

# KSLV-I 축소형 노즈페어링 분리운동 해석

은세원\*, 공철원\*\*, 장영순\*\*\*, 이영무\*\*\*\*

## Simulation of KSLV-I Downscaled Nose Fairing Separation Motion

Se-Won Eun\*, Cheol-Won Kong\*\*, Young-Soon Jang\*\*\*, Yeong-Moo Yi\*\*\*\*

### Abstract

Separation motion of 1:2 downscaled nose fairing is simulated. In comparison with the experimental results, results of analyses on the separation simulation are verified and the characteristics of nose fairing separation are analyzed. The results shows about 5% analysis error.

### 초 록

KSLV-I 노즈페어링 분리장치 검증 모델인 1:2 축소형 노즈페어링의 분리운동 해석을 수행하였다. 해석과 시험을 비교하여 페어링 분리운동 해석 방법을 검증하고 분리운동 특성을 분석하였다. 시험결과와 약 5%의 해석오차를 확인할 수 있었다.

키워드 : 노즈페어링(nose fairing), 분리운동(separation motion), 분리시험(separation test)

## 1. 서 론

발사체 페어링은 탑재물을 습기, 비, 햇빛, 소금기, 먼지 등으로부터 보호하는 역할을 한다. 또한 비행 중에는 탑재물을 공력가열로부터 보호하며, 탑재물을 더 이상 보호할 필요가 없을 때 분리된다.

본 논문에서는 KSLV-I 분리장치 검증 모델인 실린더형 페어링의 분리운동 시험과 해석을 수행하였다. 또한 실물형 노즈페어링의 분리운동도 예측하였다. 실린더형 페어링은 KSLV-I 실물형 모델의 축소형으로 직경 1 m로 큰 구조물이 부착되지 않은 분리시스템 검증용 구조물이다.

## 2. 축소형 페어링 모델

실린더형 페어링은 복합재 샌드위치 스킨, 직선형레일 프레임, 곡선형 레일 프레임, 힌지, 스프링 분리 장치로 이루어져 있다. 파이로 장치에 의하여 양 복합재의 체결되어있는 부위를 절단하고 스프링의 압축력으로 좌우 복합재 샌드위치 스킨이 분리 된다. 그림 1은 실린더형 페어링의 모델이다. 실린더 시편의 분리에 사용되는 스프링은 양쪽의 실린더에 2개씩, 총 4개의 스프링이 사용되어진다. 스프링에 의하여 분리되어지는 복합재 외피는 각각 2개의 힌지를 사용하여 힌지의 회전 포인트를 중심으로 회전하며, 60도의 회전운동 후 기체에서 분리되어지도록 설계되어있다.

\* 구조그룹/eunsw@kari.re.kr

\*\*\* 구조그룹/ysjang@kari.re.kr

\*\* 구조그룹/kcw@kari.re.kr

\*\*\*\* 우주발사체기술실/ymy@kari.re.kr

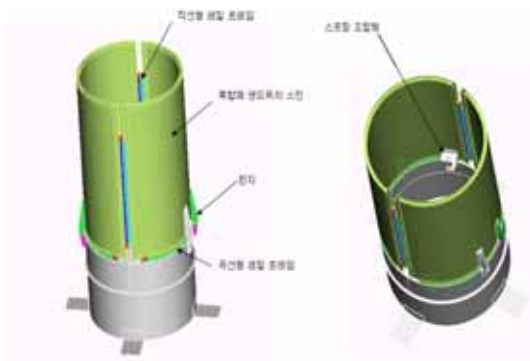


그림 1. 페어링 실린더형 분리시편

### 3. 축소형 페어링 분리운동 분석

분리운동의 분석은 고속카메라를 사용하여 촬영된 결과를 이용하여 수행하였고, 분리운동의 해석은 그림 2와 같은 모델을 사용하여 Pro/Mechanica Motion을 이용하여 수행 하였다. 분리운동모델은 모델을 간단히 하기 위하여 실제의 분리장치등과 같은 페어링 장치 안쪽의 복잡한 부분은 단순화 시켜서 모델링 하였으므로, 실제의 제작모델과는 약간의 차이를 보일 수 있다. 양쪽의 페어링이 각각의 스프링의 압축력에 의하여 독립적으로 운동하기 때문에 한쪽의 페어링만을 모델링 하였다. 노즈페어링이 약 8.75도 회전한 시점에서 스프링의 작용하중이 더 이상 노즈페어링의 분리에 영향을 미치지 않는다.

