

## 접선류 임펠러형 수도미터의 노즐직경이 성능특성에 미치는 영향

서상호\* · 이병호\*\* · 조민태\*\*\* · 노형운\*\*\*

### Effects of Nozzle Diameter on Performance Characteristics for a Tangential Impeller-type Water Meter

Sang-Ho Suh\*, Byung-Ho Lee\*\*, Min-Tae Cho\*\*\*, Hyung-Woon Roh\*\*\*

Key Words: *Tangential Impeller-type Water Meter*(접선류 임펠러형 수도미터), *Nozzle Diameter*(노즐직경), *Performance Characteristics*(성능특성), *Instrumental Error*(기기오차)

#### ABSTRACT

In this study the effects of nozzle diameter on the performance characteristics for the tangential impeller-type water meter are studied experimentally. The nozzle is cut along the tangential direction of the inner case in the water meter. The nozzle shape is round and the number of nozzles used for the experimental study are 8. The performance characteristics are discussed for various nozzle diameters such as 3.1, 3.3, 3.5, 4.0, 4.5 and 5.0 mm. Among the tangential impeller-type water meters, the water meter with the nozzle diameter of 5.0 mm shows the least pressure loss and the instrumental error compared to the Korean Standards.

#### 1. 서론

산업발전과 인구 증가에 따라 가정과 산업 현장에서의 물 소비는 급격히 증가하는 추세에 있어 한정된 수자원의 효율적인 관리가 절실히 요구되고 있다. 효율적인 수자원의 관리를 위해서 노후화된 배관들을 교체하여 수자원의 손실을 막아야 하고, 공급유량을 정확하게 계량해 줄 수 있는 수도미터를 개발하여야 한다.

수도미터 중에서 접선류 임펠러형 수도미터는 가정에서 사용되는 물 소비량을 측정하는데 사용하는 계량

기이다. 접선류 임펠러형 수도미터의 유량측정은 동적인 상태에서 이루어지고 있기 때문에 수도미터의 구조와 형식, 각 부품에 대한 제작 정밀도, 그리고 유량 측정방법 등에 따라서 유량 측정의 정확도가 크게 좌우된다<sup>(1)</sup>. 특히, 접선류 임펠러형 수도미터는 임펠러 형상 변화와 노즐직경 변화에 따라 성능특성이 대단히 민감하게 변화된다.

현재 국내에서 제작되는 수도미터는 구형수도미터의 구조와 형식 그리고 재질만 일부 변화시키거나, 독일이나 일본 등에서 생산된 모델들의 장점만을 선택해 설계에 반영하거나 혹은 단순 모방설계하고 있는 실정 이어서 기술개발을 위한 연구 자료가 거의 확보되어 있지 않은 실정이다<sup>(2)</sup>. 따라서, 본 연구에서는 접선류 임펠러형 수도미터의 임펠러 형상 변화와 노즐직경 변화

\* 숭실대학교 기계공학과

\*\* (주) 신한계기

\*\*\* 숭실대학교 기계공학과 대학원

가 성능특성에 미치는 영향을 실험적인 방법으로 검토하고자 한다. 실험으로 구한 자료로부터 접선류 임펠러형 수도미터의 성능특성이 임펠러 형상 변화와 노즐 직경 변화에 어떤 상관 관계가 있는가를 연구하여 그 결과를 수도미터 설계를 위한 기초 연구자료로 이용하고자 한다.

## 2. 모델선정

접선류 임펠러형 수도미터는 접선상의 노즐을 통해 유입된 유체에 의해 임펠러가 회전되고, 임펠러에 부착된 피니언(pinion)은 치차군을 회전시켜 지침을 작동하게 하는 기계적인 방식으로 유량을 측정한다. 본 연구에서 채택한 수도미터는 복갑식 임펠러형 수도미터로서 하부외갑 안에 내갑이 있고, 내갑에 있는 여러 개의 노즐 구멍으로 임펠러 날개에 대하여 접선방향으로 유체가 분사되어 임펠러를 회전시키게 하는 방식이다<sup>(3)</sup>. 수도미터의 성능특성은 임펠러의 형상과 노즐 직경변화에 따라 달라진다.

본 연구에서는 접선류 임펠러형 수도미터의 노즐 직경변화가 성능특성에 미치는 영향을 실험적으로 연구하기 위하여 Fig. 1과 같은 하부내갑을 선정하였다. 하부내갑의 재질은 플라스틱이고, 중심부에는 임펠러가 회전할 수 있도록 피벗을 임펠러와 일체가 되도록 제작하였고, 피벗 상부에는 인조 사파이어가 부착되어 있어 임펠러의 회전을 원활하게 돕도록 되어 있다.

