

컨트롤 밸브에서 사이렌서의 설치가 유동에 미치는 영향

The effect of silencer in control valve

*김동관¹, #박영철¹, 송학관¹, 정지훈¹, 최경주²

*D. K. Kim¹, #Y. C. Park(parkyc67@dau.ac.kr)¹, X. G. Song¹, J. H. Jung¹, J. J. Choi²

¹ 동아대학교 기계공학과, ² 동아대학교 고기능성밸브기술지원센터

Key words : Control Valve, Silencer, Fluid, Turbulent flow

1. 서론

제어계에 있어서 최종 제어구성요소로서 유량, 압력, 속도를 조절하고 유체의 방향전환, 유체 유송 및 차단 역할을 담당하는 컨트롤 밸브(Control Valve)는 그 용도와 제어형태에 따라 종류와 크기가 매우 다양하며 현장에서 많이 사용되고 있다. 특히, 해양 플랜트에 사용되는 대형 컨트롤 밸브는 고압 유체 제어 시 발생하는 난류에 의한 소음, 캐비테이션으로 인한 진동발생으로 내구성 및 정밀도가 떨어지게 된다. 이러한 현상은 배관 및 근처 프로세스 장비에 피로를 유발시키는데, 사이렌서 등의 보조 장치 설치로 최소화 시킬 수 있다. 흔히 단순 소음기로 알고 있는 사이렌서의 역할은 소음제거뿐만 아니라 유체이송을 유도하여, 유동안정화를 향상시킨다. 본 논문에서는 기존 컨트롤 밸브에 비하여 사이렌서(Silencer) 설치에 따른 유동을 관찰하고, 이에 따라 사이렌서를 이용한 유동의 안정성에 대하여 서술하고자 한다.

2. 유동해석

본 해석은 대형 컨트롤 밸브가 유량을 제어함에 있어서 사이렌서의 유무에 따른 유동해석을 디스크의 완전개방상태에 대하여 수행하였고, 각각의 원리 및 세부 해석 방법은 다음과 같다.

2.1 사이렌서의 작동원리

밸브 소음에 대한 해결책으로 고가의 밸브 트림(Valve Trim)을 고려하기 전에 차선의 대책을 검토하였으나, 밸브 내부의 난류유동 및 소음제거를 동시에 해결하기 위해 사이렌서(Silencer) 및 디퓨저(Diffuser)의 설치를 택하였다. 유체의 유동방향은 입구, 그리고 밸브 상단과 하단을 지나 출구로 흘러가는데, 밸브의 상단과 하단 사이에 사이렌서를 설치하여 하류에서의 난류 및 소음을 방지하였다.

2.2 해석방법(경계조건 및 구속조건)

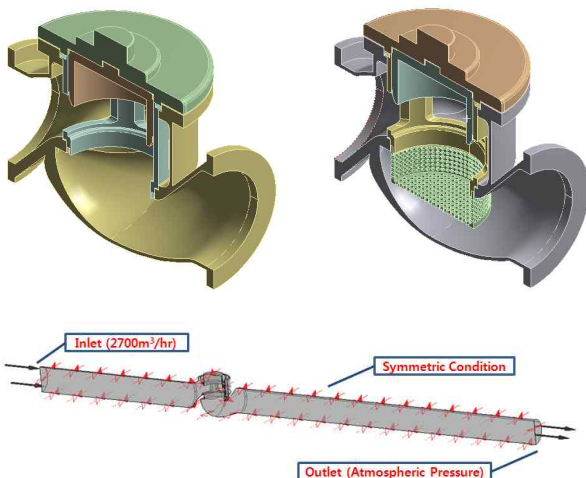


Fig.1 Control Valve Modeling & Boundary Condition

컨트롤 밸브가 작동할 때에 적용되는 유동압력을 구하기 위하여 유동해석 소프트웨어인 ANSYSTM CFX 12.0을 이용하여 컨트

롤 밸브의 개폐에 따른 두 가지 경우에 대하여 입구유량과 출구압력을 적용하여 해석을 수행하였고, 이 때 바디(Body)와 디스크(Disc), 사이렌서(Silencer)에 걸리는 유동속도와 압력을 비교 분석하였다. 정확하고 안정된 결과를 얻기 위하여 Fig.1과 같이 밸브 바디부의 입구에 3 m, 출구에 6 m의 관을 설치하였고, 이때의 입구측 유량은 2,700 m³/hr, 그리고 밸브의 출구측은 대기로서 가정하였다. 경계조건은 형상대칭이므로 반 모델(Half Model)을 사용하여 대칭면에 시메트릭(Symmetric) 구속조건을 주었고, 바디 내부의 유체와 맞닿는 부분의 점성마찰을 고려해 프리즘 메시(Prism Mesh)를 사용하였고, 유체가 흐를 때 난류 거동을 하므로 K-ε 모델을 설정하여 정밀도를 향상시켰다.

