) ····· 31
Fig. 8 Schematic of improved measuring probe(B) ····· 32
Fig. 9 Shape of improved measuring probe(B) ····· 33
Fig. 10 Schematic of improved measuring probe(C) ····· 34
Fig. 11 Shape of improved measuring probe(C) ····· 35
Fig. 12 The smoke detector using partial flow principle ····· 36
Fig. 13 Schematic of measurement principle of the smoke detector using partial flow principle ····· 37
Fig. 14 Photograph of chassis dynamometer measurement equipment ····· 40
Fig. 15 Photograph of the experimental vehicle(A) ····· 42
Fig. 16 Photograph of the experimental vehicle(B) ····· 43
Fig. 17 Photograph of the experimental vehicle(C) ····· 44
Fig. 18 Exhaust pipe manufactured for experiment ····· 47
Fig. 19 Configuration of equipments ····· 48
Fig. 20 Running graph of Lug-Down 3 mode ····· 52
Fig. 21 Permission error at upper speed ····· 57
Fig. 22 Permission error at lower speed ····· 57
Fig. 23 Installation of a soot measuring probe on an experimental vehicle ··· 64
Fig. 24 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 0 degree exhaust angle ····· 65
Fig. 25 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(B) at 30 degree exhaust angle ····· 66
Fig. 26 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 45 degree exhaust angle ····· 66
Fig. 27 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 70 degree exhaust angle ····· 67
Fig. 28 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 90 degree exhaust angle ····· 67
Fig. 29 Improved smoke measurement probe(C) with variable type ····· 68
Fig. 30 The insertion of a variable probe(C) into an exhaust pipe ····· 69
Fig. 31 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) at 70 degree position ····· 70
Fig. 32 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(B) at 70 degree position ····· 70
Fig. 33 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(C) at 70 degree position ····· 71
Fig. 34 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) at 90 degree position ····· 71
Fig. 35 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(B) at 90 degree position ····· 72
Fig. 36 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(C) at 90 degree position ····· 72
Fig. 37 The configuration of the exhaust system on the vehicle ····· 74
Fig. 38 The change of soot concentration according to the number of removal for residual soot removal from (A) vehicle ····· 75
Fig. 39 The change of soot concentration according to the number of removal for residual soot removal from (B) vehicle ····· 76
Fig. 40 The change of soot concentration according to angle change at 1 mode ····· 77
Fig. 41 The change of soot concentration according to angle change

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

at 2 mode ····· 78
Fig. 42 The change of soot concentration according to angle change at 3 mode ····· 78
Fig. 43 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 1 mode ····· 79
Fig. 44 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 2 mode ····· 80
Fig. 45 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 3 mode ····· 80
Fig. 46 The change of soot concentration according to angle change at 1 mode ····· 81
Fig. 47 The change of soot concentration according to angle change at 2 mode ····· 82
Fig. 48 The change of soot concentration according to angle change at 3 mode ····· 82
Fig. 49 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 1 mode ····· 83
Fig. 50 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 2 mode ····· 84
Fig. 51 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 3 mode ····· 84
Fig. 52 Soot concentration changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees ····· 85
Fig. 53 Soot concentration changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees ····· 86
Fig. 54 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees ····· 87
Fig. 55 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees ····· 88

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 56 Soot concentration changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees ····· 89
Fig. 57 Soot concentration changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees ····· 90
Fig. 58 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees ····· 91
Fig. 59 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees ····· 92
Fig. 60 Soot concentration changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees ····· 94
Fig. 61 Soot concentration changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees ····· 94
Fig. 62 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees ····· 95
Fig. 63 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees ····· 96
Fig. 64 Curve fitting result between lug-down 3mode and free acceleration test mode from the probe(C) at 90 degrees ····· 98
Fig. 65 (B) Probe isometric view ····· 107
Fig. 66 (B) Probe front projection view ····· 108
Fig. 67 (C) Probe isometric view ····· 110
Fig. 68 (C) Probe front projection view ····· 111

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

NOMENCLATURE

a	Accleration
A_v	Coefficient of driving resistance구동저항계수 (N)
B_v	Coefficient of mechanical friction resistance
C_v	Coefficient of air force resistance ($N \cdot s^2/m$)
F	Inertia simulation ($kg \cdot m/s^2$)
f_a	Atmospheric coefficient
f_m	Coefficient of air-fuel ratio (1.2)
K	Correction value of standard condition
M_C	Equivalent test inertia weight (kg)
M_D	Base inertia weight (kg)
M_E	Electrical simulation weight (kg)
P_c	Corrected engine output
P_e	Measured engine output
P_s	Ambient pressure (kPa)
RW	Base weight of vehicle (kg)
T	Ambient temperature (K)
TRLHP	Track Road Load Horse Power
V_v	Velocity of a vehicle (m/s)
W_v	Weight of a vehicle (kg)
W_l	Weight of a vehicle with loadage (kg)
W_n	Weight of a fixed number of people on a vehicle (kg)
W_t	Total weight of a vehicle with loadage (kg)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

ABSTRACT

A Study on the Improvement of Soot Probe Efficiency for Vehicle Exhaust Gas Measurement

Il-Seok Chae
Advisor : Prof. Jae-Yeol Kim Ph. D.
Department of Mechanical System
& Automotive Engineering,
Graduate School of Chosun University

Today, there are more than one car per household, and it has become an indispensable necessity for our lives. However, the exhausted emissions from burning on fossil-fueled vehicles have polluted the atmosphere and caused many environmental problems. Also, it has an adverse effect on the human body. Therefore, various countries are increasingly interested in the pollution of the environmental caused by exhaust gases from automobile, and they are forcing regulations to be strengthen in exhaust gas. In south korea, vehicle are inspections systems are regularly carried out by the state to ensure the emission status and safety of vehicles, thereby improving the quality and safety of life by reducing greenhouse gases and fine dust that are the main culprits of air pollution and vehicle defects. And, the vehicle inspection broadly consists of regular and total checks, and both the safety level and the amount of exhaust gas are checked simultaneously during a vehicle inspection.

In this study, the probes were designed in order to improve the performance of soot probe efficiency for emission measurement of a vehicle. And, these study analyzed the smoke measuring probes used in the lug-down

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3 mode and the free acceleration mode method at no load condition.

First, this study deals with the efficiency of a soot probe to measure soot emissions from diesel vehicles. When the vehicle exhaust gas measurement is performed, there may be a difference between the exhaust gas temperature and the soot suction amount because of the different shape and angle of the exhaust port for each vehicle type. As the results, I could see that the difference in the value of the soot concentration measured by the shape of the exhaust pipe of the vehicle was indicated by the shape and insertion location of the soot measuring probe. And, I could see that the larger the angle of the exhaust pipe shape, the greater the difference between the soot concentration and temperature of the exhaust gases. The improved probe(B) showed the characteristics of temperature being measured lower than the existing probe(A) at 45° and 70° conditions, but the difference in the soot concentration of exhaust gases could be found to be almost constant.

Second, The soot measurements changed depending on the insertion position and shape of the vehicle soot-measuring probe. The larger the exhaust pipe shape and angle, the more inclined to the wall the center hole of the soot-measuring probe became, which decreased the suction efficiency. When the soot-measuring probe hole was closer to the center of the exhaust pipe, the soot measurements showed fewer variations and higher accuracy even if the exhaust pipe angle was changed. Even when the inlet was not secured, the probe hole of the improved probe(C) was located near the center of the exhaust pipe. Consequently, probe(C) showed improvements in the soot concentration of approximately 89% and 25% relative to the mean soot concentration for the three modes of probe(A) and probe(B), respectively. The temperature of probe(C) showed improvements of approximately 193% and 56% relative to the mean temperature of the three modes of probe (A) and (B), respectively, in the 70° condition and improvements of approximately 140% and 18%, respectively, in the 90° condition. The results of this study

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

verified the possibility of improving the inspection efficiency and lowering CO_2 emissions in the transportation area when the improved probe(C) is applied to regular and general inspections.

As the results, probe(C) involves a structure designed close to the center of the circumference of the exhaust pipe, and the suction efficiency was improved by adding a variable center unit. The improved (C)probe can enhance the effectiveness of the inspection when applied to regular and total checks inspections, and the possibility of contributing to the reduction of carbon dioxide emissions generated in the transportation sector has been confirmed.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 1장 서 론

제 1절 연구 배경

최근 기후변화에 영향으로 각종 연소시설 및 화석연료 기관의 대기환경 배출 규제가 날로 강화되고 있으며, 특히 내연기관에서 화석연료 연소 시 배출되는 배기가스에 대한 규제는 특히 전 세계적으로 강화되고 있는 실정이다[1]. 이러한 배기가스는 산업용 연소시설, 발전시설 등이 많은 비중을 차지하였지만 현재는 산업화로 자동차의 보급이 급속도로 늘어나 대기오염의 주범이 되고 있다. 특히 이들 자동차 기관 중 디젤기관에서 발생하는 흑연 및 입자상물질, 질소산화물은 신체 각부의 천식, 폐렴, 폐암, 광화학 스모그 및 온실가스를 증가시키며, 인류 및 동물, 식물에 심각한 문제를 발생시키고 있다. 이처럼 온실가스 증가에 따른 평균기온 상승으로 인한 엘리뇨 현상은 많은 인명과 재산상의 피해를 입히고 있는 실정이다[2~10]. 이러한 온실가스를 줄이기 위해 EU를 중심으로 각 회원국들은 교토의정서 협약에 따라 할당된 이산화탄소 감축을 위해 많은 노력을 하고 있다.

온실가스의 주범인 이산화탄소는 전체 온실기체 배출량의 77%을 차지하고 있으며, 이들 각각의 배출량은 화석연료 사용이 57%, 산림 벌목 및 벌채, 토탄지 감소 등이 17%를 차지하고 있으며, 기타원인이 3%를 차지한다고 알려져 있다. 특히 물건을 생산하는 제조업이나 전기를 만드는 발전소에서 사용하는 석유와 석탄 그리고 비행기 및 자동차, 냉난방 연료로 쓰이는 천연가스 및 석유, 석탄 같은 화석연료의 사용이 계속적으로 늘어나고 있어 대기 중에 이산화탄소 배출량 또한 급속히 증가하고 있어 지구의 평균기온은 계속 상승하고 있다. 또한 살림벌채와 산업화로 열대우림 및 산림이 빠른 속도로 파괴되어 면적이 감소하고 있으며 이로 인한 이산화탄소 흡수원 또한 급속히 줄어 지구온난화가 더욱 가속화 되고 있는 실정이다. 이처럼 빠른 속도로 증가하는 온실가스로 인한 해수면 상승은 극지방 및 만년설의 빙하의 해빙으로 해수면이 빠른 속도로 상승하고 있어 태평양 여러 섬나라들이 수몰위기에 놓여 있어 생존의 위협을 받고 있으며, 자연재해 또한 날로 증가하고 태풍 및 홍수 등 그 세력이 날로 강해져 재산피해액도 천문학적인 금액으로 증가하고 있다. 우리나라 또한 한해에 영향을 주는 태풍의 숫자가 계속 증가하고 있으며, 특히 엘리뇨 현상에 따른 이상기후 현상이 초여

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

름과, 늦가을에까지 영향을 주어 그 주기가 짧아지고 있다.

이러한 온실가스를 줄이기 위해서 각국 정상들은 1992년 브라질 리우데자네이루에서 지구온난화 방지를 규제하기 위한 '유엔기후변화협약(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)'을 채택하였으며, 1997년에 교토에서는 '교토의정서(Kyoto Protocol)'가 만들어졌으며, 이는 국가 간 이행 협약이다. 각국은 교토의정서에서의 협약안을 이행하기 위해 2008년부터 2012년까지 온실가스 방출량을 1990년 대비 평균 5.2% 줄여야 한다.

우리나라 또한 온실가스 배출물을 줄이기 위해 2020년의 배출 전망치 기준을 2009년 대비 30% 감축한다는 중기 감축 목표를 발표하였으며, 온실가스 감축목표 이행을 위하여 저탄소 녹색성장기본법이 제정되어 관리하고 있다. 또한 온실기체 배출권 거래제를 도입하여 2015년 1월 12일부터 시행예정이었으나 연기되었다.[11].

현재 산업 전반이나 개인이 많이 사용하는 수송 분야는 우리나라 온실가스 총배출량의 12%를 이상을 차지하는 것으로 알려져 있으며, 정부에서는 2030년도에 배출되는 온실가스 전망치를 1.05억 톤으로 정하고 전망치 대비 29.3%인 0.3억 톤을 감축할 계획을 세우고 있다. 구체적인 감축 계획은 친환경차 보급과 대중교통 운영 확대 및 소형자동차 온실가스 규제 등이 제시되었다. 하지만 이러한 계획만으로는 온실가스 배출 감축 전망치 목표를 달성하기 어려운 실정이다. 그래서 현 정부는 중량자동차에서 발생하는 온실가스 감축을 계획하고 있다. 소형 자동차에 비해 중량자동차의 온실가스 규제가 늦어진 까닭은 운수 업계에 종사하는 사람이 많아 생계와 직결되어 있으며, 운수업은 국가 물류 산업의 근간으로 경제 전반에 미치는 파급력이 크다는 점 때문이다. 중량자동차는 국내에 등록된 전체 자동차 수의 5%이하로 수송부문에서 차지하는 비중은 높지 않은 편이다. 하지만 중대형자동차에서 생성하는 온실가스 배출량은 수송부문 온실가스 배출량의 25% 이상을 차지하고 있으며, 이는 자동차 등록대수에 비해 높은 비율을 차지하고 있다. 그 원인을 살펴보면 대형자동차는 엔진의 배기량이 높아 연비가 낮으면서 사업 및 운수업에 폭넓게 활용되고 자가용 대비 배기량이 높고 주행거리 또한 길고 주행시간이 많아 소형차 대비 온실가스를 많이 배출한다. 매년 한국교통안전공단에서 제공한 자동차 주행거리 통계에 의하면, 사업 및 운수업에 활용되고 있는 사업용 대형승합자동차의 2016년 일평균 주행거리는 230km였으며, 이는 자가용 승용자동차 일평균 주행거리인 36km의 6배가 넘는다고 보고한 바 있다. 대형자동차의 높은 경제 활용도가 온실가스 배출량을 복합적으로 높이는 작용을 한 결과이다. 이처럼 대형자동차의 온실가스 배출량은 수송부문에서 무시할 수 없을 만큼 큰 비율을 차지하

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

고 있다. 미국은 2014년, 일본은 2015년 각각 대형자동차의 온실가스 배출량규제를 도입하였으며, EU 또한 2019년부터 대형자동차에서 발생 배출되는 온실가스 정밀 모니터링 제도를 시작하여 온실가스 배출량 관리에 착수하였다[12].

위와 같은 운행자동차에서 발생하는 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 제도로 운행자동차 검사제도가 수송 분야에 시행되고 있다. 자동차 검사는 크게 종합검사와 정기검사로 구분되며, 배출가스 검사와 안전도 검사를 동시에 시행하고 있다. 2010년 한국교통안전공단에서 자동차배출가스검사 실효성에 대한 연구를 (사)한국자동차안전학회와 공동 연구하였다. 그 대상은 휘발유, LPG, 알코올을 사용하는 자동차를 대상으로 6개월간 연구하였다. 그 결과 한해에 배출가스 오염물질을 3만 5천톤을 저감할 수 있으며, 운행자동차 정기검사부분에서 배출가스 기준을 초과해 부적합판정을 받은 자동차 한대가 정비 수리 후 환경개선에 미치는 편익은 375만원으로 확인되었었다. 또한 이 한대의 부적합차량에서 배출되는 이산화탄소를 정화하기위해서는 20년 된 잣나무 77그루가 필요하다고 하였다. 이처럼 운행자동차의 자동차검사제도는 이산화탄소 저감 효과가 크다는 것을 알 수 있다[13].

이렇듯 디젤 및 가솔린 등 내연기관을 사용하는 자동차에 사용되는 화석연료는 유해배출가스가 많이 배출되며, 인체에 유해하다는 건 여러 학술연구 및 언론보도로 누구나 인지하고 있으며 새로운 기술 개발과 친환경 자동차의 개발이 많이 이뤄지고 있다. 특히 디젤사용 자동차에서 배출되는 pm과 미세먼지의 주범인 NOx를 저감시키기 위한 한 방법인 운행자동차 검사제도 또한 개선 및 연구가 활발히 진행 적용되고 있다[14].

위와 같은 자동차에서 발생하는 온실가스 감축 목표를 달성하기 위한 수송 분야의 운행자동차 검사제도에 관한 국내 연구를 살펴보면, Eom[15]는 여지반사식을 이용한 매연측정기와는 다르게 시료를 채취하는 흡입펌프를 사용하지 않는 광투과식 매연측정기는 배출구의 유량이 변화하면 매연측정기내의 샘플링되는 유량이 변화하여 결과적으로 매연측정농도 값이 변화할 것으로 예측하였으며, 자동차 검사시 디젤사용자동차의 매연농도를 측정하는 과정에서 사용되는 매연프로브 채취부의 부적절한 사용이 검사모드별 매연측정농도에 미치는 영향을 연구하여 무부하급가속모드와 Lug-down 3mode(회전수 제어방식)에 비해 KD-147 mode에서는 매연프로브 채취부를 부적절하게 사용 및 비정상적으로 사용할 경우 매연측정 농도에 상당한 영향을 주는 것을 연구하였다.

Jin, Lee[16]은 Chassis Dynamo를 이용한 대형 디젤사용자동차의 매연 배출 특성을 연구하여 기존에 사용되는 여지반사식 매연측정법에서 엔진의 최고 회전수에 대한 규제치가 없어 측정하는 사람의 의도 및 숙련도, 매연측정기에서 시료를 채취하는 시점

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

에 따라 매연측정 값의 변화가 컸으며, 엔진의 최고회전수가 아닌 조건에서도 매연측정이 가능하여 매연이 최대로 배출되는 구간이 아닌 다른 조건에서도 측정이 가능하여 매연측정의 변별력이 떨어졌다. 그 이후 2002년 5월부터 시행된 운행자동차 배출가스 정밀검사에서는 이 점을 보안하여 광투과식에 의한 매연측정법으로 검사를 실시하여, 광투과식을 사용한 무부하급가속검사와 부하검사의 동향을 분석하고자 대형 승합, 대형 화물, 대형특수 차량 200대를 가지고 2006년부터 2007년도까지의 무부하급가속에 의한 검사결과 동향과 같은 차량의 2007년부터 2008년까지의 부하검사에 의한 검사결과 동향을 분석하여 두 검사 방법 중 실제 도로 주행상태가 잘 반영되어 대기오염 저감 효과가 더 큰 방법을 파악하고자 연구하였다.

Kim, Lee[17]은 다수의 소형디젤 차량에 대해 Chassis Dynamo에서는 Lug-down 3mode (회전수 제어방식)에 의한 광투과식방법으로 매연을 측정하고 같은 차량에 대해 무부하급가속방법으로 여지반사식측정기로 매연을 측정함으로써 두 매연 측정법의 비교 연구를 수행한 바가 있으며, Kim, Park[18]은 Chassis Dynamo에서 두 매연 측정기간의 상관관계를 구하는 연구를 수행하였다.

Rho[19]는 대형자동차 부하검사 시범 연구를 통해 국내에서 운행되는 자동차 등록대수 및 검사 대상 추이와 대기오염 물질 현황을 파악하여 우리나라 운행자동차 관리 제도를 살펴보았고, 출장방문 및 인터넷 검색 등에 의해 외국의 중 대형 디젤자동차 부하검사 제도를 조사하였으며, 외국 사례를 토대로 부하검사방법 선정시험 및 부하검사방법과 무부하검사방법 상호 간의 매연 배출 비교시험과 검사장비 성능시험 등을 실시하였다. 이러한 시험결과에 대해 비교 분석을 통해서 중 대형 디젤자동차 부하검사 적용에 필요한 부하검사방법 및 기준, 절차, 매연 배출허용기준과 검사장비 형식승인 및 정도검사 기준 및 방법 등을 도출하여 제시하였다.

Jung, Yeo[20]은 대형 디젤자동차 배출가스 검사방법 개선을 통해 유로3 이후 터보차저 및 전자제어식 엔진에서 최고 출력구간 이외의 실제 운행 영역에서 과다매연이 발생하는 특성이 확인되고 있어 실제 운행조건이 반영된 검사방법으로의 개선이 필요하고 가속페달을 임의 조작하여 합격시키는 등 여러 가지 문제가 대두되어 2010년 7월부터 엔진정격회전수방식인 Lug-down 3mode (회전수 제어방식)를 KD-147 mode로 개선하여 위와 같은 문제를 최소화하여 새로운 검사방법을 도출하고자 하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2절 연구 목적

현재 수송 분야는 온실가스 배출량의 많은 부분을 차지하는 것으로 알려져 있어 정부와 자동차 제작사에서는 2030년을 기점으로 온실가스 배출 전망치를 현행대비 약 30% 내외의 감축 목표를 세우고 있다. 구체적인 감축 방안으로 친환경차 보급, 대중교통 운영 확대, 소형자동차 온실가스 규제 등이 제시되고 있다. 하지만 위와 같은 대안으로는 목표한 전망치를 달성하기 어려운 현실이다. 그래서 정부는 중 대형자동차에서 배출되는 온실가스 배출량 규제 목표를 설정하여 온실가스 감축을 계획하고 있다. Eom의 연구처럼 검사시 디젤사용자동차의 배기가스인 매연 농도를 측정하는 과정에서 사용되는 매연프로브의 부적절한 사용이 무부하급가속모드와 Lug-down 3mode (회전수 제어방식)에 비해 KD-147 mode에서 배기관 내에 매연 프로브를 부적절하게 사용하거나 비정상적으로 삽입될 경우 매연측정값에 영향을 줄 수 있다고 하였다.

현재 자동차 정기검사 및 종합검사에서는 디젤엔진 및 디젤엔진에 가스연료를 섞어서 사용하는 엔진의 자동차 매연 측정에 KD-147 mode, Lug-down 3mode (회전수 제어방식), 무부하급가속 검사 기법을 적용하여 수행한다[21],[22]. 이러한 디젤엔진사용 자동차에 시행되는 검사기법 중 Lug-down 3mode (회전수 제어방식) 부하검사기법은 Chassis Dynamo에서 가속페달을 최대로 밟는 등 고 부하조건에서 고속회전상태에서 검사모드가 시행됨에 따라 매연의 과다배출차량을 선별하는데 효과적이라고 알려져 있다[23].

또한 도로주행 패턴이 반영되지 않은 무부하급가속 검사에 비하여 3모드로 매연을 측정하기 때문에 무부하급가속 검사의 단점을 어느 정도 보완하였으며, 엔진의 출력과 회전수를 감안하지 않는 무부하급가속 검사에서는 인위적으로 가속페달을 끝까지 밟지 않거나 엔진에 공급되는 연료량을 줄여 부적합하게 매연을 측정하는 것을 예방할 수 있다. 또 다른 부하검사방법인 KD-147 mode는 승용차, 승합차, 중소형화물차에 적용하고 있으며 Lug-down 3mode의 문제점을 보완하였으며 D-147 mode를 한국형 KD-147 mode로 개발해 도로주행 패턴을 반영하였고, Lug-down 3mode에서의 과부하로 인한 차량파손 및 소음 및 분진의 유발을 어느 정도 보완하였다. 하지만 Lug-down 3mode (회전수 제어방식), KD-147 mode 등의 부하검사기법 및 무부하급가속 검사기법으로 디젤엔진사용 자동차 매연을 측정할 때 차종마다 각기 다른 구조의 배기관 형상과 용도에 따라 튜닝 검사 후 배기관 구조와 각도가 불규칙적으로 제작적

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

용 되고 있다. 이러한 배기관의 불규칙한 각도는 매연 측정프로브의 부정확한 삽입을 유발할 수 있으며, 이는 매연측정 시 배기관 각도에 따른 영향으로 배기가스 매연흡입량과 흡입온도의 차이가 일부 검사모드 조건에서 발생할 수 있어 정확한 매연 측정을 할 수 없다. 이러한 부정확한 매연측정은 검사시 정확한 부적합 차량이 선별되지 않는 문제점이 있어 자동차검사제도의 실효성의 문제가 제기될 수 있다.

따라서 본 연구는 매연프로브의 효율 향상에 관한 것으로 기존의 매연프로브에서 배기관 구조와 각도가 불규칙적으로 제작적용 된 자동차에서 발생할 수 있는 매연흡입 개선연구로 배기관 형상의 각도가 불규칙한 조건 및 45도, 70도, 90도 조건에서 매연 측정 효율이 떨어질 수 있는 현상의 문제를 개선하는 방향으로, 두 가지 형태로 매연 측정 프로브의 형상을 개선하여 흡입효율과 매연 측정프로브 및 리브의 내구성을 향상시켜 매연측정 효율을 높이는 방향으로 진행하였다. 아울러 검사시 정확한 매연부적합 차량이 선별되지 않아 자동차검사제도의 실효성에 문제가 제기될 수 있는 문제를 개선하여 검사제도의 실효성을 높이고 디젤엔진 자동차의 매연 측정시 보다 정확한 배출량을 측정하여 부적합 차량을 정확히 판별하기 위한 방안으로 연구하였으며 그 효과가 있음을 증명하고자 한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2장 배출가스 관련 이론

제 1 절 가솔린 기관 배출가스

2.1.1 가솔린 기관의 배출가스 생성

가솔린사용 내연기관에서 배출되는 유해가스는 주로 CO, HC, NOx 및 PM이 소량 발생한다. 그 발생과정은 기관에 공급되는 혼합기의 연소 효율이 가장 높은 이론 혼합비 14.7:1를 기준으로 하여 희박한 경제 혼합비인 16:1 및 농후한 최대 출력 혼합비인 12.5:1의 범위에서 주로 배출된다.

