

커먼 레일 시스템 인젝터의 파라미터 변화에 따른 거동특성 해석

Analysis of Behavior Characteristics of Common Rail System Injector for the Variations of Injector Parameters

김 중 배*

Joong-Bae Kim

(2009년 3월 17일 접수 ; 2009년 4월 21일 심사완료)

Key Words : Common Rail System(커먼 레일 시스템), Injector(인젝터), Injection Quantity(분사량), Injection Rate(분사유량), Energizing Time(구동 시간)

ABSTRACT

This paper focuses on the modelling of common rail diesel injector using the AMESim code and shows the appropriateness of the developed model. For the developed injector model, simulations are carried out to analyze the behavior characteristics of the injector for the variations of injector model parameters such as orifice diameters, rail pressures, and energizing times. Simulation results show that the diameters of inlet and outlet orifices have close relation with injection quantity. Increment of rail pressure and energizing time provides increment of injection quantity, and simulated energizing time map shows injection characteristics of the common rail injector.

1. 서 론

디젤 엔진 차량의 핵심 부품인 연료분사장치는 1980년대에 직접분사 기술의 개발로 소형차에 적용되어 연비증가와 출력증가의 성과를 가져왔으나, 엄격한 배기규제와 소음개선에 대한 요구는 만족시키지 못했다. 이러한 기술적 취약점을 극복하기 위해 연료분사장치의 전자화 및 고압화 기술이 개발되었으며 커먼 레일 연료분사 시스템(common rail fuel injection system)이라는 신기술의 연료분사장치에 의해 기존의 기술적 한계를 극복하게 되었으며 현재 디젤 엔진에 널리 적용되고 있다^(1,2).

커먼 레일 시스템은 기존의 캠 구동방식과는 달리 엔진 회전과는 독립적으로 분사시기, 분사시간, 분사압력, 분사량 등의 분사특성에 영향을 주는 파라미터들에 대한 변경과 개선이 용이한 특징을 갖

고 있어 유연성 있는 분사제어를 구현할 수 있다.

커먼 레일 시스템의 최대 레일 압력은 약 1800 bar 정도이며, 이 압력은 엔진의 운전 상태에 따라 가변적으로 대응이 가능하다. 또한 예비분사, 주분사, 사후분사 등을 구현할 수 있다. 이러한 특징으로 커먼 레일 시스템은 출력증가, 연비개선, 소음 및 진동 저감, 유해 배출 가스 감소 등의 장점을 갖는다⁽³⁾.

특히 최근에 솔레노이드 구동 방식에서 피에조 구동 방식으로 바뀐 인젝터가 상용화 되었는데, 이를 통해 보다 진보된 인젝터의 고응답성으로 유해 배출가스 감소와 소음 진동의 개선을 기할 수 있게 되었는데, 이와 관련된 피에조 구동 인젝터의 분사 특성에 대한 연구가 실시되었으며⁽⁴⁻⁶⁾, 인젝터와는 별도로 디젤 엔진의 EGR 포트 위치 변경을 통한 소음 개선에 대한 연구가 실시된 바 있다⁽⁷⁾.

현재 국내의 상용차에 적용되고 있는 커먼 레일 시스템의 인젝터는 전량 수입에 의존하고 있으며, 기술 개발을 위해 인젝터에 대한 연구가 활발히 수

* 교신저자; 정회원, 동양공업전문대학 기계설계과
E-mail : jbkim@dongyang.ac.kr
Tel : (02)2610-1916, Fax : (02)2610-1852

행 중에 있으나, 아직 국산화 되어 양산되고 있는 못한 실정이다.

인젝터를 개발하고 성능을 향상시키기 위해서는 유압, 기계 메카니즘, 전자기 등의 분야가 관련되어 있는데, 이와 관련하여 인젝터를 수학적으로 모델링하고 주요한 오리피스스의 분사특성을 연구한 결과⁽⁸⁾가 있으며, 수학적으로 모델링된 인젝터에 대해 일반 디젤과 유체유를 사용한 경우의 분사특성에 대해 연구한 결과⁽⁹⁾가 있다.

이 연구에서는 솔레노이드 구동 방식의 인젝터 개발단계와 성능향상 단계에서 인젝터 파라미터 변화에 대한 거동을 해석할 수 있는 인젝터 해석 모델을 개발하고, 인젝터 파라미터 변화에 따른 거동 특성을 해석하고자 한다. 해석 모델은 현재 상용화 되어 있는 인젝터를 기준으로 설정하였으며 설계 파라미터들을 변화시켜 다양한 거동특성을 해석할 수 있는 기능을 갖는다. 인젝터 모델은 신뢰성이 검증된 AMESim 코드⁽¹⁰⁾를 사용하였으며, 다양한 설계 파라미터 변화에 대해 해석이 가능하다.

2. 커먼 레일 인젝션 시스템

2.1 커먼 레일 인젝터

이 연구의 대상인 커먼 레일 인젝터는 솔레노이드 구동방식의 인젝터이며, 구조에 대한 개요가 Fig. 1에 제시되어 있다. 인젝터의 작동원리는 다음과 같다.

솔레노이드가 작동하지 않는 초기에 볼 밸브는 솔레노이드 스프링의 힘에 의해 닫혀있는 상태이고, 커먼 레일로 부터의 고압에 의해 노즐 니들은 닫혀 있게 된다. 솔레노이드에 전류가 인가되면 볼 밸브는 솔레노이드의 전자력(흡입방향)에 의해 시트로부터 올려지게 되어 밸브는 열리게 된다. 이때 연료는 컨트롤 챔버로부터 출구 오리피스를 통해 연료 리턴 라인으로 배출되는데, 입구 오리피스의 압력손실로 컨트롤 챔버의 압력은 하강한다. 이때 니들 끝단에 작용하는 압력에 의한 힘은 컨트롤 플런저에 작용하는 압력에 의한 힘과 니들 스프링에 의한 힘을 더한 값 보다 크게 되어 니들과 컨트롤 플런저는 위 방향으로 이동하기 시작하며, 노즐 니들이 열려 분사가 시작된다. 솔레노이드에 흐르는 전류가 차단 되면 솔레노이드 스프링에 의해 볼 밸브는 시트 위

