

천연가스 유량계의 현장 운영 시에 발생하는 문제점 중 유량현팅에 관한 소개

안승희*, 허재영**

1. 서론

도시가스사에 대한 한국가스공사의 천연가스 공급 물량은 도시가스사의 수요에 따라 계절별로 심한 차이를 보이고 있고(발전소에 대한 천연가스 공급물량은 연중 고른 편임), 또, 경우에 따라 실시간으로 유량 현팅이 나타나기도 한다. Fig. 1 - Fig. 4는 한국가스공사 일부공급관리소들의 유량 현팅과 차압 현팅을 실시간으로 나타낸 것으로 현팅의 정도를 사전에 파악해 보기 위해 현장에서 직접 측정한 결과들 중 현팅의 크기가 다소 극적으로 나타난 것들이다. 유량 현팅은 유량계가 천연가스의 양을 정확히 계량하는 데 영향을 줄 수 있기 때문에, 이러한 현상이 왜 발생하는지, 또 어느 정도 계량에 영향을 주는지, 대책이 필요하지는 않은지 등에 대해 분석을 하는 것은 매우 중요하며 일반적으로 많이 발견이 되는 현상이기 때문에 여기에 소개하고자 한다.

2. 현장의 유량현팅 현황

Fig. 5는 2002년도 가스공사에서 운영중인 각 사업소의 거래용 유량계 현황을 나타낸 것으로써, 설치대수를 기준으로 할 때, 오리피스 유량계가 61 % 정도를 차지하고 있고, 나머지 39 % 정도를 터빈 유량계가 차지하고 있지만, 도시가스사 및 발전소 천연가스 공급물량을 기준으로 할 경우, 오리피스 유량계가 75 % 정도를 담당하고 있다(발전소의 경우 전량 오리피스 유량계를 통하여 계량되고 있음).

Fig. 6 - Fig. 11은 연구 수행시 조사한 공급관리

소중 일부의 공급관리소의 유량 현팅을 보여주고 있다.

Fig. 6 - Fig. 7 경우 오리피스 유량계를 사용하는 공급관리소의 유량 현팅 결과를 보여주는 것으로, Fig. 6의 경우 상기 Fig. 1 - Fig. 4의 경우처럼 유량 현팅이 크게 나타났으나, Fig. 7의 경우에는 그렇지 않았다. Fig. 6의 경우와 Fig. 7의 경우는 물론 서로 설치조건이 다른 유량계에서 나온 결과들로 Fig. 6의 경우 헤더의 직경 크기가 상대적으로 작았고 이것이 원인인 것으로 생각된다. 한편 Fig. 8 - Fig. 9의 경우, 터빈 유량계를 사용하는 경우이며 터빈 유량계의 유량 현팅이 오리피스 유량계의 유량 현팅에 비하여 대체적으로 작게 형성된다는 것을 알 수 있다. 이것은 터빈 유량계가 오리피스 유량계의 차압 측정방법과 다르게 체적 측정방법을 이용하고 있어 가스 흐름 상태의 변화와 관련, 오리피스 유량계에 비하여 상대적으로 덜 민감하기 때문인 것으로 판단된다. 이상과 같은 조사 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 유추해 볼 수 있었다.

직관부 길이가 사내 기준⁽¹⁾을 만족하지 못하나 헤더의 크기가 기준을 만족하거나, 헤더의 크기가 기준을 만족하지 못하나 직관부 길이가 기준을 만족하면, 유량 현팅이 작은 것으로 나타났으며, 직관부 길이 및 헤더의 크기가 동시에 기준을 만족하지 못하면 유량 현팅이 큰 것으로 나타났다. 한편 Fig. 10 - Fig. 11의 경우, Fig. 11이 Fig. 10보다 유량 현팅이 크다는 것을 알 수 있는데, 이것은 수요처에서 천연 가스의 수요량을 증가시킬 때 유발된 것으로, 수요량이 증가함에 따라 유동의 불안정성도 커져서 결국 유량 현팅이 크게 유발된 것으로 판단한다.

