

자동차 배기관 시스템 측정 센서의 구조 설계 및 해석

김상기¹ · 이선희¹ · 박현범^{2,†}

¹(주)금호HT 기술연구소

²호원대학교 국방기술학부 항공정비학 전공

Structural Design and Analysis of Measurement Sensor of Automotive Exhaust System

Sangkee Kim¹, Sunhee Lee¹ and Hyunbum Park^{2,†}

¹Research Institute, Kumho HT, Inc.

²Dept. of Defense Science & Technology-Aeronautics, Howon University

Abstract : In this study, structural design of exhaust gas sensor of automobile was performed. In order to evaluate the structural design of the measurement sensor, the structural analysis was performed by the finite element method. The vibration and thermal stress analysis was carried out at the high temperature condition. Finally, the structural test of sensor system was performed, and used for comparison with the analyzed model. Through the structural analysis and test, it is confirmed that the designed measurement sensor structure is acceptable.

Key Words : Automotive Exhaust, Sensor, Vibration

1. 서 론

자동차 배기계는 엔진 연소실에서 발생하는 고온의 배기가스를 배출하면서 소음이 발생하는 구조물이다. 따라서 외부 충격과 열변화에 대한 내구성과 긴 수명이 보장되어야 하므로 다양한 조건이 고려되어 설계되어야 하는 구조물이다. 특히 배기계에 각종 센서가 적용될 때 고온 환경 조건을 충분히 극복할 수 있도록 고려되어 설계가 수행되어야 한다.

자동차 배기 분야의 선행 연구 결과를 분석한 결과 김성국 등이 구동 중인 자동차 배기계의 진동을 비접촉으로 측정하여 센서의 측정 성능을 검증하는 연구를

수행하였다[1]. 이종남 등은 엔진 회전수 변화에 따르는 배기계 진동의 주파수 특성 변화를 나타내는 캠벨 선도를 작성하고, 이를 고유 모드 측정 결과와 비교하여 그 타당성을 검증하였다[2]. 전영갑 등은 자동차 배기 가스에 대한 유해 가스 검출 센서 및 측정 시스템을 개발하였다[3]. 항공기 추진 기관 분야의 진단 연구를 분석한 결과 공창덕 등이 혼합배기가스형 2 스플 터보팬 엔진의 가스경로 기법과 유전자 알고리즘을 이용한 센서 노이즈 및 바이어스를 고려한 고장진단 연구를 수행한 바 있다[4]. 선행 연구 분석 결과 대부분의 연구가 해석적 접근 또는 실험적 접근으로 집중되어 있다.

본 연구에서 자동차 구조물의 상태를 진단하는 배기계 선서가 고온 환경에서 작동할 때 진동 및 열응력에 대한 내구성을 견딜 수 있도록 설계를 수행하고 해석을 통해 타당성을 평가하였다. 최종 시제품을 제작하

여 검증하였다. 해석 및 시험 결과 설계 요구 조건을 만족하는 결과임을 확인하였다.

2. 배기계 센서 설계

본 연구에서 자동차 배기계 측정용 센서 설계 및 해석 연구를 수행하였다. 배기계 내부에 고정되는 센서로서 고온 조건에서 진동과 열응력 조건을 고려하여 최적화 된 설계 결과를 제시하였다. 온도 조건은 센서 상단부가 700℃이며, 센서 내부가 350℃ 조건이고, 하단부가 180℃ 조건으로 적용되었다. 진동 조건은 20Hz~500Hz 영역의 진동수를 고려하여 설계되었다. Fig. 1은 배기계 내부에 장착되는 센서의 모델링 수행 결과이다.

