

송풍기 덕트 스탠드의 구조 설계 및 해석

박현범^{1,†}

¹군산대학교 기계공학부

Structural Design and Analysis for Duct Stand of Blowers

Hyunbum Park^{1,†}

¹School of Mechanical Engineering, Kunsan National University

Abstract

In this study, structural design and analysis of a duct stand for blowers were performed. This structure was an axial fan and blower for wind tunnel of the vehicle environmental test chamber. The design of the blower duct stand support structure was performed by investigation on various loads. Additionally, self-weight of the motor and weight of the duct were investigated and applied. The duct stand structure was designed by analyzing the load. The safety of the structural design results was evaluated through finite element analysis. Finally, the safety of the design result was verified.

초 록

본 연구에서 송풍기 덕트 스탠드 구조물의 구조 설계 및 해석을 수행하였다. 대상 구조물은 운송체의 환경 시험 챔버내에 적용되는 풍동의 팬과 송풍기이다. 다양한 하중을 분석하여 송풍기 덕트 스탠드 지지 구조물에 대한 설계를 수행하였다. 분석된 주 하중은 팬에 의한 하중과 토크이다. 또한 모터의 자중과 덕트 무게도 분석하여 구조 하중에 적용되었다. 하중을 분석하여 덕트 스탠드 구조물을 설계하였다. 유한 요소 구조 해석을 통해 구조 설계 결과의 안전성을 평가하였다. 최종 설계 결과의 안전성을 검증하였다.

Key Words : Blower(송풍기), Structural Design(구조 설계), Structural Analysis(구조 해석), Safety(안전)

1. 서 론

환경시험을 위해 바람을 발생하는 장치가 필요할 때 대부분 대형급 송풍기가 적용된다. 송풍기는 모터가 장착되고 덕트를 통해 공기가 이동하는 형태로 구성된다. 다양한 풍동이나 공기 발생을 위한 기계 구조물 시험 평가를 위해 송풍기가 개발된다. 송풍기는 송풍기 자체의 무게와 내부 팬과 모터가 구동될 때 구조적

으로 안전한지 설계 단계에서 평가가 필요하다.

송풍기 설계에 대한 선행 연구를 살펴보면 김승훈 등은 매개변수를 도입한 축류형 송풍기 최적설계 및 데이터 분석 프로세스 구축에 대한 연구를 수행하였다 [1]. 정철영 등은 제연용 벽부형 축류 송풍기 기초 설계 및 개발진행에 대한 연구를 수행하였다[2]. 백상민 등은 덕트 팬의 정지 비행시 동특성에 대한 연구를 수행하였다[3]. 강영신 등은 신경망을 이용한 틸트덕트 무인기의 제어기 설계연구를 수행하였다[4]. 김동현 등은 UAM 항공기 낙뢰 및 HIRF 환경에서 덕트의 케이블 보호 성능 분석 및 인증기술에 관한 연구를 수행하였다[5]. 김일겸 등은 폐수처리용 기계적 증기 재압

Received: Nov. 22, 2023 Revised: Dec. 13, 2023 Accepted: Dec. 14, 2023

† Corresponding Author

Tel: +82-63-469-4729, E-mail: swordship@kunsan.ac.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

축 터보 송풍기 개발 연구를 통해 송풍기의 CFD 해석을 수행하였다[6]. 김민철 등은 전산 유체 역학을 이용한 단일 송풍기가 적용된 공랭식 연소설비의 효율개선에 대한 연구를 수행하였다[7]. 이찬 등은 대형 가변의 송풍기의 설계 및 전산 유체 해석에 대한 연구를 수행하였다[8]. 전관호 등은 연료전지용 재생형 송풍기를 위한 흡음 다공형 소음기를 설계하였다[9]. 김준곤 등은 재생형 송풍기의 소음저감에 대한 설계 연구를 수행하였다[10].

선행 연구 분석 결과 송풍기의 전산 유체 해석에 관한 연구는 다수 수행되었다. 그러나 구조 설계에 대한 연구는 미흡한 것으로 검토되었다. 본 연구에서는 선행 연구를 분석하여 송풍기 덕트 지지부 구조물의 구조 설계 결과에 대한 구조 해석을 통해 구조 안전성을 평가하였다.

