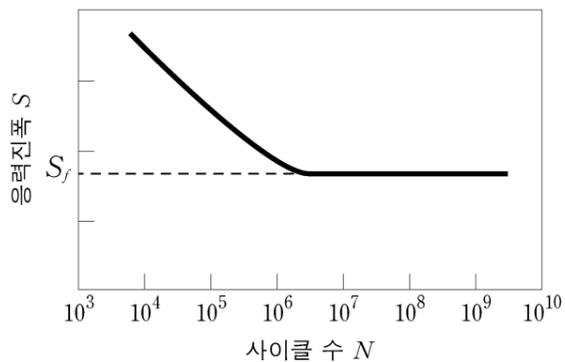


# 굽힘응력

5. 그림은 어떤 철강 재료를 피로시험하여 얻은 S-N 곡선의 예를 나타낸 것이다. 그래프에 표시된 기계적 성질  $S_f$ 의 명칭과 의미를 순서대로 쓰시오. 그리고 피로파괴(fatigue fracture)가 발생하는 하중 조건을 서술하시오. [4점]



Sf: 피로한도

- 피로한도 이하에서는 반복 횟수를 증가시켜 파괴되지 않는 응력
- 반복하중을 받아도 파단하지 않는 한도

# 하중 조건

정하중은 존재하지 않으며, 하중이 진동으로 작용할 때의 동하중으로 피로 시험한다.

• 피로파괴

- 외형적으로 큰 변형을 두번하지 않고 갑작
- 파괴강도보다 낮은 응력을 반복적으로 받아 발생하는 파괴

b) 
$$\sigma_b = \frac{M}{I} \cdot y = \frac{\frac{6000\pi}{32} \times 0.1}{\frac{\pi d^4}{64}} \times \frac{d}{2}$$

$$= \frac{64 \times 6000\pi}{32 \times \pi d^4} \times \frac{d}{2}$$

$$= \frac{600}{d^3} = \frac{600}{0.01^3} = 600 \times 10^6 = 600 \text{ MPa}$$

$$\tau_t = \frac{T}{I_p} \cdot r = \frac{25\pi}{\frac{\pi d^4}{32}} \times \frac{d}{2}$$

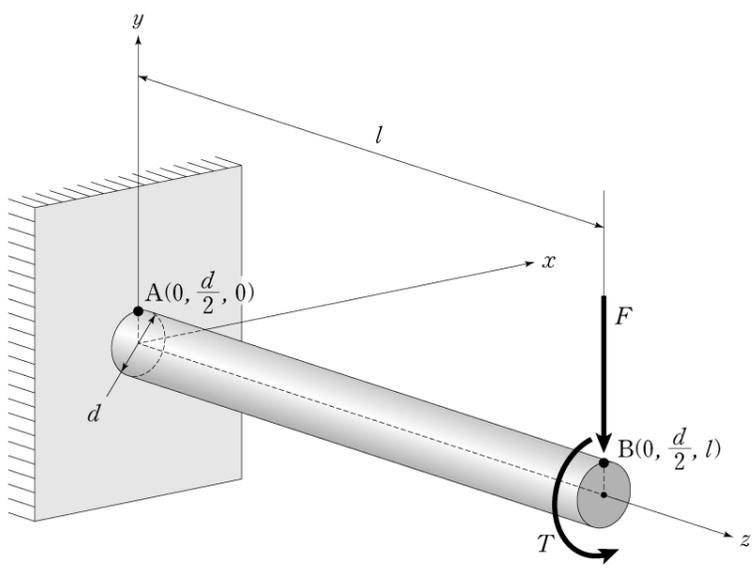
$$= \frac{32 \times 25\pi}{\pi d^4} \times \frac{d}{2} = \frac{400}{d^3} = \frac{400}{0.01^3} = 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_b}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau_t^2}$$

$$= \frac{600}{2} + \sqrt{\left(\frac{600}{2}\right)^2 + (400)^2}$$

$$= 300 + 500 = 800 \text{ MPa}$$

6. 그림은 자유단에 수직 하중  $F(N)$ 와 비틀림 모멘트  $T(N \cdot m)$ 를 받는 원형 단면의 외팔보이다. <조건>을 사용하여 외팔보의 A점에 발생한 굽힘응력  $\sigma_b(MPa)$ , 비틀림응력  $\tau_t(MPa)$  및 최대 인장응력  $\sigma_{max}(MPa)$ 를 각각 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [5점]



- <조건>
- 원형 단면 보는 길이  $l = 0.1(m)$ , 지름  $d = 0.01(m)$ 인 선형 탄성체이다.
  - $F = \frac{6,000\pi}{32}(N)$ 이고,  $T = 25\pi(N \cdot m)$ 이다.
  - 원형 단면에 대한 단면 2차 관성모멘트  $I = \frac{\pi d^4}{64}$ , 극관성모멘트  $I_p = \frac{\pi d^4}{32}$ 이다.
  - 보의 자중에 의한 영향은 무시하며, 주어진 조건 이외에는 고려하지 않는다.

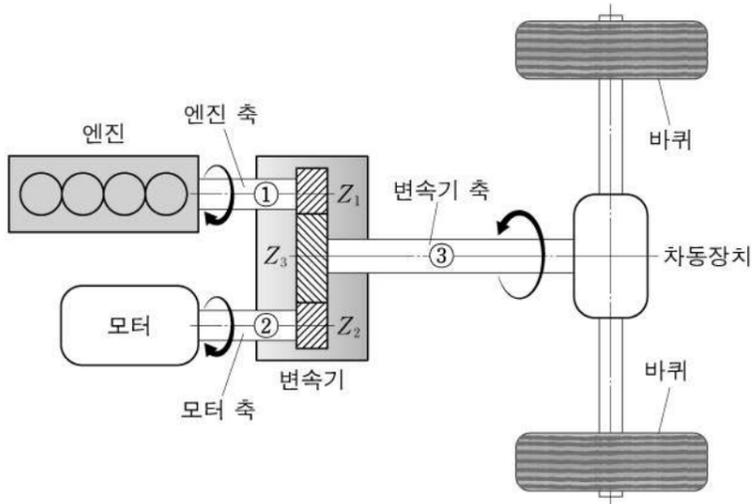
$$\sigma_b = \frac{M}{I} \cdot y = \frac{\frac{6000\pi \cdot 0.1}{32}}{\frac{\pi \cdot (10^{-2})^4}{64}} \cdot \frac{10^{-2}}{2}$$

