

차세대 Turbo-GDI Fuel Rail 및 Tube 개발을 위한 엔진 가진이 반영된 해석적 연구

박 정 권¹⁾ · 이 지 수^{*1)} · 김 현 수²⁾ · 임 동 옥²⁾ · 박 영 이²⁾ · 송 형 빈²⁾

자동차부품연구원¹⁾ · YCP(주)²⁾

An Analytical Study with Engine Exciting Force for Development of Next Generation Turbo-GDI Fuel Rail and Tube

Jungkwon Park¹⁾ · Jisu Lee^{*1)} · Hyunsoo Kim²⁾ · Dongok Lim²⁾ · Youngyi Park²⁾ · Hyeongbin Song²⁾

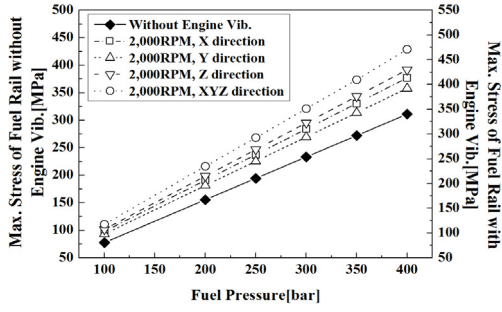
Korea Automotive Technology Institute¹⁾, YCP Co., LTD.²⁾

Key words : GDI(가솔린 직접분사), Fuel Rail(연료 레일), Fuel Tube(연료 튜브), FEM Analysis(유한요소해석), Engine Exciting force(엔진 가진), Natural Frequency Analysis(고유진동 분석)

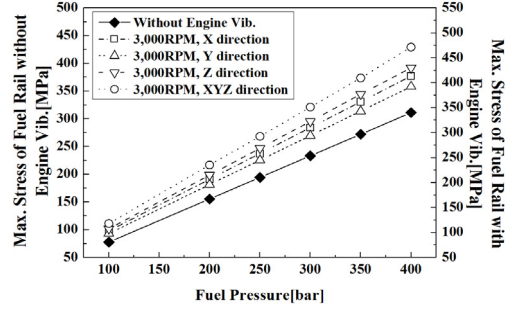
* Corresponding Author, E-mail: 이지수, leejs1@katech.re.kr

GDI(Gasoline Direct Injection) 기술이 적용된 차량은 Non-GDI 차량 대비 엔진 토크에 있어 50% 정도 우수하고 연비(연료소모율) 역시 15%정도 향상시킬 수 있는 기술적 장점을 지니고 있다. 또한 순수 내연기관 대비 친환경적인 Hybrid 및 Plug-in Hybrid 차량을 구현함에 있어 반드시 필요한 시스템 기술로써 100% 전동 화기반 친환경자동차의 보편적 확대가 이루어지기까지 절대적 시장 점유율을 지속할 수 있는 시스템 기술로써 인정되고 있다. 그러나 이러한 기술적 장점 및 특성을 지니고 있는 GDI 차량 역시 최근 더욱 심각한 사회적 문제로 인식되고 있는 미세먼지와 관련된 PM(Particulate Matter) 및 PN(Particle Number)의 배출에 있어 최소화를 위한 기술적 방안의 도입이 시급히 요구되고 있는 실정이다. 이러한 관점에서 현재 사용되고 있는 250bar 수준의 연료분사압력을 한층 상승시키기 위한 기술 개발이 활발히 진행되고 있으며 이러한 대응 기술 중, 연료분사압력을 400bar 수준으로 상승시킬 경우 200bar 수준의 GDI 시스템 대비 PM과 PN의 배출이 현저하게 감소되는 것으로 보고되고 있다. 따라서 현재 적용되고 있는 250bar 수준의 GDI 시스템의 제조 공정 범주내에서 구현 가능한 350bar 수준의 차세대 GDI 시스템의 관련 부품의 개발 및 확보가 활발히 진행되고 있으며 특히 350bar 수준의 GDI 시스템을 적용함에 있어 Seamless 형태의 GDI Fuel Rail 및 Tube에 대한 연료분사압력 상승에 따른 엔진가진(Engine Exciting Force)이 고려된 설계가 요구되고 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 선진사 GDI Fuel Rail 및 Tube를 대상으로 FEM(Finite Element Method) 모델을 생성하고 연료 분사압력 100, 200, 250, 300, 350, 400bar 증가에 따른 고유진동 확인을 위한 Frequency 해석을 수행하였으며 동시에 엔진 회전수 1,000~8,000RPM 영역에 있어 1,000RPM 단위로 엔진 가진을 적용하여 GDI Fuel Rail 및 Tube에 관한 엔진 가진 적용에 따른 응력변화를 비교, 분석함으로써 엔진 가진을 고려한 설계의 필요성을 해석적으로 확인하고자 하였다.

