네트워크 배관망 해석 기법을 활용한 유체 거동 모델링 최적설계

최호성 · 문정환* · 이재오**†

대전대학교 소방방재학과 대학원생, *대림대학교 소방안전설비과 교수, **대전대학교 소방방재학과 교수

Fluid Behavior Modeling Optimal Design Using Network Piping Analysis Method

Ho-Sung Choi · Jung-Hwan Moon* · Jae-Ou Lee**†

Graduate Student, Department of Fire and Disaster Prevention, Daejeon University,

*Professor, Department of Building System Technology, Daelim University College,

**Professor, Department of Fire and Disaster Prevention, Daejeon University

(Received November 16, 2020; Revised December 22, 2020; Accepted December 28, 2020)

요 약

신뢰성 있는 소화 용수의 공급을 위해서는 네트워크 배관망 해석 기법으로 설계가 고려되어야 하지만 대부분 국가화재안전기준에 따른 규약배관방식이 적용되고 있다. 네트워크 배관의 해석 이론을 기반으로 유체 거동 모델링 해석기법을 활용할 경우 대규모 플랜트 시설에서 보다 안정적인 소화수의 공급이 가능하다. 하지만 다수의 노드 포인트로 구성된 네트워크 배관망을 수 계산으로 할 경우 많은 시간과 노력이 필요해 관련 국제 설치기준에서는 전용 해석 프로그램을 사용하도록 권장하고 있다. 본 연구에서는 네트워크 배관망 전용해석 프로그램인 Bentley사의 Sishyd 활용을 통해 좌표에 따른 실제 배관을 모델링 하였다. 모델링을 통해 배관망의 유체 거동을 분석한 결과 규약 배관방식보다 소화용수의 공급 안정성을 확보하면서 배관의 직경을 축소할 수 있었다. 그리고 건설사업 진행과정의 예산 낭비 요인과 비효율적인 요인의 제거를 통해 엔지니어링 효과를 극대화 할 수 있었다.

ABSTRACT

The piping design should be considered by way of the network system in order to supply water for reliable fire extinguishing. However, the pipe scheduling method in line by the National Fire Safety Code is typically applied. When the modeling analysis method of fluid behavior is utilized based on the piping network theory, the fire-extinguishing water can be supplied more stably in a large-scale plant. Because a piping network consists of a large number of node points as well as consumes a lot of time and effort, it is recommended to use the commercial analysis program according to international standards. In this study, we used a piping network analysis program, sisHYD, which can model the actual piping according to the coordinates and analyze the fluid behavior inside the piping. As a result of the piping network analysis, it was possible to reduce the diameter of piping while ensuring the supply stability of firefighting water compared to the pipe scheduling method. Consequently, the value engineering effect of a construction project can be enhanced by reducing the wasted budget and inefficient factors.

Keywords : Piping network, Fluid behavior, Flow modeling, Outdoor hydrant, Pipe scheduling method

1. 서 론

유체의 거동 예측은 배관 설계에 기초적이면서도 가장 중요한 부분이다. 발전소, 석유화학시설, 산업단지 등 국가 주요시설의 옥외 소화전은 네트워크 배관망으로 구성하여 안정적인 소화수 공급을 확보하고자 하지만 배관 설계 시 유체 거동 분석을 하지 않고 화재 안전기준(NSFC 109)에

명시된 사양 위주의 규약 배관 설계방식을 적용하고 있다. 옥외소화전 설비의 공급 관로가 간단한 배관으로 구성된 경우 Hagen-Poiseuille 방정식, Darcy-Weisbach 방정식을 이용하여 비교적 간단하게 거동 변화를 예상할 수 있지만, 네트워크 배관망과 같이 다수의 노드 포인트로 구성된 경우에는 예측이 어렵고 상당한 시간과 노력이 필요하다. 네트워크 배관 구성 시 규약 배관 설계방식을 적용하면 배관구

† Corresponding Author, TEL: +82-42-280-2598, FAX: +82-42-280-2596, E-Mail: krokasig@dju.ac.kr

© 2021 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

Figure 1. Numerical representation of the non-linear solver with Newton Raphson method.

경이 과다 설계되며, 이는 공사비의 증액으로 건설사 및 사업주에게 부담이 된다.

