

터보과급디젤기관의 급가속 운전시 압축기출구에의 공기분사가 응답성능에 미치는 영향

박 상 규* · 최 낙 정**

The Effects of Air Injection in Compressor Exit on the Response Performance of a Turbocharged Diesel Engine under the Operating Conditions of Rapid Acceleration

S-K Park* and N-J Choi**

Key words : Turbocharged Diesel Engine(터보과급디젤기관), Response Performance(응답성
능), Low Speed Torque(저속토크), Rapid Acceleration Performance(급가속성능),
Air Injection(공기분사), Accelerating Time(가속시간), Accelerating Rate(가속율)

Abstract

In this paper, an experimental study is carried out under the operating conditions of low speed and rapid acceleration in order to investigate and improve the response characteristics of a turbocharged diesel engine with radial turbine driven by exhaust gas. A rapid acceleration for investigating the response performance is applied to the fuel-pump rack of the engine from 0-10% to 0-40% in steps of 10%, and accelerating time of 1, 2 and 3 seconds is applied to the engine.

Further experiment for improving the low speed torque and acceleration performance is also performed by means of injecting air into the inlet manifold at compressor exit during the period of low speed and application of a rapid acceleration. The effects of air injection on the response performance are represented at subjected engine speed with the changes of response performance factors such as air injection pressure, air injection period, accelerating rate, accelerating time and load. From the experimental results obtained throughout this study, it is shown that air injection into the inlet manifold at compressor exit is closely related to the improvement of low speed and acceleration performance of a turbocharged diesel engine.

* 우석대학교 자동차공학과(원고접수일 : 2000년 8월)

** 익산대학 자동차과

1. 서 론

터보과급기 장착 디젤기관은 동일한 크기의 자연흡입기관에 비하여 고출력을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 연료소비율이 향상되고 배기오염과 소음을 줄일 수 있는 등 많은 장점⁽¹⁾을 가지고 있으므로 최근에는 이러한 차량이 날로 증가 추세에 있다.

그러나 터보과급기관은 본질적으로 용적형의 디젤기관과 속도형의 터빈을 배기가스의 작동유체로 연결시킨 복합기관이기 때문에 충분한 과급 효과가 얻어지는 회전속도는 한정되어 있으며 저속과 고속 영역에서 모두 높은 효율을 얻는 데는 한계가 있고 과급기 회전속도 또한 배기가스 압력에 의해 크게 좌우된다. 따라서 터보과급기 장착 차량의 최대 결점은 과급기 회전토크, 흡입저항, 매연 한계 등의 영향으로 과급기의 작동이 원활하지 못해 저속에서 토크가 동일한 크기의 자연 흡입기관에 비하여 오히려 크게 떨어지고, 급가속 등의 과도운전시 과급기 응답 지연 현상⁽²⁾이 발생, 실린더에 흡입되는 공기유량의 부족현상을 초래하여 연소성능이 악화된다는 것이다.

그리고 이러한 저속 및 가속상태의 운전조건은 차량대수의 계속적인 증가추세와 이에 따른 잦은 변속으로 미루어 볼 때 앞으로 더욱 많아질 것으로 예상되기 때문에 이를 규명하고 개선하기 위한 연구는 매우 중요한 연구과제가 되고 있다⁽³⁾. 과도특성의 규명 및 개선에 관한 연구로는 터빈 노즐입구의 단면적의 크기를 기관회전영역에 따라 변화시키는 가변터빈방식^{(4)~(5)}, 배기과정 중에는 압력을 높여 펌핑손실을 줄이고 흡입과정 중에는 압력을 낮추어 흡입유량을 증가시키는 배기브레이크를 이용하는 방식⁽⁶⁾, 배기가스의 맥동효과를 이용하는 펄스컨버터방식⁽⁷⁾ 등의 저속성능 개선에 관한 연구와, 과급기 회전부의 관성모멘트를 줄이는 방법⁽⁸⁾, 과급기의 압축기 입구를 과급하는 보조압축기를 사용하는 방법⁽⁹⁾, 기계식 과급기와 터보과급기를 조합하는 방법⁽¹⁰⁾ 그리고 시동성 향상을 위한 3축식 과급기를 이용하는 방법 등⁽¹¹⁾ 가속성능 개선에 관한 많은 연구가 보고되고 있다. 저속 및 가속상태에서 성능을 개선하기 위해서는 이 기간 동안 연료공급량을 감소시키는 방법과 공기량을 증가시

키는 방법이 고려될 수 있으나 전자의 경우인 연료공급량을 감소시키는 방법은 완전연소는 될 수 있지만 출력이 떨어지는 단점이 있고, 후자의 경우인 공기량을 증가시키는 방법은 위에서 살펴본 바와 같이 다양한 방법들이 제시되고 있다. 그러나 이러한 연구방법들은 대부분 특정영역에서만 성능이 개선되고 다른 운전영역에서는 오히려 성능이 떨어지고 있으며 기관회전속도에 따라 이러한 최적조건이 자동적으로 변화될 수 없다는 단점이 있다.

