

온수용 배관의 최적 설계

카르노

신영섭, 하정훈, 김성균

《 목 차 》

1.Problem Statements

2.Data Collection

3.Design Variables

4.Objective Function

5.Constraints

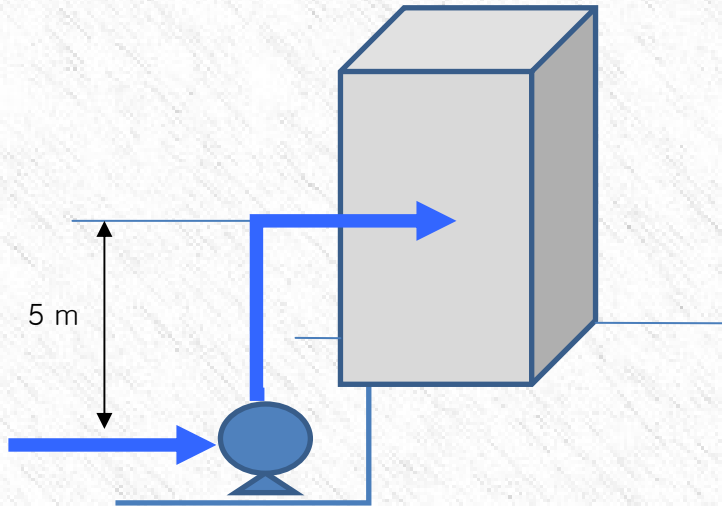
1. Problem Statements



<http://blog.naver.com/dolchisimo>

- 목욕탕 사업을 하기 위해 온수 배관 설계를 하려고 한다. 이 때 유량이 100 L/s가 되어야 하며, 열 손실은 165.6 W이하가 되도록 설계하려고 한다.
- 초기 온수의 온도를 60 °C, 배관이 지나는 주위의 온도를 25 °C라고 가정한다.
- 배관의 단면적을 최소로 하는 최적값을 구한다.

2.Data collection



▪배관계통의 기하학

흡입관 길이 : 3 m, 송출관 길이 : 15 m

▪사용부품

90 ° 엘보 1개, 밸브 1개, 푸트밸브 1개

유량 $Q = 150 \text{ L/s}$

▪소요압력

펌프 송출구 압력 : 420 kPa

온수기출구 압력 : 200 kPa

※ 푸트밸브 손실계수 $K_L = 0.8$

$$T_o = 60^\circ\text{C}, T_\infty = 25^\circ\text{C}$$

$$\dot{H}_{loss} = \frac{2\pi(T_o - T_\infty)}{\frac{2}{d_o h} + \frac{1}{k} \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)} \left\{ \begin{array}{l} d_o : \text{관의 외경} \\ d_i : \text{관의 내경} \\ k : \text{관의 열전도율} \\ h : \text{공기의 열전도계수} \end{array} \right\}$$

$$h_f = \frac{10.466 Q^{1.852} L}{C^{1.852} d^{4.8704}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} h_f : \text{직 관 의 압 력 손 실 [m]} \\ C : \text{Hazen - Wiliams 계 수} \\ d : \text{관 의 내 경 [m]} \\ Q : \text{유 량 [m}^3 / \text{s]} \\ L : \text{배 관 길 이 [m]} \end{array} \right\}$$

관의 종류	C
新황동관, 新동관, 新연관, 新시멘트라이닝주철관 또는 강관, 新석면시멘트관	140
新강관, 新주철관, 古황동관, 古연관, 경질염화비닐관	130
古시멘트라이닝관, 도관	110
古주철관, 古강관	100

$$h_A = (0.8 + K_L + K_V) * \frac{\left(\frac{4Q}{\pi^2 D^4}\right)^2}{2 * 9.806}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_L$$

$$(h_L)_{MAX} = \frac{(4.2 - 2.0) \times 10^5 \text{ Pa}}{9658 \text{ N/m}^3} - 5 = 17.78 \text{ m}$$

$$h_L \leq (h_L)_{MAX}$$

$$h_F + h_A \leq (h_L)_{MAX}$$

▲배관 재료의 열 전도율(κ)

재 료 명	열전도율	
	[kcal/m·h·°C]	[W/m·°C]
동	333	388
알루미늄	201	238
황동	83	97
연강	41	48
스테인리스강	14	16
유리	0.67	0.78

3. Design variables

d_i : inner diameter

d_o : outer diameter

4. Objective function

$$\text{Minimize : Area} = \frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2)$$

5. Constraints

$$\text{i) } \frac{10.466Q^{1.852}L}{C^{1.852}d^{4.8704}} + (0.8 + K_L + K_V) * \frac{(0.1*4)^2}{\pi^2 d_i^4 * 2 * 9.806} - (h_L)_{MAX} \leq 0$$

$$\text{ii) } \frac{2 \pi (T_o - T_\infty)}{\frac{2}{d_o h} + \frac{1}{k} \ln \left(\frac{d_o}{d_i} \right)} - H_{loss} \leq 0$$

$$\text{iii) } V = \frac{Q}{\pi d_i^2} \leq 1.5 \text{ m/s}$$

$$\text{iv) } d_i \geq 0, \quad d_o - d_i \geq 0$$