

보기 원격제어를 통한 발사 운용과정

이창배*, 서진호**, 이수진***, 정의승****

The Launch Operation Sequence through Remote Control of Bogie

Chang-Bae Lee*, Jin-Ho Seo**, Soo-Jin Lee***, Eui-Seung Chung****

Abstract

Bogie(The Launch vehicle transporter) is the special land transportation vehicle for the LV(Launch vehicle) which is used for not only the transportation-means of LV from LVAB(Launch Vehicle Assembly Building) to LP(Launch Pad) but also one of principal tools for launch operation sequence. Due to the multi-role of Bogie, The technical requirements of bogie are very complicated. Especially launch operation has performed with not only bogie but also many ground support equipments. So, it is impossible to establish technical requirements of bogie without whole understanding of launch operation. This paper was made for arranging whole launch operation sequence and technical requirements of bogie based on the this sequence.

초 록

보기는 특별한 지상이송장치로서 총조립 발사체를 단별조립동에서 발사장까지 운반하는 수단뿐만 아니라 발사운용을 위한 주요한 도구로서 사용된다. 이런 보기의 다양한 역할로 인하여, 요구되어 지는 기술적 요건들은 복잡하다. 특히 발사 운용 부분은 보기뿐만 아니라 여러 가지 지상 장비들이 함께 얽혀있고, 전체적인 발사운용에 대한 이해가 없이는 그 기술 요구조건을 정립하기도 힘들다. 이를 위해 이 문건은 보기에 의한 발사운용과정을 정리하고, 이를 바탕으로 보기의 기술적 요건을 정리하였다.

키워드 : Bogie(보기), LV(Launch Vehicle), Launch Operation Sequence

1. 서 론

단별조립동(LVAB : Launch Vehicle Assembly Building)에서 1단과 상단 조립이 끝난 발사체는 보기에 의하여 TE(Transporter Erector)라는 지상

장비 위에 거치된 상태로 발사장(Launch Pad)으로 이송된다. 원래 보기(Bogie)라는 장비는 플랜트 산업현장, 발전소, 항만 등에서 무거운 중량물이나 부피가 큰 화물을 이송하는데 사용되는 장비였으나, 그 특성이 나로도 발사장 환경과 맞아 발사체 이송에 사용된다. 발사장에 도착한 발사

접수일(2007년12월14일), 수정일(1차 : 2008년 10월 23일, 2차 : 2008년 10월 27일, 게재 확정일 : 2008년 11월 1일)

* 체계종합팀/cblee@kari.re.kr

** 체계종합팀/jhseo@kari.re.kr

*** 체계종합팀/sjlee@kari.re.kr

**** 체계종합팀/ces@kari.re.kr

체는 보기뿐만 아니라 TE, Erector, Cable Mast 등의 여러 가지 지상 장비들에 의하여 발사대에 결합되고, 연료를 주입하고, 발사하는 일련의 과정을 거치게 된다. 이처럼 보기는 발사체가 TE와 함께 단별조립동에서 이송하는 시점부터 발사가 종료되어 TE가 단별조립동으로 돌아오는 중점까지 발사의 모든 과정에 참여하는 주요한 장비 중 하나이다.

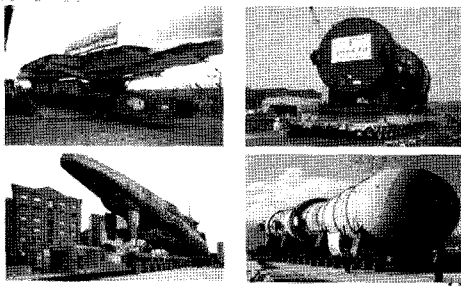


그림 1. 보기를 이용한 중량물 이송

본 논문은 모든 발사과정에 참여하는 보기가 가져야 할 기술적 특성과 함께 이를 이해하기 위해 발사운용과정을 정리함으로써 향후 발사통합 업무에 도움이 되도록 작성되었다.

2. 보기의 기술요건

보기는 크게 이송과 발사운용의 두가지 측면에서 사용이 된다. 본장에서는 이 두가지 운용적인 측면에서 접근하여 보기의 기술요건들을 정리하겠다.

