

엔진 흡입구 나셀의 조류 충돌에 대한 충격 거동 해석

공창덕* · 이승현* · 박현범*

Impact Structural Behavior by Bird Strike on Engine Inlet Nacelle

Changduk Kong* · Seunghyeon Lee* · Hyunbum Park*

ABSTRACT

It is well known that the aircraft engine inlet should be safely designed against the bird strike at the aircraft development stage. The aircraft accident is increasing for FOD(Foreign Object Damage), especially bird of runway circumference. The aircraft accident due to bird strike brings about economic loss and which is connected with the life of passengers. In this study, MSC/DYTRAN has been utilized to analyze the aircraft engine inlet against the bird strike. In order to validate the proposed method for the bird strike analysis, this study was performed with comparison of precedence study results.

초 록

항공기 엔진 흡입구는 개발시에 조류 충돌에 대한 충분한 안전성을 검토하여 설계 되어야 한다. 항공기의 속도가 점차 증가함에 따라 FOD(Foreign object damage)에 따른 항공기의 사고가 증가하고 있다. 특히 이착륙시 활주로 주변 새들에 의한 항공기 사고는 경제적 손실을 비롯해 탑승객의 생명과 연결되는 중요한 문제이다. 본 연구에서는 유한 요소 상용 코드인 MSC/DYTRAN을 이용해 엔진 흡입구 나셀 구조에 대한 조류 충돌 해석을 수행하였다. 해석 결과의 타당성 검증을 위해 선행 연구 결과와 비교한 후 조류 충돌 해석 결과의 거동을 분석하였다.

Key Words: Bird Strike(조류 충돌), Impact analysis(충돌 해석), Engine Inlet Nacelle(엔진 흡입구 나셀)

1. 서 론

항공기는 운용 중에 다양한 환경에 접하게 된

다. 특히 이착륙 및 순항중 조류가 항공기 엔진이나 동체에 부딪히는 조류 충돌 현상은 치명적인 영향을 미친다. 이러한 충격은 항공기 조종실 윈드실드(Windshield)나 기체에 손상을 입힐 수 있으며 터빈 엔진의 공기 흡입구에 빨려 들어갈 경우 엔진 작동에 큰 영향을 미칠 수 있다.

* 조선대학교 항공우주공학과
연락처, E-mail: swordship@haramail.net

초기 항공기 설계 단계에서는 실물 조류 충돌 시험을 통한 접근이 대부분이어서 많은 시간과 비용이 소요되었다[1]. 그러나 최근에는 시스템의 동적 구조 거동을 모사할 수 있는 해석 방법들이 다양해 졌고, 특히 유한요소법을 이용한 조류 충돌 해석이 가능하게 되었다. McCarty 등은 비선형 유한 요소 프로그램을 사용하여 캐노피(Canopy)의 조류 충돌 거동을 해석하였고[2], Storace[3,4], Alexander[5] 등은 유체 유동의 개념을 이용한 조류-하중 모델을 사용하여 항공기 엔진 팬 블레이드의 조류 충돌 현상을 NONSAP, NASTRAN 등을 사용하여 해석하였다. 국내에서도 문창오 등[1]이 윈드실드의 조류 충돌 특성을 상용 유한 요소 프로그램인 MSC/DYTRAN을 사용하여 해석하였으며 실제 시험을 통해 비교하였다.

본 연구에서는 항공기 운용 중에 심각한 현상인 조류 충돌 현상 중에서 항공기 엔진 흡입구 낫셀(Nacelle)의 조류 충돌에 대해 낫셀 구조를 유한 요소 모델링하고 조류를 유체로 모델링하여 충격 해석을 수행하고 충격 거동에 대해 분석하였다.

2. 해석 방안의 타당성 검증

항공기 조류 충돌에 관한 접근은 해석적 접근을 바탕으로 충돌 시험을 통해 해석 결과와 시험 결과를 통상 비교 검토한다. 본 연구에서는 수치 해석적 접근을 수행하였으므로 적용한 유한 요소 코드인 MSC/DYTRAN을 이용한 조류 충돌 해석의 타당성 검증을 위하여 선행 연구 결과와 비교 검토하였다.

일반적으로 자연에 존재하는 조류는 종류가 매우 다양하여 밀도와 크기가 다르다. 선행 연구 결과에 따르면 조류 충돌 시험을 위해 실제 조류 대신 쉽게 구할 수 있는 닭을 많이 사용하였다[6]. 본 연구에서는 연구 대상 항공기의 엔진 흡입구의 형상이 작고 국내에 가장 많이 서식하는 조류가 참새이므로 충격 모델로 참새를 가정하였다. 조류 형상은 앞뒤 반구에 원통형 형상으

로 가정하여 구현하였으며 Fig. 1에 조류의 크기를 나타내었다.

결정된 조류 형상을 바탕으로 알루미늄 평판에 충돌 해석을 수행하고 그 결과를 선행 연구 결과와 비교하여 신뢰성 검증을 시도하였다.

