

고체 추진기관 통합 설계 시스템 개발

이강수* · 김원훈** · 황태경** · 배주찬** · 양준서** · 이도형**
석정호*** · 최병욱*** · 권혁선****

Development of an Integrated Design System for Solid Rocket Motors

Kang-Soo Lee* · Won-Hoon Kim** · Tae-Kyung Hwang** · Joo Chan Bae** · June-Seo Yang**
Do Hyeong Lee* · Jung-Ho Seok*** · Byeong-Wook Choi*** · Hyuk-Sun Kwon****

ABSTRACT

We developed an integrated design system for a solid rocket motors. We can do a conceptual design of a solid rocket motor easily and quickly with this system. It consists of four modules, or, size design, structure design, grain design and performance analysis module. Size design module determines the lengths and diameters of some major parts, which results in fixing the whole size of a motor. Structure design module has many master models, which enables a designer can do a conceptual design of almost parts of motor structures. Grain design module can design a solid fuel according to the result of structure design. Finally performance analysis module verifies the proposed design with the output from grain design module.

초 록

고체 추진기관을 빠르고 정확하게 설계하기 위해 통합 설계 시스템을 개발하였다. 이 시스템에는 체계 요구 조건으로부터 전체적인 크기를 결정하는 사이징 설계 모듈과 구조체 설계, 그레인 설계, 성능 예측 모듈과 같이 네 개의 모듈로 구성되어 고체 추진 기관의 기본설계를 수행할 수 있게 개발 되었다. 본 연구에서 개발된 시스템을 사용하여 고체 추진기관의 기본 설계를 하는 과정은 다음과 같다. 먼저, 체계 요구 조건으로부터 전체적인 크기를 결정한 후 구조체 및 그레인 설계에 이용한다. 구조체 설계 모듈로 구조체의 기본 설계를 수행 한 후 이를 이용해 그레인 설계 모듈로 그레인 기본 설계와 이 후 성능 계산에 필요한 데이터를 생성할 수 있다. 성능 해석 모듈은 기본 설계가 완료된 추진 기관의 성능을 예측하여 체계 요구 조건에 부합되는지를 확인하여 재설계 여부를 결정한다.

Key Words: Solid Rocket Motor(고체추진기관), Conceptual Design(기본설계), Integrated Design System(통합설계시스템), Structure Design(구조체설계), Grain Design(고체연료설계)

* 한밭대학교 기계공학과
연락처, E-mail: kslee@hanbat.ac.kr
** 국방과학연구소 1기-6부
*** (주)스페이스솔루션
**** (주)에이디솔루션

1. 서 론

군사용 유도탄에 가장 널리 사용되는 고체 추진기관(Solid Rocket Motor, 이하 SRM)은 Fig. 1 과 같이 연소관, 노즐, 추진제, 점화장치, 어댑터 및 토출관 등으로 구성되어 있다. Fig. 2는 고체 추진기관의 구성품을 세부적으로 도시한 그림이다.

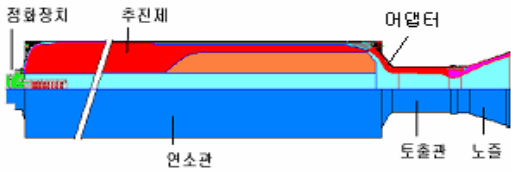


Fig. 1 Schematic Drawing of the SRM

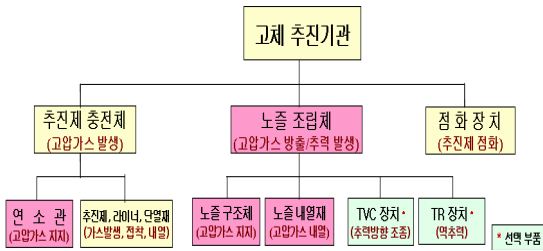


Fig. 2 Construction of the SRM

이전 연구에서는 구조체 설계 자동화 프로그램 개발[1]과 추진제 설계 자동화 프로그램 개발 [2] 연구가 수행되었으며, 고체 추진기관의 사이징과 내탄도 성능 설계와 관련된 연구[3-7]도 수행되었다. 이들 프로그램들은 개발 초기 단계에서 예비 설계 또는 개념 설계를 하기 위한 것으로 각각 그 효율성을 보이고 있으나, 고체 추진기관을 빠르고 일관성 있게 설계하기 위해서는 이러한 프로그램을 통합할 필요가 있어, 고체 추진기관의 기본 설계에 필요한 프로그램들을 통합하는 연구를 수행하였다.

개발된 통합 프로그램은 체계 조건을 이용해 사이징 프로그램에서 고체 추진기관의 크기를 결정하고, 구조체 설계를 진행한 후 추진제 설계를 진행한다. 추진제 설계는 구조체 설계와 병행할 수도 있으며, 구조체 설계 결과를 받아 설계

를 할 수도 있다. 추진제 설계가 끝난 후 추진제의 성능 해석을 할 수 있으며, 추진제 설계와 성능 해석 단계에서 추진제가 연소되는 과정을 연속 그림으로 시뮬레이션할 수 있다.