또한 가속성능 개선을 위해 터빈 크기를 줄이다 보면 고속에서 열적 부하가 커지고 연료소비가 증가하게 되며, 특히 터빈 단면적이나 압축기 수정 등 과급기 자체만의 변화에 의한 방법은 필연적으로 터보차저 락을 피할 수 없기 때문에 성능개선에 한계가 있다. 따라서 기동성능을 포함한 저속성능과 가속성능을 동시에 개선하고 기관회전속도 전영역에서 성능을 향상시킬 수 있는 방법은 실린더에 필요한 양의 공기를 강제적으로 추가 공급하는 것이 될 수 있으나 이와 관련된 연구는 거의 없는 실정이다^{(12)~(13)}. 이러한 관점에서 본 연구는 차량용기관에 많이 사용되고 있는 레이디얼 터빈방식의 터보과급기를 부착한 4사이클 4실린더 터보과급디젤기관의 저속에서의 토크 성능과 정상운전 중 갑자기 큰 가속이 주어졌을 경우의 응답성능을 규명하고 이를 개선하기 위한 방법으로 압축기 출구에 저속 및 가속상태 동안 공기를 강제적으로 분사하는 실험을 수행하였으며 이때 추가되는 분사공기가 위와 같은 성능개선에 미치는 효과를 고찰하였다.

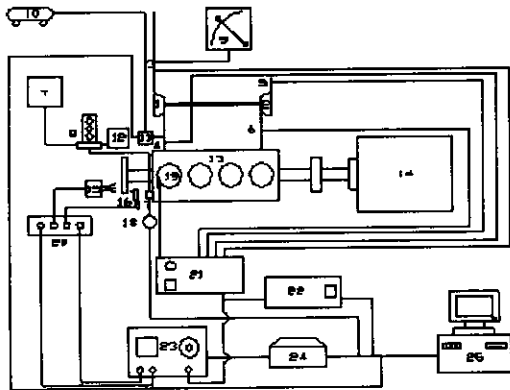
2. 실험장치 및 실험방법

본 연구에 사용된 실험기관은 레이디얼 터빈과 원심식 압축기를 부착한 4사이클 4실린더 터보과급디젤기관이며 기관 및 과급기의 제원은 Table.1과 같다.

실험 장치는 Fig 1과 같이 기관과 동력계를 기본으로하여 실린더 내 압력과 흡·배기관 내 압력·온도 측정 장치, 압축기 출구에 외부 공기분사장치, 연료 랙 구동장치, 데이터처리 시스템 및 기타 측정장치로 구성하였다. 급가속상태의 설정을 위한 연료펌프 랙의 가속시스템은 Fig. 2에 나타난

Table.1 Specification of experimental engine

Item		Specification
Engine type		4 stroke, T/C diesel
Number of cylinder		4
Combustion chamber		indirect injection
Bore × stroke		91.1 × 95.0(mm)
Piston displacement		2476(cc)
Compression ratio		21.1
Connecting rod length		158.4(mm)
Valve timing	intake	open close BTDC 20° close ABDC 48°
	exhaust	open close BBDC54° close ATDC 22°
Max. power		85 PS/4200rpm
Vol. of intake manifold		0.00118(l)
Vol. of exhaust manifold		0.00104(l)
Dia. of turbine blade		39(mm)
Dia. of compressor blade		33(mm)
Number of blade	turbine	12
	compressor	12



- 1. Compressor
- 2. Turbine
- 3. P.T sensor(comp.inlet)
- 4. P.T sensor(comp.exit)
- 5. P.T sensor(turb.exit)
- 6. P.T sensor(turb. inlet)
- 7. Fuel tank
- 8. Burette
- 9. Manometer
- 10. Air compressor
- 11. Air pressure regulator
- 12. Fuel consumption meter
- 13. Diesel engine
- 14. Engine dynamometer
- 15. Light source
- 16. Optical sensor
- 17. Fuel rack
- 18. Stepping motor
- 19. Pressure transducer
- 20. Signal controller
- 21. Charge amplifier
- 22. A/D converter
- 23. Combustion analyzer
- 24. A/D converter
- 25. Computer

Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

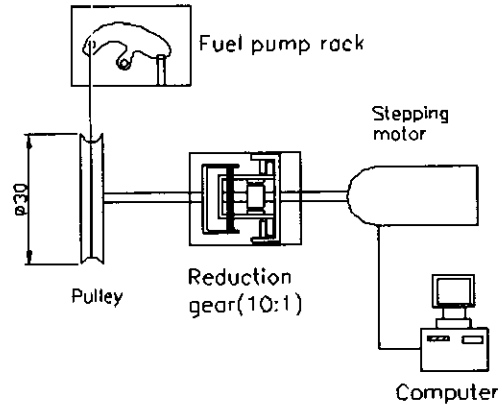


Fig. 2 Acceleration system of fuel-pump rack

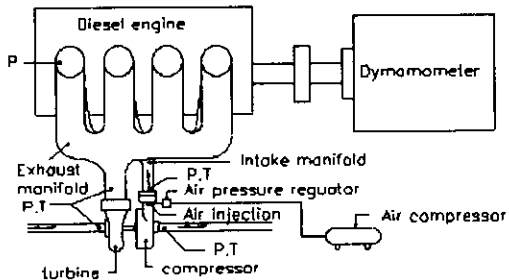


Fig. 3 The arrangement of air injection system

바와 같이 정확히 제어하기 위해 스텝핑모터를 D/A컨버터에 연결하여 컴퓨터에서 조작할 수 있도록 하였다.

