

TVC 구동력을 고려한 75톤급 엔진 정적 구조 해석

유재한*[†] · 김옥구* · 전성민* · 정은환*

Static Structural Analysis of 75 tonf-class Engine with TVC actuation force

Jaehan Yoo*[†] · Junyoung Gwak* · Okgu Kim* · Seongmin Jeon* · Eunhwan Jeong*

ABSTRACT

Structural analyses of a engine system is required in development stage for increasing structural reliability and reducing weight. Attitude of a launch vehicle during flight is controlled by combustion chamber rotation varying with TVC (thrust vector control) actuator displacements. In this study nonlinear static analysis is performed for a 75 tonf-class liquid rocket engine using before and after the TVC actuation.

초 록

액체로켓엔진 개발 과정에서 중량을 절감하고 구조 신뢰성을 증가시키기 위해서는 엔진 시스템에 대한 구조 해석이 필요하다. 발사체는 비행 중 자세제어를 위해 엔진의 TVC (thrust vector control) 구동기의 변위를 변화시켜 연소기를 회전하여 추력의 방향을 제어한다. 본 연구에서는 연소기 김발을 하는 75톤급 액체 로켓 엔진에 대하여 TVC 구동 전/후의 정적 구조 해석을 수행하고 비교하였다.

Key Words: Liquid Rocket Engine(액체로켓엔진), 75 tonf-class (75톤급), Static (정적), Structural Analysis (구조 해석), Thrust Vector Control (추력벡터제어), Actuation (구동)

1. 서 론

액체로켓엔진 개발 과정에서 중량을 절감하고 구조 신뢰성을 증가시키기 위해서는 엔진 시스템에 대한 구조 해석이 필요하다.

엔진은 다양한 비행 중에 다양한 정적 및 동적

하중을 받게 된다. 비행 중 엔진이 김발하지 않은 상태에서 정적 하중은 추력, 압력, 열하중, 비행 가속도가 있다. 그리고 발사체는 비행 중 자세제어를 위해 엔진의 TVC (thrust vector control) 구동기의 변위를 변화시켜 연소기를 회전하여 추력의 방향을 제어한다.

본 연구에서는 연소기 김발을 하는 75톤급 액체 로켓 엔진에 대하여 TVC 구동 전/후의 정적 구조 해석을 수행하고 비교하였다. 기존에 구성

* 한국항공우주연구원 발사체엔진팀

† 교신저자, E-mail: tonup@kari.re.kr

된 구조 해석 모델[1,2]에 대하여 TVC 구동력을 적용하여 구조 해석이 수행되었다. 구조 해석은 Abaqus v6.14를 이용하여 수행되었다.

2. 해석 모델 및 결과

Figure 1은 구조 해석을 위한 격자가 생성된 해석 모델을 나타낸다[1]. 연소기 김발은 2개 TVC 구동기의 축방향 병진 변위로 구동된다. 구동시 김발 마운트와 연소기 고압 배관의 4개의 김발 신축 이음관이 구조 변형이 발생된다. 이 부품들은 단품 시험 결과를 이용하여 스프링 강성과 집중 질량으로 모델링되었다. 해석은 2단계로 나누어져 수행되었으며 첫 번째에는 열, 압력, 추력, 비행 가속도 하중을 적용하였으며 두 번째 단계에서 2개의 구동기에 대해 변위 하중을 가하였다.



Fig. 1 Finite Element Model for 75 tonf-class engine

Figure 2는 TVC 구동 전후의 등가 응력 분포를 나타낸다. 전반적인 응력 분포는 동일하나 배관이 상대적으로 긴 연료배관의 굽힘 부위에서 응력이 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 연료배관 끝단의 연료 밸브에 연결된 연소기 연료링 부위와 구동기 지지대에서도 응력이 증가한다. 그러나 전반적인 응력 증가는 작은 편이다. 그리고 TVC 구동기를 구동시켜 연소기를 θ 만큼 회전시키면 김발 마운트와 해당되는 김발 신축 이

음관의 회전 각도는 구조 변형으로 인해 θ 보다 작게 회전하게 된다.

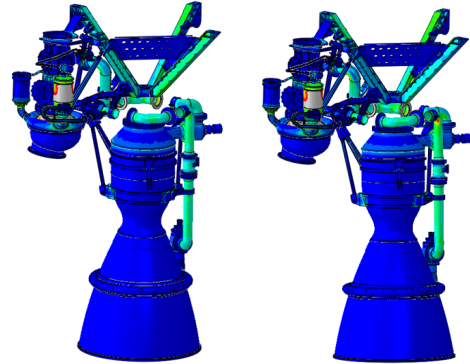


Fig. 2 von-Mises equivalent stress distributions of the model before (left) and after (right) actuation

3. 결론

75톤급 엔진에 대하여 정적 비선형 구조 해석을 수행하여 TVC 구동 전/후의 등가응력 분포 및 구동되는 구성품의 회전 각도를 살펴보았다. 등가응력은 구동 전/후로 전반적으로 유사한 경향을 나타냈으며 김발 신축 이음관의 회전 각도는 구조 변형으로 인해 의도된 회전 각도보다 작았다.

향후 엔진조립과정에서 필연적으로 발생하는 김발 신축 이음관의 조립 편차에 대한 영향도를 살펴볼 예정이다.

4. 참고문헌

1. 유재한, 김옥구, 전성민, 정은환, 개발 단계의 75톤급 엔진 정적 구조 해석, 한국추진공학회 2016년도 추계학술대회 논문집, pp.1369-1370.
2. 김옥구, 유재한, 박순영, 정은환, 75톤급 액체 로켓엔진 구성품 레이아웃 설계, 한국추진공학회 2016년도 추계학술대회 논문집 pp.989~991.