이처럼 혼합비는 엔진의 성능면에서 가장 이상적이나 기관의 운행조건과 차량상태, 부하율 및 혼합기의 농도, 연료의 품질 등 여러 요인에 따라 그 연소 속도에 큰 차이가 있어 이론혼합비인 14.7:1로 제어하는데 한계가 있다. 이러한 연소 속도의 차이는 내연기관에서 유해물질 생성의 주된 원인이 되며, 그 특성은 아래와 같다.

배기가스와 혼합비에 따른 유해가스의 발생량 사이에는 1) 농후한(rich) 혼합기에서는 NOx는 감소하나 CO, HC가 증가하고, 2) 희박한(lean) 혼합기 16:1에서는 CO와 HC는 감소하나 NOx는 증가하며, 3) 더욱 희박한 혼합기 17:1 이상에서는 NOx와 CO는 감소하나 HC는 증가 하는 특성을 보인다.

Fig. 1은 혼합비와 배기가스에 함유된 유해가스의 발생량과의 사이의 상관관계를 그래프로 나타내었다[14].

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

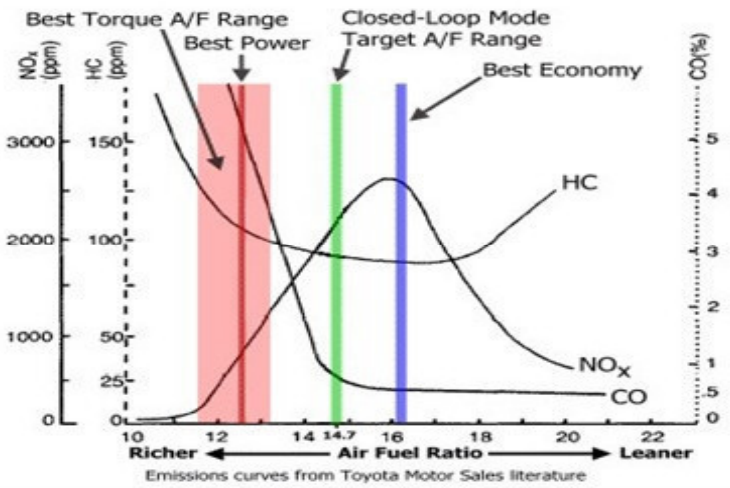


Fig. 1 Relationship between mixing ratio and exhaust gas

2.1.1.1 일산화탄소(CO)

일산화타소(CO)는 대표적인 중독가스이며, 이론공연비 보다 희박할 때 (공기과잉률이 1과 같거나 클 때)에 생성되지 않고 농후할 때 불완전 연소에 의해 대부분 생성된다. 일산화탄소의 생성 원인은 공연비에 의해서만 정해지는 것으로 생각해도 무방하며, 공기과잉률이 1보다 같거나 클 때도 약간은 배출되는 특성을 보인다. 그 이유는 국부적으로 공기과잉률이 1보다 큰 부분에 농후 혼합기가 존재하거나 배기행정 중 불완전 연소하여 발생하기 때문이다.

2.1.1.2 탄화수소(HC)

탄화수소(HC)는 미연소의 연료성분이 주성분이다. 탄화수소 생성은 기관의 공연비와는 연관성이 떨어지는 특성이 있으며, 어떤 운전조건에서도 배출되는 연소생성물이다. 탄화수소의 생성은 연소실 내의 혼합기가 불완전 연소하거나 완전연소하는 경우에도 배출되는 특성을 보인다. 불완전 연소에 의해 탄화수소가 배출될 경우는 기관이 가

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

속상태에서 잔류가스가 많아지는 경우에 발생하고, 희박 공연비인 경우에는 실화 및 부분연소가 생길 때 발생한다. 또한 완전 연소인데도 탄화수소가 배출되는 경우는 연소실 벽면가까이에 있는 소염층에 잔류하고 있는 혼합기가 연소되지 못하고 배출되는 것과 피스톤 톱 랜드의 틈새, 피스톤의 가장 상부에 있는 톱링 둘레의 틈새 등에 미연 혼합기가 존재하여 배기행정에 배출되어 생성된다.

2.1.1.3 질소산화물(NOx)

기관의 연소실에서 생성되는 질소산화물 중에는 대부분은 일산화질소(NO)이다. 일산화질소는 연소에 의해 연소실의 상태가 고온 고압일 때, N2와 O2가 반응하여 생성된다. NOx는 N2와 O2의 화합물로 연소과정 중 혼합기속 N2가 고온에서 산화하여 발생한다. 보통 7종류를 말하며 NO와 NO2가 공해문제로 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 디젤 기관 배출가스

2.2.1 디젤기관의 배출가스 생성

디젤기관은 고온 고압의 공기에 연료를 분사하고 자기착화와 확산연소를 한다. 디젤기관의 규제대상 오염물질의 주발생원인은 실린더 내에서 연소 후 배출되는 배기가스와 피스톤링과 실린더 벽의 틈새를 통해 크랭크 케이스 내로 내려오는 블로바이가스가 있다. 디젤기관은 공기과잉상태에서 연소가 이루어지며 배출가스 성분은 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 일산화탄소(CO), 질소(N2), 이산화탄소(CO2), 물(H2O), 입자상물질(PM)이다. 이 중 규제되고 있는 것은 HC, NOx, CO, PM이다.

2.2.1.1 질소산화물(NOx)의 발생

질소산화물은 연소 시 연소실 내부의 온도가 고온이고, 산소가 충분하고 반응시간도 길어 공기속의 N_2와 O_2가 결합하여 생성된다. 발생량은 대부분은 일산화질소(NO)이고, 이산화질소(NO_2)가 일부 발생한다. 이를 총칭하여 질소산화물(NOx)이라 한다. 공연비가 커지면 NO의 발생량은 연소 가스의 온도 상승으로 급증하고 이때 연료를 증가시키면 국부적으로 산소 농도가 줄어 NO의 발생은 줄어드는 특성이 있다. 또한, NO의 생성은 대부분 연소과정 중이나 연소 직후에 발생하며, 생성 화학반응은 다음 식(2.1)과 같다.

$$\begin{aligned} O + N_2 &\rightarrow NO + N \\ N + O_2 &\rightarrow NO + O \\ N + OH &\rightarrow NO + H \end{aligned} \qquad (2.1)$$

식(2.1)에서 생성된 NO는 수증기와 산소와 화학반응을 통하여 식 (2.2)와 같이 질소산화물이 생성되게 된다.

$$\begin{aligned} NO + H_2O &\rightarrow NO_2 + H_2 \\ NO + O_2 &\rightarrow NO_2 + O \end{aligned} \qquad (2.2)$$

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

식(2.2)에서 생성된 질소산화물은 공기 중으로 배출이 되면, 식(2.3)과 같이 태양에너지 중 자외선(UV)과 광화학반응이 일어나게 된다. 이는 광학스모그의 원인이 되어 환경오염의 문제가 된다.

$$NO_2 + UV \rightarrow NO + O + Smog \tag{2.3}$$

2.2.1.2 일산화탄소(CO)의 발생

일산화탄소는 연소과정 중 공기부족 시 불완전연소에 의해 생성되는데 디젤기관은 공기과잉상태로 운전되는 조건으로 발생량이 적어 크게 문제가 되지 않는다.

2.2.1.3 탄화수소(HC)의 발생

배기가스 중의 탄화수소(HC)는 미연소 또는 일부 연소된 탄화수소를 총칭한다. 기관의 연소에 필요한 충분한공기가 공급되어도 탄화수소는 배출되며, 그 원인은 다음과 같다.

첫째로 소염층에 의한 불완전 연소로 연소실로 분사된 연료가 농후혼합기 상태로 저온 벽에 접촉되어 그 부분으로 화염이 전달되어도 화염이 벽에 닿아 소염되는 현상으로 연료입자와 산소가 반응을 못해 미연상태로 남아 발생한다. 공기과잉상태이더라도 완전연소는 일어나지 않는다.

둘째로 국부적인 농후혼합기의 불완전 연소로 국부적으로 공연비가 농후한 경우 탄화수소 대비 산소량이 부족하여 불완전산화로 HC가 발생한다. 시동 시나 냉간 시, 가속 시에 공연비를 농후하게 제어하므로 발생량이 증가한다. 마지막으로 분무의 무화상태 불량과 분사노즐의 후적에 의한 발생으로 분무의 무화상태 불량으로 국부적인 혼합기가 농후하게 되어 발생량이 증가한다. 노즐에서 분사가 완료 후 분사파이프에서 발생한 압력파와 노즐의 리들 밸브 섹터부에서 누출되는 연료에 의한 후적으로 인해 발생한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.2.1.4 입자상물질의 발생

입자상물질에는 공기의 부족으로 인해 흑연(검댕)이 발생된다. 이러한 흑연의 생성은 연료입자가 분해되어 공기분자와 탈수소 반응을(불완전연소) 하고 핵을 생성 후 미립자가 생성되고 더욱 응집되어 흑연(검댕)이 생성된다. 주로 예혼합연소기인 1기 연소에서는 발생량이 적고 확산연소기간인 2기 연소와 후연소기간에 다량 발생하게 된다. 또한, 미연의 연료나 윤활유 등에 포함된 유황이 연소 중 유황성분이 산화하여 생긴 미스트(mist)등의 복합체를 황화합물이라 한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3절 인체와 환경에 미치는 영향

2.3.1 일산화탄소(CO)의 영향

CO는 자동차 유해 물질 중 발생량이 가장 많다. 무색, 무미, 무취, 가스로 점막이나 피부에 대한 자극이 적고 감지가 어려우며 물에 잘 녹지 않는다. CO는 배기가스 중에서 가장 유해하다. CO는 호흡에 의해 몸으로 들어가면 혈액속의 헤모글로빈과 결합하는데 이는 산소의 결합력보다 일산화탄소의 결합력이 강하기 때문이다. 또한 산소의 운반작용을 저해시킨다. CO와 헤모글로빈 결합이 20% 정도면 현기증, 두통 등 중독현상을 일으키며, 60%이상이면 사망할 수 도 있다.

2.3.2 탄화수소(HC)의 영향

HC가 유해물질이 되는 것은 질소산화물과 더블어 대기 중에 광화학반응을 일으켜 스모그 현상을 일으키기 때문이다. 인체에는 수백ppm정도가 되어야 영향을 주지만 식물에는 큰 피해를 준다. 인체의 시계를 악화하고 점막을 자극하거나 미각의 기능을 저하시킨다. 광화학 반응을 일으켜 알데히드, 오존 등의 산화성 물질을 만든다. 이러한 스모그는 목을 자극하고 식물에 피해를 준다.

2.3.3 질소산화물(NOx)의 영향

NOx는 눈에 자극이 없다는 것을 제외하고는 기관지에 염증반응이나 폐에 폐염, 폐기종, 폐암 등을 유발시키는 원인으로 작용한다. NOx 중에서 가장 해로운 것인 NO_2는 NO의 다섯배 이상으로 인체내 호흡기에 나쁜 영향을 미친다. 또한 HC와 반응하여 광화학반응(광화학스모그)을 일으킨다. 광화학스모그는 NO_2가 태양에너지에 의해서 활성의 NO와 O로 분해하여 O_2를 산화하여 O_3로 되기도 하고 HC와 보합하여 알데히드, PAN, NO_3, O_3 등의 산화제(oxidant)를 포함한 스모그를 만든다. 이 중 산화제(oxidant)는 NOx와 HC가 태양 빛 자외선과 반응하여 생성되는 강한산성 물질이다. 대기 속의 습기와 아황산가스가 반응하여 생기며, 아황산을 산화시켜 황산을 만들기 때

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

문에 황산미스트 및 광화학스모그의 원인이 된다, 또한 PAN(peroxyacetyl nitrate)은 질산과산화아세틸의 약칭으로 스모그의 광화학반응에서 발생하는 산화물의 일종으로 화석연료 연소시설의 배기가스 및 내연기관 자동차의 배기가스로부터 HC, O_3, 산화질소 등과 자외선이 강한 기상조건에서 광화학반응을 일으킨다. 이러한 반응 물질인 PAN은 산화력이 강하고 인체의 시아를 담당하는 눈을 자극하거나 식물에 큰 피해를 준다.

2.3.4 이산화탄소(CO_2)의 영향

CO_2는 지구온난화(green house effect)의 주원인으로 알려져 문제시 되고 있으며, 주요 물질로는 CO_2(50%), CH_4(19%), CFC(17%), O_3(8%), N_2(6%) 등이 있다. 현재로서는 CO_2 가스 자체를 연소나 후처리 기술의 미비로 저감할 수 있는 방안은 아주 미약하며, 연소를 적게 함으로서 CO_2의 발생량을 줄이는 것이 가장 현실적인 방법이다. CO_2 배출 측면에서는 가솔린 엔진보다 디젤엔진이 70~80% 정도 유리하다.

2.3.5 오존(O_3)의 영향

오존은 산소의 동소체이다. 오존(ozone)이라는 이름은 특유한 냄새가 있어 그리스어(냄새나다)에서 유래했다. 대기 중에 뇌우와 광화학반응으로 생긴 오존이 0.02 ppm 정도 포함되어 있으며, 특히 자외선이 풍부한 해안, 고산, 산림 등의 공기 중에 많다. 자동차에 다는 오존발생기에서 알 수 있듯이 오존은 탈취제나 공기 정화제구실도 한다. 문제는 그것이 다량으로 존재할 경우이며, 오존주의보는 대기 중에 시간당 0.12 ppm 이상 함유돼 있을 때 발령한다. 국내에서는 1996년 7월부터 오존 경보제가 시행이 되고 있다. 대기 중 오존은 보통 자동차 배기가스나 난방시설 등에서 나오는 질소산화물 등의 물질이 태양빛에 의해 광화학 반응을 일으켜 생기며 두통과 기침, 폐수종 등을 일으킨다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.3.6 입자상물질(PM)의 영향

PM(particulate matters)은 주로 탄소입자가 주성분이나 용해성유기물(SOF: soluble organic fraction)도 다량 포함하고 있다. 크기는 직경 1 ㎛이하의 미세입자가 75% 이상이며, 대부분 0.1~0.25 ㎛ 사이즈의 크기이다. 호흡기에 쉽게 흡입되며 점막염증, 다양한 호흡기 질환을 유발하며 폐암의 원인이 된다.

2.3.7 아황산가스(SOx)의 영향

무색이며 자극성이 있는 기체로 물과 만나면 쉽게 녹는다. 산성비(acid rain)의 가장 중요한 원인 물질로 연료 중에 포함된 유황성분의 연소에 의해 발생한다. 대기 중에 머무는 시간은 12시간에서 2일 사이이며 물과 반응하면 쉽게 H_2SO_4(황산)로 변한다. 위장장애와 점막을 자극하거나 기관지염 및 천식을 유발할 수 있다[14],[24~27].

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4절 자동차 배출가스 검사 기법

2.4.1 자동차종합검사 기법

검사제도는 일제시대부터 실시한 자동차 검사제도가 발전하여 자동차 관리법에 따른 자동차의 법적동일성 및 안전도 확보를 위한 검사로 정기적으로 실시하고 있다. 1995년 대기환경보전법의 개정을 통해 자동차 배출가스 정기검사를 도입하였고, 국민의 검사편의를 도모하기 위하여 1997년부터 자동차정기검사시 안전도 검사와 병행하여 운행자동차의 배출가스 검사를 실시하도록 하였다. 산업화로 인한 자동차 산업의 급성장으로 자동차 보급 대수가 급속도로 증가하여 자동차에서 발생하는 배출가스가 도시지역의 대기오염의 주범으로 대두됨에 따라 자동차에서 발생하는 배출가스를 엄격하게 관리하기 위해 실 도로주행과 유사한 조건으로 배출가스를 측정하여 대기오염물질 과다배출 차량을 선별하고 관련 장치를 정비하도록 2002년 5월 20일부터 서울 및 수도권일부 지역부터 자동차 부하검사인 자동차배출가스 정밀검사가 시행되었다. 운행자동차 종합검사는 신규 등록 후 일정기간마다 정기적으로 실시하는 검사로서 자동차관리법 제43조에 따른 자동차의 구조 및 안전도 적합여부와 대기환경보전법 제62조에 따른 운행자동차 배출가스 정기검사, 소음진동규제법에 따른 운행자동차의 소음을 정기검사 때 실시하고 추가 법령으로 대기환경보전법에 따른 배출가스 부하검사(정밀검사)를 실시한다. 정밀검사 대상지역은 대기환경규제지역 및 인구50만 이상 도시지역 중 대통령이 정하는 지역에 대하여 실시하고 있다. 서울, 인천, 경기도 24개시 수도권 지역에서는 등록된 자동차 중 보증기간이 지난 경유 자동차(특정경유자동차) 에 대하여 수도권 대기환경개선에 관한 특별법에 따른 특정경유 자동차 부하(정밀)검사를 실시하여 특별관리를 시행하고 있다. 2009년 3월 29일부터는 자동차 정기검사(안전도검사) 및 배출가스 정밀검사가 자동차 종합검사로 통합 운영됨에 따라 Table 1과 같이 검사대상 및 검사주기가 통합되어 자동차 정밀검사 지역에서는 자동차 종합검사를 실시하고, 그 외의 지역에서는 자동차 정기검사를 시행하고 있다. 2010년 7월 01일에는 부하검사 방법 일부가 변경되어 시행되고 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 1. Vehicle subject to precision inspection and validity period of precision inspection

차종		정밀검사대상 자동차	검사유효기간
비사업용	승용자동차	차령 4년 경과된 자동차	2년
	기타자동차	차령 3년 경과된 자동차	
사업용	승용자동차	차령 2년 경과된 자동차	1년
	기타자동차	차령 2년 경과된 자동차	

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.4.2 운행자동차의 배출가스 수시검사 기법

운행하는 자동차가 배출허용기준에 적합하게 운행되고 있는지를 수시로 확인하기 위하여 실제 주행 중인 운행자동차를 대상으로 배출가스를 측정하여 자동차의 상태확인 및 오염물질 배출을 저감하고자 도입하였다. 점검방법으로는 도로상에서 점검하는 방법과 비디오판독을 이용한 방법이 있다. 도로상 점검은 도로를 운행하는 자동차를 무작위로 선별하여 자동차서 배출되는 배출가스를 측정하는 방법으로 가솔린, 가스사용 자동차는 무부하정지가동을, 경유를 사용하는 자동차는 무부하급가속검사방법으로 측정한다. 비디오판독을 이용한 방법은 운행 중인 자동차의 배출가스를 비디오카메라로 촬영하여 점검하는 방법이다. 비디오카메라 점검은 경유사용 자동차를 대상으로 시행되며, %단위가 아닌 도 단위로 측정 판독한다. 수시점검방법 중 도로점검방법의 문제점을 해결하기 위한 대안으로 원격측정기(R,S,D)를 사용한 측정방법이 도입되었다. 수시점검대상은 현재 운행 중인 모든 자동차이다. 면제자동차는 저공해 및 무공해 자동차, 배출가스 저감장치를 장착한 자동차, 도로 교통법에 따른 군용 및 경호업무용 자동차, 긴급자동차 등 국가의 공용 목적으로 사용되는 특수한 자동차이다.

2.4.2.1 원격측정기(Remote Sensing Device, R.S.D) 방식 기법

배출가스를 원격으로 측정할 수 있는 장비로서 R,S,D라 부르며, 측정원리는 도로변에 원격장비인 R,S,D를 설치하여 주행 중인 차량에 송신반사거울로(CCM) 적외선과 자외선을 쏘아 보낸다. 그 이후 반사되어 되돌아오는 광선에 따라 광원감지기 (SDM)의 적외선과 자외선의 흡수량이 달라지는데, 이를 계산하여 배출가스 중의 탄화수소(HC), 일산화탄소(CO), 질소산화물(NOx), 매연, 미세먼지 등을 동시에 측정하며 측정조건은 다음과 같다. 온도범위는 작동온도 -7℃~50℃, 보관온도 -30℃~60℃이며, 습도조건은 작동 허용습도 0~95%, 풍속은 풍속에 무관하게 최소 plume size 사이즈 이상의 배기가스 측정이 가능하며 유효측정이 가능하다. 또한 강수 중에는 측정이 불가하고, 단 일 강수량 5 mm미만의 일시적인 강수에는 측정에 영향이 없다. 주행속도는 10 km/h~110 km/h에서 배기가스 측정이 가능하다. 배출가스를 시간당 2500~3000대까지 측정이 가능하며, 차량의 주행에 방해를 주지 않는다. 또한 수시검사 대체 및 정밀검사의 보완기능으로 활용성이 높은 장점이 있다. 이동이 가능하여 운행차량의 실제 배출

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

상태를 파악할 수 있어 데이터를 수집하거나 운행자동차 배출가스 검사 제도를 평가하는데 사용할 수 있다.

2.4.2.2 무부하검사 기법과 부하검사 기법의 차이점

ASM2525+아이들 모드는 도로주행 패턴이 반영되지 않은 무부하검사에 비하여 정부하 및 정속으로 주행하면서 배기가스를 측정하기 때문에 무부하검사의 단점을 어느 정도 보완하였으며, 질소산화물을 측정할 때 무부하검사 방법에서는 엔진의 공회전 상태에서 공기과잉률을 측정하여 추정하지만 부하검사는 질소산화물이 다량으로 배출될 수 있는 조건에서 직접 측정한다. 또한 Lug-down 3mode(회전수 제어방식)는 도로주행 패턴이 반영되지 않은 무부하검사에 비하여 3모드로 매연을 측정하기 때문에 무부하검사의 단점을 어느 정도 보완하였으며, 엔진의 출력과 회전수를 감안하지 않는 무부하검사에서는 인위적으로 엔진에 출력을 조작하여 측정하는 것을 예방할 수 있다. KD-147 mode는 승용차, 승합차, 중/소형화물차에 적용하고 있으며, Lug-down 3mode (회전수 제어방식)의 문제점을 보완하였다. KD-147 mode는 D-147 mode를 한국형 KD-147 mode로 개발해 도로주행 패턴을 반영하였고, Lug-down 3mode (회전수 제어방식)에서의 과부하로 인한 차량파손 및 소음 및 분진의 유발을 어느 정도 보완하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.4.2.3 배출가스 측정원리

배출가스 측정법은 배출가스 샘플링법과 배출가스 농도 측정법이 있으며, 배출가스 샘플링법은 배기관에서 배출되는 배기가스의 농도를 직접 측정하는 직접 샘플링법(direct sampling)과 배기가스 성분의 질량을 측정하는데 사용하는 전용량 샘플링법(CVS: constant volume sampling)으로 구분된다.

배출가스 농도 측정법은 CO와 CO_2 에 대해서는 NDIR(비분산 적외선 방식)을 HC에 대해서는 수소염 이온화 분석법 FID(화염 이온화 검출법)을 NOx에 대해서는 화학발광 검출법 CLD:(chemi luminescent detection)을 주로 사용하여 배출가스를 측정한다.