수치해석을 이용한 네트워크 배관 거동 분석에는 Hardy-cross method (Looped method), Nodal method 등이 있지만 본 연구에서는 예측하기 어려운 유체 거동해석을 비선형 방정식으로 표현하여 계산하는 수치 해석적으로 가장 뛰어난 Newton Raphson method를 사용하여 유체의 거동을 분석하였다. Newton Raphson method를 수식화 하면 식(1)과 같으며, 초기값 x 를 가정 후, $x^{t+1} - x^t$ 값이 0에 가까운 근사값이 될 때까지 수렴시키는 방법으로 해를 찾을 수 있으며, 네트워크 배관 유체 거동 해석에서 $\Delta Q_i \approx 0$ 이 될 때까지 수렴시켜 각 루프 안에서의 유량값을 계산할 수 있으며, Newton Raphson 알고리즘 분석 절차는 수학적 모델 지배방정식에 기술하였다⁽¹⁻³⁾.

$$x^{t+1} = x^t - \frac{f(x^t)}{f'(x^t)} \quad (1)$$

Figure 1은 Newton Raphson method를 보여주는 비선형 그래프이며, 연속적인 미분방정식에 의하여 $f(x) = 0$ 되는 과정을 알 수 있다.

본 연구에서는 Newton Raphson method를 기반으로 한 네트워크 배관망 전용해석 프로그램(Sishyd)을 사용하여 대규모 플랜트의 옥외소화설비를 Loop system으로 구성하여 네트워크 배관망 해석을 진행하였다. Loop system은 유체의 흐름이 분산되어 압력손실이 적어 고른 압력 분포가 가능하며, 소화수 공급의 안정성을 기할 수 있다. 또한, 배관 내 압력 변동이 적어 비정상적인 흐름으로 인하여 충격파가 발생하여도 힘을 분산시킬 수 있는 이점이 있다.

네트워크 모델링 시 정확한 유체 거동 분석을 위해 GPS

좌표를 반영한 지형 CAD 도면을 Microstaion에 입력하여 좌표(X,Y-Axial)에 따라 옥외 소화배관 모델링 설계를 진행하였다. 양정값을 계산하기 위해 배관 Level (Z-Axial)를 입력 후 Sishyd 프로그램에서 유체 거동을 분석하였다⁽⁴⁾. 실제 좌표를 기반으로 모델링 설계를 진행한 결과 정확한 배관 길이 및 Level을 산정할 수 있어 실제 데이터에 근거한 정확한 설계를 진행할 수 있고 유량에 따른 압력 손실을 예측할 수 있어 사양 위주 규약배관 설계방식 보다 배관구경을 축소할 수 있다. 배관구경의 축소는 안정적인 소화수 공급의 기능을 유지하면서 비용(Cost)을 최소화하여 가치(Value)를 증가시킬 수 있는 Value engineering (VE) 효과를 극대화 할 수 있다⁽⁵⁻⁷⁾.

2. 수학적 모델

2.1 지배방정식

옥외 소화전 설비 배관망의 동적 거동을 예측하기 위하여 유체의 연속방정식에서 기본가정으로 사용하는 질량 보존의 법칙을 사용하였으며, 이를 수식으로 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$A \vec{V} = \vec{0} \text{ 유량 vector (벡터)} \quad \vec{V} = \{\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{V}_3, \dots, \dot{V}_{11}\} \quad (2)$$

A = Matrix (Nodes and each edge)

배관망을 흐르는 유체의 압력 변화량을 계산하기 위하여 에너지 보존의 법칙을 사용하였으며 이를 수식으로 다음과 같이 나타낼 수 있다⁽¹⁾.

$$B \vec{\Delta p} = \vec{0} \text{ 압력 차 vector(벡터)} \quad \vec{\Delta p} = \{\Delta p_1, \Delta p_2, \dots, \Delta p_{11}\} \quad (3)$$

B = Matrix (The orientation of the edges in each circuit)

상기 두 가지 가정을 바탕으로 $f(x) = 0$ 이 되는 근사값을 구하고자 수치해석 알고리즘인 Newton Raphson 알고리즘을 사용하였으며 네트워크 배관망 분석 절차를 다음과 같이 요약할 수 있다^(7,8).

Step 1. 구성된 네트워크 배관망의 Node, Edges (Pipe), Loop 확인

$$\text{Step 2. } F_j = \sum_{n=1}^{j_n} Q_{jn} - q_j = 0$$

Q_{jn} = The discharge in n^{th} Pipe at node j

q_j = node withdrawal / j_n = The total number of pipes at node j

$$\text{Step 3. Loop Head-loss equations as } F_K = \sum_{n=1}^K K_n Q_{kn} |Q_{kn}| = 0$$

Step 4. 연속조건이 만족하도록 관에서 흐르는 유량 Q'을 적절히 가정한다.

