

정유량 밸브의 카트리지의 오리피스 구멍의 유출계수

유선학* · 강승덕* · 양의석* · 박경암**

Discharge Coefficients of Orifice Hole in the Cartridge of Constant Flow Control Valve

Seon-Hak Yoo*, Seung-Duk Kang*, Eui-Seok Yang*, Kyung-Am Park**

Key Words : Constant flow control valve(정유량 밸브), Orifice hole(오리피스 구멍), Flow rate(유량), Discharge coefficient(유출계수), Cartridge(카트리지)

ABSTRACT

The constant flow control valve is used to control the flow rate of heating water in the large apartment complex and buildings. It is important to have similar heating flow rate in the apartments, even though the apartment is top or bottom floors. To achieve those purposes, the constant flow control valve was developed.

The performance of this control valve is effected by hole area and discharge coefficients of the cartridge holes. The discharge coefficients of orifice hole in the cartridge were testes with various sizes of holes and various flow direction in the holes. The discharge coefficients decreased as the hole size increased due to the collision at the cartridge wall of water jet. The effects of the flow direction at the hole were not significant on the discharge coefficients.

1. 서론

아파트, 대형건물 등에 온수를 각 세대 혹은 각 실에 균등하게 분배하는 것은 난방부하 조절에 필수적인 요소이다. 이를 이해 정유량 밸브와 온도조절장치를 조합하여 사용되고 있다. 정유량 밸브는 밸브 입구압력, 차압이 변하여도 일정한 유량이 흐를 수 있게 유로를 변화는 장치가 있다. 입구 압력이 크면, 즉 차압이 크면 유로를 작게 하고 입구 압력이 작으면, 즉 차압이 작으면 유로를 크게 하여 흐르는 유량이 일정하게 유

지하는 것이다.

정유량 밸브를 정밀하게 설계하기 위해서는 유로의 유출계수 데이터가 필요하다. 그러나 유로의 구멍 크기가 작고, 유동의 흐름이 오리피스 유량계의 경우와는 매우 다르며, 또한 유로가 원형 구멍이 아니고 정유량 조건을 만족하기 위해 복잡한 형상을 하고 있어 오리피스의 유출계수를 사용할 수 없다. 따라서 정유량 밸브의 유동해석, 설계를 위한 가변 유로의 실험 데이터는 문헌에서 얻을 수 없는 실정이다.

가변 유로의 기본연구로서 정유량 밸브에 원형 구멍의 크기, 유로 방향에 따른 유출계수 데이터를 축적하기 위해 유량 실험을 수행하였다.

* 신한콘트롤밸브(주)

** 한국표준과학연구원

E-mail : kapark@kriss.re.kr

2. 실험장치

2.1. 정유량 밸브의 유로

정유량 밸브의 형상은 Fig. 1과 같으며 밸브 내부에서 온수는 120도 정도 아래로 내려가서 가변유로를 거쳐 60도 정도의 방향을 바꾸어 흐른다. 즉 밸브 내부에서 유동 방향은 급변하여 유동해석을 정확히 하는 것이 상당히 어렵다.

밸브 내부에 가변 유로는 카트리지에 구멍이 있으며 차압에 따라 이동을 할 수 있게 스프링이 있다. 본 실험에서는 카트리지에 Fig. 2와 같이 구멍을 한개 가공하였다. 구멍의 크기는 1 - 10 mm이다. 스프링을 제거하고 카트리지를 고정시켜 실험을 수행하였다.

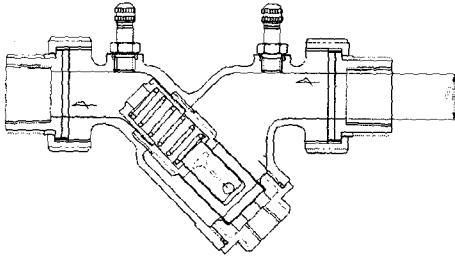


Fig. 1 Constant flow control valve

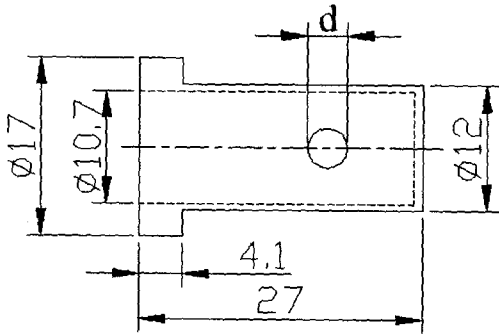
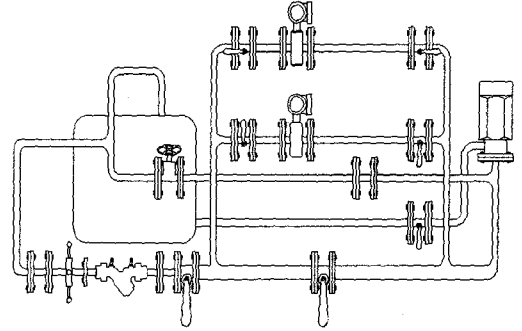


