

유체 구조 연성 해석기법을 이용한 고속발사체에 미치는 공력의 수치해석적 연구

강민규* · 박동진* · 이석순**

The Study of Aerodynamic about High-speed projectiles using Fluid Structure Interaction analysis

Mingyu Kang* · Dongjin Park* · Seoksoon Lee**

ABSTRACT

This paper is focusing on the define the safety of high speed projectiles from aerodynamic load. The Fin loaded from aerodynamic is the roll of high speed projectile' s gide. The Fin can rotate about 25deg as maximum, and it has maximum aerodynamic load with 25deg position. For finite element analysis from aerodynamic load, fluid analysis will be conducted before structure analysis and export pressure data. The pressure data will be used as load condition at structure analysis of Fin. The result of structure analysis of Fin, there is some stress concentration and stress closed with yield stress of material. But this problem will be solved with change to another material.

Key Words: FSI(Fluid Structure Interaction) analysis, FEM

1. 서 론

최근 독자개발 고속 발사체 무기 전력화 산업이 본격화 되면서 최첨단 정밀 고속 발사체 무기 개발능력 확보 및 사거리 연장을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 유도무기 개발에는 임무 요구조건이 결정이 되면 기준형상을 설정하고 공력, 추진력, 질량등을 계산하여 비행궤적을 해석하며, 이를 위해 발사체 내부에 여러

가지 장치를 장착하게 되는데 이러한 장치들은 견딜 수 있는 설계가 필요하다.

실제로 유도 무기가 운용될 때는 가속도 및 충격에 의한 정적 또는 동적하중을 적용하여 그 안전성을 평가하는 것이 일반적이지만, 고속으로 운용되는 유도무기의 경우, 공력에 의한 저항으로부터 발생하는 하중의 영향 또한 무시할 수 없기 때문에 그 안전성을 평가할 필요가 있다. 고 변형을 속도하에서 재료의 변형 거동에 관한 연구는 주로 군사분야 응용을 위해 수행되어 왔고 여전히 과학자들의 관심의 대상이 되고 있다.

본 연구에서는 유도무기 가용 시 최대 속도에

* 2012년 11월 15일 접수 ~ 2012년 12월 19일 심사완료

학생회원, 국립경상대학교 기계항공공학부 대학원

** 정회원, 국립경상대학교 기계항공공학부
연락처, E-mail: splayerno18@yahoo.co.kr

의한 공력으로부터 생기는 하중에 대한 안전성을 검증하기 위해 유동해석과 유체 구조 연성해석(FSI)을 이용하여 그 응력값을 도출하고 구조물의 안전성을 검증한다.

2. 연구목적 및 방법

제공된 가용조건에 대하여 유동해석을 수행하고 유동해석결과인 압력분포를 구조해석의 하중조건으로 부여한다. 그리고 그 결과를 바탕으로 응력 분포 및 구조의 안전성을 검증한다.

본 연구에서는 3차원 CAD시스템인 CATIA V5로 모델링을 수행하였으며, Pre_process, Solver 및 Post_process로는 star_CCM+를 이용하여 유동해석을 수행하였고 구조해석으로는 상용 유한요소코드인 ABAQUS CAE 6.11을 이용하였다. 다음은 다목적 전술로켓 무인구동장치의 공력하중을 받게되는 Fin형상을 나타내었다.

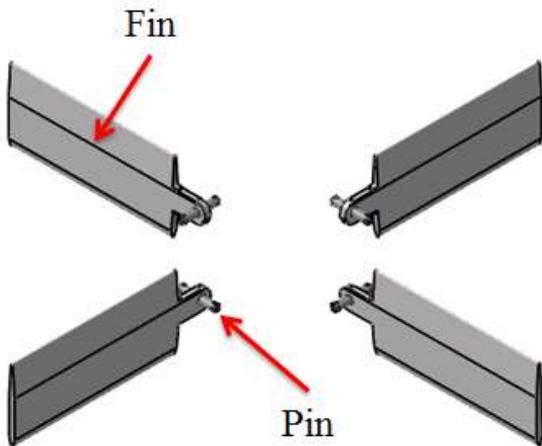


Fig. 1 Fin ass'y

3. 유동해석

3.1 유동해석용 3D 형상 모델링

FSI해석을 수행하기 위하여 유동해석을 먼저 수행한다. 유동해석결과로부터 나온 압력분포는 이후 구조해석에서 하중조건에 해당하게 된다.

