

자동차 배기계 센서 구성품의 진동 안정성 해석

박현범^{1,†}

¹호원대학교 국방과학기술학부 항공시스템공학 전공

Vibration Stability Analysis of Automotive Exhaust Sensor

Hyun Bum Park^{1,†}

¹Dept. of Defense Science & Technology-Aeronautics, Howon University

Abstract

This work dealt with vibration stability analysis of automotive exhaust sensor. In this work, structural design and analysis of exhaust gas sensor of automobile system were performed. Firstly, structural design requirement of automobile exhaust system was investigated. After structural design, the structural analysis of the exhaust measurement sensor system were performed using the finite element analysis method. It was performed that the vibration and thermal stress analysis at the high temperature condition. After structural test of target structure, structural test results were compared with analysis results. Through the structural analysis, it was confirmed that the designed measurement sensor structure is safety.

초 록

본 연구는 자동차 배기계 센서 구성품의 진동 안정성 해석에 관한 연구이다. 본 연구에서 자동차 시스템의 배기 가스 센서의 구조 설계 및 해석을 수행하였다. 1차적으로 자동차 배기 시스템의 구조 설계 요구 조건이 분석되었다. 구조 설계 이후 유한 요소 해석 기법을 활용하여 배기계 측정 센서 시스템의 구조 해석이 수행되었다. 고온 조건에서 진동 및 열응력 해석이 수행되었다. 최종 센서 시스템의 구조 시험을 수행한 후 해석 결과와 비교하였다. 구조 해석을 통해 설계된 센서 구성품은 안전한 것으로 확인되었다.

Key Words : Vibration Analysis(진동 해석), Exhaust Sensor(배기 센서), Automotive Structure(자동차 구조), Structural Design(구조 설계)

1. 서 론

자동차 구조물의 연소 배기 시스템은 고온의 상태가 유지되는 구성품으로 설계 단계에서 고온 환경 조건을 고려하여 설계 되어야한다. 또한 내부의 온도 상태를 진단해주는 센서 구성품이 탑재되는 형태로 설계된다. 이렇게 다양하게 적용되는 센서들이 고온 환경에서 잘

작동하여 배기계 상태를 진단하고 정보를 전달해 줄 수 있는지 확인이 필요하며, 설계 단계에서 다양한 변수가 고려되어야 한다.

자동차 구조의 배기 시스템에 관한 선행 연구 결과를 분석한 결과 고온에서 작동하는 기존의 접촉식 센서로 측정이 어려운 자동차 배기계 비접촉 측정 연구가 수행된 바 있다[1]. 이종남 등은 자동차 배관이 특정 자기장 구조 하에서 연직 방향으로 운동할 경우 자속이 변화하는 현상을 분석하여 비접촉 신호 측정 연구를 수행하였다[2]. 전영갑 등은 HC(Hydrocarbon) 센서를 이용한 자동차 배기 가스 감지 연구를 수행하였

다[3]. 공창덕 등은 항공기 동력장치의 고온 조건 등 다양한 인증 요구 조건을 연구한 바 있다[4]. 선행 연구 분석 결과 해석적 연구로 국한되어있는 연구가 대부분이며 일부 실험적 연구가 수행되었다.

본 연구에서는 선행 연구를 심화하여 자동차 배기계의 상태 진단 센서의 고온 환경에서 진동 구조 해석을 수행하여 구조 안전성을 평가하였다[5].

2. 구조 해석 조건

자동차 배기계는 운용 과정에서 진동이 지속적으로 발생하며, 고온 조건에서 작동하게 되어있다. 본 연구에서 자동차 배기계 적용 센서의 진동 해석을 통해 고온 환경에서 구조 안전성을 평가하였다. 배기계 적용 센서는 배기계 내부에 장착되어 실링이 되며, 상단부는 원통형 형상이다. 중앙부는 센서 디바이스 고정 장치가 장착되고, 하단부는 와이어가 장착되는 구조이다. 적용된 온도 조건은 Table 1에 명시하였다. 상단부 육각 형태 부위가 배기계에 장착되므로 진동 해석시 이 부분을 고정 경계 조건으로 적용하였다. Fig. 1은 모델링된 센서의 형상이며, Fig. 2에 유한 요소 해석 모델을 명시하였다. Table 2는 적용된 재료의 물성치이다.