실험에 사용된 하부내갑은 현재 생산되고 있는 접선류 임펠러형 수도미터 50개를 1차로 채택하여 그 중 특성이 가장 안정된 14개를 선정한 후 하부내갑의 노즐 직경을 직경별로 각 2개씩 제작하였다. 본 연구에서는 6종류의 노즐 직경(노즐 직경 3.1, 3.3, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 mm)을 실험대상으로 선택하였다. 하부내갑의 노즐 가공은 인텍스로 노즐 직경의 위치를 45° 씩 8등분하고 하부내갑 고정용 지그를 사용하여 밀링 머신으로 지그를 통해 접선방향으로 각 직경별로 1차 정밀 가공한 후 최종적으로 리이머로 2차 가공을 하여 표면이 매끄럽도록 하였다.

임펠러의 형상에 따라 수도미터의 성능특성이 변화한다. 본 연구에서는 Fig. 2와 같은 임펠러 형상을 선정하였다. Fig. 2의 (a)는 일반적으로 사용되는 임펠러 형상이고, (b)는 임펠러의 단면을 축소하여 경량화 시킨 모델이다.

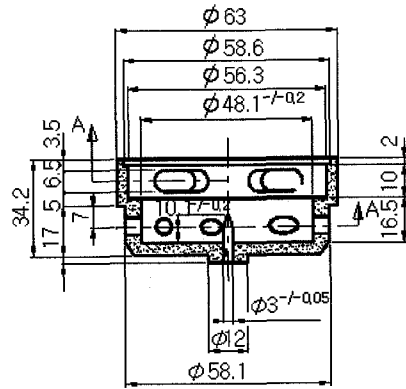
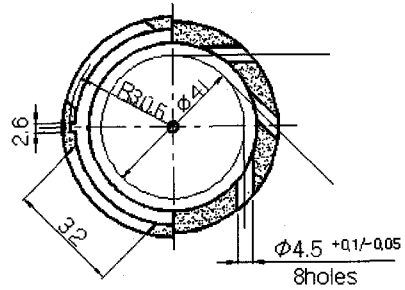


Fig. 1 Drawing of the inner case with the nozzle holes

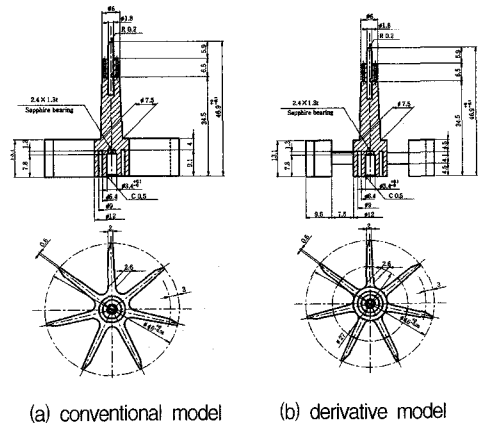


Fig. 2 Drawing of the impeller shapes

## 3 실험장치 및 실험방법

### 3.1 실험장치

접선류 임펠러형 수도미터의 노즐 직경변화가 성능특성에 미치는 영향을 연구하기 위하여 Fig. 3과 같은

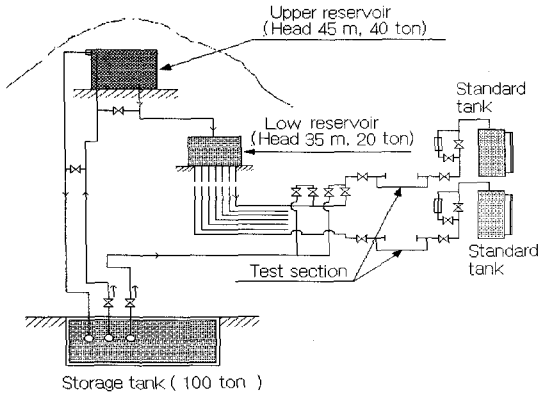


Fig. 3 Schematic diagram of the experimental setup

실험장치를 이용하여 실험을 수행하였다. 높이 45 m인 산 위에 설치된 40톤 규모의 상부 저장탱크가 항상 일정한 압력수두를 유지하도록 하기 위해 오버플로 장치를 설치하였고 오버플로 장치로 넘친 유량을 검출하여 펌프의 회전을 제어하는 시스템으로 설계되어 있다. 지하 저수조의 용량은 여러 라인의 시험대에 동시에 성능시험을 할 수 있도록 100톤 규모로 설계되어 있다. 지하 저수조로부터 이송된 유체는 40톤 규모의 상부 저장탱크로 들어간 뒤, 10 m 하단에 설치된 20톤의 보조탱크로 자연낙하되며, 이 보조탱크에서 다시 34개의 라인으로 각 시험대에 유량이 공급되는 방식이다. 이 방식은 다른 시험대에서 수행되는 실험 때문에 발생할 수 있는 압력변동 및 맥동현상에 전혀 영향을 받지 않는 정수두 상태의 실험방식이며 항상 압력은 3 kgf/cm<sup>2</sup>이 되도록 유지할 수 있다.