유동해석에서는 공력을 받을 형상이 필요하기 때문에 주로 공력을 받게 되는 Fin형상을 별도

로 구성하여 유동해석용 모델링을 수행하였다.

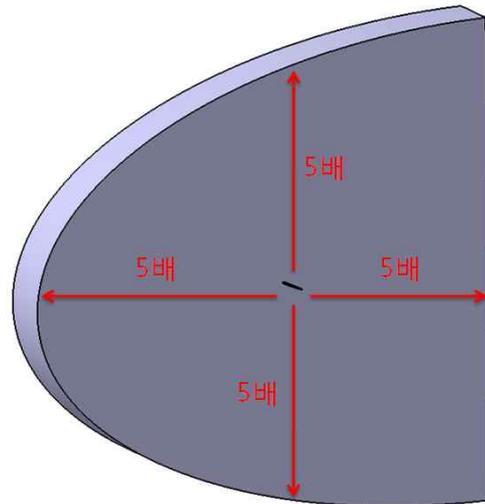


Fig. 2 3D Modeling of fluid analysis

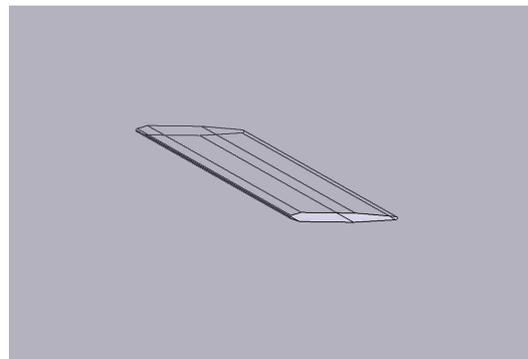


Fig. 3 Removed Fin shape

유동해석을 하기 위한 유동장 모델링은 Fig. 2와 Fig. 3과 같이 구성하였다. Fig. 2에서의 형상은 해석 시 유동체가 될 부분이며 해석의 수렴성을 향상시키기 위해 중앙부의 Fin형상 길이보다 앞뒤 방향과 위, 아래 방향으로 5배 이상의 길이로 구성한다. 두께 방향으로는 Fin형상의 길이와 동일하게 구성하였다. Fig. 3은 유동장 모델링에서 Fin의 형상만큼 빠진 것을 나타내며, 이 부분은 후에 유동장내부에서 벽면의 역할을 하게 된다. Fin의 구성각도는 무인구동장치가 가질 수 있는 최대 회전각인 25 Deg 로 구성하였다.

3.2 유한요소생성

유동해석과 구조해석을 수행하기 위하여 유동

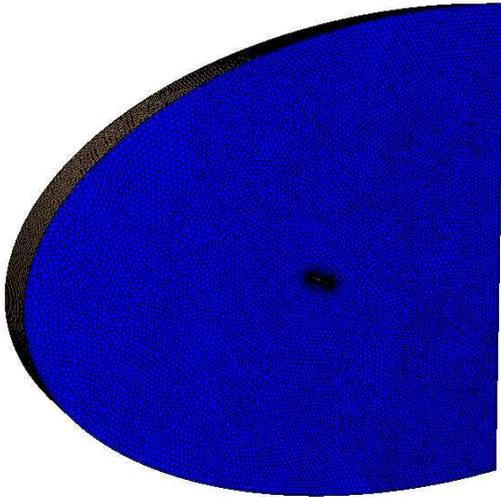


Fig. 4 Mesh generation for fluid analysis

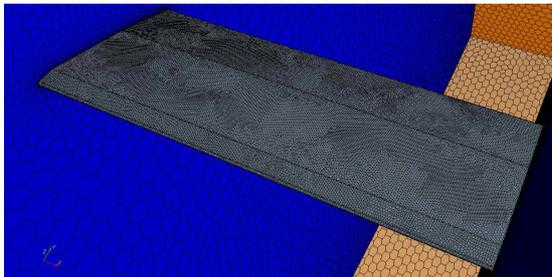


Fig. 5 Surface mesh of inside geometry

해석용 유한요소와 구조해석용 유한요소를 생성한다. 유동해석을 수행하기 위한 격자는 Fig. 4와 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 4와 같이 요소는 다면체 격자를 사용하였다. 기본 크기는 15mm이며 Fig. 5에서와 같이 Fin의 표면에서는 0.45mm로 구성하여 해석의 정확성을 높이고자 하였다. Fig. 5는 격자 내부에서 바라본 표면격자 형상이다.

