

천연가스 전국 고압 배관망 모델 수립

†박 영 · 이 영 철 · 이 정 환 · 조 병 학 · 임 정 숙*

한국가스공사 연구개발원 LNG기술연구센터

*한국가스엔지니어링

(2001년 4월 29일 접수, 2001년 6월 18일 채택)

Establishment of natural gas high-pressure pipeline network model in Korea

Young Park · Young Chul Lee · Jeong Hwan Lee

· Byoung Hak Cho and Jong Suk Lim*

LNG Technology Research Center, R&D Division, Korea Gas Corporation

*Korea Gas Engin. & Const. Co., Ltd.

(Received 29 April 2001 ; Accepted 18 June 2001)

요 약

본 연구에서는 상용프로그램(STONER) 상에 천연가스 전국 배관망 모델이 수립되었다. 이를 위해 STONER 상에 전국 배관망도가 작성되었으며, 배관망도 상에 기존 자료를 토대로 전국 각 배관의 배관 관경, 연장 길이가 입력되었다. 그리고 배관내를 흐르는 가스를 정의하기 위해 천연가스의 비중값이 입력되었다. 마지막으로 배관의 성질과 가스 온도를 결정하기 위해 실측치와의 비교 검증을 통하여 오류를 최소화하였다. 이에 먼저 주 배관 성질 값이 가정되었고, 이에 대해 실측 수요 자료를 가지고 배관망 분석이 수행되었다. 그리고 분석 결과 계산된 공급압력과 실측된 공급 압력을 분산 비교하여 최종적으로 배관의 성질값을 결정하였다. 이렇게 배관의 성질 결정에 있어서 기존의 배관망 모델 수립 방법과는 다르게 실측자료와의 검증 방법을 사용하여 좀더 실제에 접근한 모델을 수립할 수 있었다.

Abstract - In this study, a natural gas pipeline network model was established using STONER. First a map of natural gas pipeline network was drawn on STONER and then the length and diameter of the pipe were inputted. And as the specific gravity of gas flowing in the pipeline which is the value of natural gas was inputted. Finally in order to decide the pipeline variables and gas temperature, through the verification with observed real data, the possible error was minimized. For the verification, the pipeline variables and gas temperature were assumed and the pipeline network analysis was accomplished with real demand data. The square deviation of analysed pressure from observed pressure was calculated and the minimum case was selected for the optimum pipeline variables and gas temperature. Thus a proper natural gas pipeline network model for real network was established.

Key words : Natural gas pipeline network model, Pipeline variables, Gas temperature, Verification, Square deviation

1. 서 론

천연가스(Natural Gas)는 사용상의 편리성, 안전성 및 대기로 적은 오염물질을 방출하게 함으로서 국내에서는 물론 전 세계적으로도 그 사용량이 타 연료에 비해 증대되고 있다. 국내에서는 이러한 천연가스 중 액화천연가스(Liquefied Natural Gas)의 형태로 외국 원산지인 가스전으로부터 생산된 가스를 액화하여 해상으로 수입되고, 우리나라 생산기지에 저장되며 원활한 공급을 위해 액체 상태를 고압의 기체상태로 송출되어진다. 기화된 천연가스는 우리나라 전역에 깔려있는 고압의 주 배관망을 통해 전국 각지의 공급관리소로 공급되어지며 계속하여 발전소 및 도시가스사의 정압관리소 등으로 공급되어진다. 각 도시가스 정압관리소에서는 공급받은 천연가스를 각 가정이나 산업체 등으로 안전하게 공급하는 것이다.

한국가스공사에서는 전국 주배관망으로 안전하고 균형있게 천연가스를 공급하기 위해 해마다 미리 천연가스 수요를 예측하여 공급계약을 맺는 등 천연가스 수급 균형을 조절하여 배관망을 운영하고 있다. 그러나 향후 우리나라 천연가스 수요가 증가하고 있는 추세로 보아, 지금까지와는 달리 향후 배관을 통한 천연가스 도입(PNG), 울산 가스전 개발, 배관망 공동 이용제도 도입(OAS 도입), 제 4인수관리소 건설 등의 제 3의 변수가 발생하여 우리나라 배관망 운영에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이에 최종 소비자까지의 원활하고도 안전한 천연가스 공급을 위하여 이러한 수급 균형에 영향을 미치는 변수들에 대한 배관망 영향을 분석해 보고, 문제가 발생할 경우 대응책을 모색해 보아야 하는 연구가 필요하다. 또한 이 연구는 일년 사계절 중 가장 많이 사용하는 시기인 동절기의 피크수요에 대한 검토를 실시하여 관말압력의 저하를 확인하고 일정별 도입계획 수립에 활용이 가능하다. 이와 같은 사유로 좀더 정확한 배관망 모델을 수립하는 것이 매우 중요하다.