기준탱크는 100l와 20l 두가지가 있으며, 각각의 정밀도는 100l의 탱크에서 50l, 80l, 100l를 측정할 경우 +0.1%이고, 불확실도는 ±3 ml이며, 20l의 탱크에서 10l, 15l, 20l를 측정할 경우 각각 -20 ml, -20 ml, 0 ml이고, 불확실도는 ±3 ml이다. 대유량일 경우에 100l 탱크를 사용하고, 소유량일 경우에는 20l를 사용하는데 원하는 측정유량을 제어판으로 작동하면 솔레노이드 밸브에 의하여 자동으로 각 탱크로 유체가 이송된다. 유량조절 밸브도 역시 유량에 맞춰 사용 할 수 있도록 미소유량의 경우 1~40 l/hr, 소유량의 경우 40~500 l/hr, 대유량의 경우에는 500~5000 l/hr에 해당하는 2조씩의 유량조절 밸브와 함께 면적유량계를 각각 부착하였다.

### 3.2 실험방법

노즐 직경변화에 따른 압력손실 실험을 수행하기

위해 수도미터시험대에 차압측정구<sup>(4)</sup>(압력측정범위; 10 kgf/cm<sup>2</sup>, 정밀도; ±1 %)를 설치하였다. 그 다음, 수도미터 시험대에 각 직경별로 샘플을 설치하고 최대유량과 최소유량 사이를 세분화하여 각 유량별 압력차를 측정하였다. 유속측정은 면적유량계의 플로트를 실험 유량점에 맞추고 유량조절 밸브를 고정시킨 후 메인밸브를 닫고 시작과 동시에 제어판의 디지털 타이머도 함께 작동시켜 비교 측정하고, 압력계의 입구 지시값과 출구 지시값을 측정하였다.

실험장치에 이용되는 기준기의 형식<sup>(5,6)</sup>은 기준탱크 방식, 저울계량 방식, 파이프라인 방식, 그리고 기준유량계 방식으로 구분되는데 본 연구에서 기기오차 실험은 기준탱크 방식으로 하였다. 수압은 항상 3 kgf/cm<sup>2</sup>로 일정하게 유지하였고 유량조절은 미소유량(10~40 l/hr)의 경우에 최소 유량조절 밸브로, 소유량(40~500 l/hr)의 경우에는 보통 유량조절 밸브로, 대유량(500~5000 l/hr)의 경우는 최대 유량조절 밸브로 각 유량에 맞게 선택하여 사용하였다.

본 실험장치에서는 수도미터 상류와 하류에 배관 직경의 8배 이상되는 직관을 설치한 후 기기오차 특성실험을 다음과 같은 방법으로 수행한다. 먼저 기기오차 실험에 앞서 예비실험을 수행하였다. 예비실험은 입구측 메인밸브를 열고, 3 종류의 유량밸브 중 500~5000 l/hr 범위의 2번 유량조절 밸브를 열어 충분히 통수시킨다. 이 방법은 정체된 공기를 제거하기 위함이다. 각 연결부분에서의 누수여부를 확인하고, 유량은 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 400, 1000, 2000, 2800, 3000 l/hr로 변화시키고, 각 유량조절 밸브에 부착된 면적유량계의 플로트를 조정하여 유량을 정확히 맞춘 후 조절 밸브의 디지털 타이머로 기준탱크에 표시된 1 l 눈금 또는 10 l의 눈금 간격으로 지시치를 측정하는 방법으로 2차 정밀조정한다. 예비실험 종료 후 메인밸브를 닫고 기준탱크에 부착된 퇴수용 솔레노이드 밸브를 2~3회 작동시켜 완전 퇴수를 확인한 후 퇴수용 솔레노이드 밸브를 닫는다. 정지된 수도미터 지침의 지시값을 정확히 기록하고, 기준탱크의 눈금자와 유리관내의 수두가 영점에 일치되었는지를 확인하고 메인밸브를 열고 조정된 유량조절 밸브를 서서히 개방한다. 조정된 유량조절 밸브를 통하여 나온 유체가 기준탱크에서 100 l 용량이 되면 자동적으로 솔레노이드 밸브가 닫혀진다. 이 때 시험전 지시값과 시험후 지시값을 기기오차 계산식에 의해서 구한다.