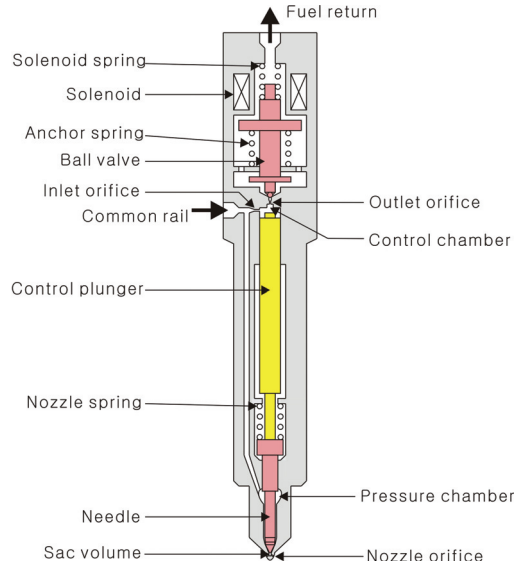


Fig. 1 Structure of a common rail injector

치로 복귀된다. 이때 컨트롤 챔버의 압력은 다시 커먼 레일과 같은 고압 상태가 되어, 니들은 닫히게 되어 니들 시트 위치로 복귀되고 이와 동시에 분사는 종료되어 초기 상태로 된다⁽³⁾.

2.2 인젝터 모델

해석을 위한 인젝터 모델은 상용 소프트웨어인 AMESim(LMS Imagine SA)을 이용하여 코드를 작성하였다.

Fig. 1에 제시되어 있는 해석 대상의 인젝터를 AMESim의 서브 모델을 이용하여 구성한 인젝터 모델이 Fig. 2에 제시되어 있다. 커먼 레일 압력 소스는 일정 유압 소스 모델로 가정하여 표현하였으며, 디젤 연료는 단열조건 일반 표준 사양인 ISO 4113 연료를 고려하였다. 노즐, 입구 및 출구 오리피스스는 오리피스 서브 모델로 모델링하였다. 솔레노이드는 단순히 입력 전류 신호를 힘으로 변환하는 서브 모델로 모델링하였으며, 입력 전류 신호는 1차 계의 특성을 갖는 일정한 상승시간, 유지시간, 하강시간을 갖는 사다리꼴 형태의 신호로 모델링하였다. 스프링-댐퍼 서브 모델은 컨트롤 플런저와 니들에 작용하는 압력에 의한 축방향 탄성변형을 고려하기 위함이며, 압축력을 받는 봉의 스프링 상수를 고려하여 모델링하였다. 횡방향의 탄성변형은 그 영향이 작으므로 고려하지 않았다.

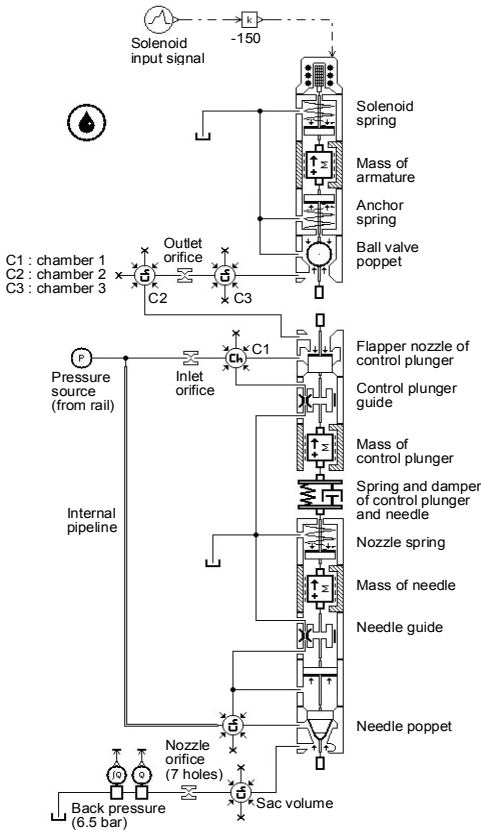


Fig. 2 AMESim model of common rail injector

3. 인젝터의 거동해석

3.1 인젝터 모델의 물리적 타당성

인젝터 파라미터의 변화에 따른 거동특성을 분석하기 위한 모델을 개발했으며, 이에 따라서 인젝터 모델의 타당성을 살펴볼 필요가 있다. 이를 위해서 인젝터를 구성하는 서브 모델에 대한 파라미터를 설정해야 하는데, 상용의 인젝터에 대한 실측을 통해 기구적인 치수들을 구했으며, 스프링-댐퍼 서브 모델의 파라미터인 스프링 상수는 킷롤 플런저와 니들을 압축력을 받는 봉으로 모델링하여 스프링 상수를 계산했으며, 물리적으로 감쇠가 매우 작을 것으로 추정되므로 댐퍼의 감쇠계수는 진동계의 감쇠비를 0.1로 가정하여 설정하였다.

니들과 니들 시트면은 AMESim에서 제공하는 원뿔형 시트를 갖는 포켓으로 모델링하였으며 노즐면의 형상은 단일 원뿔(single cone)로 고려하였다. 인

