

오리피스 전단에 인접한 90° 엘보와 오리피스간의 거리가 유출계수에 미치는 영향

윤준용*·성낙원**

The Effect of Distance between 90° Elbow close to Upstream Face of Orifice Plate and Orifice Plate on Discharge Coefficient

Yoon, Joon-yong*, Sung, Nak-won**

Key Words : Orifice plate(오리피스), Discharge coefficient(유출계수), Differential pressure(차압), Elbow(엘보)

Abstract

The effect of distance between ninety degree elbow close to upstream face of orifice plate and orifice plate on discharge coefficient was investigated. The distributions of discharge coefficient and differential pressure caused by elbow and short upstream straight length were examined and modified discharge coefficient was introduced. The results presented in this study could be useful when orifice plate is installed under the condition of simple flow disturbance element and short upstream straight length.

1. 서론

오리피스를 이용하여 차압을 발생시키는 방법에 의한 유량 측정법은 오래 전부터 사용된 방법이며, 객관성이 입증된 이론과 방대한 양의 축적된 데이터에 의하여 간단하면서도 비교적 정확한 유량측정이 가능한 방법이다.[1] 전자 유량계나 질량 유량계 등 1% 미만의 정확도를 구현할 수 있는 고정밀 유량계의 개발과 성능 향상이 이루어지고 있으나, 간단한 구조와 운동범위의 부재에 의한 긴 수명, 다양한 피측정 유체의 종류 및 용이한 측정 범위의 변경 등의 장점에 의해, 고전적인 차압식 유량계가 적용되는 경우를 많이 볼 수 있다. 특히, 설치와 측정법이 규격화되어 있으므로 사용자에게 신뢰를 줄 수 있으며, 손쉽게 정확한 유량을 측정할 수 있다.[2,3,4]

그러나 규격화되어 있는 국제 기준에서 제한하는 설치의 요건 중 반드시 확보해야 하는 충분한 길이의 전단부를 현장의 여건상 확보할 수 없거나, 배관 형상의 변경이나 관로의 확장 등에 의해 최초 설계시의 조건에 변화가 발생할 경우, 유출계수가 변화하여 기존의 국제 규격 등에 정량화되어 있는 유출계수의 적용이 불가능하고, 이를 극복하기 위해서는 정류기를 설치하거나 짧은 전단부를 허용하는 기종의 유량계로 교체를 해야 한다. 교란된 유동의 정류를 위한 방법에 대한 국제 기준도 규격화되어 있고, 정류기에 대한 연구도 이루어지고 있으나, 정류기를 사용할 경우 필연적으로 압력손실이 발생하는 등 단점이 있다.[5,6] 유동 교란 요소가 단순하고 요구되는 정확도가 그리 높지 않

으며, 유량 컴퓨터를 사용한다면, 변화된 유출계수를 적용한 유량 측정이 가능하며, 결과적으로 별도의 장치를 추가하지 않고 단축된 직관부를 적용할 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 오리피스의 인접한 상류에 단순한 유동 교란요소의 한 종류인 90°엘보가 존재할 경우, 엘보와 오리피스와의 거리에 의한 유출계수를 고찰함으로써, 차압식 유량계의 직관부 감소를 위한 가능성을 제시하도록 하겠다.

2. 본론

2.1 오리피스를 이용한 유량 계산

국제 기준에서 제시하는 오리피스의 설치 조건을 만족한 후 오리피스가 설치된 배관의 내경과 오리피스 구멍의 직경, 차압 및 유체의 온도를 측정하고, 정량화된 유출 계수를 적용함으로써 식(1)에 의하여 유량을 산정할 수 있다.

$$Q_v = \frac{\epsilon C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

식(1)의 C_d 는 유출 계수로서, 유체의 점성효과에 의하여 오리피스 구멍의 직경이 감소하는 것과 같은 현상을 보이는 것에 대한 계수이다. 유출 계수는 유동과 배관 등의 조건이 국제 기준의 범위를 벗어날 경우, 실험적 과정을 통하여 산정하는 것이 가장 정확하며, 식(2)에 의하여 결정할 수 있다.