Table 1은 Fig. 1 - Fig. 4, Fig. 6 - Fig. 9에 나타난 유량 현팅을 평균한 것으로, 보는 바와 같이 평균 유량 현팅은 ± 0.1 %를 넘지 않아, 계량의 결과에 직접적인 관련이 없는 것으로 판단된다. 현장

*** 한국가스공사 연구개발원 유체계량 연구개발

E-mail : cupidash@kogas.or.kr

에서 직접 채취한 몇 가지 헌팅 사례를 감안하여 원인을 체계적으로 분석하기 위해 실험을 수행하였다.

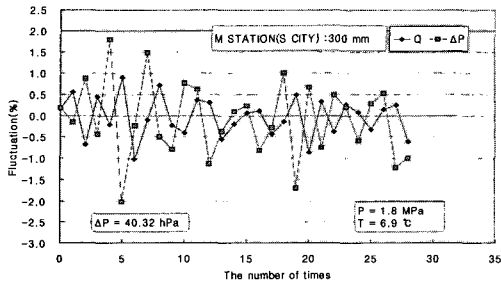


Fig. 1 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure (CASE 1)

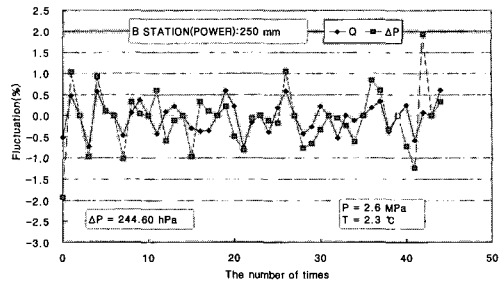


Fig. 2 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure (CASE 2)

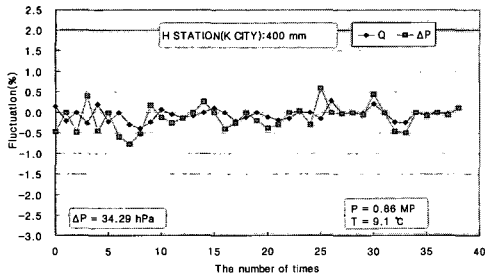


Fig. 3 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure (CASE 3)

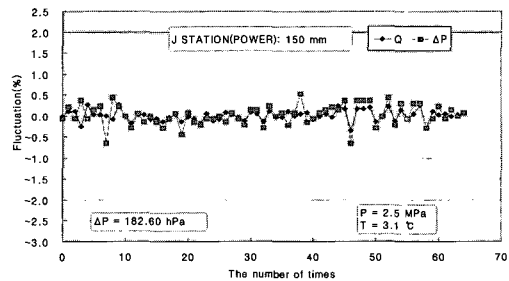


Fig. 4 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure (CASE 4)

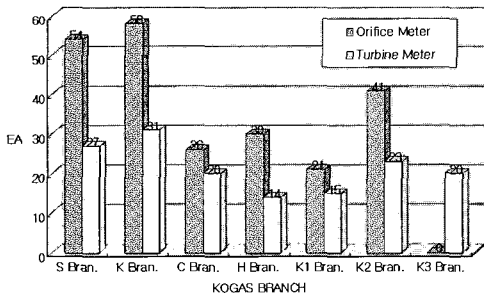


Fig. 5 Situation of the custody transfer meter of KOGAS branches

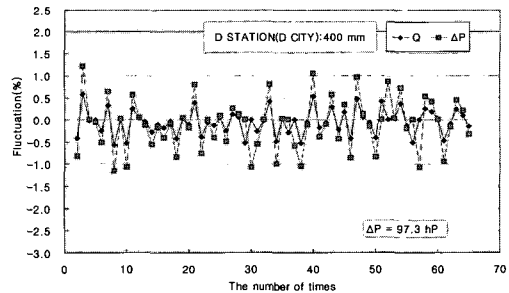


Fig. 6 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure (CASE 5)