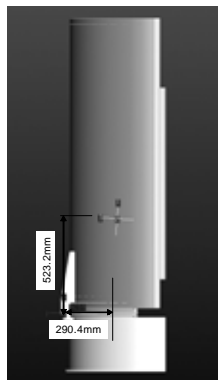


그림 2. 해석 모델

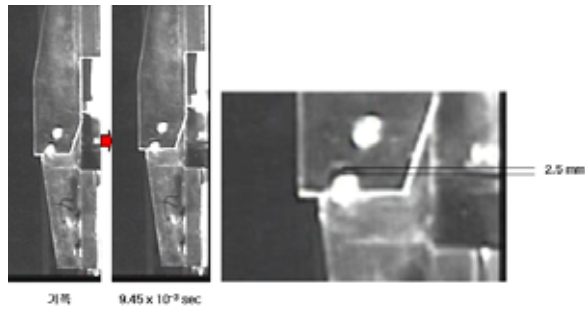


그림 3. 힌지의 수직이동

스프링 상수는 1.91 kgf/mm이고 실제 62.5 mm stroke이지만 해석모델에서는 60 mm를 사용했다. 그 이유는 스프링의 스트로크는 조립시 63 mm로 맞추었지만, 힌지 촬영 영상 분석 결과 힌지가 약 2.5 mm 정도의 수직 이동이 발생함을 확인하였기 때문이다. (그림 3). 이것은 페어링 조립체가 초기 일정시간은 회전운동이 아닌 수직 운동만을 함을 나타낸다. 이러한 이유로 2.5 mm의 스프링 스트로크는 회전운동에 영향을 미치지 않는 것으로 파악되므로 해석에서는 62.5 mm의 스트로크 대신 60 mm의 스트로크를 사용하여 해석을 수행하였다. 그리고 해석에서는 회전운동만을 고려하였다.

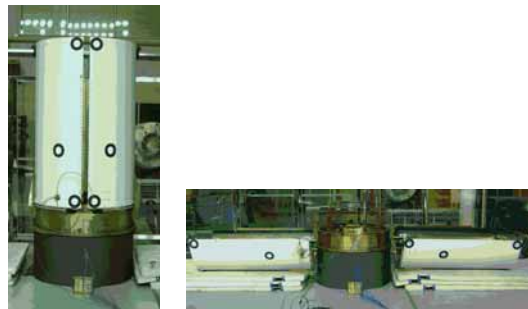


그림 4. 시험 모습

그림 4에서와 같이 고속카메라를 이용한 데이터의 획득을 위하여 C.G 마커를 부착하였는데, 왼쪽과 오른쪽 페어링 C.G. 포인트에서의 수평방향 속도 변화를 그림 5부터 그림 6에서 보이고 있다.

이 그래프들은 각각 하나의 시험을 통한 결과, 그리고 두개의 해석을 통한 결과를 보이고 있다. 해석의 경우 파이로의 영향을 고려한 모델과 파이로의 영향을 고려하지 않은 모델 두 가지의 해석을 수행하였는데, 두 가지의 해석 모두 시험과 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 그림 7과 그림8은 페어링 분리 시점(60도)에서의 해석모델 형상과 실제시험의 고속카메라 정지영상이다. 시험영상에서 보이는 바와 같이 양 페어링의 분리 시간은 약간의 차이를 보이고 있는데 이는 양 페어링의 복합재 무게가 달라 분리시간에 약간의 차이를 보이고 있다.