3. 해석결과 및 고찰

Fig.2~4는 컨트롤 밸브에서 사이렌서의 설치 유무에 따른 유동을 비교한 것이다. 본 해석에서는 사이렌서가 유동에 미치는 영향만을 알아보기 위한 것으로 완전 개방상태의 유동결과에 국한하였다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 컨트롤 밸브의 입·출구 법선거리가 짧아서 입구에서부터 점점 내경의 형상이 넓게 퍼지게 설계된 것을 알 수 있는데, 이는 동일한 유량을 흐를 수 있도록 하기 위함이고, 이에 따라 유체가 입구를 지나 밸브의 상부에서 하부로 유동하면서 밸브의 형상에 따라 압력분포 및 유속에 영향이 미친다는 것을 알 수 있다.

3.1 사이렌서의 설치 유무에 따른 압력분포

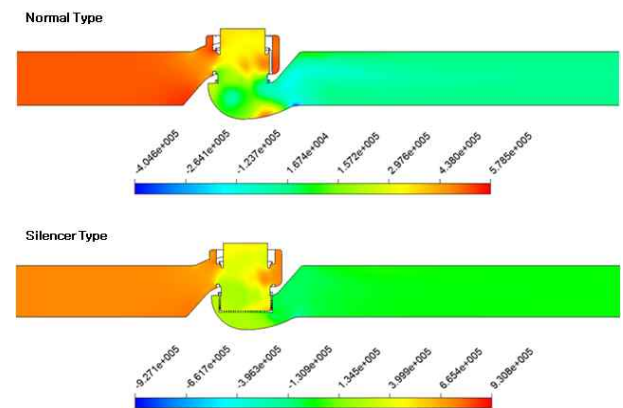


Fig.2 Compare of pressure to investigate effect of silencer in valve

Fig.2와 같이 유동에 대한 압력분포를 살펴보면, 사이렌서를 설치하지 않은 경우 입구 측과 밸브의 상단, 그리고 밸브의 하단 바닥에서 발생하며, 그 값은 0.5785 MPa임을 알 수 있었다. 이는 유체가 바디의 상단과 센서 사이에 갇혀서 유체의 흐름이 원활하게 진행되지 못하기 때문일 것이라고 판단된다. 그리고 최저압력은 밸브의 출구에서 나타나는데 이는 위와 반대로 유체의 흐름이 원활하게 진행되기 때문이라고 판단된다. 사이렌서를 장착한 경우 최대압력은 바디의 상단에서 발생하며, 그 값은 0.9308 MPa이고, 사이렌서의 영향을 받은 것으로 판단된다. 또한 사이렌서를 설치하지 않은 경우, 컨트롤 밸브의 압력보다 미세하게 크지만 고르고 넓게 분포한 것을 알 수 있다. 그리고 최저압력은

밸브의 하단부에서 나타나는데, 이는 사이렌서를 설치하지 않은 컨트롤 밸브와의 차이점으로 형상에 의한 속도와 압력 감소를 통한 사이렌서의 기능여부를 확인할 수 있다.

3.2 사이렌서의 설치 유무에 따른 속도분포

앞서 압력분포를 확인하였고, 경계조건에 따르면 정상유동, 비압축성 유동이므로 베르누이의 방정식에 의해 속도분포를 예상할 수 있다. Fig.3은 유한요소해석을 통한 속도분포 결과로 압력분포와 대조적인 분포를 나타내는데, 밸브의 상단부에서 하단부로 내려오는 관로에서 빠른 속도분포를 가진다. 이러한 영향을 받아 노즐 타입의 경우 출구측 바닥에서 최대 유속 38.48 m/s를 가지며, 사이렌서 타입의 경우는 사이렌서부에서 최대 유속 42.22 m/s를 나타내었다. 이러한 속도분포를 통해 각 부분에서의 유속을 구한 다음 레이놀즈의 수를 통해 난류와 층류를 구분할 수 있다. 하지만 이번 연구에서는 유선을 통해 사이렌서의 설치에 따른 유동안정성을 확인하는 것으로 대체하였다.