3.3 경계조건

경계조건(Boundary Condition)은 Fig. 6과 같이 구성하였다.

Fin의 전방에서 자유유동으로 마하0.63, 즉 211m/s를 입력하였다. (마하1을 335m/s로 산정)

안정적인 유동을 유도하기 위해 Fin의 좌 우 경계를 모두 symmetry condition으로 부여 하였으

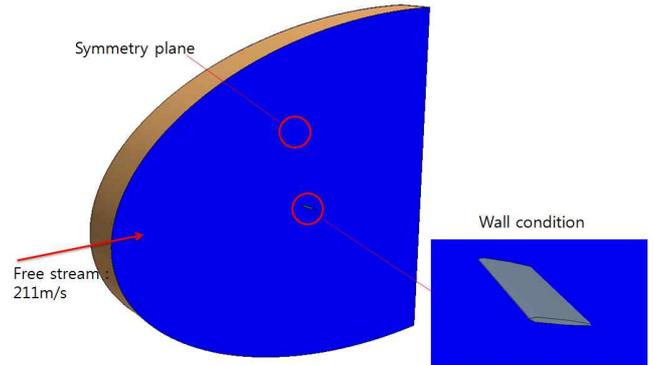


Fig. 6 Boundary condition for fluid analysis

며, Fin의 조건은 벽면으로서 유동의 영향을 받을 수 있도록 구성하였다.

3.4 유동해석 결과

수행한 유동해석 결과는 다음과 같다.