$$= \frac{12000 \cdot 10^{-7}}{10^{-8}} \cdot \frac{10^{-2}}{2}$$

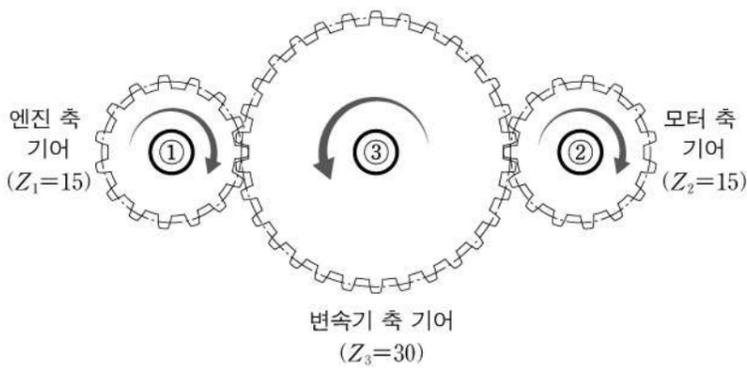
$$= 6 \times 10^3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^8$$

$$= 600 \text{ MPa}$$

11. 그림 (가)는 하이브리드 자동차의 엔진과 모터의 구동방식을 나타낸 것이다. 그림 (나)와 같이 엔진 축 ①과 모터 축 ②가 각각 분당 회전수 2,000 (rpm)으로 동일한 방향으로 동시에 구동할 때, <조건>을 고려하여 변속기 축 ③의 분당 회전수 N(rpm)을 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. 이때 변속기 축 ③의 토크는 엔진 축 ①에 걸리는 토크의 몇 배가 되는지 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



(가)



(나)

<조건>

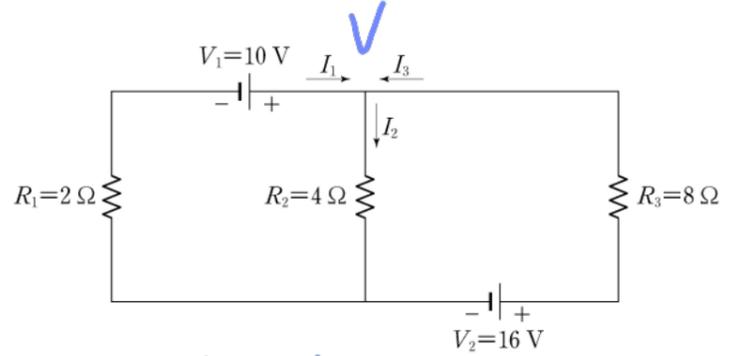
- 엔진 축 기어 잇수:  $Z_1 = 15$
- 모터 축 기어 잇수:  $Z_2 = 15$
- 변속기 축 기어 잇수:  $Z_3 = 30$
- 엔진 축과 모터 축은 분당 회전수 2,000 (rpm)으로 동시에 구동되며, 이때 엔진 출력은 모터 출력의 2배이다.
- 기어는 그림 (나)와 같이 맞물려 있고, 마찰 손실은 없다고 가정한다.
- 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

①  $\frac{N_3}{N_1} = \frac{Z_1}{Z_3}$   $N_3 = 2000 \cdot \frac{1}{2} = 1000$  [rpm]

$\frac{N_3}{N_2} = \frac{Z_2}{Z_3}$  364

② 변속기 출력  $H_3 = H_1 + H_2 = \frac{3}{2} H_1$

12. 그림의 회로에서 전류  $I_1$  (A),  $I_2$  (A)를 각각 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. (단,  $V_1, V_2$ 는 전지 전압이며,  $R_1, R_2, R_3$ 은 저항이고, 전지의 내부 저항과 도선의 저항은 무시한다.) [4점]



$\frac{10-V}{2} + \frac{16-V}{8} = \frac{V}{4} \quad (\times 8)$

$40 - 4V + 16 - V = 2V$

$56 = 7V$

$V = 8$  [V]

$I_2 = \frac{8}{4} = 2$  [A]

$I_1 = \frac{10-8}{2} = 1$  [A]

<수고하셨습니다.>

$T_1 = \frac{H_1}{\frac{2\pi N_1}{60}} \Rightarrow \frac{H_1}{N_1} \Rightarrow \frac{H_1}{N_1}$

$T_3 = \frac{\frac{3}{2} H_1}{\frac{2\pi N_3}{60}} \Rightarrow \frac{\frac{3}{2} H_1}{N_3} \Rightarrow \frac{3H_1}{N_3}$