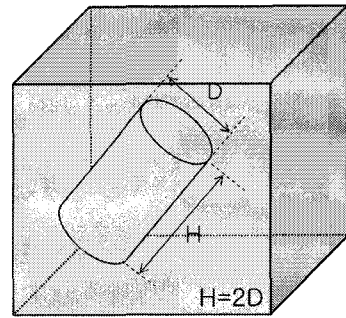


Fig. 1 Geometry of bird model

해석의 검증을 위해 조류의 모델링은 참고문헌과 동일하게 상용프로그램에서 제공하는 수력학적 유체 재질(Hydro dynamic material)을 사용하여 Fig. 1과 같이 모델링하였다. 조류를 포함하는 오일러 영역은 8절점 솔리드 요소를 사용하였다. 실린더의 직경(D)은 0.03m, 높이(H)는 0.06m이다. 조류의 물성과 모델링 방법은 참고문헌의 실험과 동일하게 하였다. 평판의 강체면에 197m/s의 속도로 수직충돌 하도록 모델링 하였으며, 이때 유체로 가정한 조류의 밀도는 950Kg/m³이다. Fig. 2는 유한요소 해석 결과에 따른 압력 변화 그래프를 나타낸 것이다.

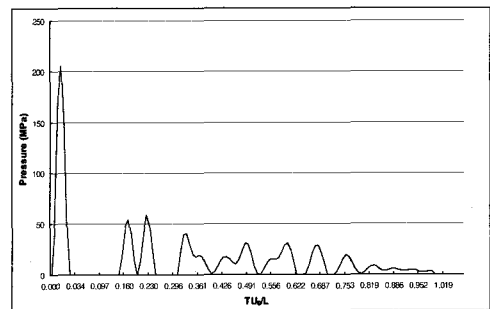


Fig. 2 Pressure curve at the impact point for the impact of a bird(V=197m/s)

충돌초기에 높은 충돌압력이 발생하고 일정시간 이후에는 정상상태 압력이 존재함을 알 수 있다. 동일조건하에서 시험을 통해 측정된 참고문헌의 결과와 유사하게 충격압력과 정상상태 압력 값이 비교적 잘 일치함을 확인 하였다.

3. 조류 충돌 해석

엔진 흡입구 낫셀의 모델링은 충격지점에서의 거동을 자세히 살펴보고, 해석시간을 줄이기 위해 4절점 쉘 요소를 밀도를 달리하여 모델링 하였다. 엔진 낫셀의 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1 Material property of aluminum engine inlet

Density(ρ)	2810Kg/m ³
Poison Ratio(ν)	0.33
Bulk Modulus	7.03e10N/m ²
Yield stress	5.03e8N/m ²
Thickness(t)	1.5mm

체적 계수는 체적 탄성률로, 아래 명시한 식에 의해 계산되었다. 여기서 C는 알루미늄의 압축률로서 체적탄성율의 역수이다.

$$C^{-1} = \frac{E}{3(1-2\nu)} \quad (1)$$

Figure 3은 유한요소 해석을 위한 모델링 결과 모습이다. 조류의 형상은 50,000개의 솔리드 요소로 구성된 오일러 공간에 실린더의 형태로 흡입구 상단에 수직으로 부딪힌다고 가정하였다. 초기속도는 100m/s이며 실린더의 길이와 직경의 비는 2로 하였다. 직경은 0.03m로 비교적 작게 모델링하였으며 밀도는 950kg/m³으로 조류의 질량은 0.079Kg이다. 앞에서 가정한 조류의 평균 질량 0.025Kg에 비해 비교적 크게 모델링 되었다. 엔진흡입구와 오일러 요소의 경계조건은 MSC/Dytran에서 제공되는 ALE Coupling이 정의 되었다.

Figure 4는 충격에 의한 압력 곡선이며 Fig. 5는 압력과 시간에 따른 구조물의 응력을 보여 준다. Figure 6은 유한요소 해석결과 충격지점에서의 조류의 변형된 형상을 보여준다.

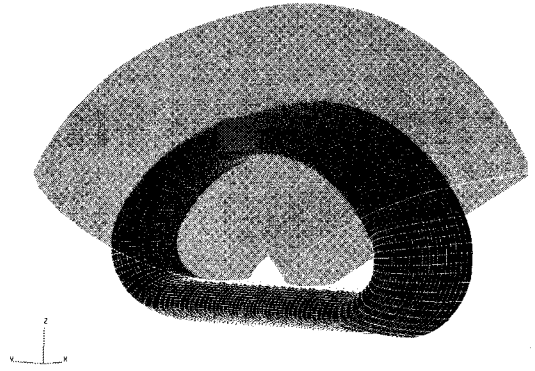


Fig. 3 Lagrangian and Eulerian mesh for bird impact analysis

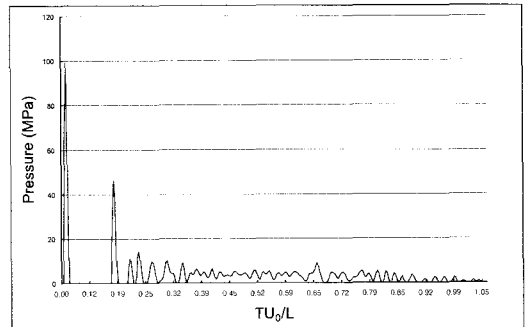


Fig. 4 Pressure curve at the engine inlet impact point for the impact of a bird(V=100m/s)