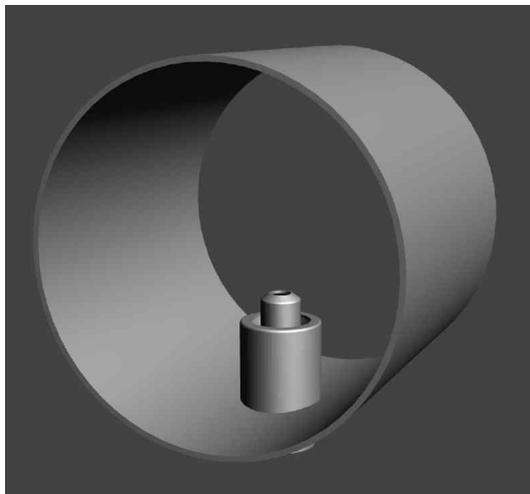


Fig. 1 Exhaust Sensor Modeling

3. 구조 안전성 평가

본 연구에서 구조 안전성 평가를 위해 고온 조건에서 열전달 해석을 수행하였다. 대상 구조물 센서를 중심으로 배관 영역을 설정하고, 해석 도메인은 xy 평면에 대하여 대칭으로 가정하였으며, Far-field 영역은 0.15×0.30×0.30m로 설정하였다. 적용된 격자는 Tetrahedral 격자와 Hexahedral 격자를 혼용으로 적용하였다. 적용된 격자수는 총 180,448 격자가 적용되

어 수치 해석이 수행되었다.

센서의 해석 조건은 1차적으로 solid로 가정해서 경향을 분석하고 센서 내부로 배기 가스의 유입 경로를 분석하여 상세 해석을 수행하였다. Fig. 2는 수치 해석을 위한 모델링 수행 결과이며, Fig. 3은 센서 내부의 배기 가스 유입 경로를 보여주고 있다. ①번과 ②번의 경로를 통해 배기가스가 센서로 유입되는 형태를 보여주고 있다.

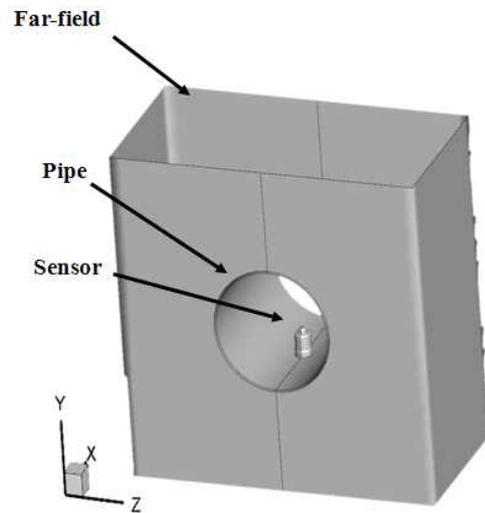


Fig. 2 Modeling for Analysis

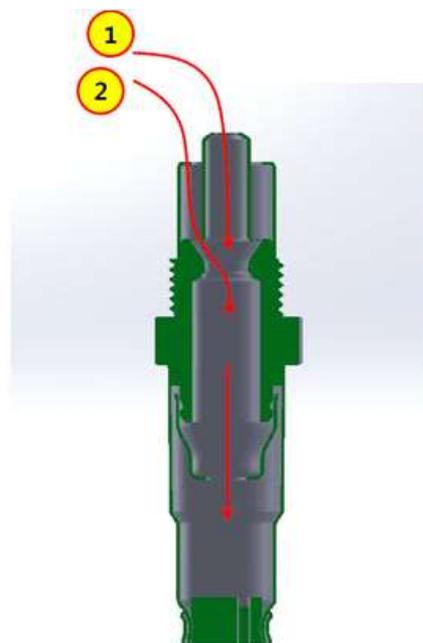


Fig. 3 Configuration of Sensor Inner Part

열진달 해석 결과 고온 조건에서 설계된 센서가 운용 중에 구조적으로 결함이 없이 충분히 적용 가능한 것으로 검토되었다. Fig. 4는 열진달 해석을 통한 수치 해석 결과이다.

