

에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩

배관관로의 손실압력,유량계산

배관내의 흐름과 압력손실 / 배관 내를 흐르는 액체의 유량과 압력의 관계

Philko 내고향
2021. 1. 31. 12:55

이웃추가

A. 배관내의 흐름과 압력 손실

어떠한 흐름에서라도 유체의 점성에 의해 마찰 저항이 작용합니다. 마찰 저항은 흐름의 에너지 손실이 됩니다. 원관 과 사각형 관내 흐름의 경우, 이 에너지 손실을 「관 마찰 손실」이라고 합니다.

예를 들면, 큰 수조에서 수평한 직관내로 유체가 흐르는 경우, 관 마찰 손실에 의해 압력은 하류로 향해 점차 감소합니다. 이를 「압력 강하」라고 합니다. 그 변화량을 『압력 손실』이라고 합니다.

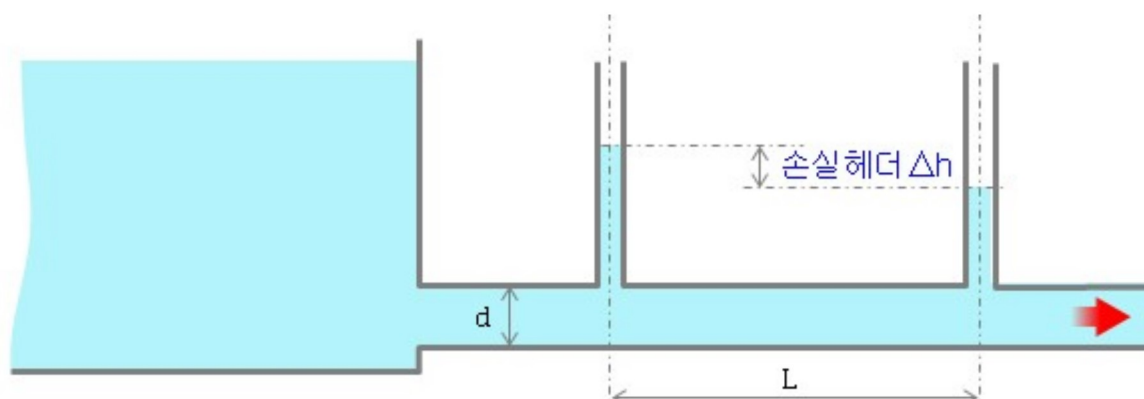
압력 손실을 Δp 손실 헤드를 Δh 으로 표현하면, 아래와 같은 식이 됩니다.

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho g}$$

여기서, ρ 는 유체의 밀도, g 는 중력 가속도를 나타냅니다.

또한, 관 마찰 계수를 λ , 관의 직경을 d , 관의 길이를 L 로하면 다음과 같은 식이 됩니다.

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho g} = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

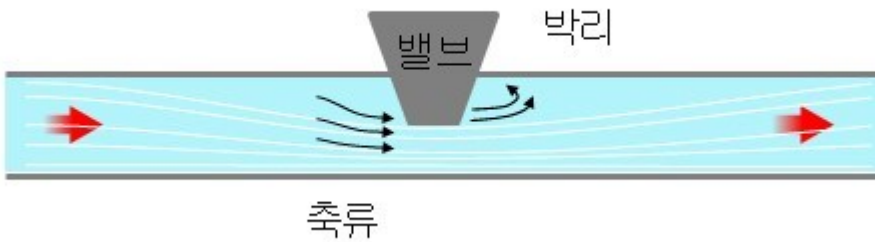


에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2} + z_2 + \Delta h$$

손실을 포함하는 베르누이 방정식은 펌프 등을 설계 할 때 필요합니다.

예를 들면, 유량을 조절하는 밸브를 통과하는 흐름은, 조리개와 목 부분이 있는 관내 흐름이 되어, 「축류」와 「박리」에 의해 압력 손실 Δp 가 발생합니다.



따라서, 손실 헤더를 사용하여, 베르누이 방정식을 이용하면, 펌프의 소요 동력 등이 구해 질 수 있을 것입니다. 밸브의 손실은 밸브의 개도 와 종류에 따라 크게 변화하므로, 손실 계수를 이용합니다. 이것들은 계산으로 구할 수 도 있지만, 일반적으로 규격 등에서 알 수 있는 것입니다.

또한, 관로의 입구 와 출구에도 손실이 발생합니다.

