

# 회전의 항공기 착륙장치 이상진동 발생 현상 원인분석

서정미\*, 나성현\*, 윤종진\*\*  
\*국방기술품질원, \*\*한국항공

## Cause Analysis for Abnormal Vibration of Nose Landing Gear for Rotorcraft

Jeong Mi Seo\*, Seong Hyeon Na\*, Jong Jin Yoon\*\*

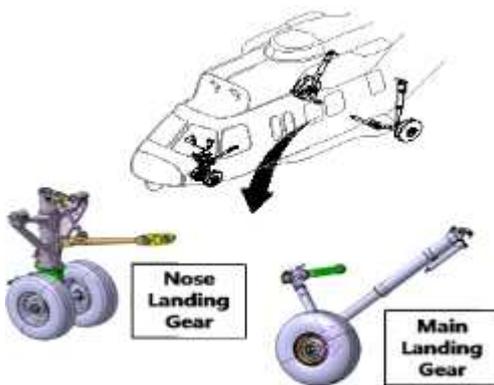
\*Defense Agency for Technology and Quality, \*\*Korea Aerospace Industries

### 요약

본 논문에서는 회전의 항공기 착륙장치 완충기의 개요 및 전륜착륙장치에서 발생한 이상진동 현상의 원인 분석에 대하여 간략히 설명하였다. 착륙장치의 설계구조 및 착륙 매커니즘으로 인하여 필연적으로 발생하는 편측 하중에 대하여 검토하였다. 또한, 이상진동 및 실린더 간극에 대한 온도영향성을 확인하였다. 원인분석 결과에 따라 설계개선 및 검증을 수행할 예정이다.

### 1. 서론

항공기의 착륙장치는 지상활주, 동체지지 및 이·착륙시 발생하는 충격하중을 흡수하는 역할을 한다. 회전의 항공기의 착륙계통은 동체의 앞쪽에 장착된 전륜착륙장치(Nose Landing Gear, 이하 NLG), 기체 중심 뒤쪽 좌우에 장착된 주륜착륙장치(Main Landing Gear, 이하 MLG)로 구성되어있다.



[그림 1] Configuration of Landing System[1]

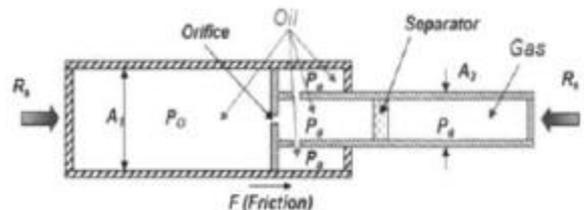
착륙장치는 완충기 형태에 따라 고무식, 평판 스프링식, 유공압식으로 나뉘며, 충격흡수 성능이 가장 뛰어난 유공압(Oleo-Pneumatic) 완충기가 대부분의 착륙장치에 적용되고 있다.

본 논문에서는 회전의 항공기가 지상에 착륙할 때 유공압식 NLG에서 발생한 이상진동 현상에 대한 원인분석을 진행하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 유공압(Oleo-Pneumatic) 완충기 작동원리

유공압 완충기는 [그림 2와]같이 비압축성 유압유로 채워진 상부 실린더와 압축성 질소가스로 채워진 하부 실린더로 구성되며, 하부 실린더 내부에 있는 세퍼레이터(Separator)는 유압유와 질소를 분리시키는 역할을 한다. 착륙하중이 가해지면, 상부 실린더와 하부 실린더가 압축됨에 따라 상부 실린더의 유압유가 오리피스(Orifice) 홀을 통해 분출되며 충격을 흡수하고, 동시에 하부 실린더의 질소가스가 압축되며 충격을 흡수하여 완충작용을 수행한다.



[그림 2] Schematic of Oleo-Pneumatic Shock Absorber[2]

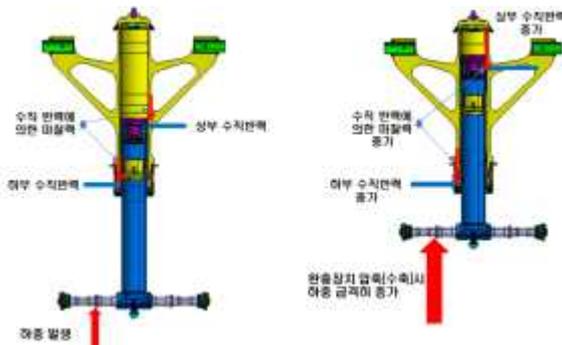
## 2.2 이상진동 발생 및 원인분석

회전의 항공기의 착륙 및 컬렉티브(Collective) 조작(하강, 30~70%) 중, 일부 NLG에서 이상진동이 발생하였다.

완충기에 작용하는 내부하중에는 공기력(Pneumatic Force), 유압력(Hydraulic Force), 마찰력(Friction Force)이 있으며, 착륙과정에서 발생한 NLG 이상진동은 완충기 내부 마찰력에 의하여 발생한다.