가. 수소염 이온화 분석계(FID: flame ionization detector)

수소염 이온화 분석계의 측정원리는 수소불꽃 속의 탄화수로부터 이온이 발생되는 원리를 이용한다. 연소기에 탄화수소가 포함되지 않은 청정한 공기를 공급하고 연소기에 수소만을 분사하여 연소시키면 수소화염이 발생되고 측정연소기 노즐과 화염에 노출된 전극사이에 전압이 인가된다. 순수한 수소화염만 형성되면 탄화수소가 없어 이온은 형성되지 않는다. 이때 화염에 배기가스가 흡입되면 배기가스에 포함된 탄화수소의 체적농도에 비례하여 전류 값이 변화한다. 즉 이온 전류 값의 변화를 농도로 표시하는 방식이 수소염이온화 분석법(화염이온검출방식)이다. 산소농도가 변동하는 가스를 측정하는 데는 부적합하다. Fig. 2에는 수소염 이온화 분석계의 구성도를 나타내었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

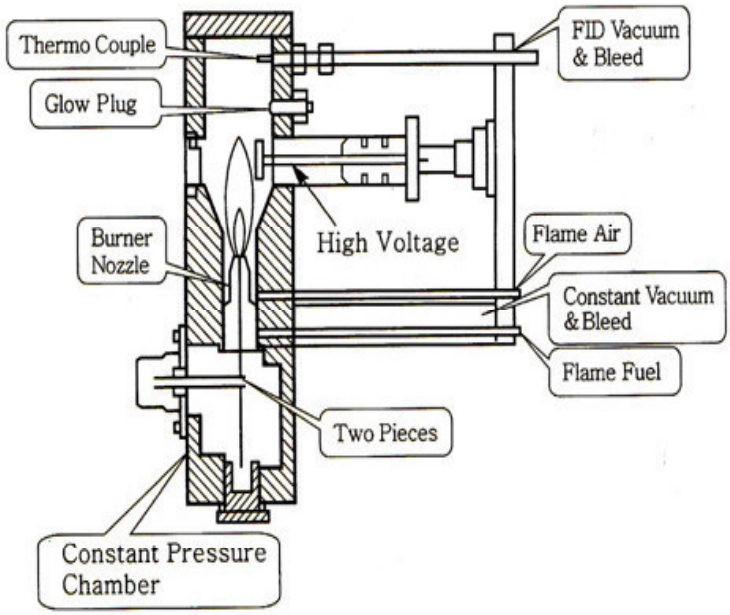


Fig. 2 Schematic of flame ionization detector

나. NDIR(Non dispersive infra red)

적외선을 투과하는 통로에 배기가스를 유입하는 샘플 셀과 표준가스가 봉입된 기준 셀을 설치한다. 이때 동일 밝기의 적외선을 발산하면 샘플 셀과 기준 셀을 투과되는 적외선에 따라 흡수 에너지의 차이가 발생하고 두 개의 방 사이에 온도차와 압력차가 생기고 이 온도차와 압력차는 측정성분의 농도에 비례하여 전압으로 변환되어 지시계에 지시되어 농도를 측정할 수 있게 한다. NDIR의 특징은 응답속도가 빨라 가감속의 변화에 연속적으로 대처하여 측정이 가능하고 계측결과를 기록할 수 있으며 검출기의 선택성이 좋으며 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물의 3성분 이상을 포함한 혼합가스도 측정이 가능하다. Fig. 3에 NDIR의 구성도를 나타내었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

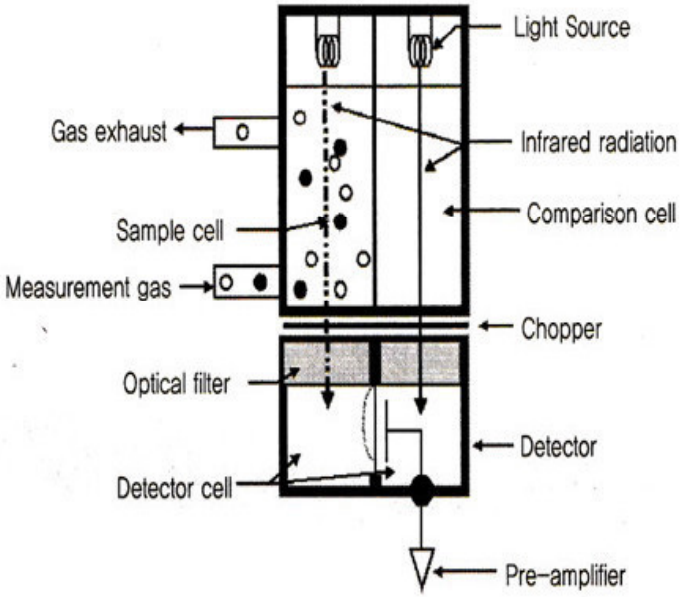


Fig. 3 Schematic of non dispersive infra red

다. 질소산화물 측정법(Chemi Luminescent Detection, CLD)

이 방식은 Fig. 4의 구성도로 나타낸 것과 같이 화학발광현상을 이용하여 측정하는 방법이다. 화학발광현상은 일산화질소(NO)와 오존(O3)이 반응할 때 발생되는데 배기가스 중에 연소 때 발생된 가스는 NOx(이산화질소(NO2), 일산화질소(N2O)포함)이다. 이중 NO2는 열촉매환원작용을 통해 NO로 환원시킨 후 반응실로 공급 후 오존과 반응하여 배기가스 중의 NOx를 측정한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

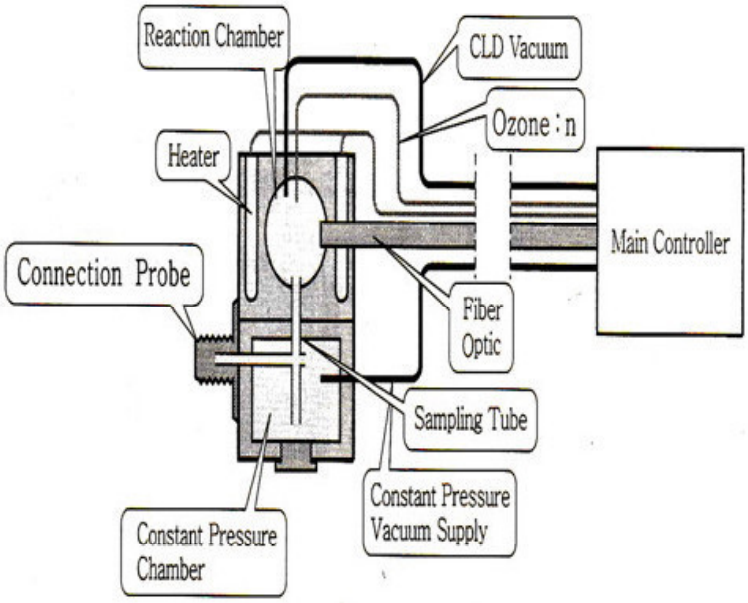


Fig. 4 Schematic of Chemi Luminescent Detection

라. 입자상물질의 측정법(PM: Particulate Meter)

희석 터널 내에서 배출가스와 공기를 충분히 혼합 후 그 일부를 정 용량펌프를 이용하여 정유량으로 흡인하여 필터에 포집하고, 시험 전후의 필터의 중량차로 PM의 질량유량을 구한다[28~31].

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.4.3 운행자동차의 배출가스 정밀검사 기법

환경부에서는 “환경부고시 제2010- 호에 따른 대기환경보전법 제61조부터 제69조까지의 규정에 운행자동차 배출가스 정밀검사 시행요령 등에 관한 규정 (환경부고시 제2009-173호, 2009.8.24)”을 다음과 같이 개정, 고시하여 환경검사의 객관성을 향상시켰다.

그 목적은 대기환경보전법 제62조부터 제69조까지와 같은 법 시행규칙 제87조부터 제105조까지, 소음·진동규제법 제37조는 같은 법 시행규칙 제44조에 따른 운행하는 자동차 배출가스 및 소음검사 업무 등에 필요한 지식 및 방법을 정함을 목적으로 하였다.

2.4.3.1 휘발유 · 알콜 · 가스 사용자동차 검사 기법

가. 저속 및 고속공회전 검사모드(무부하검사 기법)

저속 및 고속공회전 검사모드는 Chassis Dynamo에서 실시하는 부하검사로 배출가스 검사가 불가능한 휘발유, 가스, 알콜을 사용하는 자동차의 탄화수소, 일산화탄소, 공기과잉률을 측정하는데 적용한다. 이 중 고속공회전 검사는 차량총중량 3.5톤 미만 및 승용자동차 등의 소형자동차에 적용하며, 측정원리는 저속과 고속공회전 검사시 배출되는 탄화수소, 일산화탄소, 이산화탄소의 농도측정은 비분산적외선(NDIR)방법, 산소의 농도측정은 전기화학식, 자기식을 채택한 분석 장비를 사용하며, 공기과잉률은 탄화수소, 일산화탄소, 이산화탄소 및 산소 등을 측정하여 계산하는 분석 장비를 사용하여 측정한다. 저속공회전 검사모드는 엔진 공회전의 회전수가 500~1,000 rpm 이내로 안정된 후 5초 후부터 검사가 시작되어 10초 동안 배출되는 탄화수소, 일산화탄소, 공기과잉률을 측정하여 각각 평균한 값을 최종 측정값으로 한다. 고속공회전 검사모드는 저속공회전 검사의 배출가스, 공기과잉률 검사가 끝나면, 즉시 가속 페달을 가속하여 엔진회전수를 2,500±300 rpm로 유지여 엔진회전수가 안정된 후 5초 후부터 검사모드가 시작되어야하며 10초 동안 배출되는 탄화수소, 일산화탄소, 공기과잉률을 측정하여 각각 평균한 값을 최종 측정값으로 판정한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 정속모드(ASM2525 mode: 부하검사 기법) 및 저속공회전 검사모드

정속모드(ASM2525 mode : 부하검사) 및 저속공회전 검사모드는 휘발유, 가스, 알콜을 사용하는 자동차의 탄화수소, 일산화탄소, 질소산화물을 측정하는데 적용한다. 측정원리는 Chassis Dynamo에서 측정대상자동차의 차량중량에 맞게 설정된 도로부하마력과 40km/h인 정속의 주행상태에서 배출되는 탄화수소, 일산화탄소, 이산화탄소의 농도는 비분산적외선(NDIR)방법을 이용한 측정기를, 질소산화물의 농도는 전기화학식, 비분산적외선, 비분산자외선방법을 이용한 측정기를 사용하여 측정한다. 검사모드의 구성은 Chassis Dynamo에서 부하마력은 식(2.4)와 같이 계산되어 적용된다. 이 때 측정대상자동차의 차량중량에 의하여 설정된 부하마력에 따라 검사를 실시한다. 또한 관성중량은 차량중량에 136을 더한 값을 적용하여 계산한다.

$$\text{부하마력}(PS) = \frac{\text{관성중량}(kg)}{136} \tag{2.4}$$

검사대상자동차의 차량중량이 전산정보처리조직 또는 자동차등록증에 기록되어 있지 않아 누락된 자동차의 부하마력은 다음 Table 2에서 정하는 부하마력 조건 표를 참고하여 적용한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 2. Conditions of Load horsepower by vehicle type and cylinder number

실린더수 / 자동차종류	3	4	5~6	8	8이상
승용자동차	6.7	9.5	11.5	13.7	13.3
8인 이하 승합자동차	8.8	11.7	13.2	14.9	15.3
9인 이상 승합 및 일반 화물자동차	8.0	10.9	13.6	16.0	17.8
다목적형자동차	8.8	11.2	12.9	16.1	17.8
밴형화물자동차	9.0	11.6	14.7	16.3	17.2

단위 : PS

예열모드는 측정대상 자동차의 상태가 정상으로 확인되면 Chassis Dynamo에서 25%의 도로부하에서 40 ㎞/h의 속도로 주행하면서 이때의 변속기어는 적정한 단수(자동변속기는 드라이브 위치)를 선택하여 40초 동안 예열한다. 예열모드가 끝나면 공회전인 엔진회전수 500~1,000 rpm상태에서 측정기의 시료채취관을 배기관 내에 30 ㎝이상 삽입하여 저속공회전 검사모드를 시행한다. 측정기지시 값이 안정된 후 탄화수소는 소수점 첫째자리 이하는 버리고 1 ppm단위 산출하며, 일산화탄소는 소수점 둘째자리 이하는 버리고 0.1% 단위로 산출하고, 람다(λ)는 소수점 둘째자리에서 0.01단위로 산출하여 최종측정치를 읽는다. 저속공회전 검사모드가 끝나면 즉시 Chassis Dynamo에서 25%의 도로부하로 40 ㎞/h의 속도로 주행하면서 40 ㎞/h의 속도에 적합한 변속기어를 선택하고 자동변속기는 드라이브를 선택 여하 정속모드(ASM2525 mode)검사를 실시한다. 이때 시작 25초 경과 이후 모드가 안정된 구간에서 10초 동안의 탄화수소, 일산화탄소, 질소산화물 등을 측정하여 그 산술평균값으로 적합 부적합을 판정한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.4.3.2 디젤사용자동차 검사 기법

가. 광투과식 무부하급가속검사모드(무부하검사 기법)

광투과식 무부하급가속검사(무부하검사)는 Chassis Dynamo에서 부하검사로 배출가스 검사가 불가능한 디젤사용자동차의 매연농도 측정에 적용한다. 측정원리는 아이들링 상태에서 엔진의 회전수를 최고회전수까지 급가속하여 배기관에서 배출되는 매연의 농도를 부분유량채취방식을 이용한 광투과식매연측정기로 측정한다.

나. 엔진회전수 제어방식 : Lug-down 3mode (회전수 제어방식)

엔진회전수 제어방식인 Lug-down 3mode (회전수 제어방식)는 대형 승합, 화물, 특수자동차 및 중형 화물, 특수자동차 중 일반형에서 특수용도형으로 구조를 튜닝한 자동차와 한국형 디젤147 mode 부하검사을 적용할 수 없는 디젤사용자동차에 적용하며, 엔진정격회전수, 정격출력, 매연농도를 측정한다. 측정원리는 Chassis Dynamo에서 주행하는 상태에서 측정대상자동차의 엔진정격회전수로 가속하여 1모드, 엔진정격회전수의 90%에서 2모드, 엔진정격회전수의 80%에서 3모드로 구성하여 측정하며, 1모드에서는 엔진정격출력, 정격회전수, 매연농도를 측정하고 2모드와 3모드에서는 엔진회전수와 매연농도를 각각 측정한다. 매연농도는 부분유량채취방식의 광투과식 분석방법을 이용한 측정기를 사용하여 측정한다.

다. 한국형 디젤147(KD-147 mode)

한국형 디젤147 mode는 디젤자동차를 Chassis Dynamo에서 차량의 기준중량에 따라 도로부하마력을 설정한 주행주기에 따라 147초 동안 최고 83.5 ㎞/h까지 가속, 정속, 감속하면서 매연농도를 측정하는 것을 말하며, “K”는 Korea, “D”는 Diesel, “147”은 주행주기에 의한 검사시간을 말하며, 2010년에 도입되었다[32].

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 장 매연 측정프로브 최적 설계

제 1 절 매연 측정프로브 모델링

3.1.1 기존 매연 측정프로브(A)

Fig. 5에는 현재 운행자동차 검사 때 사용되고 있는 기존 매연 측정프로브(A)를 나타내었다. 기존 매연 측정프로브(A)는 배기관에 삽입 시 정확한 매연측정을 위해 배기관의 벽면에 대해 5mm 이상 이격 되어야 한다. 그래서 기존 매연측정프로브(A)는 흡입구가 배기관 벽면으로부터 소정거리 이격되게 하는 여러 개의 리브가 형성되어있으며, 매연 흡입 홀은 앞쪽으로 치우쳐 있어 Fig. 6과 같이 굴곡 된 다양한 배기관 및 부정확한 삽입 시 프로브 흡입 홀이 좁아지거나 막혀 매연 흡입 유속이 떨어지고 측정값이 차이가 날 수 있고, 리브 또한 얇은 판재로 제작되어 있어 매연 측정프로브가 배기관 내로 진입 시 리브가 배기관 벽면에 반복적으로 접촉되면서 충격이나 높은 배기 열을 견디지 못하고 변형되거나 파손이 발생되어 프로브가 배기관 벽면에 대해 적정한 이격 거리를 유지하기 어려워 흡입효율을 더욱 떨어지게 하는 문제점이 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 5 Existing soot measurement probe(A)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 6 Various shapes of automobile exhaust pipe

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 7은 장시간 사용으로 손상된 기존 매연 측정프로브(A)이다. 높은 배기가스 열과 충격으로 리브가 구부러지거나 손상되어 떨어져나간 상태를 사진을 통해 확인할 수 있었다.

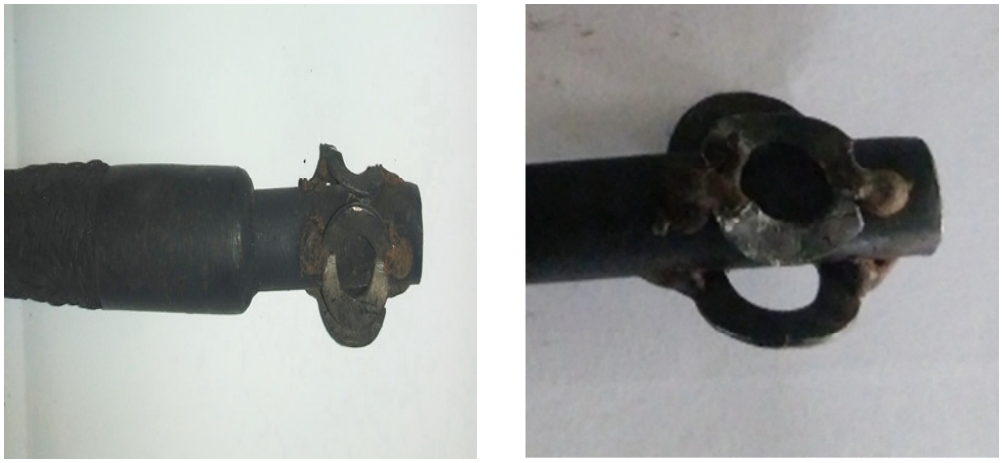


Fig. 7 Shape of damaged smoke measurement probe(A)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3.1.2 1차 개선된 매연 측정프로브(B)

본 논문에서는 기존 매연 측정프로브(A)의 충격이나 높은 배기 열을 견디지 못하고 구부러지거나 또는 파손이 발생하여 배기관 벽면에 대해 적정한 이격 거리를 유지하기 어려워 흡입효율이 떨어지는 문제점을 개선하기 위해 창안된 것이다. 1차 개선 매연 측정프로브(B)는 Fig. 8과 같이 리브 사이에 보강 판을 설치한 간단한 구조로 리브의 구부러짐 발생을 방지하여 배기관 벽면에 접촉되는 충격이나 고온에서도 매연 측정프로브가 배기관의 벽면에 대해 소정의 간격이 이격유지가 가능한 구조의 매연 측정프로브이다. 또한 굴곡 된 배기관 및 부정확한 삽입 시에도 흡입 홀이 막히거나 작아지는 것을 방지하여 매연의 흡입이 용이하여 리브의 수명은 100%이상 내구성이 향상되고 흡입 효율 또한 20% 이상 향상될 수 있는 매연 측정프로브이다. Fig. 9에는 모델링을 통해 제작된 매연 측정프로브(B)를 나타내었다. 또한 프로브(B)의 제작도면과 설명은 부록에 수록하였다.

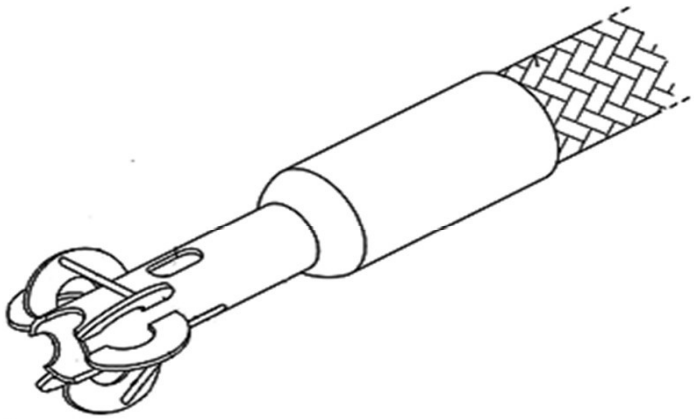


Fig. 8 Schematic of improved measuring probe(B)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 9 Shape of improved measuring probe(B)

하지만 1차 개선 매연 측정프로브(B)는 매연 측정량은 차이가 없지만 프로브 입구가 배기관 벽면으로 치우치는 경향은 기존의 매연 측정프로브(A)와 동일하여 굴곡이 심한 배기관에서는 흡입온도가 떨어지는 문제점이 발생하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

3.1.3 2차 개선된 매연측정프로브(C)

위에서 설명한 문제점을 개선하기 위해 2차 개선 매연 측정프로브(C)를 설계하게 되었다. Fig. 10과 같이 2차 개선 매연 측정프로브(C)는 리브를 생략하고 프로브 중심 홀이 배기관 벽면 중심에 위치할 수 있는 가변식으로 매연 측정프로브 중심 홀을 지지하는 Center Position Unit을 구비하여 매연 측정프로브가 배기관의 다양한 굴곡 및 지름의 변화에서도 항상 중심에 가까이 유지할 수 있도록 하여 매연 흡입효율을 높일 수 있게 설계하였다. 또한 리브가 존재하지 않아 기존의 매연 측정프로브의 문제점을 개선할 수 있는 것이 특징이다. Fig. 11에 실제 제작된 2차 개선 매연 측정프로브(C)를 나타내었다. 또한 프로브(C)의 제작도면과 설명은 부록에 수록하였다.

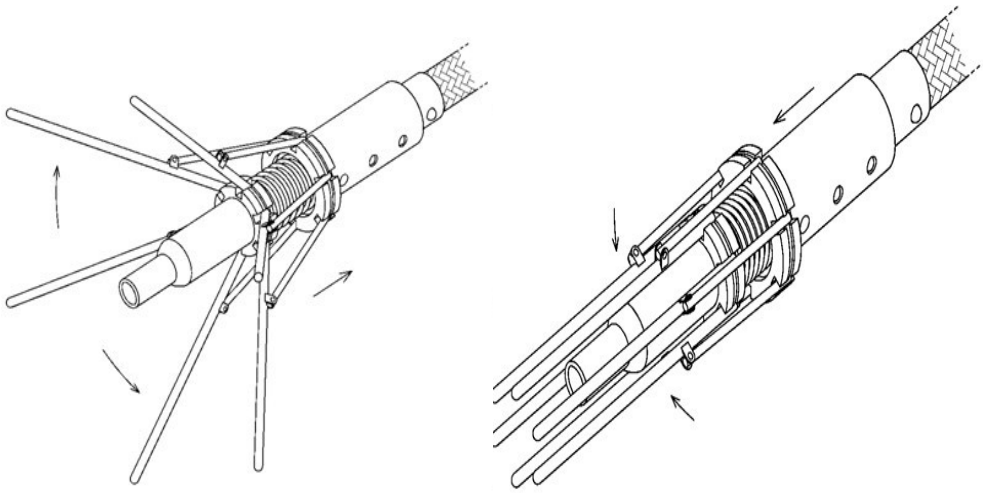


Fig. 10 Schematic of improved measuring probe(C)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 11 Shape of improved measuring probe(C)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 장 실험장치 및 방법

제 1 절 실험장치의 구성 및 제작

4.1.1 매연 측정 장치

본 논문에서는 디젤사용자동차의 매연측정을 위해 Fig. 12에 있는 자스텍사의 Csm-2500 모델의 부분유량채취방식(Partial flow principle) 광투과식 매연 측정기를 사용하였으며, 측정기의 사양은 Table 3에 나타내었다.

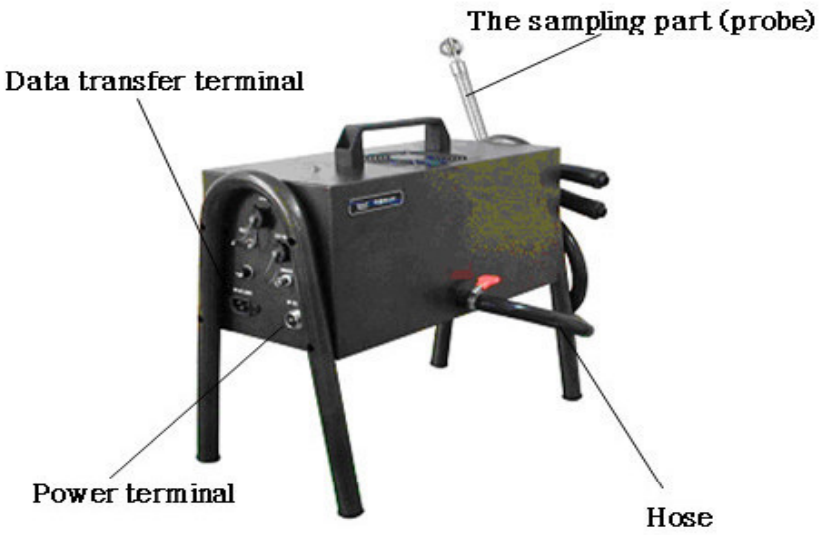


Fig. 12 The smoke detector using partial flow principle

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig. 13에는 부분유량채취방식(Partial flow principle) 광투과식 매연측정기의 구성 및 측정원리를 나타내었다. 이러한 부분유량채취방식은 주제어장치의 프로토콜에 적합한 전송장치를 갖추어야하며, 농도단위(%)로 측정되어야 한다. 또 한, 프로브 앞의 채취부는 배기관의 벽면으로부터 5 mm이상 이격되는 구조이어야 하며, 검사 진행 중 시료채취관이 자동차 배기관으로부터 이탈되지 않도록 해야 한다. 이때 시료채취관이 배기관으로부터 이탈되면 주제어장치는 검사모드를 중지해야 한다.

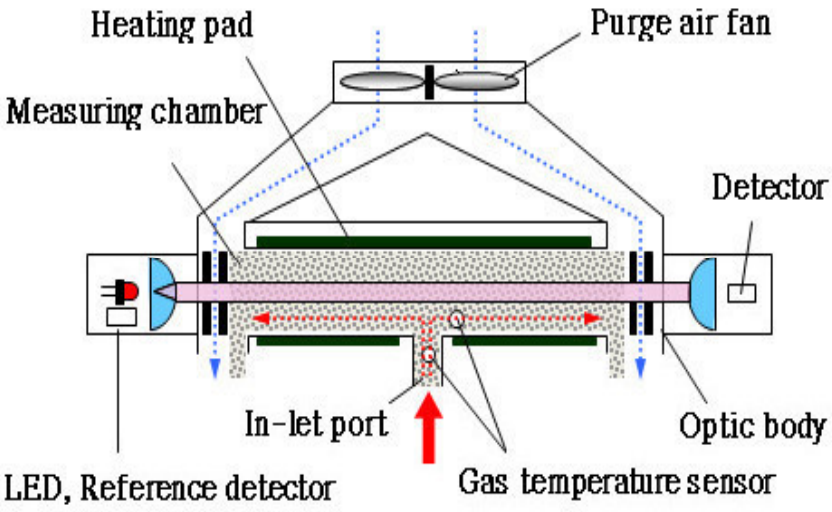


Fig. 13 Schematic of measurement principle of the smoke detector using partial flow principle

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 3. Specifications of smoke detector

Item	Smoke detector musk
Producer	Jastec Co., Ltd.
Model	Csm-2500
Measuring method	Partial flow
Light emitter	Green LED(565nm)
Decomposition energy	0 ~ 100%(0.1%)
Control method	Pc controller
Operating temperature	-10~40℃
Warm-up time	Within 5 minutes
Measurement length	215mm
Light receiving section	Photodiode
External communication	RS-232C
Operating voltage	AC 220V(50/60HZ)
Humidity	0~90%
Size	400W×173D ×263H(mm)
Weight	8kg

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.1.2 자동차 새시동력계

본 논문에서는 디젤자동차의 출력 및 매연 농도, 흡입효율을 확인하기 위하여 Chassis Dynamo로 차량을 주행하며 측정하였다. Fig. 14에는 Chassis Dynamo의 사진을 나타내었으며, Table 4에는 실험에 사용한 Chassis Dynamo의 상세사향을 나타내었다[33].