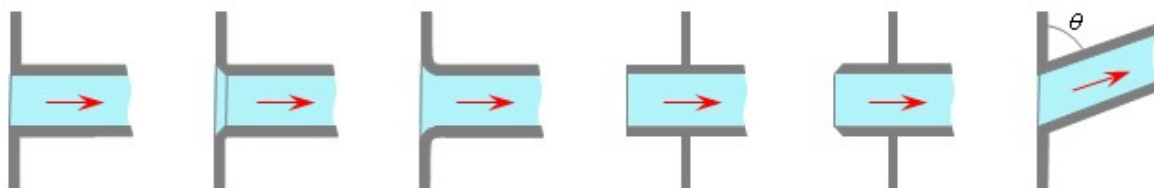
입구 부에서 발생하는 손실을 『입구 손실』, 출구 부에서 발생하는 손실을 『출구 손실』 이라고 합니다.

◆입구 손실

그림에 나타낸 것과 같이, 수조에서 관로에 들어갈 때의 손실은, 다음 식으로 구할 수 있습니다.

$$\Delta h = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

ζ (지타)는 손실 계수로서, 관로의 형상 이나 설치 방법에 따라 달라집니다.

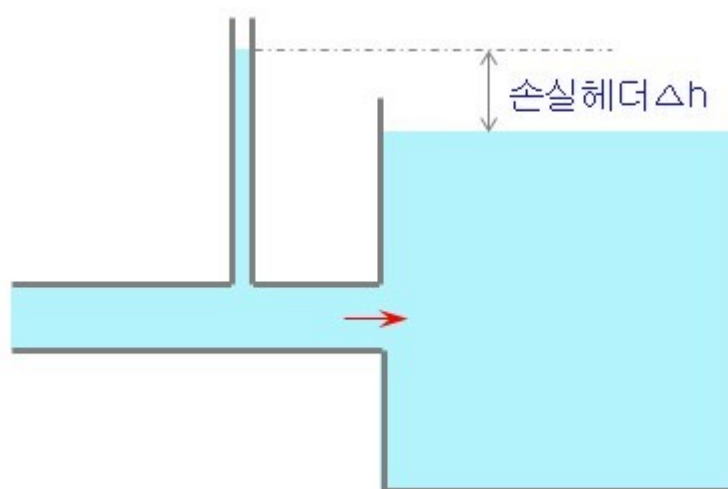


에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩

관에서 충분히 큰 수조 등으로 유출하는 경우에 발생하는 손실은, 출구 손실 이라고 불리며, 다음 식으로 구해 집니다.

$$\Delta h = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

ζ (지타)은 출구 손실 계수



■ 가스 배관 압력 손실 계산

가스 배관의 배관 압력 손실은 다음 패닝 (Fanning)의 식에 의해 계산합니다.

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{\gamma V^2}{2}$$

여기서	ΔP = 압력손실	(Pa)	
	λ = 배관마찰계수		람다
	L = 배관길이	(m)	
	D = 배관 내경	(m)	
	γ = 배관 내 가스밀도	(kg/m ³)	감마
	V = 배관내 유속	(m/s)	

▶ (1) 관 마찰 계수 : 관 마찰 계수 : λ

관 마찰 계수는 일반적으로 레이놀즈 수와 관내면 조도의 함수로 주어지고, Moody 선도 또는 근사 식에 의해 구합니다.

에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩

여기서	D = 배관내경	(m)	
	V = 배관내 유속	(m/s)	
	ν = 운동점도	(m^2/s)	뉴
	μ = 점도	($Pa \cdot s = kg/m \cdot s$)	뮤
	γ = 가스밀도	(kg/m^3)	

▶ (3) 배관 내 가스 밀도 : γ

$$\gamma = \alpha \gamma_0$$

여기서	γ = 배관내 가스밀도	(kg/m^3)	
	α = 압력온도계수		
	ν = 운동점도	(m^2/s)	
	γ_0 = 표준상태에 있어서 가스밀도	($0^\circ C, 1atm$)	(kg/m^3)

$$\text{압력온도계수 } \alpha = \frac{273}{273+t} \times \frac{P+0.10133}{0.10133}$$

P = 배관내 압력 (MPa)

t = 배관내 가스온도 ($^\circ C$)

▶ (4) 배관 내 유속 : V

$$V = \frac{Q}{\pi D^2 / 4}$$

여기서	V = 배관내 유속	(m/s)
	Q = 배관내 유량	(m^3/s)
	D = 배관 내경	(m)

B. 배관 내를 흐르는 액체의 유량과 압력의 관계

$Q = C \times A \times V$ 로 나타낼 수 있습니다.

