한국기계가공학회지, 제18권, 제3호, pp.88～93(2019.03) ISSN 1598-6721(Print)
Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 18, No. 3, pp.88~93(2019.03) ISSN 2288-0771(Online)

https://doi.org/10.14775/ksmpe.2019.18.3.088

해양 구조물용 공조덕트 유동 및 구조해석에 관한 연구

이중섭*, 이병호**, 진도훈***,#

*한국승강기대학교, **경남정보대학교, ***다원텍(주)기술연구소

A Study on the Flow and Structural Analysis in an Air Conditioning Duct for Marine Offshore

Chung-Seob Yi*, Byung-Ho Lee**, Do-Hun Chin***,#

*Korea Lift College, School of Lift Engineering

**Department of Automotive Engineering, Kyungnam College of Information & Technology,

***R&D Center, Dawon Tech LTD., CO.

(Received 15 June 2018; received in revised form 21 June 2018; accepted 11 July 2018)

ABSTRACT

This study concerns the distributions of flow in an air conditioning duct used for a marine and oil drilling ship. From the results of carrying out flow analysis and structural analysis of a ventilation duct applied to a marine structure, the following conclusion could be gained. The pressure tended to increase as the flow velocity at the inlet increased and the pressure at the inlet increased. It was recognized that the pressure decreased due to the influence of a corrugated tube when it entered and exited from the duct. As a result of structural analysis, a higher train was generated at the corrugated tube compared with the duct. In addition, in the case of the internal pressure of 0.7MPa, which was the designed load, it was found that there was almost no influence as it was within 0.1mm.

Key Words : Drilling Ship(시추선), Air Conditioning Duct(공조덕트), CFD(전산유체역학)

1. 서 론

본 연구는 기 발표한 논문에서 추가적으로 연구된 결과를 중심으로 기술하고자 한다[1]. 현재 여러 해양플랜트 중에 해양 반시추선(Submersible semi drilling rig)의 경우 다리에 해당되는 Column과 Pontoon에는 해당구역의 통풍을 위해 일반적으로 공조덕트가 설치되어 있다. 현재 해양 시추선에는 일반적으로 많이 사용되는 공조용 덕트는 경량수밀 공조덕트로 Column 내부에 모듈형태로 설치되며, 표면에 주름부가 길이방향으로 형성되어 있어 강도의 보강 및 경량화가 가능하도록 설계되고 있다[2-4].

주름부에 의하여 경량수밀 공조닥트의 강도가 증가함으로써, 공조닥트의 두께를 상대적으로 얇게 할 수 있으므로 전체 무게를 경감 할 수 있게 되어 해양시추선에 효율적으로 사용 할 수 있기 때문에 유럽 등 오일 메이저들이 신규 건조되는 시추선의 경우 대부분 경량화를 시도하고 있다. 반면 기존 시추선의 경우 Column에 설치되는 공조닥트

Corresponding Author : chindohun@hanmail.net
Tel: +82-51-327-2301, Fax: +82-55-327-2310

Copyright © The Korean Society of Manufacturing Process Engineers. This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 License (CC BY-NC 3.0 http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

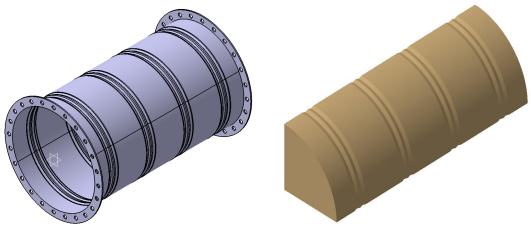
는 단순히 평편한 표면의 철판으로 닥트를 제작하여 단부를 서로 용접하여 연결하여 사용하고 있다.

본 연구는 공조덕트에 대한 유동해석을 통해 유체거동을 분석하고 구조해석을 통해 구조건전성을 확보하고자 한다.

2. 유동해석 방법

본 연구는 Fig. 1과 같이 직경 550mm인 공조덕트에 대하여 연구를 수행하였으며, 덕트 내부에 설치된 주름이 유동장에 미치는 영향을 우선 파악하고자 하였다.

