

# 위상최적화를 이용한 중속 디젤엔진 갤러리의 진동저감 Topology Optimization and Vibration Reduction of Gallery for Medium-speed Diesel Engine

이준호† · 정건화\* · 손정호\*

Jun Ho Lee, Kun Hwa Jung and Jung Ho Son

## 1. 서 론

중속 디젤엔진(medium-speed diesel engine)은 선박 보기 및 육상 발전용으로 주로 활용되고 있으며 당사에서는 지속적으로 다양한 엔진을 개발해 왔다. 중속 디젤엔진의 저진동화를 위한 연구<sup>(1)(2)</sup>는 엔진 개발과 함께 꾸준히 수행되었으나 이는 엔진의 메인 프레임에 집중되었으며 최근 엔진의 고품질화를 위하여 국부 구조물의 진동 연구<sup>(3)</sup>가 다양하게 수행되고 있다. 최근에는 중속 디젤엔진 분야에 위상최적화(topology optimization)를 설계에 도입하는 시도가 되고 있다<sup>(4)</sup>.

본 연구에서는 엔진의 조립과 정비를 위한 플랫폼인 갤러리(gallery)의 진동저감을 위하여 진동 전달률(vibration transmissibility) 개념을 사용하였으며, 고유진동수를 높이기 위하여 갤러리 브라켓(bracket) 설계에 위상최적화 기법을 적용하였다.

## 2. 엔진 갤러리 진동

### 2.1 진동 특성

중속 디젤엔진의 내구성 시험중 갤러리의 진동이 과도한 사례가 발생하였다. 갤러리의 진동특성을 알아보기 위하여 충격시험과 진동응답 계측을 실시하였다.

충격시험에서는 Figure 1에서 보여지는 바와 같이 80.6Hz에서 굽힘모드가 나타났으며 Figure 2의 진동응답에서는 정격 운전속도 900rpm에서 5.5차 기진력과 공진현상이 발견되었다. 계측 결과는 엔진의 공진이 아니라 갤러리의 고유모드와 엔진 기진력이

일치하여 발생한 공진현상이며 이는 갤러리 진동의 해결책을 엔진 전체가 아니라 갤러리 단독 문제로 분리할 수 있다.

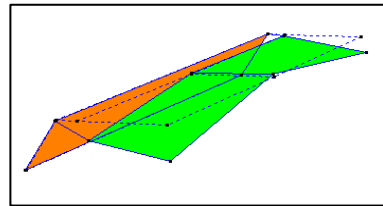


Figure 1 Bending mode shape of engine gallery(80.6Hz)

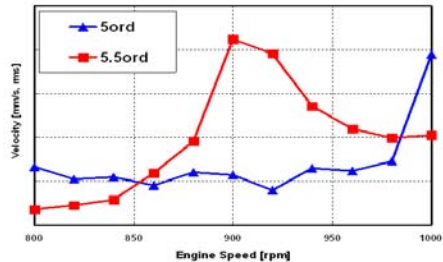


Figure 2 Measured vibration response

### 2.2 진동 전달률

갤러리는 엔진에서 전달되는 진동에 의하여 가진되므로 진동 전달률 관점에서 접근할 수 있다. Figure 3은 엔진에 조립된 갤러리의 간략한 진동모델을 보여주며 진동 전달률은 식(1)과 같이 정의할 수 있다. X는 갤러리의 변위, Y는 엔진의 변위이고 r은 엔진 기진 주파수에 대한 갤러리 굽힘모드의 고유진동수 비이다.

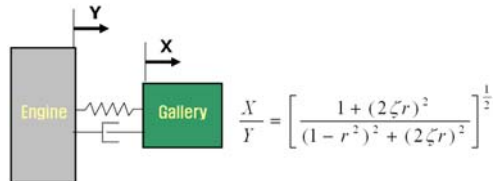


Figure 3 Simple vibration model of gallery

† 교신저자: 정희원, 현대중공업(주) 엔진연구소  
E-mail : leejh9@hhi.co.kr

Tel : 052-203-8629, Fax : 052-250-9646

\* 현대중공업(주) 엔진기계사업본부 엔진연구소

갤러리의 진동저감을 위하여 진동 전달률이 1.0이하가 되도록 목표를 세웠으며 진동 전달률 1.0을 만족하는 진동수 비는 0.5이다. 갤러리의 굽힘 고유진동수는 170Hz 이상이 되어야 진동수 비 0.5를 만족하게 된다.