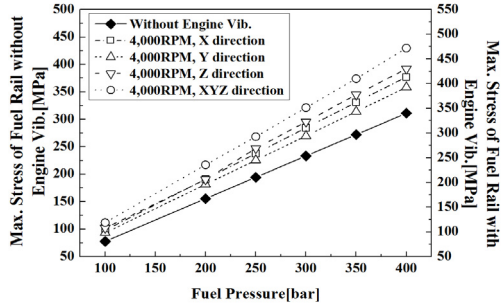
그 결과, GDI Fuel Rail과 Tube에 있어 엔진 가진이 반영된 연료분사압력 구간별 전 영역에서 엔진 가진이 미 반영된 GDI Fuel Rail 및 Tube 대비 최대 응력이 최소 10%에서 최대 50% 이상 증가함을 확인 할 수 있었다. 이러한 해석적 결과는 차세대 GDI Fuel Rail 및 Tube 에 있어 연료분사압력증가에 따른 재료의 변형과 강성을 고려한 설계뿐만 아닌 실제 엔진 가진을 고려한 설계가 필요함을 해석적으로 확인 할 수 있었다. 이러한 해석적 결과를 토대로 350bar 대응 GDI Fuel Rail과 Fuel Tube를 개발함에 있어 실제 차량을 통한 GDI Fuel Rail과 Fuel Tube에 대한 실제 주행 과정에서 주행환경에 따른 엔진 가진과 스트레스를 계측하고 이를 통해 350bar 대응 GDI Fuel Rail과 Fuel Tube에 엔진 가진을 반영한 최적화 강건 설계를 진행하고자 한다.



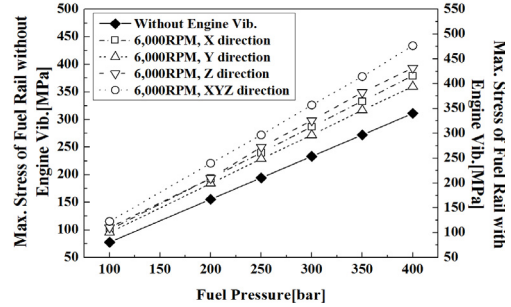
(a) Max. Stress Result of Fuel Rail@2,000 RPM



(b) Max. Stress Result of Fuel Rail@3,000 RPM

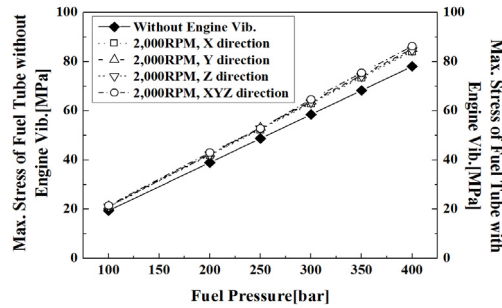


(c) Max. Stress Result of Fuel Rail@4,000 RPM

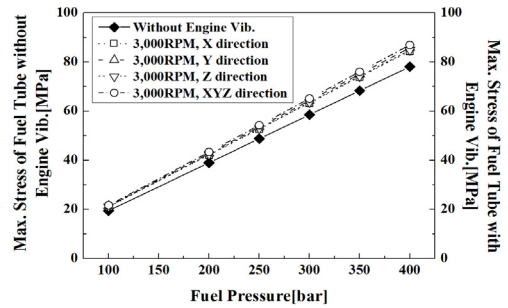


(d) Max. Stress Result of Fuel Rail@6,000 RPM

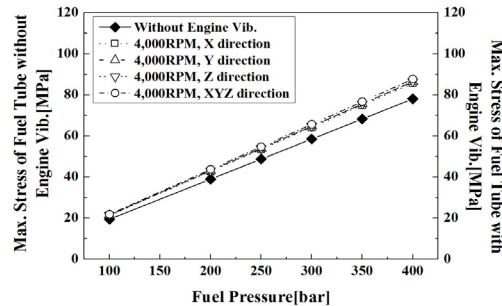
Fig. 1 Max. Stress Result of Fuel Rail@RPM



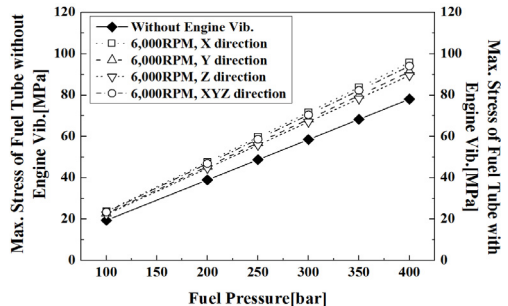
(a) Max. Stress Result of Fuel Tube@2,000 RPM



(b) Max. Stress Result of Fuel Tube@3,000 RPM



(c) Max. Stress Result of Fuel Tube@4,000 RPM



(d) Max. Stress Result of Fuel Tube@6,000 RPM

Fig. 2 Max. Stress Result of Fuel Tube@RPM

후 기

본 연구는 중소기업기술개발지원 사업[S2577582]으로 수행되었으며, 관계 기관의 지원에 감사를 드립니다.