$\frac{1}{2} N_3 = N_1$

364

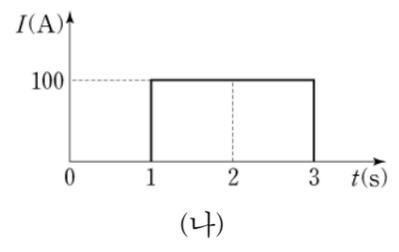
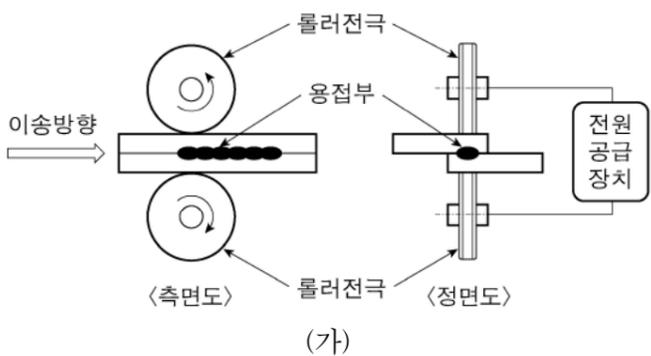


$$2. P_A = P_0 + \rho g h = 30 \text{ kPa} = 10 \cdot h \quad h = 3 \text{ m}$$

$$\therefore h_c = 7 - \frac{2}{2} = 6 \text{ m}$$

$$F = \sigma h_c A = 10 \cdot 6 \cdot 4 = 240 \text{ kN}$$

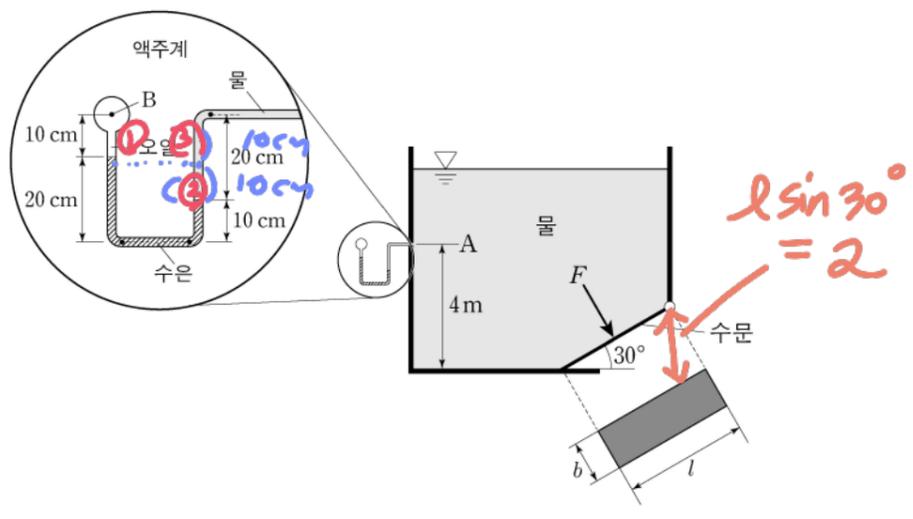
10. 그림 (가)는 용접의 한 종류를 나타낸 것이다. 회전하는 두 롤러 전극 사이에 모재를 겹쳐 놓고 가압하며 전류를 흘려서, **점 용접을 연속적으로 시행하는 방법이다.** 이 용접법의 명칭과, 롤러 전극이 가져야 할 전기적 특성 1가지를 각각 쓰시오. 그리고 그림 (나)와 같이 시간  $t(\text{s})$ 에 따라 용접부에 전류  $I(\text{A})$ 가 흘렀을 때, <조건>을 고려하여 용접부의 총 발열량  $Q(\text{J})$ 를 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



- <조건>
- 용접은 시간  $t=1(\text{s})$ 부터  $t=3(\text{s})$ 까지의 구간에서 수행된다.
  - 용접부의 저항은  $R=1(\Omega)$ 로 일정하다고 가정한다.
  - 누설 전류는 없다고 가정한다.

① 심용접 / 더 큰 전압을 가해야 함  
 ②  $Q = I^2 R \Delta t$   
 $= 10000 \cdot 2 = 2 \times 10^4 [\text{J}]$

11. 그림은 물탱크의 아래 부분에 수문이 힌지(hinge)로 설치되어 있고, 수문 한 쪽 끝은 탱크 바닥에 놓여 있는 것을 나타낸 것이다. 물탱크 내 압력을 측정하기 위하여 그림과 같이 액주계(manometer)를 사용한다. 점 B에서의 계기압력  $p_B$ 가 18(kPa)일 때, <조건>을 고려하여 탱크 내 위치 A에서의 계기압력  $p_A$ (kPa)와, 물에 의해 수문에 작용하는 힘  $F(\text{kN})$ 를 각각 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



- <조건>
- 수문의 길이  $l=4(\text{m})$ , 폭  $b=1(\text{m})$ 이다.
  - 물의 비중량  $w_1=10(\text{kN/m}^3)$ , 수은의 비중량  $w_2=132(\text{kN/m}^3)$ , 오일의 비중량  $w_3=8(\text{kN/m}^3)$ 로 가정한다.
  - 힘  $F$ 는 수문 면에 수직 방향으로 작용한다.
  - 대기압에 의한 효과는 무시한다.
  - 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

# 시차 액주계 풀이  
 기준점 보다 위: -  
 아래: +  
 7.  $p_B + \gamma_o \cdot 0.1 + \gamma_w \cdot 0.1 - \gamma_m \cdot 0.1 = p_A$   
 $18 \text{ kPa} + 0.8 + 13.2 - 2 = 30 \text{ kPa}$

㉔ 시간  $t$  동안에 이동한 전하량  $q$ 는  $q=It$

3) 줄의 법칙: 도선에 전류가 흐를 때 **공통과형** 한 열량( $Q$ )은 다음과 같다.

$$Q(\text{cal}) = \frac{1}{J} W = \frac{1}{J} V I t = \frac{1}{J} I^2 R t$$

$J$ : 열의 일당량 (=줄 상수)  
 $1 \text{ J} = 0.24 \text{ cal}$

⑥ 줄의 단위로 나타내면  
 $H(\text{J}) = V I t = I^2 R t \leftarrow \text{전기에너지}$

[예제] 시차액주계에서 액체 1의 비중은 1, 액체 2의 비중은 13.6 그리고 액체 3의 비중은 0.8이다.  $h_1=20\text{cm}$ ,  $h_2=40\text{cm}$ ,  $h_3=25\text{cm}$ 일 경우 A, B의 압력차를 구하라.

