

추진기관 시스템 시험설비 개발을 위한 해외사례 분석 및 적용방안

박주현* · 박순상* · 한영민** · 김지훈**

A Study on International Case and Application for Propulsion System Test Complex

Juhyun Park* · Soonsang Park* · Yeoungmin Han** · Jihoon Kim**

ABSTRACT

The test facility for confirming performance of a propulsion system is essential infra-structure to develop launch vehicle system. Using the PSTC, cold flow and combustion tests are performed to the propulsion system of individual stage in launcher. Moreover the ground test for the total launching process is conducted. In order to construct the PSTC, we not only have surveyed technology of internal and external countries, but also actively use the case in terms of the system. The test facility consists of feeding system, test stand, control and measurement, and flame deflector.

초 록

로켓 추진기관 시스템의 성능을 입증하기 위한 시험설비는 로켓시스템의 개발을 위한 필수 인프라이다. PSTC는 발사체의 각 단별 추진기관 시스템의 수류시험 및 연소시험을 수행하고, 발사 프로세스에 대한 지상검증을 수행한다. PSTC 개발을 위해 국내외 기술을 조사하여, 관련분야의 사례를 적극 활용한다. 추진기관 시험설비는 유공압 시설 및 제어계측, Test Stand, 화염유도로 등을 구성한다.

Key Words: Launch Vehicle Propulsion System(우주발사체추진기관), Propulsion System Test Complex(추진기관 시험설비), 성능시험(Performance Test)

1. 서 론

추진기관 시스템의 성능입증을 위한 시험설비는 우주 발사체의 성공적인 개발을 위한 기본적

이고 필수적인 인프라이다. 항공우주 선진국들은 이미 국가주도 및 지원을 통해 발사체산업을 육성해 왔다. 추진기관 시스템 시험설비는 추진기관 시스템의 수류시험 및 연소시험을 수행함과 동시에 발사과정 전체의 프로세스에 대한 지상검증이 가능하도록 구축되어야 하므로, 현존하는 액체추진 발사체와 관련하여 국내외 기술을 총

* 현대로템 주식회사 추진연구팀

** 한국항공우주연구원 추진시험팀

† 교신저자, E-mail: jhpark81@hyundai-rotem.co.kr

망라함은 물론 관련분야의 사례를 적극 활용해야 한다.

추진기관 시스템 시험설비는 로켓 추진기관의 각 단별 구성품의 조립 유효성 및 시스템 적합성을 검증하고, 수류 및 연소시험을 통해 각 부품의 성능확인 및 평가를 통해 추진기관 시스템의 종합 인증시험을 수행할 수 있도록 구성된 설비이다.

본 논문에서는 추진기관 시험설비의 해외사례에 대하여 간략하게 요약 기술하였다. 다음으로 국내 구축예정인 추진기관 시스템 시험설비 (PSTC: Propulsion System Test Complex)의 기본설계 규격에 대해 기술하였다.

Table 1. 해외 주요 추진기관 시험설비 현황

국가	설비명	시험물	추력 (톤)	추진제
미국	A1	J-2엔진 5개 clustering	521	LH ₂ /LO ₂
		SSME	170	LH ₂ /LO ₂
	A2	J-2엔진 5개 clustering	521	LH ₂ /LO ₂
		SSME	170	LH ₂ /LO ₂
	A3	Ares 2단	133	LH ₂ /LO ₂
	B1	SSME	-	LH ₂ /LO ₂
	B2	F-1엔진 5개 clustering	3400	LH ₂ /LO ₂
		MPTA, SSME 3개	510	RP-1/LO ₂
Space X	Falcon9	440	RP-1/LO ₂	
유럽	P2	Launcher upper stages	0.04~10	Bi-Prop
	P3	Thrust Chambers	0.3~150	LH ₂ /LO ₂
	P4	Vinci engine ESC-B Cryogenic Upper-Stage	18	LH ₂ /LO ₂
	P5	Core stage engine	150	LH ₂ /LO ₂
	P8	Research	0.1~1	LH ₂ /LO ₂
일본	Yoshinobu Launch Complex	LE-7A	110	LH ₂ /LO ₂

2. 본 문

2.1 추진기관 시스템 시험설비 해외현황 개요

해외에서 운용중인 추진기관 시스템 시험설비의 현황 및 개요를 Table 1에 정리하였다.