여기서, Q : 유량, C : 유출 계수, A : 유로 면적, V : 유속

$V = (2 \times P \div \rho)^{0.5}$ 베르누이의 정리 응용으로 부터

$P_v = 1/2 \times \rho \times V^2$ P_v : 동압(動壓)

$Q = C \times A \times (2 \times P \div \rho)^{0.5}$

Q : 유량 m^3/sec

P : 압력 차압 (파스칼)

에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩

액체의 경우를 생각해 보면

내경 150mm의 수평배관에 100m³/h의 유량으로 물이 흐르고. 그 때 배관 내의 압력이 100kPa(G)로, 배관 하류에 밸브가 설치되어 밸브의 2 차측이 대기 개방되어 있다고 합니다. 배관 내의 압력이 200kPa(G)로 상승하는 경우의 유량은 얼마나 될까요?

배관의 하류측의 부하(저항)은 변하지 않고 배관 2차측 밸브를 조작하지 않는다고 생각하여

$Q = C \times A \times (2 \times P \div \rho)^{0.5}$ 식의 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$, $P = 100 \text{ kPa(G)}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

를 대입하여 구할 수 있습니다. 여기에서 C, A, 2 의 항은 일정하게 생각하여, 식에서 생략합니다.

유량 Q는 $(P \div \rho)^{0.5}$ 에 비례하는데, 이는 압력 P의 제곱근에 비례하고, 밀도 ρ의 제곱근에 반비례합니다.

배관 하류측의 부하(저항)는 변하지 않는다고하면 압력 P는 배관 내의 압력의 변화로 간주 될 수 있기 때문에 상승한 압력 200kPa(G)와 원래의 압력 100kPa(G)의 비율로 생각 할 수 있습니다.

즉, $200 \div 100 = 2$ 압력 P가 2 배로 된 것이 됩니다.

유량 Q는 압력 P의 제곱근에 비례하므로 $\sqrt{2} = 1.4142$ 로 되어, 유량은 1.4142 배가 됩니다.

물의 밀도 ρ는 압력이 바뀌어도 변하지 않기 때문에 ρ(로우) 항목은 계산은 불필요 합니다.

압력이 200kPa(G)로 상승했을 때는 $Q = C \times A \times (2 \times 2 \div \rho)^{0.5}$ 로 되어 유량은 $100 \text{ m}^3/\text{h} \times 1.4142 = 141.42 \text{ m}^3/\text{h}$ 로 됩니다.