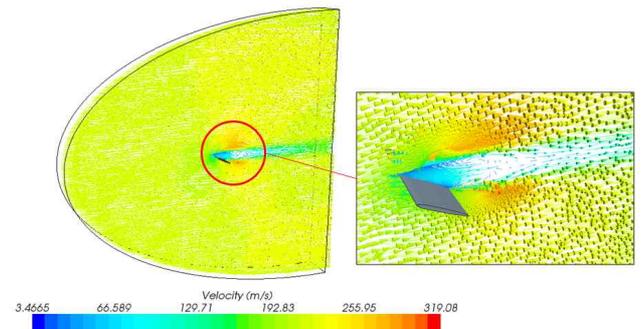


Fig. 7 Velocity result with vector

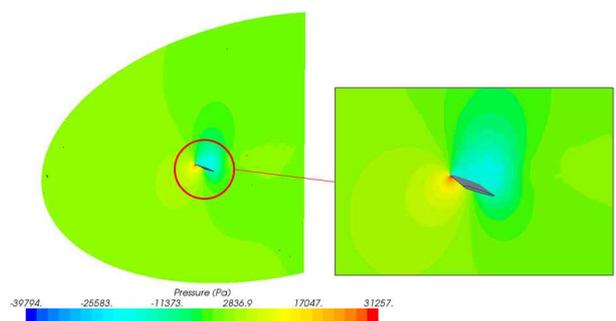


Fig. 8 Pressure result with scalar

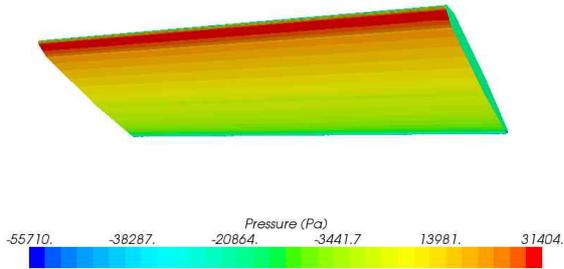


Fig. 9 Pressure distribution of front side

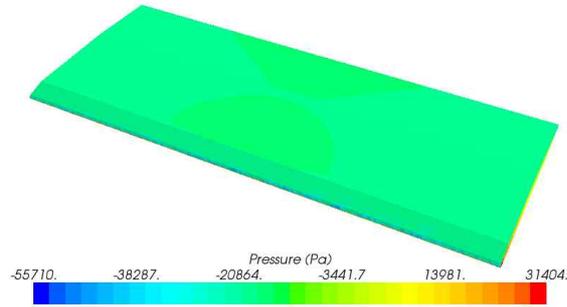


Fig. 10 Pressure distribution of back side

4. 구조해석

4.1 구조해석용 3D 형상 모델링

무인구동장치는 부품수가 많고, 형상이 복잡하게 구성되어 있다. 제작설계 형상을 이용하여 유한요소해석을 수행할 경우 유한요소격자 생성이 어렵고, 요소의 개수도 많아져 과도한 접촉 조건으로 인하여 해석시간이 비효율적으로 늘어나게 된다. 따라서 현재 공력에 의한 하중으로 변형이 가장 많이 일어날 것으로 예상되는 Fin 형상만을 구성 단순화 하여 구조해석을 수행하였다.

구조해석을 위한 3D형상 모델링은 Fig 11에 나타내었다. 공력을 받는 Fin부와 Fin을 지지하는 Fin Shaft Ass'y 부분으로 나뉘어 구조해석을 수행하였다.

4.2 유한요소 생성

구조해석을 위한 유한요소는 공력에 의한 하중을 받는 Fin과 Fin을 지지하는 Fin Shaft Ass'y로 구성하여 Fin에 생성되는 응력을 확인

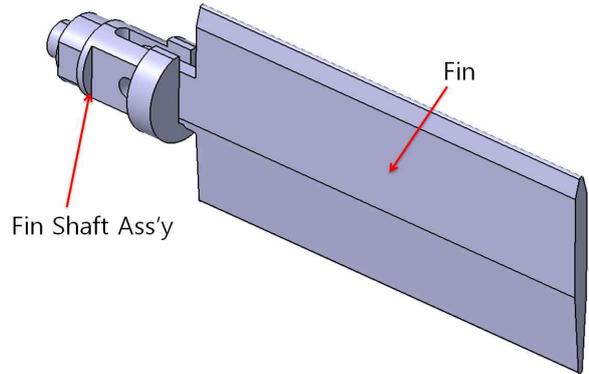


Fig. 11 3D Modeling for structure analysis

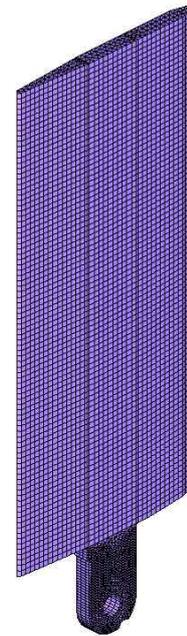


Fig. 12 Mesh generation for structure analysis

하였다. Fin을 지지해주는 역할을 하는 Fin Shaft Ass'y는 경계조건을 위한 구조로 사용되었으며, 구조해석에 사용된 유한요소는 하나의 요소에 절점 (Node)이 8개인 육면체 요소(C3D8)

을 Fig 12과 같이 사용하였다.

4.3 경계조건

하중조건은 유동해석의 압력값을 Fin의 같은

```

*DLOAD
4013864, P6, -19161.2
4013461, P4, 3169.64
4017412, P6, -19317.2
4013863, P6, -19141.7
4013551, P4, 5327.08
4017411, P6, -19302.4
4013862, P6, -19122.1
4013462, P4, 3078.27
4017410, P6, -19263.6
4013861, P6, -19113.4
4013552, P4, 5323.26
4017409, P6, -19263.7
4013860, P6, -19129.3
4013463, P4, 3097.95
4017408, P6, -19209.2
4013859, P6, -19152.2
4013553, P4, 5310.18
4017407, P6, -19224.9
4013858, P6, -19186.6
4013464, P4, 3184.23
4017406, P6, -19246.8
4013857, P6, -19219.6
4013554, P4, 5305.42
4017405, P6, -19279.1
4013856, P6, -19245.3
    
```

Fig. 13 Pressure distribution of Fin surface

표면에 그대로 분포시킨다. Fig. 13과 같이 각 Element별 표면의 압력값으로 정리하여 이를 하중값을 적용시킨다. 구속조건으로 Fin Shaft Ass' y를 고정시키고 Fin과는 마찰계수 0.3을 가지는 일반적인 접촉조건을 부여하였다.