Table 1 Temperature Conditions

Part	Temperature
Sensor Cab	700℃
Inside of Sensor	350℃
Bottom	180℃



Fig. 1 Sensor Modeling Results

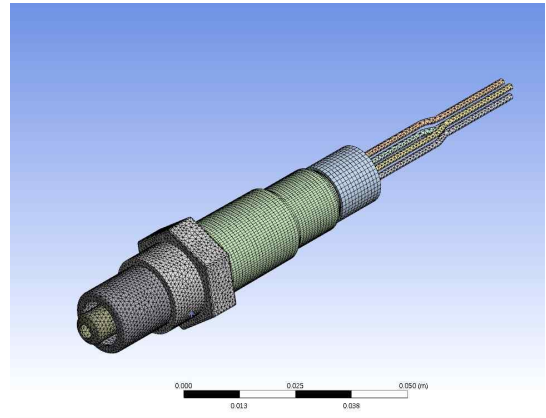


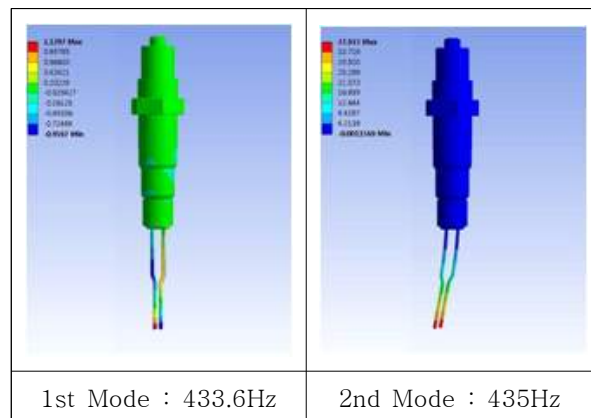
Fig. 2 FEM Modeling Results

Table 2 Material Properties of Sensor

Material	SUS304	Copper
Modulus of Elasticity [GPa]	200	120
Poisson's Ratio	0.29	0.34
Density [kg/m ³]	8,000	8,960

3. 진동 해석 결과

본 연구 대상 자동차 배기계의 공진 주파수 범위는 20Hz~500Hz 범위이다. 장착 센서의 상단부와 중앙부의 재질은 SUS304가 적용되었다. 그러나 구조 형상이 긴 원통 형상인 하단부는 공진 가능성이 있는 부분으로, 이 부분에 Table 2의 2가지 재료를 각각 적용하여 해석을 통해 비교하였다. 먼저 하단부 와이어 부분이 SUS304가 적용된 경우의 구조 해석을 수행하였다.