### 3.3 성능특성 계산식

일반적으로 유량 Q와 수두손실 H사이에는 식 (1)과 같은 관계가 성립한다<sup>(7)</sup>.

$$Q = K\sqrt{H} \quad (1)$$

여기서, K는 상수로써 유량계의 내구성을 고려한 경험에 기초하여 정해지는 수치이다.

기기오차는 수도미터가 나타내는 지시유량과 실제 통과된 유량의 차를 백분율로 표시한 것으로 다음 식과 같다<sup>(4,8,9,10)</sup>.

$$\text{기기오차}(\%) = \frac{\text{지시유량} - \text{실제유량}}{\text{실제유량}} \times 100 \quad (2)$$

수도미터의 지시유량과 실제유량을 각각 Q<sub>1</sub>과 Q<sub>2</sub>라고 하면 기기오차는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$E(\%) = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \times 100 \quad (3)$$

식 (3)의 실제유량 Q<sub>2</sub>는 식 (4)와 같이 기준탱크의 기기오차를 보정한 값이다.

$$Q_2 = Q - q \quad (4)$$

식 (4)의 Q는 기준탱크의 지시유량이고, q는 기준탱크의 기기오차이다. 기준탱크의 크기는 실험하고자 하는 유량계가 지시하는 최소유량의 100배 이상의 용량으로 한다. 유량계의 기기오차 측정은 상온의 대기압 하에서 실시하고 압력에 의한 체적변화는 무시할 수 있으나, 온도변화가 큰 경우에는 온도에 의한 체적변화를 고려하여야 한다. 식 (5)는 시험유체의 온도영향을 보정할 경우의 기기오차 계산식이다.

$$E(\%) = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2} \times 100 - \alpha(t_Q - t_Q) + \beta(t_s - t_Q) \quad (5)$$

여기서, α는 시험유체의 팽창계수이며, β는 기준탱크 재료의 체적팽창계수이고, t<sub>Q</sub>, t<sub>Q</sub>, t<sub>s</sub>는 각각 기준탱크내 시험유체의 평균온도, 유량계를 통과하는 시험유체의 온도, 기준탱크의 표준온도이다. 식 (5)의 α는

식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\alpha = -\frac{1}{v_s} \cdot \frac{Dv_s}{Dt} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{d\rho}{dt} \quad (6)$$

## 4. 결과 및 검토

### 4.1 임펠러 형상변화에 따른 수도미터의 성능특성

접선류 임펠러형 수도미터의 노즐 직경변화가 성능특성에 미치는 영향에 대한 실험적 연구에 앞서 임펠러의 형상 변화가 성능특성에 미치는 영향을 실험적인 방법으로 연구하였다. 임펠러의 형상변화에 따른 수도미터의 성능특성을 연구하기 위하여 노즐직경이 4.5mm인 상용 임펠러 모델과 변형 경량화된 임펠러 모델을 장착한 수도미터의 압력손실과 기기오차를 실험으로 구하였다.

Fig. 4와 Fig. 5는 상용 임펠러 모델과 변형 경량화된 임펠러 모델의 유량변화에 따른 압력손실과 기기오차를 비교하여 나타낸 그림이다. 그림에서 ●과 ○은 각각 현재 사용되고 있는 상용 임펠러 모델과 변형 경량화된 임펠러 모델을 장착하여 실험으로 구한 수도미터의 압력손실과 기기오차를 나타내고 있다. 상용 임펠러 모델의 압력손실은 Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 유량이 증가함에 따라 포물선 형태로 증가함을 알 수 있다. 변형 경량화된 임펠러를 장착한 수도미터의 압력손실은 상용 임펠러를 장착한 수도미터의 압력손실보다 전반적으로 조금 낮게 나타나지만 그 차이는 크지 않음을 알 수 있다. 또한, Fig. 5에서 볼 수 있는 바와 같이 상용 임펠러 모델의 기기오차는 5 l/hr에서 수도미터가 작동되기 시작한 후 유량이 증가해도 기기오차는 큰 변화없이 일정하게 유지되다가 유량이 1000 l/hr를 넘으면 기기오차는 감소하는 경향을 나타낸다.