Fig. 2는 공조덕트에 대한 열유동해석을 수행하기 위하여 생성한 제어체적을 나타내고 있다. 그림에서 보는 것과 같이 주름 부위에서 조밀하게 격자를 생성하였고, 유동의 안정성을 확보하기 위하여 입구는 수력반경 5배, 출구는 7배 Extrude시켜 생성하였다[5-7].



(a) 3D modeling (b) CFD modeling

Fig. 1 Analysis model

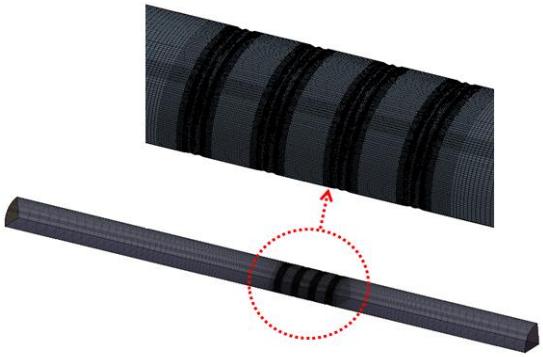


Fig. 2 Control volume shape for CFD analysis

유동해석을 위해 우선 계산도메인의 초기조건은 공기가 100%가 있다고 가정하였고, 경계조건인 입구에서 공기가 유입되는 조건을 부여하였다. 유입되는 공기는 유속으로 설정하였으며, 1~5m/s로 순차적으로 유속을 증가시켜 내부에 발생되는 유동장을 파악하고자 하였다. 또한 출구의 경우 대기압으로 설정하여 덕트의 압력강하를 확인하고자 하였다.

3. 유동해석 결과

Fig. 3은 직경 550mm인 덕트 내부의 압력분포를 나타내고 있다. 기본적으로 입구 유속이 증가함에 따라 압력이 증가되고 있는 경향을 보여주고 있으며, 입구쪽의 압력이 크게 증가됨을 확인할 수 있었다.

덕트 중간에 총 4군데의 주름관이 설치되어 있는데 이는 강성을 높여주기 위해 설치된 것이지만 유동적인 측면에서는 오히려 유동저항만 발생시키는 인자로 보여지고, 이로 인해 입구유속의 증가에 따른 내부 압력에 변동이 발생되는 것을 확인할 수 있었다.