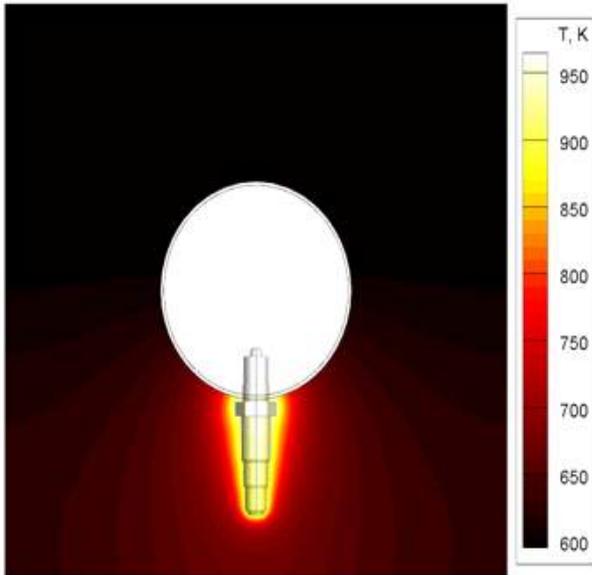


Fig. 4 The Result of Thermal Analysis

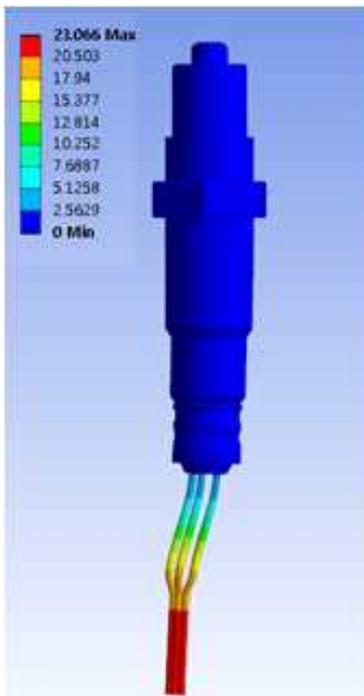


Fig. 5 The Results of Natural Frequency Analysis

자동차 배기계는 자동차 운용 과정에서 진동의 영향을 받는 구조물이다. 본 연구에서 적용된 센서의 진동 영향을 분석하기 위해 진동 해석을 수행하였다. 고유진동수 해석은 센서 내부에 격자를 생성하고 배기계와 연결 부위를 고정 경계 조건으로 적용하였다. 고유진동수 해석 결과 1차 모드에서 1,313Hz, 2차 모드에서 1,317Hz, 3차 모드에서 2,985Hz로 검토되었다. 구조물의 공진 가능성 유무를 판단하기 위하여 운용 조건인 20Hz~500Hz 범위와 비교한 결과 보다 높은 값으로 분석되어 충분히 안전한 것으로 검토되었다.

4. 결론

본 연구에서 자동차 구조물의 상태를 진단하는 배기계 센서가 고온 환경에서 작동할 때 진동 및 열응력에 대한 내구성을 견딜 수 있도록 설계를 수행하고 해석을 통해 타당성을 평가하였다. 온도 조건은 센서 상단부가 700℃ 조건이며, 센서 내부가 350℃ 조건이고, 하단부가 180℃ 조건으로 적용되었다. 진동 조건은 20Hz~500Hz 영역의 진동수를 고려하여 설계되었다. 열응력 해석과 진동 해석 결과 타당한 결과임이 검토되었으며, 최종 시제품을 제작하여 시험을 통해 검증하였다. 해석 및 시험 결과 설계 요구 조건을 만족하는 결과임을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] S. Kim, G. Jang, S. Han and T. Chung, "Measurement of vibration of an automobile exhaust system under operation," Spring Conference Proceedings of The Korean Society of Mechanical Engineers, pp. 188-191, September 2006.
- [2] J. Lee, G. Jang, and S. Lee, "Non contact vibration measurement of an automobile exhaust system," Fall Conference Proceedings of The Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, pp. 529-534, May 2006.

- [3] Y. Chon, and K. Cho, “Development of HC sensor and system for vehicles exhaust gas check,” Fall Conference Proceedings of The Korean Institute of Electrical Engineers, pp. 1011-1014, Novemer 1999.
- [4] C. Kong, M. Kang and G. Park, “Study on fault diagnostics considering sensor noise and bias of mixed flow type 2-spool turbofan engine using non-linear gas path analysis method and genetic algorithms,” Journal of Aerospace System Engineering, vol. 7, no. 1, pp. 8-18, March 2013.

저 자 소 개



김 상 기
 호남대학교 전기전자공학과 석사 졸업,
 동 대학원 박사. 현재 (주)금호HT 기술
 연구소장



이 선 희
 충남대학교 재료공학과 석사 졸업, 충
 남대학교 화학과 박사 졸업. 현재 (주)금
 호HT 기술연구소 전임연구원



박 현 범
 조선대학교 항공우주공학과 졸업, 동
 대학원 석사 및 박사 졸업. 현재 호원
 대학교 국방기술학부 항공정비학전공
 교수