$$C_d = \frac{\text{Actual flow rate}}{\text{Theoretical flow rate}} \quad (2)$$

* 한양대학교 기계공학과 joyoon@hanyang.ac.kr

** 한양대학교 기계공학과 대학원
iamzooty@ihanyang.ac.kr

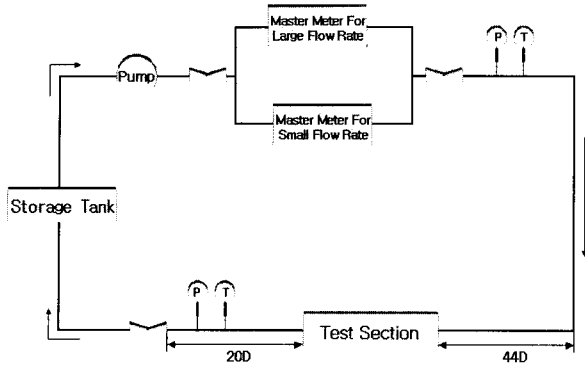


Fig. 1 Schematic of flow rate test apparatus

2.2 유량 시험 장치

본 연구에서 이용한 유량 시험 장치는 기준유량계와 피시험 기기를 비교하여 평가하는 비교식 시험 장치이다. 전범위 22.6 m³/h의 대유량용 기준유량계와 전범위 3.5m³/h의 소유량용 기준유량계를 이용하여 0.3m³/h~25m³/h의 유량 시험이 가능하며, 상기 기준유량계는 각각의 전범위에서 ±0.5%이내의 오차를 갖는 전자유량계이다. 차압계는 전범위 250mmH₂O와 전범위 1,000mmH₂O를 갖는 2종류이며, 각각의 전범위에서 ±0.1%이내의 오차를 갖는다. 내경 2inch 관로의 시험부위를 전후하여 전단 44D의 직관부와 후단 20D의 직관부가 확보되어 있으며, 시험부위에 엘보 등 배관요소를 장착할 수 있다. 유량 조절시 유동의 교란을 최소화하기 위하여 시험부위 후단의 밸브로부터 유량이 조절되도록 하였으며, 필요한 경우 펌프로부터 저장고로 직접 토출할 수 있는 바이패스 배관이 구성되어 있다. 유체의 온도측정을 위한 시험부위 전,후단의 백금저항 온도계와 유체의 저장을 위한 저장탱크가 구성되어 있으며, 펌프로부터 도출되는 배관에 방진처리를 하여 계측기와 펌프의 진동이 서로 독립되도록 구성하였다. Fig.1에 유량 시험 장치의 개략도를 나타내었다.

2.3 유량 시험 방법

시험에 사용된 오리피스스는 직경비 0.73의 square-edged 오리피스이며, 프랜지 탭으로부터 압력을 취출하였다. 시험 유량 범위는 3m³/h~13m³/h이며, 이때 배관내경에 대한 레이놀즈수의 범위는 약 20,000~95,000정도이다

시험 설비의 평가를 위해 국제규격에서 제안하는 충분한 전후단 직관부를 확보한 후 유출계수를 고찰하여 비교하였으며, 이후 유동 교란요소인 90°엘보(r/D=1.5)를 장착하고 엘보와 오리피스와의 거리를 조절하여 오리피스스의 유출계수를 고찰하였다. 엘보와 오리피스스간의 거리는 5D~18D까지 1D간격으로 변화시켰으며, 유량의 조절 간격은 1m³/h로 하였다. 오리피스스 전후단의 차압신호는 A/D카드를 통하여 100Hz의 습득률로 데이터를 습득하였으며, 기준유량계와 온도계의 신호는 부속기기(multimeter)와 GPIB 카드를 통하여 1Hz의 습득률로 PC에 저장하였다. 사전에 각 결선에 사용된 리드선의 전압강하를 측정하여 유량 시험시 보정하였으며, 시험에 사용된 장비의 전원은 안정기를 통하여 공급하였고, 상온의 물을 사용하여 시험 전 1시간 정도의 예열과정을 거쳐 본 시험을 수행하였다.