스텝핑모터는 정방향과 역방향으로 펄스당 0.9° 까지 회전 및 속도조절이 가능하며 저속에서 슬립을 방지하기 위해 모터 축에 10 : 1의 감속기를 부착하여 풀리에 연결하였다.

본 실험기관의 연료펌프 랙의 가속이 가능한 총 길이는 무부하 1000rpm에서는 36mm이었으며 163N · m의 일정부하가 적용된 1000rpm에서는 26mm이었다.

압축기 출구의 흡기관에 외부 공기분사장치는 Fig. 3과 같이 공기 압축기에서 발생된 공기를 압력 조절기와 타이머 스위치를 통해 내경 6mm의 파이프에서 일정한 압력으로 압축기 출구를 향해 30°의 경사각도로 분사되도록 하였다.

본 연구는 정상운전상태에서의 저속과 정상운전 중 급가속시의 가속상태에서 압축기 출구의 흡

기관에 공급되는 공기분사압력이 본 실험기관의 성능특성에 미치는 영향을 규명하기 위하여 정상상태와 가속상태에서 압축기 입구, 압축기 출구, 터빈 입구 및 출구의 압력과 온도를 측정하였으며, 또한 실린더 압력, 기관회전속도, 흡입유량, 연료 소비량이 각 운전조건에 따라 측정되었다.

공기분사압력은 게이지압력으로 1bar, 2bar, 3bar로 주어졌고, 압축기 출구와 터빈 입구의 압력과 온도는 흡·배기관이 합류하는 부분으로부터 각각 90mm 전·후에서 측정하였으며 흡입유량은 압축기 입구에 설치된 오리피스로부터 수은 주로 측정하여 계산하였다.

저속상태의 실험은 기관회전속도 1000rpm과 2000rpm에서 무부하와 전부하 적용의 경우에 대하여 수행하였으며, 가속상태의 실험은 무부하 1000rpm과 2000rpm 및 1000rpm(163N·m의 부하 적용)의 3가지 운전조건에서 정상상태의 실험을 먼저 수행하고 이어서 연료 레울 10% 간격으로 40%까지 가속시키는 경우에 대한 실험을 수행하였다.

각 실험조건에 대하여 실린더 압력은 크랭크 각도 1° 간격으로 연소해석기로부터 300사이클 평균값을 취하여 구했으며, 기타 압력과 온도는 운전이 안정된 상태에서 100kHz 용량의 데이터 취득장치로부터 10초 동안 데이터를 채취한 후 각 사이클의 평균값을 취하였다.

그리고 가속상태에서 측정된 데이터는 1사이클 평균값을 취하여 시간에 대한 함수로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 저속운전 상태에서 공기분사의 영향

Fig. 4는 동일한 배기량인 본 실험기관의 터보차저가 부착된 경우와 부착되지 않은 경우에 대한 기관회전속도별 제동토크를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 전반적으로 터보과급기관은 터보차저가 부착되지 않은 자연흡입식기관에 비하여 우수한 성능이 입증되고 있으나 1000rpm의 저속에서는 오히려 토크가 큰 폭으로 떨어지고 있어 문제점으로 제기되고 있다.

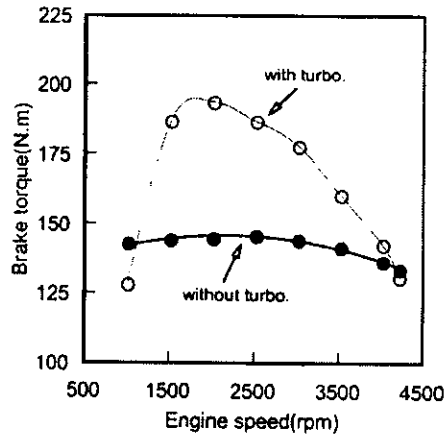


Fig. 4 Comparison of brake torque of the engine with and without turbocharger

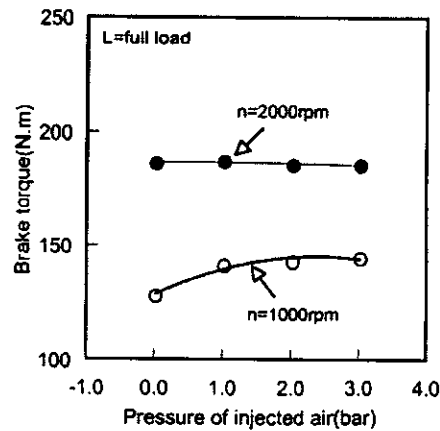


Fig. 5 Effect of air injection on the brake torque of the engine

Fig. 5~Fig. 6은 이와 같은 저속토크를 개선하기 위하여 Fig. 3에 표시된 압축기 출구의 위치에서 공기분사압력을 1, 2, 3bar로 분사한 경우와 그렇지 않은 경우, 이 공기분사압력이 전부하 1000rpm과 2000rpm에서 제동토크 및 연료소비율에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 이 Fig. 5~Fig. 6의 선도에서 보는 바와 같이 1000rpm에서는 공기분사압력에 비례하여 제동토크가 증가하고 연료소비율도 향상되고 있다. 그러나, 2000rpm에서는 공기분사압력이 1bar일 때만 약간 증가하고 그 이상에서는 오히려 감소하는 경향을 보이고 있다. 이것은 2000rpm에서는 충분한 과급효과가 이루어지고 있기 때문인 것으로 생각된다.