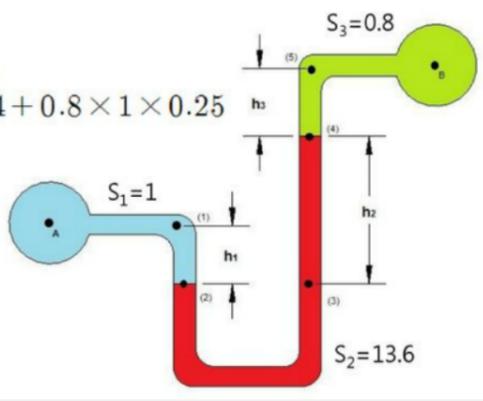
$$p_A + \gamma_1 h_1 - \gamma_2 h_2 - \gamma_3 h_3 = p_B$$

$$p_A - p_B = -\gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 h_3$$

$$= -S_1 \gamma_w h_1 + S_2 \gamma_w h_2 + S_3 \gamma_w h_3$$

$$= -1 \times 1 \times 0.2 + 13.6 \times 1 \times 0.4 + 0.8 \times 1 \times 0.25$$

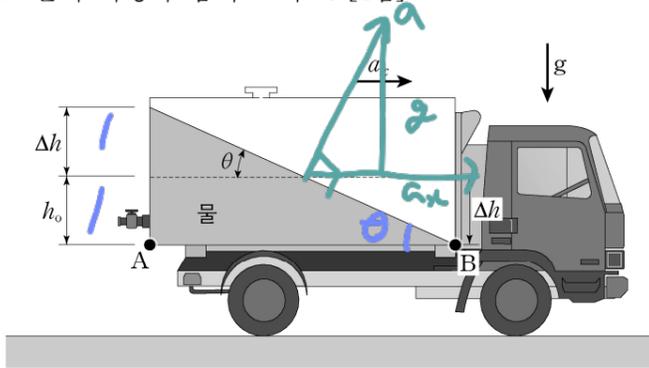
$$= 5.44 (\text{t/m}^2)$$



①, ② 공식 헷갈리지 않도록 주의

[전공 B]

9. 그림은 수조를 실은 트럭이 등가속도  $a_x$ 로 수평 운행하고 있을 때, 수조 내의 수면이 일정한 각도  $\theta$ 로 기울어져 있는 모습을 나타낸 것이다. <조건>을 고려하여 수조 바닥면 A점과 B점의 압력차  $P_A - P_B$  ( $N/m^2$ )를 구하고 풀이 과정과 함께 쓰시오. 그리고 수면에 수직인 방향으로 물의 압력차를 발생시키는 가속도 크기  $a$  ( $m/s^2$ )를 구하고 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



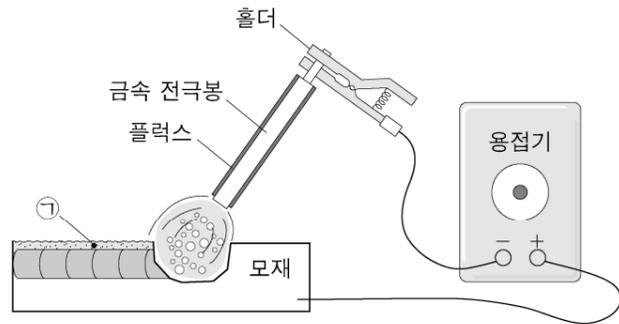
<조건>

- 물의 초기높이  $h_0 = 1$  (m)
- A, B 지점에서 수면의 높이 변화량  $\Delta h = 1$  (m)
- $a_x = 5$  ( $m/s^2$ ), 중력가속도  $g = 10$  ( $m/s^2$ ), 물의 밀도  $\rho = 1,000$  ( $kg/m^3$ )
- $\sqrt{5} = 2.2$ 로 계산한다.
- 물은 각도  $\theta$ 로 기울어진 후 일정한 형상을 유지하면서 강제 처럼 운동한다고 가정한다.
- 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

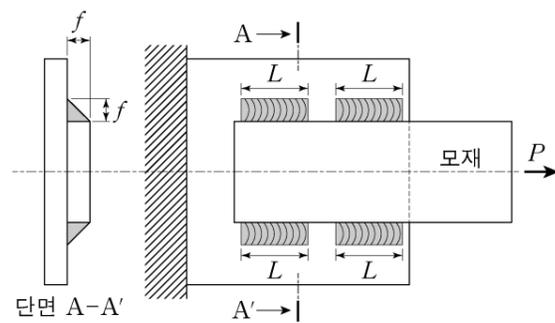
①  $P_A - P_B = \rho g h = 1000 \cdot 10 \cdot 2 = 20,000 \text{ N/m}^2$

② 피타고라스  $a_x^2 + g^2 = a^2$   
 $25 + 100 = a^2 \quad a = 5\sqrt{5}$   
 $\approx 5 \cdot 2.2$   
 $= 11 \text{ m/s}^2$

10. 그림 (가)는 금속 전극봉에 유기물 또는 무기물 성분의 플럭스로 둘러싸인 용접봉을 사용하는 용접법을 나타낸 것이다. 플럭스가 응고된 것으로 용융금속을 덮어 공기를 차단하는 효과를 내는 ㉠의 명칭과, 이 용접법의 명칭을 순서대로 쓰시오. 그리고 그림 (나)와 같이 모재 양쪽 4곳이 동일하게 용접되었을 때, <조건>을 고려하여 최대 하중  $P$  ( $kg_f$ )를 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