2. 설계 구조 분석

본 연구에서 바람을 발생시키기 위한 송풍기 덕트 지지부 구조물의 구조 설계 결과를 검토하고 적용된 하중을 분석하였다. 본 구조물은 외부에 덕트가 위치해 있고 내부에 바람을 발생시키기 위한 팬이 장착되어 있다. 대상 구조물의 외부 형상을 Fig. 1에 제시하였다. 내부에 팬이 장착되어있고, 모터가 장착되어 있다. 따라서 구조 안전성 검토를 위한 적용 하중을 분석한 결과 모터의 자중과 덕트의 자중이 기본 하중으로 적용된다. 그리고 팬에 의한 토크가 작용하게 된다. 적용된 팬의 최대 회전 속도는 708rpm 이고, 관성모멘트가 2,180kgm², 로터로부터 무게 중심 지점까지 거리는 287mm 이다. 팬에 대한 성능 곡선은 Fig. 2와 같다. 체적 유량에 대한 에너지 비를 반영하여 제시되어 있다. 본 연구에서 팬의 성능 곡선을 검토하여 팬이 발생시키는 에너지를 분석하였다. 구조 해석을 위해서는 수직 및 수평 방향 벡터 하중이 적용하기 용이하므로 팬에 의한 가로방향 하중과 세로 방향으로 하중 벡터를 분해하여 적용하였다. Fig. 3에 구조 설계를 위해 분석된 하중을 제시하였다.

구조 설계를 위해 적용된 재료는 금속재료로서 일반 구조용 압연 강재인 SS400 재료의 물성치를 검토하여 적용하였다. 적용 재료의 인장 항복 강도는 250MPa로

분석되었다.

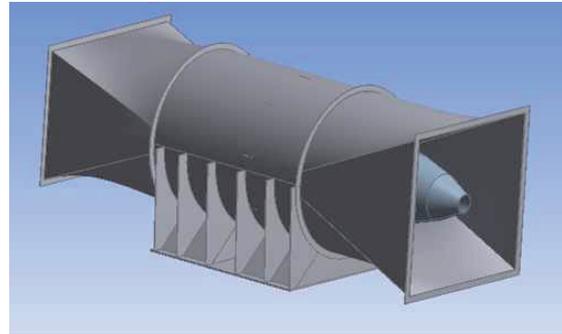


Fig. 1 Load Distribution of Target Structure

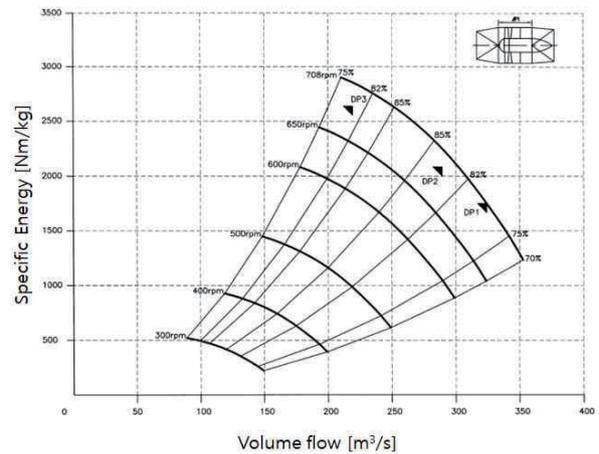


Fig. 2 Estimated Performance Curve of Fan

Vertical Direction Load of Fan (F_v) : 38,700 N

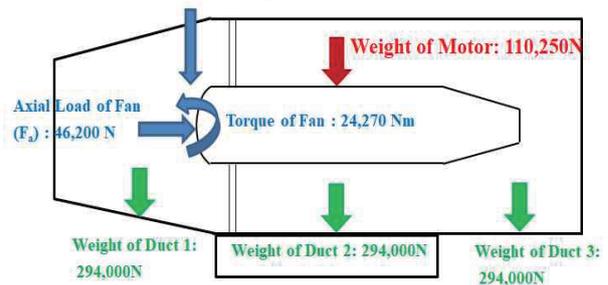


Fig. 3 Load Distribution of Target Structure

3. 구조 해석

본 연구에서 구조안전성 검토를 위하여 3D 전용 툴인 SolidWorks를 사용하여 3D 모델링 후, ANSYS 코

드를 사용하여 유한 요소 해석을 수행하였다. 적용된 요소는 Solid Tetra Element를 사용하여 129,691 요소를 생성시켰다. Fig. 4는 유한 요소 모델링 결과이다. 적용 하중은 팬에 의한 가로방향 하중, 팬에 의한 축방향 하중이 적용되었다. 또한 팬에 의한 토크, 모터 무게, 덕트의 무게가 자중으로 적용되었다. 경계 조건은 하단부 고정 경계 조건을 적용하였다. Table 1에 적용 하중을 분석하여 제시하였다.

