

발사체용 복합재 산화제 탱크 구조시험

김현기, 김성찬
 한국항공우주연구원
 e-mail: shotgun1@kari.re.kr

Structural Test of Composite Oxidant Tank for Launch Vehicle

Hyun-gi Kim, Sungchan Kim
 Korea Aerospace Research Institute

요약

본 연구에서는 발사체용 복합재 산화제탱크의 구조 건전성을 확인하기 위해 수행한 구조시험 결과를 제시하였다. 본문에서는 복합재 산화제탱크의 시험 요구조건과 시험설치에 대해 설명하였고, 구조시험의 하중 프로파일을 제시하였다. 구조시험 결과로 시험하중 증가에 따른 인가하중들의 오차를 분석하여 본 시험의 신뢰성을 확인하였다. 그리고, 시험체에 설치한 변형을 게이지 데이터를 분석을 통해 시험체의 구조적 파손 또는 좌굴여부를 파악하여 시험체의 구조 강건성을 확인하였다.

1. 서론

본 연구에서는 발사체용 복합재 산화제 탱크의 구조 건전성 평가를 위해 수행한 구조시험 결과를 제시하였다. 복합재 산화제탱크의 구조시험에 대한 요구도와 구조시험 설치에 대해 설명하였다[1~3]. 그리고, 시험 하중조건과 하중인가 프로파일을 제시하였다. 시험결과로 하중부과의 인가하중과 하중 출력신호 사이의 오차를 분석하여 시험결과를 신뢰성을 검증하였고, 변형률 게이지 계측 결과를 통해 시험체의 구조 건전성 여부를 확인하였다.

있는데, 수직하중 작동기는 1번~8번, 측면하중 작동기는 9번으로 설정하였다. 하중 작동기는 유압을 통해 시험체에 입력하중을 작용하게 되고, 하중 작동기에 장착된 로드셀(load cell)을 통해 시험체에 인가하는 하중 신호를 제어장비로 전달하게 된다.

그림 2는 전단하중 시험에 대한 100% 시험 프로파일과 조합하중시험의 175%TL 시험 프로파일을 보여주고 있다. 참고로, 본 시험착수 전 1번~8번 수직하중 작동기에 상부치구의 중량을 보상하는 tare 하중을 인가하였고, 30%TL의 사전시험을 수행하도록 시험프로파일을 구성하였다.

2. 시험 요구조건

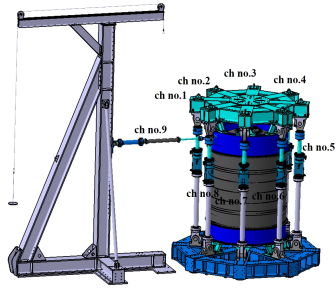
구조시험은 제한하중과 극한하중에 대해서 수행하였다. 제한하중은 4 cases 하중시험(전단, 등가압축, 굽힘, 조합하중시험)에 대해서 100%DL로 정의하였다. 극한하중에 대해서는 전단, 등가압축, 굽힘하중은 125%DL, 조합하중에서는 175%DL로 정의하였다. 표 1은 전단하중, 등가압축하중, 굽힘하중 그리고 조합하중 시험에 대한 하중요구도로 주어진 제한하중과 극한하중을 보여주고 있다.

[표 1] 각 하중조건에 대한 요구시험하중

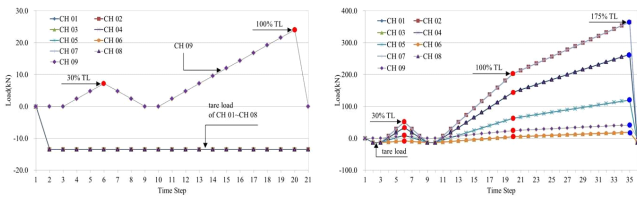
Test	Limit Load	Ultimate Load	
Shear Load(kN)	24.0	36.0	
Bending Load(kN · m)	578.0	722.5	
Compressive Load(kN)	938.0	1,172.5	
Combination Load	Shear(kN)	24.0	42.0
	Bending(kN · m)	578.0	1,012.0
	Compressive(kN)	938.0	1,642.0