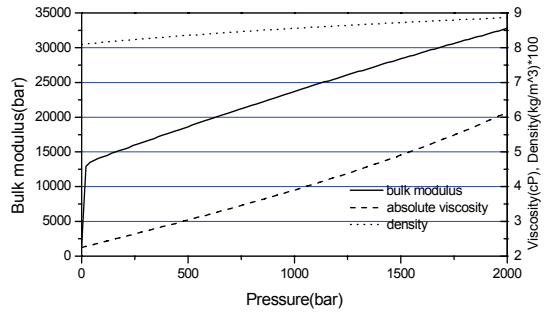


Fig. 3 Physical characteristics of ISO 4113 fuel

Table 1 Typical parameters of submodels

Submodel	Parameters
Hydraulic fluid	Fuel type : ISO 4113, air/gas content : 0.1 %, temperature : 40 °C
Solenoid spring	k=40 kN/m, F0=120 N
Mass of armature	m=0.007 kg, displacement limit= 0~ 0.05 mm
Anchor spring	k=1.8 kN/m, F0=6.0 N
Ball valve poppet	Seat dia.=0.5 mm, ball dia.=1.5 mm, seat semi-angle=60 deg
Outlet orifice	Equivalent orifice dia.=0.25 mm, critical cavitation num.=3
Inlet orifice	Equivalent orifice dia.=0.22 mm, critical cavitation num.=3
Flapper nozzle	Nozzle hole dia.=1.0 mm, flapper dia.=4.3 mm, underlap=0.25 mm
Guide	Clearance=0.002 mm
Mass of control plunger and needle	0.013 kg, 0.004 kg
Spring and damper	k=1.4e+7 N/m, c=41 N/m/s
Needle spring	k=32 kN/m, F0=32 N
Needle poppet	Poppet dia.=2.3 mm, cone dia.=1.1 mm, hole dia.=0.8 mm, needle cone half angle=30 deg, seat half angle= 30 deg
Nozzle orifice	Equivalent orifice dia.=0.15 mm, critical cavitation num.=3, number of holes=7
Pipeline	Pipe dia.=1.9 mm, length=0.13 m

젝터 내부의 관로인 파이프 라인은 유체의 압축성과 관로의 마찰을 고려한 서브 모델을 사용하였다. 노즐, 입구 및 출구 오리피스는 케비테이션이 고려된 서브 모델을 사용하였으며 임계 케비테이션수는 디젤 직접분사 인젝터의 일반적인 값인 3을 사용하였다⁹⁾. 또한 노즐 오리피스 출구의 배압은 6.5 bar로 설정하였다. 해석에 사용된 디젤 연료는 단일조건인 ISO 4113 연료이며 온도는 40°C, 공기 함량 0.1%이며 압력에 따른 특성은 Fig. 3와 같다.

Table 1에 해석 시 사용된 AMESim 서브 모델의

주요 파라미터가 제시되어 있다.

Fig. 4에 레일 압력 1000 bar, 솔레노이드 전류 신호의 상승시간 100 μ sec, 유지시간 500 μ sec, 하강시간 100 μ sec일 경우의 볼 포켓 변위, 컨트롤 플런저 변위, 니들 변위, 챔버 압력, 분사유량, 분사량 등에 대한 시뮬레이션 결과가 제시되어 있다.

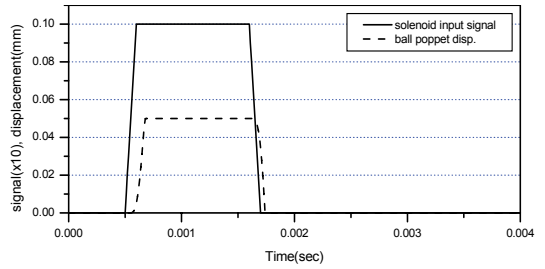
솔레노이드에 전류가 인가되어 볼 밸브가 열리게 되면 컨트롤 챔버로부터 출구 오리피스를 통해 연료가 배출되므로 입구 오리피스의 압력손실에 의해 (c)와 같이 컨트롤 챔버(챔버2)의 압력은 하강하기 시작하며, 이에 따라서 (b)와 같이 컨트롤 플런저는 초기에 탄성변형에 의해 압축되었던 것이 인장되기 시작한다. 압력에 의한 힘이 가해지지 않는 상태일 경우의 변위를 0으로 할 때, 압력에 의해 플런저와 니들의 압축이 발생되므로 컨트롤 플런저 끝단의 초기 변위는 음의 값을 갖는다.

이후 니들에 작용하는 압력과 컨트롤 챔버의 압력 차이로 컨트롤 플런저와 니들은 이동하기 시작한다. 니들이 이동하여 열리게 되면 노즐로부터 분사가 시작되고 이에 따라서 (d)와 같이 인젝터 노즐의 분사가 발생된다. 이후 (b)와 같이 컨트롤 플런저는 최대 변위를 유지하며 니들 또한 최대 변위를 유지한다.

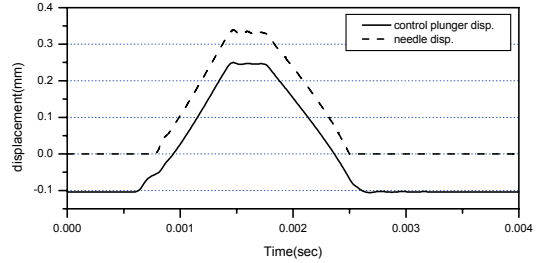
솔레노이드에 전류가 차단되면 (a)와 같이 볼 밸브 스프링에 의해 볼 포켓은 닫히게 된다. 이에 따라서 (c)와 같이 챔버2와 챔버3의 압력은 상승하게 된다. 컨트롤 플런저에 작용하는 고압에 의한 힘과 노즐 스프링에 의한 힘이 노즐의 니들에 작용하는 압력에 의한 힘보다 크게 되면 (b)와 같이 니들은 닫히게 된다. 니들이 닫히면 인젝터 노즐의 분사유량은 0으로 되며, 챔버1, 2, 3의 압력은 상승하기 시작한다. 또한 컨트롤 플런저는 초기 상태로의 위치로 복귀된다. 이러한 결과를 종합해 보면 인젝터 모델의 거동특성은 타당성이 있음을 알 수 있다.