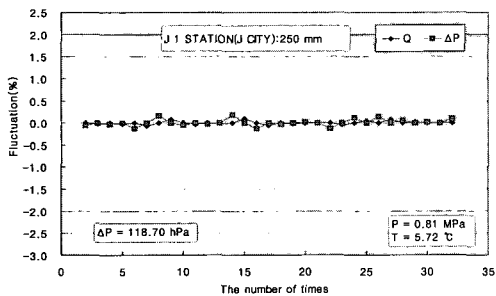


Fig. 7 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure (CASE 6)

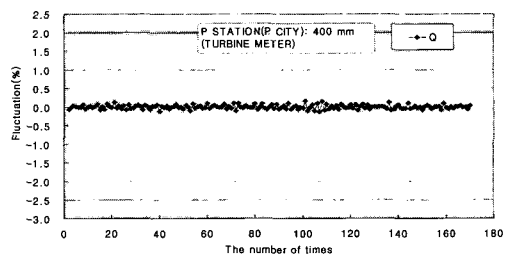


Fig. 8 The fluctuation of the real time flowrate (CASE 7)

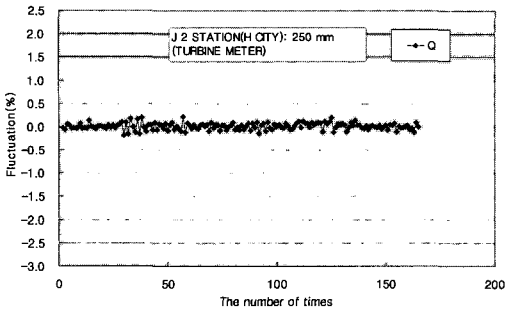


Fig. 9 The fluctuation of the real time flowrate (CASE 8)

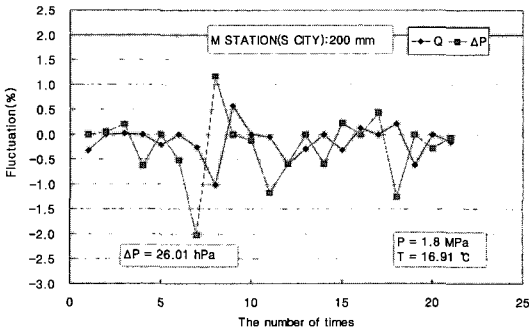


Fig. 10 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure when the amount of natural gas is changed (CASE 9)

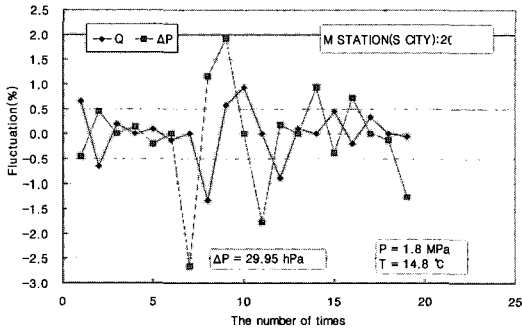


Fig. 11 The fluctuation of the real time flowrate and Differential Pressure when the amount of natural gas is changed (CASE 10)

Table 1 The average of the flow fluctuation

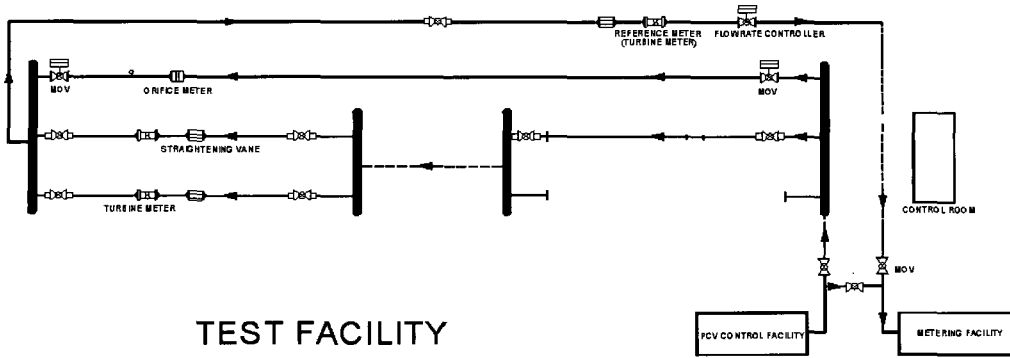
Station	Meter	Avg.F	Station	Meter	Avg.F
CASE 1	Orifice	-0.03	CASE 5	Orifice	-0.05
CASE 2	Orifice	-0.03	CASE 6	Orifice	0.00
CASE 3	Orifice	-0.06	CASE 7	Turbine	0.00
CASE 4	Orifice	0.01	CASE 8	Turbine	0.01

