

재진입 비행체의 공기력에 의한 구조 변형 해석 사례

이승규*, 최재훈*
*한국항공우주연구원
e-mail:lsg@kari.re.kr

Application example of the reentry airframe deformation induced by air pressure distribution

Seunggyu Lee*, Jaehoon Choi*
*Korea Aerospace Research Institute

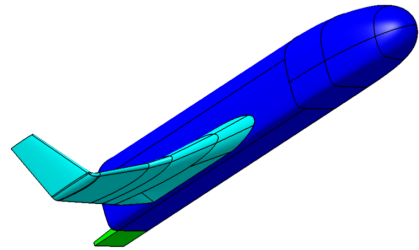
요약

항공기 기체 구조해석 시 공기력(Air load)에 의해 발생하는 힘은 패널(Panel) 모델을 통해 해석한다. 하지만, 전산유체해석(CFD)을 통해 공기력을 해석할 경우, 해석의 신뢰도를 높일 수 있다. 본 논문에서는 재진입 조건을 계산한 전산유체해석 결과를 적용하여 비행체 구조 변형을 해석한 사례를 소개한다.

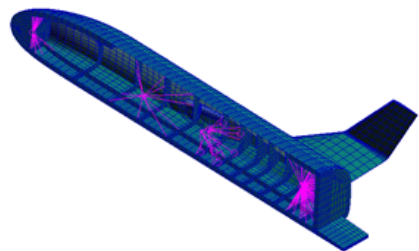
1. 서론

항공기 기체 구조를 해석하기 위해서는 먼저 하중을 해석해야 한다. 항공기에 적용되는 하중은 공기 압력에 의해 발생하는 공기력과 질량에 의해 발생하는 관성력으로 구분된다. 이 중 공기력은 패널(Panel) 모델로부터 구할 수 있다. 하지만, 전산유체해석(CFD) 해석을 통해 공기력을 계산하면 오차를 줄일 수 있다. 국내에서도 재진입 비행체에 대한 전산유체해석 연구가 수행되고 있다[1].

본 논문에서는 전산유체해석을 통해 재진입 조건에서 계산된 압력을 비행체에 적용하여 구조 변형을 해석한 사례를 소개한다.



[그림 1] 비행체 형상

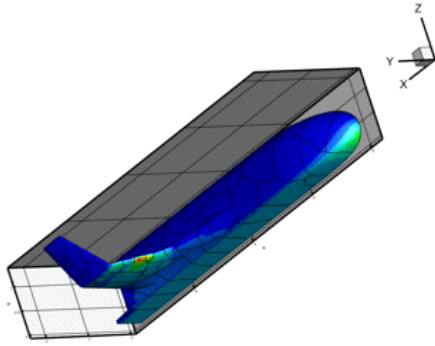


[그림 2] 유한요소해석 모델

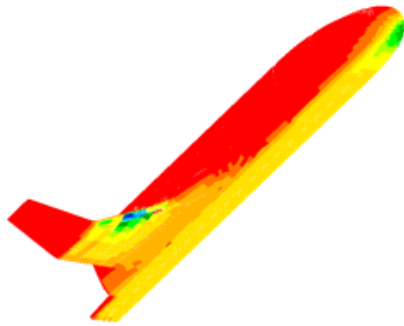
2. 해석사례

비행체 형상은 그림 1과 같다. 한국항공우주연구원이 설계한 재진입 비행체의 형상 중 하나이다. 이 형상을 바탕으로 주요 구조물을 배치하고 전산구조해석을 수행하기 위해 그림 2의 유한요소해석 모델을 만들었다.

전산유체해석은 받음각 40도에서 수행되었으며 이 때의 압력분포는 그림 3과 같다. 본 연구에서는 자체 개발한 코드를 통해 전산유체해석 결과를 구조 FE 모델의 압력 경계조건으로 변환하였다. 전산유체해석 결과를 구조 유한요소모델의 경계조건으로 변환하는 작업은 ANSYS 등의 상용 소프트웨어를 통해서도 할 수 있다.



[그림 3] 전산유체해석 결과(압력 분포)



[그림 4] 유한요소모델에 Mapping 된 압력 분포

3. 맺음말

본 논문에서는 재진입 비행체의 전산유체해석 압력을 전산 구조해석에 적용한 사례를 소개하였다. 재진입 비행체의 경우 열방호시스템(TPS, Thermal Protect System)이 기체 표면에 장착된다. 이 열방호시스템이 무시할 수 없을 만큼 두꺼울 경우, 이를 반영한 구조해석이 필요하다고 판단된다.

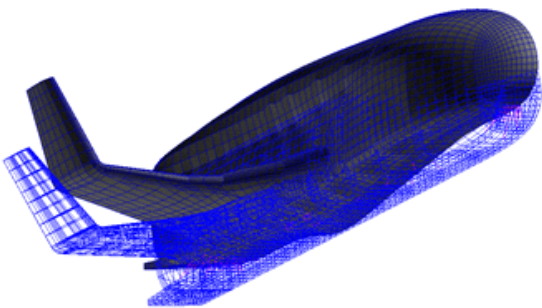
후 기

본 연구는 한국항공우주연구원 기본사업 “(Sub4) 극초음속 비행체 구조 해석 기초기술 연구” 결과 중 일부입니다.

참고문헌

- [1] 정성문, 한재성, 이학민, 이용교, 권오준, “고고도에서의 극초음속 비행 우주선 열공력 특성에 대한 수치적 연구”, 한국항공우주학회 2020 추계학술대회 논문집,

구조 유한요소모델에 Mapping된 압력의 전체적인 분포는 전산유체해석 결과와 유사하다. 전체적인 구조 변형은 그림 5와 같다. 날개의 변형은 공기력에 의한 것이며, 직관적인 예측과 일치한다. 본 연구에서는 비행체가 정해진 궤도에서의 임무 수행 시 동체 상부의 Door를 개방할 수 있다고 가정하였다. Door는 다른 동체 구조에 비해 상대적으로 약하게 설계되었다. 따라서, 동체 상부의 변형이 상대적으로 큰 것으로 판단된다. 동체는 공기력 뿐만 아니라 관성력이 크게 작용한다. 동체 하부는 관성력의 영향으로 아랫 방향으로의 변형이 큰 것으로 판단된다.



[그림 5] 구조변형(변형을 매우 확대한 그림)