

저궤도 지구관측위성의 정현파 가진시험을 위한 노칭해석 Notching Analysis for Sinusoidal Vibration Test for LEO EO Satellite

김경원† · 김선원* · 임재혁* · 김창호* · 황도순*

Kyung-Won Kim, Sun-Won Kim, Jae-Hyuk Lim, Chang-Ho Kim and Do-soon Hwang

1. 서론

인공위성이 발사체에 탑재되어 발사될 때, 인공위성은 극심한 발사하중에 노출된다. 따라서, 위성체는 이러한 발사환경하에서 안전하게 내부의 전장품을 지지할 수 있도록 설계되어야 한다. 발사하중 중에서 특히 준정적하중은 위성구조체의 설계한계하중을 결정하는 중요 인자이다. 따라서, 이러한 설계하중하에서의 위성구조체의 안정성 검증이 이루어져야 한다. 해석적으로는 발사체와 위성체간의 연성하중해석을 통하여 이루어지며, 시험적으로는 정현파 가진시험을 통하여 검증이 이루어진다. 정현파 가진시험에는 위성체와 발사체간 연결부위와, 주요 부재의 고유 모드에서 과도한 하중이 가해지지 않도록 가진력에 적절히 노칭을 적용하여야 한다. 한편, 가할 수 있는 최대 허용 하중은 위성체와 발사체간의 연성하중해석을 통하여 구할 수 있다. 따라서, 연성하중해석 결과에서 나온 허용하중을 넘지 않도록, 정현파 가진 시험의 입력선도의 노칭 선도를 선정하는 것이 본 논문의 목적이다.

2. 본론

2.1 허용 하중 및 가속도

발사체와 위성체간의 연성하중해석을 통하여 주요 구조부재에서의 허용 가속도 결과와, 발사체와 위성체간 연결부위에서의 허용 하중 결과를 계산하였다. Table 1 에는 주요 구조부재에서의 허용 가속도 결과가 나타나 있다.

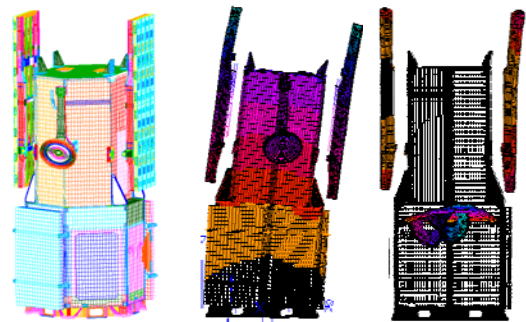
2.2 유한요소모델과 동해석

노칭해석을 수행하기 위해서는 먼저, 정현파 가진선도로 가진시, 위성체와 발사체간의 연결부위에서의 하중과, 주요 구조부재에서의 가속도가 얼마나 되는지를 유한요소모델을 이용한 주파수 응답해석으로 계산하여야 한다. 해석에 이용된 유한요소모델은

Fig. 1(a)와 같으며 MSC/Nastran 을 이용하여 해석을 수행하였다. 먼저 강성해석을 수행하여, 고유진동수와 모드형상을 확인하였다. Fig. 1(b)에는 첫번째 횡방향과 종방향의 모드 형상이 나타나 있다. 이후, 주파수 응답해석을 수행하였다. 주파수 응답해석시 위성체와 발사체가 연결되는 부위를 각각 횡방향과 종방향으로 가진하였다.

Table 1 Acceleration result

Item	Acceleration(g)	
	Lateral	Axial
Upper Payload Platform	< 2	< 10
Lower Payload Platform	< 2	< 10
Central Platform	< 2	< 10
Propulsion Platform	< 2	< 10
Lower Payload Panel	< 2	< 10
Avionics Panel	< 2	< 10
Solar Array	< 2	< 10



(a) FE-model (b) Mode Shape

Fig. 1 FE-model and mode shape

2.3 하중을 이용한 노칭

Fig. 2 ~ Fig. 3 에는 위성체와 발사체의 연결부위에서 가해지는 하중의 주파수 응답함수의 일부를 나타내었다. 위성체와 발사체와의 연결부위에서의 하중은 주로 위성체의 첫 번째 횡방향 모드에서 최대 발생하기 때문에, 이 주파수에서 가장 많은 노칭이 적용되어야 한다.