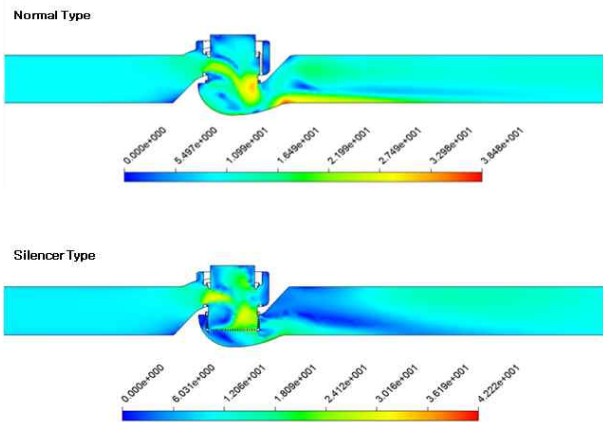


Fig.3 Compare of velocity to investigate effect of silencer in valve

3.3 사이렌서의 설치 유무에 따른 유선(Velocity Streamline)

사이렌서의 유무에 따른 밸브 내부의 유동현상은 Fig.4의 유선 비교로 명확히 그 차이를 알 수 있다. 사이렌서를 설치하지 않은 경우 바디 내부의 상단과 하단의 코너에서 난류를 형성하며, 출구 뒤쪽에 큰 와류를 발생시켜 밸브의 용적효율을 떨어뜨린다고 판단할 수 있다. 이에 비해 사이렌서 타입의 경우 바디 내부의 난류 형성이 거의 없으며, 사이렌서를 설치하지 않은 경우와 달리 출구 뒤쪽에 와류가 거의 발생하지 않는 것으로 파악된다.

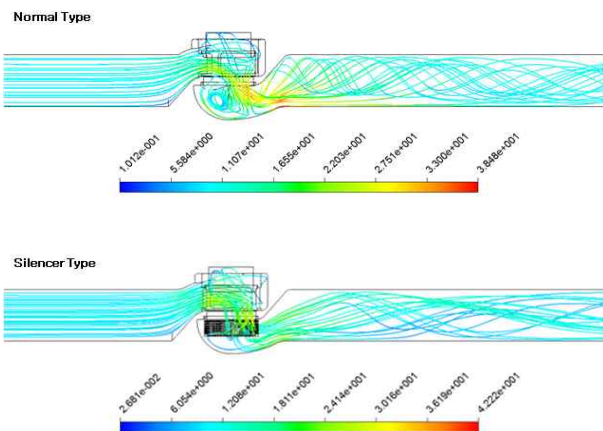


Fig.4 Compare of streamline to investigate effect of silencer in valve

Table 1 Result Of Simulation Using CFX 12.0

Type	Inlet	Outlet
Normal Type	515535 Pa	84.6414 Pa
Silencer Type	734021 Pa	207.241 Pa

4. 결론

컨트롤 밸브에서의 유동안정성을 얻기 위해 사이렌서의 유무에 따른 유동결과를 확인하고, 적절한 난류 및 소음 제거법을 찾는 것이 본 연구의 목적이었다. 그리고 사이렌서를 이용한 컨트롤 밸브의 유동특성을 얻기 위해 타입 별 유동해석을 수행한 결과, 사이렌서의 설치에 따른 유동변화로 난류의 감소를 이루었으나, Table 1에서와 같이 사이렌서의 흡의 크기나 형상에 의해 차압감소를 얻지 못하였고, 이로 인하여 흡의 크기나 형상에 대한 최적설계가 필요함을 알게 되었다. 그리고 사이렌서의 설치로 기존의 밸브에 비해 집중 압력분포를 줄일 수 있었고, 이로 인해 소음 및 진동 제거를 통한 구조적인 안정성도 얻을 수 있음을 예측할 수 있었다. 본 연구를 통하여 사이렌서의 필요성을 입증하였고, 차후 사이렌서의 흡과 형상의 변화를 통하여 향상된 유로설계를 할 수 있을 것이라고 예상된다.

후기

본 연구는 동남광역경제권 선도산업육성사업의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Philip L. Skousen, "VALVE HANDBOOK SE", Mc Graw Hill, New York, pp.342~378, 2005.
2. Taesung S&E co., " ANSYS WorkBench Training Manual", pp.1~44, 2009.
3. Mohammadi, B. and Pironneau, "Analysis of the K-Epsilon Turbulence Model", 1994
4. Hutchison, James W, "ISA handbook of control valves :a comprehensive reference book containing application and design information", Instrument Society of America