위와 같이 배관망 분석 연구를 수행하기 위해 상용 프로그램(STONER)을 통해 미래의 제 3의 변수에 의한 배관망의 영향을 살펴보기 위해서는, 배관망 모델 수립에 있어 무엇보다 필요한 것이 내부 조건에 따라 변하는 배관의 성질(roughness and efficiency) 및 가스 온도를 정확하게 결정하여 사용하는 것이 신뢰도

및 정확도를 확보할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 미지의 배관의 성질 및 가스 온도를 정확히 결정하기 위해 실측치와의 비교를 통한 검증 단계를 거쳐 미지의 변수를 결정하여 오류를 최소화하였다.

2. 배관망 분석의 이론

천연가스 배관망은 기본적으로 비선형(nonlinear)이고 등가제한(equality - constrained)계이다. 본 연구에서는 배관망 모델 수립을 위하여, 이러한 배관망 분석 시 다음과 같은 이론에 의해 수행되어졌다.

2.1. 이론적 배경

배관을 이용하여 천연가스를 수송할 때, 배관내 압력강하 및 관경 선정에 사용하는 유동방정식은 Larcy's 식, Unwin 식, Weymouth 식, Panhandle 식 등의 다양한 유동방정식들이 발표되었으며, 각 식들은 가스의 수송조건, 즉 관경 및 적용압력에 따라 구분되어 사용한다. 보통 20 Kg/cm² 이하의 압력 범위내에서는 압축계수를 일정한 상수로 가정한 Weymouth 식을, 압축계수에 영향을 미치는 고압(20kg.cm²) 및 대용량의 공급시에는 압축계수 인자가 고려된 Panhandle 식이 주로 사용되어 왔다.

2.2. 가스배관망에서의 정상유동

정상유동상태는 일반적으로 가스의 유동을 결정하는 수요의 양이 시간에 독립인 것을 말한다. 파이프에서 가스의 정상상태유동은 많은 공식에 의해 묘사되지만, 어떤 것도 보편적이지는 않다. 마찰효과(effect of friction)를 정량화하는 것이 어렵고, 이것이 유동식이 다양한 형태로 나타나는 주요한 이유이다. 파이프에서 가스의 정상유동에 대한 일반적인 유동방정식은 Bernoulli 방정식으로부터 유도된다. 만약 밀도변화 dp 를 무시할 수 있다고 가정한다면, Bernoulli 방정식은 다음과 같은 형태로 나타난다.

$$\frac{p}{\rho g} + \frac{w^2}{2g} + z = \quad (1)$$

$$\frac{p+dp}{\rho g} + \frac{(w+dw)^2}{2g} + (z+dz) + dh_f$$

식 (1)의 Bernoulli 방정식에 일정한 마찰계수, 가스압축인자(z) 및 등온유동이라는 몇 가지

천연가스 전국 고압 배관망 모델 수립

가정을 기초로 하여 정상상태유동방정식을 유도한 후 Darcy 방정식, 연속방정식, 상태방정식을 적용하면 다음과 같은 일반화된 정상상태 유동방정식[1]이 도출된다.

$$Q_n = \sqrt{\left(\frac{\pi^2 R_{air}}{64}\right) \times \frac{T_n}{p_n} \sqrt{\left[\frac{(\rho_1^2 - \rho_2^2) - \frac{2p_{av}^2 Sgh}{ZR_{air}T}}{fSLTZ}\right] D^5}} \quad (2)$$

여기에서, Q_n 은 유량 (m^3/s), T_n 은 표준상태에서의 온도 (288° K), p_n 은 표준상태에서의 압력 (0.1MPa), R 은 기체상수 ($Nm kg^{-1} K^{-1}$), S 는 가스의 비중, D 는 내경 (m), L 은 길이 (m)를 나타낸다.

본 연구에서는 식(2)의 일반적인 계산식에서 마찰항에 대해 Colebrook-White Equation이 적용된 FM (Fundamental Equation With Flow Dependent Friction)이 적용되었다.

2.3. 가스배관망에서의 비정상유동

파이프에서 비정상상태 가스유동방정식은 운영상태에 따라 parabolic 또는 hyperbolic의 형태로 나타난다. 또한 파이프에서 가스의 유동 방향에 수직 방향으로 가스성질의 변화율이 가스의 유동방향으로의 가스성질 변화율에 비해 무시될 수 있다고 가정하면 1차원으로 묘사할 수 있다. 이러한 가정은 파이프의 어느 한 단면에서 가스성질이 일정한 것으로 가정될 수 있다는 것을 의미하므로 압력, 밀도, 속도 등은 파이프의 축을 따라 단지 시간과 거리의 함수만으로 표현된다.