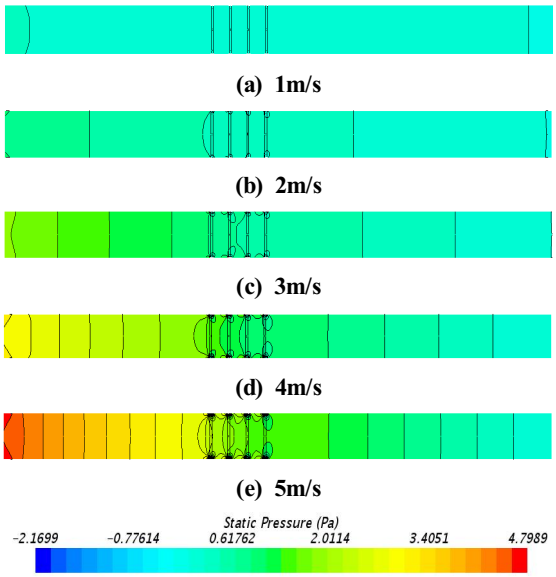


Fig. 3 Results of pressure distribution

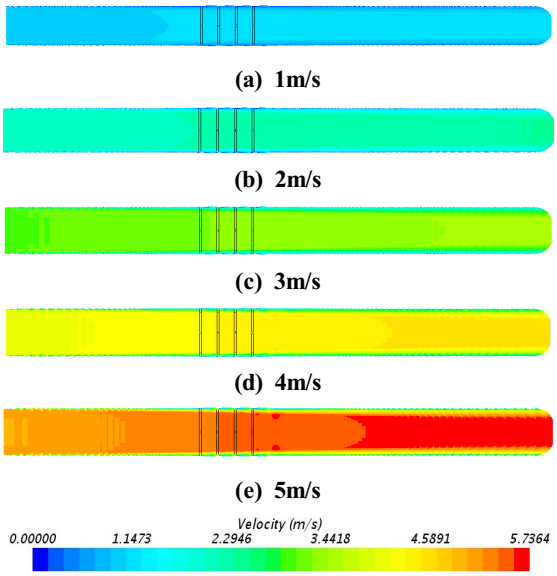


Fig. 4 Results of velocity distribution

Fig. 4는 입구유속 변화에 따른 속도분포를 나타내고 있다. 입구유속 증가에 따른 덕트 내부 유속의 증가가 발생하였고, 덕트 중간에 설치된 주름관의 영향으로 인해 속도차가 발생함을 확인할 수 있었다. 이러한 속도차로 인해 Fig. 3에서 보는 것과 같이 주름관이 설치된 영역에서의 압력변화가 발생하였고, 이로 인한 유동저항이 발생함을 확인할 수 있었다.

Fig. 5는 입구유속 1m/s와 5m/s일 경우 배관 내 주름관이 설치된 부분의 중앙단면에 대하여 압력과 속도분포를 비교한 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 주름관 부위에서 압력 변화가 심하게 발생되고 있는 것을 확인할 수 있었고, 중심으로 이동하면서 압력변화가 둔화되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 속도분포를 보면 마찬가지로 주름관에서의 속도차가 크게 발생하는 것을 확인할 수 있었고, 특히 주름진 부분에서 유동재순환으로 인해 속도가 크게 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 반면 중심부위에서는 유속의 변화가 둔화됨을 확인할 수 있었다.

Fig. 6은 경량수밀덕트의 입출구에 대한 압력강하를 나타낸 것이다. 입구유속이 증가함에 따라

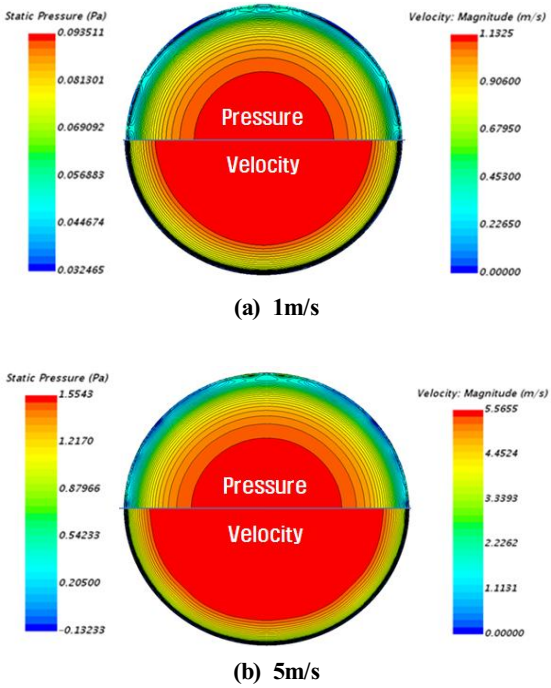


Fig. 5 Comparison of pressure and velocity at belows section

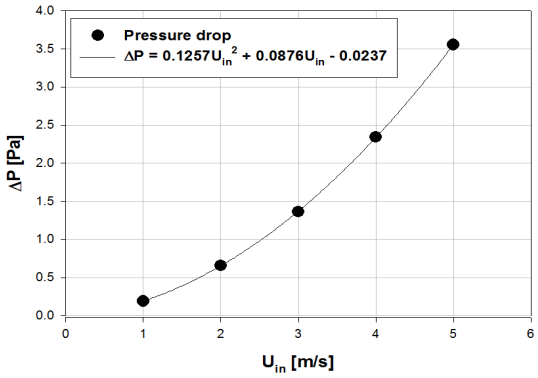


Fig. 6 Pressure drop at duct inlet and outlet

압력강하가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 아래의 식(1)과 같이 보간식을 확보할 수 있었고, 유속변화에 대한 압력강하 곡선은 2차 함수로 나타났고, 이는 배관에서 발생되는 압력강하의 일반적인 형태를 나타내고 있었다.

