

비행 조건에 따른 비행체 단분리의 주위 유동장 해석

박근홍*[†], 김기언*

A Flow Characteristics for a Separation Behavior of Two-body Vehicle

Geunhong Park*[†] · Kiun Kim*

ABSTRACT

A numerical investigation of the stage separation behavior of two-body vehicle focusing on its flow characteristics were carried out. For this simulation, separation of a booster from vehicle was modeled by a chimera grid system and calculated by using commercial code, CFD-FASTRANTM. Consideration of a spring force, gravity and relative acceleration of a booster was the essential factor that simulates the realistic situation. In this study, It was validated that the booster separation time decreases with increase in flight mach number and angle of attack. In view of the results so far achieved, it was expected that the dynamics modeling and boundary condition set up applied in this study will be helpful in a estimation of a safe stage separation and event sequence of flight test.

초 록

본 연구에서는 중첩된 두 비행물체에서 단분리 시 일어나는 주위 유동장 해석에 초점을 맞춰 해석을 수행하였다. 수치적인 해석을 위하여 정지된 비행체에서 분리되는 실린더 형태의 부스터를 중첩격자를 이용하여 모델링 하였으며 상용해석코드인 CFD-FASTRANTM을 사용하여 계산하였다. 실제 현상을 모사하기 위하여 경계조건 및 외력을 도출하였으며 각 비행조건에 따른 부스터 분리 시 주위 유동장 해석을 수행하였다. 단분리 시의 비행속도와 받음각 조건에 대한 해석결과를 이용하여 실제 분리 현상을 모사할 수 있는 수치적인 경계조건을 파악하고 안전한 단분리 예측에 본 연구결과를 활용하고자 한다.

Key Words: Overset Grid(중첩격자), Separation(분리)

1. 서 론

* 국방과학연구소 제3유도무기체계개발단

† 교신저자, E-mail: propulse@add.re.kr

공기흡입형이나 복합사이클 추진기관의 개발에 있어 필연적으로 엔진점화를 위하여 일정한

초기 속도를 요구하게 되는데, 임무의 성공을 위하여 부스터의 단분리 역시 중요한 설계요소가 된다. 또한, 우주발사체나 대륙간 탄도탄 등의 일반적인 소모성 로켓추진체를 사용하는 비행체 역시 다단 부스터의 분리가 가장 중요한 이벤트이며 임무 성공을 위하여 안전하게 이루어져야만 한다. 안정적인 단분리를 위하여 구조적인 분리 메카니즘이 정상적으로 작동해야 하고 천이 구간에서의 자세각 및 잔여추력, 비행체와의 상대 속도, 역추진을 이용한 단분리의 경우에는 부스터의 추력 및 추력선 오차 등까지 주어진 요구 규격을 만족해야만 하는 까다로운 이벤트라 하겠다.[1-3]

본 연구에서는 비행체의 단분리에 대하여 CFD 해석을 수행하였다. 이를 통해 실제 분리 현상을 모사할 수 있는 수치적인 경계조건을 파악하고 안전한 단분리 예측에 활용하고자 한다.

2. 해석방법

중첩 격자 기법을 사용하여 solid body의 6-DOF(Degree of Freedom) 비정상 거동을 예측하는 상용 소프트웨어인 CFD-FASTRAN을 사용하였고 격자형성을 위해서는 CFD-GEOM을 사용하여 모델링 하였다. 유동의 지배방정식은 3차원 압축성 Navier-Stokes 방정식이며 준 이산화 예조건화된 방정식에서 격자 경계면에서의 수치 유속을 구하는 기법으로 Roe의 근사 리만해를 이용하여 비점성 유속 벡터를 계산하였다. Min-Mod limiter를 사용하여 2차의 공간 정확도를 갖게 하였으며, 난류모델은 Menter에 의해 개발된 $k-\omega$ SST(Shear-Stress Transport)모델을 사용하였는데 이 모델은 $k-\epsilon$ 모델과 $k-\omega$ 모델의 장점을 결합한 hybrid 모델로서 특히, 비행체와 부스터 사이의 인터스태이지 부분 혹은 부스터 후단처럼 강력한 와류와 유동박리가 일어날 수 있는 형상에서 상대적으로 정확한 해를 구할 수 있다 판단하였다. Fig.1에 단분리 시 주위 유동장의 마하수 분포를 나타내었다.

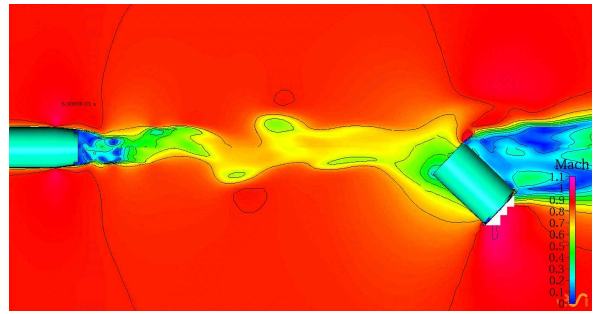


Fig. 1. Mach contour during booster separation

3. 결론

본 연구에서는 비행체의 단분리에 대하여 CFD 해석을 수행하였다. 수치적으로 모사한 비행체와 부스터 간의 외력조건 및 경계조건이 타당함을 알 수 있었으며, 받음각에 의한 부스터의 회전이 부스터의 분리속도를 높여 분리 천이 시간 감소에 이점으로 작용함을 확인하였다.

참고 문헌

1. G. Park and S. Kwon, "Thrust Characteristics of Axi-Symmetric Annular Bell Type Ejector-Jets," 43rd AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, 8-11 July, Cincinnati, OH, AIAA 2007-5372
2. G. Park, H. Lim and S. Kwon, "Novel Ramjet Propulsion System with H₂O₂-Kerosene Rocket as an Initial Accelerator," 44th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, 21-23 July 2008, Hartford, CT, AIAA 2008-5132
3. G. Park, "A Study of Numerical Analysis for Stage Separation Behavior of Two-body Vehicle," 2015 KIMST Autumn Conference, 23-24 November 2015, Daejeon, Korea