3. 실험

Fig. 12는 가스공사 공급관리소 내에 있는 유량계 현장 비교 실험 설비⁽²⁾의 개략도이다. 본 실험 설비는 연구 수행을 위하여 헤더를 150 mm에서 300 mm로 확장되었다. 헤더 확장 공사를 하기 전에 헤더 확장 전의 유량 현팅에 대한 실험을 수행하였고, 그 다음 헤더를 확장한 후 유량 현팅에 대한 실험을 하였다. 상기 실험 완료 후 신호전송 케이블의 길이, 전송기의 차압 범위 및 신호전송 케이블의 피복 상태에 따른 유량 현팅 실험을 수행하였다. 실험은 관직경비(β = 오리피스 직경/배관 직경) 0.3, 0.5, 0.7 및 유량 $Q_{min}(80 \text{ m}^3/\text{h}) \sim 0.7Q_{max}(1,120 \text{ m}^3/\text{h})$ 에서 실시하였다. 기준기(터빈 유량계) 및 오리피스 유량계 크기는 150 mm이고, 실험 설비로 들어오는 유량은 중동공급관리소 정압실 측면에 구축되어 있는 400 mm 유량조절밸브를 이용하여 조절하였다.

Fig. 13 - Fig. 15는 헤더 확장 전의 유량 현팅에 대한 실험 결과이고, Fig. 16 - Fig. 18은 헤더 확장 후의 유량 현팅에 대한 실험 결과이다. Fig. 13 - Fig. 18에서 보는 바와 같이 헤더 확장 후의 유량 현팅이 $\pm 2.3 \%$ 정도 감소($\beta = 0.5$ 및 $0.5 Q_{max}$) 하였음을 알 수 있었다. 이 실험 결과로 볼 때, 헤더 직경이 작은 것 보다 큰 것에서 유량 현팅이 작게 나타났다. 따라서 계량설비에서 헤더의 직경은 계량 라인들의 면적합(1.5 배 이상)보다 충분히 크게 운영되어야 함을 알 수 있었다.

Fig. 19 - Fig. 22는 유량계 현장 비교 실험 설비에서 수행한 전송기의 신호 전송선의 길이 따른 유량 현팅 발생을 조사하기 위한 실험 결과를 나타낸 것으로서 전송선의 길이를 30 m에서부터 300 m까지 길게 하였으나 그림에서 보는 바와 같이 유량 현팅의 차이는 발생되지 않았다. Fig. 23 - Fig. 28은 차압 전송기의 차압 범위에 따른 유량 현팅을 조사하기 위한 실험 결과를 나타낸 그림으로써, Fig. 23 - Fig. 25는 Low 차압계에서 실험한 결과이고, Fig. 26 - Fig. 28은 High 차압계에서 실험한 결과이다. Fig. 23 - Fig. 25의 경우, 측정범위 20 % 대의 낮은 차압에서 유량 현팅이 높고, 80 % 대의 높은 차압 영역으로 갈수록 유량 현팅이 낮아지는 것을 볼 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이 유량 현팅이 차압범위 20 % 대에서 $\pm 0.8 \%$, 50 % 대에서 $\pm 0.6 \%$, 80 % 대에서 $\pm 0.4 \%$ 정도로 나타나 Low 차압계



TEST FACILITY

Fig. 12 The Layout of the test facility

의 차압 범위에서 $\pm 0.4\%$ 차이의 유량 헌팅을 보였고, Fig. 26 - Fig. 28의 High 차압계 경우 차압 범위에 상관없이, 유량 헌팅 차이는 거의 보이지 않았다.