이러한 Chassis Dynamo의 주제어장치는 검사시스템 장비를 제어할 수 있어야 하며, 저속공회전 검사모드 및 정속모드(ASM2525 mode), 저속 및 고속공회전 검사모드, 한국형 디젤147(KD-147 mode), 엔진회전수 제어방식인 Lug-down 3mode(회전수 제어방식), 무부하급가속검사모드의 검사 기법을 독립적으로 수행하기에 적합한 성능과 구조을 갖추어야 한다. 또 한 각 장비와는 온라인 상태를 유지하여야 하며, 모니터화면에는 검사장비의 측정값 등을 연속적으로 확인 가능하도록 표시하여야 한다. 주제어장치에는 운전자용 보조화면을 설치하고, 이 화면에는 검사진행상태 및 시간, 부하마력(Lug-down 3mode 제외), 자동차의 속도 등을 나타내어야 한다. Chassis Dynamo의 부하마력은 전산정보처리조직에 의하여 설정되어야 하며, 제원 등이 누락된 경우에는 그러하지 아니한다. 위의 데이터는 실시간에 측정된 마력과 설정된 마력을 동시에 나타내야 한다. 이 경우 측정된 마력은 Chassis Dynamo에서 표준상태로 보정한 마력과 실제 측정된 마력으로 나타낸다. 이때 표준상태로 보정한 마력을 최종 측정마력으로 한다. 검사가 진행 중일 때에는 매연농도, 엔진출력, 토크 및 배출가스 수치는 제외하고 검사자동차의 등록번호, 자동차속도, 엔진회전수, 진행시간 등 검사 진행 상황을 화면에 나타내어야 한다. 검사모드 중지 또는 검사종료시의 측정결과는 1년 이상 저장할 수 있도록 관리해야 한다.

검사 진행 중 검사가 자동으로 중지되도록 제어되어야 하며 조건은 다음과 같다. 주제어장치와 매연 측정기 또는 배출가스분석기 상호간 통신이 1초 이상 연속적으로 단절된 경우나 검사 진행 중 엔진이 정지된 경우이다. 엔진회전수 측정기는 모든 자동차의 엔진회전수를 측정할 수 있는 구조로 엔진의 점화방식에 따른 성능의 차이가 없이 엔진회전수 검출에 적합한 성능과 구조를 갖추어야 한다. 또한 측정기 센서의 설치가 용이하여야 한다. 엔진을 냉각하는 송풍기는 다음의 성능 및 구조를 갖추어야 한다. 송풍용량은 1.5~2.5 ㎥/sec로써 차속 비례형 및 일정한 속도로 차량에 송풍할 수 있는 구조와 성능을 갖추어야하며, 송풍방향 또한 조절이 가능해야 한다. 송풍기는 회전체로

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부터 사람 및 신체를 보호할 수 있는 덮개와 송풍기를 고정하는 장치, 안전장치가 설치되어야 한다. Chassis Dynamo 롤러의 좌, 우 측면에는 구동의 바퀴의 이탈방지용 안전장치를 설치하여야 하며, 검사대상자동차가 진입시 롤러에 안전하게 진입 또는 진출시킬 수 있도록 롤러에 고정용 제동장치를 설치해야 한다. 또한 자동차를 견고하게 고정할 수 있도록 체인 및 고정쇠 등을 설치하여야 하며, 이 체결장치는 차량의 진입 또는 진출에 방해가 되지 않도록 해야 한다. Chassis Dynamo에는 위와 같은 안전장치를 모두 갖추어야 한다.

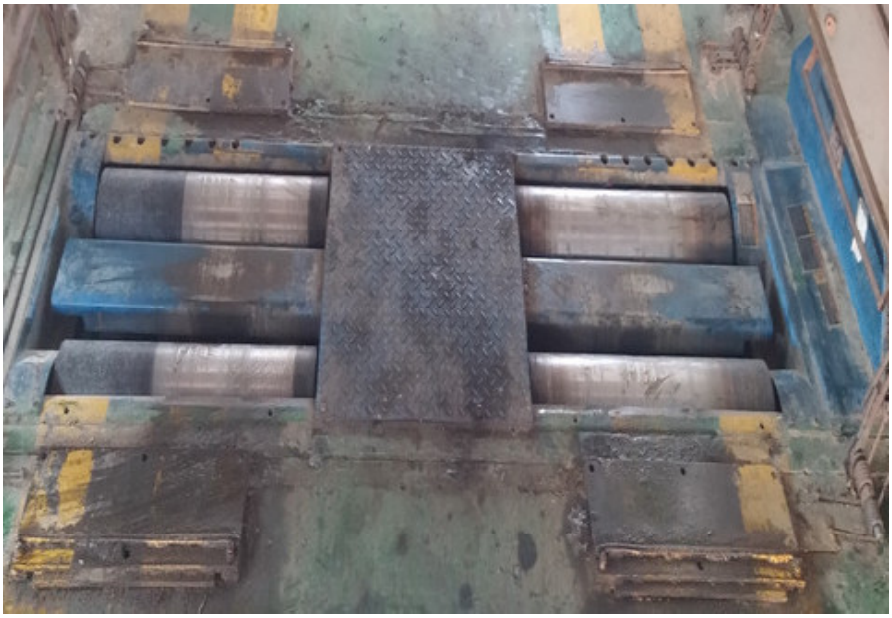


Fig. 14 Photograph of chassis dynamometer measurement equipment

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 4. Specifications of the chassis dynamometer (CCD HD, ASM-P)

Item	Chassis Dynamo musk
Producer	Germany MAHA/Jastec Co., Ltd.
Model	CCD-HD, ASM-P
Roller	
Top speed	200 km/h
Roller Dia.	217 mm
Direction of rotation	Bi-directional
Roller surface	Powder coating
Lift	
Structure	Integral type
How it works	Pneumatic type
Compressed air	6~10 bar
General Information	
Allowable weight	5,500 kg
Maximum power	500PS
Size	3,794W × 1,030D × 460H(mm)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.1.3 실험 차량 및 사양

본 실험에서 사용한 차량은 Fig. 15~17에 나와 있는 A, B, C 차량으로 디젤 차량이며, 주행거리는 각각 221,00 km, 350,000 km, 150,000 km인 차량을 이용하였다. 실험에 이용된 차량에 대한 사양은 Table 5~7에 나와 있다.

Fig. 15 Photograph of the experimental vehicle (A)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 5. Specifications of experimental vehicle (A)

Item	221,000 km engine
Model	A
Displacement (cc)	2,497
Number of cylinder	4
Maximum output (ps)	145
Rated speed (rpm)	3800
Fuel	Diesel
First registration date	2007
Vehicle weight (kg)	2,075

Fig. 16 Photograph of the experimental vehicle (B)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 6. Specifications of experimental vehicle (B)

Item	350,000 km engine
Model	B
Displacement (cc)	2,476
Number of cylinder	4
Maximum output (ps)	103
Rated speed (rpm)	3800
Fuel	Diesel
First registration date	2000
Vehicle weight (kg)	1,945

Fig. 17 Photograph of the experimental vehicle (C)

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 7. Specification of experimental vehicle (C)

Item	150,000 km engine
Model	C
Displacement (cc)	2,497
Number of cylinder	4
Maximum output (ps)	126
Rated speed (rpm)	3800
Fuel	Diesel
First registration date	2012
Vehicle weight (kg)	1,870

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.1.4 실험장치의 제작

본 논문에서 1차 실험은 기존 매연 측정프로브(A)와 개선 매연 측정프로브(B)의 흡입효율 측정을 주행거리 22만 km을 주행한 A 차량과 30만 km 주행한 B 차량으로 시험하였으며, 2차 실험에서는 기존 매연 측정프로브(A)와 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)의 흡입효율 측정을 1차 실험의 B 차량과 15만 km 주행한 C 차량으로 시험하였다. 1차 실험의 연구진행을 위해 검사모드 중 배기관의 각도를 0도, 30도, 45도, 70도, 90도 조건으로 변환할 수 있도록 길이 130mm, 직경이 50mm인 소형 배기관 일부를 절단하여 각도 조절이 가능하도록 배기관 팁을 제작하였고 매연 측정프로브와 배기관 팁를 실험 차량에 고정할 수 있도록 밴드와 스프링을 설치하고 각도 설정을 위해 각도기와 한조로 구성하였다. 2차 측정은 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)를 배기관 각도 70도, 90도 조건에서 배기관에 삽입 후 각도를 변환할 수 있도록 길이 700mm, 직경이 85mm인 중 대형 차량의 실제 90도로 굴곡진 배기관의 일부분을 절단하여 각도변환과 내부의 구조가 보일 수 있도록 직사각형으로 절개하여 각도별 매연 측정프로브의 중심 홀 위치를 확인할 수 있도록 배기관 팁을 제작하였다. 또한 각도설정을 위해 각도기와 한조로 구성하였다. Fig. 18은 1, 2차 실험을 위해 제작된 배기관 팁을 나타내었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

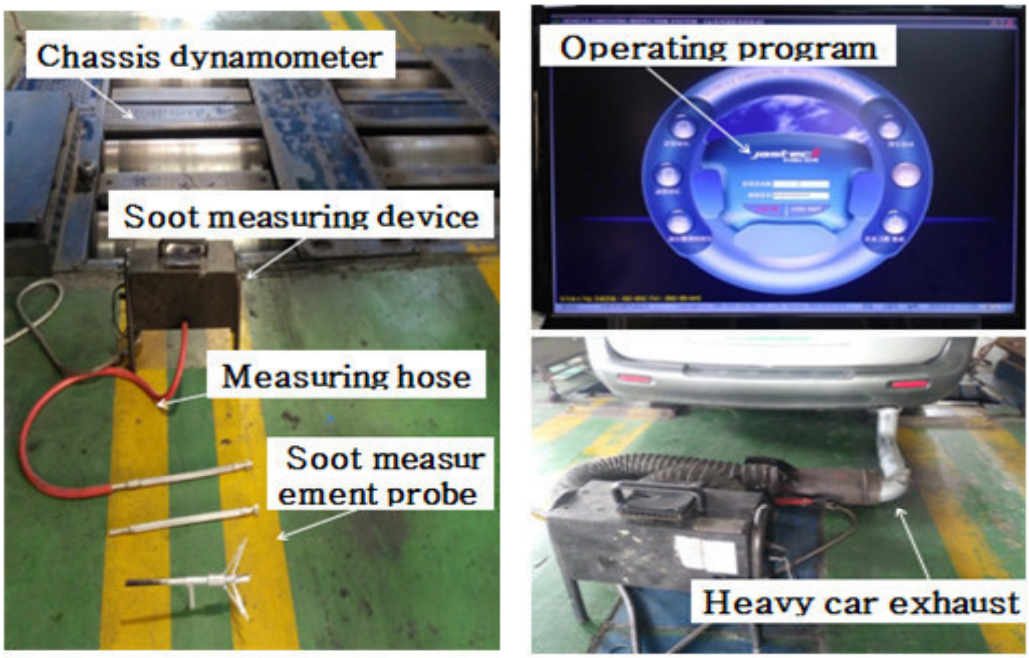
(a) Small vehicle exhaust pipe tips

(b) Midsize vehicle exhaust pipe tips

Fig. 18 Exhaust pipe manufactured for experiment

Fig. 19는 대기환경법에 따른 자동차 종합검사 시 시행되는 부하검사 장비의 구성부품과 별도로 제작한 소형 차량과 중형 차량의 배기관 팁을 실험 차량에 적용 장착한 사진이다. 좌측 상단은 차대동력계, 광투과식 매연측정기, 매연 흡입호스, 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)이며, 우측 상단은 운영프로그램, 아래는 실제 중형 디젤자동차의 굴곡진 배기관과 소형 차량의 배기관 팁을 실험차량에 설치한 예이다[34].

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



(a) Equipment composition (b) Operating program

(c) Install tips (d) Probe installation

Fig. 19 Configuration of equipments

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 자동차 매연측정 기법

4.2.1 Lug-down 3모드(회전수 제어방식) 기법

엔진회전수 제어방식의 Lug-down 3mode(회전수 제어방식)는 대형 승합, 화물, 특수자동차 및 중형 화물, 중형 특수 특수자동차 중 일반형에서 특수용도형으로 구조를 튜닝한 자동차로 한국형 디젤147(KD-147 mode) 부하검사을 적용할 수 없는 디젤사용자동차의 엔진정격회전수, 정격출력 및 매연농도를 측정하는데 적용한다. 측정원리는 Chassis Dynamo에서 주행하는 상태에서 측정대상자동차의 엔진정격회전수에서 1모드, 엔진정격회전수의 90%에서 2모드, 엔진정격회전수의 80%에서 3모드로 구성하여 1모드에서 엔진정격회전수, 정격출력 및 매연농도를, 2모드와 3모드에서 각각 엔진회전수와 매연농도를 측정한다. 매연농도는 부분유량채취방식을 이용한 광투과식 매연측정기를 사용하여 측정한다. 측정 전 자동차의 상태는 자동차 바퀴의 물, 흙, 먼지, 등의 이물질을 제거고 Chassis Dynamo 차륜을 올려놓는 부분인 답판 위에 자동차의 구동바퀴를 정치시키고 답판을 하강시킨 후 자동차를 서서히 구동시켜 자동차를 Chassis Dynamo 롤러에 정면으로 대칭이 되도록 정렬시킨다. 자동차의 변속기어는 매뉴얼 타입의 변속기는 중립, Auto 변속기는 중립(N) 또는 주차위치(P)에 놓고, 구동되지 아니하는 바퀴의 앞뒤에는 별도의 고정 장치 및 고임목으로 자동차를 고정시킨다.

또한 배출가스 측정값에 영향을 및 장애를 줄 수 있는 자동차의 서리제거장치, 에어컨 등 부속장치를 작동되지 않도록 하고 엔진회전속도계를 설치한 후 매연측정기의 매연측정프로브를 배기관의 벽면으로부터 5 ㎜이상 떨어지도록 설치하고, 5 ㎝정도의 깊이로 삽입한 다음 엔진냉각용 송풍기를 설치한 후 검사를 진행한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.2.1.1 검사모드의 구성

검사모드는 예열모드 1, 2, 3모드로 구성되며, Chassis Dynamo에서 엔진정격출력의 40% 부하에서 50±6.2 km/h의 속도로 주행하면서 40초 동안 주행한다.

1모드는 예열모드가 끝나고 Chassis Dynamo 롤러가 정지하면, 즉시 측정대상자동차의 속도를 70 ㎞/h에 근접하되 100 ㎞/h를 초과하지 변속기어를 선정하여 신속히 변속하고, 그 변속기어를 유지하면서 가속페달을 최대로 밟아 Chassis Dynamo의 부하마력에 의하여 엔진회전수가 정격회전수가 되도록 주행한다. 이때 측정된 엔진회전수가 정격회전수의 ±5% 이내로 안정되고나면 5초 후의 시간부터 검사모드가 시작되어 10초 동안의 시간동안 엔진최대회전수, 출력, 주행속도, 매연농도, 구동토크 등을 측정하여 이를 각각의 산술평균값으로 나타낸다.

2모드는 1모드 상태에서 Chassis Dynamo의 부하마력에 의하여 엔진회전수를 정격회전수의 90%에 해당하는 회전수가 되도록 제어하고, 측정된 회전수가 엔진의 정격회전수의 90%에 해당하는 회전수의 ±5% 이내로 안정되고나면 5초 후의 시간부터 검사모드가 시작되어 10초 동안의 시간동안 엔진최대회전수, 출력, 주행속도, 매연농도, 구동토크 등을 측정하여 이를 각각의 산술평균값으로 나타낸다.

3모드는 2모드 상태에서 Chassis Dynamo의 부하마력에 의하여 엔진회전수를 정격회전수의 80%에 해당하는 회전수가 되도록 제어한다. 이때 측정된 회전수가 엔진정격회전수의 80%에 해당하는 회전수의 ±5% 이내로 안정되고나면 5초 후의 시간부터 검사모드가 시작되어 10초 동안의 시간동안 엔진최대회전수, 출력, 주행속도, 매연농도, 구동토크 등을 측정하여 이를 각각의 산술평균값으로 나타낸다. 각 모드별로 측정된 엔진회전수의 오차 범위는 ±5% 이내이며, 자동 중지조건은 위 오차 범위를 연속하여 2초 이상을 벗어나거나, 측정 중에 주제어장치와 통신이 1초 이상 단절된 경우에는 검사모드는 다시 시작되어야 하고 2회 이상 반복하여 발생하면 검사는 자동중지 된다.

검사모드가 완료되면 검사원은 가속페달을 놓고 변속기어를 중립으로 하여 가능한 브레이크를 밟지 않은 상태로 Chassis Dynamo의 롤러를 정지시켜야 한다. 검사모드 수행 중 엔진의 이상소음, 엔진 및 과열 등 자동차의 작동상태가 부하검사 실시에 부적절하다고 판단되는 경우에는 검사를 종료하여야 한다. 이때 정비를 필요로 하는 결함이 발견되면 부적합으로 처리한다. 검사모드는 예열, 1, 2, 3모드 순으로 한 번에 모든 검사모드를

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

진행 한다.

4.2.1.2 검사결과의 판정

검사결과의 판정은 엔진최대출력은 1모드에서 측정하여 계산식에 의하여 산출되며, 표준상태로 보정한 엔진출력이 측정대상자동차의 엔진정격출력의 50% 이상이면 적합, 50% 미만이면 부적합으로 판정한다. 보정출력(Pc)은 식(4.1)과 같이 측정출력(Pe)과 표준상태 보정 값(K)의 곱으로 계산할 수 있다. 이때, 표준상태 보정 값(K)은 식(4.2)로 계산한다. 이 때 공연비계수(fm)은 1.2를 적용한다. 또한, 대기계수(fa)는 식(4.3)으로 계산한다. 다만 터보과급엔진인 경우에는 식(4.4)를 이용하여 대기계수를 계산한다. 여기에서 Ps는 대기 압력을 T는 대기온도를 나타낸다.

$$P_c = P_e \times K \tag{4.1}$$

$$K = f_a^{f_m} \tag{4.2}$$

$$f_a = \frac{99}{P_s}\left(\frac{T}{298}\right)^{0.7} \tag{4.3}$$

$$f_a = \frac{99}{P_s}\left(\frac{T}{298}\right)^{1.5} \tag{4.4}$$

이때 표준상태는 흡기온도 298K(25℃)를, 대기 압력은 100kPa(건조대기압력 99kPa+수증기압력 1kPa)의 대기상태를 말한다. 엔진정격회전수는 1모드에서 측정된 엔진회전수가 정격회전수의 ±5% 이내이면 적합으로 판정하고, 정격회전수의 ±5%를 벗어나면 부적합으로 판정한다. 매연농도는 각 모드에서 측정된 매연농도가 모두 운행자동차 배출허용기준 이내에 포함되면 적합으로 판정하고, 1, 2, 3모드에서 운행자동차 배출허용기준을 초과하면 부적합으로 판정한다. 엔진회전수는 10rpm 단위로, 엔진출력은 소수점 첫째자리에서 반올림하여 1ps 단위로, 매연농도는 소수점 이하는 버리고 1% 단위로 나타내야 한다.

Fig. 20은 Lug-down 3mode 기법의 주행그래프를 나타내었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

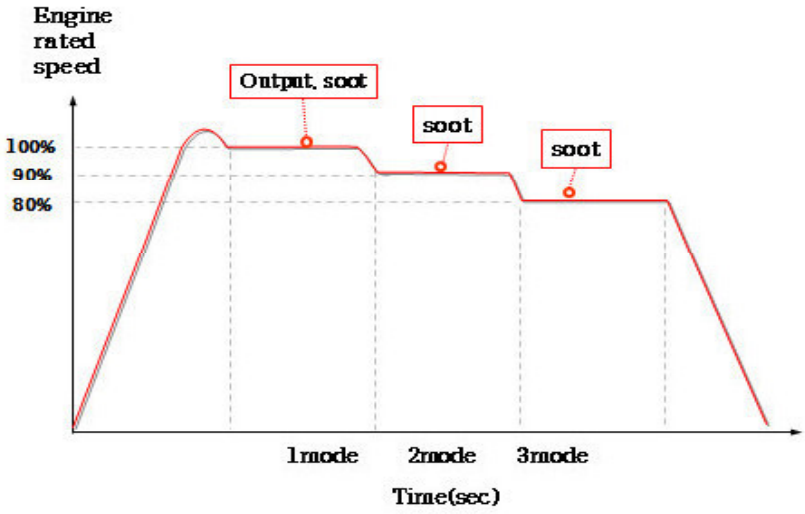


Fig. 20 Running graph of Lug-Down 3 mode

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.2.2 KD147모드(한국형 디젤147) 기법

4.2.2.1 적용범위

이 측정방법은 승용 및 중형 이하 승합, 화물, 특수 디젤사용자동차의 매연농도를 측정하는데 적용한다.

4.2.2.2 측정원리

Chassis Dynamo에서 차량 기준중량에 따라 도로 부하마력을 설정한 정해진 주행그래프에 따라 정지된 Idle 상태에서 최고 83.5 km/h까지 147초 동안 정속, 가속, 감속하면서 매연농도(%)를 측정하며, 매연농도는 부분유량채취방식을 이용한 광투과식매연측정기를 사용하여 측정한다.

4.2.2.3 측정대상 자동차의 상태

자동차 바퀴의 물, 흙, 먼지 등의 이물질을 제거고 Chassis Dynamo에 차륜을 올려놓는 부분인 답판 위에 자동차의 구동바퀴를 정치시키고 답판을 하강시킨 후 자동차를 서서히 구동시켜 자동차를 Chassis Dynamo 롤러에 정면으로 대칭이 되도록 정렬시킨다. 자동차의 변속기어를 매뉴얼 변속기는 중립, Auto 변속기는 중립(N) 또는 주차위치(P)에 놓고, 구동되지 아니하는 바퀴에는 고임목 또는 주차브레이크 등을 이용하여 자동차를 고정시킨다. 배출가스 측정값에 영향을 주거나 측정에 장애를 줄 수 있는 자동차의 서리제거, 에어컨장치 등 부속장치를 작동하여서는 아니 된다. 매연측정기의 시료채취관은 10 ㎝이상의 깊이로 삽입하고, 배기관의 벽면으로부터 5 ㎜이상 떨어지도록 설치한다. 엔진냉각용 송풍기를 설치하고 운전자용 보조화면을 검사대상자동차를 운전하는 검사원이 보기 쉬운 곳에 설치하여 시야를 확보한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.2.2.4 검사모드의 구성

가. 도로부하마력의 설정

Chassis Dynamo 부하마력은 Chassis Dynamo 롤러 속도를 기준으로 하며, 측정자동차 속도 80 km/h에서 도로부하를 재현할 수 있도록 설정하였고 Chassis Dynamo 도로부하는 Table 8의 부하마력조건표에 의해 차량 기준중량에 따라 계수(AV, CV) 및 등가관성중량을 결정한다. 차량 기준중량(RW)은 식(4.5)와 같이 시험자동차의 차량중량(Wv)에 승차정원 중량(Wn)과 적재량(Wl)의 절반의 합으로 하여 계산한다. 여기에서 Wt는 차량에 적재된 총중량을 의미한다.

$$RW = W_v + \left(\frac{W_n + W_l}{2} \right) = W_v + \frac{W_t}{2} \tag{4.5}$$

기준중량이 1,700kg 이상의 승용형자동차 이외의 차량은 Table 8에 있는 계수 값에 1.3배를 곱한 값을 적용한다. 도로부하마력(TRLHP)과 관성시뮬레이션(F)의 설정기준은 식(4.6)과 (4.7)로 계산한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Table 8. The conditions of load horsepower

차량 기준중량	등가관성중량	80km/h 속도에서의 동력계 흡수부하마력		계수	
				A_V	C_V
RW(kg)	kg	kW	N	N	N/(km/h)2
RW≤480	455	3.8	171	3.8	0.0261
480<RW≤540	510	4.1	185	4.2	0.0282
540<RW≤595	570	4.3	194	4.4	0.0296
595<RW≤650	625	4.5	203	4.6	0.0309
650<RW≤710	680	4.7	212	4.8	0.0323
710<RW≤765	740	4.9	221	5.0	0.0337
765<RW≤850	800	5.1	230	5.2	0.0351
850<RW≤965	910	5.6	252	5.7	0.0385
965<RW≤1080	1020	6.0	270	6.1	0.0412
1080<RW≤1190	1130	6.3	284	6.4	0.0433
1190<RW≤1305	1250	6.7	302	6.8	0.0460
1305<RW≤1420	1360	7.0	315	7.1	0.0481
1420<RW≤1530	1470	7.3	329	7.4	0.0502
1530<RW≤1640	1590	7.5	338	7.6	0.0515
1640<RW≤1760	1700	7.8	351	7.9	0.0536
1760<RW≤1870	1810	8.1	365	8.2	0.0557
1870<RW≤1980	1930	8.4	378	8.5	0.0577
1980<RW≤2100	2040	8.6	387	8.7	0.0591
2100<RW≤2210	2150	8.8	396	8.9	0.0605
2210<RW≤2380	2270	9.0	405	9.1	0.0619
2380<RW≤2610	2270	9.4	423	9.5	0.0646
2610<RW	2270	9.8	441	9.9	0.0674

$$TRLHP = (A_v \times V_v) + (B_v \times V_v^2) + (C_v \times V_v^3) \tag{4.6}$$

$$F = M_E \times a \tag{4.7}$$

식(4.6)의 Av는 구름저항계수, Bv는 기계마찰저항계수, Cv는 공기력저항계수를 의미하고, Vv는 설정하는 자동차의 현재 속도를 나타낸다. 또한, 식(4.7)에 a는 가속도를 나타내며, ME는 정기관성중량으로 차량 기준중량에 따른 등가관성중량(MC)과 기본관성중량(MD)의 차로 계산된다. 또한 식(4.7)은 식(4.8)과 같이 나타내어 계산할 수 있다.

$$F = (M_C - M_D) \times a \tag{4.8}$$

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

차량 기준중량에 따른 증가관성중량은 차량 기준중량이 2,610 kg을 초과하는 승합 및 화물, 특수자동차의 경우에는 차량 기준중량을 적용한다. 그리고 자동차가 a라는 가속도로 운동할 때의 관성력과 Chassis Dynamo 롤러가 a가속도로 운동할 때의 관성력의 차이만큼을 Chassis Dynamo에서 시뮬레이션 해주어야 한다.

