

다물체 동역학 전산해석을 이용한 달착륙선의 착륙거동 해석

Analysis of landing behavior of Lunar lander using mutibody dynamics

박상진* · 이희남† · 김태성* · 김창호** · 임재혁** · 황도순**

Sangjin Park*, Huinam Rhee†, Taesung Kim*, Chang-Ho Kim**, Jae-Hyuk Lim**, Do-Soon Hwang**

1. 서 론

달착륙선이 달에 안정적으로 착륙하기 위해서는 착륙 시 지표면 경사, 달 표면의 강성과 댐핑 특성, 착륙속도, 착륙선의 관성 및 질량중심 위치와 같은 설계 사양 및 조건 등 많은 인자들에 의해 결정되는 전복(Tip-over)특성에 대한 상세한 시뮬레이션을 통한 분석이 필요하다.

현재 우리나라는 2020년경에 달탐사 궤도위성을, 2025년경에는 무인 달착륙선 발사를 계획 중이며 이에 따라 달착륙선에 관한 연구 및 개발이 수행 되고 있다.

본 연구에서는 다물체동역학 전산코드를 이용하여 달착륙선 모델을 개발하였고 달 표면에 착륙시의 전복 특성을 중심으로 동역학적 해석을 수행하였다.

2. 달착륙선의 다물체 동역학 해석모델

본 연구에서 사용된 달착륙선의 모델은 Figure 1과 같고, 상용 다물체 동역학 해석 코드인 MSC ADAMS⁽¹⁾를 이용하여 전복 특성 해석용 모델을 개발하여 달착륙 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과와 이전의 연구⁽²⁾에서 LMS Virtual Lab⁽³⁾을 이용하여 수행한 결과를 비교 분석 하였다.

본 연구의 대상인 달착륙선은 Figure 1과 같이 Lander body와 4개의 Landing gear로 구성되어 있고, 1개의 Landing gear는 Center strut과 Side Strut으로 구분되어진다. Center strut의 윗부분에 허니콤

방식의 충격흡수장치가 장착되어있고, 맨 아래엔 달 표면과 직접 닿는 파트인 Footpad가 있으며 마찬가지로 양 쪽의 Side strut에서도 충격흡수장치가 장착되어 있다. 충격흡수장치 이외의 모든 부품은 강체로 모델링되었다.



Figure 1. Lunar lander

착륙선과 달 토양 사이의 접촉 특성은 참고문헌⁽²⁾에서 제시된 데이터를 이용하여 강성계수 K와 댐핑계수 C값이 결정되었다. 한편 허니콤형식의 충격흡수장치 모델링은 참고문헌⁽²⁾와 마찬가지로 압축시험을 통해 얻어진 힘-변위 데이터에 근거하여 비선형 압축 스프링으로 모델링되었다.

3. 착륙거동 해석

달착륙 시뮬레이션에서 사용된 수직착륙속도는 4 m/s이고, 수평착륙속도는 ± 1 m/s로 가정하였다. 수평착륙속도의 방향은 오르막 경사를 향해 착륙시 +, 그 반대를 -로 정하였다. 또한 착륙 시 Footpad 1개가 먼저 지면에 접촉하는 경우(case A)와 Footpad 2개가 동시에 지면에 닿는 경우(case B) 등 두가지를 가정하였다. 지면 경사도는 0°, 6°, 15° 등 3가지를 고려하였다. Figure 2는 지면경사도 6°, 수평착륙속도 +1 m/s, case A의 경우에 대한 시간별 착륙거

† 교신저자; 정희원, 순천대학교 기계우주항공공학부

E-mail : hnrhee@sunchon.ac.kr

Tel : (061)750-3824, Fax : (061)750-3820

* 순천대학교 대학원 우주항공공학과

** 한국항공우주연구원

동 모습을 한 예로 보여준다.

Table 1은 전복 여부 해석 결과이다. O는 달착륙선이 착륙시 전복되지 않음을 의미하며, X는 착륙선이 전복된 것을 뜻한다.

Table 1. Tip-over characteristics

| Case A | 수평방향속도 (m/s) | 지면 경사도 (°) | | |
|--------|-------------------|--------------|---|----|
| | | 0 | 6 | 15 |
| | 1 | O | O | X |
| -1 | O | X | X | |
| Case B | 수평방향속도 (m/s) | 지면 경사도 (°) | | |
| | | 0 | 6 | 15 |
| | 1 | O | X | X |
| -1 | O | X | X | |

Table 2. Simulation results (contact force, penetration depth, deformation)

| | LMS. Virtual lab ⁽²⁾ | MSC. ADAMS |
|---------------|------------------------------------|---------------|
| 최대 접촉력 | 25,329 N | 26,144 N |
| 최대 침하량 | 32 mm | 29 mm |
| 충격흡수장치 변형량 | 75 mm | 74 mm |

본 연구에서는 다물체동역학 전산해석을 이용하여 한국형 달착륙선의 착륙시 전복특성을 시뮬레이션하였고 이전의 연구 결과와 비교 분석하였다. 본 연구에서 수행된 다물체동역학 해석 방법은 달착륙선의 설계 및 해석을 위해 참고로 활용될 수 있고

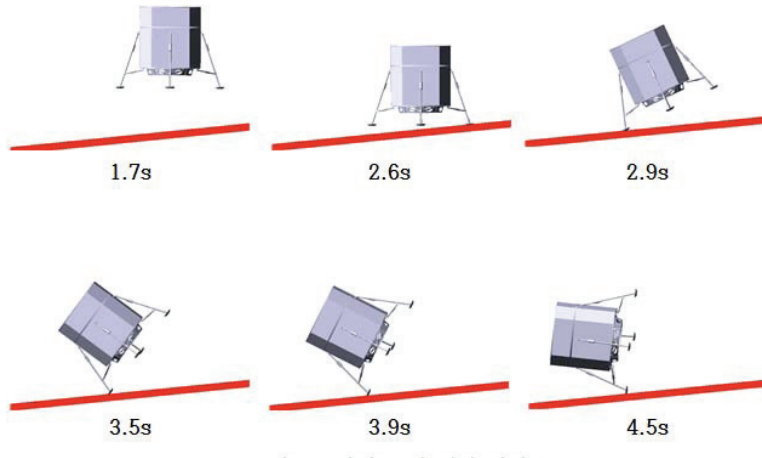


Figure 2 Example of Tip-over Simulation

15도 경사 지면의 경우 모든 경우에 대해 착륙선이 전복되었고 평평한 지면의 경우에선 모두 안정적이었으며 case A가 case B보다 더 안정적임을 확인할 수 있었다.

Table 2는 Figure 2와 같은 착륙거동 중에 발생하는 충격하중, 달표면의 침하깊이 및 충격흡수장치의 압축 변형량 등을 이전의 연구결과⁽²⁾와 비교한다. 두 연구에서 사용된 모델들이 가지는 상세한 부분에서의 차이와 서로 다른 적분 알고리즘을 사용한 결과로 인해 다소 차이를 보이지만 일관성있는 유사한 결과를 보임을 알 수 있다.

안전한 달표면 착륙지점을 결정하기 위해서 사용될 수 있으며, 본 연구결과를 바탕으로 유연체모델링을 통해 더욱 정밀한 달착륙선 착륙 시뮬레이션 연구를 수행 중이다.

참 고 문 헌

- (1) MSC ADAMS 2010.
- (2) 이희남 et. al., 2011, “달 토양특성을 고려한 달 착륙선의 다물체동역학 해석 모델 개발”, 한국항공우주학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 1162-1165.
- (3) LMS Virtual Lab 8B-SL1.

4. 결 론