Low 차압계는 High 차압계에 비하여 매우 낮은 미압을 측정하다보니 상대적으로 High 차압계보다 민감한 편이라 유량 헌팅이 크게 발생된 것으로 판단된다.

Fig. 29 - Fig. 32는 전송기의 신호전송 케이블의 피복상태에 따라 유량 헌팅이 발생되는지 조사한 것으로, 케이블의 손상이 전혀 없는 상태, 겹피복이 손상되었을 때, 차폐피복이 손상되었을 때 및 최종적으로 피복이 완전히 손상되었을 때 실험 한 결과를 나타내고 있다. 이 4가지의 실험 조건에서 나타난 유량 헌팅 결과, 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

4. 결론

일반적으로 유량계에서 발생하는 유량 헌팅의 원인을 조사하기 위해서 광범위하게 조사되어야 할 것으로 판단되나 조사 분량이 많아 크게 계량설비 구조⁽³⁾⁽⁴⁾, 차압 측정 범위, 신호전송선의 길이 및 신호전송선의 피복 상태에 대해서만 연구하였고 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 평균 유량 헌팅은 $\pm 0.1\%$ 이내로 계량의 결과에 직접적으로 관련이 없는 것으로 판단된다.
- 2) 유량 헌팅은 계량 설비 설치 조건이 기준에 미치지 못할 때 크게 발생하였다.
- 3) 계량 설비 헤더 확대 후의 유량 헌팅이 확대 전보다 감소하였다.

- 4) 신호전송선의 길이(30 m, 100 m, 200 m, 300 m)에 따른 유량 헌팅 차이는 거의 없었다.
- 5) Low 차압계는 High 차압계보다 미압을 측정하는 관계로 차압변화에 민감하여 유량 헌팅이 크게 발생되었고, High 차압계에선 유량 헌팅 차이를 거의 볼 수 없었다.
- 6) 신호전송선의 피복 상태 실험 결과, 유량 헌팅 차이는 거의 보이지 않았다.

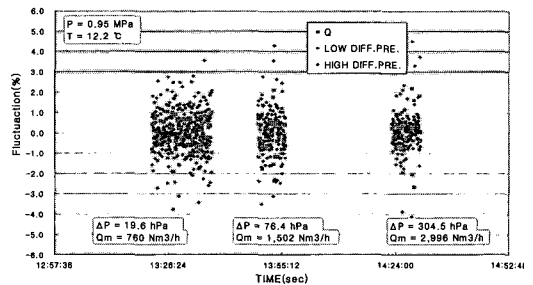


Fig. 13 The fluctuation of the preliminary to enlarge header size ($\beta = 0.3$)

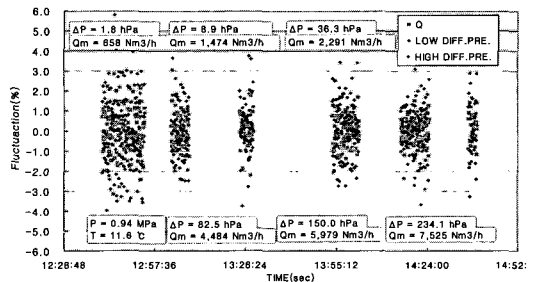


Fig. 14 The fluctuation of the preliminary to enlarge header size ($\beta = 0.5$)

천연가스 유량계의 현장 운영 시에 발생하는 문제점 중 유량현팅에 관한 소개

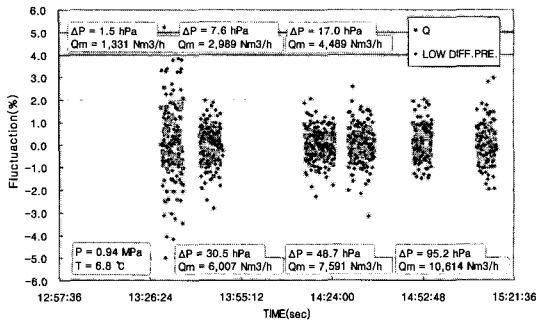


Fig. 15 The fluctuation of the preliminary to enlarge header size ($\beta = 0.7$)