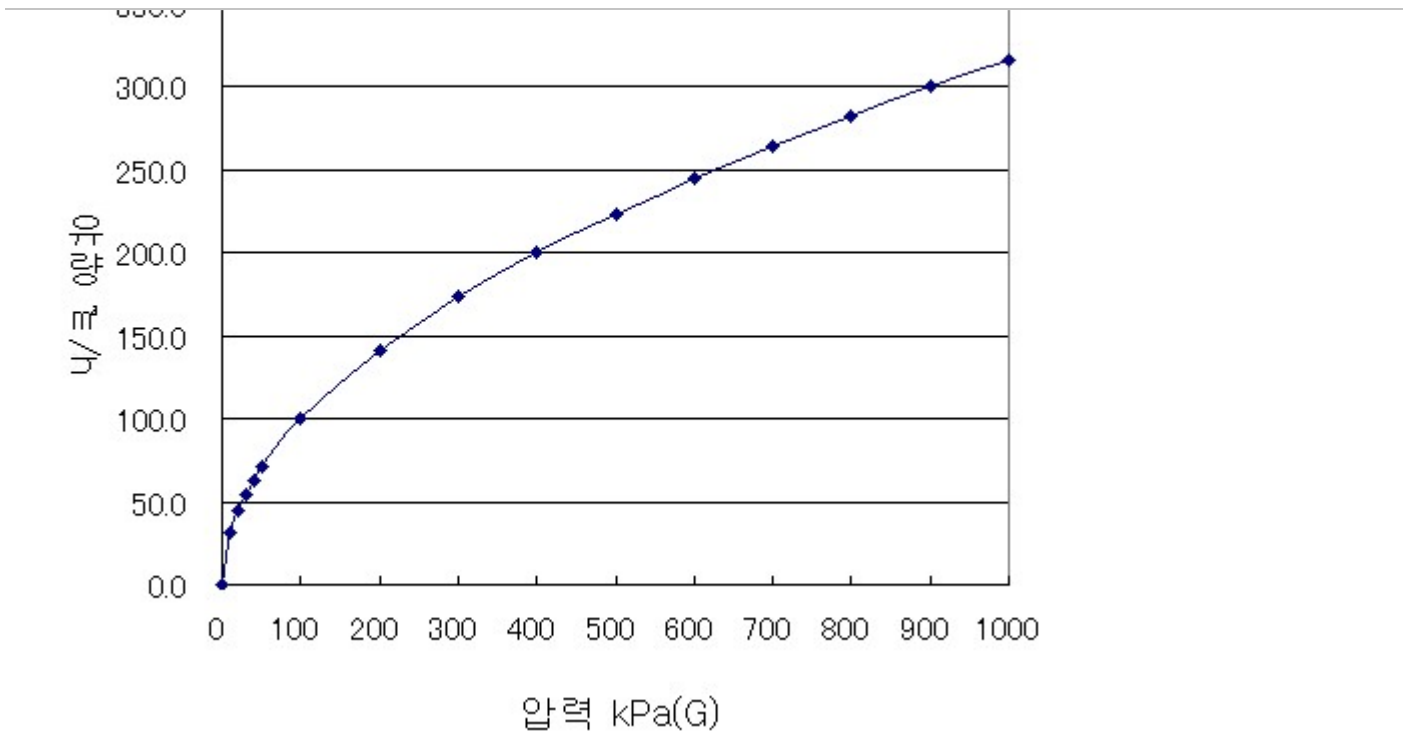
이 때의 유속 V는 $V = (2 \times P \div \rho)^{0.5}$ 베르누이의 정리 응용보다 압력이 2 배가되므로 유속 V는 $\sqrt{2} = 1.4142$, 유속은 1.4142 배가 됩니다.

베르누이의 정리란, 에너지 보존의 법칙을 유체에 적용시킨 것이지만, 위의 베르누이의 정리 응용이란 압력과 유속 및 유체 밀도의 관계식이며, 압력이 상승 (펌프 압력 등) 및 유속이 빨라져 유량이 커지는 관계식을 요구하는 것이며, 압력의 에너지가 변화한 경우입니다.

이 압력 (동압) : P와 유속 : V, 유체 밀도 : ρ의 관계식은 베르누이의 정리에서 구하고 있습니다.

~~수평 배관내를 흐르는 물의 압력 변화에 따른 유량 변화를 생각해 보면 에너지 및 정적인~~

에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩



배관 내를 흐르는 물의 압력과 유량의 관계는 위 그래프가 됩니다.
 유량은 압력의 제곱근에 비례하며, 압력은 유량의 제곱에 비례합니다.
 유량을 2 배로 늘리려면 압력을 4 배로 해야 합니다.
 유량을 1/2 (절반)하려면 압력을 1/4로 합니다.

압력 배관 내를 흐르는 물의 유량 계산

기본 식 $Q = C \times A \times (2 \times P \div \rho)^{0.5}$

Q : 유량 (m³/sec)

C : 유출 계수 (0.6 ~ 0.8)

A : 유로 면적 (m²)

P : 압력, 차압 (Pa)

ρ : 물의 밀도 (kg/m³)

예 1.

내경 100mm의 배관 내의 압력이 0.1MPa(G)로, 배관의 하류 측이 대기 개방되어 있을 때, 배관을 흐르는 물의 유량은 얼마일까요?

배관 길이에 의한 마찰 저항은 무시하고 생각한 경우로, 유출 계수는 0.7로 합니다.

에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩

$$= 279.9 \text{ (m/n)}$$

내경 100mm의 배관의 내경 면적은 0.007854 m^2 , 유출 계수 0.7, $0.1\text{MPa(G)} = 100000 \text{ Pa}$ 로 계산

이 때의 유속은 9.896 m/sec 라 상당히 큰 값이다. 일반적으로 이러한 배관의 사용 방법은 적겠지만, 실제로 흘러 보낸다면 100mm의 배관 출구 측은 제트 수류(Jet水流)처럼 토출 할 것입니다.

이 유속으로 배관 길이를 10m로 한 경우에는 약 600mmAq (84.3kPa), 배관 길이를 100m로 하면, 약 86000mmAq (843kPa)의 압력 손실이 되기 때문에, 배관 길이를 100m로 한 경우 에 원압이 $0.1 \text{ MPa(G)} + 0.843\text{MPa} = 0.943 \text{ MPa(G)}$ 이상 필요하게 됩니다.