질량보존의 법칙에 의해 유도되는 연속방정식에 상태방정식을 적용시키면 다음의 식으로 유도된다.

$$\frac{c^2}{A} \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

여기에서 c 는 가스내 음속이고, M 은 단위시간당 질량 유동량이다. 식 (3)의 단위시간당 질량유동량 M 에 대해서 단위부피내의 가스에 작용하는 net body force, 운동방향으로의 pressure force, 마찰에 기인하는 shear force를 고려하여 정리하면 다음과 같은 1차원 유동에 대한 운동

량 방정식의 일반적인 형태로 나타난다.

$$-\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\rho v^2}{2} \left(\frac{4f}{D}\right) - g\rho \sin \alpha = \frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v^2) \quad (4)$$

그러나, 식 (3), (4)와 같이 복잡한 시스템의 방정식으로 묘사된 가스의 비정상 유동상태와 같은 현상들을 수학적으로 모델링을 하기 위해서 유동은 본질적으로 등온이고, 정상상태 마찰이며, 압력변화에 기인하는 파이프 벽면의 팽창은 무시될 수 있다라는 것 등의 가정을 바탕으로, Street & Stoner에 의한 방법[2]을 통해 다음과 같이 비정상 유동상태를 묘사할 수 있다.

$$\frac{\partial p}{\partial t} + a_1 \frac{\partial Q_n}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial Q_n}{\partial t} + a_2 \frac{\partial p}{\partial x} + a_3 \frac{|Q_n|Q_n}{p} = 0 \quad (6)$$

$$\left(a_1 = \frac{\rho_n c^2}{A}, a_2 = \frac{A}{\rho_n}, a_3 = \frac{2f\rho_n c^2}{AD} \right)$$

3. 배관망 모델 수립

전국 주 배관망 모델을 수립하기 위해서는 우리나라 전역에 있는 각 공급관리소와 생산기지들과 그것들을 연결하는 배관으로 구성된 전국 배관망도의 작성이 필요하고, 그 배관망도에 위에 각 배관의 연장길이, 관경의 입력이 필요하다. 그리고 마지막으로 배관망 분석을 수행해 배관의 성질인 Efficiency, Roughness와 가스의 온도의 결정이 필요하다. 그러나 이러한 배관의 성질인 Efficiency, Roughness 등의 결정이 필히 검증이 실시하여야 한다. 왜냐하면 가스 배관망 분석에 있어서 알고 있는 배관의 정보를 정확하게 사용한다고 하더라도 모델링 작업시 입력하는 기본 변수들 예를 들면 가스 유량, 배관관경, 배관길이, 압력, 가스 비중 등과 비교하여 배관 내부 조건이 상대적으로 거의 알려져 있지 않으므로 검증이 수반되어야만 배관망 분석의 정확도 및 신뢰도를 확보할 수 있다. 또한 검증이 정확성 있게 실시되어야 모델링에서 훌륭한 결과를 기대할 수 있다. 그러

므로 다음 순서도(Fig. 1)에 의하여 정확한 검증이 이루어질 수 있도록 배관망 모델 수립 과정을 나타내었다. 전국배관망도를 작성하고 각 배관의 자료를 입력하며, 또한 배관의 성질 및 가스의 온도를 가정하여 입력한다. 이러한 배관의 성질 및 가스 온도를 실제 각각의 공급관리소에서 측정된 값과 배관망 분석 결과에 의한 압력값과의 차의 곱인 분산을 계산하여 최소화하는 검증을 실시함으로써 완벽한 배관망 모델을 수립하였다.

