



가스 배관망에서 인입가스의 조성이 배관망 내 압력에 미치는 영향에 관한 연구

†장 승 용

(주)카프나

(2007년 1월 9일 접수, 2007년 4월 27일 채택)

A Study on the Effect of Gas Composition at Gas Supply Point on the Pressures in Gas Pipe Networks

†Seungyong Chang

KAPNA Corp.

(Received 9 January 2007, Accepted 27 April 2007)

요 약

가스는 산지에 따라 그 조성이 다르며, 이러한 가스조성의 변화는 가스 배관망 내 발생하는 압력손실 값에 영향을 미치므로 매우 중요한 고려 요소이다. 그러므로 평균 가스조성(비중) 대신 각 인입지점으로 인입되는 가스가 실제로 가지고 있는 가스조성을 사용하는 것이 배관망 해석 수행 시 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 가스 배관망에서 인입지점으로 인입되는 가스 조성을 평균 값이 아닌 실제 조성을 사용할 경우 소비자에게 가스를 공급하는 공급지점의 공급압력에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구결과를 비교하기 위하여 각 인입지점의 가스조성을 평균하여 모든 인입지점의 가스조성으로 동일하게 사용하여 산출된 압력 값을 사용하였다. 그 결과, 실제 가스조성 고려 시 공급압력에 미치는 영향은 상당한 수준이므로 천연가스 산업현장의 공급 배관망에 대한 배관망해석 수행 시 실제의 가스조성을 반드시 고려하여야 정확한 분석결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

Abstract – Natural gas has different gas composition according to imported gas region, and the difference of gas composition affects pressure loss value occurred in pipe networks. Therefore, using real gas composition instead of averaged gas composition can obtain more reliable results for pipe network analysis. In this study, the effect of real gas composition at gas supply points on the demand pressure has been analyzed. To compare the results, the calculated pressure values for averaged gas composition at all the supply points have been used. From the results, we found that the effect of real gas composition consideration on demand pressure was considerable, and the real gas composition has to be considered for reliable pipe network analysis in gas industry.

Key words : Gas composition, Gas supply point, Demand pressure, Pipe network analysis

I. 서 론

현재 천연가스는 우리 생활에 필수 불가결한 존재이며, 그 사용량은 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 지속적인 사용량 증가에 대응하기 위하여 외국의 산지로부터 수입되는 가스량도 증가하고 있으며, 그 산지 또한 다양화되고 있는 실정이다.

예전에는 가스를 수입하는 지역이 다양하지 않고 국

한되어 있어서 단일화된 가스조성(비중)을 사용하여도 무방하였으나 산지가 다양해지면서 실제의 가스조성을 고려하여야 하는 시점에 이르렀다. 가스는 산지에 따라 그 조성이 다르며, 이러한 가스조성은 가스 배관망 내 발생하는 압력손실 값에 영향을 미치므로 매우 중요한 요소이다. 그러므로 단일화된 가스조성(비중) 대신 각 인입가스의 실제 가스조성을 사용하는 것이 배관망 해석 시 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있다.

본 연구에서는 가스 배관망 내의 인입지점으로 인입되는 가스의 실제 조성값을 사용할 경우 가스 공급지

†주저자:csydr@hanmail.net

점의 공급압력에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구결과를 비교하기 위하여 각 인입지점의 가스조성을 평균하여 모든 인입지점에 동일하게 사용하여 산출된 압력값을 사용하였다.

II. 이 론

본 연구의 기본 이론은 배관망 해석이다[1-6]. 배관망 해석은 가스 인입지점의 인입압력과 각 공급지점별 수요량 및 배관망을 구성하는 배관 등의 설비가 가지는 길이, 관경 등과 같은 특성을 이용하여 각 지점별 압력값을 산출한다.

