

# 우주센터 종합조립동 고압가스 운용을 위한 발사체 접속장치 및 고압유연배관 개발

남중원\* · 전영두\* · 장영순\*\*

## Development of Launch Vehicle Connection Unit and High Pressure Flexible Hose for KSLV-II Ground Operation

Jungwon Nam\* · Young-Doo Chun\* · Youngsoon Jang\*\*

### ABSTRACT

The various ground support equipments are necessary for KSLV-II ground operation at the assembly building located in Naro Space Center. Among the various ground support equipments, the launch vehicle connection unit and high pressure flexible hose are important elements, because they are used for connection between the ground compressed gas supply system and the launch vehicle. In this paper, the development progress of the launch vehicle connection unit and high pressure flexible hose are introduced.

### 초 록

한국형발사체 및 시험발사체에 대한 지상 운용을 위해서는 우주센터 종합조립동 내에 여러 가지 지상지원장비가 필요하다. 여러 가지 지상지원장비 중 발사체 접속장치와 고압유연배관은 지상의 고압가스 공급장비와 발사체 사이에 고압배관 연결을 위해 필수적인 장비이다. 본 논문에서는 고압가스 연결을 위해 필요한 발사체 접속장치와 고압유연배관에 대한 개요와 개발 진행 상황에 대해 소개하고자 한다.

**Key Words:** KSLV-II(한국형발사체), LVAB(종합조립동), CGSS(고압가스 공급장비), High Pressure Flexible Hose(고압유연배관), Launch Vehicle Connection Unit(발사체 접속장치)

### 1. 서 론

한국형발사체 개발사업의 목적은 1.5톤급 위성을 지구저궤도에 투입할 수 있는 3단형 발사체를 개발하는데 있으며, 그에 앞서 한국형발사체에 적용하는 75톤급 엔진 및 초경량 대형 탱크 등의 발사체 핵심기술 성능을 확인하기 위해 2

\* 한국항공우주연구원 발사체체계종합팀

\*\* 한국항공우주연구원 발사체체계개발단

† 교신저자, E-mail: trainman@kari.re.kr

단형 시험발사체에 대해 선행 연구하여 그 결과를 확인하는데 그 목적이 있다[1].

나로우주센터에 위치한 종합조립동은 발사체 각 부품의 입고, 단 조립 및 점검, 전기체의 조립과 체계 시험 등의 발사체 지상 준비 작업이 이루어지는 장소이다. 이러한 지상 준비 작업을 위해 여러 가지 지상지원장비가 종합조립동에 설치되어 운용되어야 하며, 그 기능과 역할에 따라 기계지원시스템, 가스지원시스템 및 전기지원시스템으로 구분된다[2, 3].

본 논문에서는 기계지원시스템 중 지상의 고압가스 공급장비에서 공급되는 고압가스를 발사체로 주입하거나 발사체로부터 고압가스를 배출하기 위해 필요한 발사체 접속장치와 고압유연배관의 개발 진행 상황에 대해 알아보하고자 한다.

## 2. 발사체 접속장치 개발 현황

발사체 접속장치는 발사체 내부 공압시험 및 기밀시험을 수행하기 위해 지상의 고압가스 공급장비와 발사체를 연결하기 위해 필요한 지상 지원장비이다. 한국형발사체는 총조립 등의 지상 운용 특성으로 인해 수평 상태 시 발사체 엄빌리칼 플레이트가 상면에 위치하게 되며, 이러한 이유로 인해 지상의 고압가스를 발사체 상면에 연결해 주기 위한 타워 형태의 지상 장비가 필요하다. 또한, 이 지상 장비는 고소 작업 및 위치 이동이 가능하도록 구성이 되어야 하며, 고압가스 배관 등의 설치를 통해 고압가스의 공급 및 배출이 가능해야 한다.