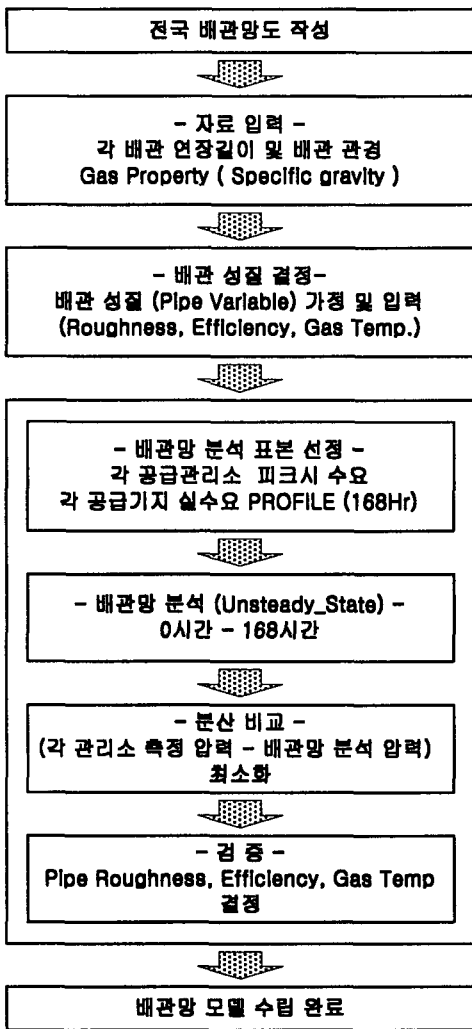


Fig. 1. The flow diagram for establishment of natural gas network model.

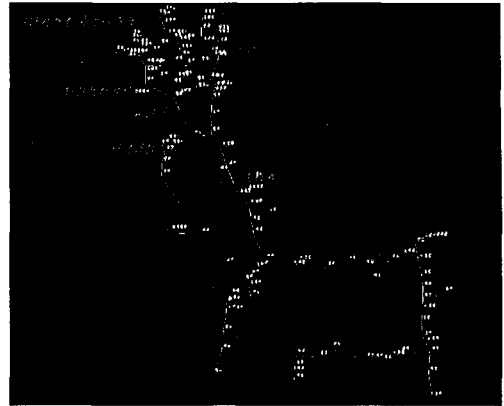


Fig. 2. The map of natural gas network.

Table 1. The natural gas stations.

	공급 관리소	기능		공급 관리소	기능
수도권	경인	차단관리소	경인권	수원	감압관리소, 계량관리소, 차단관리소
	군자	감압관리소, 계량관리소, 차단관리소		운연	차단관리소
	목동	감압관리소, 차단관리소		평택	감압관리소, 계량관리소, 차단관리소
충청권	유성	차단관리소	호남권	광주	계량관리소
	조치원	감압관리소, 계량관리소, 차단관리소		김제	차단관리소
	천안	감압관리소, 계량관리소, 차단관리소		목포	계량관리소
영남권	구미	계량관리소	남부권	김해	계량관리소
	금호	계량관리소		부산	계량관리소
	안강	계량관리소		울산	계량관리소

3.1. 전국 배관망도 작성

우리나라 전국 천연가스 고압 배관망은 전국적으로 환산망이 되도록 계획되어 있다. 2002년까지 강원권 등의 공사가 현재 진행중에 있으므로 여기서는 포함시키지 않았다. 또한 전국 주배관망은 수도권, 충청권, 호남권, 영남권, 남부권에 걸쳐 고르게 구축되어 있으며, 각 지역마다 차단관리소, 계량관리소, 방산관리소,

감압관리소의 기능을 갖는 공급관리소를 두어 약 30"의 배관으로 기체 상태의 천연가스를 공급하고 있다.[3] 이에 전국 지역의 공급관리소를 조사하여 상용프로그램(STONER)상에 전국 배관망도를 작성하였다.(Fig. 2) 이 때 필요한 전국의 모든 공급관리소의 자료를 정리하여 그 대표적인 것을 Table 1에 나타내었다.

3.2. 배관 연장길이, 관경

각 공급관리소들을 연결하는 배관의 연장길이와 관경은 한국 가스공사의 중앙 지령실에서 관리하는 자료 '전국 지사별 배관현황'으로부터 조사 정리되었고[4], 이는 위에서 작성된 전국 배관망도에 입력되었다. 주요 배관들의 연장길이와 관경을 그 중 일부만을 Table 2에 나타내었다.

Table 2. The length and diameter of Pipe.

	구간	관경 (inch)	길이 (km)		구간	관경 (inch)	길이 (km)
수도권	경인-중동	26	2.099	경인권	수원-분당	26	14.248
	대치-군자	24	13.818		운연-가좌	20	8.916
	독산-목동	20	10.150		평택-오산	26	16.661
충청권	유성-중촌	20	11.663	호남권	광주-하남	30	4.954
	조치원-남면	30	10.419		김제-신태인	30	19.640
	천안-수신	30	14.688		하남-목포	30	69.0
영남권	구미-왜관	30	14.909	남부권	김해-창원	30	43.002
	관음-금호	30	53.603		화장-부산	30	8.883
	안장-용강	30	18.828		청량 - 울산북합화력	30	18.849

3.3. Gas Property

배관을 흘러가는 가스를 정의해 주기 위해서, 천연가스의 비중(specific gravity)값을 결정하여야 하는데 본 논문에서는 0.62로 결정하여, 위의 연장길이와 관경이 입력된 각 배관들에 대해 이 가스 비중 값을 모든 구간의 가스에 동일하게 적용하였다.

