

달착륙선 지상모델의 착륙장치 설계를 위한 동적거동에 관한 연구

Landing dynamic analysis for landing gear of lunar lander demonstrator

손택준† · 나경수* · 강연식** · 임재혁*** · 황도순****

Taek-Joon Son, Kyung-Su Na, Yean-Sik Kang, Jae-Hyuk Lim and Do-Soon Hwang

1. 서 론

국내 주관으로 개발될 한국형 무인 달탐사선의 경우, 국가 우주개발 로드맵에 따라 2020년 달궤도선, 2025년 달착륙선이 한국형 발사체인 KSLV-2를 통해 발사될 계획이다. 한국형 달탐사선은 발사체의 중량 제한조건으로 발사중량 550kg을 목표로 하고 있어, 구조체는 발사하중, 궤도하중 등 요구하중에 견디는 구조적 안정성을 만족함과 동시에 경량화가 요구된다. 특히, 착륙선의 경우 달 지면에 착륙시의 충격하중을 흡수하고 착륙 안정성을 보장할 수 있는 착륙장치의 개발이 필수적이다. 이를 위해 구조체 경량화 설계기술 및 착륙장치 개발기술을 습득하기 위한 선행연구가 필요하다. 본 논문에서는 달착륙선의 지상시험모델로 개발 중인 이착륙시험모델 착륙장치의 설계와 착륙 해석을 수행하여 착륙하중, 충격흡수성 및 착륙안정성 등 동적 거동을 분석한 결과를 제시한다.

2. 착륙장치 설계

2.1 구조 및 형상

착륙선용 착륙장치는 착륙선이 지면의 일정한 높이에 서 추력 단중(Thrust off) 후 낙하 착륙시 발생하는 충격하중을 흡수하여 본체 및 탑재장비에 전달되는 하중을 감쇠시키고, 착륙선이 전복되지 않고 안전하

게 착륙할 수 있는 착륙 안정성을 제공하며, 착륙중량을 포함한 착륙하중에 견딜 수 있는 구조형상을 요구한다. 달착륙선 지상모델의 착륙장치는 착륙안정성을 위해 4set로 구성되어 구조본체에 장착되며 각 착륙장치는 착륙중량을 지지하고 착륙하중을 흡수할 수 있는 Primary Strut, 지지구조인 Secondary Strut과 지면에 접지력을 제공하는 Footpad로 구성된다. Primary Strut 내에는 충격하중 발생시 일정 스트로크를 발생하여 충격에너지를 흡수할 수 있는 Crushable 하니콤을 장착하였다. 착륙장치의 주요 형상 및 구성은 그림 1에 도시되어 있다.

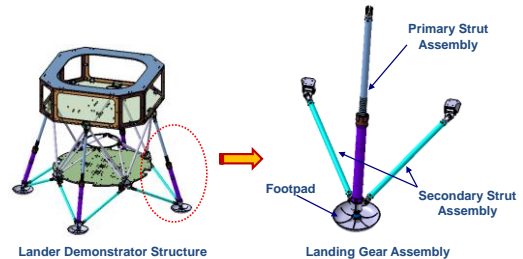


Figure 2.1 Landing Gear Assembly Design

2.2 충격흡수체

우주용 착륙선으로 적용되는 충격흡수체는 항공기용 착륙장치에 사용되는 유압방식이 아닌 소성 변형에너지로 충격하중을 흡수하는 Crushable 알루미늄 하니콤을 적용한다. 이는 유체 댐핑제와 달리 우주용으로 사용가능하고 착륙장치 구조의 단순화와 경량화에 유리하며, 충격흡수효율이 크기 때문이다. 달 착륙선 지상모델 착륙장치의 충격흡수체로 착륙중량, 낙하속도, 지면조건 등 다양한 착륙 조건에 따른 요구 충격하중을 충분히 흡수할 수 있도록 Crush 강도가 상이한 두 종류의 알루미늄 하니콤을 사이징하고 조합하여 구성하였다. 달착륙선 지상모델의 착륙장치에 적용된 하니콤의 설계형상을 그림 2.2와 표 2.1에 나타내었다.