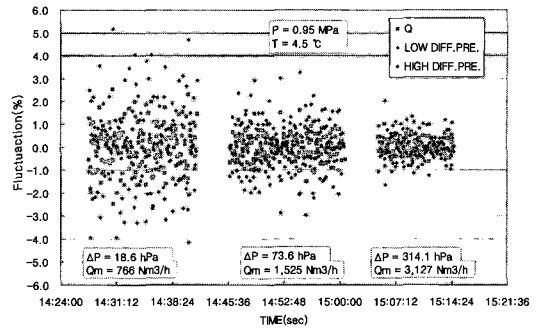


Fig. 16 The fluctuation in enlarged header ($\beta = 0.3$)

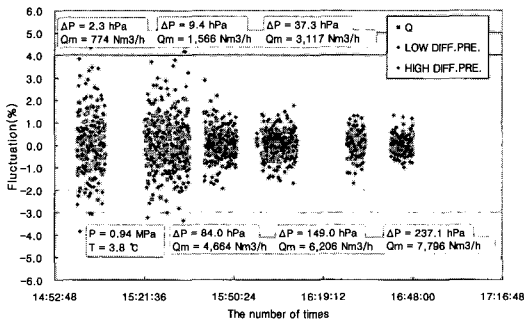


Fig. 17 The fluctuation in enlarged header ($\beta = 0.5$)

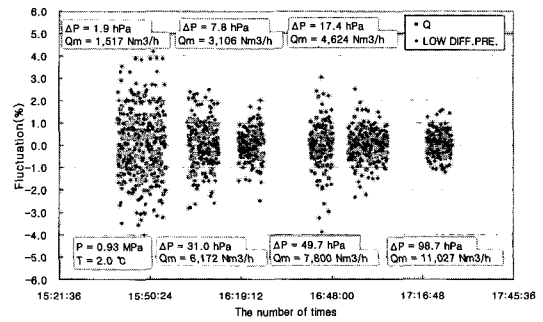


Fig. 18 The fluctuation in enlarged header ($\beta = 0.7$)

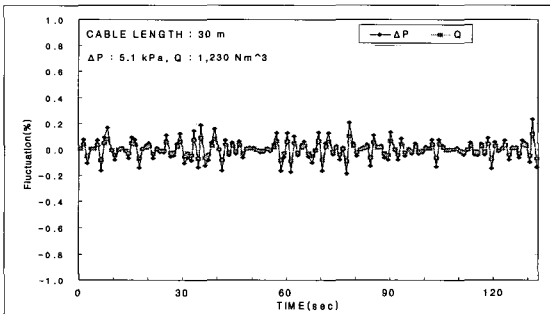


Fig. 19 The fluctuation according to the cable length (30 m)

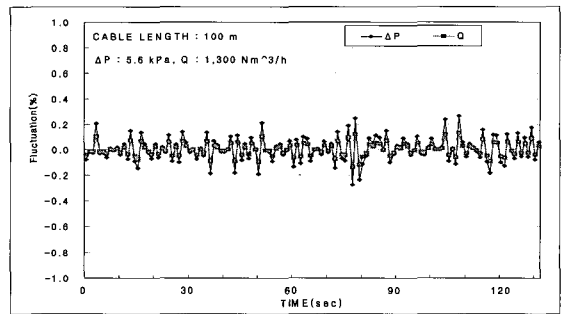


Fig. 20 The fluctuation according to the cable length (100 m)

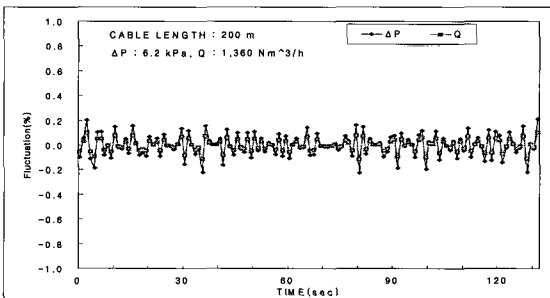


Fig. 21 The fluctuation according to the cable length (200 m)