Step 5. 다음 공식을 이용하여 K_i 계산. $K_i = \frac{8f_i L_i}{\pi^2 g D_i^5}$

K_i = Head loss coefficient

f = Friction factor

L = Pipe length

g = Gravity

D = Pipe diameter

$$\begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \partial F_1 / \partial Q_1 & \partial F_1 / \partial Q_2 & \partial F_1 / \partial Q_3 \\ \partial F_2 / \partial Q_1 & \partial F_2 / \partial Q_2 & \partial F_2 / \partial Q_3 \\ \partial F_3 / \partial Q_1 & \partial F_3 / \partial Q_2 & \partial F_3 / \partial Q_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Step 6. 다음식과 같이 Newton Raphson method을 응용하여 $\Delta Q_i = 0$ 의 근삿값이 될 때까지 반복 계산한다.

$$\begin{aligned} F_1(Q_1 + \Delta Q_1, Q_2 + \Delta Q_2, Q_3 + \Delta Q_3) &= 0 \\ F_2(Q_1 + \Delta Q_1, Q_2 + \Delta Q_2, Q_3 + \Delta Q_3) &= 0 \\ F_3(Q_1 + \Delta Q_1, Q_2 + \Delta Q_2, Q_3 + \Delta Q_3) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Taylor's 식을 이용하여 식(4)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} F_1 + \left[\frac{\partial F_1}{\partial Q_1} \right] \Delta Q_1 + \left[\frac{\partial F_1}{\partial Q_2} \right] \Delta Q_2 + \left[\frac{\partial F_1}{\partial Q_3} \right] \Delta Q_3 &= 0 \\ F_2 + \left[\frac{\partial F_2}{\partial Q_1} \right] \Delta Q_1 + \left[\frac{\partial F_2}{\partial Q_2} \right] \Delta Q_2 + \left[\frac{\partial F_2}{\partial Q_3} \right] \Delta Q_3 &= 0 \\ F_3 + \left[\frac{\partial F_3}{\partial Q_1} \right] \Delta Q_1 + \left[\frac{\partial F_3}{\partial Q_2} \right] \Delta Q_2 + \left[\frac{\partial F_3}{\partial Q_3} \right] \Delta Q_3 &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

또한, 행렬 형식으로 위의 방정식을 배열하면 식(6), (7), (8)과 같이 배열할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \partial F_1 / \partial Q_1 & \partial F_1 / \partial Q_2 & \partial F_1 / \partial Q_3 \\ \partial F_2 / \partial Q_1 & \partial F_2 / \partial Q_2 & \partial F_2 / \partial Q_3 \\ \partial F_3 / \partial Q_1 & \partial F_3 / \partial Q_2 & \partial F_3 / \partial Q_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_1 \\ \Delta Q_2 \\ \Delta Q_3 \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{bmatrix} \quad (6)$$

2.2 Graph 이론

Graph 이론은 자연이나 사회현상, 네트워크의 구조를 점과 선으로 단순화해 이해하고 분석하는 기법으로 응용 분야가 다양해지고 있다. 그래프 이론은 막대 그래프나 2차 함수의 그래프와 같이 양적 변화를 시각적으로 나타낼 때의 그래프가 아니라, 정보를 표현하는 노드(Node)와 노드의 관계를 연결선(Edges)으로 표현한 비선형 자료의 구조를 말한다. 네트워크 배관망 유체해석에도 그래프 이론을 적용하여 유체의 사용처(Customer), 분기 포인트 등과 같이 정보를 표현하는 점(Node)과 유체를 이송하는 배관(Edges)으로 표현할 수 있다^(9,10).

3. 네트워크 배관망 모델링

Figure 2는 본 연구의 대상인 대규모 플랜트 시설의 좌표를 기반으로 한 도면을 나타내며, Figure 3과 같이 노드(Node)와 연결선(Edge) 네트워크 그래프를 작성하였다. 네트워크 그래프의 구성은 11개의 노드, 13개의 Edge, 3개의 루프로 구성되었으며, 루프의 수는 식(9)와 같이 계산할 수 있다.

Figure 2. Map of a piping network based on GPS.

Figure 3. Network graph of piping system.

Figure 4. Flow chart of piping network analysis.