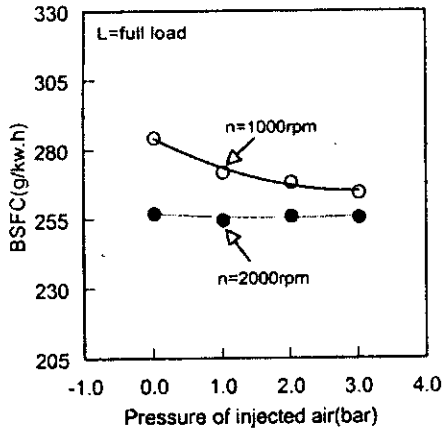


Fig. 6 Effect of air injection on the brake specific fuel consumption

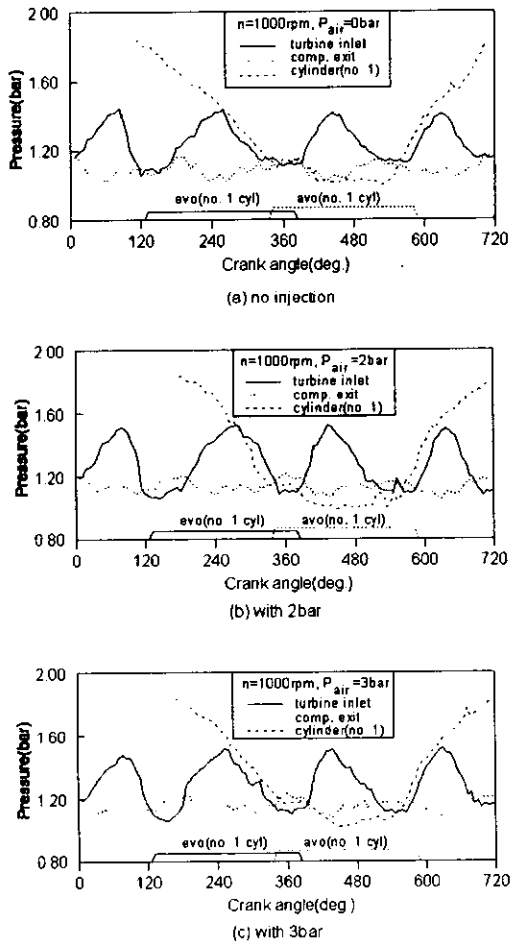


Fig. 7 Effect of air injection during the gas exchange process at 1000rpm of full load

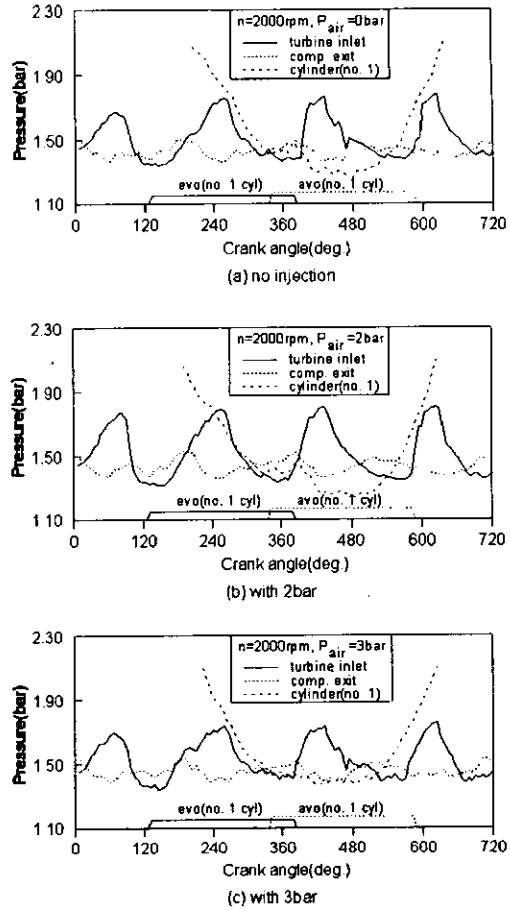


Fig. 8 Effect of air injection during the gas exchange process at 2000rpm of full load

Fig. 7과 Fig. 8은 전부하 상태의 1000rpm과 2000rpm에서 외부 공기분사압력이 밸브오버랩 과정 동안 압축기 출구와 1번 실린더 및 터빈 입구의 압력에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 이 선도에서 보는 바와 같이 전부하 상태의 1000rpm에서 외부 공기분사가 없는 경우에는 밸브오버랩 과정 동안 흡기관, 실린더 및 배기관의 압력차가 거의 없어 역류 현상이 발생되고 있으나, 공기 분사 압력이 2bar, 3bar로 주어졌을 경우에는 압력차가 나타나고 있어 원활한 가스교환이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

한편, 전부하 2000rpm에서는 공기분사압력이 2bar일 때가 압력분포 상태가 가장 양호하게 나타나고 있으며 3bar일 경우에는 오히려 상태가 악화

하는 경향을 보여주고 있다.