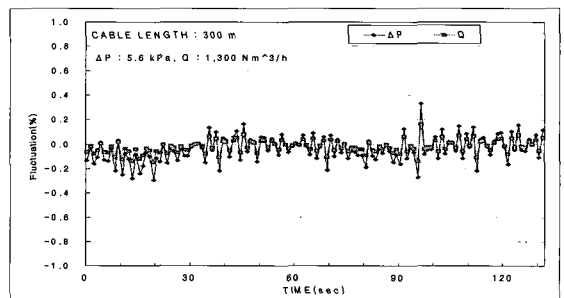


Fig. 22 The fluctuation according to the cable length (300 m)

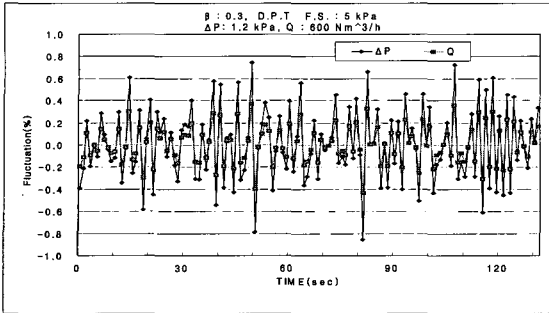


Fig. 23 The fluctuation according to differential pressure range (LOW D. P. T : F. S 20%)

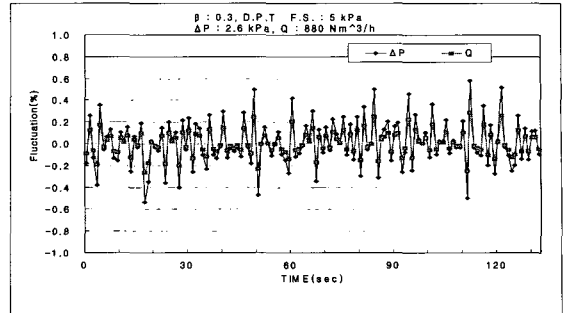


Fig. 24 The fluctuation according to differential pressure range (LOW D. P. T : F. S 50%)

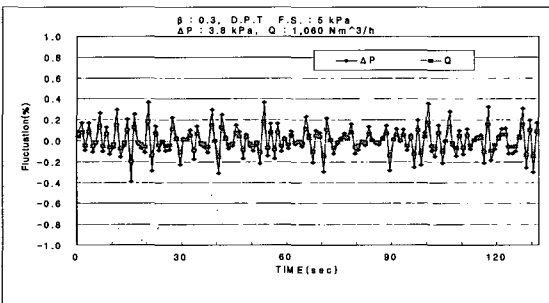


Fig. 25 The fluctuation according to differential pressure range (LOW D. P. T : F. S 80%)

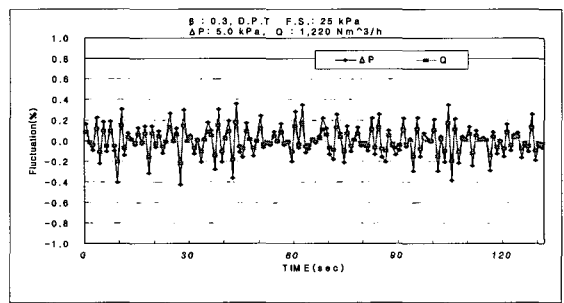


Fig. 26 The fluctuation according to differential pressure range (HIGH D. P. T : F. S 20%)

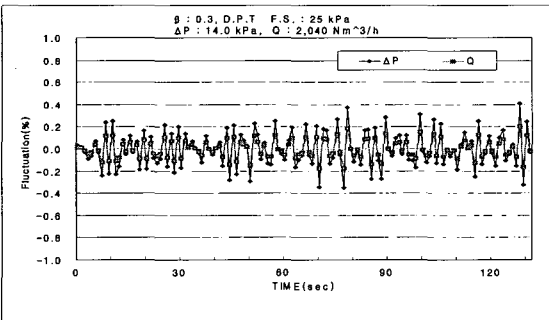


Fig. 27 The fluctuation according to differential pressure range (HIGH D. P. T : F. S 50%)