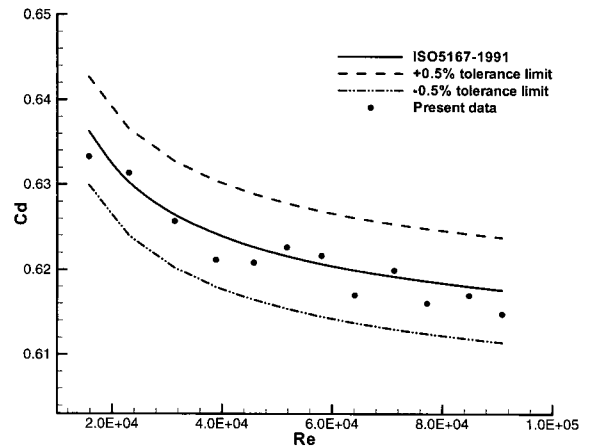


Fig. 2 Benchmarking of flow rate test apparatus

3. 결과

3.1 시험 장비의 성능 평가

2inch 관로에 직경비 0.73의 오리피스스를 설치하고, 전후단 직관부를 충분히 확보한 후, 본 시험 장비에서 산출된 유출계수와 ISO 5167-1991에 명시되어 있는 유출계수와 비교함으로써 시험 장비의 성능을 평가하였다. 평가 결과는 Fig.2에 나타내었으며, 시험하고자 하는 유량 범위인 3m³/h~13m³/h에 해당하는 레이놀즈수의 범위 20,000~95,000에서 ±0.5%의 이내의 편차를 보이고 있다.

3.2 90°엘보에 의한 영향

오리피스스 전단 인접한 곳에 90°엘보가 존재할 경우의 차압과 유출계수를 각각 Fig.3과 Fig.4에 나타내었다. Fig.3은 오리피스스 전단의 직관부가 충분히 확보된 상태에서의 차압과, 오리피스스 전단에 90°엘보가 존재할 경우의 차압을 비교한 것이다. 엘보의 존재에 의하여 오리피스스 전후 차압이 기준 차압에 비해 크게 나타나고 있음을 볼 수 있으며, 엘보와 오리피스스간의 거리가 증가함에 따라 차압이 감소하여 기준값에 접근하는 경향을 보이고 있다. 레이놀즈수가 증가함에 따라 차압의 편차가 증가하는 것은 엘보와 오리피스스간 거리의 영향이 레이놀즈수의 증가에 상당한 영향을 받고 있음을 시사한다. Fig.4는 ISO 5167-1991에서 제시하는 유출계수와 엘보에 의해 변이된 유출계수를 비교하고 있다. 엘보와 오리피스스가 가장 가까운 경우, 유출계수의 편차는 5%이상 증가하는 경향을 보이며, 엘보와 오리피스스와의 거리가 멀어질수록 기준값으로 접근하고 있음을 볼 수 있다. 특히, 레이놀즈수 60,000이하의 유량에서는 엘보와 오리피스스와의 간격이 증가함에 따라 유출계수의 회복이 빠르며, 18D 정도만 확보되어도 기준값에 상당하는 회복이 이루어짐을 볼 수 있다. 레이놀즈수 60,000이하에서 엘보와 오리피스스간의 거리가 18D에 달하면, 유출계수는 기준값에 1%까지 접근하고 있다. 그러나, 레이놀즈수 60,000 이상의 유량에서는 18D의 거리로도 유출계수의 회복에 다소 부족함을 볼 수 있다. 일반적으로 같은 직경비에서 레이놀즈수가 증가할수록 유출계수가 감소한다는 점에 비추어 볼 때, 레이놀즈수가 증가할수록 유동 교란에 의한 유출계수 변이의 회복이 지체되는 것으로 볼 수 있으며, 반대로 작은 레이놀즈수의 영역에서는 비교적 짧은 전단부만으로도 유출계수의 신속한 회복이 예상된다.