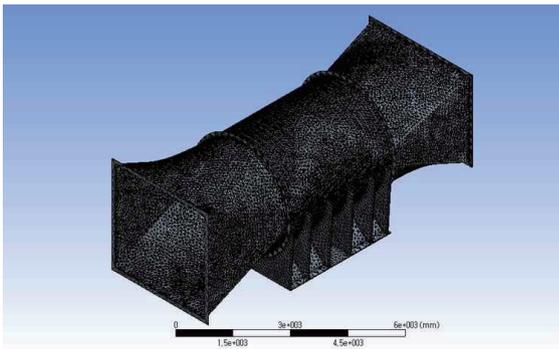


Fig. 4 Finite Element Modeling

Table 1 Applied Load and Boundary Condition

Vertical Load by Fan	38,700N
Axial Load by Fan	46,200N
Torque by Fan	24,270N
Weight of Motor	110,250N
Weight of Duct	882,000N
Boundary Condition	Fixed Condition of Lower Part

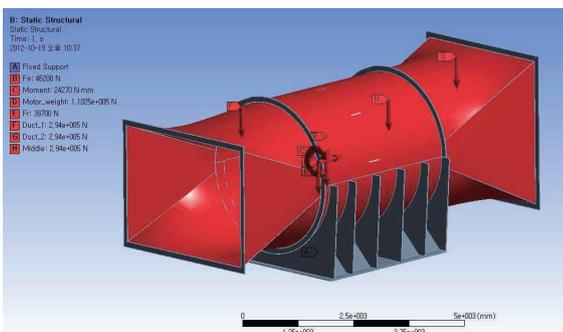


Fig. 5 Applied Load and Boundary Condition

구조 해석 결과 대상 구조물의 응력 분포 결과는 145.75MPa로 확인되었다. 구조 해석을 위한 하중 적용 시 모든 하중에 1.5의 안전율이 적용되었고 재료의 인장응력은 400MPa이므로 구조물은 총 4.1의 안전성이 보장된 구조이다. 따라서 본 구조물은 충분히 가해진 하중 및 토크에서 안전한 것으로 검토되었다. 본 해석에서 적용된 극한 하중에서 최대변위가 9.6mm로 검토되었는데, 안전율 1.5가 적용되었으며 재료의 강도를 검토했을 때 충분히 변위도 안전한 것으로 확인되었다. 또한 좌굴에 취약한 구조 형태인 모터 지지부에서 좌굴 안정성을 검토한 결과 1.06 이상으로 좌굴 하중 배수는 1 이상이면 충분히 안정하므로 좌굴에 대한 안정성도 확보한 것으로 판단되었다. Fig. 5는 하중과 경계조건이 적용된 유한요소 모델이다. Fig. 6은 응력 해석 결과이다. Fig. 7은 변형 해석 결과이다. Fig. 8은 좌굴 안정성에 대한 해석 결과를 보여주고 있다.

구조 해석 결과를 전반적으로 검토한 결과 송풍기 스탠드 응력 해석 결과 안전율이 4.1 이상으로 구조적으로 안전한 것으로 검토되었다. 구조 해석 하중에서 비교적 안전한 것으로 예측됨에 따라 실제 운전 추력에서는 매우 안전할 것으로 예측되었다.

