

# 오리피스 유량계를 사용한 가스 유량 측정시 오리피스판에 부착된 오염물이 계량오차에 미치는 영향 연구

이승준, 하영철, 장승룡, 허재영  
한국가스공사 연구개발원 공급연구팀 유체연구실

## A Study on the Effect of foreign materials Adhered on Orifice Plate on the Gas Flow Measurement Accuracy by Means of Orifice Flowmeter

Seungjun Lee, Youngchul Ha, Seungyong Jang, Jaeyoung Her  
Fluid Flow Analysis Lab., Transmission Facilities Research Team,  
R&D Traing Center, KOGAS

### 1. 서론

오리피스 유량계는 가스의 유량측정에 있어 세계적으로 널리 사용되는 유량계 중 하나이다. 특히 국내의 경우 천연가스 사업 도입자인 한국가스공사와 분배자인 도시가스사 간의 대용량 거래용 유량측정은 대부분 오리피스 유량계를 사용하고 있는 실정이다.

오리피스 유량계를 사용하여 일정 이상 정확도를 유지하면서 가스 유량측정을 수행하기 위해서는 ISO[1], AGA[2] 등의 표준규격서에서 제시하는 유량계의 설치기준을 준수하여야 한다. 이들 규격서에는 일정한 조건을 만족하는 범위의 흐름에 대하여 유량계 각 요소의 제작 및 설치 규격과 유동변수들의 측정방법, 유량계산식 등을 규정하고 있으며, 이러한 규정을 만족하지 못할 때 오차를 유발하게 된다.

이러한 규격서에 의하여 제한되는 계량오차 발생요인 이외에도 규격서에 언급되지 않는 몇 가지 오차요인이 존재하는데, 그 중 중요한 한가지가 배관내 유체흐름에 존재하는 오염물(이물질)의 영향이다. 이러한 내용이 규격서에 언급되지 않는 이유로는 이들 규격이 오염물이 존재하지 않는다는 가정하에서 설정되었기 때문이다.

실제 배관망상의 계량배관에서도 필터의 설치를 통하여 오염물을 제거하고 일정한 주기로 배관 세척작업을 실시하고 있으나, 이러한 오염물이 유동 중, 또는 각 유량계 구성요소에 부착된 상태로 존재할 때 정확한 유량측정에 미치는 영향은 규명하여야 할 필요성이 있다.

본 연구에서는 그 중 오리피스 플레이트에 오염물이 부착된 상태로 존재할 때 이들 오염물이 유량측정에 미치는 영향에 대하여 정성적인 실험을 실시하고 그 결과를 제시하였다. 실험은 오리피스 플레이트에 일정한 거칠기를 가지는 사포를

부착하여 오염물의 부착 상태로서 모사하여 수행하였고, 2가지 거칠기의 사포를 사용하여 오염물의 부착정도, 부착 사포의 위치, 오리피스 플레이트의 직경비, 유량을 변화시키면서 계량오차에 미치는 영향을 관찰하고 그 결과를 정리하였다.

## 2. 실험

### (1) 실험 장치

오염물이 계량오차에 미치는 영향 실험을 위한 장치는 Figure. 1과 같다. 저장조에 저장된 압축 공기를 압력조절밸브를 통과시켜 배관경이 4 inch인 실험배관에 정상상태의 유동을 발생시켰으며. 기준유량계로 사용하는 소닉노즐과 실험대상 오리피스 유량계를 직렬로 연결하여 실험을 수행하였다.

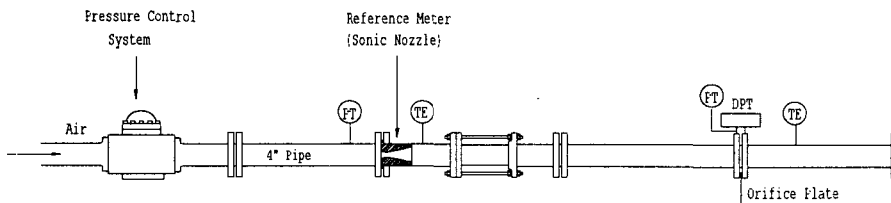


Figure 1. Schematic diagram of test rig.

### (2) 실험 방법

오리피스 플레이트에 오염물이 부착된 상태를 모사하기 위하여 2가지 거칠기의 사포를 부착하여 실험하였다. 부착된 사포는 모두 환형으로써 다음과 같은 부호를 사용하여 그 형태를 표시하였다.

#### 부착면 부호, 사포 종류 부호 (사포 외반경, 사포 내반경)

부착면 부호 : 오리피스 플레이트 전면(F:Front)

오리피스 플레이트 후면(R:Rear)

사포 종류 부호 : 가는 사포(f:fine), 굵은 사포(c:coarse)

모든 데이터는 각 조건에 대하여 정상상태 도달 후 90초간의 값을 평균하여 처리하였다.