$$DP = 0.1257U_{in}^2 + 0.0876U_{in} - 0.0237 \quad (1)$$

Fig. 7은 덕트 길이방향의 중심부에서의 압력분포를 나타내고 있다. 실제 경량수밀덕트로 유입되어 토출되는 길이는 0~1,000mm의 범위까지이다. 그림에서 보는 것과 같이 덕트로 유입되어 빠져나갈 때 주름관의 영향으로 인해 압력이 하강하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 덕트에 설치된 주름관이 저항요소로 작용하고 있었기 때문이다. 또한 덕트를 빠져나가면서 압력이 회복되어 출구로 빠져나가면서 선형적으로 압력이 대기압이 되는 것을 확인할 수 있었다.

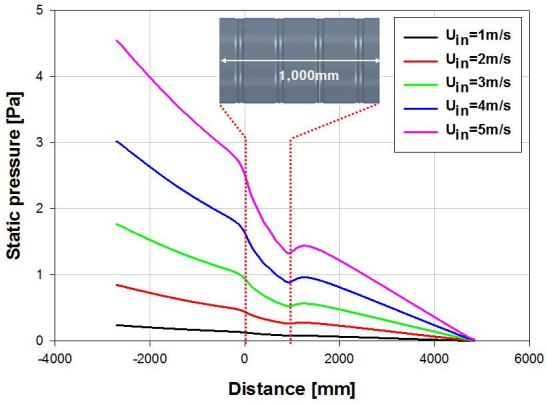


Fig. 7 Pressure distributions in duct

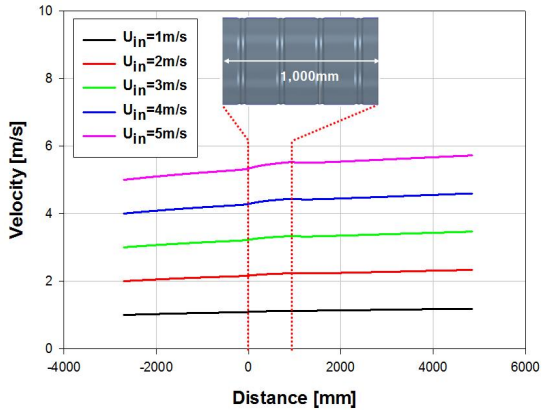


Fig. 8 Velocity distributions in duct

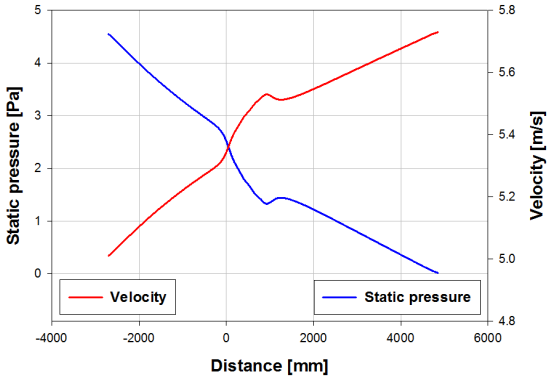


Fig. 9 Comparison of pressure and velocity at inlet velocity 5m/s

Fig. 8은 덕트 길이방향의 중심부에서의 속도분포를 나타내고 있다. 압력분포와 마찬가지로 입구유속의 증가에 따라 덕트 내부의 속도는 증가됨을 확인 할 수 있었다.

경량수밀덕트를 지나감에 따라 속도가 상승하는 것을 확인할 수 있는데 이는 압력분포에서 확인할 수 있듯이 주름관의 영향으로 덕트 가장자리 부분이 저항요소로 발생하여 최종 유동이 지나가는 단면적이 상대적으로 압력의 영향을 받아 줄어들었기 때문에 질량보존의 법칙에 의해 통과하는 유량이 증가되었기 때문에 유속이 증가된 것으로 나타났다.

