

AutoSea를 이용한 발사체 탑재부의 Vibro-acoustic 해석

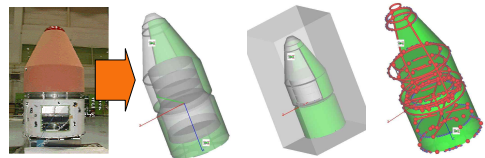
Vibro-acoustic analysis of the launch vehicle equipment bay using AutoSEA

정호경† · 박순홍* · 서상현* · 장영순* · 이영무**

Ho-Kyeong Jeong, Soon-Hong Park, Sang-Hyun Seo, Young-Soon Jang and Yeung-Moo Yi

1. 서 론

본 논문에서는 AutoSea를 이용하여 위성 발사체 축소형 탑재부의 음향 및 진동 특성을 구현하고, 그 특성을 살펴 본다. 또한 음향 챔버 내에서 음향 가진 시험을 수행한 결과를 나타내었으며, 이를 해석 결과와 비교하였다.



(a) 시험대상 (b)내/외부 음향 공간 (c) Junction
그림 1. 해석 모델 내,외부 음향 공간 및 Junction

2. 본 론

(1). 음향 공간 및 형상 모델

시험 대상물인 축소형 탑재부와 모든 서브 시스템을 포함하는 시험 대상물의 해석 모델을 그림 1에 나타내었다. 음향 챔버 내부의 음향 가진에 의한 진동 특성을 묘사하기 위한 해석 모델상의 내,외부 음향 공간과 에너지의 전달 경로인 연결 구조 (Junction Skeleton)를 그림 1의 (c)와 같이 형성하였다. 음향 공간은 각 탑재대 사이에 형성되는 공간으로 정의하며, 편의상 여러 부수적인 물체에 의해 생기는 작은 음향 공간은 생략하였다. 음향 공간의 매질로는 GN2를 사용하였다. 이는 시험 시 음향 챔버 내부의 공간이 GN2로 채워지기 때문이며, 또한 로켓의 실제 발사대기 시 페어링 내부의 공간이 역시 GN2로써 채워지는 점을 고려한 것이다. Table 1에 시험 및 해석에 사용된 GN2의 물성을 나타내었다.

표 1. GN2의 음향 물성 (섭씨 20 °)

Medium	GN2
Specific heat ratio	1.4
Average Molecular weight	28.01
Bulk modulus	101.63kPa
Density	1.168kg/m3
Speed of sound	349m/s

(2) 음향 가진 시험

음향 가진 시험을 위해 음향 챔버(Acoustic chamber)를 이용하였다. 시험은 KSR-III의 발사 시에 얻어진 음향 하중을 이용하여 음향 챔버 내에 설치한 대상물에 가진을 하며, 이때의 응답을 측정한다. 그림 2는 음향 챔버 내부에 배치된 시험 대상물 및 음향 가진레벨을 보여준다. 음향 가진은 1/3 옥타브 밴드 노이즈로 가진 하였으며, 음향 챔버 가진 시스템의 2000Hz 이상은 비선형성에 의한 하모닉 성분에 의한 값을 이용하므로, 정확한 값으로 가진 하기가 어렵다. 시험은 그림 2에서와 같이 pre, main, post, max의 4회의 음향 가진에 의해 차례로 시행하였고, 각각 130.4dB, 136.6dB(KSR-III발사 시 측정 data), 148.1dB의 overall value를 가진다.

† 항공우주연구원 발사체구조팀
E-mail : hkjeong@kari.re.kr
Tel: (042)800-2333, Fax: (042)800-2233