- 오염물 부착정도에 따른 계량오차 영향 실험 : Exp. A

오리피스 플레이트의 전면에 가는 사포를 부착한 경우(B)와 굵은 사포를 부착한 경우(C), 오리피스 플레이트 후면에 가는 사포를 부착한 경우(D)를 실험하였다. 사포의 형태는 결과에 나타낸 바와 같다.(구경비 : 0.5)

- 오염물 부착위치에 따른 계량오차 영향 실험 1 : Exp. B

오리피스 플레이트 전면에 가는 사포를 사용하여 오리피스 에지로부터 부착위치의 거리를 달리하여 실험하였다.(구경비 : 0.5)

- 오염물 부착위치에 따른 계량오차 영향 실험 2 : Exp. C

오리피스 플레이트 전면에 가는 사포를 부착하였으며, 3가지 구경비(0.4, 0.5, 0.6)에 대하여 에지로부터 부착위치의 거리를 2mm 간격(반경 기준)으로 변화시키면서 실험하였다.

- 유량변화에 따른 계량오차 영향실험 : Exp. D

오리피스 플레이트 전면에 가는 사포를 부착하여 유량을 변화 시키면서 실험하였다.

### 3. 결과 및 고찰

(1) 오염물 부착정도에 따른 계량오차 영향[Figure 2.]

오리피스 플레이트 전면에 사포를 부착하였을 때의 계량오차 영향을 보면 모두 (-) 편향오차를 나타내며 사포의 거칠기 증가에 따라 오차가 증가한다. 즉 오염물 부착량의 증가에 따라 오차의 크기가 약 -1.6%에서 -2.5%까지 커지는 경향을 보였다. 한편 오리피스 플레이트 후면에 사포를 부착한 경우는 유량 측정에 거의 영향을 주지 않았다.

(2) 오염물 부착정도에 따른 계량오차 영향[Figure 3., Figure 4.]

균일한 폭을 가지는 사포를 오리피스 에지에서부터의 거리를 달리하여 부착 실험한 결과 사포가 오리피스 에지에 매우 근접하게 부착된 경우에는 약 -1.5% 정도의 눈에 띄는 오차를 보이며, 오리피스 에지에서 어느 정도 거리를 두고 부착된 두 경우에는 오차가 거의 나타나지 않고 있다.[Figure 3.]

오리피스 에지에서 사포의 거리를 조금 더 세분하여 세가지 구경비( $\beta$ -ratio)에 대하여 실험한 결과를 Figure 4.에 나타내었다. 각 구경비에 대하여 사포가 부착된 위치가 오리피스 에지에 가까워 질수록 오차의 크기가 지수함수적으로 커지는 경향이 관찰되고 있다. 오차의 크기는 오리피스 에지에 가장 근접하게 부착된 경우 -4.5%에 이르는 매우 큰 값을 보였다. 또한 구경비의 변화에 따라서는 거의 차이가 나타나지 않았다. 구경비가 작아질수록 오차의 크기가 약간 증가하는 경향이 보이지만 에지로부터의 부착 위치를 무차원 변수화 하여 다시 확인하여야 할 사항으로 보인다.

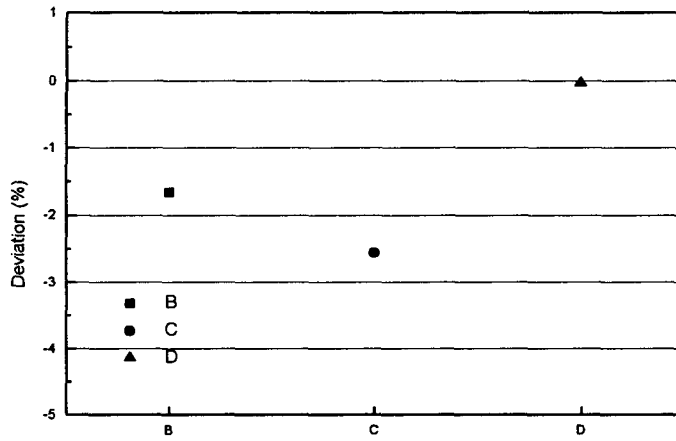


Figure 2. Result of Exp. A [B;Ff(51,27), C;Fc(51,27), D;Rf(51,29)]

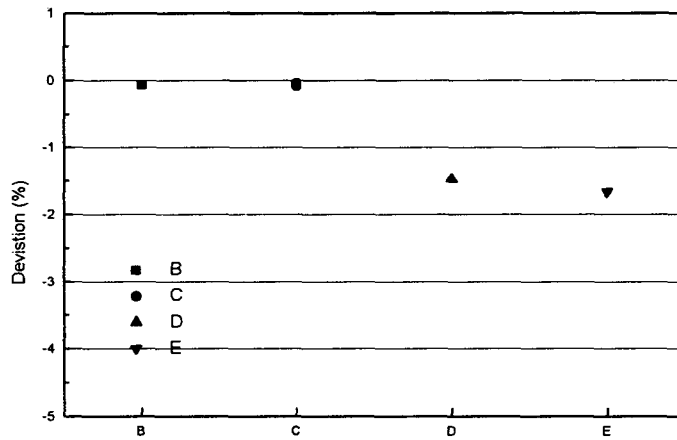


Figure 3. Result of Exp. B  
 [B;Ff(51,45), C;Ff(40,35), D;Ff(32,27), E;Ff(27,51)]