Fig. 2 configuration of cartridge

2.2. 유량 실험장치

실험장치는 Fig.3과 같으며 펌프(7.5 kW, 토출 압력 15 bar)에서 토출된 물은 유량 및 압력 조절밸브와 by-pass 밸브로 실험 압력과 유량을 조절한다. 유량은 중량측정 장치는 있지만 실험시간을 단축하기 위해

서 측정이 편리한 기준 유량계(전자기 유량계, 접속구경 15 mm 최대유량 100 l/m, 접속구경 25 mm 최대유



량 300 l/m)로 측정 하였다. 밸브 전단 압력은 부루돈 압력계(6 bar)로 측정하였으며 밸브 전후단의 차압이 2 bar 이하에서는 압력센서(Rosemount, 최대 차압 0.5 bar, Rosemount, 최대 차압 2 bar)와 전류계(Multimeter, HP3441A)를 사용하였으며 차압이 2 bar 이상인 경우에는 밸브 전 후단에 설치되어 있는 부루돈 압력계 2대(6 bar, 2 bar)에서 압력차를 구하였다.

3. 실험결과

카트리지에 구멍의 크기가 0.98, 3, 4.99, 7, 9.01 mm 의 구멍을 뚫어 실험을 수행한 결과가 Fig. 4와 같으며 Re수는 다음과 같이 정의하였다.

$$Re = \frac{Vd}{\nu} \quad (1)$$

여기서 V는 구멍에서 평균유속이며 d는 구멍 직경, ν 는 물의 동점도이다. 오리피스 구멍의 유출계수 Cd는 다음과 같이 정의하였다.

$$Cd = Q / (A \sqrt{2\Delta P / \rho}) \quad (2)$$

여기서 Q는 오리피스 구멍을 통과한 유량, A는 오리피스 구멍 단면적, ΔP 는 밸브 전후단의 차압, ρ 는 물의 밀도이다.

식(1)에서 밸브의 구경 D를 사용하지 않고 오리피스 구멍 직경 d를 사용하고, 식(2)에서 오리피스 유량

계의 유출계수 정의에 들어있는 관 단면적과 오리피스 구멍 단면적 비(area ratio) 항을 제거한 이유는 정유량 밸브 설계에 사용하기 편리한 데이터의 형식으로 표현하기 위해서이다.

Fig. 4는 오리피스 구멍의 방향과 밸브에 흐르는 유로의 방향이 같은 경우이다. 단면적 비의 항이 유출계수 식(2)에 사용되면 단면적 비에 따라 유출계수는 약간 작아진다. 단면적 비가 식(2)의 정의에 사용되지 않았지만 오리피스 유량계의 통상적인 유출계수 0.6과 비교해 많은 차이가 있다. 오리피스 유량계의 차압에서 후단 압력은 압력회복이 되지 않은 상태에서 측정된 값이지만 밸브 후단에서 압력은 거의 압력회복이 된 상태에서 측정한 값이다. 따라서 밸브에서는 측정된 차압이 작아져 유출계수가 커진다. 특히 구멍 크기가 0.98 mm인 경우에는 유출계수가 1보다 크게 된다.

직경 10 mm 원통형의 실린더 카트리지에서 구멍이 커짐에 따라 구멍으로 흐르는 유동은 카트리지 실린더 벽에 충돌하여 저항을 받게 된다. 따라서 구멍이 커짐에 따라 유출계수는 압력회복의 영향보다는 벽면 저항의 영향이 커져 유출계수가 작아지며 구멍크기가 9.01 mm인 경우에는 유출계수가 약 0.4정도로 작아진다.