2.1 이 송 (Transportation)

트럭이나 트레일러와 같은 일반적인 이송장비 대신 2개 1조로 구성된 보기가 발사체 이송에 활용되는 까닭은 다른 이송장비로는 약 35m의 전장과 6.5m의 전폭을 가지는 발사체를 최대구배 10%의 1.5km 경사도를 통하여 이송하기가 불가능하기 때문이다. 또한 보기 특유의 전자제어에 의한 다양한 주행 모드, 파워 팩(Power-pack)을

통한 강한 제동력과 기동력, 그리고 지표면에서 올라오는 충격이나 진동을 효과적으로 줄여주는 충격 감소장치 등은 발사체를 이송하는 데 매우 효과적이다. 아래 그림은 일명 이송열차(Transportation Train)로 불리어 지는 발사체를 이송하는 기본적인 형태로 전, 후 보기 2대와 TE 그리고, 발사체로 이루어져 있다. 보기는 기본적으로 TE와 기계적인 인터페이스 마운트를 가지는데, 전방 보기는 5th wheel 1ea와 후방 보기는 Dowel Pin 2ea로 3점 지지형태로 지지된다.

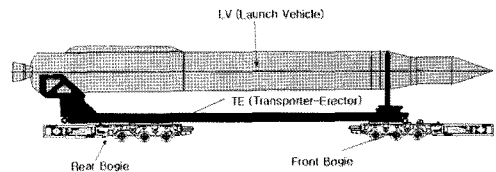


그림 2. 발사체 이송열차 (Transportation Train)

2.1.1 보기의 연동 및 주행모드

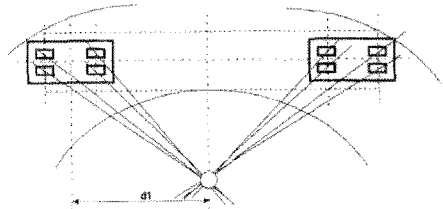


그림 3. 보기 2대 1조의 연동 회전

발사체 이송열차가 어느 부근에서 회전을 한다고 하자. 만약 전방 보기의 회전 중심과 후방 보기의 회전중심이 일치하지 않는다면, 회전 시 일부 바퀴가 끌리면서 억지로 회전하거나, 심할 경우 전복이 일어날 수 있다. 만약 굴곡과 요철이 심한 경사도라면 그 정도가 더 심할 것이다. 이러한 기본적인 이유로 이송열차 형태의 기동에는 2개 보기간 연동이 필요하다.

또한 단별조립동과 같은 여러 가지 지상 장비 등으로 비좁은 공간에서 각각 보기가 효과적으로 운용되기 위해서는 전진 및 후진 등의 방향전환

을 하기 위한 여러 가지 주행모드가 필요하다.

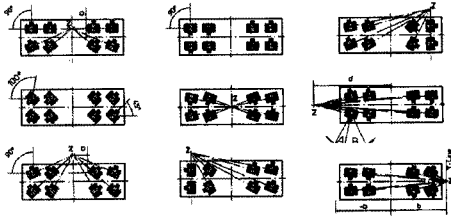


그림 4. 보기의 여러 독립 운행 방식

2.1.2 기동력과 제동력

보기는 최대 구배 10%인 급경사로를 통하여 30여 톤의 중량물을 이송해야 한다. 이러한 급경사의 도로를 올라가기 위해서는, 기본적으로 보기에 큰 힘, 즉 기동력이 필요하다. 또한 경사로에서 정차할 때 차량자체와 중량화물이 하방으로 미끄러지지 않게 하기위한 제동력 또한 보기가 갖추어야 할 주요 기능이다. 특히 제동력의 경우 2대의 보기 중 1대가 고장이 날 경우를 대비하여 1대의 보기만으로 남은 한대의 보기와 발사체 그리고 TE를 지탱할 수 있도록 하는 등 요구조건이 매우 엄격하다.

2.2 발사 운용(Launch Operation)

발사체가 일단 발사장까지 이송이 되면 본격적인 발사운용에 들어가게 된다.