3. 구조시험 설치

그림 1은 구조시험을 수행하기 위한 시험설치 형상을 보여주고 있다. 시험치구는 시험체에 하중을 인가하기 위한 상/하부치구로 구성되고, 상/하부 치구 사이에는 하중 인가용 작동기가 설치되었다. 하중 작동기는 총 9개로 구성되어



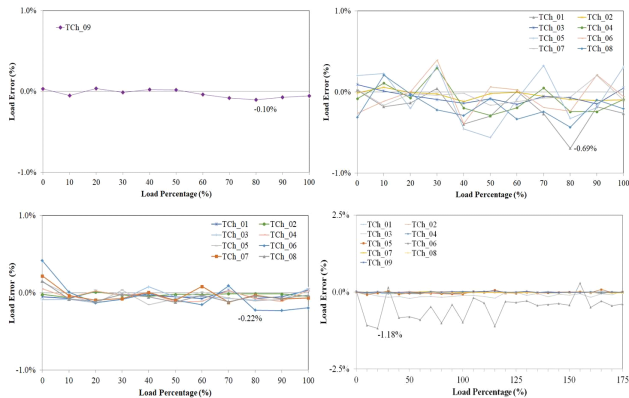
[그림 1] 구조시험 설치 형상



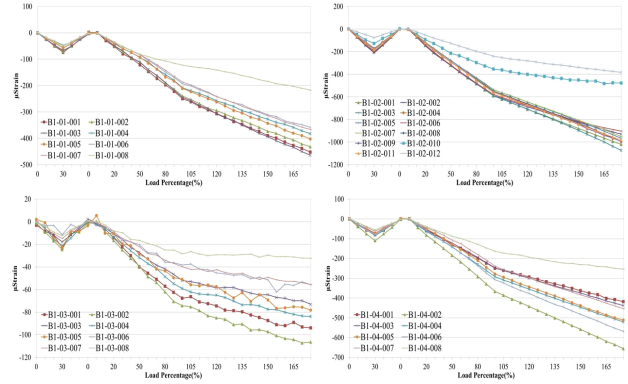
[그림 2] 100% 전단하중 시험프로파일/175% 조합하중시험 프로파일

4. 시험 결과

그림 3은 100%TL 전단/굽힘/압축하중 그리고 175%TL 조합하중에서의 인가하중 오차를 보여주고 있다. 최대 오차는 175%TL 조합하중에서 상대적으로 크게 발생하고 있다. 하지만, 입력하중이 증가하면서 인가하중 오차는 감소하고 있고, 최대하중에 도달했을 때는 오차가 0.3% 수준으로 파악된다. 그리고, 전단, 굽힘, 압축하중 시험에서도 오차가 0.1%~0.69% 이고, 전체적으로 인가하중 오차가 5% 이내에서 하중 제어가 적절히 수행되었다. 그림 4는 시험체의 0/90/180/270도 위치에 설치한 변형률게이지에서 측정된 변형률 결과들이다. 변형률게이지는 175%TL 까지 선형으로 증가하였고, 구조적 파손이나 좌굴 등 시험체의 이상 변형은 발생하지 않았다.



[그림 3] 전단/굽힘/압축/조합하중시험 인가하중 오차



[그림 4] 변형률 게이지 계측 결과

5. 결론

본 논문에서는 발사체용 복합재 산화제탱크에 대한 구조시험 결과를 제시하였다. 구조시험 결과로, 전단하중, 등가압축하중, 굽힘하중 그리고 조합하중시험에서 인가하중오차를 분석하여 하중제어가 적절히 수행되었음을 확인하였고, 변형률 계측과 분석을 통해서 발사체용 복합재 산화제탱크의 구조 건전성도 확인하였다.

참고문헌

- [1] J. Yoo, J.W. Lee, J.H. Yoon, Y.S. Jang, Y.M. Yi, "Non-linear Analysis and Compressive Test of Isogrid Cylinder that has diameter in 2.4m", KSME 2006 Spring Conference , pp. 1064-1069, 2006.
- [2] J. Yoo, K. Kim, "KSLV-II 75-Ton Turbo Pump Support Bar Structure Test", SASE 2018 Fall Conference FD 2-4, pp.1-6, 2018.
- [3] John Vickers, "Composite Cryotank Technologies and Demonstration", <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160008034/downloads/20160008034.pdf>