Fig. 9는 입구유속 5m/s일 경우 압력과 속도를 서로 비교한 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 경량수밀덕트 입구에서 압력이 낮아지고 반대로 유속은 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

압력강하가 발생하기 때문에 압력은 입구에서 높아져서 출구로 갈수록 낮아지고, 반면 속도분포는 입구에 압력이 높기 때문에 속도가 낮아지다가 출구로 갈수록 압력이 낮아져 유속이 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 구조해석 방법

본 연구 대상인 경량수밀덕트는 단순 배관내부에 압력이 발생할 때 덕트 내부에 발생되는 응력변화

를 통해 구조적으로 안전한지에 대한 구조해석을 수행하였다. 따라서 구조해석은 덕트 양단에 설치되어 있는 플랜지가 고정되어 있을 경우 내압이 발생할 때 응력, 변형량, 안전율을 확인하고자 한다.

Table 1은 덕트에 대한 재료의 물성을 나타내고 있다. Fig. 1은 구조해석을 수행하기 FEM 모델링과 하중 및 구속조건을 나타내고 있다. 플랜지에 설치된 볼트 체결 홀에 구속조건을 부여하였고, 덕트 내부 전체 면에 압력으로 하중조건을 부여하였다.

하중조건에 대한 변수는 최초 설계 값이 0.7MPa에 대하여 구조해석을 수행하였고, 이후 1.70MPa, 2.8MPa로 압력을 증가시켜 하중조건을 부여하였다.

5. 구조해석 결과

Fig. 11은 덕트와 덕트에 설치된 주름관에서의 응력분포를 나타내고 있다. 이 부분에서는 허용응력 250MPa 이내로 사용할 수 있는 압력범위 최대 2.5MPa까지는 플랜지부를 보강할 경우 충분히 견딜 수 있는 것을 확인할 수 있었다.또한 주름관의 경우 응력이 다소 높게 나타남을 확인할 수 있었다.

Fig. 12는 변형량을 나타낸 것이며, 덕트에 비해 주름관에서 비교적 높은 변형이 발생하였다. 설계하중인 내압 0.7MPa의 경우 0.1mm 이내로 거의 영향이 없는 것으로 확인할 수 있었고, 내압이 증가할수록 변형량이 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

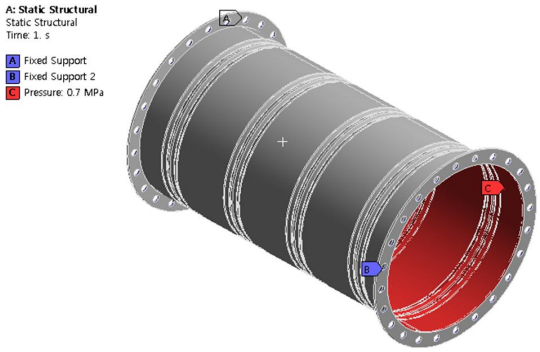


Fig. 10 Analysis model and constraint conditions

Table 1 Material properties

Density (kg/m^3)	Modulus (GPa)	Poisson's ratio	Yield stress (MPa)	Tensile strength (MPa)
7,850	193	0.3	250	460