Table 1. Basic Design Condition for Piping Network Analysis

Fluid	Size (mm)	Pressure (kg/cm ²)	Volume Flow (l/h)	Remarks
Water	100	7	63,000	

$$L = E - N + 1$$

L = Number of Loop

E = Number of Edges

N = Number of Node

작성된 네트워크 그래프에서 질량 보존의 법칙, 식-1에 적용되는 Node-edge-matrix A (11-by-13)와 에너지 보존의 법칙, 식-2에 적용되는 Loop-edge-matrix B (3-By-13)을 구할 수 있었다. 각 Matrix는 Edge (배관)와 루프 안에서의 연결성을 보여준다. 작성된 Matrix를 앞서 설명했던 Newton raphson 알고리즘을 사용하여 각 노드와 Edge (배관)에서 유량과 압력손실을 계산할 수 있다. 상기 알고리즘을 이용하여 수 계산하기 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하며, 계산값도 신뢰성의 문제가 발생할 우려가 있어 관련 설비 code에서도 네트워크 배관망 해석은 전산 프로그램을 사용할 것을 권장하고 있다.

Figure 4는 네트워크 배관망 해석을 위한 Flow chart로 Newton-raphson 알고리즘에 의해 근사적인 유량 값을 구할 때까지 피드백을 통해 계산하게 된다. 해석 과정 중 가장 중요한 요소는 초기 유량 값을 선정 후 루프 안에서 압력 손실에 따른 적절한 유량 값을 도출해 가는 과정이다.

배관망 모델링 시 설계 조건은 Table 1과 같이 국가화재 안전기준(NFSC 109)의 설계 기준을 적용하였으며, 본 해석에서는 극한 설계를 진행하고자 안전율을 고려하여 3개의 옥외 소화전 설비를 60 min간 동시에 사용하는 기준으로

(9) 펌프를 선정하였다.

Table 2와 같이 네트워크 배관망 설계를 좌표 (X, Y), 배관고 Level (Z)을 기준으로 입력하여 실제로 가깝도록 모델링하였다. 배관 양정(Level) 차이는 유체 공급설비인 펌프와 말단 유체 사용처인 옥외소화전은 약 10 m이다. 전체적인 옥외소화전 배관망 설계는 Figure 5와 같이 설계하였다.

Figure 6은 Node.10 주위의 정보를 시각적으로 표현한 것으로서 유체 사용처인 Outdoor fire hydrant.7 (Node. 62)와 Tee 분기점(Node. 59)의 유체 거동 정보를 쉽게 확인할 수 있다. Node 번호 밑의 숫자(ex 6.733, 6.701, 5.958)는 도달 압력(Bar)을 나타낸 것이다.

Table 3은 노드 10번(KV010V)이 노드 3번과 11번의 Edges(Pipe)를 통하여 소화수가 공급되며, 노드 10번을 경유하여 노드 9번, 7번에 소화수가 공급되게 된다. 노드 10번 주위에는 옥외소화전 No.7번이 설계되어 있으며 본 연구 시에는 배관에서 발생하는 일반적인 손실 외에 Heat Loss (열손실)는 고려하지 않았다.

4. 결과 및 고찰

네트워크 배관망으로 옥외소화 배관을 모델링한 후 말단 유체 사용처, 즉 옥외소화전 No. 5, No. 6, No. 7의 개방을 통하여 유체 흐름을 분석하였다. 호칭구경 100 A로 선정 후 네트워크 배관망 수치해석을 활용하여 유체 거동 결과값을 Table 4에 나타내었다. Figure 3에 도시된 Main 분기

Table 2. Detailed Design Condition of Piping Network

Node	Edge		Coordinate		Level (m)	Length (m)
	from	to	X-Axis	Y-Axis		
P	P	1	236522.40	327319.50	30.8	28.8
1	1	2	236550.87	327330.51	36.8	102.9
	11	11				16.1
2	2	3	236509.90	327424.56	30.8	397.7
	3	4				729.8
3	3	4	236195.85	327180.65	30.8	186.9
	3	10				988.9
4	4	5	235692.53	327709.09	30.8	246.7
5	5	6	235037.51	327007.14	37.8	421.1
6	6	7	235074.71	326774.73	39.1	922.9
7	7	8	235343.77	326478.23	40.8	1021.3
8	8	9	236038.42	325864.45	40.8	655.5
9	9	10	236791.50	326553.67	30.8	1021.7
10	10	7	236321.85	327043.11	30.8	363
11	11	10	236557.60	327315.21	30.8	7074.5
Total

Figure 5. Schematic of piping network design for outdoor hydrant. **Figure 6.** Detailed information of surrounding Node 10.