(가) 용접법



(나) 용접부 형상

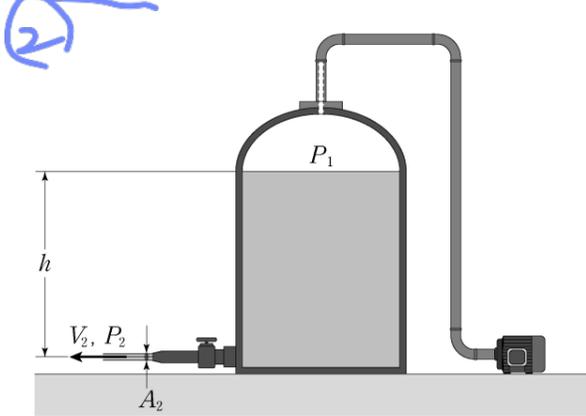
<조건>

- 용접부의 허용 전단응력  $\tau_a = 10$  ( $kg_f/mm^2$ )
- 용접부 다리 길이  $f = 5\sqrt{2}$  (mm), 용접 길이  $L = 50$  (mm)
- 각 용접부 유효길이는 용접 길이와 동일하다.
- 용접부 응력은 용접부의 목두께를 기준으로 계산한다.
- 모든 용접부의 형상과 재료 특성은 동일하고 순수 전단응력만 받는다고 가정한다.
- 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

㉠ 스톤그  
 ㉡ 피목아크용접

☆ 토라첼리 정의:  $P_1 = P_2$  이만 사용 가능  
 이 문제처럼  $P_1 \neq P_2$  인 경우는 불가능!

11. 그림은 물의 높이 차가  $h$ 인 탱크 내부에 압력  $P_1$ 을 가하여 단면적  $A_2$ 인 노즐을 통해 대기로 물을 분출시키는 모습을 나타낸 것이다. <조건>을 고려하여 노즐을 통해 분출되는 물의 속도  $V_2$  (m/s)와 체적유량  $Q$  ( $m^3/s$ )를 각각 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



<조건>

- $h = 1$  (m),  $P_1 = 108$  (kPa), 대기압  $P_2 = 100$  (kPa),  $A_2 = 0.01$  ( $m^2$ )
- 물의 밀도  $\rho = 1,000$  ( $kg/m^3$ ), 중력가속도  $g = 10$  ( $m/s^2$ )
- 탱크는 충분히 커서  $h$ 는 변하지 않는다고 가정한다.
- 물의 흐름은 정상상태, 비압축성, 비점성으로 가정하고, 밸브에 의한 마찰 손실은 무시한다.
- 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

①

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho g h_2$$

$$P_1 - P_2 + \rho g \cdot 1 = \frac{1}{2}\rho V_2^2$$

$$\begin{aligned} 8 \text{ kPa} + 10000 \\ 10 \text{ kPa} \\ 18 \end{aligned}$$

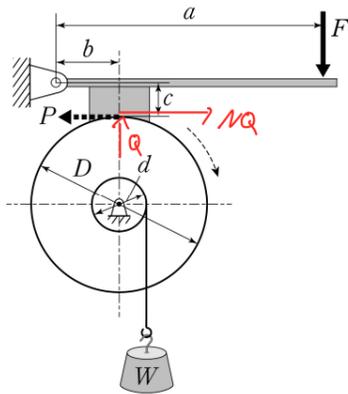
$$\underline{V_2 = 6 \text{ m/s}}$$

②  $Q = AV$

$$10^{-2} \cdot 6 \text{ [m}^3/\text{s]} = \underline{0.06}$$

<수고하셨습니다.>

8. 그림은 단식 블록 브레이크에 조작력  $F$ 를 가하여 무게  $W$ 인 물체의 낙하를 제동하고 있는 상태를 나타낸 것이다. <조건>을 고려하여, 조작력이  $F=26(\text{kg}_f)$ 으로 가해질 때 제동할 수 있는 최대 무게  $W_{\text{max}}(\text{kg}_f)$ 와 브레이크 드럼에 작용하는 제동력  $P(\text{kg}_f)$ 를 각각 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



- <조 건>
- 브레이크 드럼과 블록 사이의 마찰계수  $\mu = 0.2$
  - 힌지로부터 조작력 작용점까지의 거리  $a = 1,000(\text{mm})$ , 힌지로부터 블록 중심까지의 거리  $b = 250(\text{mm})$ , 힌지로부터 블록 접촉면까지의 수직 거리  $c = 50(\text{mm})$
  - 브레이크 드럼의 직경  $D = 500(\text{mm})$ , 로프 드럼의 직경  $d = 100(\text{mm})$
  - 브레이크 마찰면에 작용하는 수직력은 집중하중으로 가정한다.
  - 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

$\sum M_o = 0$

$F \cdot a - Q \cdot b - NQ \cdot c = 0$

$F \cdot a = Q \cdot (b + Nc)$

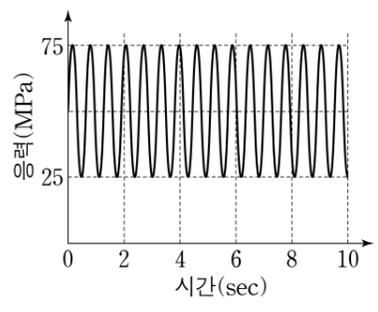
$\therefore Q = \frac{F \cdot a}{b + Nc} = \frac{26 \times 1000}{250 + 10} = \frac{26 \times 1000}{260} = 100 \text{ kg}_f$

1)  $W \times \frac{d}{2} = NQ \times \frac{D}{2}$

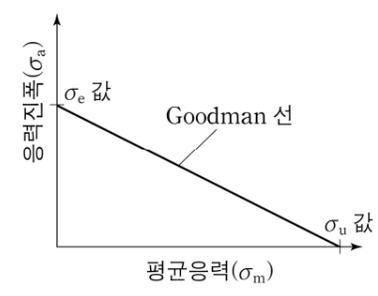
$W = NQ \times \frac{D}{d} = 0.2 \times 100 \times \frac{500}{100} = 100 \text{ kg}_f$