2.2.1 직진도

이송열차가 일단 발사대 안으로 들어가면 정확히 직선방향으로 전진해야 한다. 많은 해외업체에서 이용하는 열차를 이용할 경우 철로를 따라가기 때문에 옆으로 벗어나는 경우는 없지만, 보기와 같은 일반차량의 경우 타이어 특성상 직선방향으로 진행하려고 하여도 어느 정도 측면으로 벗어나게 된다. 측면으로의 오차를 최소화하기 위해 별도의 가이드를 발사대 표면에 설치했지만, 보기 자체가 측면으로의 오차가 최소화해야 한다.

2.2.2 저속 진행 및 즉각 정지

보기는 발사체를 직선방향으로 이동시키다가 어느 정해진 순간 발사대 앞에서 정확히 정지해야 한다. 유압 브레이크 특성상 어느 정도 밀립 현상이 있지만, 이를 최소화해야 한다. 만약 정확히 정지하지 못한다면 발사체와 발사대간의 충돌이 발생할 수도 있다.

2.2.3 원격제어

발사체를 발사대에 결합하는 과정은 매우 위험한 과정이다. 특히 발사체에 추진체를 투입하고 난 뒤에는 폭발위험성이 항상 상존하고 있어, 발사대 지상 장비들의 제어는 어느 시점이 되면 원격지에서 사람이 아닌 발사대 통합 운용 시스템(TE-ACS)이라는 별도의 소프트웨어에 의해 이루어진다. 이러한 이유로 보기에게도 다른 지상 장비와 동일하게 원격지에서 제어가 가능해야 한다.

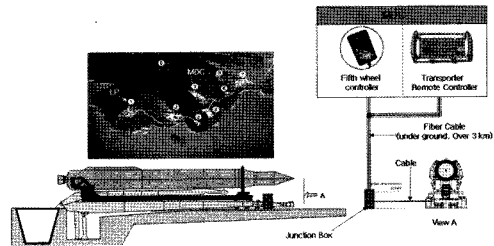


그림 5. 보기 원격제어 시스템

원격제어가 필요한 장비는 보기와 5th wheel이며, 각각의 원격제어기는 개발업체에서 개발된 것이 있다. 하지만 발사대에서 원격제어를 수행할 곳인 LCC(Launch Control Center)간의 거리는 약 3km 거리는 개발업체에서 보장하는 제어거리와는 너무 큰 차이가 난다. 이를 위하여 보기를 원격지에서 조정하기 위한 시스템을 별도로 개발하였다.

원격제어 개념은 3km의 거리를 광섬유 통신으로 커버하는 대신, 광섬유 양 끝에 보기와 5th wheel의 통신방식과 광섬유 통신방식 사이의 전환을 위한 신호전환시스템을 구성

하는 것이다.

좀 더 부연하면, 보기의 제어 컴퓨터와 5th wheel에서 나오는 자체 통신케이블을 발사장 Junction box에 위치한 전환시스템에 연결한다. 전환시스템에서는 보기와 5th wheel의 전기적 송수신 신호를 광섬유에 맞는 통신방식으로 변경하고, 이를 광섬유로 흘려보낸다. 광섬유의 다른 끝인 LCC에서는 받은 전기적 신호를 다시 보기와 5th wheel 고유의 통신방식으로 변경하여 각각의 제어기로 연결한다. 이 광섬유 인터페이스 방식은 쌍방이 서로 송수신이 가능하므로, 보기와 5th wheel의 각종 센서정보를 수신하거나 별도의 기동을 요구하는 명령을 송신형태로 보낼 수 있다.

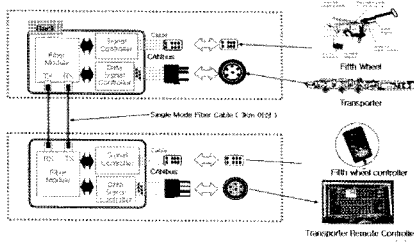


그림 6. 원격제어 광섬유 인터페이스

3. 발사 운용 과정

발사를 위한 과정은 여러 가지 지상, 관제, 발사체 장비들이 같이 정해진 순서에 따라 진행되는 것이므로 매우 복잡하다. 이 장에서는 보기를 중심으로 한 발사 과정을 정리하였다.