각국은 대부분 정부산하의 연구기관에서 연구개발용 추진기관 시험설비를 보유하고 있으며, 일부 항공산업 업체만이 시험설비를 운용하고 있다. 미국은 Air Force Research Lab, NASA Stennis Space Center 등의 정부산하 연구기관과 Space X사 등이 추진기관 시험설비를 보유하고 있으며, 유럽은 DLR, Guiana, Snecma 등에 시험설비가 위치해 있다.

2.2 미국

미국 Mississippi주 hancock county에 위치한 SSC(Stennis Space Center)는 1963년부터 1966년 사이에, 우주개발의 일부분으로 대형 액체추진로켓의 추진기관에 대한 인증시험을 목적으로 건설되었다. SSC의 Test Complex는 크게 "A", "B", "E", "H" Test Complex로 구분된다. "A" Test Complex와 "B" Test Complex가 처음으로 SSC에 완공 후 Saturn V로켓의 1단과 2단의 시험을 수행하였으며, 1975년에는 Space Shuttle의 SSME 시험에 사용되기 시작했다[5].

Figure 1은 "B" Test Complex의 전경이다. 한 개의 콘크리트 및 철골구조에 2개의 Test Stand



Fig. 1 B1/B2 Test Complex[출처 NASA]

Table 2. "B" Test Complex

Name	B1	B2
Max Dynamic Load	3330 KN	48900 KN
Max Test Article	42 x 10 m	42 x 10 m
Diffuser Diameter	2.4 m	N/A

를 위치하였고, 화염유도로와 Test Control Center, Machine Shop 등과 Air, He, N₂ 등의 고압 가스시설, 각종 유공압 설비 등으로 구성되어 있다.

2.3 유럽

유럽우주기구(ESA, European Space Agency)은 1974년 프랑스, 독일 등 유럽 10개국의 연합체로 설립 되, 현재 18개국으로 구성되었다. ESA의 본부는 프랑스에 있으며, 프랑스 국립우주연구센터(CNES, Centre National d'Etudes Spatiales)가 중요한 역할을 수행하고 있다. ESA가 공동으로 설립한 아리안스페이스(Ariane Space)사는 전 세계 민간위성 발사실적의 절반 정도를 수행하고 있다.

독일 항공우주센터(DLR, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt)는 1969년 처음 생겨, 1989년 독일 항공과 우주를 위한 연구 조직으로 개편되어[6], ESA와 공동으로 로켓발사 및 개발을 진행한다. 유럽우주기구는 독일의 Lampoldshausen에 P1, P2, P3, P4, P5, P8의 추



Fig. 2 DLR P4 Test Stand

진기관 시험설비를 보유하고 있다.

Figure 2는 DLR의 P4 Test Stand의 시험장면으로, 초기 Ariane 4의 엔진 시험용으로 사용되었고, Vinci, Aestus Engine의 시험에 사용되었다[6]. 유럽의 Test Stand는 한 구조물에 1개의 Test Stand를 위치시키고, 철근콘크리트 구조물과, 크레인, 화염유도로 및 유공압시설로 이루어져 있다.

2.4 러시아

항공우주 강국인 러시아는 소련 붕괴 후 러시아연방우주국(Roskosmos, RSA, RKA)을 설립하였다. 또 NITs RKP(구 Niichimmash)는 엔진 및 단 시험 전문업체로서 러시아의 모든 발사체에 대한 지상인증시험을 수행하고, 주요 엔진은 11D56, 11D576, 11D122, KVD-1 등이 있으며[8] 단으로는 R-7 시리즈, 프로톤, N1-L3, 제니트, 에네르기야, KSLV-I 1단, 양가라 stage들을 테스트 하였다.[8] Yuzhnoye는 우크라이나의 로켓개발 종합업체로서 구소련 시절부터 많은 러시아인이 일을 하고 있으며, 우크라이나가 독립한 이후 대



Fig. 3 NITs RKP IS-102 stand

형엔진 개발을 시작하고 있다.