2)  $P = NQ = 0.2 \times 100 = 20 \text{ kg}_f$

9. 그림 (가)는 소재의 피로특성 시험에서 얻은 피로응력 사이클을 나타낸 것이다. 반복하중으로 (가)와 같이 시편에 응력이 발생 하였을 때, 평균응력  $\sigma_m(\text{MPa})$ 과 응력진폭(교변응력)  $\sigma_a(\text{MPa})$ 를 각각 구하시오. 그리고 평균응력을 200 (MPa)으로 높일 경우, <조건>을 고려하여 피로파손이 일어나지 않는 최대 응력진폭(교변응력)  $(\sigma_a)_{\text{max}}(\text{MPa})$ 를 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



(가)



(나)

- <조 건>
- 소재의 극한강도  $\sigma_u = 400(\text{MPa})$ , 피로한도  $\sigma_e = 200(\text{MPa})$
  - 피로파손의 여부는 그림 (나)의 Goodman 이론을 적용한다.
  - 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

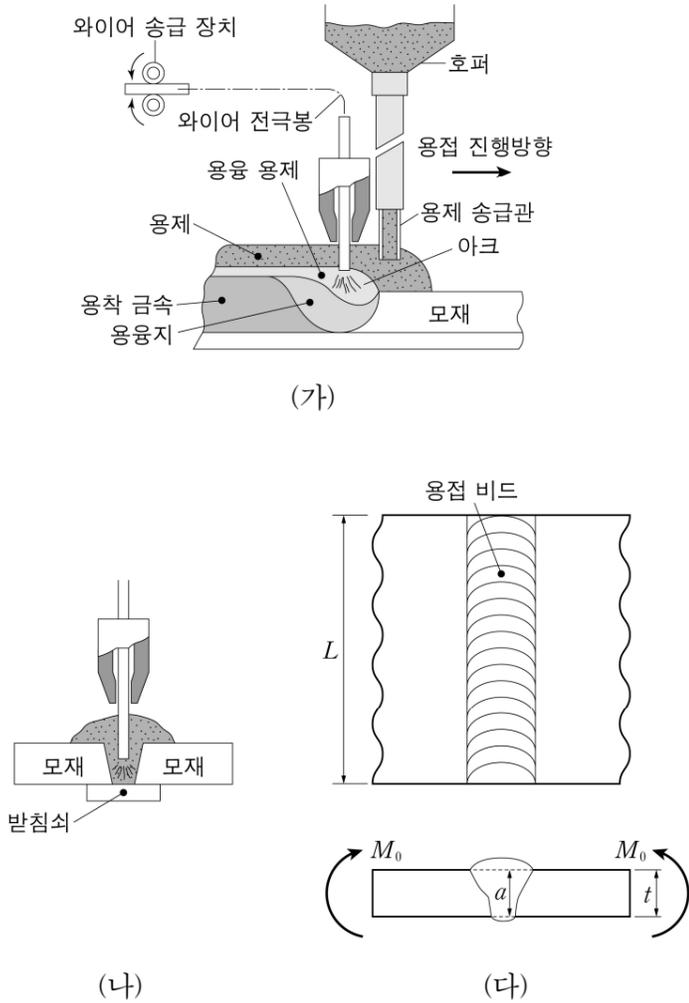
1)  $\sigma_m = \frac{75 + 25}{2} = 50 \text{ MPa}$

2)  $\sigma_a = \frac{75 - 25}{2} = 25 \text{ MPa}$

3)  $y = -ax + b$

$\sigma_a = -\frac{1}{2} \cdot \sigma_m + 200$   
 $= -\frac{1}{2} \times 200 + 200$   
 $= 100 \text{ MPa}$

10. 그림 (가)는 분말용제(flux)를 전극봉 앞에 공급하면서 대기 중의 불순물 침투를 막는 아크 용접법의 한 종류를 나타낸 것이며, (나)는 이 용접법으로 작업하는 용접이음의 형태를 나타낸 것이다. 이 용접법의 명칭과 용접이음의 명칭을 순서대로 쓰시오. 그리고 그림 (다)와 같이 굽힘모멘트가 작용할 때, <조건>을 고려하여 용접부가 견딜 수 있는 최대 굽힘모멘트  $M_0$  ( $\text{kg}_f \cdot \text{mm}$ )를 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



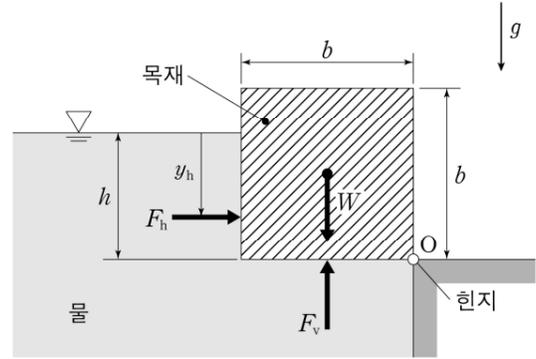
- <조건>
- 용접부 길이  $L = 100$  (mm), 모재 두께  $t = 10$  (mm), 용접부의 최대 허용굽힘응력  $\sigma_b = 6$  ( $\text{kg}_f/\text{mm}^2$ )
  - 용접부 폭두께  $a$ 는 모재 두께  $t$ 를 적용한다.
  - 자중은 무시하고, 굽힘모멘트는 용접부에 균일하게 작용한다고 가정한다.
  - 굽힘모멘트에 의한 파단은 용접부에서만 발생한다고 가정한다.
  - 안전계수는 고려하지 않는다.
  - 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

1) 서면 미저드 용접  
V형 광대기 용접

$$2) \sigma_b = \frac{M_0}{I} = \frac{6M_0}{L \cdot t^2}$$

$$M_0 = \frac{\sigma_b \cdot L \cdot t^2}{6} = \frac{6 \times 100 \times 10^2}{6} = 1 \times 10^4 \text{ kg}_f \cdot \text{mm}$$