3.2 출구 오리피스의 변화에 따른 거동특성

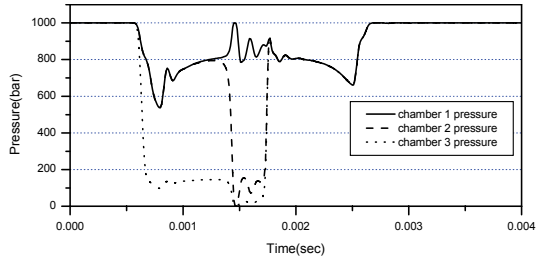
Fig. 5에 출구 오리피스의 변화에 따른 인젝터의 거동특성을 시뮬레이션한 결과가 제시되어 있다. 출구 오리피스의 지름은 각각 0.23 mm, 0.25 mm, 0.27 mm의 3종류로 하였으며, 솔레노이드 전류 신호의 상승, 하강 시간은 각각 100 μ sec, 유지 시간은 600 μ sec로 하였고, 레일 압력은 1000 bar로 하



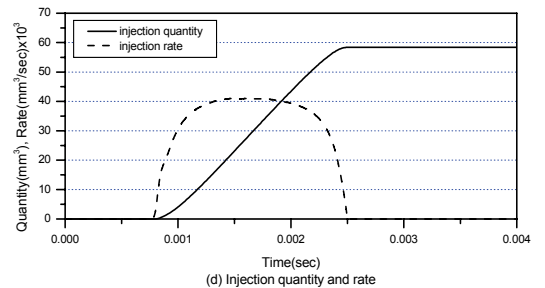
(a) Solenoid input signal and ball poppet displacement



(b) Control plunger and needle displacement



(c) Chamber pressures

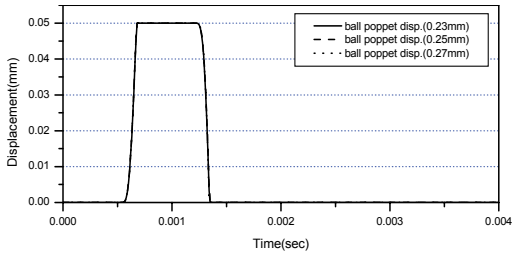


(d) Injection quantity and rate

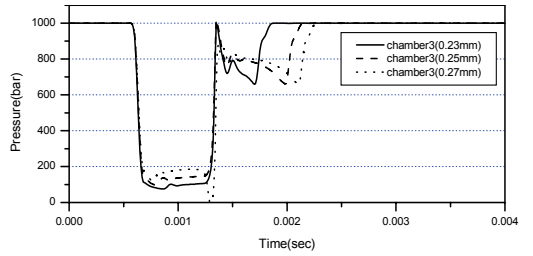
Fig. 4 Simulation results of logical appropriateness of injector model

였다. 다른 파라미터들은 Table 1에 제시되어 있는 값을 이용하였다.

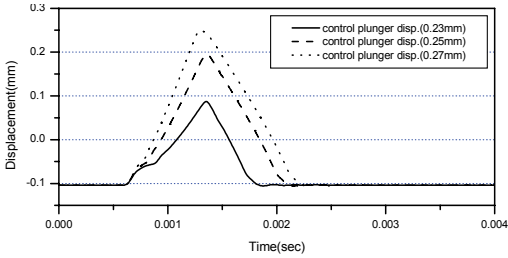
출구 오리피스의 지름 변화에 따라서 볼 포켓의 변위는 (a)와 같이 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 그리고 출구 오리피스의 지름이 작을수록 볼



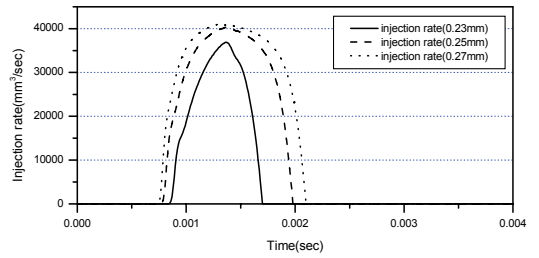
(a) Ball poppet displacement for the variations of outlet orifice diameter



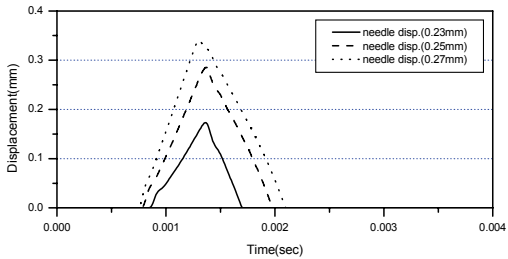
(f) Chamber3 pressure for the variations of outlet orifice diameter



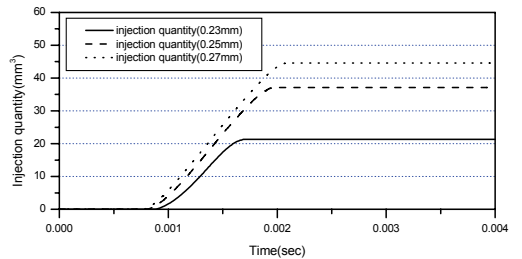
(b) Control plunger displacement for the variations of outlet orifice diameter



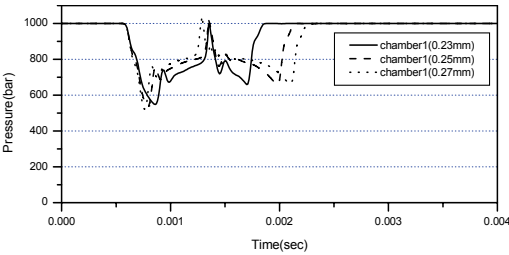
(g) Injection rate for the variations of outlet orifice diameter



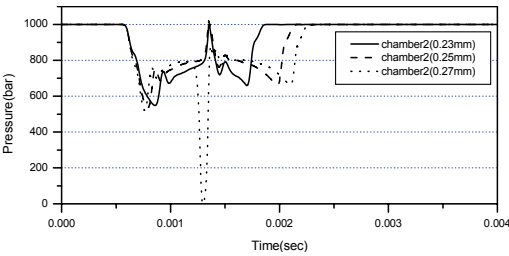
(c) Needle displacement for the variations of outlet orifice diameter



(h) Injection quantity for the variations of outlet orifice diameter



(d) Chamber1 pressure for the variations of outlet orifice diameter



(e) Chamber2 pressure for the variations of outlet orifice diameter

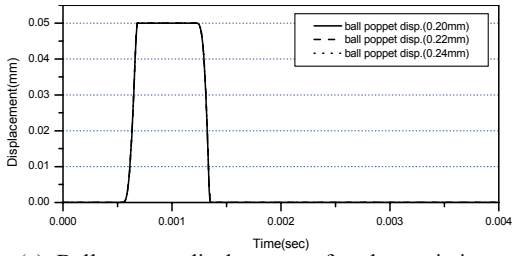
Fig. 5 Behavior characteristics of injector for the variations of outlet orifice diameter

포켓의 개방에 따른 유량 손실에 대한 보상이 상대적으로 작기 때문에 (f)와 같이 챔버3의 압력은 지름이 작을수록 빨리 하강하는 경향이 나타난다.