펌프 등으로 보낼 경우에는 파워가 있는 펌프가 필요하게 된다는 것을 알 수 있습니다.

(위의 예는 대략적인 계산이므로, 참고 정도로 봐주세요 상담/문의에는 응할 수 없습니다.)

예 2.

내경 13mm의 수도 관내의 압력이 0.2MPa(G) 로, 배관의 하류 측이 대기 개방되어 있을 때, 배관을 흐르는 물의 유량은 얼마인가요? 배관 길이에 의한 마찰 저항은 무시하고 생각한 경우로, 유출 계수는 0.7로 합니다.

$$Q = C \times A \times (2 \times P \div \rho)^{0.5} \quad \text{기본 식}$$

$$= 0.7 \times 0.0001327 \times (2 \times 200,000 / 1000)^{0.5}$$

$$= 0.7 \times 0.0001327 \times 20$$

$$= 0.0018578 \text{ (m}^3\text{/sec)}$$

$$= 6.688 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

내경 13mm의 수도관의 내경 면적은 0.0001327 m^2 , 유출 계수 0.7, $0.2\text{MPa(G)} = 200,000 \text{ Pa}$ 로 계산

이 예는 일반 가정의 수도관에서 어느 정도의 수량이 나오는지? 계산해 보았지만, 일반 가정의 수도꼭지를 전개(全開)해도 $6.688 \text{ m}^3\text{/h}$ 는 흐르지 않는 것으로 생각됩니다.

이것은 수도꼭지를 전개(全開)해도 13mm의 내경 상당의 개구 면적은 없다고 추측 할 수 있고, 수도꼭지 (밸브)는 밸브 구조를 하고 있고, 글로브 밸브 (Non-Full Bore)에 가까운 구조이기 때문에 100 % 개방에 해당하지 않습니다

에너지절감형 고정오리피스식 스팀트랩

수도 본관의 원압은 0.3~0.5 MPa(G) 정도 일텐데. 일반 가정의 수도꼭지를 전개했을 때의 수량은 대략 3 m³/h 정도 인 것은 아닐까요?

$$Q = 0.7 \times 0.000063617 \times (2 \times 200,000 \div 1000)^{0.5}$$

$$= 0.7 \times 0.000063617 \times 20$$

$$= 0.00089064 \text{ (m}^3\text{/sec)}$$

$$= 3.2 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

압력이 0.2 MPa(G)로 했을 경우에는 수도꼭지 전개 개구 면적은 약 9mm에 해당하는 물량이다.

내경 9mm의 개구 면적 0.000063617 m²

이때의 유속은 6.7 m/sec가 된 배관 길이를 10m로 한 경우에는 약 345kPa의 압력 손실이기 때문에 원압은 0.2 MPa(G) + 0.345MPa = 0.545 MPa(G) 이상 필요하게 됩니다.

수도 본관의 원래 압력이 0.5 MPa(G) 있었다고 해도, 배관 길이가 10m이면, 압력 손실이 0.345MPa 있으므로, 0.5 - 0.345 = 0.155 MPa(G)의 압력 만 가해지지 때문에 수도꼭지를 전개 해도 2.82 m³/h의 유량 밖에 흐르지 않습니다.

이것이 배관 길이에 따른 압력 손실을 가미하여 계산 한 경우입니다.

가정의 수도관 13mm의 경우, 수도꼭지를 전개한 경우에 2.8~3.2 m³/h의 유량은 적절할 것입니다..

또한, 일반 가정의 수도관의 구경은 25mm, 20mm, 13mm로써, 기본 요금, 메터(사용량)가 다르므로, 시험 삼아 계산하는 경우는 집의 수도관 구경(Size)를 확인하시기 바랍니다.

배관의 마찰압력 손실에 대해서는 Darcy weisbach 다르시·트와이스바흐의 식으로 구할 수 있습니다.

배관의 마찰 압력 손실은 배관의 길이에 비례하며, 유속의 제곱에 비례합니다.

배관의 길이가 2 배가되면 압력 손실도 2 배로, 유속이 2 배가되면 압력 손실은 4 배가됩니다.

(위의 예는 대략적인 계산이므로, 참고 정도로 봐주세요 상담/문의에는 응할 수 없습니다.)