나. 모드구성

예열모드는 Chassis Dynamo에서 엔진정격출력의 40% 부하에서 50±6.2 km/h의 속도로 주행하면서 40초 동안 예열을 한다. 검사모드를 형성하기 위해서 측정대상자동차의 설정된 주행속도와 부하마력을 모드 구성요건에 맞게 유지하여야 하며, 만약 예열모드 구간에 모드 구성 요건을 벗어나면 벗어난 시점부터 다시 검사모드를 시작한다.

주행모드는 예열모드가 끝나고 Chassis Dynamo 롤러가 정지하면, 즉시 주행그래프와 주행데이터에 따라 총 147초 동안 정지된 Idle 상태에서부터 최고 83.5 km/h까지 주행하면서 정속, 급가속, 가속, 감속, 급 감속을 하면서 주행한다. 이때의 운전 중 허용되는 오차는 상한속도는 규정된 시간 1초 이내의 속도곡선 상에서 가장 높은 속도보다 3.2km/h 높은 속도로 Fig. 21과 같이 유지해야하고, 하한속도는 규정된 시간 1초 이내의 속도곡선 상에서 가장 낮은 속도보다 3.2km/h 낮은 속도로 Fig. 22와 같이 유지해야 한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

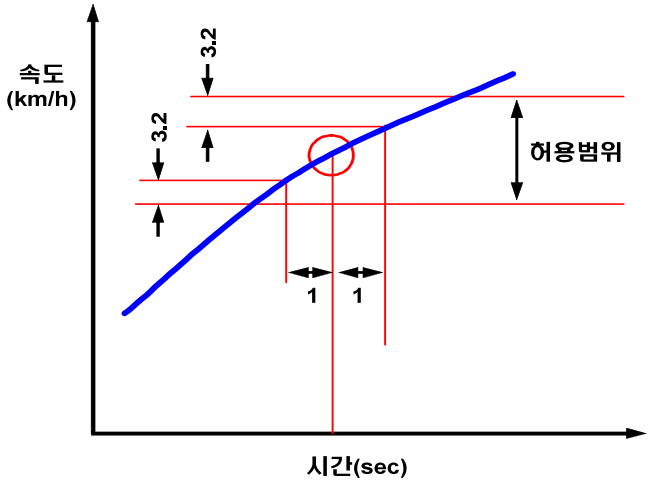


Fig. 21 Permission error at upper speed

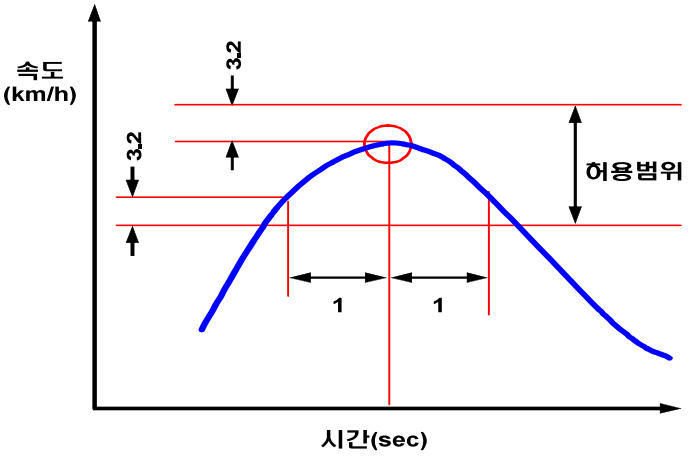


Fig. 22 Permission error at lower speed

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

그리고 기어 변속할 때 허용오차보다 더 큰 속도변화는 2초 이내에 실행되면 허용하고, 허용횟수는 0초에서부터 147초까지 전 구간에서 3회 이하로 한다. 감속구간인 128~147초는 운전허용오차를 적용하지 않고 추세선만 표시한다. 기어변속은 매뉴얼 변속기 차량의 경우 운전자의 모니터 화면에 기어변속시점과 함께 주행주기을 아래와 같이 표시되어야 하며, 주행주기에 따라 알맞은 기어변속을 선택하여 주행한다. 단 3단구간인 12초에서 2단구간인 26초의 감속구간은 3단을 유지 하면서 감속 주행할 수 있다. 시간에 따른 기어변속단수는 Table 9 와 같이 시행한다.

Table 9. Gear shift point according to time

시간(초)	4	8	12	26	52	70	74	141
기어단수	1	2	3	2	3	4	5	N

가속은 지정된 변속 절차에 따라 부드럽게 하여야 하고, 매뉴얼변속일 때의 운전자는 가속페달에서 발을 떼고 빠르게 변속하여야 한다. 만약 검사 차량이 지정된 속도로 가속되지 않을 때에는 주행데이터에 명시된 속도에 도달하도록 최대의 힘을 내도록 차량을 가속하여 운전해야 한다. 감속구간인 128~147초는 브레이크를 사용하여 감속하거나 Chassis Dynamo 부하에 의해 주행주기를 따라 자동 감속시킨다.

다. 검사결과의 판정

매연측정값 판정은 최고측정값을 중심으로 1초 동안 전후 0.25초 시간에 측정된 5개의 1초의 시간동안 산술된 평균값(A)을 측정값으로 한다. 다만 1초의 시간동안 산술된 평균값이 매연허용기준을 초과할 경우에는 매연 배출허용기준이 30% 이상인 경우 최고측정치의 3초 전과 후의 7초 동안의 시간동안 산술된 평균값을 구하여 7초 동안의 산술평균값(B)이 20%를 초과하면 1초의 시간동안 산술된 평균값(A)을 측정값으로 적용하고, 20% 이하이면 7초 동안의 시간동안 산술된 평균값(B)을 측정값으로 적용한다. 이때 매연 배출허용기준이 25% 이하인 경우에는 최고측정값의 3초 전과 후의 7초의 시간동안 산술되 평균값을 구하여 7초 동안의 시간동안 산술된 평균값(B)이 10%를 초과하면 1초

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

의 시간동안의 산술된 평균값(A)을 측정값으로 적용하고, 10% 이하이면 7초 동안의 시간동안 산술된 평균값(B)을 측정값으로 적용한다. 산술평균값(A, B)이 매연 배출허용기준을 초과하지 않으면 적합으로 판정하고, 초과하면 부적합으로 판정한다. 매연농도 값은 소수점 이하는 버리고 % 단위로 산출하며, 자동차의 결함 발생 및 엔진출력 부족으로 예열모드 및 검사모드가 구현되지 않을 때는 부적합으로 판정한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.2.3 광투과식 무부하급가속검사 모드 기법

이 측정방법은 무부하검사 기법으로 Chassis Dynamo에서 부하검사로 배출가스 검사가 불가능한 디젤사용자동차의 매연농도 측정에 적용한다. 측정원리는 정지가동인 아이들 상태에서 자동차 엔진을 급가속하여 배출되는 매연의 농도 값를 부분유량채취방식을 이용한 광투과식매연측정기를 사용하여 측정한다. 측정대상 자동차의 상태는 매뉴얼 변속기 자동차는 변속기어를 중립에 놓고, Auto 변속기 자동차는 중립인 N 또는 주차인 P 위치에 놓는다. 측정하는 동안에는 차량이 이탈되는 것을 방지하기 위해 주차브레이크를 체결하거나, 자동차를 고정시켜야한다. 이 때 측정값에 영향을 미치거나 측정에 장애를 줄 수 있는 장치인 자동차의 서리제거장치 등의 부속장치를 작동하여서는 안된다. 또한 엔진회전속도계를 설치고 광투과식 매연측정기의 시료채취관은 배기관에 5 ㎝정도의 깊이로 삽입하고, 배기관의 벽면에 5 ㎜이상 떨어지도록 설치한다. 검사모드 실행 중 아이들 상태에서 가속페달을 서서히 밟아 엔진회전수를 증가할 때 자동차 또는 엔진에서 이상소음 발생 유무를 확인하고 손상이 우려되는 고장 및 결함이 발견될 경우에는 즉시 가속을 멈추고 검사를 중지하여 부적합 판정을 한다.

4.2.3.1 검사모드의 구성

가. 예비무부하급가속

엔진을 정상작동상태로 웜업하고 배기관 내에 쌓여있는 매연을 배출시키기 위해서 검사대상자동차의 변속기가 중립인 상태에서 엔진을 아이들에서 가속페달을 최대로 밟은 상태로 급가속하여 엔진최고회전수에 도달하게 가속 후 2초간 유지시키고 아이들 상태로 복귀시킨 다음 5~6초간 아이들 상태로 유지하며 이와 같은 과정을 3회 이상 반복 실행한다. 이때 엔진최고회전수를 검출하고, 엔진최고회전수가 정격회전수 미만으로 측정되거나 가속페달을 밟을 때부터 4초 이내의 시간에 엔진최고회전수에 도달하지 못할 때에는 부적합으로 판정을 한다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

나. 매연측정

예비무부하급가속과정을 수행한 후에도 엔진은 웜업되어 있어야 하고 예열이 충분하지 않다고 판단된 경우에는 엔진을 충분히 예열시킨 후 매연농도를 측정한다. 가속페달에 발을 올려놓고 예비무부하급가속과정과 같이 엔진의 회전수를 최고회전수에 도달하도록 급속히 밟는다. 이때 엑셀페달을 밟을 때부터 놓을 때까지 걸리는 시간은 4초 이내로 하여야하고 4초 이내의 시간에 매연농도 값을 측정한다. 이때 측정된 매연농도 값은 최대 0.5초 단위로 산술하여 평균하고 이중 최대값을 측정값으로 적용한다.

다. 검사결과의 판정

위의 매연측정 방법으로 3회 연속 측정한 매연농도를 산술하여 평균하고 소수점 이하는 버리고 최종 측정값으로 한다. 이때 3회 연속적으로 측정한 매연농도 값의 최대값과 최소값의 차이가 5%를 초과하거나 최종측정값이 운행차배출허용기준에 맞지 않을 경우에는 연속적으로 1회씩 더 측정하여 최대 5회까지 측정하고 마지막 3회의 측정값을 산출하여 마지막 3회의 최대값과 최소값의 차가 5%이내이고 측정값의 산술평균값도 운행차배출허용기준 이내이면 측정을 마치고 이를 최종측정값으로 한다. 위의 검사 방법으로 5회까지 반복 측정하여도 최대값과 최소값의 차가 5%를 초과하거나 배출허용기준에 맞지 아니한 경우에는 마지막 3회의 측정값을 산술하여 평균값을 최종측정값으로 하여 적합부적합을 한다[35].

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 실험방법 및 조건

매연 측정프로브 흡입효율을 측정하기 위해 국토교통부에서 지정한 지정정비사업자의 종합검사소에서 실제 종합검사 차량과 같은 방법 및 조건의 환경에서 진행하였다. Table 10은 실험 검사장의 실험 조건이며, 실험진행은 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법과 광투과식 무부하급가속 검사 기법으로 진행하였다. 이때 흡입온도와 매연 농도는 Fig. 23과 같이 매연 측정프로브를 삽입하고 측정하여 비교 확인하였다.

첫째 배기관 각도가 0도, 30도, 45도, 70도, 90도 조건에서 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연측정프로브(B)를 소형배기관에 삽입 후 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법으로 진행하여 각 모드별 평균 흡입 온도와 매연 흡입량을 그래프로 확인하여 흡입효율을 확인 하였다. 또한 소형 차량 배기관을 일부 절개하여 지정된 각도별 위치를 설정하여 두 프로브의 위치를 비교 확인하였다.

둘째 굴곡진 중형차량 배기관에 70도, 90도의 일부조건에서 (A), (B), (C) 매연 측정프로브를 배기관에 삽입하여 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법으로 진행하여 각 모드별 평균 흡입 온도와 매연 흡입량을 그래프로 확인하여 흡입효율을 확인하였다. 또한 굴곡진 배기관을 일부분 절개하여 지정된 각도별 프로브의 위치를 확인하여 (A), (B), (C) 매연 측정프로브 중 어떤 프로브가 배기관에 삽입 시 프로브 홀이 중심에 가까이 위치하는지를 직접 사진을 촬영하여 비교 확인하였다.

1차 측정은 A 차량과 B 차량으로 실시하였다. A 차량 측정은 3회의 잔류매연 제거와 일정 setting time 없이 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법으로 진행하여 온도와 매연흡입량을 그래프로 비교 확인하였다. 또 다른 B 차량 측정은 5회의 잔류매연을 제거하고 일정한 setting time를 유지하면서 연속하여 측정하여 비교 확인하였다.

자동차의 매연 흡입 효율은 배기관에 삽입 시 배기관 원주면의 중심에 가까이 위치할수록 그 효율이 이상적으로 향상된다. 앞의 A, B 차량의 두 실험에서 개선 매연 측정프로브(B)가 기존 매연 측정프로브(A)보다 성능이 우수한 것을 실험 결과로 확인하였다. 그러나 매연 측정프로브(B)의 문제점이 일부 조건에서 발생하여 매연 측정프로브(C)로 추가 개선하였다. 2차 측정은 중형 경유사용자동차 배기관에 (A), (B), (C) 매연 측정프로브를 삽입 후 B 차량과 C 차량으로 각각 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법으로 진행하여 70도, 90도 조건에서의 온도와 매연 측정값을 그래프로 비교분석하여

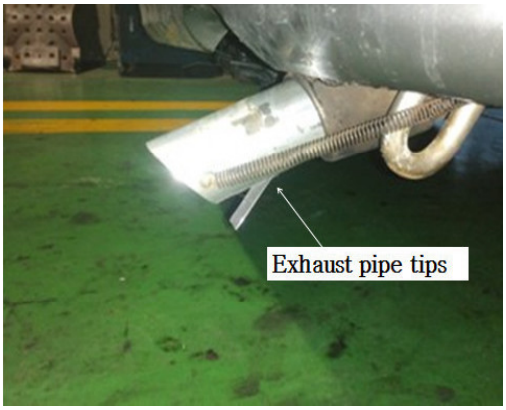
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

흡입효율을 측정하였다. 또한 B 차량으로 굴곡진 중형차량 배기관을 이용하여 70도, 90도 조건에서의 매연 측정프로브를 배기관에 삽입 후 광투과식 무부하급가속 검사 기법으로 측정하여 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)의 온도와 매연 측정값을 그래프로 비교하여 흡입효율을 측정 확인하였다.

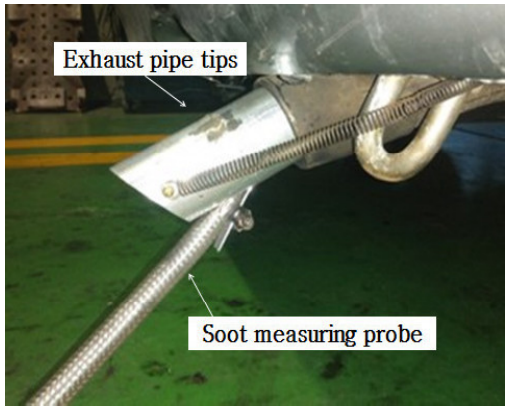
Table 10. Measuring conditions

Item	Measuring conditions
How to measure	Lug-down 3 mode
Ambient temperature (℃)	0~35
Atmospheric humidity (%)	40~75
Atmospheric pressure (kpa)	101.3
Place of measurement	Comprehensive automobile inspection center

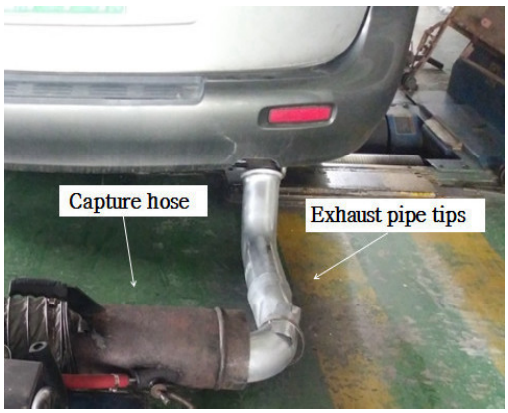
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



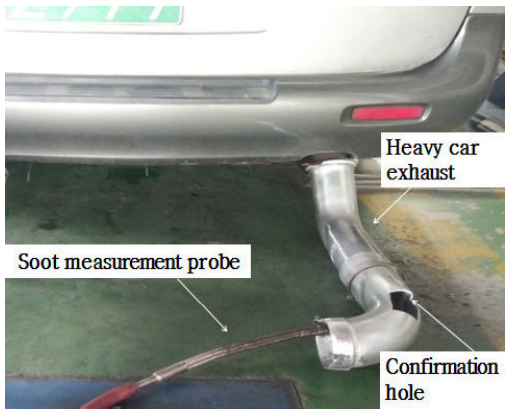
(a) Small vehicle exhaust pipe tips



(b) Exhaust pipe probe installation



(c) Midsize vehicle exhaust pipe tips



(d) Installation of exhaust pipe prob

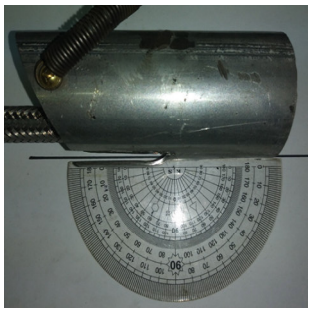
Fig. 23 Installation of a soot measuring probe on an experimental vehicle

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.3.1 배기관 각도 변화 조건에 따른 실험(A프로브, B프로브)

(A)프로브와 (B)의 배기관각도변화 조건에 따른 실험으로 본 논문에서는 Fig. 24~28과 같이 배기관 각도가 0도, 30도, 45도, 70도, 90도 조건에서 배기관을 일부 절개하여 (A), (B) 매연 측정프로브의 위치를 비교한 것을 보여주고 있다.

Fig. 24~28에서 보는 것과 같이 각도변화가 클수록 기존 매연 측정프로브(A)는 배기관 내에 프로브가 5mm의 이격거리를 유지 못하는 것을 알 수 있으며, 개선 매연 측정프로브(B)는 5mm의 이격거리를 유지하였다.



Angle check

(A) Probe position

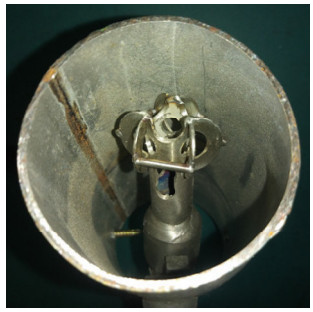
(B) Probe position

Fig. 24 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 0 degree exhaust angle

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

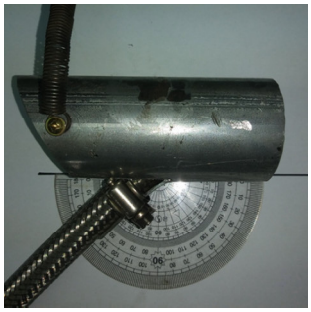
Angle check

(A) Probe position



(B) Probe position

Fig. 25 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 30 degree exhaust angle



Angle check

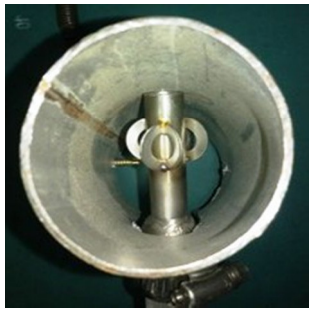
(A) Probe position

(B) Probe position

Fig. 26 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 45 degree exhaust angle

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

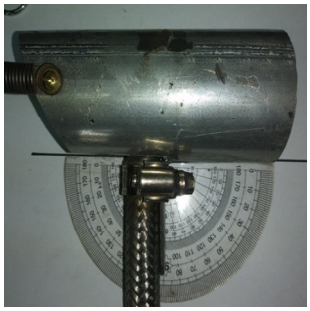
Angle check



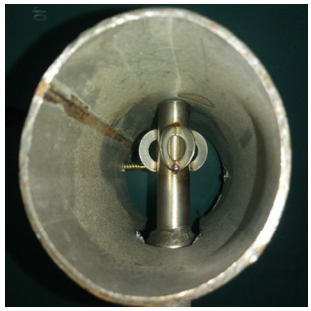
(A) Probe position

(B) Probe position

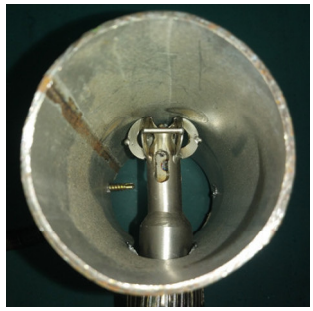
Fig. 27 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 70 degree exhaust angle



Angle check



(A) Probe position



(B) Probe position

Fig. 28 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) and (B) at 90 degree exhaust angle

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.3.2 배기관 각도 변화 조건에 따른 실험(A프로브, B프로브, C프로브)

실험진행은 배기관 각도 70도, 90도 조건에서 (A), (B), (C) 매연 측정프로브를 각각 배기관에 삽입 후 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법으로 진행하여 온도와 매연 흡입량을 그래프로 확인하여 흡입효율을 확인 하였다. 또한 (A), (B), (C) 매연 측정프로브를 배기관에 삽입하여 70도 및 90도 조건에서의 프로브의 위치를 확인하여 어떤 매연 측정프로브가 배기관에 삽입 시 중심에 가까이 위치하는지를 직접 사진을 촬영하여 매연 측정프로브 중심 홀 위치를 비교 확인하는 방법으로 진행하였다. 실제 실험과 잔류매연은 1차의 B 차량과 새로운 C 차량으로 1차 실험의 B 차량의 스펙과 측정조건 및 방법을 동일하게 적용하여 5회의 Lug-down 3mode(회전수 제어방식)를 진행하고, 각 모드별 일정한 setting time을 유지하면서 진행하였다. Fig. 29는 매연 측정프로브(C)의 작동을 보여주고 있으며 좌측은 원주가 큰 배기관 삽입 시 펼쳐지는 모양을, 우측은 원주가 작은 배기관 삽입 시 좁아지는 구조의 가변식 구조를 나타내 주고 있다.

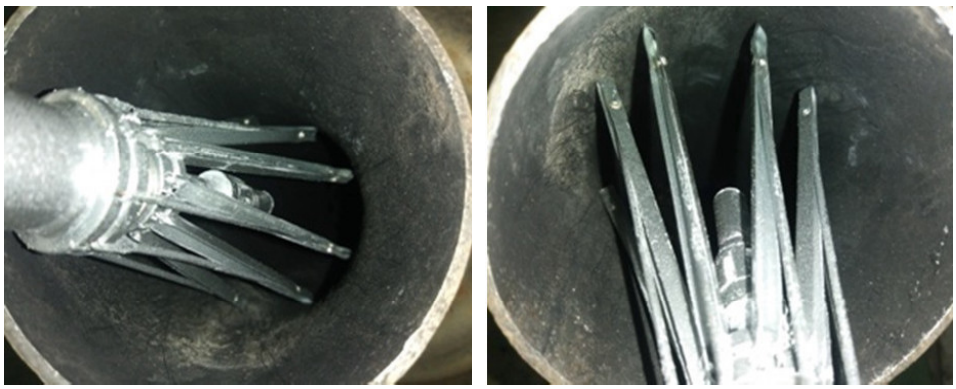
Fig. 29 Improved smoke measurement probe(C) with variable type

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

Fig 30은 매연 측정프로브(C)를 배기관에 삽입 후 360도 회전하여 프로브 홀 위치를 확인한 사진이며, (a) 방향을 기준으로 (b), (c), (d) 시계방향으로 회전시켜 중심 홀의 위치를 확인하였으며, 모든 조건에서 프로브 홀이 중심에 가까이 위치하는 것을 육안으로 확인할 수 있었다.

Fig. 31~33은 실제 배기관 70도 조건에서 배기관을 절개하여 (A), (B), (C) 매연 측정프로브 홀의 위치를 비교한 사진이며, Fig. 34~36은 실제 배기관 90도 조건에서 배기관을 절개하여 (A), (B), (C) 매연 측정프로브 홀의 위치를 비교한 사진이다.