Fig. 5는 오리피스 구멍의 크기가 3 mm인 경우 구멍의 방향과 밸브에 흐르는 유동의 방향과 각도를 0°, 90°, 180°로 변화시키면서 얻은 결과이다. 180°는 밸브에서 흐르는 유동과 반대 방향으로 오리피스 구멍에서 유체가 흐르는 경우이다. 90°와 180°에서 유출계수는 비슷하며 0°에서 유출계수보다 크지만 크게 오리피스 구멍에서 흐름 방향에 따라 유출계수가 크게 변화하지 않는다는 것을 알 수 있다.

Fig. 6은 Fig. 5와 같이 오리피스 구멍에서 유동 방향에 따른 유출계수의 특성 실험 결과이다. 구멍이 7 mm인 경우에 오리피스 구멍의 영향이 3 mm인 경우보다 작으며 유동 방향의 영향이 크지 않다는 것을 알 수 있다.

Fig. 4, Fig 5, Fig. 6에서 Re수가 작은 경우, 즉 차압이 매우 작은 경우에는 유출계수 데이터의 불확도가 매우 큰 경우이다.

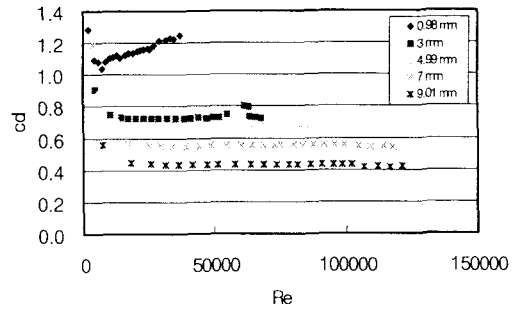


Fig. 4 Discharge coefficients of holes in cartridge at 0 degree

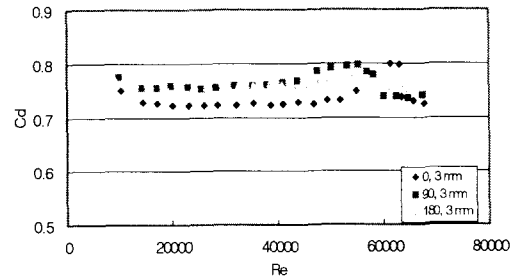


Fig. 5 Discharge coefficients of 3 mm hole in cartridge at 0, 90, 180 degree

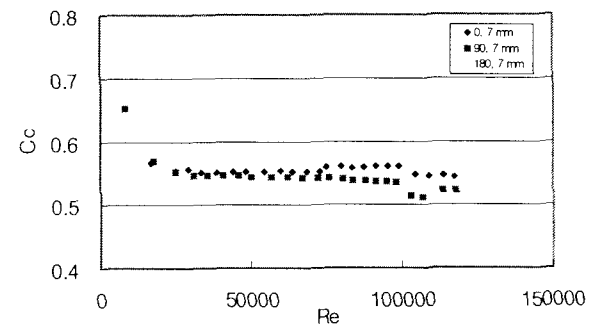


Fig. 6 Discharge coefficients of 7 mm hole in cartridge at 0, 90, 180 degree

4. 결 론

정유량 밸브의 설계 및 성능분석에 필요한 기초연구로서 카트리지 구멍의 크기에 따른 유출계수와 카트리지의 오리피스 구멍에서 유동의 방향이 유출계수에 미치는 영향을 연구한 결과는 다음과 같다.

1) 차압측정에서 압력회복의 영향과 유동이 카트리지 벽면에 충돌이 카트리지의 오리피스 구멍의 유출계수에 영향을 미쳐 오리피스 구멍이 커지면 유출계수는 감소한다.

2) 밸브의 유동방향과 카트리지의 오리피스 구멍에서 유동방향의 각도는 유출계수에 영향을 미치지만 크지 않다.

복잡한 형상의 카트리지 구멍에 대한 연구가 앞으로 수행되어야 할 분야이다.

참고문헌

- (1) Griswold Controls, Technical note, operation of direct acting spring-loaded Flow control valves. F2055
- (2) 인하대학교 산업과학기술연구소, 1997, 4차년도 산·학·연 컨소시엄 결과발표 최종보고서, '정유량조절밸브개발' pp29-42
- (3) EN 60534-1 Industrial control valve : control valve terminology and general considerations
- (4) EN 60534-2-3 Industrial control valve : Flow capacity - test procedure
- (5) EN 215 Thermostatic radiator valve Part1 : requirement and method
- (6) KS B 2101 밸브용량계수 시험방법