Edge (Pipe)의 평균 유량 값이 $13.987 \text{ m}^3/\text{h}$ 이며,

Node.3 ~Node.4 = $11.516 \text{ m}^3/\text{h}$

Node.10~Node.7 = $15.927 \text{ m}^3/\text{h}$

Node.10~Node.9 = $14.518 \text{ m}^3/\text{h}$

일정한 유량 분배로 인하여 압력 손실이 크지 않아 말단 유체 사용처 옥외소화전 No. 5, No. 6에 도달압력이 5.298 kg/cm^2 , 5.499 kg/cm^2 로 해석되었으며, 화재안전기준에서 요구하는 방수압력기준을 상회하는 것을 Table 5에서 확인할 수 있다.

규약배관 방식(One way direction)으로 배관구경을 선정할 경우 호칭 경 100 A에서 유속이 2.1 m/s 로 배관 내 유속에 의한 부식방지를 위한 적정 유속 1.5 m/s 이상이며, 유

Table 3. Detailed Information of Edges (Pipe)

K010V - K059V		
Pressure loss	bar	0.031
Mass flow	ton/h	35.562
Velocity	m/s	1.154
Specific pressure loss	Pa/m	132.8
Heat loss	kW	0
Length	m	23.5
Pipe type	bar	DN100
Input pressure	bar	6.733
Output pressure	bar	6.701
Input temperature	℃	21.0
Output temperature	℃	20.
Volume flow	m ³ /h	35.6

속의 증가는 마찰 손실 증가와 비례 관계로 말단 배관까지 유체가 도달할 수 없다는 것을 알 수 있다. 또한 호칭구경 150 A에서도 말단 배관 도달압력이 2.34 kg/cm³로 화재 안전기준에서 요구하는 기준 방사압력 이하로 안정적인 소화용수 공급을 위해서는 호칭구경 200 A 이상으로 변경해야 함을 알 수 있다. Table 6은 규약배관 방식에 의한 결과값을 정리한 것이며, 네트워크 배관망 유체 거동 해석 시보다 배관구경의 크기가 2단계 커져야 함을 알 수 있다. 이는 네트워크 배관망 유체 거동 해석이 필요한 중요한 이유이지만 실제 옥외 네트워크 구성 시에도 규약배관에 의하여 배관구경을 선정하여 호칭구경 200 A로 설계하고 있다.

주요 국가시설 옥외 소화 배관 설계 시 네트워크 배관망으로 구성해야 지진 및 다른 여러 가지 요인이 유발할 수 있는 배관의 파손으로부터 능동적인 대처가 가능하며, 안정적인 소화수 공급이 가능함을 알 수 있다. Table 4, Table 5의 분석을 통해서도 Pump~Node.1을 제외한 배관 내 평

Table 4. Numerical Results of Piping Network System in a Plant

Node	Edge (Pipe)		Size (mm)	Roughness (mm)	Flow (m ³ /h)	Pressure (kg/cm ²)	Velocity (m/s)
	from	to					
P	P	1	125	0.05	63	6.325	1.3
1	1	2	100	0.05	15.942	6.854	0.517
	1	11			47.058	6.847	1.527
2	2	3	100	0.05	15.942	6.734	0.517
3	3	4	100	0.05	11.516	6.615	0.374
	3	10			4.427	6.729	0.144
4	4	5	100	0.05	11.516	5.767	0.374
5	5	6	100	0.05	11.516	5.600	0.374
6	6	7	100	0.05	11.516	5.365	0.374
7	7	8	100	0.05	6.642	5.589	0.209
8	9	8	100	0.05	14.558	5.589	0.472
9	10	9	100	0.05	14.558	6.532	0.472
10	10	7	100	0.05	15.927	5.365	0.517
11	11	10	100	0.05	47.058	6.729	0.701

Table 5. Numerical Results of Outdoor Hydrant

Outdoor Hydrant	Edge (Pipe)		Size (mm)	Roughness (mm)	Flow (m ³ /hr)	Pressure (kg/cm ²)	Velocity (m/s)
	from	to					
O/H-1	2	O/H-1	65	0.05	0	0	0
O/H-2	4	O/H-2	65	0.05	0	0	0
O/H-3	5	O/H-3	65	0.05	0	0	0
O/H-4	6	O/H-4	65	0.05	0	0	0
O/H-5	7	O/H-5	65	0.05	21	5.298	1.643
O/H-6	8	O/H-6	65	0.05	21	5.499	1.643
O/H-7	10	O/H-7	65	0.05	21	5.958	1.643