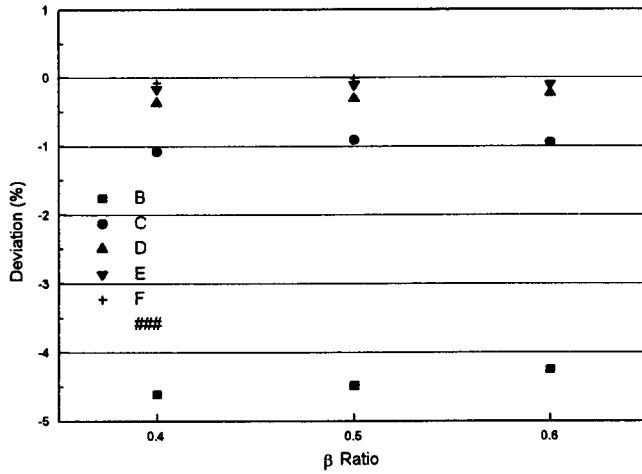


Figure 4. Result of Exp. C

$\beta$ -ratio	B	C	D	E	F
0.4	Ff(51,21)	Ff(51,23)	Ff(51,25)	Ff(51,27)	Ff(51,29)
0.5	Ff(51,26)	Ff(51,28)	Ff(51,30)	Ff(51,32)	Ff(51,34)
0.6	Ff(51,31)	Ff(51,33)	Ff(51,35)	Ff(51,37)	-

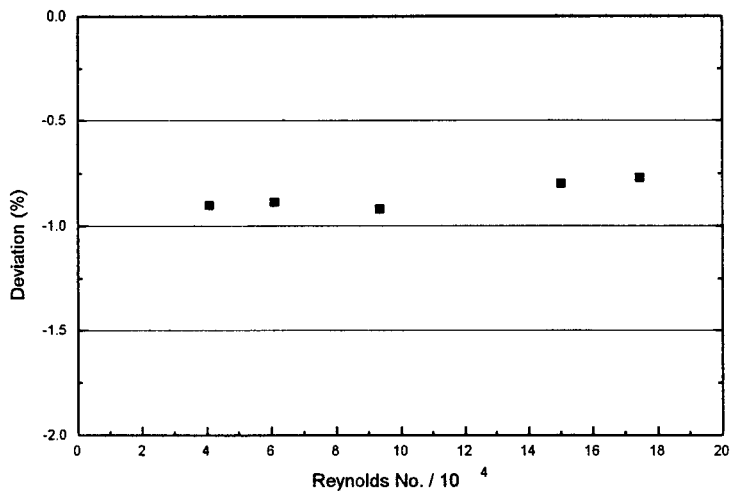


Figure 5. Result of Exp. D [Ff(51,28)]

### (3) 유량변화에 따른 계량오차 영향[Figure 5.]

유량증가에 따라 오차가 감소하는 경향을 보이나 매우 미세한 수준이며, 유량범위와 거칠기 등의 조건을 변화시켜 재확인할 사항이다.

전반적으로 사포의 부착 형태가 실제의 일반적인 오리피스 유량계에서 발생할 수 있는 오염물 부착 상황보다는 강조되어 과량의 오염물 부착 상태를 모사하고 있으므로 정량적인 결론은 내기 힘들지만 모든 경우의 오차가 (+) 방향으로 나타내지 않으며, 대부분의 경우 (-) 방향의 큰 오차를 보임을 확인할 수 있다. 오염물 부착이 계량오차에 주는 영향의 원인으로 유추할 수 있는 것은 사포의 부착으로 인한 오리피스 플레이트 두께의 변화와 오리피스 플레이트 상당 표면 거칠기(effective surface roughness)의 증가로 보여지며, 후속실험시에는 이와 관련한 분석에 중점을 두고자 한다.

### 4. 결론

각 실험의 결과로부터 다음과 같은 사실을 확인하였다. 먼저, 오리피스 플레이트의 전면에 오염물이 부착된 경우에는 (-) 편향오차가 발생하며, 오염물이 오리피스 플레이트의 에지에 가깝게 부착될 수록 큰 값의 오차를 나타낸다. 또한, 오리피스 플레이트 후면에 오염물이 부착된 경우에는 거의 영향을 보이지 않는다.

본 연구의 내용은 오리피스 유량계를 사용한 가스 유량 측정에서 오염물에 의한 유량오차 영향을 규명하는 작업의 시작이며 단순히 정성적인 경향의 확인을 위한 단계이다. 향후 새로운 오염물 모사방법의 적용, 실험 변수 범위의 확대 등 보강실험을 통하여 오차의 정량화를 추진할 계획이다.

### 참고문헌

1. International Standard ISO 5167-1:1991(E), "Measurement of Fluid Flow by Means of Pressure differential Devices"
2. AGA Report No.3, "Orifice Metering of Natural Gas", 3rd ed., American Gas Association (1991)