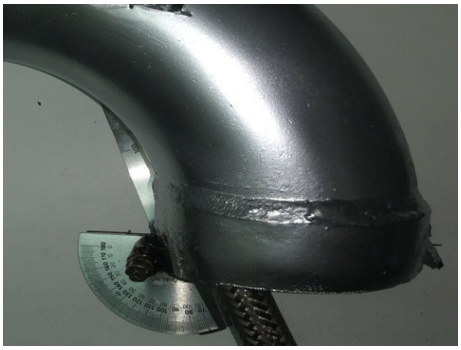
(a) 0 Degrees (b) 90 Degrees



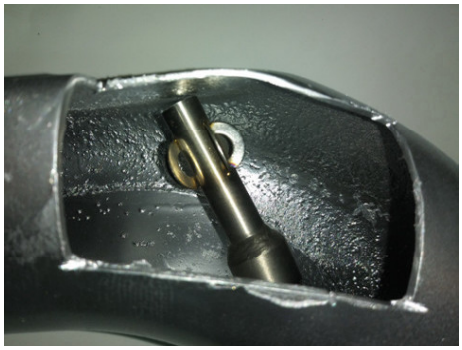
(c) 270 Degrees (d) 180 Degrees

Fig. 30 The insertion of a variable probe(C) into an exhaust pipe

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

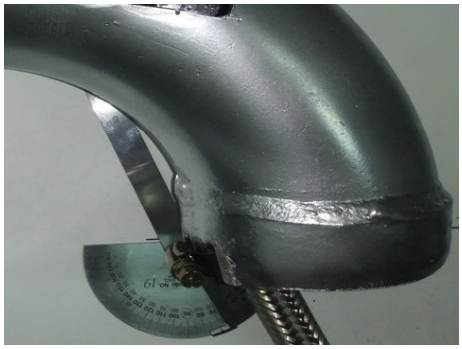


Angle check



(A) Probe position

Fig. 31 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) at 70 degree position

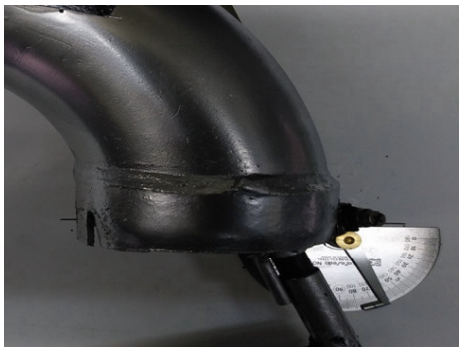


Angle check

(B) Probe position

Fig. 32 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(B) at 70 degree position

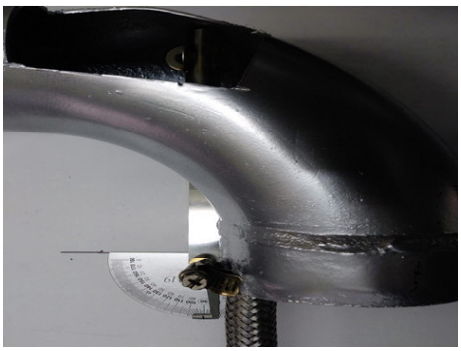
조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY



Angle check

(C) Probe position

Fig. 33 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(C) at 70 degree position



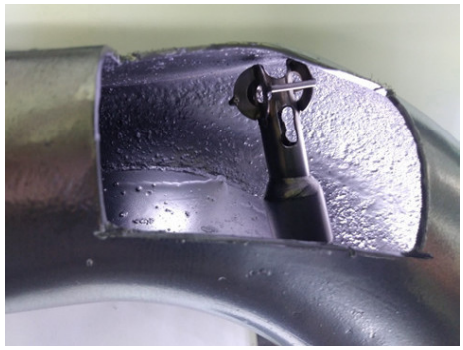
Angle check

(A) Probe position

Fig. 34 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(A) at 90 degree position

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

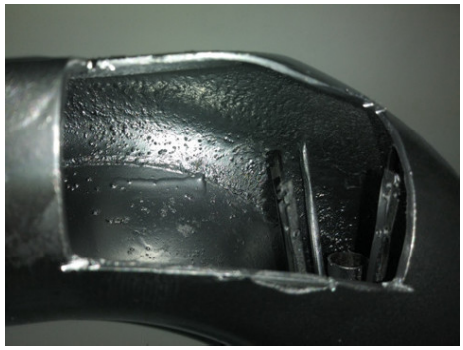
Angle check



(B) Probe position

Fig. 35 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(B) at 90 degree position

Angle check



(C) Probe position

Fig. 36 Location of exhaust pipe insertion of smoke measuring probe(C) at 90 degree position

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

4.3.3 잔류매연제거 매연측정

디젤자동차의 배기시스템은 배기매니폴드, 배기가스 정화장치인 DOC, DPF, SCR 시스템 및 배기관, 1차, 2차 소음기 등으로 구성되어 있으며, 사용시간과 주행거리에 따라 잔류매연이 많은 양이 쌓이게 되어 매연측정량의 편차를 발생시킨다.

Fig. 37은 소형 차량의 배기시스템 구성과 중형차량의 배기시스템 구성을 보여주고 있다. 이러한 배기 시스템 내의 잔류매연은 일정한 주행거리와 차량의 관리상태 공회전시간, 오일 교환시기, 각종배기가스제어장치의 성능저하 및 소음 저감을 위한 소음기 내부의 배틀플레이트의 구조와 흡음제의 종류와 배열에 따라 일정시간이 지나면 잔류매연이 쌓이게 된다. 이러한 잔류매연을 제거하기 위해서는 일정주행거리가 지나면 엔진 Warm-up 후 주기적으로 차량의 최고 회전수까지 급가속 하는 과정을 3회 정도 권장하고 있지만 현재 지구온난화로 인한 이산화탄소규제가 강화되고 있어 도심지역에서는 대기 오염 등을 유발하기 때문에 현실성이 떨어져 차량의 정기검사나 종합검사 때 이루어지는 방법을 대부분 선호하고 있다.

자동차 정기 및 종합검상에서 이루어지는 매연측정은 대기환경법에 따라 무부하검사는 엔진 Warm-up 후 3회의 급가속을 통해 잔류매연을 제거 후 매연을 측정하고 있으며, 부하검사에서는 엔진 Warm-up 후 40초의 예열모드를 구현하여 잔류매연을 제거 후 매연을 측정하고 있다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

(a) Small exhaust pipe (b) Large exhaust pipe

Fig. 37 The configuration of the exhaust system on the vehicle((a) small vehicle, (b) large vehicle)

본 연구에서는 배기관 내의 축적된 잔류매연을 제거하기 위해 1차 실험의 A차량은 3회 나머지 B, C 실험 차량은 5회의 Lug-down 3mode(회전수 제어방식)검사 기법으로 진행하였다. 또한 1차 A 차량 실험은 setting time 없이 임의로 측정하였으며, 나머지 B, C 실험 차량은 각 검사 모드별 setting time은 5분씩 유지하면서 진행하였다. 실제 실험 또한 배기가스 매연량과 온도을 일정하게하기 위해 축적된 잔류매연을 제거 후 연속하여 각도별로 프로브를 교체하며 진행하였으며, setting time은 5분을 유지하면서 진행하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5 장 실험 결과 및 고찰

제 1 절 잔류매연제거 측정

5.1.1 A 차량의 잔류매연제거 측정 결과

A 차량은 잔류매연을 제거하기 위해 3회의 Lug-down 3mode(회전수 제어방식)검사기법으로 진행하여 잔류매연 제거 측정하였다. Fig. 38은 각 모드별 횟수에 따른 매연측정량을 나타내고 있다. 첫 번째 측정 후, 두 번째, 세 번째 측정에서도 Fig. 38에서 보는 것과 같이 잔류 매연량은 많이 줄었지만 측정값이 불 안정하는 것을 알 수 있었으며, 잔존하는 잔류매연의 영향으로 실 측정 시 측정값에 영향을 주어 측정값의 편차가 나타나는 것을 알 수 있었다.

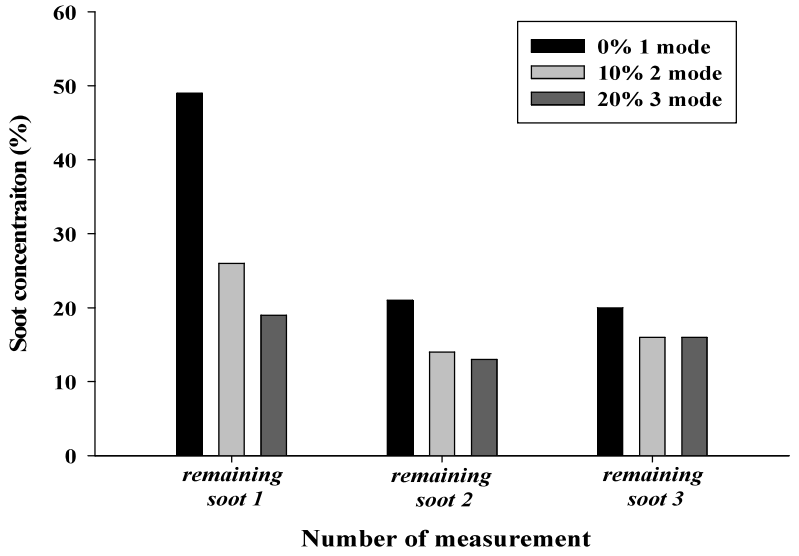


Fig. 38 The change of soot concentration according to the number of removal for residual soot removal from (A) vehicle.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.1.2 B 차량의 잔류매연제거 측정 결과

B 차량은 A 차량의 측정결과에 따른 잔류매연의 측정편차를 줄이기 위해 잔류매연 측정 횟수를 2회 추가하여 5회를 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 기법으로 진행하여 잔류매연 제거 측정하였다. Fig. 39는 각 모드별 횟수에 따른 매연측정량을 나타내고 있다. Fig. 39에서 볼 수 있듯이 3회 이후부터 측정값이 안정되었다. A 차량의 3회 측정보다 2회를 더 실시함으로써 측정값이 안정되는 것을 알 수 있었으며, 실 측정에서도 잔량의 잔류매연으로 인한 측정값의 영양이 적은 것으로 나타났다. 일반적으로 차량의 관리상태와 차종에 따라 편차는 있을 수 있지만 실험 데이터로 알 수 있듯이 충분한 잔류매연을 제거 후 매연을 측정하는 것이 측정값에 영향을 덜 미치는 것을 알 수 있다.

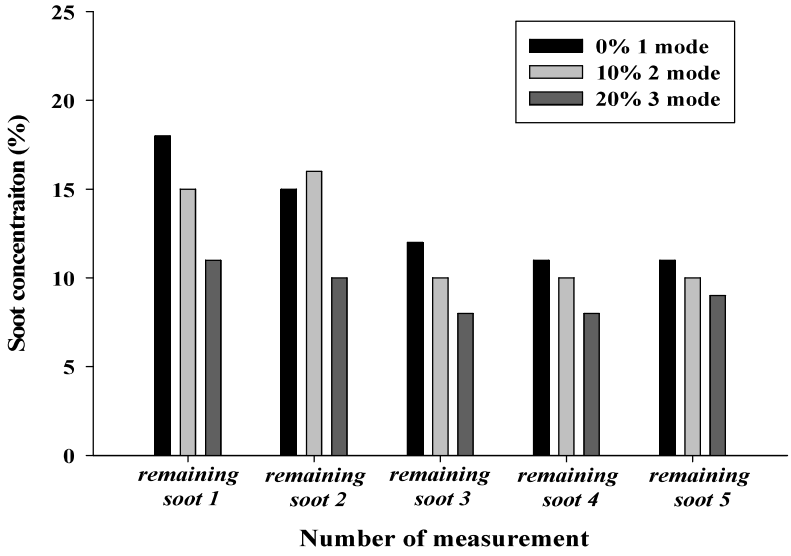


Fig. 39 The change of soot concentration according to the number of removal for residual soot removal from (B) vehicle.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2 절 A 차량의 매연측정

5.2.1 프로브(A)와 프로브(B)의 매연 농도와 온도의 측정 결과

5.2.1.1 각 모드별 매연 농도의 측정 결과

Fig. 40~42는 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 측정에서 각 모드별 매연 농도를 보여주고 있다. Fig. 40~42의 매연 농도 그래프로 알 수 있듯이 0도와 30도에서 매연 흡입량의 차이는 개선 매연 측정프로브(B)보다 기존 매연 측정프로브(A)에서 좋게 나타났으며, 이는 잔류 매연의 영향으로 판단되며, 45도에서 70도까지는 크게 차이가 나타나지 않지만, 70도 이상에서는 기존 프로브보다 개선 매연 측정프로브(B)의 성능이 향상되는 것을 알 수 있었다. 또 한 90도의 흡입구가 확보되지 않은 조건에서는 수치의 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있었다.

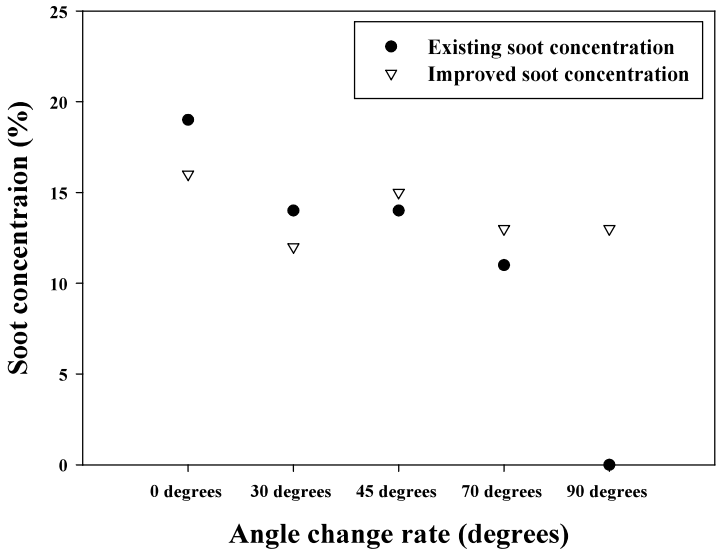


Fig. 40 The change of soot concentration according to angle change at 1 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

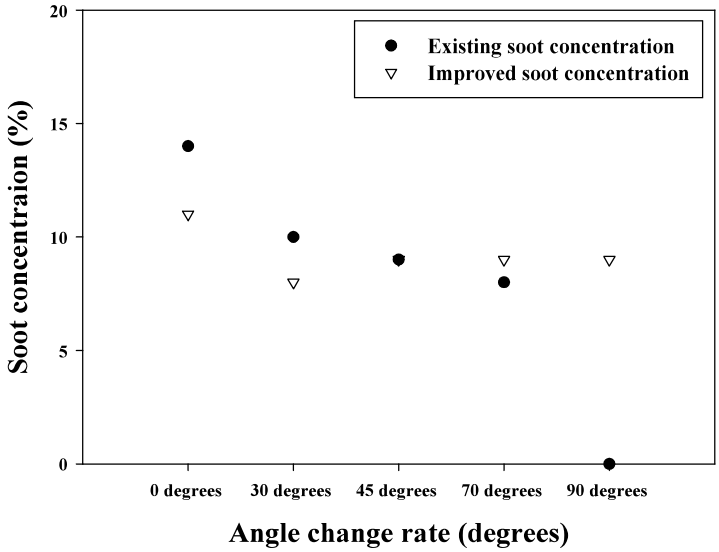


Fig. 41 The change of soot concentration according to angle change at 2 mode.

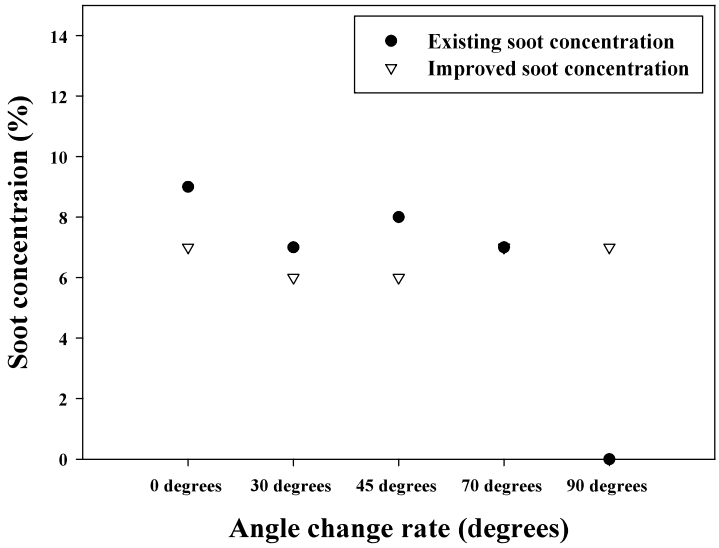


Fig. 42 The change of soot concentration according to angle change at 3 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.2.1.2 각 모드별 흡입온도의 측정 결과

Fig. 43~45는 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 측정에서 각 모드별 흡입온도를 보여주고 있다. Fig. 43~45의 흡입 온도의 변화 결과는 두 프로브 모두 각도변화가 클수록 낮아지는 것을 알 수 있었다. 기존 매연 측정프로브(A)보다 개선 매연 측정프로브(B)에서 모든 모드에서 평균온도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 각 모드별 setting time 없이 측정 한 결과로 연속 측정시 부하율에 따라 기관의 과열이 원인이라 판단된다. 측정결과로 알 수 있듯이 일정시간 setting time을 유지 할 때보다 온도 측정값의 편차를 보이는 것을 알 수 있었다. 하지만 각도가 커질수록 두 프로브 모두 온도가 낮아졌으며, 30도, 45도, 70도, 90도 조건에서 개선 매연 측정프로브(B)가 성능이 향상되었음을 확인할 수 있었다.

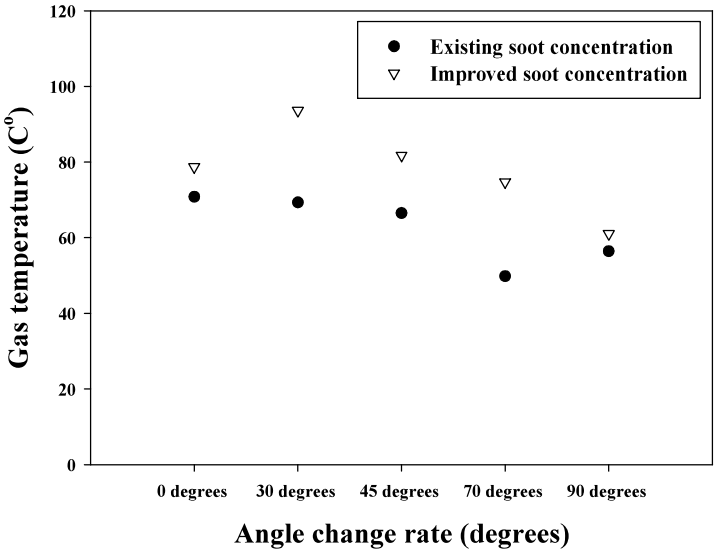


Fig. 43 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 1 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

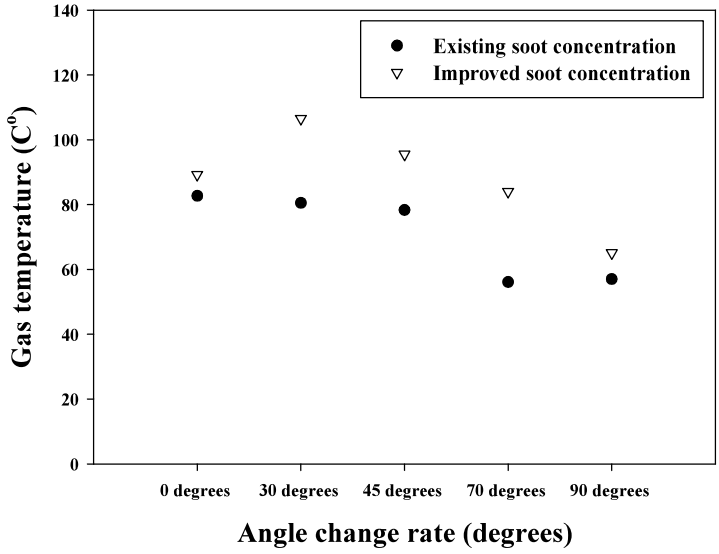


Fig. 44 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 2 mode.

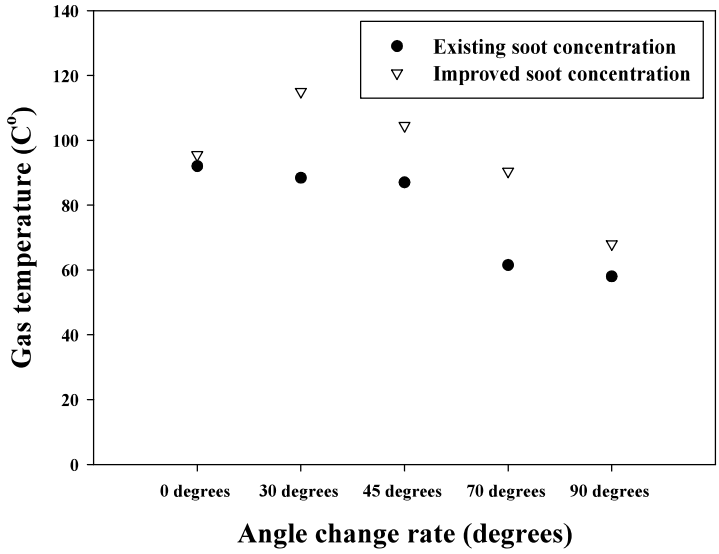


Fig. 45 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 3 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 3 절 B 차량의 매연측정

5.3.1 프로브(A)와 프로브(B)의 매연 농도와 온도의 측정 결과

5.3.1.1 각 모드별 매연 농도의 측정 결과

Fig. 46~48은 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 측정에서 각 모드별 매연 농도를 보여주고 있다. Fig. 46~48의 매연 농도 결과로 알 수 있듯이 0도에서 45도 까지는 매연 흡입량의 차이는 크게 나타나지 않았고 70도부터 기존 매연 측정프로브(A)보다 개선 매연 측정프로브(B)의 성능이 향상되는 것을 알 수 있었다. 또한 90도 조건에서는 측정값의 큰 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 측정데이터로 알 수 있듯이 5회의 잔류매연 제거와 일정한 setting time 유지로 각 모드별 측정값이 A차량 측정보다 일정하게 측정되었으며 각도가 클수록 개선 매연 측정프로브(B)의 성능이 향상되는 것을 알 수 있었다.

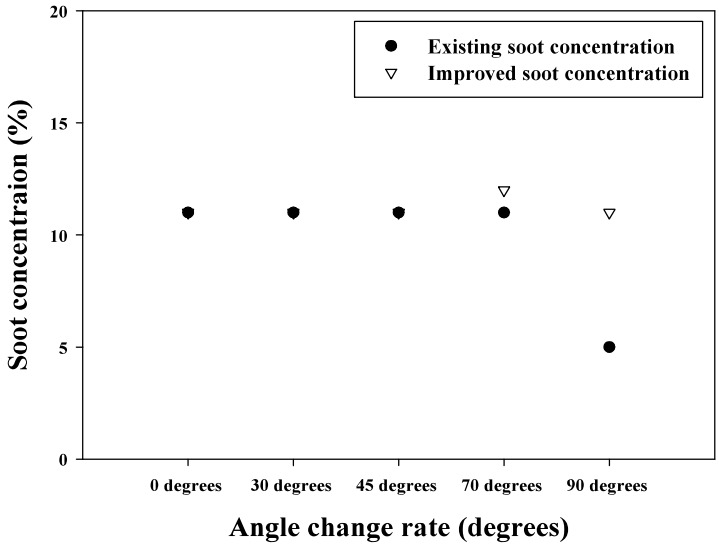


Fig. 46 The change of soot concentration according to angle change at 1 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

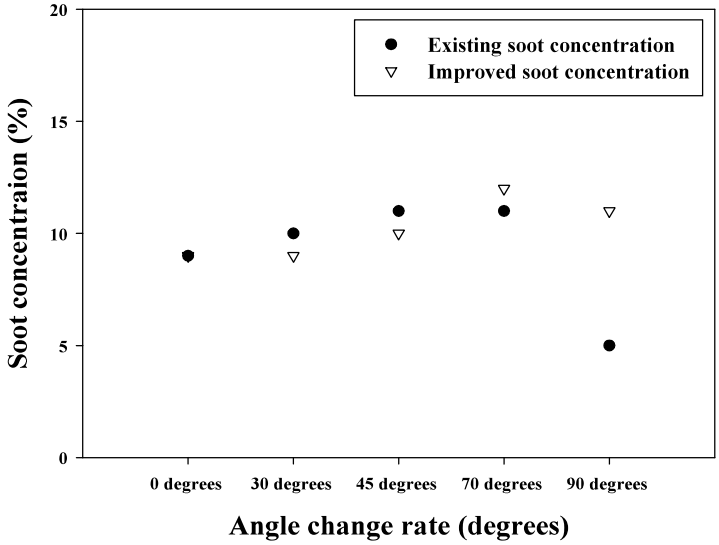


Fig. 47 The change of soot concentration according to angle change at 2 mode.

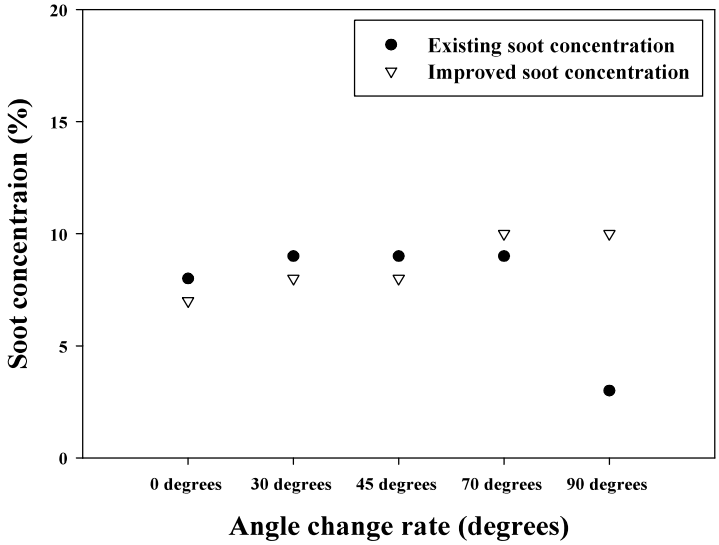


Fig. 48 The change of soot concentration according to angle change at 3 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.3.1.2 각 모드별 흡입온도의 측정 결과

Fig. 49~51은 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 측정에서 각 모드별 흡입온도를 보여주고 있다. Fig. 49~51의 흡입 온도의 변화 결과는 두 프로브 모두 각도변화가 클수록 낮아지는 것을 알 수 있었다. 기존 매연 측정프로브(A)는 70도, 90도 조건의 각도변화가 클수록 낮게 나타나고 특히 90도 조건에서는 변화의 폭이 크게 낮아졌으며, 매연의 농도 값 또한 낮아지는 것을 알 수 있었다.

개선 매연 측정프로브(B)는 각도 변화에 따라 일정한 패턴으로 온도가 낮아지는 특성을 보였으며, 45도와 70도 일부 조건에서는 기존 프로브보다 온도가 낮게 측정되는 특성을 보였지만 매연 농도 값 차이는 나타나지 않고 일정하게 측정되는 것을 알 수 있었다. 개선 매연 측정프로브(B)의 45도와 70도 일부 조건의 온도가 낮아지는 특성은 개선된 프로브의 형상에 따른 것으로 프로브 측면의 관통 홀의 영향으로 배기가스의 유속의 차이 나는 결과로 해석되었다.

측정결과로 알 수 있듯이 개선 매연 측정프로브(B)가 각도의 변화의 큰 조건일수록 매연의 농도를 일정하게 측정하는 것을 알 수 있었으며, 모든 조건에서 매연의 농도를 일정하게 측정하였고, 기존 매연 측정프로브보다 성능이 우수한 것을 알 수 있었다.