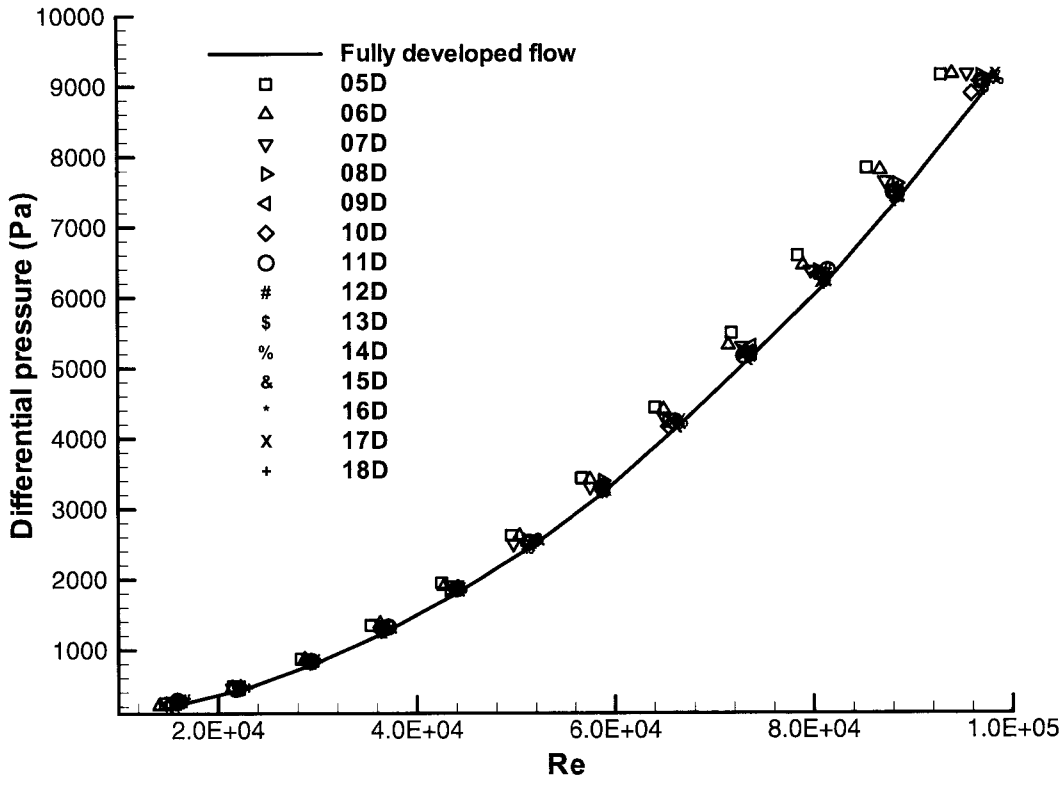


Fig. 3 Differential pressure distribution with varying distances between orifice plate and 90°elbow