통합 프로그램을 개발함으로써 체계 조건으로부터 추진기관의 크기, 구조체 설계 및 추진제 그레인 설계, 그리고 성능 해석 및 예측 과정, 즉, 추진기관의 기본 설계 전체 과정을 신속하고 정확하게 진행할 수 있게 되었다.

2. 통합 프로그램 개발

2.1 통합 설계 프로그램 설계 및 구조

통합 설계 프로그램은 Fig. 3과 같은 구조로 설계되었다. 통합 프로그램(ProDes)은 사이징 설계 프로그램(SizDes), 구조체 설계 프로그램(MecDes), 그레인 설계 프로그램(GraDes)과 성능 해석 프로그램(PerDes)로 구성되어 있다. 각 프로그램에서는 다음 단계에서 사용되는 프로그램에서 필요한 데이터를 생성하여 전달해 준다. Fig. 3에는 주 작업 방향과 작업이 가능한 방향이 나타나 있다.

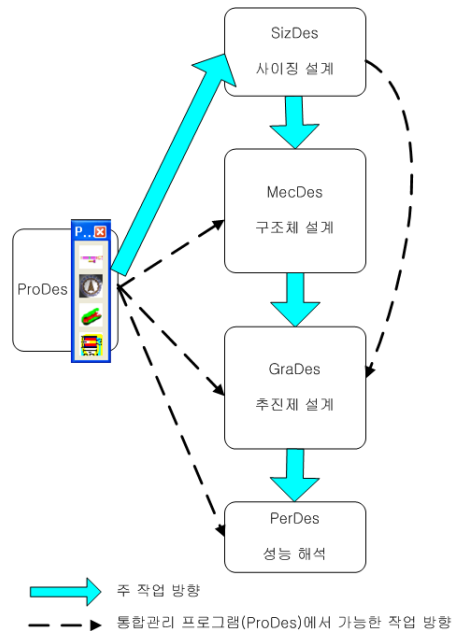


Fig. 3 Layout of Integrated Design Program

2.2 사이징 설계 프로그램(SizDes)

사이징 설계 프로그램은 Fig. 4와 같은 GUI를 가지고 있으며, 추진기관의 체계 조건을 입력하여 추진기관의 전체 크기를 결정한다. 여기에서 출력된 결과는 이 후 구조체와 추진제 설계 프로그램에 사용된다.

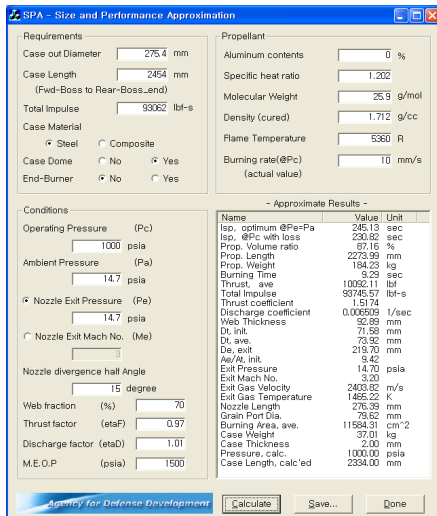


Fig. 4 GUI of Sizing Design Program (SizDes)



Fig. 5 GUI of Structure Design Program (MecDes)

2.3 구조체 설계 프로그램(MecDes)

구조체 설계 프로그램은 사이징 설계 프로그램의 계산 결과를 받아 구조체를 구성하는 중요 부품과 조립체에 대한 기본 설계를 한다. 이 프로그램에서는 위저드 방식으로 각 부품을 설계할 수 있으며, 점화기 및 뒷마개, 연소관의 형상

설계와 두께 계산, 노즐 및 라이너의 형상 설계와 두께 계산 등이 가능하며, 형상 설계는 사전에 구축된 마스터 모델과 편집 설계 방식을 이용한다. 또한 구조체를 구성하는 부품을 체결하는 방법으로 인장 볼트, 록 와이어, 나사 등 다양한 체결 방법을 사용할 수 있으며, 체결류 설계 결과가 자동으로 부품 형상에 반영된다[1].

2.4 추진제 그레인 설계 프로그램(GraDes)

사이징 설계 프로그램에서 결정된 크기 또는 구조체 설계 프로그램에서 설계된 연소관을 받아 고체 추진제인 그레인을 설계하는 프로그램이다. 이 프로그램에서는 이전 설계에서 결정된 형상 구속 조건을 만족하며, 설계된 그레인의 연소 과정을 시뮬레이션할 수 있다. 그레인 종류를 단일 형상과 복합 형상으로 구분하여 다양한 그레인을 모델링할 수 있게 하였으며, 설계자가 지정한 연소 거리에 따라 연소 과정중의 형상이 자동으로 모델링되고 그 순간의 설계 특성치도 자동으로 계산된다[2].