Table 6. Numerical Results of Dead End (One Way Direction) Piping

Size (mm)	Flow (m ³ /h)	Input pressure (kg/cm ³)	Output pressure (kg/cm ³)	Velocity (m/s)	Static head loss (kg/cm ³)
100	63	7	-22.35	2.1	0.99
150	63	7	2.34	0.9	0.99
200	63	7	5.05	0.5	0.99

균 유속이 0.508 m/s의 낮은 유속으로 이는 마찰손실의 감소와 연관된다. 즉 유체 공급량에 여유가 있어 옥외소화전을 추가적으로 증설할 경우에도 별도의 배관구경의 크기 증가나 펌프의 유량 변경없이 증설이 가능하며, 유속이 빠른 구간(Edge) P~Node.1 / Node.1~Node.11 두 구간의 배관구경 검토만 이루어지면 안정적인 소화수 공급에 문제가 발생하지 않는다.

5. 결 론

본 연구에서는 Node와 Edges로 네트워크 배관의 모델링 해석을 통해 배관 내의 유체의 거동 특성을 분석하였으며, 규약배관방식과의 비교를 통해 아래와 같은 결과를 도출할 수 있었다.

1) 대형 플랜트의 성능위주 소방 설계 시 실제와 유사한 모델링이 가능한 전산 유체 프로그램을 활용하게 되면 규약배관 방식의 배관구경을 적용하지 않고 유량에 따른 유속, 압력손실 등을 분석하여 배관구경을 결정할 수 있다.

2) 신뢰성 있는 해석을 통해 배관구경을 경제적으로 설계함으로써 공사비를 절감할 수 있으며, 설비의 증설 시에도 유연성 있는 대처가 가능하다.

3) 네트워크 배관의 모델링 시 실제 좌표를 기반으로 설계값을 입력하기 때문에 좌표값을 통해 배관이 매립되어 있는 정확한 위치를 파악할 수 있어 유지관리 측면에서도 상당한 효과가 있다.

네트워크 배관망 전산프로그램의 경우 고가의 비용이 소요되고, 국내에서는 교육기반이 갖추어져 있지 않아 적용하기에는 많은 애로 사항이 존재한다. 그러므로 향후 엔지니어가 쉽게 사용할 수 있도록 Network piping Newton algorithm 등을 기반으로 CAD 도면과 연동이 가능한 네트워크 배관 해석 프로그램의 개발이 필요하다.

후 기

이 논문은 2020학년도 대전대학교 교내학술연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

References

1. BRILLIANT, "Newton Raphson Method" (2018).
2. L. B. Hassine and U. Eicker, "Simulation and Optimization of the District Heating Network in Scharnhauser Park", Proceedings of 2nd Polygeneration Conference (2nd ECP), Tarragona, 30.3-1.4, pp. 1-18 (2011).
3. Mohsin Siddique, "Pipe Network Analysis with Example", Web Site (visited 11.06.2020), <https://www.slideshare.net/yourmohsin/pipe-network-analysis>.
4. SisHyd, Product Data Sheet, Bentley Web Site (Visited 01.04.2011), http://ftp2.bentley.com/dist/collateral/docs/bentley_sishyd/bentley-sisHYD_product-data-sheet.pdf.
5. H. S. Choi and J. O. Lee, "Understanding and Application of the Analysis of the Network Piping for Firefighting Facilities", Magazine of the SAREK, pp. 16-22 (2020).
6. K. S. Jeong, "A Study on Hydraulic Calculation Procedure of Fire Sprinkler System Design", Fire Science and Engineering, Vol. 32, No. 1, pp. 24-32 (2018).
7. M. H. Afshar, "An Element by Element Newton Raphson's Algorithm for Pipe Network Analysis", International Journal of Water Resource Engineering, Vol. 4, No. 1, pp. 1-14 (1996).
8. H. V. Larsen, B. Böhm and M. Wigbels, "A Comparison of Aggregated Models for Simulation and Operational Optimization of District Heating Networks", Energy Conversion and Management, Vol. 45, Issues 7-8, pp. 1119-1139 (2004).
9. H. Palsson, "Methods for Planning and Operating Decentralized Combined Heat and Power Plants", R&J National Laboratory, Roskilde, Denmark, Report 1185 (2000).
10. Grades Heating, Calculation System for District Heating Distribution Networks, Processvision Web Site (visited 01.04.2011), <http://www.processvision.fi>.