11. 그림은 정사각형 단면의 목재가 물을 막고 있는 상태를 나타낸 것이다. 목재가 힌지 O점을 중심으로 정지되어 있는 상태일 때, <조건>을 고려하여 수면으로부터 깊이  $h$ 인 목재 바닥면에 물이 가하는 수직 합력  $F_v$  (N)와 측면에 가하는 수평 합력  $F_h$  (N)를 각각 구하시오. 그리고 목재의 무게  $W$  (N)를 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



- <조건>
- $F_v$ ,  $F_h$ ,  $W$ 는 목재 길이 1 (m)을 기준으로 계산한다.
  - 목재의 높이와 너비  $b = 0.4$  (m)이다.
  - 수면으로부터 목재 바닥면까지의 깊이  $h = 0.3$  (m)이다.
  - 수면에서 수평 합력  $F_h$ 가 작용하는 지점까지의 거리  $y_h = \frac{2}{3}h$ 이다.
  - 물의 밀도  $\rho = 1,000$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )이며, 중력가속도  $g = 10$  ( $\text{m}/\text{s}^2$ )이다.
  - 힌지 O에서의 마찰은 무시한다.
  - 대기압에 의한 영향은 고려하지 않는다.
  - 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

$$1) F_v = \rho g h A = 1000 \times 10 \times 0.3 \times (0.4 \times 1) = 1200 \text{ N}$$

$$2) F_h = \rho g h_c A = 1000 \times 10 \times \frac{0.3}{2} \times (0.3 \times 1) = 450 \text{ N}$$

$$3) \sum M_0 = 0$$

$$F_h \cdot \frac{h}{3} + F_v \cdot \frac{b}{2} - W \cdot \frac{b}{2} = 0$$

$$\therefore W \cdot 0.2 = 450 \times \frac{0.3}{3} + 1200 \times 0.2$$

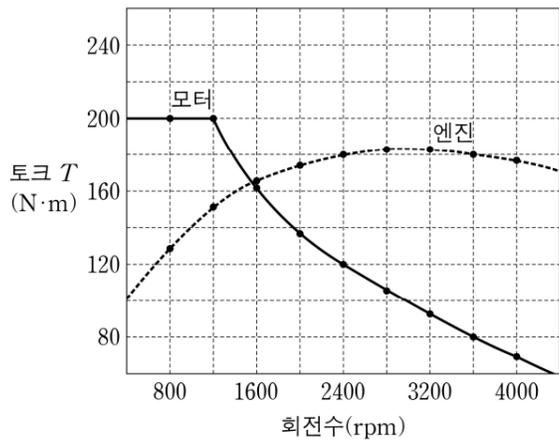
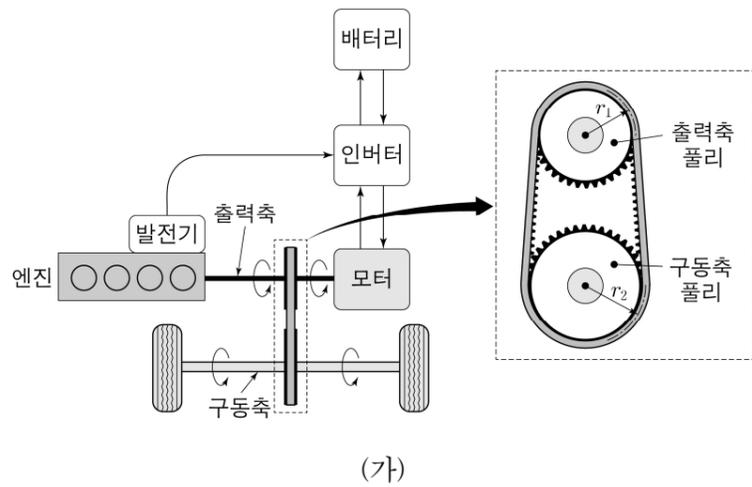
$$= 45 + 240$$

$$= 285$$

$$W = 1425 \text{ N}$$



9. 그림 (가)는 병렬형(parallel type) 하이브리드 전기자동차의 동력 계통도이며, (나)는 동력원(엔진과 모터)의 토크 특성을 나타낸 것이다. 자동차가 가속 주행하기 위해 엔진과 모터가 2,400(rpm)으로 동시에 구동할 때, <조건>을 고려하여 구동축의 토크  $T(N\cdot m)$ 와 출력  $P(kW)$ 를 각각 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



(나)

<조건>

- 가속 주행 시에는 엔진과 모터가 동시에 구동한다.
- 동력전달장치에 연결된 출력축 풀리(pulley)의 반경  $r_1$ 과 구동축 풀리의 반경  $r_2$ 의 비는 1:1.2이다.
- 엔진과 모터는 동일 축에 연결되어 동일한 방향으로 회전한다.
- $\pi = 3$ 으로 계산한다.
- 동력전달 손실은 없다고 가정한다.  $R_1 : R_2 = 1 : 1.2$
- 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.  $R_2 = 1.2R_1$

1)  $P_{구동} = P_{출력}$

$$P_{구동} = P_{엔진} + P_{모터}$$

$$= (180 + 120) \times \frac{2\pi \cdot 2400}{60}$$

$$= 12 \text{ kW}$$

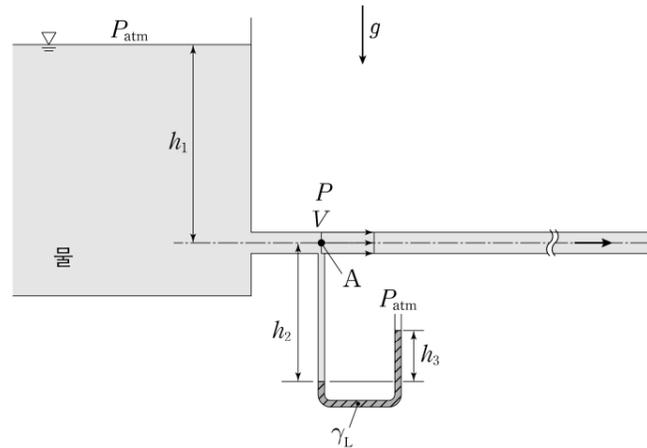
2)  $i = \frac{N_1}{N_2} = \frac{R_2}{R_1}$

$$N_2 = N_1 \times \frac{R_1}{R_2} = 2400 \times \frac{1}{1.2} = 2000 \text{ rpm}$$