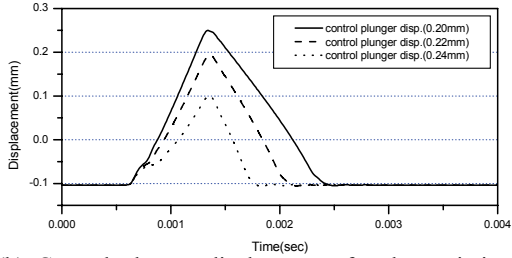
또한 챔버1의 압력은 (d)와 같이 상대적으로 늦게 하강하면서 가장 빨리 복구하므로 (b)와 (c)에서와 같이 컨트롤 플런저의 변위와 니들의 변위는 가장 작게 나타나면서 가장 빨리 초기 상태로 복구된다. 이에 따라서 (g)와 (h)에서와 같이 분사유량과 분사량은 작게 나타난다.

3.3 입구 오리피스의 변화에 따른 거동특성

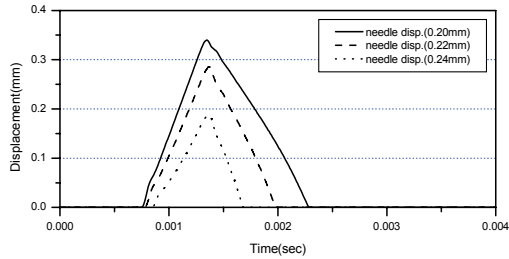
Fig. 6에 입구 오리피스의 변화에 따른 인젝터의 거동특성을 시뮬레이션한 결과가 제시되어 있다. 입구 오리피스의 지름은 각각 0.2 mm, 0.22 mm, 0.24 mm의



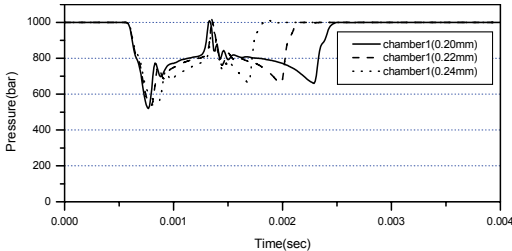
(a) Ball poppet displacement for the variations of inlet orifice diameter



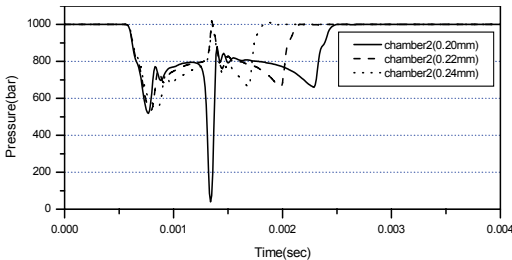
(b) Control plunger displacement for the variations of inlet orifice diameter



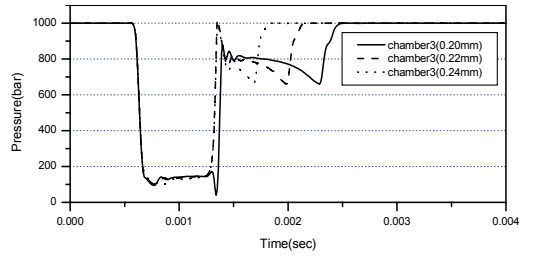
(c) Needle displacement for the variations of inlet orifice diameter



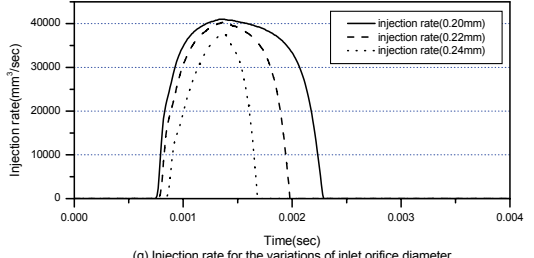
(d) Chamber1 pressure for the variations of inlet orifice diameter



(e) Chamber2 pressure for the variations of inlet orifice diameter

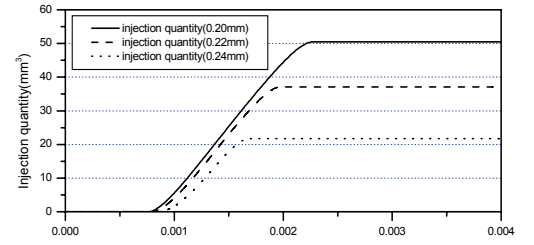


(f) Chamber3 pressure for the variations of inlet orifice diameter



(g) Injection rate for the variations of inlet orifice diameter

(g) Injection rate for the variations of inlet orifice diameter

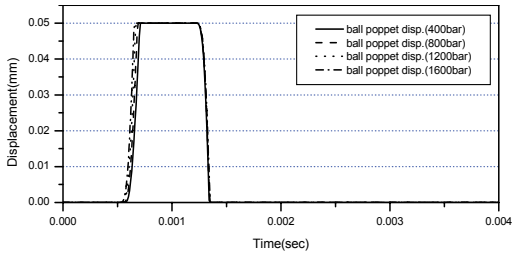


(h) Injection quantity for the variations of inlet orifice diameter

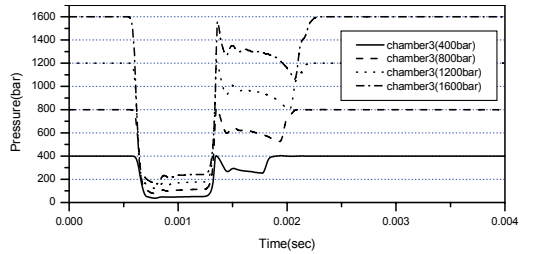
(h) Injection quantity for the variations of inlet orifice diameter