### 3. 갤러리 위상 최적화

위상 최적화를 위한 유한요소 모델을 Figure 4와 같이 구성하였으며 고유진동 모드를 해석을 통하여 검증하였다. 공진현상을 보이는 굽힘모드는 82.8Hz로 충격시험과 오차가 3%이내로 크지 않아 해석모델로서 적절하다고 판단된다.

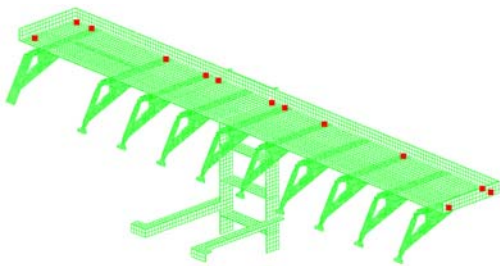


Figure 4 FE model of engine gallery

갤러리의 고유진동수를 170Hz 이상으로 올리기 위하여 전체 모델을 다루기 보다 브라켓 단독으로 다루기로 한다. 갤러리의 주강성 부재로 고유진동수는 브라켓에 의해 지배되며 브라켓의 형상변경으로 갤러리 전체의 고유진동수도 조절할 수 있다.

브라켓의 설계변경을 위하여 위상최적화 기법을 적용하였다. 상용 소프트웨어인 TOSCA<sup>(6)</sup>를 사용하였으며 설계변수(design variable)를 브라켓의 하부 판으로 결정하였다. 최적화 결과는 Figure 5와 같이 하부에 형상이 집중되었으며 고유진동 해석결과 Table 1과 같이 초기 모델대비 약 210% 고유진동수 증가를 가져왔다.

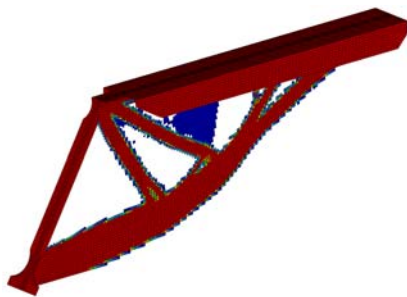


Figure 5 Topology optimization of bracket

Table 1 Natural frequency of bracket

	초기 설계안	최적화 결과
굽힘 고유진동수 [Hz]	130.4	273.7

갤러리 전체모델에 대하여 고유진동 해석을 실시하였으며 231.5Hz의 높은 굽힘 고유진동수를 갖는 것을 확인하였다.

### 4. 결 론

중속 디젤엔진의 갤러리에서 진동과다 현상이 발생하였으며 엔진 기진력에 의한 갤러리 공진문제를 해결하기 위한 연구가 진행되었다. 갤러리 진동특성을 정의하기 위하여 충격시험과 진동응답 계측을 수행하였고 진동저감 방안을 전달률 최소화 관점에서 접근하였다. 위상 최적화를 적용하여 갤러리 굽힘 고유진동수를 상승시킬 수 있는 브라켓의 최적형상을 찾을 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- (1) Lee, S. M., Kim, W. H., Kim, H. S. and Bae, J. G., 2007, Anti-vibration Design of HiMSEN Engine, CIMAC World Congress 2007, Paper No. 257.
- (2) Kim, W. H., Lee, T. K., Jung, K. H., Lee, G. H. and Bae, J. G., 2007, Prediction and Reduction of Medium Speed Diesel Engine Vibration using Database, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 399~406.
- (3) Jung, K. H., Lee, J. H., Son, J. H. and Ryoo, Y. S., 2011, A Study on Vibration Resuction of Local Structure of Medium-speed Diesel Engine, Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 257~261.
- (4) P. Boehm and D. Pinkernell, 2010, Topology Optimization of Main Medium-Speed Diesel Engine Parts, CIMAC World Congress 2011, Paper No. 27.
- (5) FE-DESIGN, 2011, TOSCA User's Manual, FE-DESIGN GmbH, Karlsruhe, Germany.