$\therefore P_2 = T_2 \cdot \omega$

$$T_2 = \frac{12 \times 10^3}{\frac{2\pi \cdot 2000}{60}} = 360 \text{ N}\cdot\text{m}$$

10. 그림은 저수지 수면으로부터 깊이  $h_1$ 인 위치에 있는 파이프를 통해 물이 흐르는 장치의 일부를 나타낸 것이다. 파이프 내 A점에서의 압력을 측정하기 위해 비중량  $\gamma_L$ 인 액체가 들어 있는 마노미터를 설치하였다. <조건>을 고려하여 A점에서의 게이지 압력  $P(N/m^2)$ 와 물의 속도  $V(m/s)$ 를 각각 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



<조건>

- $h_1 = 4 \text{ (m)}$ ,  $h_2 = 0.5 \text{ (m)}$ ,  $h_3 = 0.1 \text{ (m)}$
- 물의 밀도  $\rho = 1,000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ , 중력가속도  $g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$
- 마노미터 안의 액체의 비중량  $\gamma_L = 130,000 \text{ (kg/(m}^2\cdot\text{s}^2\text{))}$
- 파이프의 직경은 일정하고 깊이  $h_1$ 에 비해 매우 작으며,  $h_1$ 은 변하지 않는다고 가정한다.
- A점의 단면에서 물의 속도 분포 및 압력 분포는 일정하다고 가정한다.
- 물은 비압축성, 비점성으로 가정하고, 마노미터 안의 액체 표면장력은 고려하지 않는다.
- 게이지 압력은 절대압력과 대기압  $P_{atm}$ 의 차이이다.
- 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

$$P_1 = P_2$$

$$P_A + \rho g h_2 = P_{atm} + \gamma_L h_3$$

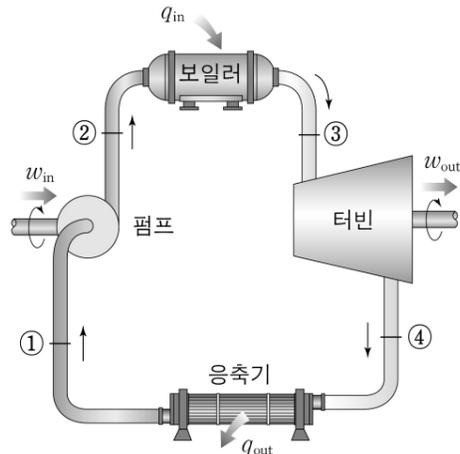
$$\therefore P_A = \gamma_L h_3 - \rho g h_2 = 8000 \text{ N/m}^2$$

2)  $\frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_A}{\rho} + \frac{V_A^2}{2g} + z_2$

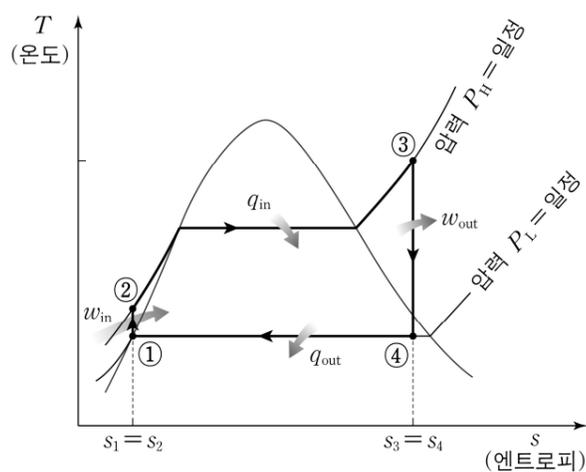
$$\therefore V_2 = \sqrt{2g \left( h_1 - \frac{P_A}{\rho g} \right)} = \sqrt{64}$$

$$= 8 \text{ m/s}$$

11. 그림 (가)와 (나)는 랭킨 사이클(Rankine cycle)로 운전되는 증기동력발전소의 개념도와 T-s 선도를 각각 나타낸 것이다. <조건>을 고려하여, 보일러를 통해 공급된 단위 질량당 열량  $q_{in}$  (kJ/kg)을 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. 그리고 이 사이클의 열효율  $\eta_{th}$  (%)를 구하고, 풀이 과정과 함께 쓰시오. [4점]



(가)



(나)

<조건>

- 과정 ①, ②, ③, ④에서의 비엔탈피(specific enthalpy)는 각각  $h_1 = 350$  (kJ/kg),  $h_2 = 400$  (kJ/kg),  $h_3 = 3,400$  (kJ/kg),  $h_4 = 2,450$  (kJ/kg)이다.
- 랭킨 사이클의 작동유체는 수증기이다.
- 펌프에 가한 단위 질량당 일은  $w_{in}$ , 터빈에서 발생된 단위 질량당 일은  $w_{out}$ , 응축기로부터 방출된 단위 질량당 열량은  $q_{out}$ 이다.
- 시스템의 모든 구성 요소는 정상유동 상태에서 작동하는 것으로 가정하고, 운동에너지와 위치에너지의 변화량은 무시한다.
- 보일러와 응축기에서는 일의 유·출입이 없다고 가정한다.
- 펌프와 터빈은 등엔트로피 과정에서 작동한다고 가정한다.
- 주어진 조건 외에는 고려하지 않는다.

$$1) \ q_{in} = h_3 - h_2 = 3000 \text{ kJ/kg}$$

$$2) \ \eta_{th} = \frac{w_{out} - w_{in}}{q_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{(h_3 - h_4) - (h_2 - h_1)}{h_3 - h_2} \times 100\%$$

$$= 30\%$$

<수고하셨습니다.>