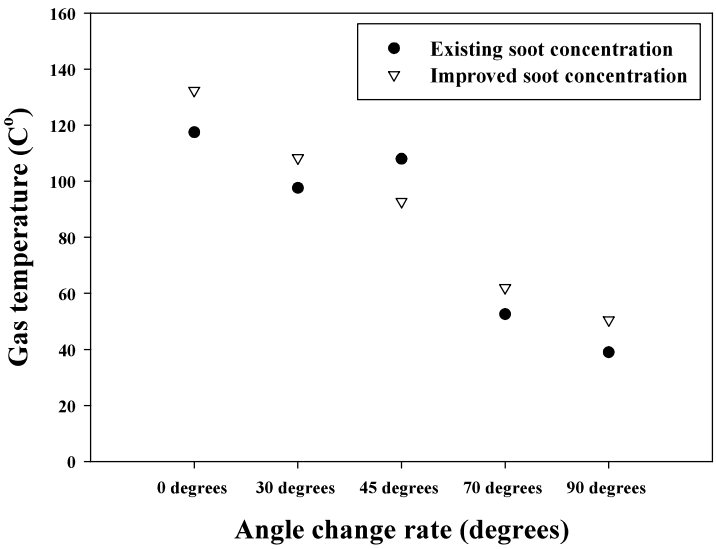


Fig. 49 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 1 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

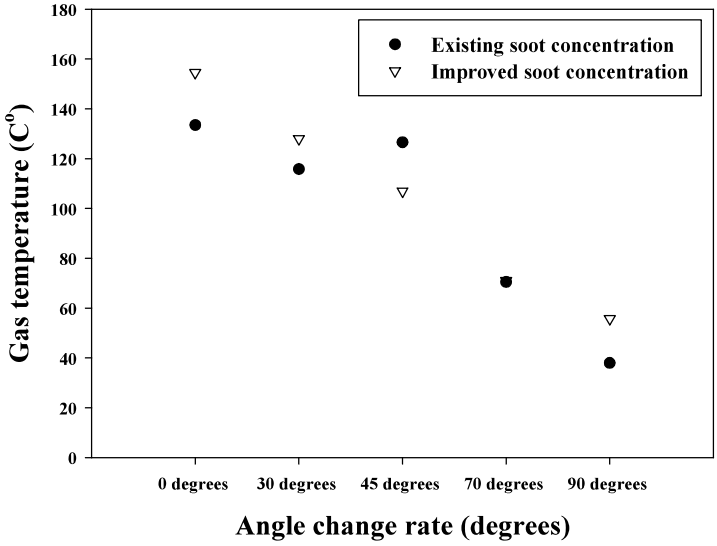


Fig. 50 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 2 mode.

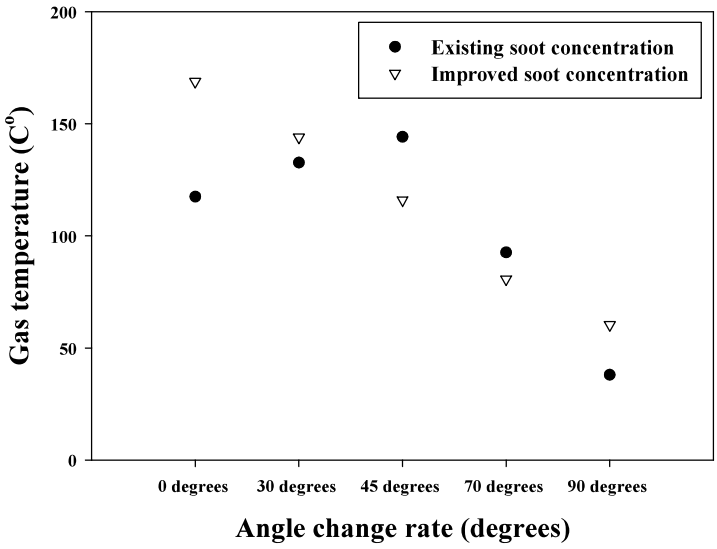


Fig. 51 The change of exhaust gas temperature according to angle change at 3 mode.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.3.2 프로브(A), 프로브(B), 프로브(C)의 매연 농도와 온도의 측정 결과

5.3.2.1 각 모드별 매연 농도의 측정 결과

Fig. 52와 Fig. 53은 중형자동차 배기관으로 70도, 90도 각도 변화 조건에서의 매연 측정프로브를 배기관에 삽입 후 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법으로 측정한 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)의 흡입매연 측정 결과이다. 먼저 Fig 52의 각도가 70도 조건에서는 (A), (C) 매연 측정프로브의 매연농도는 큰 차이는 없었으나 (B) 매연 측정프로브는 2, 3모드에서 매연농도가 줄어드는 경향을 보였지만 1%의 차이를 보이는 것으로 보아 일시적인결과로 판단된다. Fig. 53의 90도 조건에서는 개선 매연 측정프로브(C)가 1, 2, 3모드 전체 모드에서 매연측정 값이 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

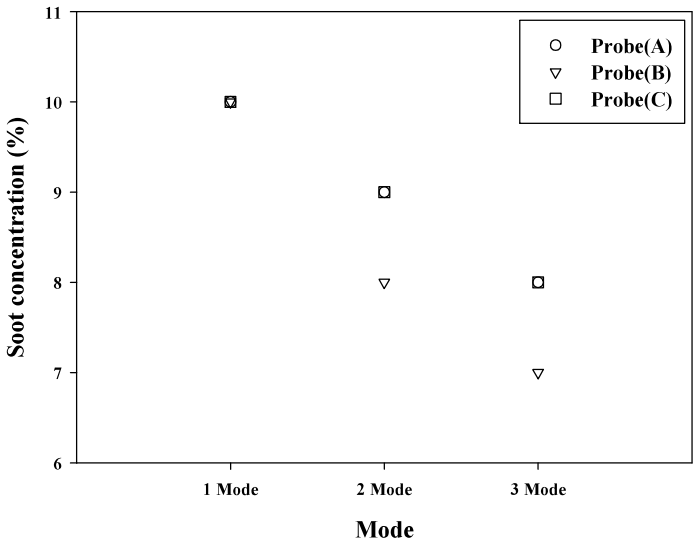


Fig. 52 Soot concentraion changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

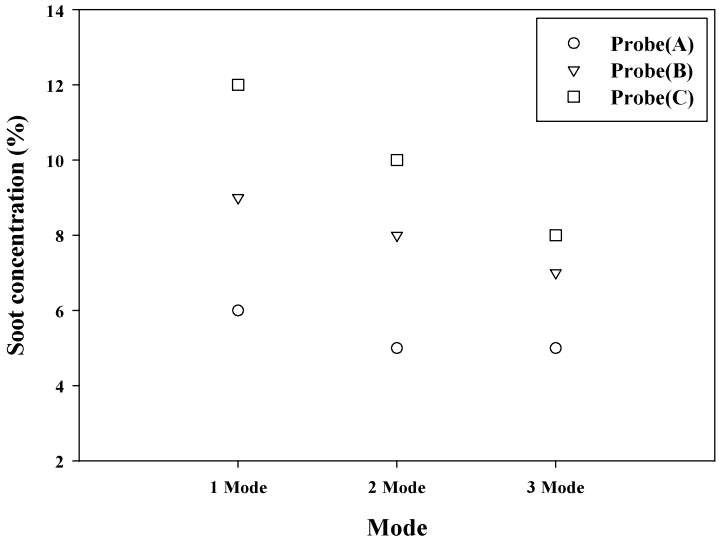


Fig. 53 Soot concentraion changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.3.2.2 각 모드별 흡입온도의 측정 결과

Fig. 54~55는 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 측정에서 각 모드별 흡입온도를 보여주고 있다. Fig. 54~55의 흡입 온도의 변화 결과는 모든 모드에서 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)가 기존 매연 측정프로브(A)에서 보다 온도가 높게 나타났으며, 개선 매연 측정프로브(C)는 개선 매연 측정프로브(B)보다 70도, 90도 조건 중 특히 90도 조건에서 2, 3모드에서 부하율에 따른 온도의 변화의 폭이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 측정데이터로 알 수 있듯이 개선 매연 측정프로브(C)가 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B)보다 모든 조건에서 성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

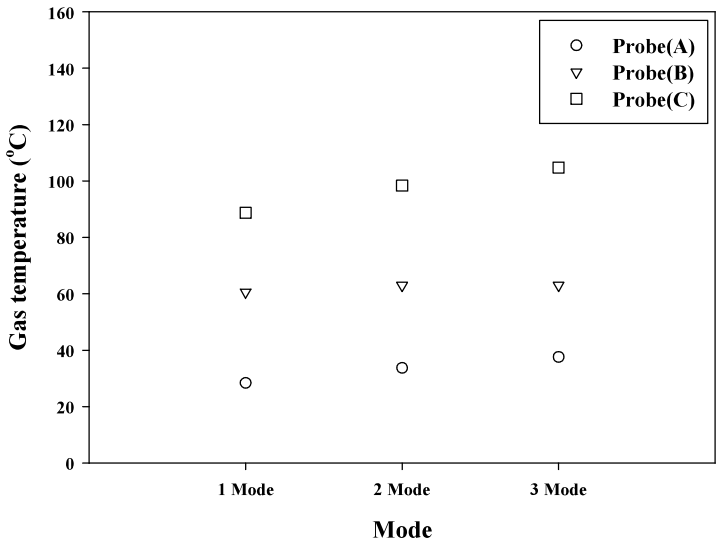


Fig. 54 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

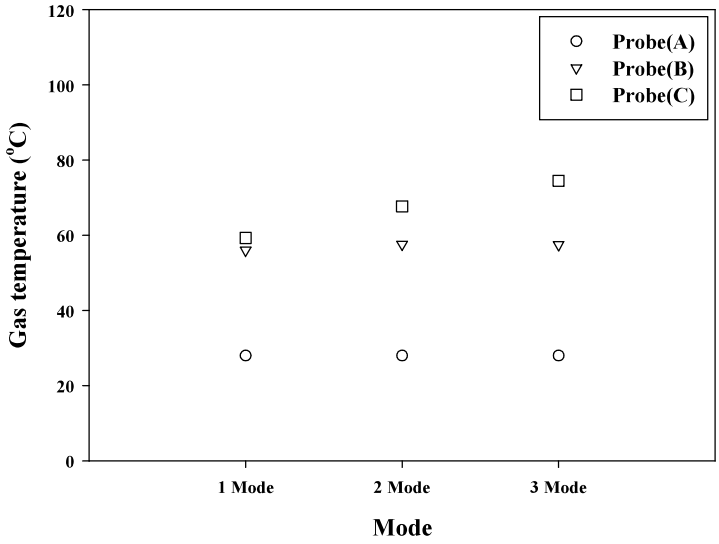


Fig. 55 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 4 절 C 차량의 매연측정

5.4.1 프로브(A), 프로브(B), 프로브(C)의 매연 농도와 온도의 측정 결과

5.4.1.1 각 모드별 매연 농도의 측정 결과

Fig. 56과 Fig. 57은 70도, 90도 조건에서의 매연 측정프로브를 배기관에 삽입 후 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 검사 기법으로 측정한 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)의 흡입매연 측정 결과이다.

먼저 Fig. 56의 70도 조건에서는 흡입구가 일정부분 확보되어 (A), (B), (C) 매연 측정프로브의 매연농도는 큰 차이는 없이 1, 2, 3모드 동안 일정한 패턴을 보이며 매연이 측정되었다. Fig. 57의 90도 조건에서는 개선 매연 측정프로브(C)가 1, 2, 3 전체 모드에서 매연측정 값이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 기존 매연 측정프로브(A)는 2, 3모드에서 흡입구가 확보되지 않아 유속이 떨어져 매연측정값도 크게 떨어지는 경향을 보였다.

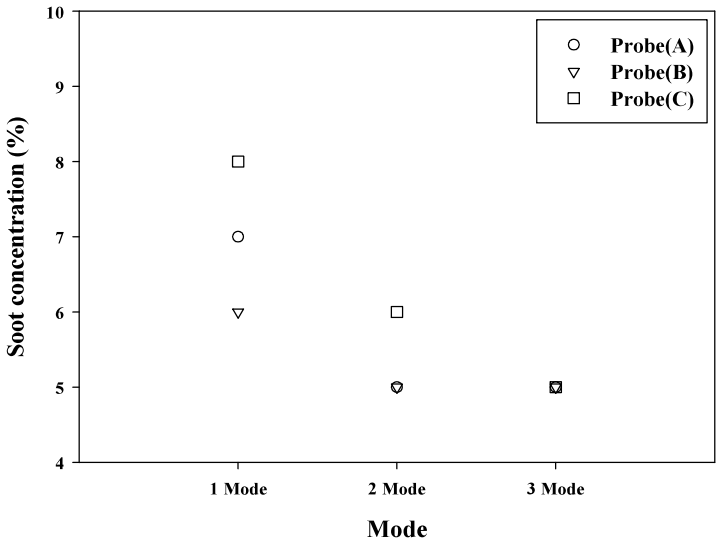


Fig. 56 Soot concentraion changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

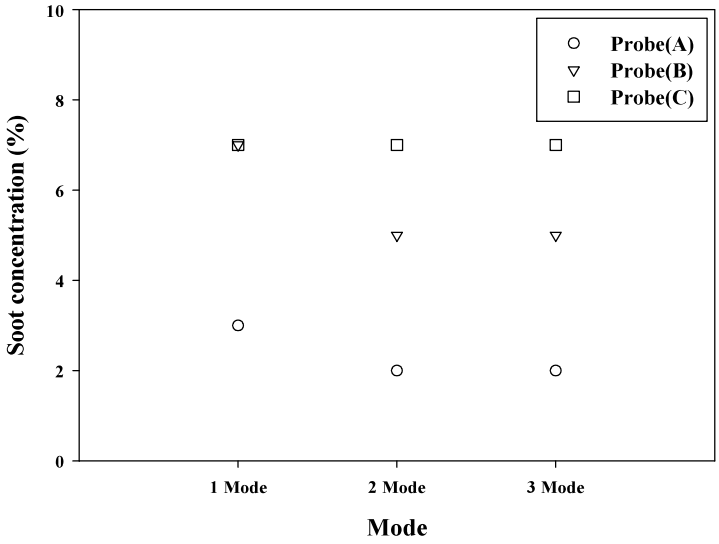


Fig. 57 Soot concentraion changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.4.1.2 각 모드별 흡입온도의 측정 결과

Fig. 58~59는 Lug-down 3mode(회전수 제어방식) 측정에서 각 모드별 흡입온도를 보여주고 있다. Fig. 58~59의 흡입 온도의 변화 결과는 CRDI시스템 특성상 높은 열효율과 소형 자동차 보다 중형 차량의 배기관의 직경이 커지므로 유속 또한 느려져 B 차량의 기계식 분사장치 보다는 상대적으로 흡입 온도는 낮게 측정되었으며, 모든 모드에서 개선 매연 측정프로브(B)와 개선 매연 측정프로브(C)가 기존 매연 측정프로브(A) 보다 온도가 높게 측정되었다. 개선 매연 측정프로브(C)는 개선 매연 측정프로브(B)보다 70도, 90도 조건 1, 2, 3모드 모두에서 온도의 변화가 부하율에 따라 증가하는 결과를 보였다. 측정데이터로 알 수 있듯이 개선 매연 측정프로브(C)가 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B)보다 모든 조건에서 성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

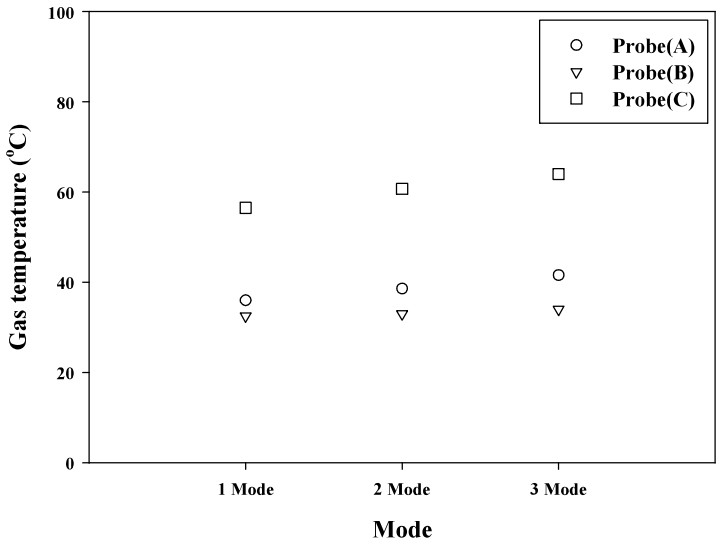


Fig. 58 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 70 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

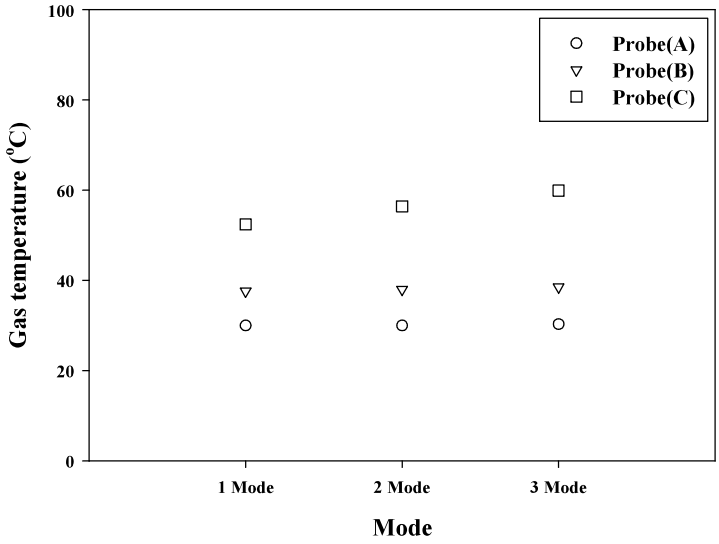


Fig. 59 Gas temperature changes for each mode of probe(A), (B), and (C) at 90 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 5 절 광투과식 무부하급가속 측정

5.5.1 프로프(A), 프로브(B), 프로브(C)의 매연 농도의 측정 결과

Fig. 60과 61은 B 차량에서 70도, 90도 조건에서의 매연 측정프로브를 배기관에 삽입 후 광투과식 무부하급가속 검사 기법으로 측정한 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)의 흡입매연 측정 결과이다. Fig. 60에서 보는 것과 같이 70도 조건에서는 기존 매연 측정프로브(A)는 흡입량이 8.3~10.0%가 측정되었으며, 개선 매연 측정프로브(B)와 측정프로브(C)에서는 각각 9.4~13.4%, 8.4~12.0%로 개선된 매연 측정프로브의 매연 흡입량이 기존 매연 측정프로브보다 향상되는 것을 알 수 있었다. 또한 90도 조건에서의 매연 흡입량은 Fig. 61에서 보는 것과 같이 측정프로브(A)는 흡입량이 1.9~3.2%가 측정되었으며, 개선된 매연 측정프로브(B)와 (C)에서는 각각 6.3~8.6%, 8.2~10.2%로 측정프로브(C)의 매연 흡입량이 측정프로브(A), (B)보다 크게 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

특히, 90도 조건과 같이 흡입구가 확보되지 않는 조건에서는 개선된 매연 측정프로브(C)의 매연 흡입량이 프로브 홀이 배기관 중심에 가까이 위치하여 흡입성능 및 효율이 향상됨을 측정 결과로 알 수 있었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

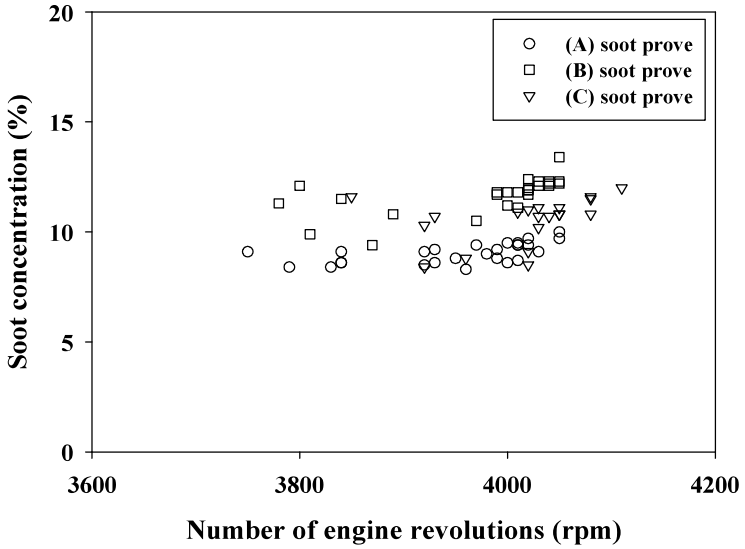


Fig. 60 Soot concentraion changes of probe(A), probe(B) and probe(C) at 70 degrees.

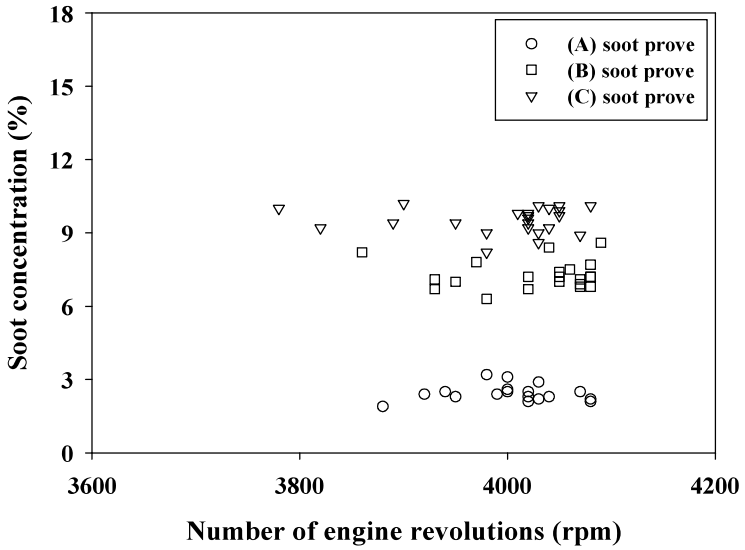


Fig. 61 Soot concentraion changes of probe(A), probe(B) and probe(C) at 90 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5.5.2 프로프(A), 프로브(B), 프로브(C)의 흡입온도의 측정 결과

Fig. 62와 63은 B 차량에서 70도, 90도 조건에서의 매연 측정프로브를 배기관에 삽입 후 광투과식 무부하급가속 검사 기법으로 측정한 기존 매연 측정프로브(A), 개선 매연 측정프로브(B), 개선 매연 측정프로브(C)의 흡입온도 측정 결과이다. Fig. 62와 63에서 보는 것과 같이 70도 조건과 90도 조건 모두에서 기존 측정프로브(A)와 개선된 측정프로브(B)에서는 온도의 변화가 거의 나타나지 않았으며, 개선된 매연 측정프로브(C)에서도 온도의 변화는 크게 발생하지 않았지만, 3~4℃ 정도 높게 측정되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 무부하급가속 검사기법 특성상 전 모드 구간에서 엔진에 가해지는 부하율이 낮기 때문에 온도변화가 크지 않는 결과로 판단된다.

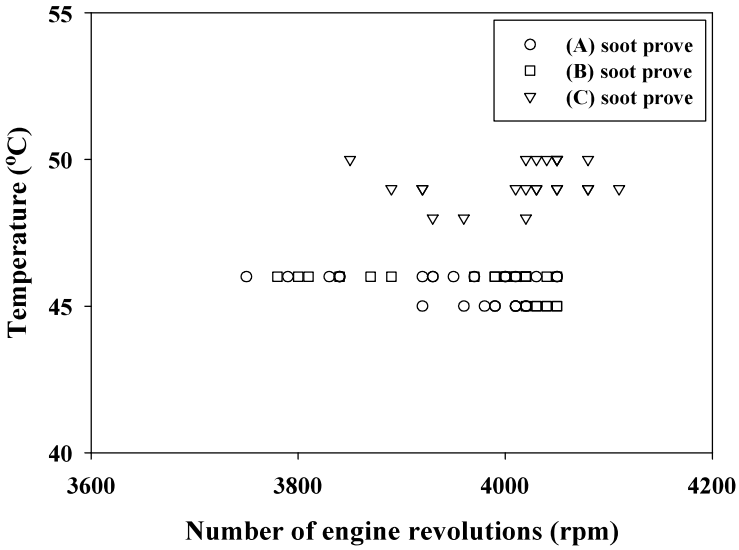


Fig. 62 Gas temperature changes of probe(A), probe(B) and (C) at 70 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

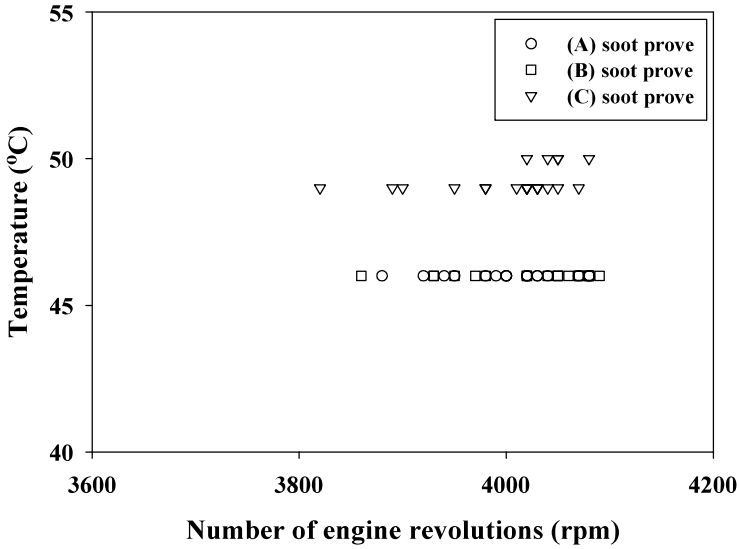


Fig. 63 Gas temperature changes of probe(A), probe(B) and (C) at 90 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 6 절 Lug-down 3모드와 광투과식 무부하급가속의 비교 측정결과

B 차량에서 측정프로브(C)를 이용하여 측정한 매연 값으로 가로축은 무부하급가속 방식으로 측정한 매연 값을 세로축에는 Lug-down 3mode 방식으로 측정한 매연 값 중 엔진의 회전수가 동일한 3200~4000rpm인 영역을 그래프로 나타낸 것이다. 무부하급가속 방식으로 측정한 매연 값이 증가하면 Lug-down 3mode 방식으로 측정한 매연 값도 선형적으로 증가하는 것을 보여 주고 있었다. 또한 산포가 커지면서 두 측정방법 사이의 상관관계는 상대적으로 떨어졌다.