1st Mode : 433.6Hz

2nd Mode : 435Hz

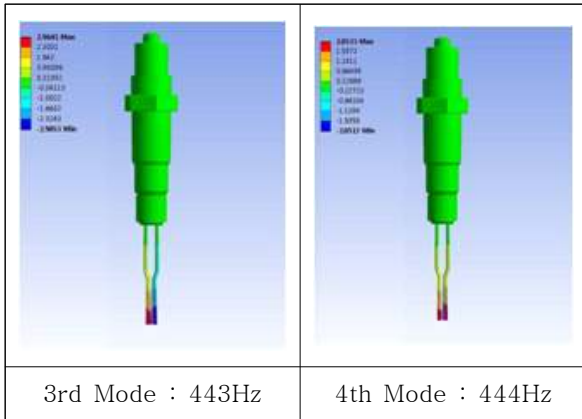


Fig. 3 Vibration Analysis Result : SUS304

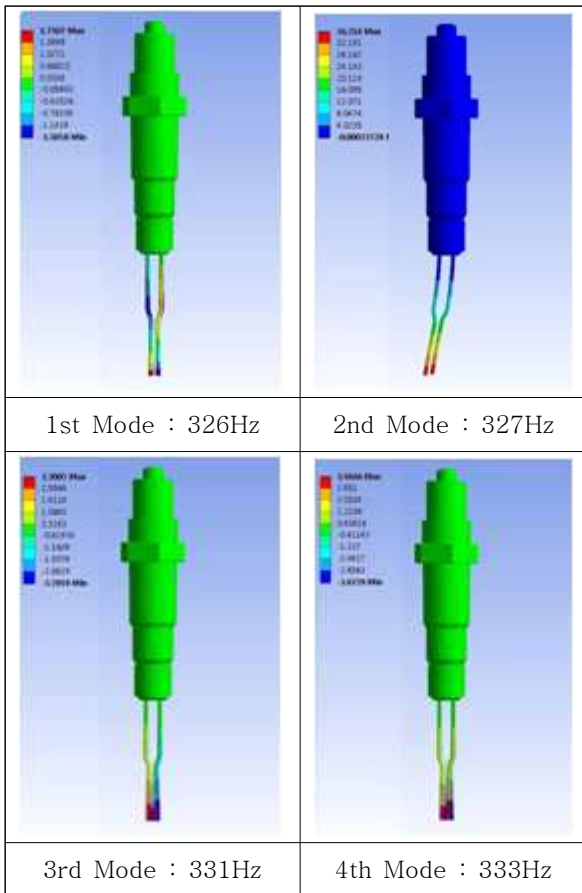


Fig. 4 Vibration Analysis Result : Copper

하단부 와이어 부분이 SUS304가 적용된 경우의 해석 결과는 Fig. 3에 명시하였다. 1차 모드의 공진 주파수가 433.6Hz이고, 4차 모드까지 분석한 결과 444Hz로 분석되었다. 이는 진동 조건인 500Hz 이하의 범위에 속하며 공진 가능성이 있는 것으로 확인되

었다. 적용된 재료가 구리인 경우의 진동 해석 결과는 Fig. 4에 명시하였다. 이 경우에도 1차 모드의 공진 주파수가 326Hz이고, 4차 모드까지 분석한 결과 333Hz로 분석되었다. 따라서 진동 조건인 500Hz 이하의 범위이며, 공진 가능성이 있는 것으로 확인되었다.

4. 설계 변경 후 진동 해석 결과

1차 구조 해석 결과 적용 재료가 변경되어도 공진 가능성이 있는 것으로 검토되어, 하단부 와이어 형상을 변경하여 설계한 후 구조 해석을 수행하였다. 와이어의 형상이 긴 원통형 구조이므로 장착 부위와 간섭이 없다면 길이가 짧아진 형상으로 설계가 변경되어도 문제가 없는 것으로 분석되었다. 따라서 설계 변경 후 진동 해석을 수행한 결과 1차 모드에서 1484Hz 로서, 운용 조건인 500Hz 범위 밖에 있는 것으로 검토되었다. 따라서 본 연구를 통해 변경된 센서 구조 형태로 최종 설계 결과를 반영하였다. Fig. 5는 변경된 설계 결과의 진동 해석 결과이다.

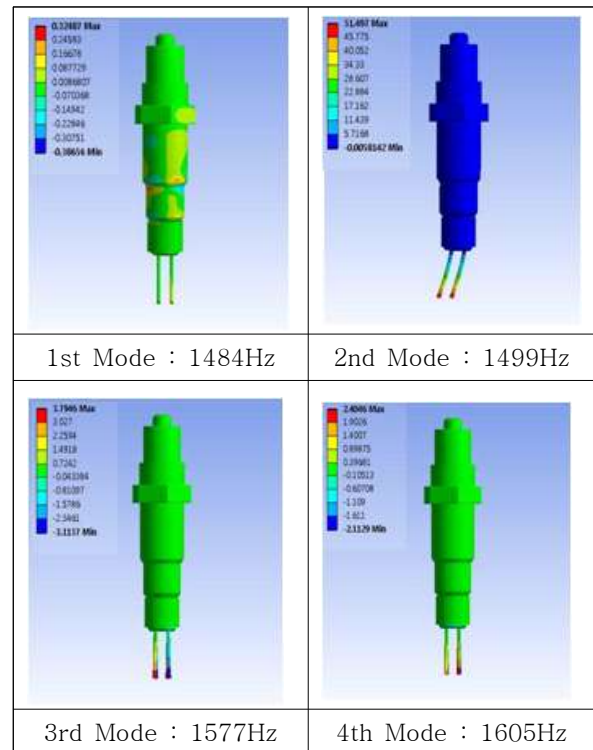


Fig. 5 Vibration Analysis of Modified Design Result

5. 결 론

본 연구에서 자동차 배기계 장착 센서의 진동 해석을 수행하였다. 배기계 장착 센서는 내부의 온도 상태를 진단해주는 역할을 하는데, 운용 조건이 고온 조건으로서 700℃의 영역에서 운용된다. 또한 배기계는 자동차가 운용되는 과정에서 지속적인 진동이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 적용된 센서의 운용 온도 조건 하에서 센서 구조의 고유진동수가 공진의 영향이 없는지를 구조 해석을 통해 평가하였다. 센서의 다양한 재질별로 구조 해석을 수행한 결과 자동차 운용 과정에서 공진에 대해 안전한 것으로 검토되었다.

References

- [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, Sep. 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, Nov. 1999.
- [4] C. Kong, M. Kang, H. Park, K. Lee, "Technical background study of certification requirements for aircraft engines," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 17-22, Mar. 2009.
- [5] H. Park, "Structural design and analysis of measurement sensor of automotive exhaust system," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 10, no. 3, pp. 82-85, Mar. 2016.