3.2 급가속 운전상태에서 공기분사의 영향

3.2.1 가속시간과 가속율이 응답성능에 미치는 영향

Fig. 9와 Fig. 10은 동일한 회전속도와 가속율의 운전조건에서 가속시간이 터빈 입구압력과 압축기 출구압력의 응답성능에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

Fig. 9의 (a)그림에서 보는 바와 같이 1000rpm의 정상운전상태에서 40%까지 가속할 경우, 가속시간을 길게 하여 3초 동안 천천히 가속하였을 경우에는 최고 도달압력이 3bar이상으로 되어 1초 동안 급가속한 경우의 최고 도달압력 2bar보다 약

50%이상 크게 상승하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 9의 (b)의 일정한 부하가 적용된 상태에서 가속이 주어질 경우에는 무부하의 경우보다 정상상태에 도달되는 시간이 2배이상 길어지고 있으며, 가속시간이 짧을수록 성능이 악화되고 있다.

이러한 경향은 Fig. 10의 압축기 출구압력에 있어서도 같은 경향을 보이고 있다. 이것으로부터 과급기 회전속도가 터빈 입구압력에 크게 영향을 받고 있음을 고려할 때 터보과급기 부착 디젤기관의 급가속 운전시 터보차저 응답지연현상에 가장 크게 영향을 미치는 요인중의 하나가 가속시간임을 알 수 있다.

Fig. 11은 무부하 1000rpm에서 가속율을 10%에서 40%까지 1초동안 단계적으로 변화시켰을 때

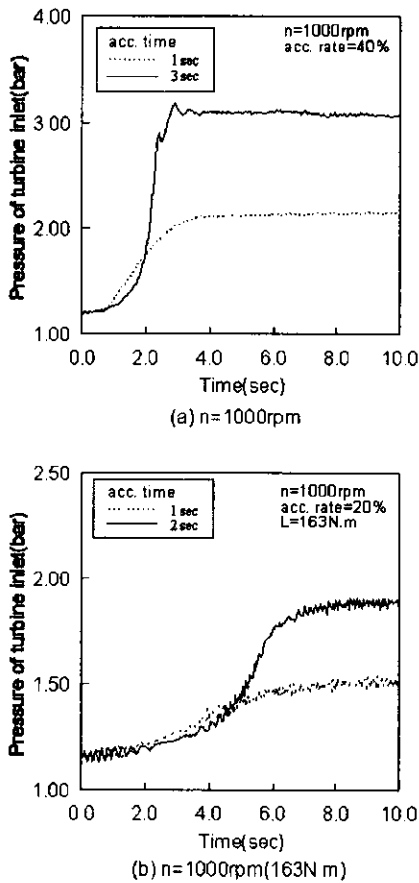


Fig. 9 The effect of accelerating time on the response performance of turbine inlet pressure

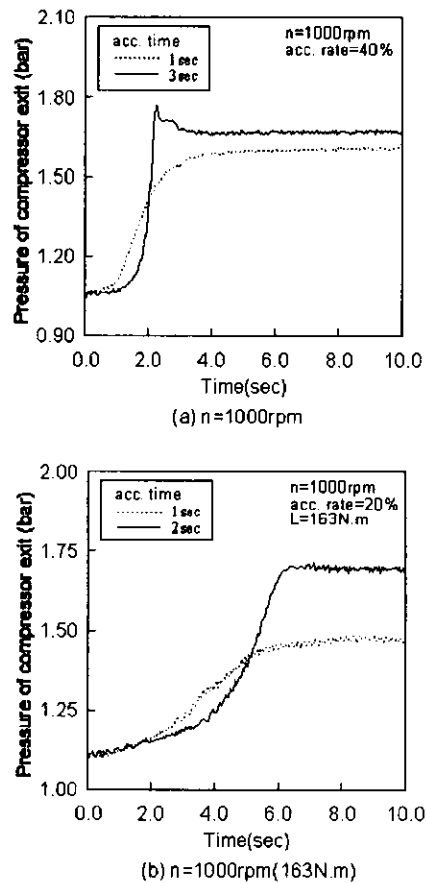


Fig. 10 The effect of accelerating time on the response performance of compressor exit pressure

