

# 항공기용 배기덕트의 구조적 안정성 검토를 위한 전산유동해석

이창욱\* · 김원철\*\* · 박용석\* · 양용준\*

## Computational fluid analysis of Aircraft Exhaust Duct for Verification of Structural Stability

Changwook Lee\*† · Woncheol Kim\*\* · YongSuk Park\* · Yongjun Yang\*

### ABSTRACT

The computational fluid analysis was carried out to investigate structural stability of exhaust duct for turboprop engine. In order to calculate the thrust and shear force acting on the flight condition of the aircraft, the flow in the exhaust duct and the flow in the direction of the exhaust duct flange were analyzed by Fluent software to obtain thrust, shear force and bending moment. As a result of the analysis, it was confirmed that the allowable loads set idle engine manual were not exceeded.

### 초 록

터보프롭 엔진의 배기덕트에 구조적 안정성을 검토하기 위해 유동해석을 수행하였다. 항공기의 비행조건에 따라 작용하는 추력과 전단력을 산출하기 위해 배기덕트내의 관내유동과 배기덕트 플랜지 방향의 유동을 Fluent 소프트웨어로 해석을 수행하여 추력, 전단력, 벤딩모멘트 값을 얻을 수 있었다. 해석결과, 허용 하중값을 초과하지 않음을 확인하였다.

Key Words: Exhaust Duct(배기덕트), Allowable Force(허용하중), Computational Fluid Dynamics(유동해석)

### 1. 서 론

항공기용 프롭엔진에 사용되는 배기덕트는 엔

진성능을 영향을 주기 때문에 중요하다[1]. 잘못된 설계는 압력손실과 유량의 유효면적이 줄어들어 엔진의 성능에 부정적인 영향을 끼치게 된다. 배기덕트의 대표적인 설계 변수는 노즐의 출구 유효면적이다. 항공기가 이륙할 때에는 출구 면적이 클수록 유리하며 반면에 순항조건에서는 공력에 따른 항력저감과 EHSP(Equivalent Shaft

\* 퍼스텍 미래전략사업부

\*\* 국방과학연구소

† 교신저자, E-mail: changwook@fst.foosung.com

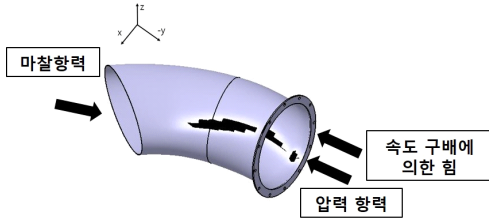


Fig. 1 The forces acting inside the exhaust nozzle

Horsepower)를 고려하는 것이 중요하다. 또한 배기덕트의 외형 설계 시 길이, 각도, 에어포일 형상이 공력 특성에 영향이 있는 것으로 알려졌다[2].

본 연구에서는 배기가스에 의한 하중과 비행 중에 발생하는 항력 및 엔진 플랜지에 가해지는 힘을 구하고자 배기덕트 유동해석을 해석을 수행하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 경계조건

항공기가 기동하게 되면 배기덕트에서 추력, 전단력과 벤딩모멘트가 발생한다. 배기덕트 해석 모델은 제작된 형상을 참고하였으며 형상과 힘의 방향은 Fig. 1 과 같다. 배기덕트에 발생하는 모든 하중을 고려하기 위해서는 관내 압력과 속도의 구배, 전단응력 그리고 평판 상에서 항력 등이 계산되어야 한다. 또한 발생하는 힘의 방향 성분 에 따라서 크기를 가감해야 정확하게 작용하는 힘의 크기를 계산할 수 있다. 비행조건에 따른 온도, 유량과 압력에 따른 레이놀즈수와 점성계수를 고려하였다. 벽 근처 영역의 속도 구배의 영향이 벽 근처 영역을 잘 예측해야 정확한 해석결과를 기대할 수 있기 때문에 점성저층을 해결하기 위해  $y+$  값은 10으로 설정하여 배기덕트 벽 주변에 격자를 조밀하게 구성하였다.