이와 반면에 변형 경량화된 임펠러 모델의 경우 상용 임펠러 모델과 시동점은 동일하게 나타나지만 유량이 증가함에 따라 상용 임펠러 모델의 기기오차와는 반대되는 양(+)의 방향으로 기기오차가 증가하고 있음을 알 수 있다. 특히, 유량이 40 l/hr인 지점에서부터 기기오차가 서서히 증가하여 유량이 1000 l/hr부터 기기오차의 증가폭이 커진다. 변형 경량화된 임펠러 모델의 경우에는 유량변화에 따른 기기오차 폭이 너무 커서 치차비로서는 기기오차 폭을 조정하기 어려운 문제점이 발생되었다. 변형 경량화된 임펠러를 장착했을

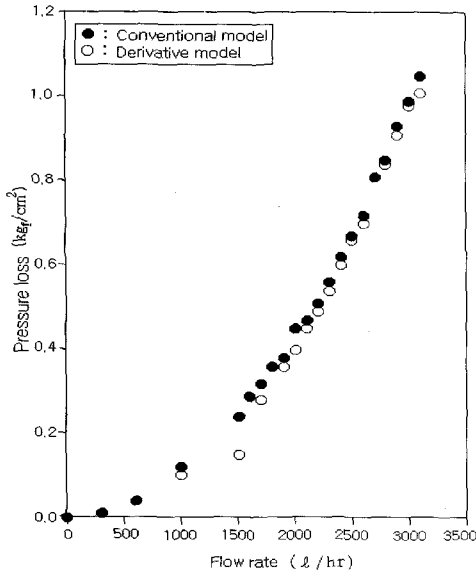


Fig. 4 Pressure losses versus flow rates for the conventional and derivative impeller models

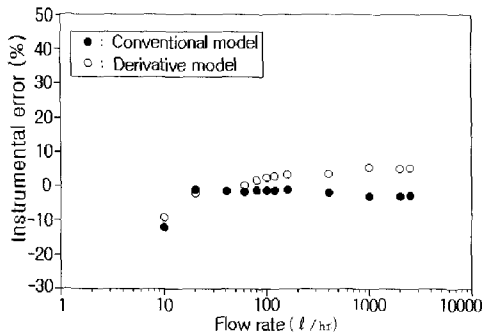


Fig. 5 Instrumental errors versus flow rates for the conventional and derivative impeller models

경우에는 1000 l/hr 이상부터는 기기오차 특성을 부(-)의 방향에서 양(+)의 방향으로 개선하는 데에는 도움을 주지만 그 외에는 특별한 성능특성의 향상을 보여 주지 못하고 있다.

#### 4.2 노즐직경 변화에 따른 수도미터의 성능특성

상용 임펠러와 변형경량화된 임펠러 실험으로부터 임펠러의 형상이 성능특성에 미치는 영향은 크지 않다는 결론을 얻었다. 따라서, 본 연구에서는 수도미터 임펠러를 상용 모델로 채택한 후 하부내갑의 노즐직경 변화가 성능특성에 미치는 영향을 중점적으로 연구하였다. 유동장치내의 압력변화는 유동속도의 변화와 마

찰로 인하여 발생한다<sup>(11)</sup>. 수도미터에서는 물이 수도미터 입구로 들어와서 임펠러를 회전시키고 출구를 통하여 나올 때까지의 과정에서 마찰로 인한 부차적 손실이 발생하여 압력손실이 생긴다.

#### 4.2.1 압력손실특성

KS B 5301에 규정된 수도미터 검정기준에서는 표준유량(2.0 m<sup>3</sup>/hr)에서의 압력손실은 0.5 kgf/cm<sup>2</sup>이고, 최대유량(2.8 m<sup>3</sup>/hr) 이상에서의 압력손실은 1 kgf/cm<sup>2</sup>으로 규정되어 있다.

노즐 직경변화에 따른 접선류 임펠러형 수도미터의 성능특성을 살펴보기 위하여 Fig. 6에 유량변화에 따른 압력손실을 나타내었다. 노즐직경이 3.1mm인 경우 표준유량일 때의 압력손실은 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>으로 나타나서 KS기준의 허용한도보다 매우 높고, 최대유량의 경우에는 KS기준의 허용한도보다 압력손실이 크고 수도미터 내부에 진동과 마찰소음이 발생하여 측정이 불가능하였다. 그 이유는 유체의 분사력이 매우 크기 때문에 회전속도가 빨라져서 치차 상호간의 마찰이 심하고 임펠러도 순간적으로 부상(浮上)하여 피벗 상부의 베어링과 임펠러 하부의 베어링 사이에는 점접촉이 아닌 면접촉이 발생되면서 심한 마찰손실이 일어난다. 이러