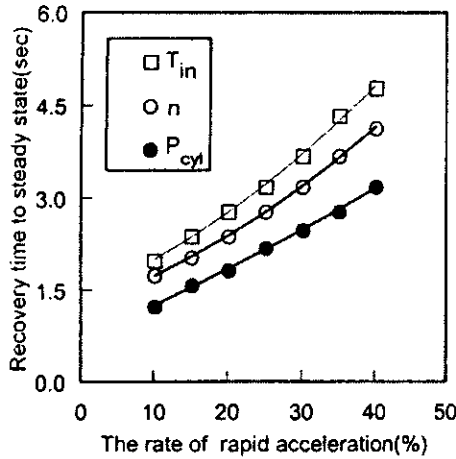


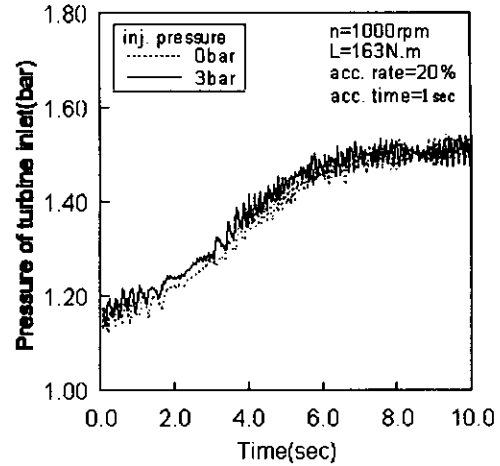
Fig. 11 The relations between accelerating rate and recovery time

실린더압력과 기관회전속도 및 터빈입구온도가 정상상태에 도달하는데 걸리는 시간을 나타낸 것이다.

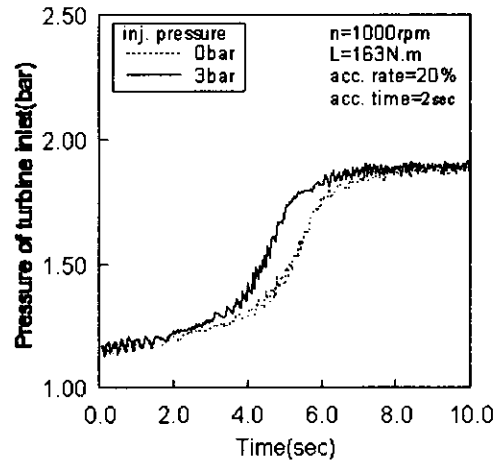
이 그림에서 보는 바와 같이 위 모든 인자들이 가속율이 증가함에 따라 정상상태 도달시간이 길어지고 있으며, 이 중에서 실린더 압력이 가장 먼저 정상상태에 도달되고 이어서 기관회전속도와 터빈 입구압력이 도달된다. 이것으로부터 정상운전 중 가속이 이루어질 경우 실린더 연소압력이 가장 먼저 응답하고, 가속에 따른 연소압력의 증가분이 기관회전속도의 증가로 이어지며 계속해서 터빈 입구온도 및 터빈 입구압력의 증가가 연차적으로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

3.2.2 가속상태에서 공기분사가 응답성능에 미치는 영향

Fig. 12는 163 N·m의 부하가 적용된 1000rpm에서 연료 랙을 공기분사와 함께 20%까지 1초 동안 가속하였을 경우와 2초 동안 가속하였을 경우의 이 가속시간이 터빈 입구압력의 응답성능에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 이 그림에서 보는 바와 같이 1초 동안 가속하였을 경우 공기분사의 효과는 미비하게 나타나고 있으며 최대도달압력도 약 1.5bar로 2초 동안 가속하였을 경우의 약 1.9bar에 비하여 크게 떨어지고 있다. 또한 압력이 진동하는 현상을 보이고 있는데 이것은 부하가 적



(a) acc. time=1sec



(b) acc. time=2sec

Fig. 12 The effect of air injection on the change of accelerating time

용된 상태에서 가속으로 인한 공기 부족 현상이 초래되어 불완전연소가 일어났기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 13은 무부하 1000rpm의 운전상태에서 연료 랙을 공기분사와 동시에 10%에서 40%까지 10%간격으로 1초 동안 가속하였을 경우에 기관회전속도와 터빈입구온도의 정상상태 회복시간에 대한 공기분사의 효과를 나타낸 것이다. 이 그림에 나타난 바와 같이 가속율이 증가할수록 공기분사의 효과가 크게 나타나고 있는데, 이것은 짧은 시간에 많은 양을 가속할 경우 터보차저의 응답 지연현상