† 교신저자; 한국항공우주연구원 위성구조팀
E-mail : kwkim74@kari.re.kr
Tel : (042) 860-2086, Fax : (042) 860-2603
* 한국항공우주연구원 위성구조팀

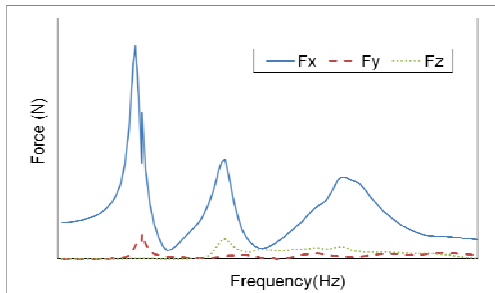


Fig. 2 Force response in the interface (X excitation)

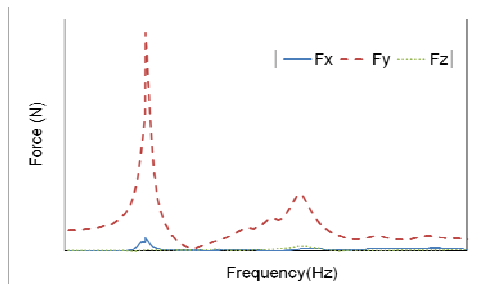


Fig. 3 Force response in the interface (Y excitation)

2.4 가속도를 이용한 노칭

Fig. 4 ~ Fig. 5 에는 위성체의 주요 부재에서의 가속도 주파수응답함수를 나타내고 있다. 이러한 가속도 응답이 Table 1 의 허용 가속도를 넘지 않도록 입력 선도에 노칭을 적용하게 된다.

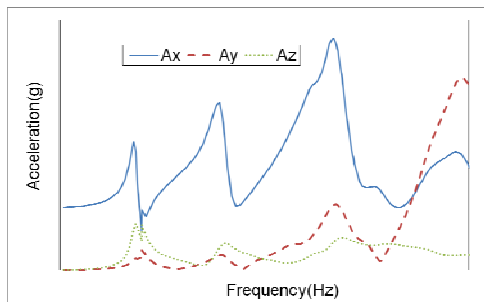


Fig. 4 Acceleration response in the avionics panel (X excitation)

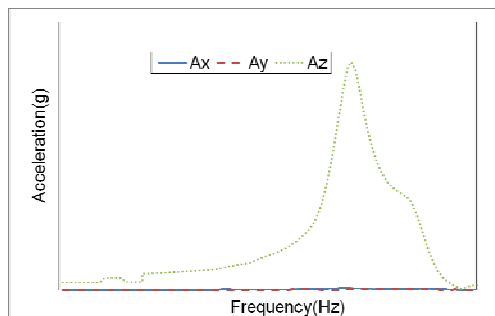


Fig. 5 Acceleration response in the propulsion platform (Z excitation)

2.4 하중과 가속도를 이용한 노칭

앞 절에서 언급된 하중 및 가속도를 모두 이용한 노칭선도를 결정하였으며 Fig. 6 과 같다.

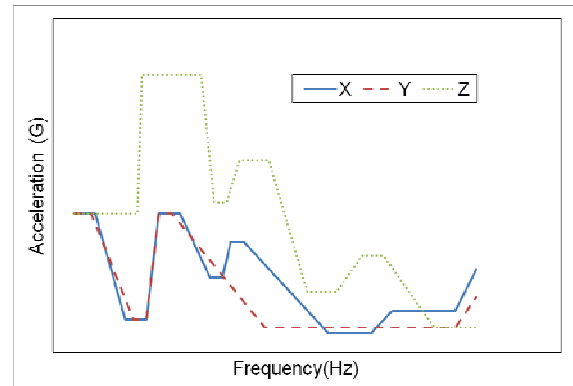


Fig. 6 Sine input level considering notching

3. 결 론

정현파 가진시험은 위성구조체의 안정성 검증을 위하여 수행되는 시험이다. 본 시험 수행시, 위성체와 발사체간의 연결부위와 주요 부재의 고유 모드에서 과도한 하중이 가해지지 않도록 가진력에 노칭을 적용하였다. 노칭해석을 수행하기 위하여 위성의 유한요소모델을 이용하여 횡방향 및 종방향의 정현파 가진시 주요 부위에서의 주파수 응답함수를 계산하였다. 이 때 계산된 결과가 허용하중 및 가속도를 넘지 않도록 정현파 가진력에 적절한 노칭을 적용하였다. 본 논문을 통하여 계산된 노칭선도는 정현파 가진시험시 적용될 예정이며, 시험시 측정된 주파수 응답함수의 결과를 이용하여 향후 좀 더 정확한 노칭해석을 수행할 예정이다.