난류모델은 RANS(Renolds Averaged Navier Stokes Simulation) 기반의 넓은 영역의 유동해석에서 합리적인 정확도를 제공하는 표준  $k-\epsilon$  사

Table. 1 Acting forces of the flow in the exhaust duct

| 비행조건          | 압력 추력 (N) | 속도 추력 (N) | 총 추력 (N) | Bending Moment (N-m) |
|---------------|-----------|-----------|----------|----------------------|
| 지상, 정지 조건     | 68.1      | 224.3     | 292.1    | -29.2                |
| 지상, 속도 조건     | 69.0      | 215.0     | 284.0    | -28.4                |
| 비행고도에서의 저속 조건 | 3.0       | 10.5      | 13.5     | -1.3                 |
| 비행고도에서의 고속 조건 | 3.5       | 12.5      | 16.0     | -1.6                 |

용하였다.

압력기반 솔버인 Pressure Based Solver Simple C를 사용하였고, 정확한 계산을 Residual  $10^{-6}$  에서 수렴 판정하였다

### 2.2 유동해석결과

배기덕트의 압력항과 속도항의 구배에 따른 추력을 관내 해석을 통해 구하였다.  $y$  방향으로 작용하는 총 추력은 압력추력과 속도추력을 합이다.  $z$  축 기준으로 발생하는 벤딩모멘트를 고려하여 관내에서 작용하는 모든 힘을 Table. 1에 나타내었다.

또한 외부유동해석을 통해 배기덕트 플랜지 상에서의 발생하는 힘을 구하였다. 해석을 통해 공기점성으로 인하여 물체표면에 발생하는 마찰항력과 부압이 되어 배기덕트를 당기는 현상인 압력항력이 작용하는 것을 확인하였으며 작용하는 힘의 크기는 Table. 2와 같다. 벤딩모멘트의 경우 관내유동해석결과와 플랜지 방향의 유동의 벤딩모멘트의 작용 방향이 달라 상쇄됨을 확인할 수 있었다.

Table. 2 Acting forces to the direction of the exhaust duct flange

| 비행조건          | 압력 항력 $D_p$ (N) | 마찰항력 $D_f$ (N) | 총추력 $D_o$ (N) | Bending Moment (N-m) |
|---------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|
| 지상, 정지 조건     | 0.0             | 0.0            | 0.0           | +0.0                 |
| 지상, 속도 조건     | 52.0            | 1.0            | 53.0          | +42.7                |
| 비행고도에서의 저속 조건 | 64.0            | 1.1            | 65.0          | +52.7                |
| 비행고도에서의 고속 조건 | 194.0           | 2.4            | 196.0         | +148.0               |

Table. 3 The allowable limit forces of the exhaust duct

| 비행조건          | 허용추력 (N) | 허용전단력(N) | 허용벤딩모멘트 (N-m) | 요구조건 만족여부 |
|---------------|----------|----------|---------------|-----------|
| 지상, 정지 조건     | 387      | 649      | 246           | 만족        |
| 지상, 속도 조건     | 387      | 649      | 246           | 만족        |
| 비행고도에서의 저속 조건 | 387      | 649      | 246           | 만족        |
| 비행고도에서의 고속 조건 | 387      | 649      | 246           | 만족        |

#### 4. 결 론

본 연구에서는 유동해석을 통해 배기덕트의 전단력, 추력, 벤딩 모멘트 값을 산출하였다. 배기덕트에 작용하는 힘은 허용 하중 값을 만족함

을 확인하였다. 본 연구에서 수행한 전산유동해석결과는 배기덕트의 구조적 안정성을 검토하는데 활용될수 있을 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. 유두환, 강형석, 최성만, 명노신, 김원철 “항공기 터보팬엔진의 배기노즐 개념설계,” 한국추진공학회 학술대회논문집, 2012.11, 158-162
2. 최성만, 명노신, 김원철 “저 바이패스비 터보팬엔진의 배기부 기본설계,” 한국추진공학회 학술대회논문집, 2013.12, 147-152