3.4. 배관 성질(Pipe variables) 및 가스 온도(gas temperature) 결정

전국 주 배관망 모델 수립을 위해서는 마지

막으로 Roughness, Efficiency 그리고 배관을 흐르는 가스의 온도를 결정해야 한다. 일반적으로 모든 가스 배관에 대해서 가스의 온도를 정확하게 정의하기는 무척 어렵다. 또한 배관의 내부조건을 파악하기란 직접 확인하기 전에는 계속하여 변하기 때문에 정확하게 정의하기에는 많은 어려움이 있다. 그러므로 본 논문에서는 초기 매설된 이후 변화하여온 현재 주 배관망에 대해 Table 3과 같이 배관의 성질을 3가지로 가정하여 각각의 경우를 비교하였다. 물론 3가지의 변수를 서로 변화시켜 여러 경우를 비교 검토하였다. 예를 들면, 배관의 efficiency의 경우 0.9 ~ 1 까지 변화시켰으며, roughness의 경우에는 0.0018 ~ 0.0004까지 변화시켰다. 물론 구간별로 약간의 변화를 주어서 분산값을 비교하기도 하였다. 배관의 가스 온도는 1 ~ 10℃까지 변화시켜가며 분산값을 비교하여 검증하였다. 그 중 Table 3에 있는 경우가 가장 구별된 결과들을 보여 주었기 때문에 여기서는 이 3가지 경우만 정리하여 비교해 나타내었다.

Table 3. The Pipe variables and gas temperature.

	Roughness	Efficiency	Gas temperature
case 1	0.001	0.99	0 (°C)
case 2	0.0004	0.99	3 (°C)
case 3	0.0006	0.99	5 (°C)

천연가스 주배관망에서 주배관들의 Efficiency는 초기와 거의 변화가 없으므로 0.9이상의 값을 위주로 비교하였는데, 그 중 0.99값이 작은 분산값을 나타내어 주로 이 값을 사용하였다. 또한 Roughness는 건설연도에 따라 각 구간이 각기 다르겠지만 여기에서는 0.0004부터 0.0018의 값을 갖는 것으로 가정하였다. 마지막으로 배관을 흐르는 가스의 온도는 땅속에 묻혀있는 여건상 0℃, 3℃, 5℃까지의 범위의 값을 가질 때 작은 분산값을 나타내었다. 물론 각각의 변수에 대한 어떠한 특별한 경향도 발견할 수가 없었다. 즉 배관의 roughness나 efficiency 등이 커질 때 분산의 분포가 어떻게 변화하는지 결정할 수가 없었다. 따라서 위와 같이 3가지 가능한 경우만을 고려하여 각각 다음과 같이 검증을 하였다.

4. 실측치를 통한 검증

4.1. 실수요를 토대로 한 배관망 분석

전국 천연가스 연도별 각 공급관리소의 시간대별 수요 관측자료를 검토하여 정확한 분석이 되도록 가능한 한 최근 연도의 최대 수요량을 적용하여 1998년, 1999년도의 동절기 자료를 배관망 분석의 표본으로 선정하여 수행하였다. 특히 1998년 동절기(실제적으로 1999년 1월 수요량 사용)와 1999년 동절기(실제적으로 2000년 1월 수요량 사용)중에서 가장 수요가 많은 시기의 수요량을 선택하여 작업을 수행하였다. 그 중 1998년 동절기는 국내 경제 상황으로 인해 수요 패턴이 불규칙한 관계로 사용할 수 없었으며, 실제적으로 1999년 동절기, 즉 2000년 1월중에서도 가장 수요가 많았던 2000년 1월 23일부터 2000년 1월 29일(총 7일간, 168시간)까지 각 공급관리소별, 시간대별 수요 profile을 작성하여 배관망의 분석 표본으로 삼아 모델링을 실시하였다. Fig. 3에 배관망 분석 표본 선정 절차를 자세히 도식적으로 나타내었다.