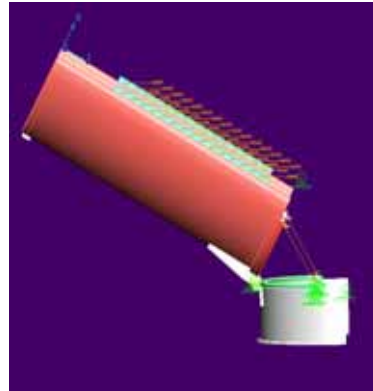


그림 7. 좌페어링의 60도 분리 해석 모델

그림 5. 우페어링 수평 분리 속도 비교(2차시험)

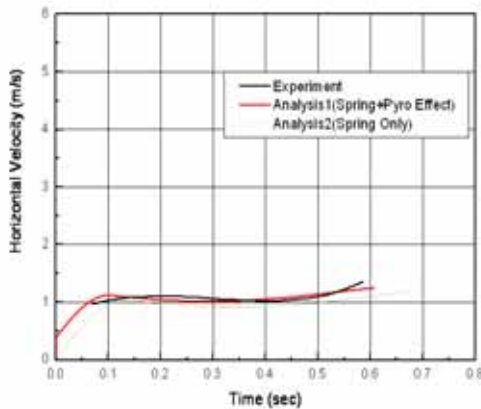


그림 6. 좌페어링 수평 분리 속도 비교(2차시험)

그림 8. 분리시험 모습

페어링과 기체의 분리가 발생하는 60도까지의 도달 시간을 분석 하여 보았다. 표 1에서와 같이 3번의 시험에 걸쳐 분리시험을 수행하였다. 1차의 경우 한쪽의 페어링 만을 사용하여 시험을 수행하였다. 이는 분리시 파이로에 의한 영향을 고려하지 않는 모델이다. 2차 시험의 경우 full 조립체로서 분리 시 파이로에 의한 영향을 확인할 수 있었다. 2차 시험에서 오른쪽 페어링의 60도까지의 도달시간은 해석에서의 경우 0.6558초, 시험에서 0.6297초로 약 0.0321초(약 4.89%)의 오차를 보이고 있고, 왼쪽 페어링의 60도까지의 도달 시간은 해석에서의 경우 0.6067초, 시험에서 0.6010초로 약 0.0057초(약 1%)의 오차를 보이고 있다. 이와 같은 해석과 시험을 통하여 약간의 오차가 있는 결과를 얻을 수 있었다. 약간의 오차는 스프링의 마찰력, 볼트 등 해석에서 제외된 질량들, 힌지 등의 설계와 제작에서의 오차 등이 원인인 것으로 판단된다. 또한 촬영에 사용된 고

속카메라의 해상도가 좋지 않아 영상분석에서의 오차 또한 하나의 요인이 되었을 것이다.

해석으로 확인한 분리 가능한 최소 스프링 스트로크는 42 mm 이고, 시험에서는 47~50 mm 정도였다. 이때 시험은 페어링에 슬링을 걸어서 수작업으로 분리운동을 해 본 경우로 수작업에 따른 오차가 있다.

2. 장영순, “응용형 1/2단 분리부 분리 스프링 기본설계(II)”, Design Note, 구조-00-29,2000,
3. 유준태, “2-3단 분리부 운동해석”, Design Note, 구조-01-44, 2001.
4. 윤종훈, “분리기구 Marman band, 압축 및 비틀림 스프링 설계 검토(IV)”, Design Note, 구조-01-43, 2001.

표 1. 축소형 분리시험 및 해석결과

	해석60도 도달시간 [sec]	시험60도 도달시간 [sec]	무게 [kg]
1차시험	0.66	0.74	46.2
2차시험 (오른쪽,AL)	0.7371	0.6237	50.3
2차시험 (오른쪽,AL,pyro)	0.6558 (해석,파이로 고려)	0.6237	
2차시험 (왼쪽,Glass)	0.6804	0.6010	48.0
2차시험 (왼쪽,Glass,pyro)	0.6067 (해석,파이로 고려)	0.6010	

## 4. 결 론

KSLV-I 노즈페어링의 분리운동 예측을 위하여 축소형 페어링 분리 운동 해석을 수행하고 시험 결과와 비교하였다. 해석과 시험 결과를 비교하여 약 5%의 해석오차를 확인하였고, 페어링 분리에 필요한 힘과 하드웨어 설계 등에 대한 유용한 데이터를 얻었다.

## 참 고 문 헌

1. 유준태, “Pro/Mechanica Motion을 이용한 노즈페어링 분리 분석(1)”, Design Note, 구조-00-04, 2000.