

원터치 Y 피팅 분지관의 내부유동에 대한 스플리터의 영향

고동국*·박인숙**

*전북대학교 기계공학과, **포디엠

e-mail:kdg2002@jbnu.ac.kr

Effect of the Splitter on the Internal Flow of a one-touch Y-fitting Branching Tube

Dong-Guk Ko*

*Dept. of Mechanical Engineering, Jeonbuk National University

요약

본 논문은 다양한 산업분야에 사용되는 원터치 Y 피팅 분지관 내부에 스플리터를 설치했을 경우와 설치하지 않았을 경우 또 설치 시 스플리터의 형상에 따른 유체의 유동구조와 유속의 균일도를 분석한 것이다. 왼쪽과 오른쪽 유입구를 통해 흡입되는 공기와 물의 속도가 0.4 m/s로 동일할 경우(유속비 $\alpha=1.0$) Y 피팅 분지관 내부의 유동은 대칭구조였다. 공기와 물의 혼합유체는 유출구를 통해 토출되는 동안 중심에서 가장 높은 값을 보였으며 유체의 유속은 거의 균일하였다. 결과적으로 토출되는 유체의 속도 균일성은 스플리터 전체 형상 중 하부가 없는 경우 가장 좋게 나타났다.

1. 서론

원터치 Y 피팅 분지관(branching pipe)은 관로의 구성 요소 중 하나로서 흐름을 한 개 이상의 장소에 분배하는 중요한 역할을 수행한다.^[1] 이러한 분지관은 다양한 분야에 적용되고 있으며 연구 또한 활발하게 진행되고 있다. Kang 등^[2]은 수압분지관의 분기점과 sickle plate에서 발생하는 압력강하가 불균일한 유동장을 형성시키며 불규칙한 유동구조는 유체 내부의 전단응력(shear stress)과 난류강도(turbulent intensity)를 상승시켜 소음을 발생시키는 원인이 된다고 하였다. Lee 등^[3]은 180° 곡관을 갖는 원형 혼합배관에 분지관을 설치하고 분지관의 수력직경(hydraulic diameter)과 이격거리(distance from entrance) 및 분지관의 경사각도에 따른 관 내부유동을 수치해석 기법을 통해 분석하였다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 관로에 부착된 분지관의 이격거리와 채널의 돌출길이 그리고 관로 유입구를 통해 흡입되는 유체의 해석 변수에 따른 내부유동 특성을 분석한 것이며 관을 통해 토출될 때 유동의 안정화를 확보하기 위한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 상용화된 원터치 Y 피팅 분지관을 통해 토출되는 유동의 안정성과 균일성을 얻기 위한 방안으로서 분지관 내부에 스플리터(splitter)를 설치하고 설치유·무와 설치 시 스플리터의 형상에 따라 토출되는 유체의 유동구조를 파악하고 유속의 균일도를

분석하였다.

2. 수치해석

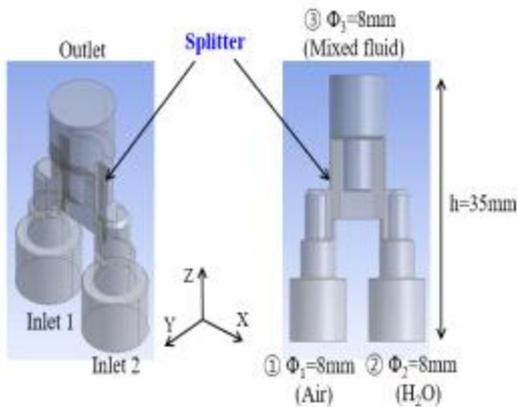
[그림 1]은 본 연구에 사용된 원터치 Y 피팅 분지관 내부의 형상을 나타낸 것이다. 왼쪽과 오른쪽 그림은 각각 분지관의 입면도와 정면도를 나타낸 것이다. 유입구(inlet port) ①과 ②를 통해 각각 공기(Air)와 물(H₂O)이 흡입되고 유입된 유체는 스플리터를 포함한 체류 공간에서 혼합된 후 유출구 ③을 통해 토출된다. 본 연구에서는 토출되는 유체의 유동에 스플리터의 영향을 파악하고자 스플리터의 설치 유·무와 형상변화에 따른 유동구조를 분석하였다. 또 유입되는 유체의 유속비(α : ① 구멍을 통해 유입되는 공기의 속도/② 구멍을 통해 유입되는 물의 속도)에 따른 분지관 내부유동 특성을 고찰하였다. 기본 모델의 스플리터 크기는 가로(Y축 방향), 세로(X축 방향), 높이(Z축 방향)가 각각 1 mm, 2 mm, 6 mm이다. 본 연구에 사용된 혼합유체의 거동은 정상류와 난류유동으로 가정하였다. 난류모델은 스월유동(swirl flow)을 고려하여 Shear Stress Transport(SST) $k-\omega$ 모델을 사용하였으며 압력과 속도의 보정은 압력기반 커플드 알고리즘(pressure-based coupled algorithm)을 적용하였다. 수치해석 계산을 위한 솔버는 ANSYS-FLUENT 2020 R2이며 해석결과의 수렴오차(convergence tolerance)는 0.001이다.^[4] 유속비 α 는 0.5, 1.0,

2.0, 4.0이며 유로의 유입구와 유출구 경계조건은 공기와 물의 유입속도와 대기압이다. 유로 벽면을 따라 흐르는 물의 속도는 0으로(no-slip condition) 설정하였다.