이러한 배관망 해석 시 인입지점에 입력 가능한 변수의 하나로 가스조성이 있는데, 현재까지 대부분의 경우 단일화된 값으로 모든 인입지점에 동일하게 적용하고 있다. 배관망 모델링 시 가스조성의 변화는 궁극적으로 가스비중을 변화시키므로, 각 인입지점에 인입되는 가스의 실제 조성을 입력하고, 추적기법을 활용하면 배관망 해석 시 시스템 전체를 따라 각 지점(노드)의 가스조성을 알 수 있고, 이에 따른 각 지점별 가스비중이 산출된다.

이러한 가스 조성 추적기법은 실제로 인입된 가스의 조성을 고려함으로써 배관망 해석 시 더욱 정확한 지점별 압력값을 산출할 수 있으며, 또한 가스 공급자와 인수자 간의 가스수급 계약조건에 맞는 조성(비중)을 가진 가스가 공급되는지 여부도 사전에 파악할 수 있어서 만약 배관망 해석을 통하여 계약상 조건에 대한 문제점이 발생할 경우 그 문제점을 사전에 분석하고, 해결 방안을 찾음으로써 계약조건에 위배되지 않는 가스 공급이 가능하다.

Fig. 1은 배관망의 한 예이며, 두 개의 인입지점(A, B), 세 개의 공급지점(1, 2, 3)과 다섯 개의 배관으로 구성되어 있으며, 인입지점인 A와 B에 가스 인입압력과

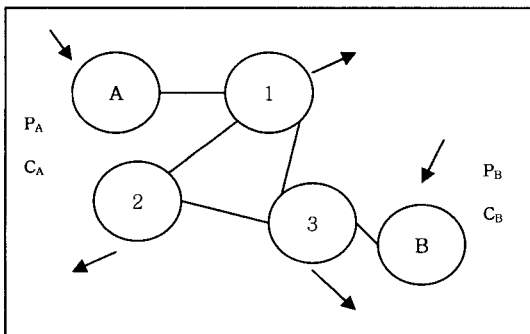


Fig. 1. Variable gas compositions description in gas pipe networks.

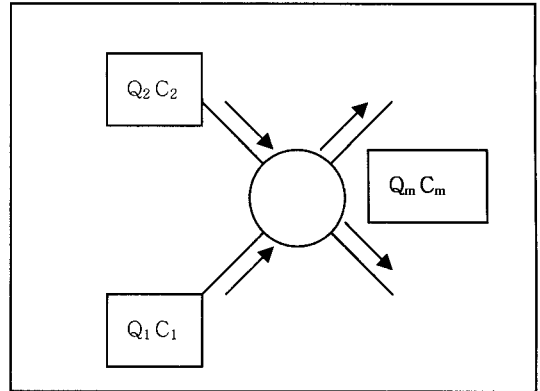


Fig. 2. Definition of volumetric mixing for modeling networks with variable gas compositions.

가스 조성정보가 입력된다. 공급지점인 노드 1, 2, 3에는 수요자가 사용하는 가스량이 입력되며, 이에 따른 압력값이 배관망 해석을 통하여 산출된다[7,8].

Fig. 1에서 P는 압력(kPa)이고, C는 가스 조성이다.

Fig. 2에 나타난 바와 같이 연결배관들로부터 각 공급지점으로 인입되는 가스조성을 알고, 해당지점에서 완전혼합이 이루어진다고 가정하면, 해당 공급지점에 대한 가스 조성은 다음과 같이 산출될 수 있다.

$$Q_m = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

여기서 \$Q\$는 가스유량(\$Nm^3/hr\$)이다.

$$C_m = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2}{Q_m} \quad (2)$$

따라서 배관망 해석 시 각 인입압력과 가스 조성 그리고 공급지점별 수요량을 바탕으로 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 각 공급 지점별 가스 조성 값을 산출할 수 있다.