1) Check and Mating of Bogie and TE

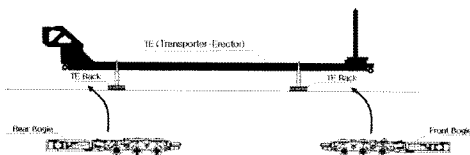


그림 7. Launch Operation 1단계

- Bogie와 TE를 육안으로 점검한다.
- 보기를 보관위치에서 TE 보관위치로 이동한다.
- 보기의 높이를 낮추어 TE의 지지대 밑으로 들어간 뒤 TE와 결합한다. 후방 보기의 Dowel Pin 2ea가 TE의 Hole과 결합되고, 전방보기는 5th wheel과 TE의 King Pin을 결합시켜 3점 지지형태로 만든다.
- 전,후 보기가 연동되게 주행할 수 있도록 주행모드를 연동모드로 변경한다.

2) ILV Preparations

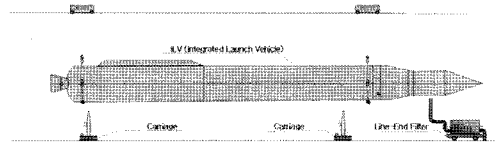


그림 8. Launch Operation 2단계

- 총조립된 발사체를 기능검사를 수행한다.
- PLF 내부로 주입중인 MTU쪽 Line-End Filter의 고압가스 연결관을 PLF MTU connector로부터 탈착한다. 연결이 끊어진 MTU는 별도의 차량을 이용하여 이송열차보다 빨리 발사장으로 이동하여 대기한다.

3) Lift ILV from Carriage and Lay down onto TE/Bogie

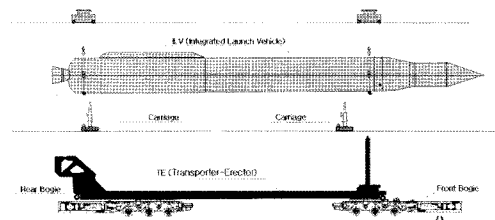


그림 9. Launch Operation 3단계

- 보기/TE 조합체를 발사체 옆으로 이동한

다. 발사체는 LVAB동의 크레인 2ea를 연동하여 TE 위에 거치한다.

- 조립동 밖으로 나간다.

4) Transportation to LP

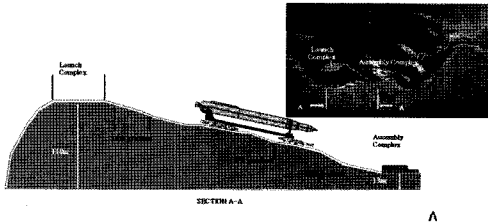
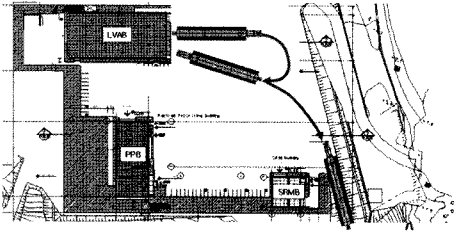


그림 10. Launch Operation 4단계

- LVAB에서 나온 발사체는 LVAB 앞 공터에서 회전을 하여 1단부 엔진부가 발사대 방향을 향하도록 한다.
- 엔진 부위가 발사장을 향한 상태로 1.5Km, 최대구배 10%에 이르는 경사로를 따라 LP까지 이동한다.

5) Environment Control of Upper stage

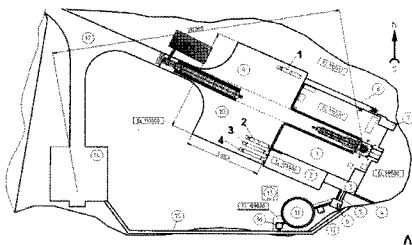


그림 11. Launch Operation 5단계

- 발사장에 도착한 후 먼저 올라온 MTU와 연결하여 고압의 공기를 상단부 내로 공

급하여 환경제어를 수행한다. 정해진 운송도 조건에 다르면, MTU connector로부터 MTU hose를 분리한다.