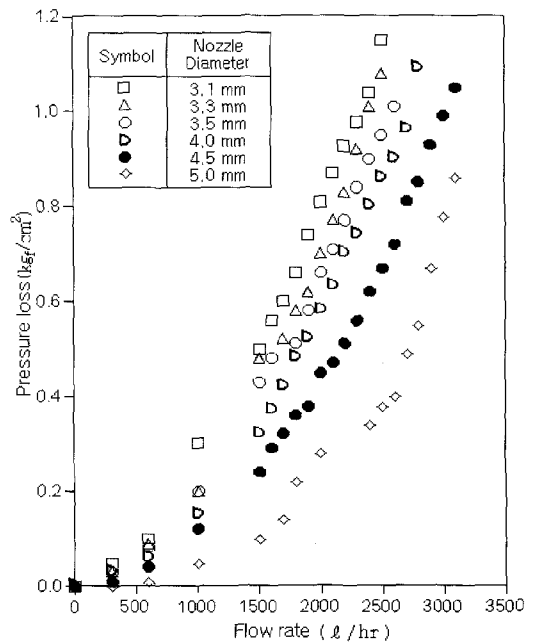


Fig. 6 Pressure losses versus flow rates for different nozzle diameters

한 현상으로 인하여 소음과 진동을 수반하게 되어 수도미터의 성능특성은 나빠지고 수명도 짧아지게 된다.

노즐직경이 3.3 mm와 3.5 mm인 경우에도 표준유량 일 때의 압력손실이 각각 0.7 kgf/cm<sup>2</sup>과 0.66 kgf/cm<sup>2</sup>으로 높게 나타나고, 최대유량의 경우에도 노즐 직경이 3.1 mm인 경우와 같이 측정 불가능하였다. 이와는 달리 노즐직경이 4.0 mm가 되면 표준유량일 때의 압력손실이 0.59 kgf/cm<sup>2</sup>이고, 최대유량일 때의 압력손실은 1.09 kgf/cm<sup>2</sup>으로 KS규격에는 미달되지만 성능특성은 노즐 직경이 3.1 mm나 3.3 mm인 경우보다 크게 향상되었다. 노즐 직경이 4.5 mm인 경우에는 표준유량일 때의 압력손실은 0.45 kgf/cm<sup>2</sup>이고, 최대유량의 경우에는 압력손실이 0.85 kgf/cm<sup>2</sup>으로서 KS의 허용규정보다 낮게 나타난다. 따라서, 수도미터의 안정성과 수명연장에도 도움이 된다고 사료된다. 노즐 직경이 5.0 mm인 경우에는 표준유량일 때의 압력손실이 0.28 kgf/cm<sup>2</sup>이고, 최대유량일 때의 압력손실은 0.55 kgf/cm<sup>2</sup>으로 KS기준이나 노즐 직경이 4.5 mm인 경우보다 압력손실이 거의 1/2로 감소하는 아주 좋은 성능특성을 나타내고 있다. 압력손실이 작다는 것은 결국 마찰저항이 작기 때문에 에너지 손실이 그만큼 줄어들고 수도미터의 성능을 안정시켜 성능특성이 우수해질 뿐만 아니라 수명도 연장시킬 수 있음을 의미한다.

실험에 사용된 노즐중에서 노즐 직경이 5.0 mm인 수도미터의 압력손실은 가장 작으면서, 기기오차 특성은 안정되어 있고, 유량범위도 광범위하며, 수명 역시 연장될 수 있을 것으로 예측된다.

#### 4.2.2 기기오차특성

Fig. 7은 접선류 임펠러형 수도미터의 노즐 직경변화에 따른 기기오차를 나타낸 성능특성 곡선이다. 노즐직경이 3.1 mm인 경우에는 기기오차가 소유량에서는 높게 나타나고, 대유량에서는 낮게 나타난다. 그 이유는 소유량에서 노즐직경을 통한 분사력이 커지므로 임펠러의 회전이 빨라지기 때문이다. 즉, 노즐직경이 작을수록 노즐을 통과하는 유체의 속도는 증가한다.