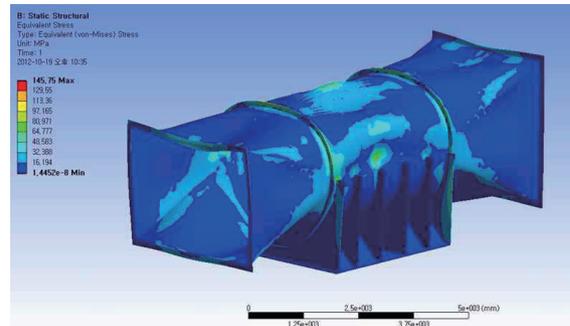


Fig. 6 The Result of Stress Analysis

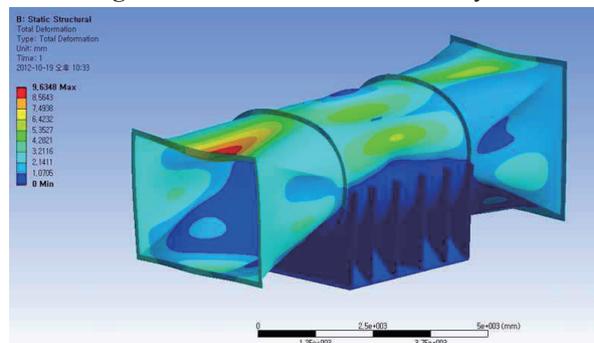


Fig. 7 The Result of Deformation Analysis

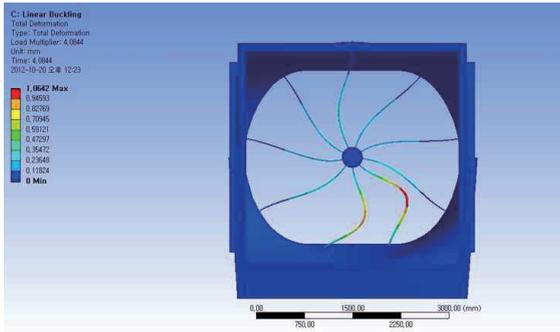


Fig. 8 The Result of Buckling Analysis

4. 결 론

본 연구에서 바람을 발생시키는 송풍기의 스탠드 구조에 대한 구조 안전성을 검토하였다. 구조 설계 결과에 대한 상세 검토를 통해 하중을 분석하였다. 하중은 팬 모터 사양을 분석하여 하중을 산출하였다. 팬에 의한 토크 하중과 모터의 자중 및 덕트의 자중을 분석하여 유한 요소 모델을 생성 후 하중과 경계 조건을 적용하였다. 구조 해석은 응력, 변형, 좌굴 해석을 중심으로 안전성을 검토하였다. 송풍기 스탠드의 응력 해석 결과 안전율은 4.1 이상으로 구조적으로 안전한 것으로 확인되었다. 송풍기 스탠드는 해석을 통한 작용 하중에서 비교적 안전한 것으로 예측됨에 따라 실제 운전 추력 에서는 매우 안전하다고 판단되었다.

후 기

본 연구는 2023년도 교육부의 재원으로 한국기초과학지원연구원 국가연구시설장비진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임.(2023R1A6C101B042)

References

- [1] S. Y. Kim, B. Y. Choi, D. H. Choi, C. Lee, and S. H. Yang, "Design optimization of an axial fan with parameters and establishment of data analysis process," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, vol. 8, no. 1, pp. 23-29, 2022.
- [2] S. Y. Kim, B. Y. Choi, D. H. Choi, C. Lee, S. H. Yang, "Basic design and development progress of wall mounted axial flow fan for smoke ventilation," *Proceedings of 2020 Winter Conference on Korean Society for Fluid Machinery*, pp. 247-248, 2022.
- [3] S. M. Baek, J. R. Kwon, Y. Lee, "Dynamic characteristics of ducted fan: A study," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 11, pp. 84-91, 2017.
- [4] Y. S. Kang, B. J. Park, A. Cho, C. S. Yoo, "Control law design for a tilt-duct unmanned aerial vehicle using Sigma-Pi neural networks," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 11, pp. 14-21, 2017.
- [5] D. H. Kim, J. H. Cho, Y. G. Kim, H. J. Lee, N. S. Myong, "Analysis of cable protection of duct in lightning and HIRF environment of UAM aircraft and a proposal for certification guidance," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 16, pp. 23-34, 2022.
- [6] I. K. Kim, W. C. Park, S. S. Sohn, Y. N. Kim, "A study on development of mechanical vapor recompression turbo blower for wastewater treatment," *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 24, pp. 318-324, 2023.
- [7] M. C. Kim, B. H. Sohn, J. J. Lee, H. S. Park, "Enhancement of combustion efficiency of a air-cooled combustor system with single F. D. fan using CFD," *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 22, pp. 460-468, 2021.
- [8] C. Lee, T. H. Lee, H. S. Kho, S. Y. Kho, S. Y. Lee, S. H. Yang, "The design and CFD analysis of a large capacity variable-pitch blower," *Proceedings of 2023 Summer Conference on Korean Society for Fluid Machinery*, pp. 454-455, 2023.
- [9] G. H. Jeon, B. Y. Jang, H. G. Kil, C. Lee, "Design of a dissipative perforated muffler attached to a regenerative blower for fuel cell application," *Proceedings of 2016 Spring Conference on The*

Korean Society for Noise and Vibration Engineering, pp. 378-379, 2016.

- [10]J. K. Kim, G. Y. Lee, C. Lee, H. G. Kil, G. H. Jeong, "Design of a dissipative perforated muffler attached to a regenerative blower for fuel cell application," *Proceedings of 2013 Fall Conference on The Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, pp. 656-657, 2013.