6) Arrangement of train in front of ER

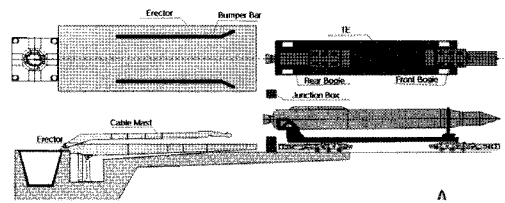


그림 12. Launch Operation 6단계

- 보기의 다양한 모드를 이용하여 Erector의 Bumper bar의 중간에 이송열차가 위치하도록 정렬한다.

7) Approach of train to ER

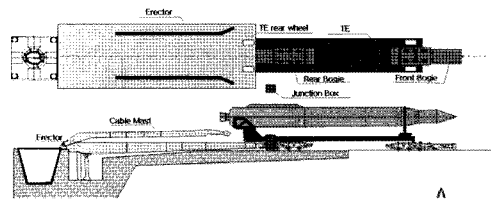


그림 13. Launch Operation 7단계

- 정렬작업이 끝나면 발사대에 근접한 쪽의 TE 하단부 바퀴가 발사대 Erector 외곽 끝 레일 위에까지 올 수 있는 위치까지 전진한다.
- 보기의 주행모드를 연동모드에서 독립모드로 변경하여 전, 후 보기가 독립적으로 운행할 수 있도록 전환한다.
- 후방 보기의 높이를 낮추어 TE의 한쪽 끝 바퀴가 Erector의 한쪽 끝 레일위에 놓이게 한다.

8) Withdrawal of Rear Bogie

- 후방 보기의 높이를 더욱 낮추어 보기의 Dowel Pin이 TE의 Dowel Pin Hole로부터

터 완전히 이탈되게 한다.

- 후방 보기를 앞으로 운행하여 발사대로부터 완전히 이탈한다.

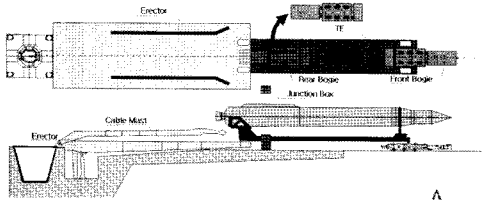


그림 14. Launch Operation 8단계

9) Approach to ER by front Bogie

- 전방 보기를 진행시켜 TE의 전방 휠이 Erector의 레일위에 올 때까지 진행한 뒤 전방 보기의 높이를 낮추어 TE의 전방 휠이 TE 레일에 안착하도록 한다.
- 이 상태에서 전방 보기를 진행시켜 전진하는 TE가 Erector의 Stop switch를 누를 때까지 나가간 뒤 정지한다.
- 전방보기의 제어판과 발사장 위에 위치한 Junction Box를 Cable로 연결시키다. Junction box는 발사통제실에 있는 보기 원격조정기가 연결되어 있어 이 순간부터 보기의 모든 기동은 LCC에서 제어 한다.

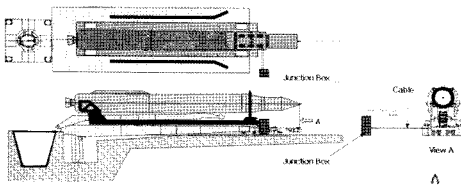


그림 15. Launch Operation 9단계

10) Release TE

- LCC에서 5th wheel 제어기를 조작하여 전방 보기의 5th wheel이 잡고 있던 TE의 King Pin을 놓아준다.
- 전방 보기의 전원을 원격제어로 Off 한다.
- Erector의 Carriage에 의하여 TE가 발사대 쪽으로 들어가 Erector와 고정된다.

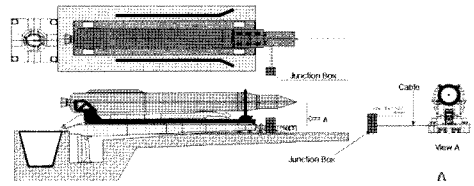


그림 16. Launch Operation 10단계

11) Lifting of TE/ILV by ER and Fuel-in

- Erector에 의하여 수평상태의 TE/ILV를 들어 올려 수직상태로 고정한다.
- TE가 ILV를 지지하는 형태로 연료를 주입한다.