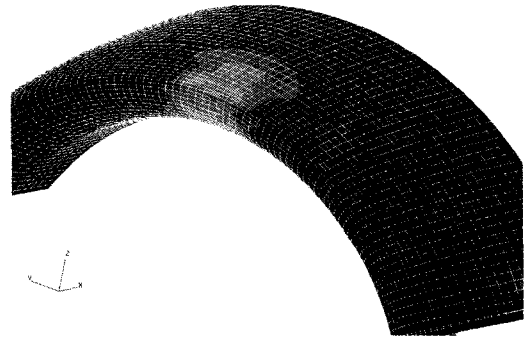
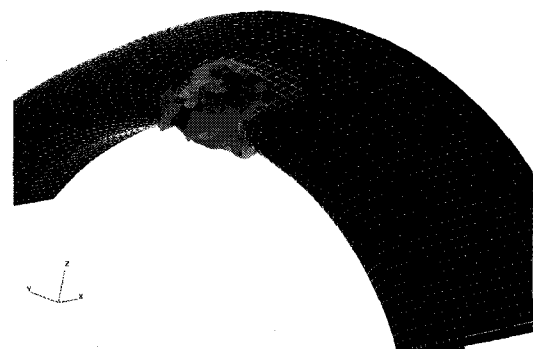
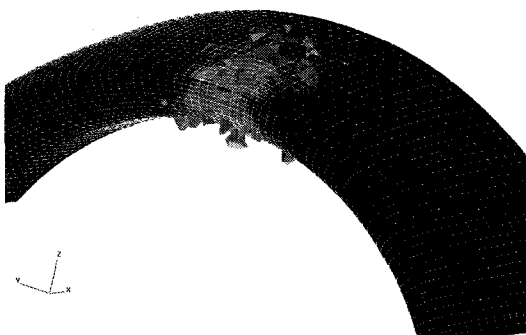


Fig. 5 Stress of the engine inlet at 0.04msec



(a) 4msec



(b)8msec

Fig. 6 Deformed shape of a bird

엔진 흡입구 낫셀의 조류 충돌 부위의 응력 분포를 검토한 결과 최대 응력이 108MPa 로서 본 연구에서 적용한 조류의 속도 대역에서는 충돌에 대해 충분한 안전율을 확보한 것으로 확인되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 항공기 운용 중 조류 충돌 현상이 항공기에 미치는 영향에 대해 수치 해석 연구를 수행하였다. 조류 충돌 대상 구조 부위는 조류 충돌시 엔진에 영향을 미치는 엔진 흡입구 낫셀 부위로서 수직 충격 시 충격부위 거동을 확인 하였다.

본 연구를 통해 수행된 조류 충돌에 관한 해석적 기초 연구 결과를 바탕으로 정확한 대상체가 주어진다면, 다양한 조류의 종류별 해석, 즉 충격체의 질량별로 다양한 해석을 수행하고 추후 조류 충돌 시험을 병행하여 해석 결과의 시험 결과를 비교 검증하여야 할 것이다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 항공기 설계 단계에서 외부 충격 물체에 의한 손상에 대해 충분한 안전율을 고려한 설계를 수행하는데 활용할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 문창오, 우중호, 우태식, 황철호, 박찬익, "항공기용 Windshield의 조류충돌 저항성 평가", 한국항공우주학회지, 제24권, 제2호, 1996, pp.95-105
2. R. E. McCarty, "Finite Element Analysis of a Bird-Resistant Monolithic Stretched Acrylic Canopy Design for the F-16 Aircraft", AIAA aircraft Systems and Technology Conference, Dayton, Ohio, August 1981.
3. A. F., Storace, "Foreign Object Impact Design Criteria", AFAPL-TR-78-81, 1982.
4. A. F., Storace, R. P. Nimmer, and R. Ravenhall "Analytical and Experimental Investigation of Bird Impact on Fan and Compressor Blading", Journal of Aircraft, Vol. 21, No 7, PP.520-527, July 1984.
5. A. Alexander, "Interactive Multi-Mode Blade Impact Analysis", Journal of Engineering for Power, Vol. 104, pp. 286-295, 1982
6. J. S. Wilbeck, "Impact Behavior of Low Strength Projectiles", Air Force Materials Lab. Rept. AFML-TR-77-134, July 1978.