Fig. 6 Behavior characteristics of injector for the variations of inlet orifice diameter

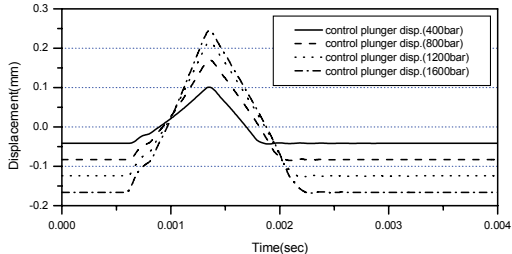
3종류로 하였으며, 솔레노이드 전류 신호의 상승, 하강 시간은 각각 100 μ sec, 유지 시간은 600 μ sec로 하였다. 레일 압력은 1000 bar로 하였으며 다른 파라미터들은 Table 1에 제시되어 있는 값을 이용하였다. (a)와 같이 볼 포펫의 변위는 입구 오리피스에 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 입구 오리피스의 지름이 작을수록 볼 포펫 개방에 따른 유량손실에 대한 보상이 상대적으로 작으므로 (d)와 같이 챔버1의 압력은 지름이 작을수록 빨리 하강하며, 또한 가장 지연되어 복귀됨을 알 수 있다. 이와 동시에 (f)와 같이 챔버3의 압력은 감소하나 출구 오리피스의 감쇠 효과로 인하여 볼 포펫의 개방에 따른 압력의 하강은 입구 오리피스의 지름



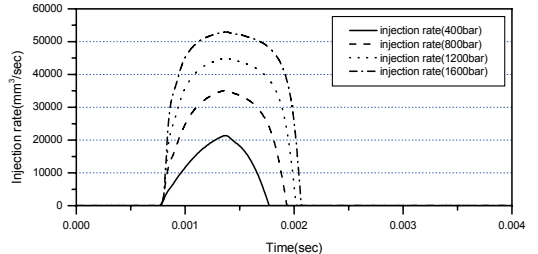
(a) Ball poppet displacement for the variations of rail pressure



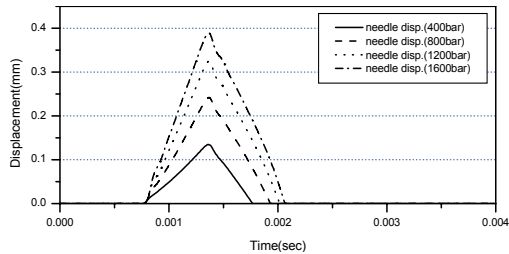
(f) Chamber3 pressure for the variations of rail pressure



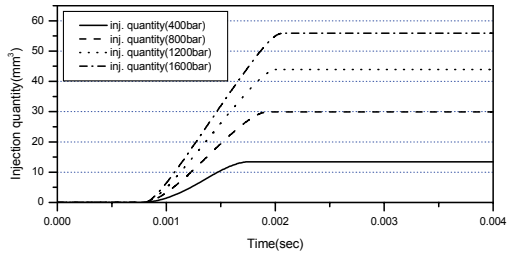
(b) Control plunger displacement for the variations of rail pressure



(g) Injection rate for the variations of rail pressure

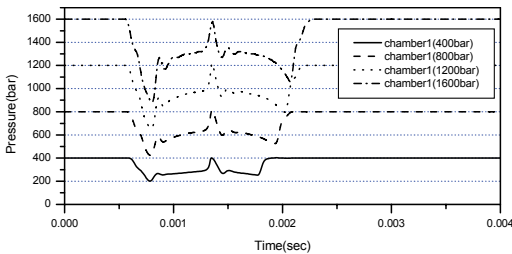


(c) Needle displacement for the variations of rail pressure



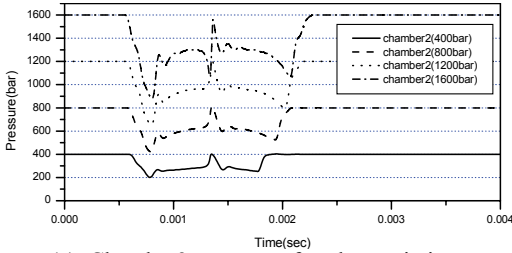
(h) Injection quantity for the variations of rail pressure

(h) Injection quantity for the variations of rail pressure



(d) Chamber1 pressure for the variations of rail pressure

(d) Chamber1 pressure for the variations of rail pressure



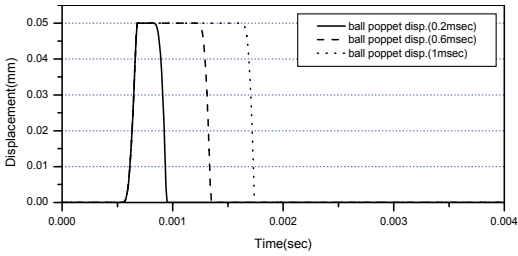
(e) Chamber2 pressure for the variations of rail pressure

Fig. 7 Behavior characteristics of injector for the variations of rail pressure

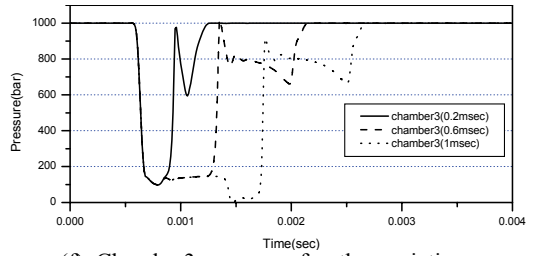
변화에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 컨트롤 플런저의 변위와 니들의 변위는 챔버1과 챔버2의 압력에 가장 영향을 많이 받으므로 (d), (e)의 챔버 압력에 따라서 컨트롤 플런저의 변위와 니들의 변위가 발생하며, 입구 오리피스의 지름이 작을수록 (c)와 같이 니들은 상대적으로 변위가 크고, 빨리 열리고 늦게 닫히는 특성을 나타내고 있으며, 이에 따라서 분사유량과 분사량은 크게 나타난다.