3. PSTC 구축 현황

현대로템(주)는 항우연 개념설계 결과(RFP)와 해외사례 및 기술조사를 통해 PSTC에 대한 요구조건을 분석하고 있다. 기본적인 로켓 추진기관의 설계특징을 반영하여, 연소시험 및 수류시험이 가능한 PSTC 구축을 위해 기본설계를 항우연과 공동으로 진행 중에 있다.

연료와 산화제 및 연소시스템이 결합된 실물형 추진기관 시스템의 연소과정 없이 시스템 설계 및 구성품의 작동성에 대한 검증과 연소 및 수류시험을 수행할 수 있도록 Test complex를 구성한다. 연료와 산화제를 포함하는 유공압 설

Table 3. KARI PSTC RFP

스탠드	1단,2단,3단 발사체의 연소 및 수류시험
추력	최대 500 ton
시험시간	최장 150 초
시험횟수	30 회/년
높이	약40 m
연료/산화제	Kerosene/LO ₂
엄비리컬	N/A

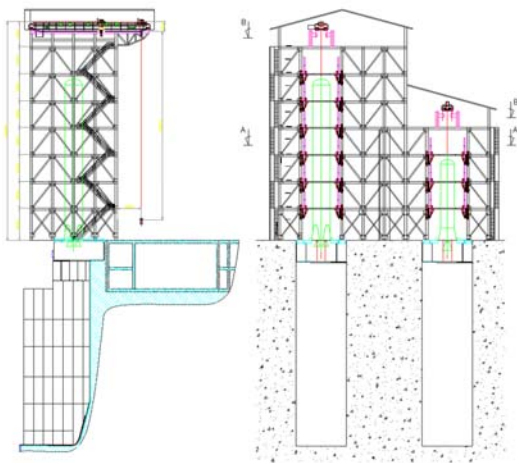


Fig. 4 Test Stand key map

비와 제어계측, Test Stand 및 화염유도로를 포함하도록 하고, 환경조건 및 비상조건에 만족하는 PSTC를 설계 및 구축할 계획이다.

후 기

본 연구는 추진기관 시스템 시험설비 기본설계 사업(항우연 주관) 연구결과 중 일부임.

참 고 문 헌

1. “한국형발사체 추진기관 시스템 시험설비 기본설계 RFP”, 한국항공우주연구원 한국형발사체개발사업단 발사체체계실 추진시험팀, 2011년 10월
2. 유병일, 김지훈, “KSLV-II 추진기관 시스템 시험설비 개념설계 보고서”, 한국항공우주연구원 한국형발사체개발사업단 발사체체계실 추진시험팀, 2011년 3월
3. 유병일, 김지훈, 오승협, “액체추진기관 대형 시험설비 기술동향”, 한국추진공학회 2010년도 추계학술대회 논문집, 2010, pp.814-815
4. 김지훈, 유병일, 조남경, 김승한, 한영민, “대형 액체로켓 추진기관 시스템 시험설비 개념설계”, 한국추진공학회 2011년도 추계학술대회 논문집, 2011
5. 한국항공우주산업진흥협회, “세계의 항공우주기구,1 : 미국항공우주국 NASA”, 항공우주, 통권 제94호, 2007, pp.42-45
6. 한국항공우주산업진흥협회, “세계의 항공우주기구,6 : DLR 독일항공우주센터”, 항공우주, 통권 제99호, 2008, pp.42-45
7. K. Schafer and H. Zimmermann, "Altitudeimulation Test Bench P4.1 for Vinci Upper Stage Engine", 6th International Sposium for Space Transportation of the XXIst centry, Paris, 14-17, May, 2002
8. 김철웅, 조원국, 박순영, 설우석, “러시아와 우크라이나의 액체로켓엔진 개발동향”,항공우주산업기술동향, 8권, 2호, 2010, pp. 86~97
9. NASA Web Site, <http://www.nasa.gov>