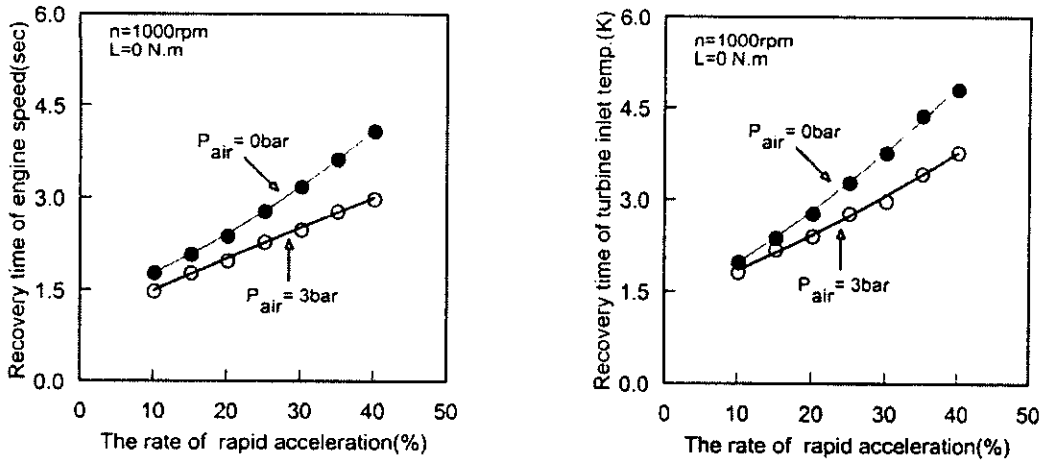


Fig. 13 The effect of air injection on the recovery time

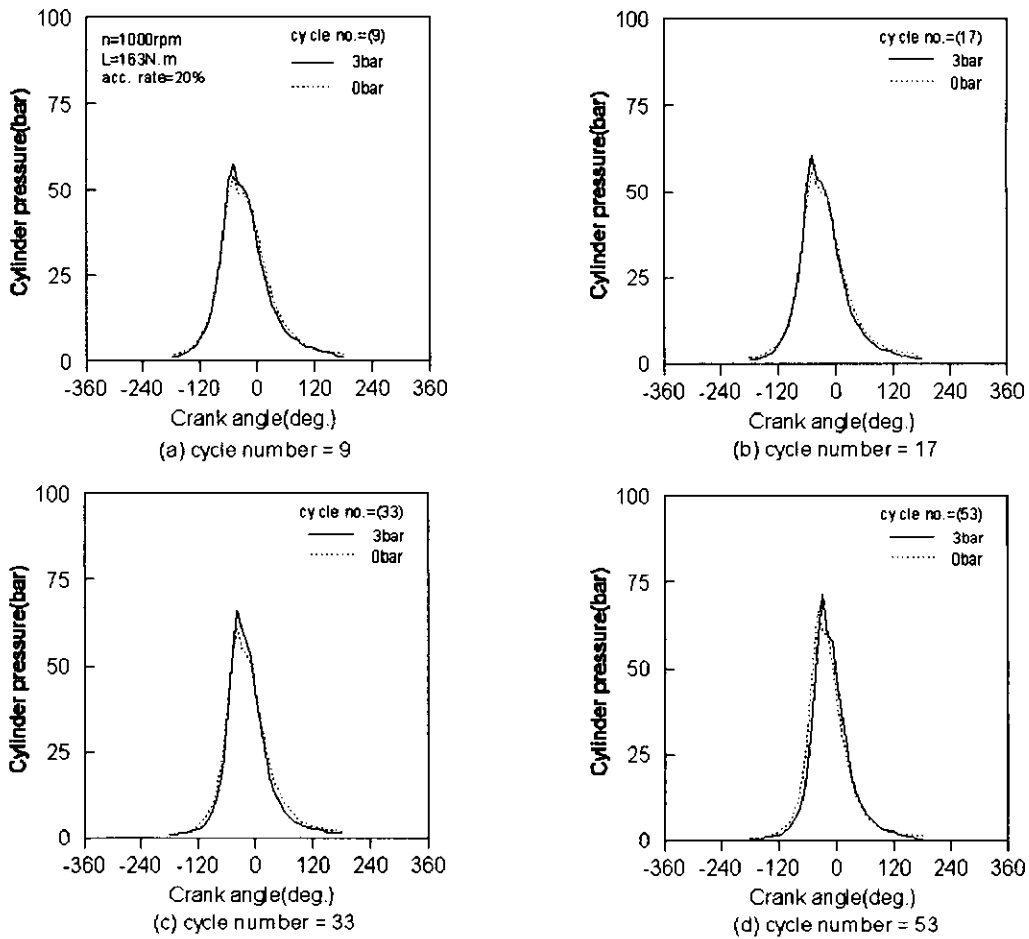


Fig. 14 Cylinder pressure diagrams measured with and without air injection during the period of acceleration

으로 연소에 필요한 공기를 순간적으로 실린더에 공급하지 못하기 때문에 추가적으로 공급된 공기 분사의 효과가 나타나기 때문인 것으로 보인다.

Fig. 14는 1000rpm(163N·m)의 정상운전상태에서 연료 력을 20%까지 급가속하였을 때 공기분사가 실린더 연소압력에 미치는 효과를 알아보기 위하여, 가속과 동시에 3bar의 공기를 압축기 출구에 가속기간 동안 계속해서 분사한 경우와 그렇지 않은 경우에 측정되어진 실린더 내 연소압력의 비교를 나타낸 것이다. 이 선도에서 보는 바와 같이 동일한 사이클에서 공기분사가 있는 경우가 없는 경우보다 압력이 더 상승하고 있으며, 정상상태로 빨리 회복되고 있다.

이것은 급가속의 과도운전시에는 실린더 내에 먼저 많은 연료가 분사되고 이에 따른 공기부족현상이 초래되어 과급기 응답지연현상이 발생하기 때문인 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 연구는 레이디얼 터빈과 원심식 압축기를 부착한 4사이클 4실린더 터보과급디젤기관의 저속 또는 급가속의 과도 운전시 응답성능을 규명하고 이를 개선할 목적으로 압축기 출구에 외부에서 공기를 추가 분사하는 실험을 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 전부하 1,000rpm의 저속 운전 상태에서 제 동토크는 공기분사압력이 3bar일 경우가 공기분사압력이 없는 경우보다 약 20% 정도 증가되었다.
- (2) 밸브오버랩의 가스교환과정 동안 실린더 및 흡·배기관 내의 압력은 공기분사압력이 증가할수록 전부하 1,000rpm의 저속운전상태에서는 소기에 향상을 가져왔으나, 전부하 2,000rpm의 경우에 있어서는 크게 영향을 미치지 못하였다.
- (3) 급가속의 과도운전시 가속시간이 과급기 응답지연현상 및 과도응답성능에 크게 영향을 미쳤으며, 가속시간이 길수록 정상상태로 빨리 회복되었다.
- (4) 급가속 운전시 압축기 출구에 공기분사는 실

린더 연소압력, 기관회전속도, 터빈입구압력 등의 응답 성능에 향상을 가져 왔으며, 가속 시간이 길어질수록 공기분사의 효과는 크게 나타났다.