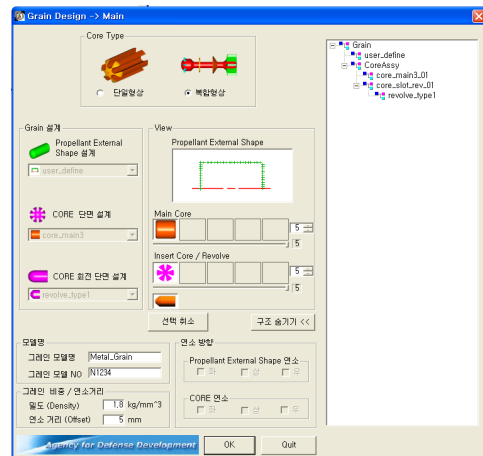


Fig. 6 GUI of Grain Design Program (GraDes)

2.5 성능해석 프로그램(PerDes)의 기능

성능해석 프로그램은 추진제 설계 프로그램에서 설계된 결과를 해석하는 프로그램이다. 이 전 설계에서 계산된 연소 거리에 따른 특성치를 받아 추진기관의 성능을 예측하고 연소 시간에 따른 압력과 추력을 계산해 그래프로 표시한다.

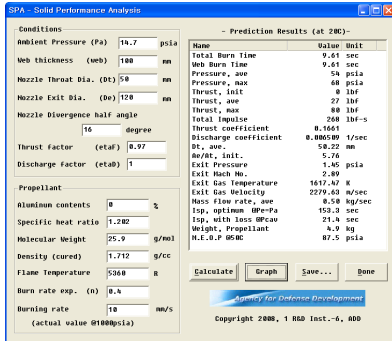
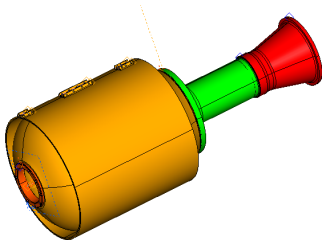
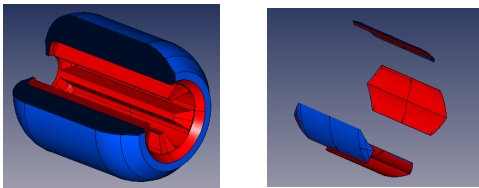


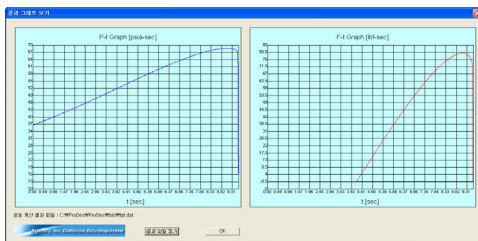
Fig. 7 GUI of Performance Analysis Program (PerDes)



(a). Structure Shape Designed in MecDes



(b). Grain Shape Designed in GraDes



(c). Performance Analysis in PerDes

Fig. 8 Some Results from Integrated Design Program

3. 설계 예

Fig. 8은 개발된 통합 설계 시스템으로 설계된 추진기관의 예를 보여준다. Fig. 8 (a)는 Fig. 4의 사이징 설계 프로그램에서 계산된 결과를 사용

하여 설계된 구조체이며, (b)는 설계된 그래인의 초기 형상과 연소가 진행됨에 따라 변화된 형상을 보여준다. 그리고 (c)는 추진기관의 성능을 예측하고 연소 시간에 따른 압력과 추력 곡선을 나타낸 것이다.

4. 결론

통합 설계 프로그램을 개발함으로써 시간이 오래 걸렸던 추진 기관의 개념 설계를 빠르고 정확하게 수행할 수 있게 되었다.

참고 문헌

1. 김원훈, 구송희, 문순일, 황기영, 이강수, 석정호, "고체 추진기관 구조체의 설계 자동화 프로그램 개발", 한국추진공학회지, 제10권, 제3호, pp. 18-25, 2006.
2. 김보현, 이강수, 양준서, 이도형, 오석진, 권혁선, 김성환, "편집 설계 방법을 이용한 고체 추진제 형상 설계 자동화 프로그램 개발", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제13권 제 5호, pp. 372-381, 2008. 10.
3. Jacques L. and Roux J., "Computer Aided Preliminary Design Solid Rocket Motors," AIAA 83-1254, June 1983.
4. Uhrig G. Ducourneau B. and Liesa P., "Computer Aided Preliminary Design of Propellant Grains for Solid Rocket Motors," AIAA 87-1734, June29-July 2 1987.
5. Jacques L. and Legagneux D., "Computer Aided Preliminary Design of ARIANE 5 Solid Rocket Motors," AIAA 87-1738, June29-July 2 1987.
6. James Brill Clegern, "Computer Aided Solid Rocket Motor Conceptual Design and Optimization," AIAA 94-0012, Jan. 1994.
7. Larriue J.M. and Jacques L., "Preliminary Design Procedure of Solid Rocket Motors at Societe Europeenne de Propulsion (S.E.P)," AIAA 96-2902, July 1996.