† 손택준: 대한항공기술연구원

E-mail : taekjson@koreanair.com

Tel : 042-868-6206, Fax : 042-868-6128

* 대한항공기술연구원

** ㈜한일시스템

*** 한국항공우주연구원

**** 한국항공우주연구원

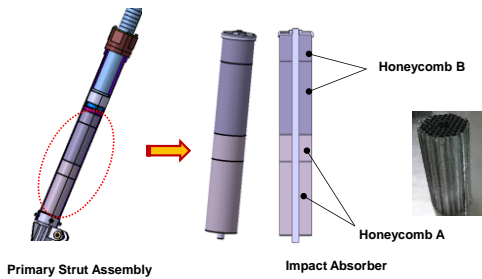


Figure 2.2 Impact Absorber Design

Table 2.1 Impact Absorber Construction

Construction	Length	Crush Strength
Honeycomb A	135mm	0.90 Mpa
Honeycomb B	135mm	1.79 Mpa

3. 착륙 동적 해석

3.1 해석 모델 및 조건

달착륙선 지상모델의 착륙 동적 해석은 다물체 동역학 해석용 범용 소프트웨어인 MSC ADAMS를 활용하여 수행하였다. 그림 3.1은 설계모델로부터 착륙장치의 연결 조인트에 구속을 적용한 해석모델을 나타내고 있으며, 충격흡수체를 모사하기 위해 그림 3.2와 같은 하니콤의 하중-변위 특성을 적용하였다.

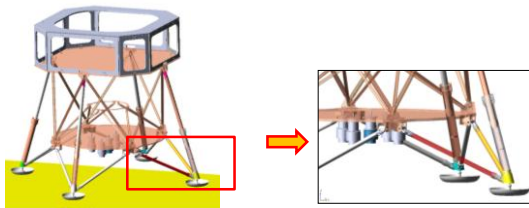


Figure 3.1 Landing Dynamic Analysis Model

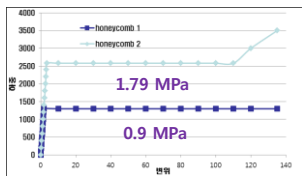


Figure 3.2 Impact Absorber Characteristic

착륙조건은 달착륙선 지상모델의 운용조건을 고려하여 설정하였다. 착륙중량은 75kg, 착륙속도는 수직속도 3m/sec(max), 수평속도 1m/sec(max)를 고려하였으며, 지면의 지지강도는 달 토양과 유사한 조건을, 지면의 경사도는 최대 5°를 적용하였다.

그림 3.3은 착륙해석에 적용한 주요 조건들을 보

여주고 있다.

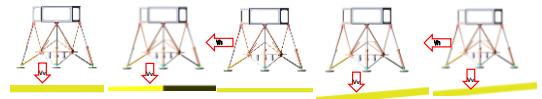


Figure 3.3 Landing Simulation Condition

3.2 해석 결과 및 분석

다양한 착륙조건에 따른 해석을 수행한 결과, 착륙시에 인가되는 하중이 가장 큰 조건인 지면 경사도 5°, 수직속도 3m/sec, 수평속도 1m/sec의 조건에서 충격하중 7kN, 충격흡수체 하니콤의 스트로크 110mm가 발생하였다. 충격흡수 후 본체로 전달되는 하중은 3g이하로, 설계 제한 조건인 5g를 만족하는 것으로 분석되었으며, 충격흡수체로 선정된 하니콤의 용량이 달착륙선 지상모델의 운용조건을 충분히 만족하는 것으로 확인되었다.

그림 3.4는 수직속도 3m/sec, 수평속도 1m/sec, 지면 경사도 5°에서의 착륙 해석 결과를 보여주고 있으며, 충격흡수체인 하니콤에 발생한 하중과 스트로크를 각각 그래프로 나타내었다.

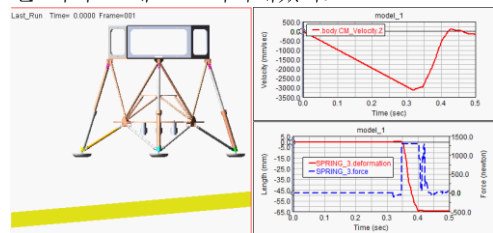


Figure 3.4 Landing Simulation Result

3. 결론

본 연구에서 수행한 착륙 동적 해석을 통해 달착륙선 지상모델에 적용할 착륙장치 설계의 적정성을 확인할 수 있었다. 향후, 설계된 착륙장치와 시험장치를 제작하여 일련의 단계별 낙하 충격시험을 수행하고 시험결과를 활용하여 착륙 해석모델 보정 및 최적화를 수행할 계획이다. 달착륙선 지상모델의 해석모델과 해석기법을 활용함으로써, 달착륙선의 착륙 동적해석용 모델을 개발하고 착륙해석을 수행하는데 유용할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 한국항공우주연구원 주관 달탐사선 선형 개발과제의 연구 결과로, 향후 달착륙선 착륙장치 개발기술 확보에 기여할 것으로 판단된다.