- (5) 급가속 운전시 가속율이 증가할수록 정상상태로 회복되는 시간은 길어졌으며, 공기분사의 효과는 가속율이 커짐에 따라 크게 나타났다.
- (6) 일정부하가 적용된 상태에서 급가속을 한 경우에는 부하가 적용되지 않은 경우보다 정상상태로 회복되는 시간이 길어졌으며, 이때 공기분사의 효과는 가속율이 크고 가속시간이 짧을수록 크게 나타났다.

참고문헌

- (1) Anderton, D. and Duggal, V. K., 1975, "Effect of Turbocharging on Diesel Engine Noise Emissions and Performance", SAE Paper No. 750797, pp. 97 ~ 105.
- (2) Watson, N. and Janota, M. S., 1982, "Turbocharging the Internal Combustion Engine", Macmillan Press, London(Wiley in USA), pp. 517 ~ 592.
- (3) Gimmel, H., Holzt, H. P. and Weimann, H. J., 1982, "Computerized Simulation of the Acceleration Characteristics of an Exhaust Gas Turbocharged Automotive Diesel Engine", Proceedings of Turbocharging and Turbochargers, C34/82, I. Mech. E., London, England, pp. 37~48.
- (4) Acton, O., Capobianco, M., Zamboni, G. and Gambarotta, A., 1994, "Optimum Control of Variable Geometry Turbine in Automotive Turbocharger Diesel Engines", SAE paper No. 945012, pp. 106~115.
- (5) Flaxington, D. and Szczupak, D. T., 1982, "Variable Area Radial-Inflow Turbine", Proceedings of Turbocharging and Turbochargers, C36/82, I. Mech. E., London, England, pp.55~62.
- (6) Akiba, K., Ohatani, M. and Yoshiki, H., 1981, "The Optimized Design of the Exhaust Brake of the Automotive Diesel Engine", SAE paper No. 810344, pp. 1417~1426.

- (7) Watson, N., 1978, "Engine and Turbocharger Interaction with Multi-Entry Pulse Converters", Proceedings of Turbocharging and Turbochargers, C65/78, I. Mech. E., London, England, pp. 319~328.
- (8) Poplawsky, C. J., Lindbreg, L., Robb, S. and Roundy, J., 1992, "Development of an Advanced Ceramic Turbine Wheel for an Air Turbine Stator", SAE paper No. 921945, pp. 1649~1659.
- (9) Holzhausen, G. H. and Alfano, D. L., 1982, "Power Transfer to Improve Transient Response of a Turbocharged Diesel Engine", Proceedings of Turbocharging and Turbochargers, C41/82, I. Mech. E., London, England, pp. 115~121.
- (10) Matura, Y., Nakazawa, N., Kobayashi, Y., Ogita, H. and Kawatani, T., 1992, "Effects of Various Methods for Improving Vehicle Startability and Transient Response of Turbocharged Diesel Trucks", SAE paper No. 920044, pp. 11~26.
- (11) Maulice, S., Lee, K., Watanabe, S., Nagakura, H., Shiratsuchi, M., Sugihara, H. and Ienaga, M., 1994, "Improvement of a Turbocharged and Intercooled Diesel Engine Powered Vehicle's Startability by Means of a Three Wheel Turbocharger(TWT)", SAE paper No. 945018, pp. 163~170.
- (12) Ledger, J. D., Benson, R. S. and Furukawa, H., 1973. "Improvement in Transient Performance of a Turbocharged Diesel Engine by Air Injection into the Compressor", SAE paper No. 730665, pp. 2412~2423.
- (13) 최낙정, 이창식, 1995, "압축기 출구에 공기분사가 터보과급디젤기관의 성능특성에 미치는 영향에 관한 연구", 대한기계학회 논문집 제19권 제3호, pp. 796~805.

저 자 소 개



박상규(朴祥奎)

1952년 10월생. 1979년 전북대학교 기계공학과 졸업. 1982년 한양대학교 대학원 기계공학과 졸업(석사). 1991년 일본 동북대학 공학연구과 기계공학전공 졸업(박사). 1997년~현재 우석대학교 이공대학 자동차공학과 교수. 당학회 정회원.



최낙정(崔洛旼)

1956년생. 1981년 동아대학교 기계공학과 졸업. 1992년 한양대학교 대학원 기계공학과 졸업(박사). 1996년~1997년 일본 나고야대학 기계시스템공학과 객원교수. 1993년~현재 국립익산대학 자동차과 부교수. 당학회 정회원.