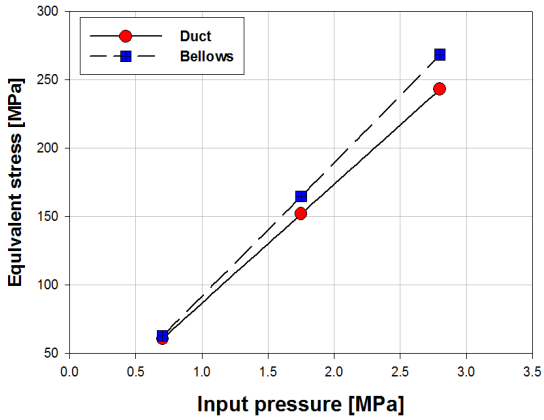


Fig. 11 Comparisons of equivalent stress at pipe and bellows

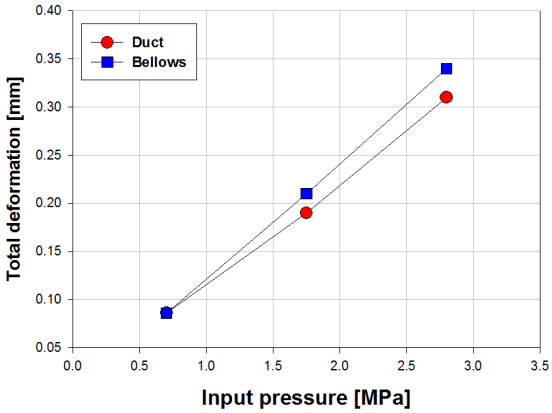


Fig. 12 Comparisons of equivalent stress at pipe and bellows

Fig. 13은 안전율을 비교한 것으로 최초 설계치인 0.7MPa에서 아주 높은 안전율을 확보하고 있었지만 최대 내압의 2.5MPa이 한계인 것으로 나타났다.

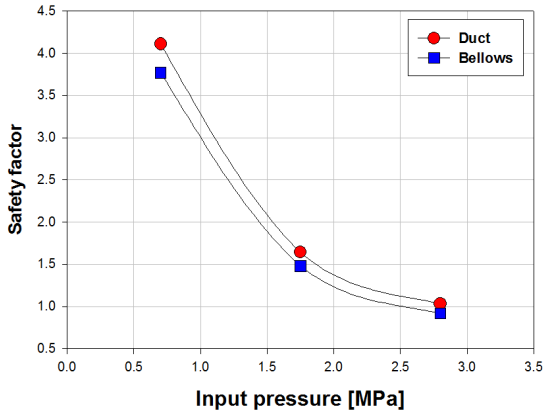


Fig. 13 Comparisons of safety factor at pipe and bellows

6. 결 론

해양구조물에 적용되는 공조덕트에 대한 유동해석과 구조해석을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

입구 유속이 증가함에 따라 압력이 증가되고 있는 경향을 보여주고 있으며, 입구쪽의 압력이 크게 증가됨을 확인할 수 있었다. 또한 덕트로 유입되어 빠져나갈 때 주름관의 영향으로 인해 압력이 하강하는 것을 확인할 수 있었다

구조해석 결과 덕트에 비해 주름관에서 비교적 높은 변형이 발생하였고, 설계하중인 내압 0.7MPa의 경우 0.1mm 이내로 거의 영향이 없는 것으로 확인할 수 있었다.

REFERENCES

1. Yi, C. S., Chin, D. H., “Numerical Analysis of the Development of an Air Conditioning Duct for Marine and Oil Drilling Ships”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 2, pp. 50-55, 2017.
2. Park, J. Y., Yi, C. S., Chin, D. H., “Numerical Analysis on the Development of Shut off Damper for Tsunami at Nuclear Plant”, Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers, Vol. 23, No. 5, pp. 471-477, 2014.
3. Yi, C. S., "Numerical Analysis of the Kitchen Hood Ventilation System for Marine Environment", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 5, pp. 96-101, 2015.
4. Yi, C. S., Jang, S. C., Choi, J. H., "Numerical Analysis on Hood Shape Improvement of Local Ventilation System", Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 21, No. 4, pp. 260-265, 2009.
5. Jang, S. C., Jung, W. B., Yi, C. S., "A Study on Performance Improvement of Gear Type Vane Damper in Marine/Offshore FD Fan", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 2, pp. 7-13, 2015.
6. Seo, J. H., Kim, B. T., Chin, D. H., Yoon, M. C., Kwak, J. S., "Comparison of the Contact Characteristics for Sealing strips of the Tsunami Damper", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 1, pp. 21-28, 2015.
7. Lim, K. B., Lee, K. S. and Lee, C. H., "A Numerical Study on the Characteristics of Flow Field, Temperature and Concentration Distribution According to Changing the Shape of Separation Plate of Kitchen Hood System," Journal of KSME B, Vol. 30, No. 2, pp. 177-185, 2006.