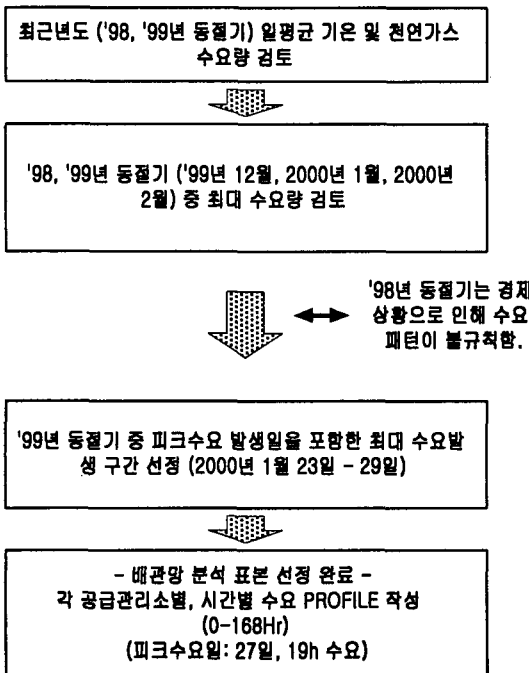


Fig. 3. The flow diagram of sample selection for natural gas network analysis.

자료 검토 결과 1999년 동절기의 수요 측정 자료[5]가 최근 자료이면서도 가장 규칙적이고 다른 연도의 수요경향을 잘 반영하면서 안정적이어서 배관망 분석의 표본으로 선정하였다. 선정된 표본, 즉 실수요 자료를 그림(Fig. 4)에 나타내었다.

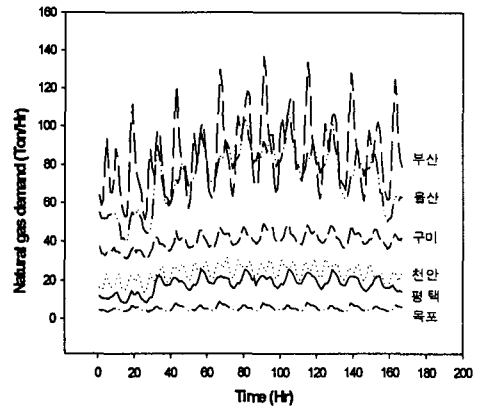


Fig. 4. The natural gas demand at some stations (1999 winter).

선정된 수요 패턴인 배관망 분석 표본을 입력자료로 하여 위에서 가정된 Table 3의 3가지 case에 대해서 배관망 분석을 수행하였다. 1999년 동절기의 각 공급관리소별로 측정된 수요량을 이미 작성된 배관 관경과 연장길이, 천연가스의 비중이 입력된 배관망도의 각 공급관리소의 유량 및 Profile로 입력하여 상용프로그램(STONER)을 사용하여 비정상유동 배관망 분석을 수행하였다. 그 결과로써 각 공급관리소의 공급압력이 계산되었다. 1999년 동절기 수요량에 대해 배관망 분석 후 계산된 각 공급관리소별 공급압력을 Fig. 5에 나타내었다. 이는 동절기 1월 23일부터 1월 29일까지 총 7일간 168시간에 대해 매시간 얻은 관말 압력을 나타낸 것이다. 이 결과에서는 생산기지 근처의 공급관리소인 평택과 천안 관리소에서는 생산기지의 고압압력인 70 kg/cm² 근처에 있거나 남부권 특히 울산 및 부산 관리소 근처에서는 발전소 공급 압력 하한치인 30 kg/cm² 에 도달하고 있음을 보여 주고 있다. 이는 평택 및 인천 생산기지에서 멀리 떨어진 이유도 있지만 도중에 많은 소비로 인한 것으로 사료된

다. 물론 목포지역보다도 압력이 더 떨어진 것은 이 지역의 소비가 목포 지역보다 많기 때문으로 사료된다.

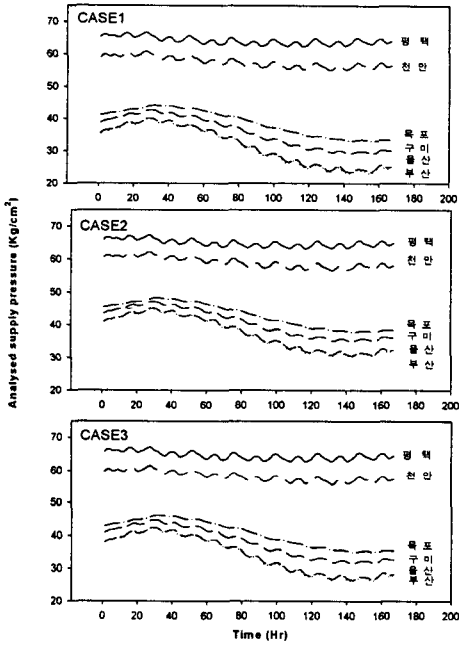


Fig. 5. The analysed pressure at some stations (1999 winter).