노즐직경이 작을수록 유체의 운동에너지가 증가하여 적은 유량일지라도 임펠러를 작동시키는 힘이 크기 때문에 임펠러의 회전속도는 더욱 빨라지며 기기오차 특성은 +방향으로 과대 계량이 된다. 또한, 유속이 증가함에 따라 노즐을 통해 들어온 유체의 분사력은 임펠러에 큰 힘을 작용 시키게 된다. 따라서, 치차도 빠른 속도로 회전하게 되고 이로 인하여 치차 상호간 마

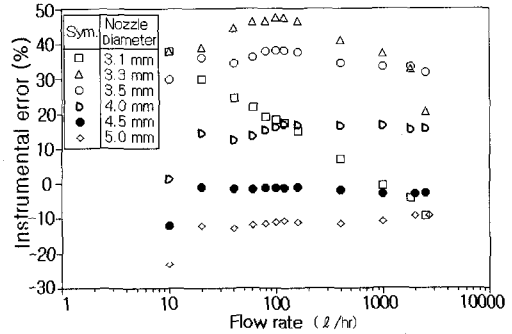


Fig. 7 Instrumental errors versus flow rates for different nozzle diameters

찰력은 심화되며 이런 상태가 계속되면 임펠러는 강한 분사력으로 인하여 안정적인 회전을 하지 못하고 순간적인 부상이 반복해서 일어나기 시작한다. 이럴 경우 피벗 상부의 베어링과 임펠러 하부의 베어링 사이에는 점 접촉에 의한 회전이 이루어지지 못하고 피벗 면과 임펠러 면이 면 접촉으로 인한 떨림으로 심한 마찰손실이 일어나며 기기오차 특성은 급격히 -방향으로 과소 계량되게 된다. 따라서, 노즐 직경이 3.1 mm인 경우에는 마찰로 인한 기기오차 폭이 증가하여 KS기준(최소유량: ± 5%, 표준유량: ± 2 %, 최대유량: ± 2 %)에도 부적합하여 수도미터로서는 사용할 수 없는 것으로 판단된다.

노즐 직경이 3.1 mm에서 3.3 mm로 커지면 기기오차 특성은 조금 더 안정된 상태로 나타나고 있으나 유량이 증가함에 따라 기기오차도 점점 증가하다가 400 l/hr 부터는 급격히 감소하는 현상이 나타나고 있다. 이 경우 노즐 직경이 3.1 mm인 경우와 같이 최소유량과 표준유량 사이에 기기오차 폭이 너무 커서 치차비로서는 조정이 불가능하며 KS기준에도 부적합하다. 노즐 직경이 3.5 mm인 경우에는 표준유량 내에서는 기기오차가 안정되기 시작한다. 또한, 최소유량과 표준유량 사이에 기기오차의 폭도 노즐 직경이 3.1 mm와 3.3 mm인 경우보다는 많이 줄어들고 20 l/hr ~ 160 l/hr에서 최대 기기오차점들이 형성되는 이상적인 상태로 나타나고 있다. 따라서, 사용유량이 비교적 적은 수도용 전용미터나 미소유량 측정용으로 사용목적에 맞는 용도를 개발하여 사용한다면 좋은 성능을 발휘할 수 있을 것으로 사료된다.

노즐 직경이 4.0 mm인 경우에는 최소유량과 최대유량의 폭이 2%내에 드는 아주 좋은 성능특성을 보여주고 있으며 전반적으로 기기오차의 폭이 거의 없는 일

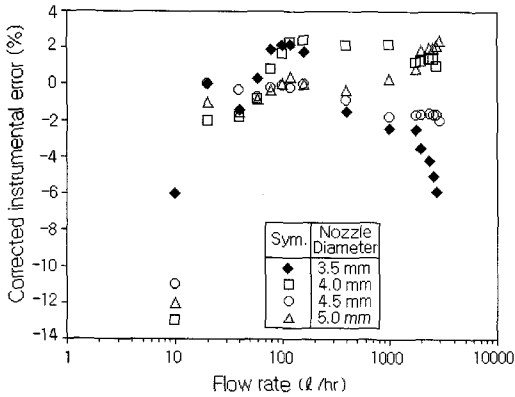


Fig. 8 Corrected instrumental errors versus flow rates for different nozzle diameters

정한 상태를 나타내고 있다. 노즐직경이 4.5 mm인 경우에도 최소유량과 최대유량 사이에 기기오차의 폭이 1.5% 이내이며 대체로 모든 유량범위에서 안정된 특성을 나타내고 있다. 그러나 유량이 1000 l/hr를 넘게 되면 기기오차의 특성이 서서히 부(-)의 방향으로 증가하고 있음을 알 수 있다. 노즐 직경이 5.0 mm인 경우에는 최소유량에서 최대유량 사이에 기기오차의 폭이 안정되어 있으며, 유량이 표준유량보다 많아짐에 따라 기기오차가 증가하고 있다.