3.4 레일 압력에 따른 거동특성

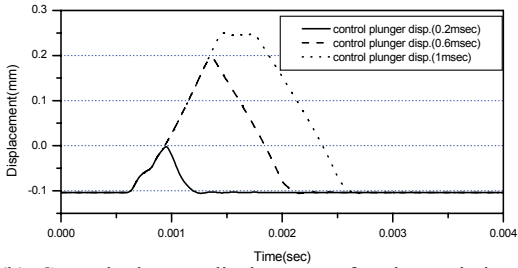
Fig. 7에 레일 압력에 따른 인젝터의 거동특성을 시뮬레이션한 결과가 제시되어 있다. 레일 압력은 각각 400 bar, 800 bar, 1200 bar, 1600 bar의 4종류로 하였으며, 솔레노이드 전류 신호의 상승, 하강



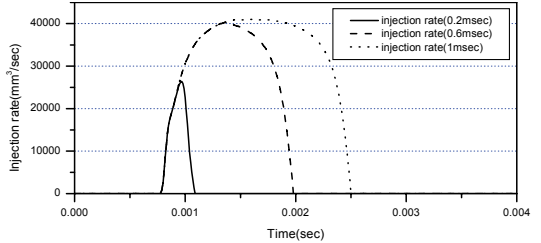
(a) Ball poppet displacement for the variations of energizing time



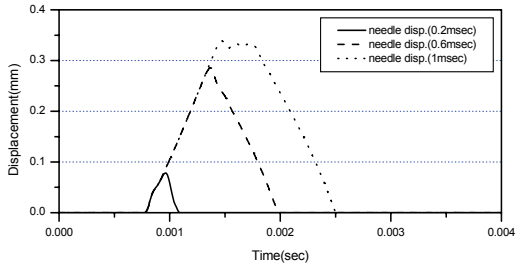
(f) Chamber3 pressure for the variations of energizing time



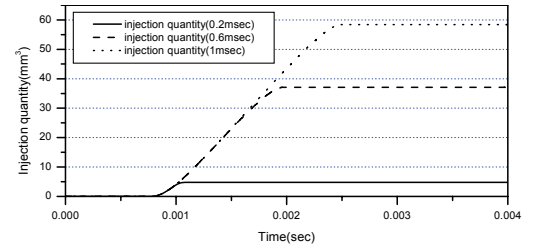
(b) Control plunger displacement for the variations of energizing time



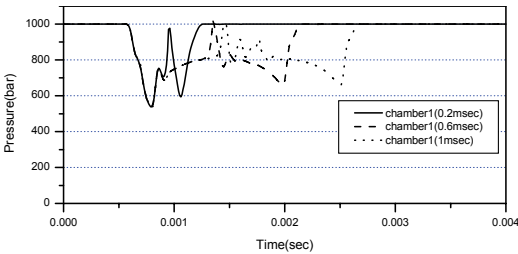
(g) Injection rate for the variations of energizing time



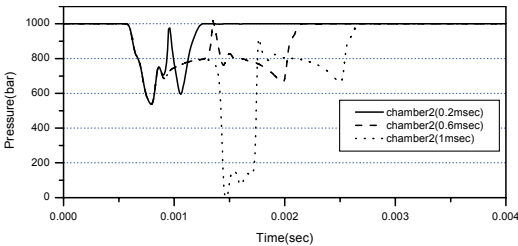
(c) Needle displacement for the variations of energizing time



(h) Injection quantity for the variations of energizing time



(d) Chamber1 pressure for the variations of energizing time



(e) Chamber2 pressure for the variations of energizing time

Fig. 8 Behavior characteristics of injector for the variations of solenoid energizing time

시간은 각각 100 μ sec, 유지 시간은 600 μ sec로 하였다. 다른 파라미터들은 Table 1에 제시되어 있는 값을 이용하였다.

레일 압력이 증가함에 따라 볼에 작용하는 힘이 비례하여 증가하므로 볼 포켓은 (a)와 같이 다소 빨리 열림을 알 수 있다. 또한 레일 압력의 증가에 따라 (d), (e), (f)와 같이 챔버1, 2, 3의 압력은 유사한 경향을 갖고 증가함을 알 수 있다. 그리고 레일 압력의 증가에 따라서 플런저의 초기 압축 변위와 최대 변위는 증가하며, 이들의 변위 또한 증가함을 알 수 있다.

니들 변위의 복귀는 볼 포켓이 닫힌 후 이루어지는데 레일 압력이 높을수록 변위가 크므로 복귀되는 시간도 더 소요된다. 이에 따라서 노즐이 열려있는 시간이 길어지므로 (g), (h)와 같이 분사유량과

분사량은 증가하고 있음을 알 수 있다.

3.5 솔레노이드 구동시간에 따른 거동특성

Fig. 8에 솔레노이드 구동시간에 따른 인젝터의 거동특성을 시뮬레이션한 결과가 제시되어 있다. 솔레노이드 구동시간(energizing time)은 솔레노이드 전류 상승시간과 유지시간의 합이며, 시뮬레이션을 위해 유지시간을 200 μsec , 600 μsec , 1000 μsec 의 3 종류로 설정하였으며, 각각의 경우에 대해서 솔레노이드 전류 신호의 상승시간과 하강시간은 100 μsec 로 설정하였다. 또한 레일 압력은 1000 bar로 설정하였으며, 다른 파라미터들은 Table 1에 제시되어 있는 값을 이용하였다.

솔레노이드 구동 시간이 증가할수록 (b)와 같이 컨트롤 플런저의 변위는 증가하며, 유지시간 1000 μsec 의 경우 플런저의 최대 변위는 0.25 mm(Table 1에서 flapper nozzle 서브 모델의 underlap 0.25 mm)에 거의 도달하고 있음을 알 수 있다.