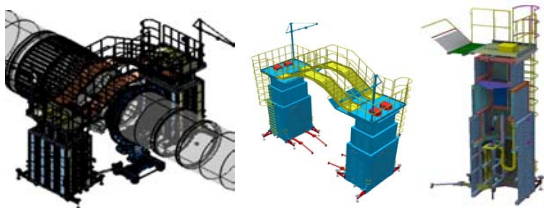


Fig. 1. 3D model of Launch vehicle connection unit

위 Fig. 1은 이러한 요구조건이 반영된 발사체 접속장치의 상세설계 결과 도출된 모델 형상이다. 발사체 각 단별로 엄빌리칼 플레이트의 높이 및 위치가 상이하기 때문에 발사체 접속장치는 높이 조절 및 작업대의 이동이 가능하도록 구성하였다. 기본적으로 이 장비는 고압가스의 운용을 위한 장비이므로, 장치 내부에는 고압배관, 고압유연배관 및 이를 지지하는 구조물 등으로 구성되어 있다. 고압배관 및 고압유연배관은 안전을 위해 구조물 내부에 위치하고 있으며, 높이 조절에 유연하게 대응하기 위해 고압유연배관을 U자형으로 배치하였다.

상세설계 결과 도출된 모델에 대해 수치 해석을 통한 안정성 확인 작업을 수행하였으며, 해석 결과 취약한 부분과 오류가 발생하는 부분에 대한 설계 변경을 통해 설계 요구조건인 안전계수 1.3 이상을 확보하는 결과를 얻을 수 있었다. 아래 Fig. 2는 여러 해석 결과 중 하나의 예시를 보여주는 것이다.

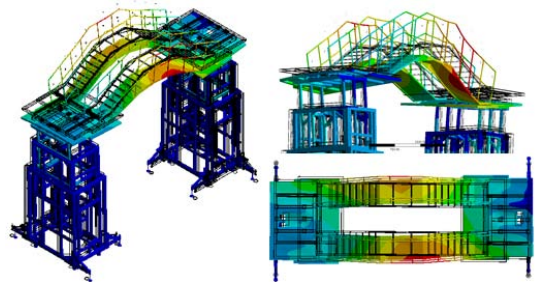


Fig. 2. Numerical analysis

상세설계 및 제작설계 후 아래 Fig. 3과 같이 각 부품에 대한 제작을 수행하였으며, 조립 및 공장시험의 과정을 통해 설계 오류 여부 및 안정성 확보 여부에 대한 검증을 수행하였다. 아래 그림은 공장시험을 수행하는 것으로, 단품에 대한 외형 측정, 조립성 검토, 하중 시험 및 변위 측정 등의 공장시험을 수행하였으며, 특히 변위 측정에는 3차원 측정기 및 레이저 트랙커 등의 장비를 사용하여 정밀 측정이 가능하도록 하였다. 또한, 장치 내부의 고압배관 및 고압유연배관에 대한 기밀시험을 통해 고압가스 안전에 대

한 검증 작업을 수행하였다.



Fig. 3. Manufacturing & assembly of component

공장시험을 통해 단품에 대한 설계 성능을 검증한 후, 우주센터 종합조립동으로 이송하여 총조립을 수행하였다. 총조립된 발사체 접속장치의 모습은 아래 그림 Fig. 4와 같으며, 최종적으로 발사체 모형과 함께 정렬 시험 등의 운용 시험을 통해 발사체 운용과 관련된 접속장치의 건전성 및 타당성을 확보할 수 있었다.



Fig. 4. Final assembly of unit

### 3. 고압유연배관 개발 현황

우주센터 종합조립동에서 발사체의 고압가스 운용을 위해서는 종합조립동 내 고압가스 공급 장비와 더불어 고압유연배관이 필수적이다. 아래 Fig. 5는 나로호 운용 중의 모습으로 발사체로 고압가스의 주입 및 발사체 내부 고압가스 배출을 위해 다량의 고압유연배관이 발사체와 연결되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 고압유연배관의 사용을 통해 발사체로의 고압가스 주입 및

배출이 용이하도록 구성한 것으로, 한국형발사체의 요구조건에 따라 최대 23 MPa의 고압에서도 사용이 가능하도록 고압유연배관에 대한 개발을 진행하였다.