III. 결과 및 고찰

본 연구에서 배관망 해석을 위해 사용한 틀은 미국 Advantica사의 SynerGEE Gas이다[9,10]. Fig. 3은 본 연구를 위하여 사용한 배관망 모델이며, 미국 한 도시의 도로망의 일부를 따라 구축한 배관망이다. 이때, 배관망은 다섯 개의 가스 인입지점을 가지고 있는데, Fig. 3에서 원으로 표시된 부분이다. 각 인입지점의 공급압력은 300 kPa이고, 인입지점의 온도는 21.1°C를 사용하였다. 또한 배관망 모델을 구성하는 배관직경은 Table 1과 같이 154 mm인 배관으로 구성되어 있다.



Fig. 3. A pipe network model for this study.

Table 1. Pipe summary for used pipe network model.

Pipe length		Ea.	Total length (m)
Min. (m)	Max. (m)		
0	200	328	39,575.17
200	400	158	43,544.99
400	600	16	7,352.47
600	800	1	605.21
800	1,000	1	908.44
1,000	1,200	1	1,092.36
1,600	1,800	1	1,787.59
Total		506	94,866.23

Table 2. Gas compositions for gas supply points.

Component	Molecular %					
	GC ₁	GC ₂	GC ₃	GC ₄	GC ₅	GC _{avg}
CO ₂	0	0	0.5	0	0	0.11
N ₂	0	0	1.6	0	0	0.32
C ₁	71.01	91.25	96.3	91.3	76.3	85.23
C ₂	13.09	3.61	1.5	3.6	14.3	7.22
C ₃	7.91	1.37	0.1	1.4	8.3	3.82
iC ₄	1.68	0.31	0	0	0	0.4
nC ₄	2.09	0.44	0	0	0	0.49
iC ₅	1.17	0.16	0	0	0	0.27
nC ₅	1.22	0.17	0	0	0	0.28
C ₆	1.02	0.27	0	0	0	0.24
C ₇₊	0.81	2.42	0	3.7	1.1	1.62
Total	100	100	100	100	100	100

Table 3. Comparisons of pressure differences between variable and average gas compositions.

Division	ΔP (kPa)	ΔP (%)
Avg.	6.49421	3.8669
Min. Diff.	0.41	0.14
Max. Diff.	15.86	12.65

본 연구에서 사용한 각 공급 지점별 가스 수요량의 총량은 55,715.4 Nm³/hr이다.

Table 2에서 각 인입지점에서 사용한 가스조성은 GC₁~GC₅이며, 각 조성을 평균한 값은 GC_{avg}로 나타내었다.

각 인입지점의 가스조성을 평균한 GC_{avg} 값을 모든 인입지점에 동일하게 적용하여 배관망 해석을 수행하여 산출된 압력값과 각 인입지점에 실제 가스조성(GC₁~GC₅)을 입력한 후 배관망 해석을 수행하여 산출된 압력값을 각 공급지점별로 비교한 후 발생하는 차이를 Table 3에 나타내었다.

본 연구에서 사용한 배관망 모델의 총 노드 수는 397개이며, Table 3에서 실제 가스조성을 고려한 경우와 동일한 평균값을 사용한 경우의 압력값의 차이는 다음과 같이 산출하였다.

$$\Delta P = P_{cavg} - P_{cvariable} \quad (3)$$

여기서 ΔP 는 압력 차, P_{cavg} 는 모든 인입지점에 동일한 평균 가스조성을 사용할 경우 산출 압력값, $P_{cvariable}$ 은 각 인입지점에 실제 가스조성을 사용할 경우 산출 압력값이다.

Table 3의 결과에서 본 바와 같이 실제 가스조성을 고려하였을 경우와 평균값으로 동일하게 사용할 경우 배관망 해석을 통하여 산출된 압력값의 차는 최대 12.65%로 상당한 차이를 나타내었다. 따라서 본 연구에서 사용된 배관망이 총 노드수가 397개에 불과한 소규모 배관망임을 고려할 때 실제현장에서 운영중인 배

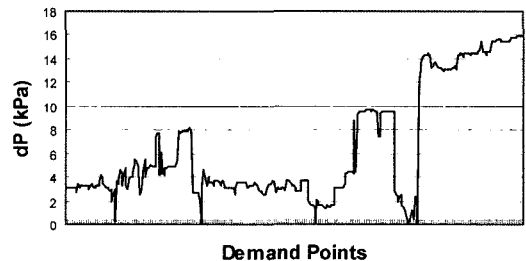


Fig. 4. Pressure differences (kPa) between average gas and variable gas compositions.