이에 따라서 니들의 변위도 (c)와 같은 거동을 나타낸다. 각 챔버의 압력 특성은 (d), (e), (f)와 같이 솔레노이드 구동시간의 증가에 따른 특성이 나타나고 있으며, 분사유량과 분사량은 증가함을 알 수 있다.

3.6 ET(energizing time) Map

이 연구에서 제안된 인젝터 모델의 타당성은 인젝터의 분사특성에 영향을 주는 파라미터 변화에 대한 거동특성을 분석함으로써 이루어졌다. 엔진 ECU에서 인젝터의 연료 분사량을 제어하기 위해서는 특정 압력에서 요구되는 분사량을 도출하기 위해 솔레노이드 구동시간을 결정해야 하는데, 이때 기준 데이터로 사용하는 것이 ET Map이다. 이 연구에서 제안된 인젝터 모델에 대해 다양한 레일 압력과 솔레노이드 구동시간을 고려하여 시뮬레이션을 통해 구한 ET Map은 Fig. 9와 같다.

그림에서와 같이 레일 압력이 높을수록 동일한 솔레노이드 구동시간에 대해서 분사량이 증가하는 경향이 뚜렷이 나타나고 있다. 솔레노이드 구동시간이 증가함에 따라서 분사량이 증가하다가 특정 구동시간 지점에서 곡선이 휘어지는 부분이 나타나는데, 이는 노즐 니들의 변위가 최대값에 도달하여 분사량의 증가 추세가 둔화되기 때문이다. 즉, Fig. 8(c)에서 솔레노이드 구동시간이 1 msec의 경우 약 0.0015 sec

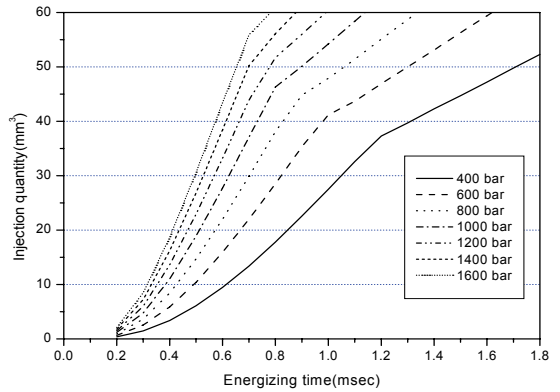


Fig. 9 Simulation results of ET MAP for the various rail pressures

지점에서 노즐 니들의 변위가 최대값에 이르게 되며 이때부터 분사량의 증가 추세가 둔화된다.

4. 결 론

이 연구에서는 커먼 레일 시스템 인젝터를 해석할 수 있는 모델을 AMESim 코드를 사용하여 개발하였다. 이 모델을 이용하여 인젝터의 거동에 중요한 영향을 미치는 오리피스 지름, 레일 압력, 솔레노이드 구동시간 등의 변화에 따른 인젝터의 거동특성을 해석할 수 있게 되었다.

주요한 사항들은 출구 오리피스의 지름이 작을수록 노즐 니들의 변위가 상대적으로 작아져 분사량이 작아지며, 입구 오리피스의 지름이 작을수록 노즐 니들의 변위가 상대적으로 커져 분사량이 커진다. 또한 레일 압력의 증가에 따라 분사량은 상대적으로 커지며, 솔레노이드 구동시간의 증가에 따라서 분사량은 증가한다. 그리고 노즐 니들의 변위가 증가하여 최대 변위에 이르게 되면 솔레노이드 구동시간의 증가에 따른 분사량의 증가추세는 둔화되는 특성을 나타낸다.

개발된 인젝터 모델을 이용하여 인젝터의 거동특성을 해석할 수 있으므로 주요 설계변수의 튜닝과 설계단계의 인젝터의 거동특성을 확인할 수 있다고 사료된다.

향후에 실험을 통한 결과와 비교하여 시뮬레이션에 사용된 각종 서브 모델의 파라미터들을 튜닝하여 보다 정확한 모델을 구축할 필요가 있으며, 전체

커먼 레일 시스템의 모델 개발을 통해 커먼 레일 디젤 시스템 개발과 설계변경에 활용할 수 있는 모델의 개발을 기대한다.

후 기

이 연구는 2008년도 동양공업전문대학 학술연구과제 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Stumpp, G. and Ricco, M., 1996, "Common Rail - an Attractive Fuel Injection System for Passenger Car DI Diesel Engines," SAE 960876.
- (2) Boehner, W. and Hummel, K., 1997, "Common Rail Injection System for Commercial Diesel Vehicles," SAE 970345.
- (3) Felix, L., et al., 2005, "Common-rail Diesel Fuel Injection System," 2nd Ed., Robert Bosch GmbH.
- (4) Oki, M., et al., 2006, "180MPa Piezo Common Rail System," SAE 2006-01-0274.
- (5) Lee, J. W. and Min, K. D., 2006, "Analysis of Hydraulic Characteristics of High Pressure Injector with Piezo Actuator," Transactions of KSAE, Vol. 14, No. 4, pp. 164~173.
- (6) Sung, K. A., 2008, "Experimental Study on Spray Characteristics of Piezo Injector Group-hole Nozzle for Common Rail Diesel Injection," Transactions of the KSPSE, Vol. 12, No. 5, pp. 14~19.
- (7) Kang, S. K., et al., 2007, "The Effect of EGR and EGR Induction Point on Combustion Noise of a Passenger Diesel Vehicle," Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, KSNVE 07A-15-01.
- (8) Bianchi, G. M., et al., 2003, "Advanced Modeling of Common Rail Injector Dynamics and Comparison with Experiments," SAE 2003-01-0006.
- (9) Seyken, X. L. J., et al., 2004, "Modelling of Common Rail Fuel Injection System and Influence of Fluid Properties on Injection Process," Proceedings of VAFSEP, 6-9 July, Dublin, Ireland.
- (10) Imagine, S. A., 2004, AMESim 4.2 User Manual.