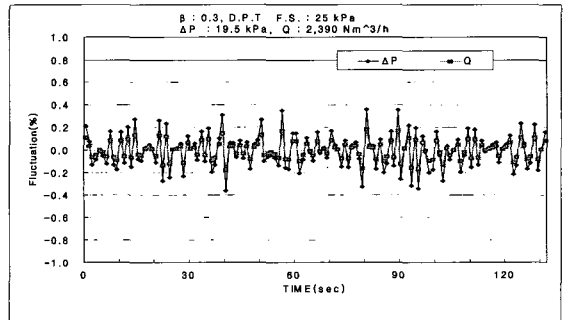


Fig. 28 The fluctuation according to differential pressure range (HIGH D. P. T : F. S 80%)

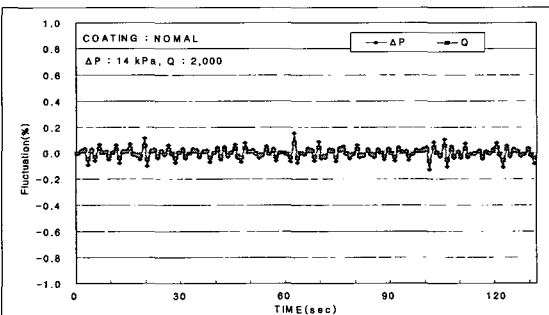


Fig. 29 The fluctuation according to the damage of coating (NORMAL : NO DAMAGE)

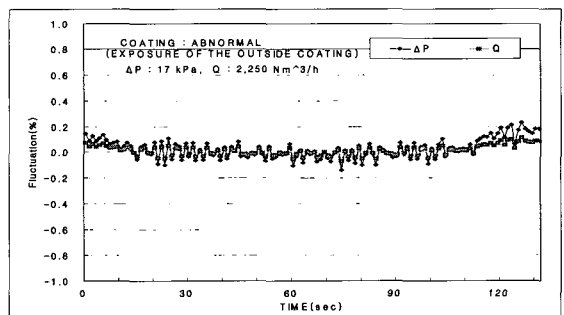


Fig. 30 The fluctuation according to the damage of coating (ABNORMAL : DAMAGE OUTSIDE COATING)

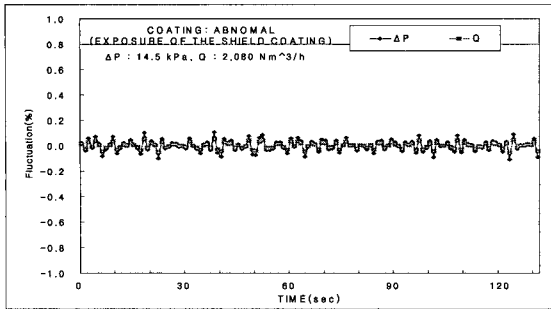


Fig. 31 The fluctuation according to the damage of coating (ABNORMAL : DAMAGE SHIELD COATING)

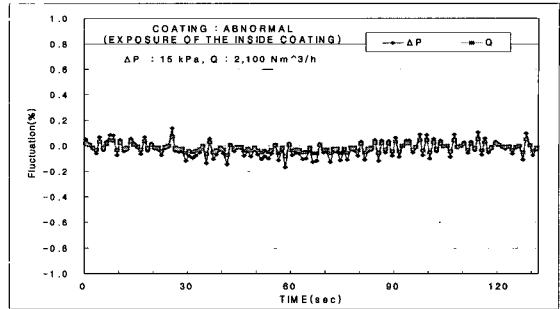


Fig. 32 The fluctuation according to the damage of coating (ABNORMAL : DAMAGE INSIDE COATING)

참고문헌

- (1) 한국가스공사, 2003, “천연가스용 계량 설비 기술 기준”.
- (2) 한국가스공사, 1998, “유량계 현장 비교 실험 연구”.
- (3) ISO 5167, 2003, “Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular-cross section conduits running full”.
- (4) A.G.A Report No. 3, 1991, “Orifice Metering of Natural Gas”.