4.2. 실측 공급 압력과의 비교

Fig. 3의 case들 중 가장 실제 주배관망에 맞는 case를 찾기 위해, 위의 각 case에 대해 배관망 해석에 의한 계산된 공급압력을 실측 공급압력과 비교하였다. 앞에서 선정된 배관망 분석 표본에 대한 실제 관측된 각 공급관리소의 실측 공급압력은 한국가스공사 중앙지령실 자료로서 2000년 1월 23일 1시부터 1월 29일까지 1주일동안 168시간 자료를 간단하게 정리하여 Fig. 6에 나타내었다.[6] 따라서 앞서 배관망 해석에 의해 계산된 공급 압력과 실측된 공급압력과의 차의 제곱인 분산을 각 case별로 비교 검토하여 최적의 case를 선정하였다.

Fig. 7 (a), (b), (c)는 각 case별로 계산된 공급압력과 실측된 공급압력과의 분산을 시간에 따라 각 주요 공급관리소 별로 나타낸 것이다.

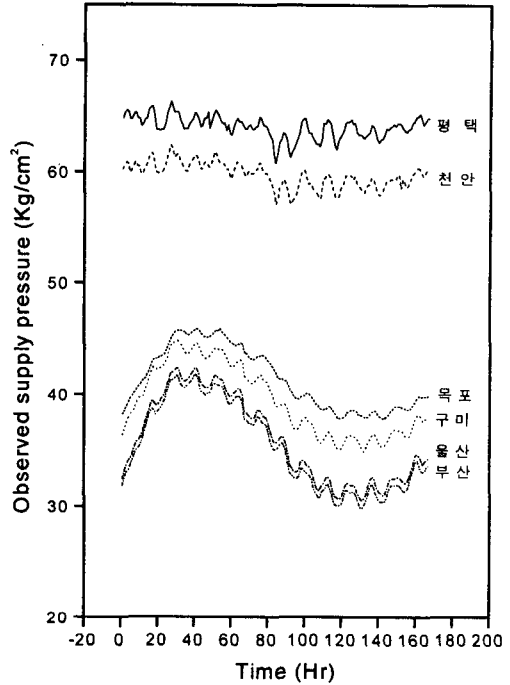
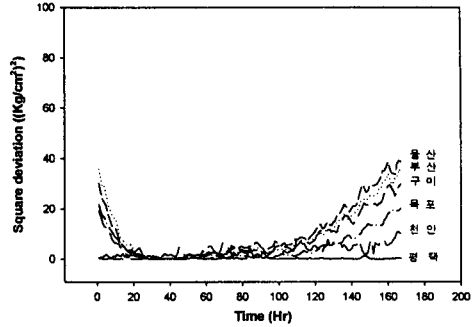


Fig. 6. The observed pressure at some stations (1999 winter).

Fig. 7 (a)는 case 1의 경우를 나타내었는데 전구간에 걸쳐 큰 오차를 보이며 후반부로 갈수록 실측값과 계산 압력 값이 더 큰 차이를 나타내어 분산값이 증가함을 보이고 있다. 일반적으로 배관망의 재료에 따른 absolute roughness의 값은 commercial steel에 있어서는 0.0018in로 제시되어 있지만[7, 8], 본 연구에서는 높은 분산값을 나타내어, 여기서는 상대적으로 작은 값인 0.001에서 0.004를 사용하였다. 이 점은 여러 값을 적용하여 배관망 분석을 한 후 분산값을 비교함으로써 결정한 것이다. Fig. 7 (b)의 경우에는 전반부에 잠깐 동안 오차를 보이고 전체적으로 적은 오차를 보여 전 기간에 걸쳐 계산 압력이 실측 압력에 접근하는 가장 오차가 적은 결과를 나타내었다. 초기에 많은 분산값을 나타내는 것은 실측정치를 특정시간대에 적용하여서 앞부분에 오차가 상대적으로 크게 나타난 것으로 판단된다. 그러나 변수들의 변화에 따라 항상 초기에 이렇게 분산값이 크게 나타난 것만은 아니다. 변수의 변화에 따라 초기와 후반부에 분산값이 변화하므로 가능한 한 후반부의 분산값이 거의

zero에 가까워질 경우를 선택하였다.