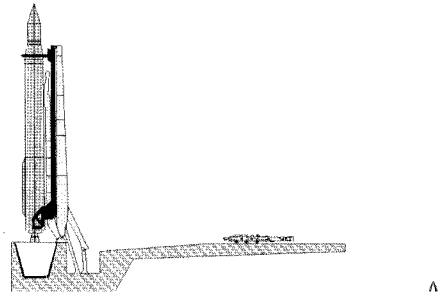


그림 17. Launch Operation 11단계

12) Lowering and Re-fix TE

- 원격제어로 보기의 Power를 On한다.
- Cable Mast는 발사체에 붙어있고, TE만 ER에 의하여 수평상태로 내려온다. 내려온 TE는 ER의 Carriage에 의하여 발사대 바깥쪽으로 빠지면서 ER과 분리된다.
- 전방 보기의 5th wheel이 TE의 King Pin을 다시 잡아 고정한다.

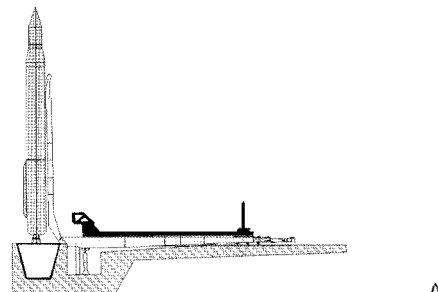


그림 18. Launch Operation 12단계

13) Evacuation TE

- TE의 각종 유압장비를 발사화염으로부터 보호하기 위해서 원격제어를 통하여 전방 보기를 기동하여 발사대 밖으로 25m정도 외곽으로 이동 후 정지한다.
- 보기의 전원을 Off한다.

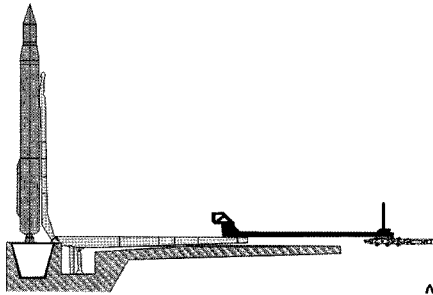


그림 19. Launch Operation 13단계

14) Launch

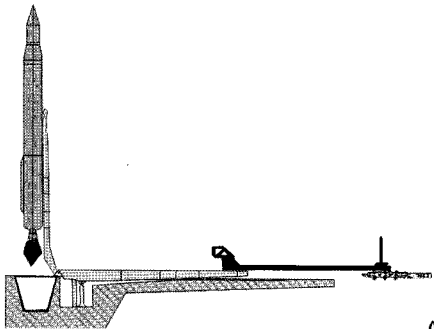


그림 20. Launch Operation 14단계

참 고 문 헌

1. 조철훈, 조병규, 이창배, 이경원, 정의승, “KSLV-I 발사체 시스템 총조립 및 운용개념 연구”, 제5회 우주발사체 심포지움, pp 433-436, May 2004
2. 이창배, 원유진, 조병규, 조철훈, “발사체 이송장치 보기에 대한 기술적 고찰”, 2006년 춘계 한국항공우주학회 학술발표회, pp 219-222, April 2006
3. 이창배, 원유진, 조병규, 조철훈, 정의승, “발사체 이송장치에 대한 기술적 요건분석, 제7회 우주발사체 심포지움, pp 211-216, Feb 2006
4. 박승용, 이창배, 조철훈, 서진호, 정의승, “발사대에서 지상이송장비를 원격제어하기 위한 인터페이스 개념 연구” 제9회 우주발사체 심포지움, pp 37-40, Jan 2008

4. 결 론

KSLV-1 이송장비 보기에 대해 변경된 기술적 요건을 정리하고, 이에 따른 발사 운용 시퀀스를 정리하였다. 향후 이 개념에 의해 설계된 보기를 제작한 뒤, 실제적인 테스트를 통하여 그 적합성을 확인할 예정이다.