4.4 구조해석결과

무인구동장치에서 공력에 의해 Fin에 압력이 가해지게 되며 이 결과로 인해 Fig. 14~15와 같이 최대응력 445MPa이 나타났다. 이는 Fin과 Fin Shaft Ass' y가 만나는 지점에서 발생하며 Fin의 연결부가 되는 면적이 가장 좁은 부분에서 발생하였다. Fig. 15에서와 같이 응력집중이 발생하는데, 이는 형상의 곡률을 더함으로써 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 최대 응력은 응력 집중이 발생하는 부분에서 나타난다. 이 부분을 제외하고는 전체적으로 250MPa ~ 300MPa 사이의 응력이 분포하는 것을 확인할 수 있다.

최대변위는 Fin의 끝단에서 발생하였으며 그

값은 4mm를 가진다.

5. 결론

현재 Fin의 재질인 A6061P-T6는 항복강도가 255MPa이기 때문에 소성변형을 일으킬 가능성이

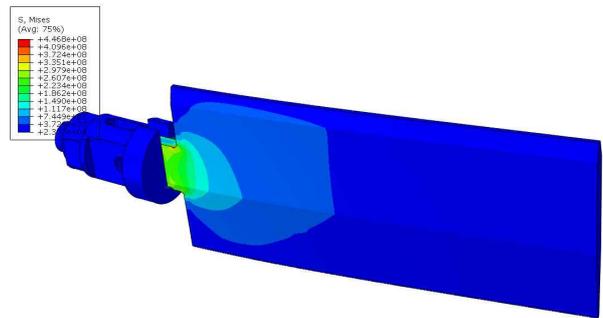


Fig. 14 Analysis result : Maximum stress 446MPa

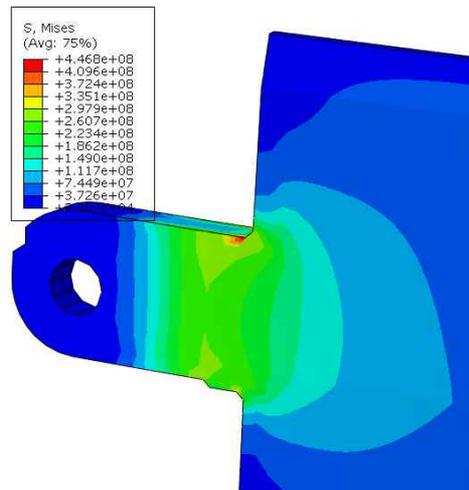
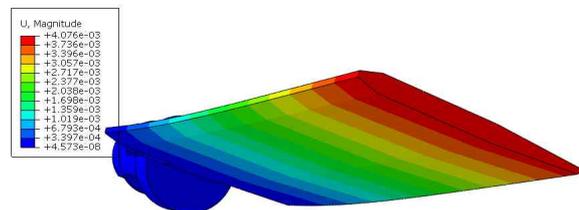


Fig. 15 Stress concentration result



최대변위는 Fin의 끝단에서 발생하였으며 그

Fig. 16 Analysis result : Displacement

있는 것으로 판단되며, 강성과 무게를 고려하여 항복강도가 503MPa인 A7075P-T6로 교체하게 되면 단발성을 고려하였을 때 충분한 강성을 가질 것으로 판단된다.

5. 후기

본 연구는 2단계지역대학 육성사업 (BK21)과 교육과학기술부와 한국 산업기술 진흥원의 지역 혁신 인력양성사업의 지원에 의해 연구되었다. 아낌없이 지원해주신 것에 대해서 감사 드린다.

참고문헌

- [1] M. S., Lee H. I., 2002, "From Continuum Mechanics to Finite Element Method," pp.282~378.
- [2] Thomas J. R. Hughes, 1987, "The Finite Element Analysis," pp.9~20
- [3] Altair Engineering, 2007, "ABAQUS with HyperWorks," pp.1~39.
- [4] Altair Engineering, 2007, "HyperMesh 8.0 tutorials," pp.121~294.