Fig. 5. Flexible metal hose (KSLV-I)

한국형발사체 운용을 위한 종합조립동 가스지원장비에는 총 2가지 방식의 고압유연배관을 사용할 예정이다. 첫 번째 방식은 기존 스테인리스강 호스로 만들어진 유연배관이며, 두 번째 방식은 테플론 호스를 사용하여 만드는 방식으로 테플론 호스 외부에 스테인리스강 와이어를 엮어서 감싼 후에 케블라 섬유로 한 번 더 감싸서 강도를 보강하는 방식이다.

아래 Fig. 6과 같이 기존의 일반 스테인리스강 호스는 배관 내부에 주름을 접어서 만드는 방식이기 때문에 주름 사이에 존재하는 이물질 및 수분 관리에 어려움이 존재할 수밖에 없다[2].



Fig. 6 Stainless steel flexible hose (sample)

그렇지만 발사체 내부로 들어가는 가스에는 이물질 및 수분 관리에 엄격한 기준이 존재하기 때문에 주름이 존재하는 일반 스테인리스강 호스보다는 주름이 없는 테플론 방식의 고압유연배관이 지상 운용에는 유리하며, 이런 이유로 많은 부분의 지상운용에 테플론 방식의 고압유연

배관을 사용할 예정이다.

아래 그림 Fig. 7이 고압유연배관의 단면을 나타낸 사진으로, 위쪽에 있는 사진이 테플론 호스 외부에 스테인리스강 와이어를 엮은 것이며, 아래 사진이 케블라 섬유를 추가로 감싸서 강도를 보강한 상태이다[2].

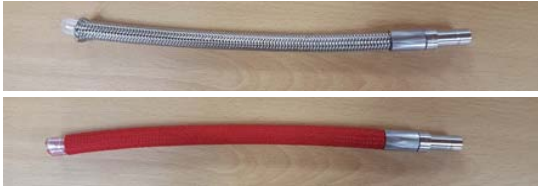


Fig. 7. Teflon flexible hose

다만, 높은 강성을 요구하는 발사체 접속장치 내부에는 강성 및 내구성에 장점을 보이는 스테인리스강 호스를 예외적으로 적용하기로 하였다. 아래 Fig. 8이 실제 제작 완료된 테플론 호스 방식의 고압유연배관으로 외부에 청색 케블라 섬유를 사용하여 강성을 보강한 것을 확인할 수 있다. 현재 우주센터 종합조립동에는 아래 그림과 같은 청색 케블라 섬유를 사용한 고압유연배관이 입고되어 운용 준비 중에 있다.



Fig. 8. High pressure flexible hose (Teflon type)

#### 4. 결 론

본 논문에서는 우주센터 종합조립동에서 고압가스 운용을 위해 필요한 발사체 접속장치와 고압유연배관에 대해 알아보았다. 본문에서 소개한 발사체 접속장치와 고압유연배관은 설계, 제작, 시험 등의 과정을 통해 그 성능을 검증하였으며, 발사체와의 연계 시험을 통해 한국형발사체개발사업에 기여할 예정이다.

#### 참 고 문 헌

1. 한국항공우주연구원, “한국형발사체 (KSLV-II) 종합조립동 가스지원장비 및 업빌리칼 접속장치 제작 및 운용 기술용역”, 2015
2. 지상연, 박정근, 정재한, 이상원, 남중원 “한국형발사체 종합조립동 고압가스 운용을 위한 발사체 접속장치 및 고압유연배관 소개”, 한국추진공학회 2015년도 추계학술대회 논문집, 2015.11, pp.524-527.
3. 남중원, 전영두, 장영순 “한국형발사체 운용을 위한 우주센터 종합조립동 가스지원시스템 개발 IV”, 한국추진공학회 2016년도 추계학술대회 논문집, 2016.12, pp.921-924