

다양한 형상의 플랜지 일체형 평균 피토관 유량계 유량 특성

이 충 훈*

서울과학기술대학교 기계자동차공학과

A flow rate characteristics of flange embedded averaging Pitot tube (APT) flow meters which have various cross-section shapes

Choonghoon Lee*

Department of Mechanical and Automotive Engineering, Seoul National University of Science and technology¹

Key words : averaging Pitot tube flow meter(평균 피토관 유량계), cross-section shape(단면 형상), differential pressure flow meter (차압유량계), flange embedded type (플랜지 일체형)

* Corresponding Author, E-mail: chlee5@seoultech.ac.kr

1. 서론

파이프 내를 흐르는 fluid의 flow rate를 측정하는데 일반적으로 많이 사용되는 flow meter가 Averaging Pitot type (APT) flow meter이다. APT flow meter는 유체가 흐르는 pipe 단면에 설치되어 반경 방향의 평균 dynamic pressure를 측정하여 유량을 계산한다. APT flow meter는 그것의 설치로 인한 유동 저항이 크지 않고 대용량의 유량을 측정할 수 있으며 형상이 단순하여 제작이 쉬운 것이 등이 이 유량계가 가지고 있는 장점이다.

APT flow meter는 다양한 형상을 가지고 있다. APT flow meter의 형상과 관련된 연구는 Britton 과 Mesnard에 의해 이루어졌으며 주로 측정 element의 외형에 따른 flow characteristics을 연구 하였다. Britton 과 Mesnard가 연구에 사용한 유량계 단면 외형은 원형, 다이아몬드형, 육각형 등이며 flow coefficient의 variation을 주로 측정하였으며 원형보다는 다이아몬드형 또는 육각형일 때 flow coefficient 의 variation이 작게 나타났다. Cutler는 fluid가 흐르는 파이프 반경 방향의 평균 dynamic pressure를 측정하기 위해 뚫은 pressure tap의 수가 flow characteristics에 미치는 영향을 연구하였다. Kim 등과 Lee 등은 다이아몬드 형상을 가진 APT flow meter를 사용하여 외부 형상과 기체의 온도 변화가 APT flow meter에 미치는 영향에 대해서 연구를 수행하였다.

APT flow meter와 관련된 기존의 연구는 주로 외부 형상과 기체 온도 변화에 따른 flow characteristics와 관련된 연구이다. APT flow meter의 생산성 향상과 유량계 유지 보수를 향상시키기 위한 연구는 거의 없으며 이에 본 연구에서는 이들과 관련된 연구를 수행하였다. 전형적인 APT flow meter는 파이프 바디와 APT flow meter의 element를 결합함으로써 유량을 측정할 수 있다. 이러한 방식은 APT flow meter의 조립하거나, 점검을 위해 분리하는 과정에서 APT flow meter 엘레먼트가 일정 각도 회전하여 장착되면 측정 유량이 바뀔 수 있다. 이로 인해 APT flow meter를 다시 캘리브레이션하여야 하는 문제점이 있다. 또한 APT flow meter 엘레먼트와 파이프가 서로 분리되어 있음으로 인해 엘레먼트 탈거 후 재조립 과정에서 유체 밀봉에 문제가 생길 수 있다. 이와 같은 기존의 APT flow meter 문제점들을 해결하기 위해, 파이프 연결용 표준 플랜지와 APT flow meter 엘레먼트를 일체형으로 된 새로운 형상의 APT flow meter를 개발하였다. 표준 플랜지는 파이프 연결에 사용되는 부품으로 두 개의 플랜지 사이에 APT flow meter 엘레먼트와 일체가된 플랜지를 끼워넣고 볼트로 조립하면 파이프 내의 흐르는 유체의 유량을 측정할 수 있다. 표준 플랜지 일체형 APT flow meter를 사용함으로써 기존의 APT flow meter가 가지고 있는 두가지 문제점을

없을 수 있다. 본 연구에서는 표준 플랜지 일체형 APT flow meter의 여러 형상에 대해 유량 특성을 파악하고 기존의 APT flow meter의 특성과 비교 분석하였다.

2. 실험 장치 및 방법

유량계를 검정하기 위해 실험 장치를 구성하였다. 공기 정화를 위한 에어클리너, 유량 검정을 위한 기준 유량계인 Meriam사의 증류유량계를 사용하였으며 0.72%의 정확도를 가지고 있다. 또한 공기를 흡입할 수 있도록 진공 압력 형성을 위한 3상 220V 송풍기, 송풍기 회전 속도 제어를 위한 인버터, 검정 대상인 FEAPT flow meter, 압력 측정을 위한 경사압력계, U-자관, 온도 측정 센서(J-형 열전대)와 써모미터 등으로 구성되어 있다. 송풍기를 회전시키면 공기는 에어클리너, 송풍기, 증류유량계, FEAPT flow meter를 차례로 지나 대기 중으로 방출된다.

송풍기의 인버터 속도 조절 노브를 이용하여 일정한 목표 유량을 설정하면 정상 상태에 도달하면 증류유량계의 라미나엘레먼트(laminar element) 전후의 차압 및 입구압력, 흡입 공기 온도, FEAPT flow meter에서의 상류압력, 후류부 압력, 정압, 공기 온도 등을 측정한다. FEAPT flow meter와 증류 유량계를 직렬로 연결한 조건이므로 송풍기로 공기를 공급하면 증류유량계의 유량값은 이미 검정성적서로부터 계산하여 낼 수 있고 FEAPT flow meter의 유량값은 증류 유량계의 유량값과 동일하게 된다. 즉, 증류유량계에서 측정한 유량값은 검정대상 FEAPT flow meter의 유량으로 볼 수 있다. 증류유량계는 체적유량을 측정하며 측정된 체적유량을 유체온도, 유체압력, 대기압으로 보정하여 질량유량을 계산하였다. 다시 송풍기 인버터의 노브를 조절하여 풍량을 조절한 후 동일한 과정을 반복하여 검정 대상 FEAPT flow meter의 유량을 검정하였다. 사용된 FEAPT 유량계의 엘레먼트 형상은 6 종류이다.

3. 결과 및 검토

FEAPT flow meter의 H-parameter 변화에 따른 FEAPT flow meter에서의 질량 유량 변화를 나타낸 것이다. 6가지 형상 모두의 경우 H-parameter가 증가함에 따라 FEAPT flow meter에서 측정된 질량 유량이 선형적으로 증가하고 있다. 질량 유량 곡선의 기울기가 base 형상인 경우가 가장 크고 그 다음으로 Diamond와 Wing, T, Wide wing, Wide T의 순서로 기울기가 감소하였다. 이러한 경향은 6개의 형상 별로 유동 저항이 다르기 때문에 나타난 것이며 유동저항이 작을수록 기울기값이 크게 나타났으며 Base, Diamond와 Wing, T, Wide wing, Wide T 순서로 유동 저항이 작게 나타났다. 유체가 흐르는 단면적 중에 FEAPT flow meter가 차지하는 면적이 작을수록 형상이 유선형일수록 유동저항이 작게 나타났다. Base 형상은 단면적이 가장 작으며 Diamond, Wing, Wide Wing은 유선형 형상에 가깝다. 기울기가 크다는 것은 동일한 FEAPT flow meter 상류압과 하류압 간의 차압에 대해서 유량이 크다는 것을 의미하며 이는 유동 저항이 작다는 것을 의미하고 유속이 빠르다는 것을 의미한다. FEAPT flow meter 상류압과 하류압 간의 차압이 동일하다는 것은 H-parameter 값이 동일하다는 의미이다.