Fig. 64의 측정 데이터자료를 1차 선형회귀관계식으로 나타내면 식(5.1)과 같다. 이때 상관계수(R)은 0.381로 계산된다.

$$L = 0.5546F + 6.8728 \tag{5.1}$$

여기에서, F는 무부하급가속 기법 매연 측정값(%), L은 Lug-down 3mode 기법 매연 측정값(%)이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

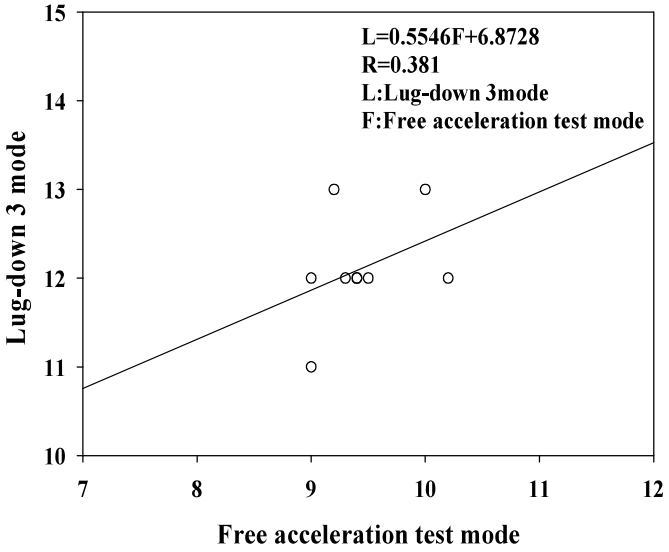


Fig. 64 Curve fitting result between lug-down 3mode and free acceleration test mode from the probe(C) at 90 degrees.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 6 장 결론

본 연구에서는 자동차 종합검사 기법의 Lug-down 3mode 검사 시와 무부하급가속 검사 시 배기관의 각도가 증가 하는 조건에서 매연 프로브 설치 위치와 형상에 따라 매연 농도 값과 배기가스 온도 모두 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 자동차 배기가스 측정을 위한 매연 측정프로브 효율 향상에 관한 연구를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 잔류 매연량은 차량의 관리 상태에 따라 차이는 있으나 차량의 부하 검사 전 예열모드 40초 및 무부하급가속 3회로는 부족하며, Lug-down 3mode를 3회 이상의 사이클을 반복할 때 측정값이 안정되는 것을 알 수 있었으며, 차량 소유자는 자동차 검사 시행 전에 주기적으로 잔류매연을 관리하는 것이 필요 하다는 것을 본 연구로 알 수 있었다.

2. 자동차 배기관 형상에 따른 매연 측정프로브의 삽입 위치 및 형상에 따라 매연 측정값의 차이가 나타남을 알 수 있으며, 배기관 형상의 각도가 클수록 매연 측정프로브 흡입구가 확보되지 못하여 배기가스 온도와 매연 농도의 차이가 날 수 있음을 알 수 있었다.

3. 배기관 형상의 각도가 클 수 록 (A), (B) 두 제품 모두 온도의 차이를 나타내는 것을 알 수 있었으며, 45도 70도 조건에서는 개발된 매연 측정프로브가 기존 매연 측정프로브 보다 온도가 낮게 측정되는 특성을 보였지만 매연 농도의 차이는 나타나지 않고 일정하게 측정되는 결과를 얻었다.

4. 배기관 형상의 각도가 70도이전보다 90도에서 온도의 차이와 매연 농도의 차이가 크게 나타남을 알 수 있었으며, 기존 매연 측정프로브(A) 보다 개발된 개선 매연 측정프로브(B)가 각도변화가 클수록 매연측정을 특히 잘하는 결과를 얻었다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

5. 배기관 형상 및 각도가 클수록 매연 측정프로브 중심 홀의 위치가 벽면으로 치우치며 흡입효율이 떨어지는 것을 확인하였으며, 매연 측정 프로브 홀이 배기관 중심에 가까울수록 배기관 각도가 변하여도 측정값의 차이가 없이 정확한 매연량을 측정한다는 결과를 얻었다.

6. B 차량에서 추가 개선된 (C)프로브가 흡입구가 확보되지 않는 조건에서도 프로브 홀이 배기관 중심에 가까이 위치하여 1, 2, 3모드 매연농도 및 온도 평균값대비 매연농도는 90°조건에서 (A)프로브대비 약 89%, (B) 프로브대비 약 25% 각각 향상되었으며, 온도변화는 70°조건에서 (A)프로브대비 약 193%, (B)프로브대비 약 56% 향상되었으며, 90°조건에서는 (A)프로브대비 약 140%, (B)프로브대비 약 18% 각각 향상된 결과를 얻었다.

7. 무부하급가속 기법에서도 70도 조건에서 (A)프로브는 흡입량이 8.3~10.0%가, (B)프로브와 (C)프로브에서는 각각 9.4~13.4%, 8.4~12.0%로 (C)프로브가 매연 흡입량이 향상되었고, 90도 조건에서는 (A)프로브는 흡입량이 1.9~3.2%, (B)프로브와 (C)프로브에서는 각각 6.3~8.6%, 8.2~10.2%로 (C)프로브의 매연 흡입량이 (A), (B)프로브 보다 크게 향상되는 결과를 얻었다.

8. Lug-down 3mode 매연 측정 기법이 무부하급가속 매연 측정 기법에 비해 1.5~2.0배 정도 높게 측정되는 결과를 얻었다.

9. 무부하급가속 매연 측정값과 Lug-down 3mode 측정값의 두 매연 측정법은 산포가 커지면서 두 측정방법 사이의 상관관계가 상대적으로 떨어지지만, 두 가지 매연 측정방법을 선형회귀관계식으로 나타낼 수 있었으며 상관 계수는 0.381로 계산되었다.

10. 추후 추가 개선된 (C)프로브로 정기 및 종합검사에 적용 시 검사의 실효성을 높일 수 있으며, 수송 분야에서 발생하는 이산화탄소 배출을 낮출 수 있는 한 방법으로 기여할 수 있는 가능성을 확인하였다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

REFERENCES

[1] I. S. Chae, "Evaluation on GFRP Plate Using Optical Measurement Techniquein Variation of Impact Velocity", Department of Fusion Automobile Engineering Graduate of Industrial Technology Convergence, Chosun University, 2017.

[2] C. S. Yi, T. E. Lee, C. W. Lee, "Numerical analysis of the Internal Flow of 8kW Grade Diesel Generator Muffler", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 17, No. 3, pp. 45 ~ 50, 2018.

[3] T. E. Lee, J. S. Suh, S. H. Jeong, Y. S. Park, "A Study on Thermal and Fluid Characteristics inside Engine Room of Auxiliary Powr Unit for Tracked Vehicle", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 85 ~ 93, 2009.

[4] T. H. Kim, C. W. Lee, "A Comparative Study on Engine Performance and Exhaust Emission Characteristics of Response Power 150HP & 240HP Turbocharged Marine Diesel Engine", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 1, pp. 43 ~ 51, 2013.

[5] H. S. Sim, J. H. Jun, "A Design for Water Cooling of a Marine Diesel Engine with Verification of Improvement", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 6, pp. 58 ~ 63, 2016.

[6] Y. J. Yang, "Study on Simulation of Fuel Injection Nozzle for Marine Medium Speed Diesel Engine", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 3, pp. 41 ~ 47, 2013.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[7] H. S. Sim, M. K. Lee, K. Y. Lee, "A Development Study on an Engine Control Module of an Electronic Marine Diesel Engine", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 5, pp. 134 ~ 140, 2015.

[8] C. S. Yi, I. G. Jeong, J. S. Suh, C. D. Park, K. Y. Jeong, "A Numerical Analysis on Flow Uniformity of SCR Reactor for 5,000PS Grade Marine Engine", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 6, pp. 28 ~ 35, 2012.

[9] C. S. Yi, C. W. Lee, "A Study on the Exhaust Gas After Treatment for Small Ship", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 3, pp. 76 ~ 81, 2017.

[10] T. J. Kim, S. I. Hong, "Study of the effect of cleaning the intake manifold on common rail diesel engine and exhaust gases", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, No. 10, pp. 5912 ~ 5918, 2014.

[11] 한국학중앙연구원, "Greenhouse Gases", 한국민족문화대백과, http://www.aks.ac.kr, 네이버검색.

[12] 전문가칼럼, "Global Trend of Greenhouse Gas Regulation of Heavy-duty Vehicles", Auto Journal 06월호, pp. 58 ~ 59, 2019.

[13] 한국교통안전공단, "녹색교통실현은 자동차 배출가스 검사로부터", 한국교통안전연구소, 2010.

[14] M. J. Kim, "Influence of the Nozzles in Intake Manifolds on Performance and Exhausted Emission", Department of Mechanical Engineering, Graduate school of Chosun University, pp. 2 ~ 4, pp. 7 ~ 9, 2019.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[15] C. S. Eom, "Study on the relationship between measuring position and opacity by using the collected emission data in the inspection station", 금오공과대학교 대학원, 국내석사, 2019.

[16] K. S. Jin, C. H. Lee, "A Study on the Characteristics of Smoke Emissions from Heavy Duty Diesel Vehicles Using a Chassis Dynamometer", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 24, No. 4, pp. 1 ~ 10, 2009.

[17] J. C. Kim, C. H. Lee, "A Comparative Stuby on the Measurement of Smoke from Diesel Vehicle on Chassis-dynamometer using Reflection Photo and Light Extinction Method", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 22, No. 6, pp. 13 ~ 19, 2007.

[18] Y. J. Kim, K. S. Park, "A Study of the Opacity Correlation Factor between the Filtration Type and Light Extinction Type Diesel Smoke Meters", Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 15, No. 5, pp. 146 ~ 152, 2007.

[19] T. Y. Rho, "Research on the Introduction and Application of the Road-Load Inspection Program for Heavy Duty Diesel Vehicle", [국가R&D보고서] 주관 연구기관 : 교통안전공단, 2005.

[20] Y. D. Jung, U. S. Yeo, Y. A. Yun, M. S. Hong, "A Study on Emission Inspection Method Improvement of Heavy-duty Diesel Vehicles", Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 22, No. 1, pp. 165 ~ 173, 2014.

[21] K. S. Jin, C. H. Lee, "A Study on the Characteristics of Smoke Emissions from Heavy Duty Diesel Vehicles Using a Chassis Dynamometer", Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 24, No. 4, pp. 1 ~ 10, 2009.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[22] Y. J. Kim, K. S. Park, “A Study of the Opacity Correlation Factor between the Filtration Type and Light Extinction Type Diesel Smoke Meters”, Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 15, No. 5, pp. 146-152, 2007.

[23] Y. D. Jung, U. S. Yeo, Y. J. Lim, I. H. Ryu1, “Research on the Improvement of the Emission Inspection Program for Diesel Vehicle”, Vehicles Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, Apr. 29, pp. 394-399, 2009.

[24] 김형섭, 서영달, “정석 차량기술사”, 골든벨, www. gbbook.co.kr, pp. 125 ~ 140, 2003.

[25] 박경태, 이헌규, 최재진, “차량기술사”, 사이버 출판사, www. cyber.co.kr, pp. 809 ~ 851, 2010.

[26] 송영배, “자동차 배출가스 공학”, 도서출판 송림서원, www.slpress.co.kr, pp. 46 ~ 55, 2004.

[27] 양현수, 황갑운, 김운희, “자동차 공학”, 도서출판 기한재, pp. 188 ~ 190, 2010.

[28] 환경부, “운행차 배출가스 관리제도 교육 (자동차 검사제도 교육자료)”, 2010.

[29] 김민수, “차량기술사”, 도서출판 골든벨, pp. 1013 ~ 1020, 2016.

[30] 박경택, 이헌규, 최재진, “차량기술사”, 사이버출판사, pp. 185 ~ 215, 2010.

[31] 이명노, “검사용 장비의 구조 및 점검 요령”, 교통안전공단 교육자료 ppt, (차대동력계, 주행 그래프, 검사 감지법 사진), 2018.

[32] 환경부장관, “운행차 배출가스 정밀검사 시행요령 등에 관한 규정”, (환경부고시 제2009-173호, 2009. 8. 24.), 2010.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

[33] ㈜자스텍, “측정장비 제품 사양서”, www.Jastec.co.kr.

[34] I. S. Chae, S. Y. Kim, J. Y. Kim “Improvement of Soot Probe Efficiency for Automotive Emission Measurement”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 8, pp. 74~81.

[35] 대기환경보전법, “정기검사의 방법 및 기준(제87조 제1항 관련)”, 시행규칙 [별표 22] 개정, 2015.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

부록

제 1절 (B) 프로브 치수도 및 해설

1.1 (B) 프로브 설계 설명

B 프로브의 설계는 기존 매연 측정프로브(A)의 문제점인 굴곡진 배기관에서 흡입구 확보가 어려운 점과 배기관 벽면에 법적기준인 5mm이격을 위한 내구성 문제인 구부러짐 발생을 방지하여 배기관 벽면에 접촉되는 충격에도 매연이 유입되는 매연유입구가 배기관의 벽면에 대해 소정간격 이격유지가 가능한 매연측정프로브를 제공하고자 설계하였다. 내측에 길이방향으로 매연을 유입시키기 위한 매연 유입 홀이 형성되고 배기관에 삽입 시 매연 유입 홀이 배기관의 벽면에 대해 소정거리 이격될 수 있도록 외주면에 대해 돌출 형성된 여러 개의 리브와 리브들을 상호 연결하는 3개의 지지대를 설치하여 반복되는 배기관에 접촉시 리브의 수명을 연장하고 앞쪽에 굴곡진 배기관에서 흡입구를 확보하기 위해 3개의 홈과 유입 홀을 형성하여 성능을 높일 수 있는 구조이다.

프로브 외경은 앞쪽의 리부 부분부터 외경이 각각 28mm, 13mm, 20mm이고, 흡입 홀은 내경이 10mm로 기존프로브와 동일하게 설계하였다. 또한 기존 프로브의 문제점을 개선하기 위해서 리부에 3개의 보강 지지대를 설치하여 리브의 내구성 문제를 개선하도록 설계하였으며, 굴곡진 배기관에서의 흡입효율 개선을 위해 앞쪽에 120도 간격으로 5mm의 홈 3개와 가로 12mm, 세로 5mm의 유입 홀을 추가하여 흡입구를 확보하여 문제점을 개선하도록 설계하였다.

위와 같은 프로브 설계로 굴곡 진 배기관 및 부정확한 삽입 시에도 흡입 홀이 막히거나 작아지는 것을 방지하여 매연의 흡입이 향상될 수 있으며, 또한 리브의 수명 및 내구성이 향상되고 흡입 효율 또한 향상될 수 있는 것이 특징이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1.2 (B) 프로브 등각투영 뷰 (Isometric view)

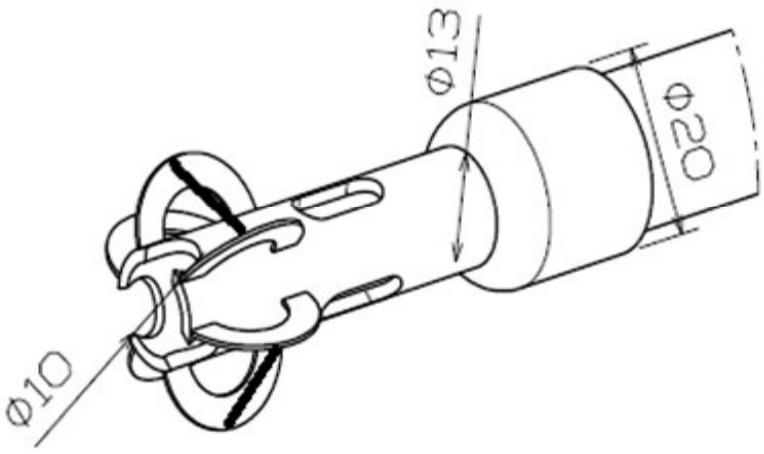


Fig. 65 (B) Probe isometric view

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

1.3 (B) 프로브 전면투영 뷰 (Font view)

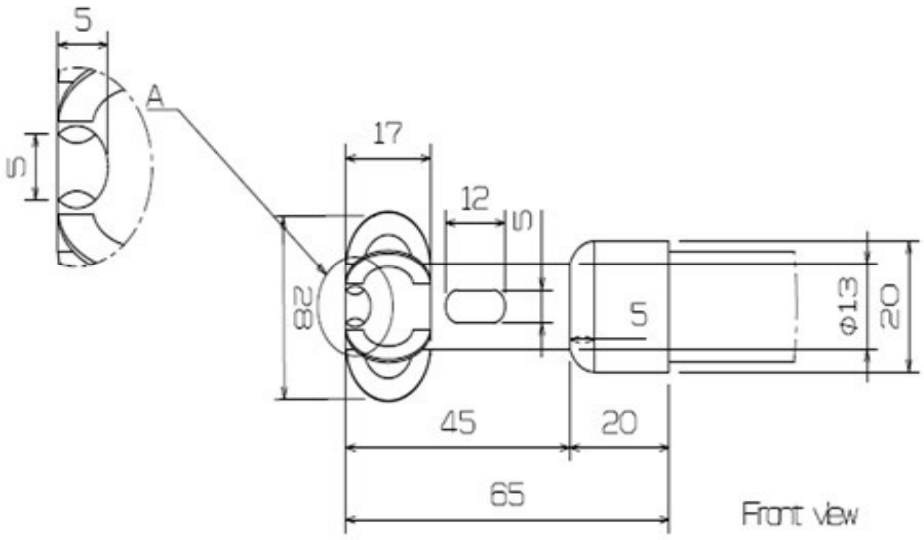


Fig.66 (B) Probe front projection view

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

제 2절 (C) 프로브 치수도 및 해설

2.1 (C) 프로브 설계 설명

개선 매연 측정프로브(B)는 매연 측정량은 차이가 없지만 프로브 입구가 배기관 벽면으로 치우치는 경향은 기존의 매연 측정프로브(A)와 동일하여 굴곡이 심한 배기관 일부 조건에서 흡입온도가 떨어지는 문제점이 발생하였다.

위에서 설명한 문제점을 개선하기 위해 개선 매연 측정프로브(C)를 설계하게 되었다.

개선 매연 측정프로브(C)는 리브를 생략하고 지지대에 의해 프로브 중심 홀이 배기관 벽면 중심에 위치할 수 있는 가변식으로 설계하였으며, 매연 측정프로브 중심 홀을 지지하는 Center Position Unit을 구비하여 매연 측정프로브가 배기관의 다양한 굴곡, 형태 및 지름의 변화에서도 항상 중심에 가까이 위치할 수 있도록 하여 매연 흡입효율을 높일 수 있게 설계하였다.

프로브 외경은 앞쪽의 리부 부분부터 외경이 각각 13mm, 17mm, 26mm, 24mm이고, 흡입 홀은 내경이 10mm로 설계하였다.

센터유지유닛은 길이 85mm, 센터 유닛을 지지하는 지지대는 60mm, 각각 6개 이상을 설치 가능하도록 하여 배기관의 벽면에 삽입시 플랜지의 앞 뒤 이동에 의하여 확장 수축이 가능하여 배기관 내에 밀착이 가능하도록 하였으며, 차량마다 각기 다른 배기관 내추면 사이즈에 대응이 가능하고 동시에 흡입 홀 또한 중심에 위치하도록 설계 된 것이 특징이다.

또한, 리브가 존재하지 않아 기존의 매연 측정프로브의 문제점을 개선할 수 있는 것이 특징이다.

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.2 (C) 프로브 등각투영 뷰 (Isometric view)

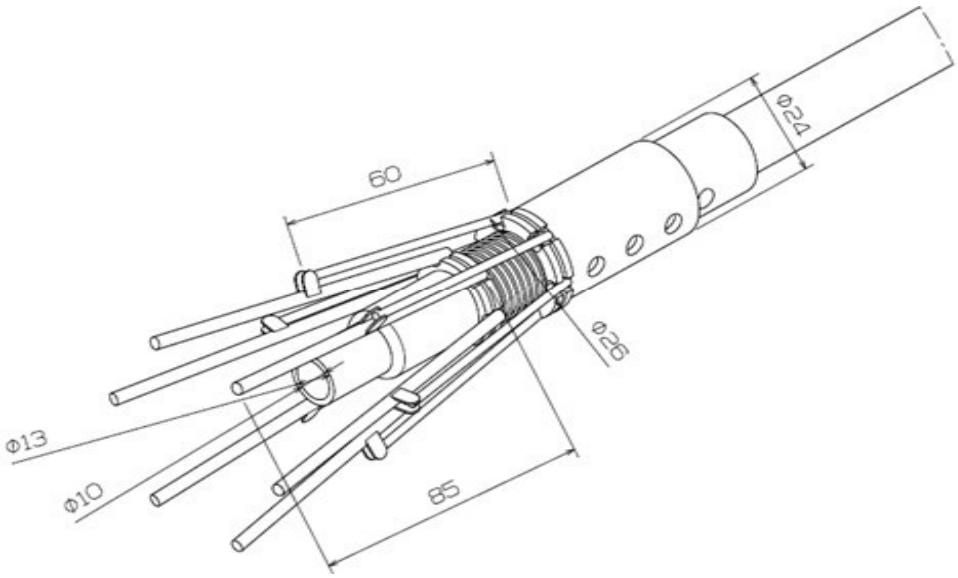


Fig. 67 (C) Probe isometric view

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

2.3 (C) 프로브 전면 투영 뷰 (Font view)

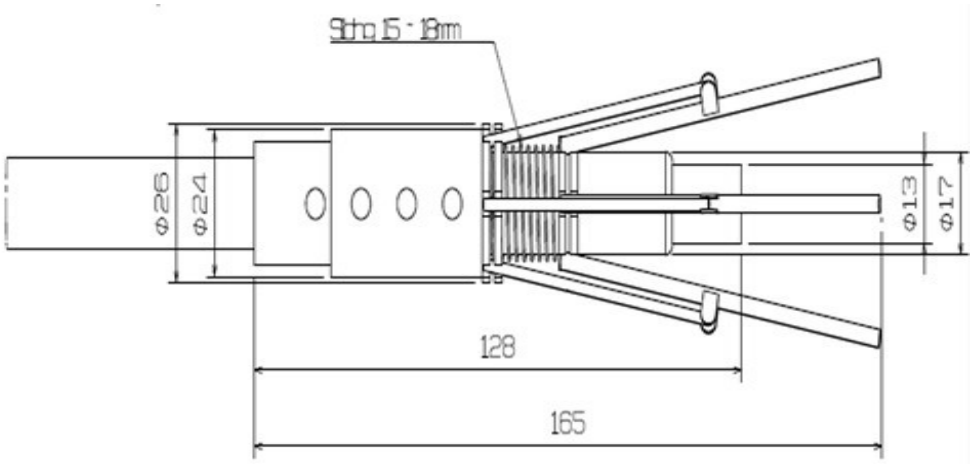


Fig. 68 (C) Probe front projection view

조선대학교
CHOSUN UNIVERSITY

감사의 글

세월은 정말 빨리 흘러가는 것 같습니다. 늦깎이 학생인 제가 학위과정을 시작한지 벌서 3년이라는 시간이 흘러 벌써 학위과정을 마무하게 됐습니다. 3년이라는 시간을 돌이켜 보면 많은 아쉬움이 남고 조금 더 노력했으면 하는 아쉬움도 많습니다.

그동안 학위과정동안 항상 조언과 격려를 해주시며 많이 부족한 늦깎이 학생인 저를 지도해 주신 김재열 지도교수님께 깊이 감사드립니다. 항상 기대에 부응하지 못해 부족한 점이 많은 저에게 따뜻한 마음을 나누어 주시고 학위논문을 세심하게 지도해주셨습니다. 아울러 부족하고 미숙한 논문을 완성도 있게 다듬도록 질책해주신 김경석 교수님, 박설현 교수님, 유관종 교수님, 이경일 교수님께도 깊이 감사드립니다.

더불어 석사과정 지도교수님인 김지훈 교수님과 여러 교수님, 조선이공대학교 양동희 교수님, 오후석 교수님 그리고 석사 박사 과정 동문들 모두 감사드립니다.

그리고 실험실에서 생활하는 나노계측메카트로닉스실험실 고가진 선배님, 정윤수 선배님 그리고 김상유 후배 등 여러 후배님들에게도 감사의 말을 전합니다.

이 논문이 나오기까지 많은 도움을 주신 채명관 사장님, 임동복 과장님, 뉴흑석 공업사 임직원 여러분께도 깊은 감사드립니다.

학창시절부터 지금까지 많은 응원을 해준 전철희, 이영호, 이윤규, 이선호, 김주현, 오현정, 오세형 등 모든 친구들께도 감사드립니다.

지금까지 묵묵히 저의 편에서 지원해주신 부모님 채종기님과 최귀임님, 문사룡님, (고) 김애순님 그리고 채성우 채춘진 및 문해정, 채은서, 채민서, 이상철, 문희정 등 가족구성원 모두에게도 깊이 감사드립니다.

마지막으로 다시 한번 부족한 저의 학위논문을 지도해주신 김재열 교수님께 감사드리며, 논문작성에 도움을 주신 많은 분들께 감사드립니다. 앞으로도 매사에 최선을 다하겠습니다.

2021년 2월

채 일 석 올림