또한 정확한 배관망 분석을 위해서는 가능한 한 배관망 분석 표본을 길게 설정하여야 하나 그러면 분석하는데 많은 시간을 요구한다는 점에서 신중히 결정하여야 한다. 따라서 이 논문에서의 총7일간 설정한 것은 이전의 실시하였던 것과 비교해서 충분히 긴 시간으로 판단된다. 이 경우가 후반부의 분산값이 거의 zero로 유지되는 것으로 보아 모든 관리소에서 측정치와 계산치가 거의 같음을 알 수 있고 모든 배관망 분석에 이 배관의 변수값을 사용하였다. Fig. 7 (c)의 경우에는 전반부와 후반부에 모두 큰 오차를 보여주었다. 결론적으로 배관망 분석 표본을 선정하여 배관망 분석을 수행하고 분석 결과를 실측치와 비교한 결과, case 2의 분산이 제일 최소인 것으로 나타나 현 배관망에 대한 배관 성질값으로 가장 타당한 것으로 검증되었다. 따라서 현 주 배관망에 대해 Pipe roughness는 0.0004, pipe efficiency는 0.99, gas temperature는 3°C로 결정하여 가능한 한 실제와의 오류를 최소화하였다.



(c) case 3

Fig. 7. The square deviation of analysed pressure.

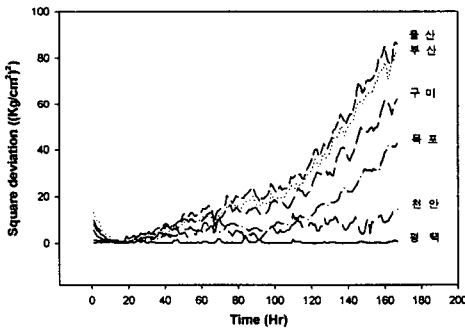
이와 같이 전국 배관망도를 작성하고 배관의 연장길이 및 관경과 gas property를 입력한 후, 천연가스 배관망에 적당한 배관 유동 방정식을 선택하여 마지막으로 실측 자료와의 검증을 통해 배관성질을 결정하는 과정을 통해 현 (2000년) 배관망에 맞는 모델을 수립하였다.

5. 결 론

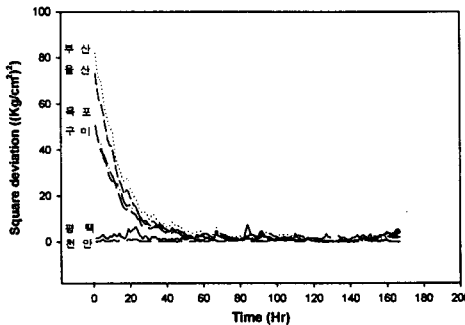
본 연구에서는 천연가스의 안정적인 공급에 있어 중요한 배관망 분석 연구를 수행하기 위하여, 상용프로그램(STONER) 상에 천연가스 전국 배관망 모델이 수립되었다.

1) STONER 상에 전국 배관망도를 작성하였으며, 기존 자료를 토대로 하여 전국 배관의 관경과 연장길이와 작성된 배관망도 상에 입력되었다.

2) 배관망 모델 수립에 있어 중요한 변수이나 정확한 측정이 곤란한 배관의 성질(Pipe roughness and efficiency) 및 가스 온도(Gas temperature)를 결정하기 위해 실측치와의 비교 검증을 통해 오류를 최소화하는 방법을 사용하였다. 이에 먼저 주 배관 성질의 많은 값 중에서 각각의 경우에 대해 1999년 동절기의 실측 수요 자료를 가지고 배관망 분석이 수행되었다. 그리고 분석 결과 계산된 공급압력과 같은 1999년 동절기에 대해 실측된 공급압력을 가지고 그 차이의 분산을 비교하였으며 분



(a) case 1



(b) case 2

산값이 최소가 되는 경우를 선택하여 최종적으로 배관의 성질 및 가스 온도를 결정하였다.

이렇게 배관의 성질 및 가스 온도의 결정에 있어서 기존의 배관망 모델 수립 방법과는 다르게 실측치와의 비교 검증 방법을 사용하여 좀더 실제에 접근한 모델을 수립할 수 있었다.

본 연구에서 수립된 배관망 모델은 향후 제3 변수 발생에 대한 배관망 분석 연구를 수행하는데 기본 모델로 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Osiadacz, A. J. : "Simulation and Analysis of Gas Network", E.&F.N. Spon Ltd. (1987)
2. E. B. Wylie, V. L. Streeter, M. A. Stoner: "Unsteady-State Natural Gas Calculations in Complex Pipe Systems", SPE Journal, pp. 35-43. (1974, 2)
3. 한국가스공사(연구개발원), '96신입사원(연구원) 교재' (1996)
4. 한국가스공사(중앙지령실), '전국 지사별 배관 현황' (2000)
5. 한국가스공사(중앙지령실), '99년 동절기 실수요량' (2000)
6. 한국가스공사(중앙지령실), '99년 동절기 압력자료' (2000)
7. Stoner Workstation Service(SWS) Technical Reference (1998)
8. R. W. Jeppson, "Analysis of flow in pipe networks", Ann Arbor Science Publishers Inc., (1976)