Fig. 8은 노즐 직경별 기기오차를 상호 비교하기 위하여 KS 검정기준의 허용공차를 기준으로 보정하여 나타낸 것이다. 실제 사용시 기기오차의 폭은 치차비로 조정하여 검정기준에 맞추어 사용하기 때문에 보정 기기오차로 성능특성을 검토하였다. 노즐직경이 3.1 mm와 3.3 mm인 경우에는 이미 Fig. 7에서 검토한 바와 같이 기기오차의 폭이 너무 크기 때문에 수도미터로 사용하기에는 부적합하다는 판단아래 Fig. 8에는 나타내지 않았다. Fig. 8에서 보듯이 노즐 직경이 3.5 mm인 경우의 보정기기오차는 120 l/hr에서 최대 기기오차값을 나타낸 후 유량이 증가함에 따라 기기오차가 점차 감소하는 경향을 나타내지만 노즐직경이 4.0 mm와 5.0 mm인 경우의 기기오차는 노즐 직경이 4.5 mm인 경우와 같이 기준유량 이후 거의 일정한 경향을 나타내고 있다.

## 5. 결 론

수도미터의 임펠러 형상과 노즐 직경변화에 따른 성능특성을 검토하기 위하여 상용 임펠러 모델과 변형

경량화된 임펠러 모델을 장착한 수도미터의 성능특성을 실험적으로 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 상용 임펠러 모델과 변형 경량화된 임펠러 모델을 장착한 수도미터의 압력손실 특성은 유사한 경향을 나타내고 있다. 그러나, 기기오차는 상용 임펠러 모델을 장착한 수도미터가 변형 경량화된 임펠러 모델보다 전반적으로 조금 낮게 나타낸다.
- 2) 압력손실은 노즐 직경이 3.1, 3.3, 3.5 mm인 경우 KS기준의 허용한도보다 높게 나타날 뿐 아니라, 최대유량의 측정이 불가능하다. 노즐 직경이 4 mm인 경우에는 표준유량일 때 압력손실이 KS기준의 허용한도보다 조금 높게 나타나고, 최대유량일 경우에는 KS기준보다 낮게 나타나지만 성능 특성은 노즐 직경이 3.1 mm나 3.3 mm인 경우보다 크게 향상된다. 노즐 직경이 4.5 mm 이상인 경우에는 표준유량일 때와 최대유량일 때의 압력손실이 KS기준과 비교하여 좋은 성능 특성을 보여준다. 특히, 노즐 직경이 5 mm인 경우에는 4.5 mm인 경우보다 압력손실이 거의 1/2로 감소하는 아주 좋은 성능 특성을 나타낸다.
- 3) 노즐 직경이 3.1 mm와 3.3 mm인 경우에는 감도특성은 좋으나 KS기준과 비교하여 최소유량과 최대유량 사이의 기기오차의 폭이 20% 이상 커져서 수도미터로 사용하기에는 부적합하다. 노즐 직경이 3.5 mm인 경우의 기기오차 특성은 최소유량과 표준유량 사이에서만 안정성이 있다. 노즐 직경이 4.0, 4.5, 5.0 mm인 경우에는 최소유량과 최대유량 사이의 유량범위에서 기기오차 특성이 모두 1.5%~3%로 안정된 결과값을 구하였다.

이러한 연구 결과로부터 노즐 직경이 5.0 mm인 경우에 압력손실은 가장 작으면서 기기오차 특성이 안정되어 있고, 유량범위가 광범위하며, 수명도 연장될 수 있음을 확인할 수 있었다.

## 참고문헌

- (1) James, E. A., 1988, Introduction to Fluid Mechanics, Prentice Hall.
- (2) 수도미터기술자료, 1994, 금호전기주식회사, pp. 1~2.
- (3) 계량검사기술 II, 1993, 한국측정기기교정협회, pp. 89~91.

- (4) KS B 5301, 1994, 접선류 익차형 수도미터, 한국공업표준협회.
- (5) 형식별 유량계 설치조건에 따른 특성분석 연구 I, 1990, 한국수자원공사,
- (6) 공업계측유량, 1990, 한국표준연구소.
- (7) 계량기술핸드북, 1987, 일본공업기술원 계량연구소, pp. 966~967.
- (8) 유량의 정밀측정기술, 1988, 액체용 유량계 오차시험 시험 방법, 공업진흥청 국립공업시험원.
- (9) 유량계측의 기본과 응용, 1992, 생산기술연구원, 한국 OVAL(주).
- (10) 정재석, 1993, 접선류 임펠러형 수도미터의 설치 조건에 따른 기기오차해석, 숭실대학교 석사학위논문.
- (11) Fox, R. W. and McDonald, A. T., 1994, Introduction to Fluid Mechanics, John Wiley and Sons, Inc.