* 항공우주연구원 발사체구조팀

** 항공우주연구원 발사체기술실

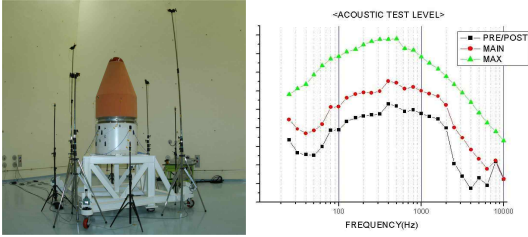


그림 2. 축소형 탑재부 및 가진 레벨

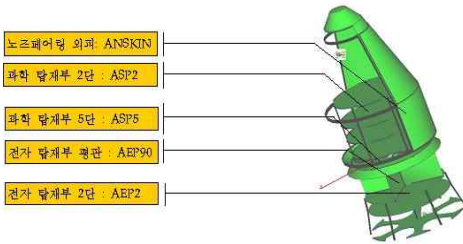


그림 3. 해석 모델 상의 각 서브 시스템 및 기호

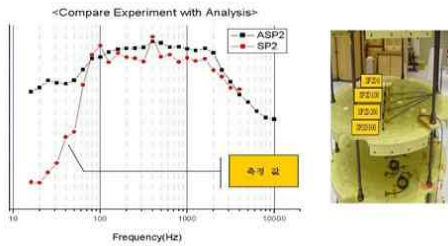


그림 4. 과학 탑재부 해석 및 시험 결과 비교

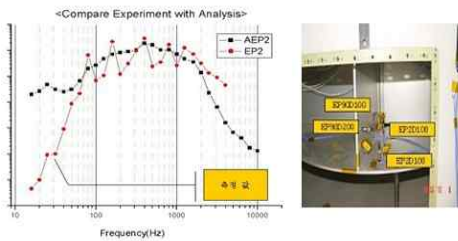


그림 5. 전자 탑재부 해석 및 시험 결과 비교

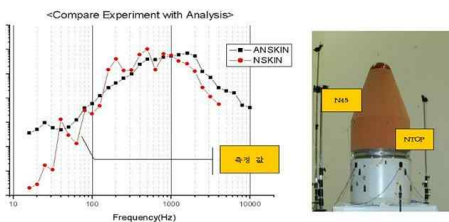


그림 6. 노즈페어링 시험 및 해석 결과 비교

(3) SEA 해석 결과 및 평가

음향 가진에 의한 시험을 바탕으로 해석 모델의 적합성을 평가하였다. 그림 3에 해석 모델과 시험을 비교하기 위한 각 서브 시스템 및 기호를 나타내었다. 시험 시 가속도 센서로부터 얻어진 결과는 해석해와 비교하기 위해 각 평판 별로 주파수 및 공간 평균하여야 한다.

축소형 탑재부 음향 가진 시험은 앞에서 언급한 바와 같이 4회의 시험이 수행되었다. main, pre/post, max의 세가지 시험으로 분류할 수 있는데, 진동 해석의 경우 main 시험만을 AutoSea 해석 결과와 비교하여 나타내었으며, 나머지는 main 시험과 같은 결과를 보이므로 여기서는 나타내지 않았다.

그림 4는 과학 탑재부 시험 결과와 해석 결과를 비교한 그래프이다. 그림 4로부터 과학 탑재부의 시험 결과와 SEA 해석으로부터 얻어진 해의 전체적인 경향이 잘 일치하며, 진동 레벨 또한 매우 근사한 값을 가진다는 것을 알 수 있다. 이는 평판의 중심에서부터 차례대로 설치된 4개의 가속도 센서는 원형 평판의 진동 거동을 어느 정도 정확히 나타낼 수 있으며, 전체 평판을 하나의 서브 시스템으로 보는 SEA의 관점에서 볼 때 시험과 해석이 적합하므로, 좋은 해석 결과를 얻을 수 있었다.

그림 5는 전자 탑재부 평판의 시험 결과와 해석 결과를 도시한 그래프이며, 그림 6은 노즈페어링 외피의 시험 결과와 해석 결과를 도시한 그래프이다. 그래프로부터 SEA 해석으로부터 얻어진 해가 전체적인 경향이 잘 일치하며, 진동 레벨 또한 근사한 값을 가진다는 것을 알 수 있다.

3. 결론

위성 발사체 탑재부의 음향 가진에 의한 진동-음향 연성 시험 및 해석을 수행 하였다. 시험 결과 가진 환경에 대한 노즈페어링 내부의 음향, 진동 특성과 전자, 과학 탑재부 각 평판-탑재 대-의 진동 거동을 알 수 있었다. 한편 SEA 해석을 통해 진동-음향 연성 해석을 수행 하였고 이를 시험 결과와 비교해 해석의 신뢰도를 판별 하였다. 그 결과 SEA 해석은 로켓 탑재부의 진동-음향 연성 거동을 모델 하는데 충분한 것으로 생각 된다