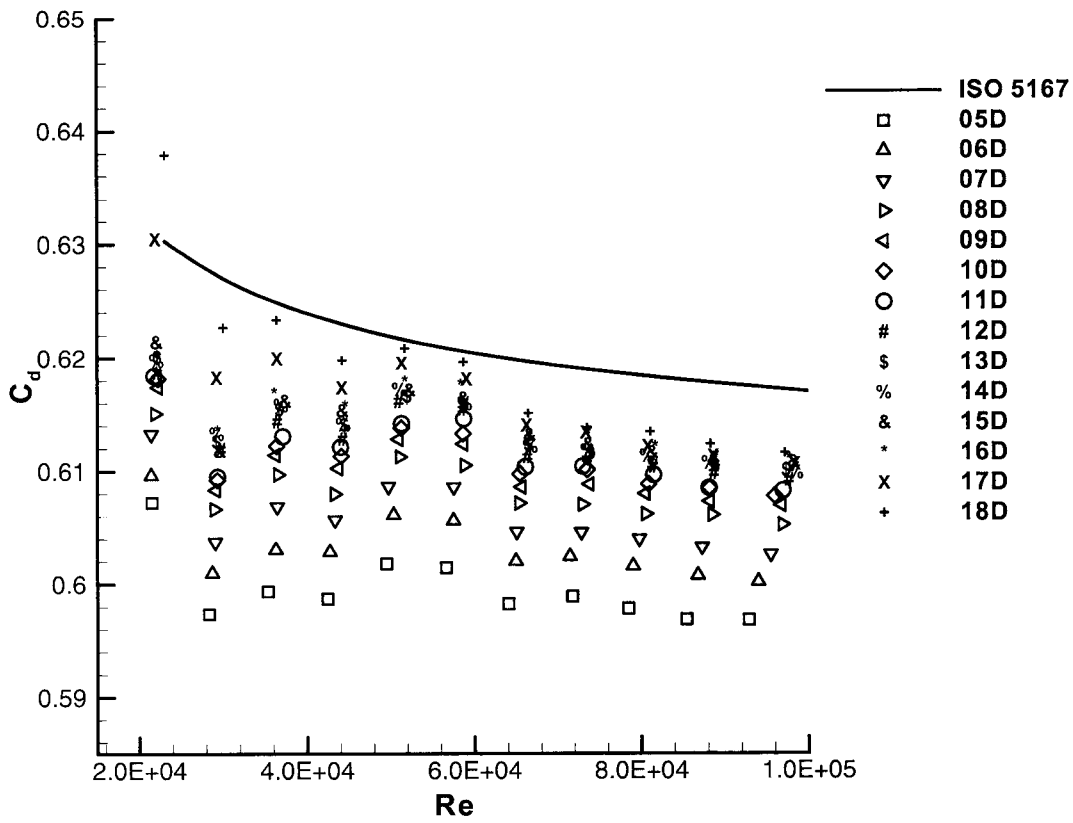


Fig. 4 Discharge coefficient distribution with varying distances between orifice plate and 90°elbow

4. 결 론

2inch 관로에 장착된 직경비 0.73의 오리피스 전단에 유동 교란 요소인 90°엘보가 인접할 경우, 엘보와 오리피스간의 거리 변화에 따른 유출계수의 변화를 시험한 결과를 고찰한 결론은 다음과 같다.

(1) 오리피스의 유출계수는 잘 알려진 바대로 레이놀즈수의 거동에 지배를 받으며, 레이놀즈수 60,000이하의 조건에서는 엘보와 오리피스간의 거리가 18D에 달할 경우, 유출계수의 신속한 회복이 이루어지고, 레이놀즈수 60,000이상의 조건에서는 유출계수의 회복을 위하여 18D 이상의 직관부가 요구된다.

(2) 본 연구에 사용된 90°엘보와 같이 단순한 유동 교란요소에 의한 유출계수의 변화는 정량화되어질 수 있으며, 엘보와 오리피스간의 거리가 적용된 유출계수를 도입하면, 정류기나 배관의 연장 같은 별도의 부가작업을 거치지 않고 오리피스를 이용한 유량 측정이 가능하다.

참고문헌

- [1] R.W. Miller, Flow Measurement Engineering Handbook, 3rd ed., McGraw-Hill, London, 1996.
- [2] ISO 5167-1-1991, Measurement of Fluid Flow by Means of Orifice Plates, Nozzles and Venturi Tubes Insertion in Circular Cross Section Conduits Running, 1991.
- [3] ASME MFC-3M, Measurement of Fluid Flow in Pipe Using Orifices, Nozzles and Venturi, 1989.
- [4] BS 1042, Section 1.1, Measurement of Fluid Flow in Closed Conduits, Pressure differential devices, 1992.
- [5] E.M. Laws, A.K. Quazzane, A further investigation into flow conditioner design yielding compact installations for orifices plate flow metering, Flow Measurement and Instrumentation Vol.8, No.3, pp.187-199, 1995.
- [6] E.M. Laws, A.K. Quazzane, Flow conditioner, a new development, Flow Measurement and Instrumentation Vol.1 pp.165-170, 1990.