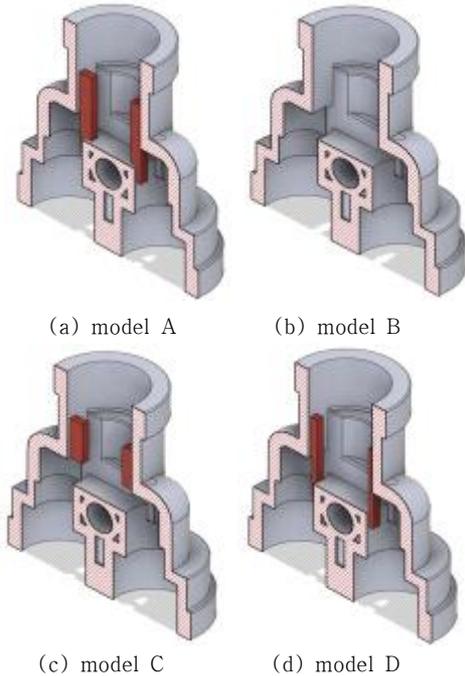
[그림 2]는 원터치 Y 피팅 분지관의 해석모델을 나타낸 것이다. Model A(a)와 B(b)는 각각 기본모델의 스플리터 형상을 가진 분지관과 스플리터가 없는 분지관을 나타낸 것이다. 또 Model C(c)와 D(d)는 각각 스플리터 전체 형상 중 하부가 없는 분지관과 X축 방향으로의 스플리터 두께가 Model A 스플리터 두께의 1/2인 분지관을 형상화한 것이다. 이와 관련된 스플리터 형상 재원을 [표 1]에 표현하였다.

3. 결과 및 고찰

[그림 3]은 $\alpha=1.0$ (공기의 속도=0.4 m/s, 물의 속도=0.4 m/s)인



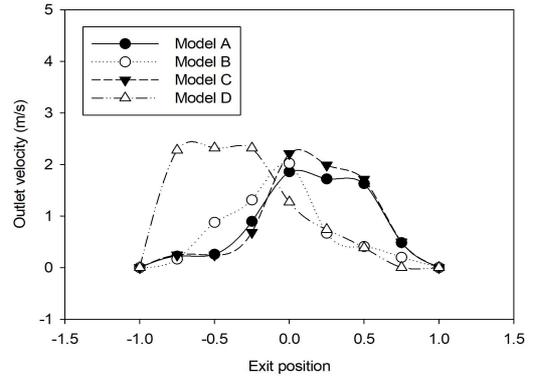
[그림 1] 원터치 Y 피팅 분지관 내부형상



[그림 2] 원터치 Y 피팅 분지관의 형상설계 변수

[표 1] 스플리터 형상 재원

Model	Splitter shape
Model A	Original model
Model B	Model no splitter
Model C	Model with upper half splitter
Model D	Model with 1/2 splitter thickness



[그림 3] $\alpha=1.0$ 일 경우 스플리터 형상 변화에 따른 Y자 분지관 토출구에서의 속도 값

경우 스플리터의 형상 변화에 따른 Y자 분지관의 토출속도를 토출구 위치에 따라 나타낸 것이다. Model B의 경우 유출구 ③의 중심점을 기준으로 대칭 구조의 속도분포를 보였다. 반면 Model D의 경우 유출구의 최고 속도 값은 2.32 m/s였으며 중심점을 기준으로 왼쪽으로 치우친 유동형태를 보였다. Model A와 C는 유사한 유동구조를 나타내었으며 유출구 ③의 중심점에서의 토출속도 값은 각각 1.86 m/s와 2.21 m/s였다. 이러한 토출속도 값은 에너지 소산으로 인해 오른쪽 반경방향 2 mm 지점 이후 급격하게 감소하였다.

4. 결론

본 연구에서는 원터치 Y 피팅 분지관 내부에 스플리터를 설치했을 경우와 설치하지 않았을 경우 그리고 스플리터 설치 시 스플리터의 형상에 따른 혼합유체의 유동구조를 파악하고 토출되는 유체의 속도 균일도를 분석하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

- 1) $\alpha=1.0$ 일 경우 분지관의 내부유동은 대칭구조를 형성하였다.
- 2) $\alpha=1.0$ 일 경우 공기와 물의 혼합유체의 최고 토출속도 값은 유출구 ③의 중심에서 2.21 m/s였으며 토출되는 유체의 속도는 거의 균일하였다.
- 3) 토출되는 유체의 속도 균일성은 스플리터 전체 형상 중 하부가 없는 경우 즉 model D가 가장 좋게 나타났다.

후 기

본 연구는 중소벤처기업부의 중소기업기술개발지원사업(과제 번호: S3375910)과 교육부의 창의도전연구기반지원사업(과제

번호: RS-2023-00248445)의 지원에 의한 결과임.

참고문헌

- [1] <https://100.daum.net/encyclopedia/view/156XX58602081>
- [2] Kang, S, K., Yoon, J, Y., Kang, S, H. and Sung, N, W., “Optimization of Hydraulic Bifurcation by Computational Fluid Dynamics”, The KSFM Journal of Fluid Machinery, Vol. 10, No. 1, pp. 7-13, 2007.
- [3] Lee, H, M., Kim, K, C., Lim, J, H. and Yoon, J, K., “A Study on Flow Characteristics According to Design Parameters of Branch Pipe in Circular Mixing-tee with 180° Curved Pipe”, Journal of Korean Society Mechanical Technology, Vol. 22, No. 2, pp. 274-282, 2020.
- [4] ANSYS Co., ANSYS Fluent User's Guide, 2022.