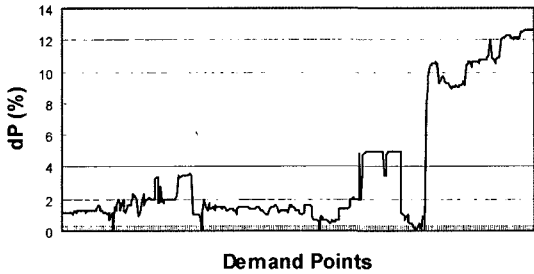


Fig. 5. Pressure differences (%) between average gas and variable gas compositions.

관망은 그 노드 수가 수 만개에서 수 십만 개에 이르므로 실제 가스 현장의 공급 배관망에 대한 배관망 해석 시 반드시 가스의 실제조성을 고려하여야 함을 알 수 있다.

Fig. 4 및 Fig. 5는 모든 공급지점에 대한 압력값의 비교 결과를 나타낸 것이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 가스 배관망 내의 인입지점으로 인입되는 가스의 실제 조성값을 사용할 경우 소비자에게 공급되는 공급지점의 공급압력에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구 결과를 비교하기 위하여 각 인입지점 가스조성의 평균치를 모든 인입지점에 동일하게 사용하여 가스 추적 기법을 이용한 배관망 해석을 수행한 후 산출된 압력값을 사용하였다.

그 결과, 실제 가스조성을 고려할 경우 압력 차는 최대 13%까지 차이가 발생하였으며, 이러한 결과로 미루어 볼 때 가스조성이 공급압력에 미치는 영향은 상당한 수준임을 알 수 있었다. 본 연구에서 사용된 배관망 모델은 총 공급지점 수가 397개에 불과한 소규모 배관

망인데 실제 현장에서 운영중인 배관망은 그 노드 수가 수 만개에서 수 십만개에 이르는 경우가 대부분이므로, 이러한 실제 가스조성의 고려는 현장의 가스공급 배관망의 경우 더욱 큰 차이가 발생하게 된다. 따라서 현장의 배관망에 대한 배관망 해석 시 인입가스의 실제 조성은 반드시 고려하여야 한다.

참고문헌

- [1] Watters, G.Z., *Modern Analysis and Control of Unsteady Flow in Pipelines*, Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, (1979)
- [2] Benedict, R.P., *Fundamentals of Pipe Flow*, John Wiley & Sons, (1980)
- [3] Osiadacz, A.J., *Simulation and Analysis of Gas Networks*, E. & F.N. Spon Ltd., London, (1987)
- [4] Jeppson, R.W., *Analysis of Flow in Pipe Networks*, Ann Arbor Science, Ann Arbor, Michigan, (1977)
- [5] Betamio de Almeida, A. and E. Koelle, *Fluid Transients in Pipe Networks*, Elsevier Science Publishers Ltd., (1992)
- [6] Wylie, E.B. and V.L. Streeter, *Fluid Transients*, FEB Press, Ann Arbor, Michigan, (1982)
- [7] The American Gas Association, *System Design: Distribution*, Gas Engineering and Operating Practice Series, Arlington, Virginia, (1990)
- [8] The American Gas Association, *Gas Control: Transmission*, Gas Engineering and Operating Practice Series, Arlington, Virginia, (1992)
- [9] Advantica, *SynerGEE Gas 4.2.2 User Guide*, Advantica Inc., Mechanicsburg, PA, (2006)
- [10] Advantica, *SynerGEE Gas 4.2 Tutorials*, Advantica Inc., Mechanicsburg, PA. (2006)