### 2.2.1 편측 하중

회전의 항공기가 착륙할 때, 우측 MLG, 좌측 MLG, NLG 순서로 접지한다. 착륙과정에서 상기 순서대로 접지함에 따라, NLG에는 전·후, 좌·우로 편측 하중이 가해진다.



[그림 3] Friction force with one-side load to NLG

이상진동 발생 NLG는 이중 실린더로 구성된 텔레스코픽 형상의 완충장치를 적용한다. [그림3]과 같이 NLG에 좌측 편하중이 가해질 경우를 가정하면, 하부 실린더의 좌측 및 상부 실린더의 우측에 수직 반력 작용하고, 이러한 수직 반력에 의하여 상부 실린더의 베어링 및 실과 하부 실린더의 크롬 도금면의 접촉 부위에서 마찰력이 증가한다고 예상할 수 있다.

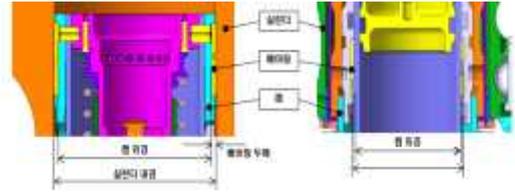
[표 1]은 편측 하중 적용 거리에 따른 진동 발생을 확인하기 위하여 13대의 NLG에 양측 하중(Ideal Load) 및 100~240 mm의 편측 하중(One-side Load)을 가한 진동시험의 결과이다. 양측 하중이 작용한 NLG에서는 진동이 발생하지 않았고, 편측 하중 정도(150~240 mm)에 따라 이상진동이 발생하였다.

[표 1] Abnormal vibration distance of NLG with Ideal/One-side load

구분	양측하중	편측하중	최소 이상진동 발생거리(mm)
Test #1			240
Test #2			240
Test #3			240
Test #4			220
Test #5			220
Test #6			220
Test #7	진동 미발생	진동 발생	150
Test #8			180
Test #9			220
Test #10			180
Test #11			150
Test #12			220
Test #13			220

### 2.2.2 실린더 간극

실린더 간극은 상부 실린더의 내경과 하부 실린더의 외경의 차이이며, 이 간극이 클 경우에는 피스톤 슬랩에 의하여 마찰력이 증가한다.



[그림 4] Upper and Lower Cam of NLG

[표 2]는 상·하부 베어링 간극 및 진동에 대한 온도 영향성 확인을 위한 시험 결과이다. 상·하부 베어링의 설계 간극은 0.028~0.078 mm이며, 조립누적 공차 및 편하중에 의한 위치 공차에 의하여 실린더 간극이 최대 간극보다 커지는 경우 마찰력에 의한 이상진동이 발생할 수 있다. 또한, 온도에 따른 실린더 간극 및 작동유 점도변화가 이상진동의 원인이 될 수 있다.

[표 2] Temperature effect of vibration and bearing clearance (단위 : mm)

구분	설계(상온) 간극	-20°C 간극	0°C 간극	40°C 간극
상부 베어링	0.028~0.078	0.004~0.054	0.014~0.066	0.040~0.090
하부 베어링	0.016~0.071	0.007~0.069	0.012~0.067	0.020~0.074
NLG 진동	진동발생 (220 mm)	진동발생 (100 mm)	-	진동 미발생

## 3. 결론

본 논문에서는 회전의 항공기 착륙과정에서 발생한 진륜착륙장치 이상진동 현상의 원인분석에 대하여 간략히 설명하였다. 진륜착륙장치의 유공압 완충기는 이중실린더로 구성된 텔레스코픽 형상이며, 상·하부 실린더가 압축됨에 따라 실린더 간 마찰력으로 인한 진동이 발생한다. 편측 하중이 가해질 때 이상진동이 발생하며, 마찰력은 편하중이 커질수록 증대된다. 또한, 조립누적 공차, 편하중에 의한 위치 공차 및 온도 영향성으로 인하여 실린더 간극이 커질 때 마찰력이 증가로 인한 이상진동 발생할 수 있고, 저온에서 진동이 심화되고 고온에서 완화됨을 확인하였다. 이러한 원인분석 결과에 따라 설계개선 및 검증을 수행할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] J. H. Choi, M. W. Jang, Y. W. Lee, J. J. Yoon, "An Improvement Study on Stick-Slip Behavior of Nose Landing Gear for Rotary Wing Aircraft", Korean Society for Aviation and Aeronautics, Vol. 25, No. 3, pp 61-67, September. 2017
- [2] J. W. Shin, T. U. Kim, J. J. Jo, "Performance Analysis for Oleo-Pneumatic Nose Landing Gear of Rotorcraft", KSME Annual Spring Conference, KSME, pp 278-279, April. 2018