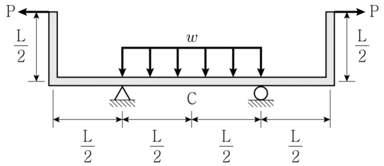
2021년 7급 국가직 응용역학 (가)

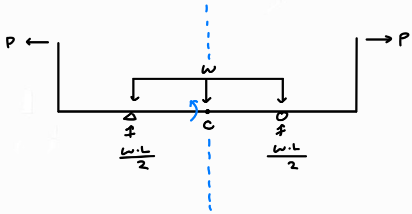
by 토슬라

문 1. 그림과 같은 양단 내민보의 중앙 C에서 휨모멘트가 0이 되기 위한 하중 P의 크기가 C_1wL일 때, 상수 C_1은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 1/4
② 1/8
③ 1/16
④ 1/32

Sol)



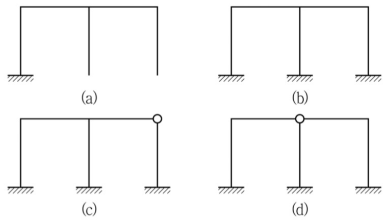
$$M_c = \frac{-P\cdot L}{2} + \frac{w\cdot L^2}{4} - \frac{w\cdot L^2}{8} = 0$$

$$\therefore\ P = \frac{w\cdot L}{4} = C_1 \cdot w \cdot L$$

$$\therefore\ C_1 = \frac{1}{4}$$

ans) ①

문 2. 그림과 같은 4가지 라멘구조물의 부정정 차수에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 라멘구조물 (a), (b), (c), (d)의 부정정 차수의 총합은 15이다.
② 라멘구조물 (a), (b), (c), (d) 중 부정정 차수가 0인 정정구조물은 없다.
③ 라멘구조물 (a), (b), (c), (d)의 부정정 차수가 큰 순서는 (b) > (c) > (d) > (a)이다.
④ 라멘구조물 (a), (b), (c), (d) 중 부정정 차수가 가장 큰 구조물과 가장 작은 구조물의 부정정 차수의 차는 6이다.

Sol)

부정정 차수 = $m + r + k - 2j$

(a) : $5 + 3 + 4 - 2\times 6 = 0$

(b) : $5 + 9 + 4 - 2\times 6 = 6$

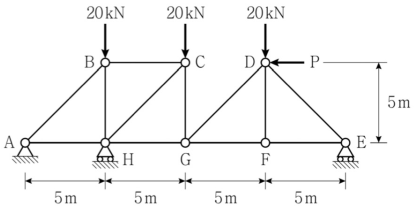
(c) : $5 + 9 + 3 - 2\times 6 = 5$

(d) : $5 + 9 + 2 - 2\times 6 = 4$

따라서 ② 만 틀린 내용.

ans) ②

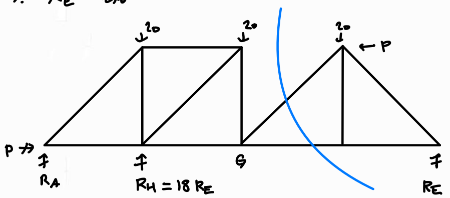
문 3. 그림과 같은 트러스에서 지점 H와 E의 수직반력의 비$\left(\frac{R_H}{R_E}\right)$가 18일 때, D점에 작용하는 수평하중 P[kN]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 8
② 9
③ 10
④ 11

Sol)

1. R_E 산정



$\Sigma V = 0$; $R_A + 19R_E = 60$

$\Sigma M_G = 0$; $10R_A + 90R_E - 5P - 10R_E = 0$

; $R_A + 8R_E = \frac{P}{2}$

∴ $R_E = \left(60 - \frac{P}{2}\right)/11$

2. P 산정

파란 선을 따라 단면법.

ΣM_G on right $= 0$

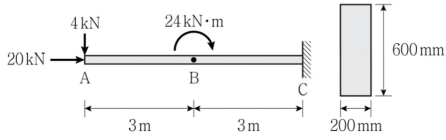
; $-5P - 10R_E + 100 = 0$

; $-5P - \frac{600}{11} + \frac{5P}{11} + 100 = 0$

; $\frac{50P}{11} = \frac{500}{11}$ ∴ $P = 10$ (kN)

ans) ③

문 4. 그림과 같이 폭 200 mm, 높이 600 mm의 직사각형 단면을 가지는 캔틸레버보에 집중하중과 휨모멘트 하중이 작용하고 있다. 캔틸레버보에서 발생되는 최대전단응력(τ_{max})과 최대압축응력(σ_{max})의 크기[MPa]는? (단, 구조물의 자중은 무시한다)

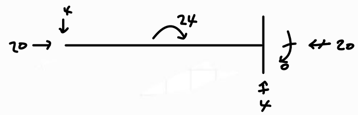


<단면>

	τ_{max}	σ_{max}
①	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{3}$
②	$\frac{1}{20}$	$\frac{7}{6}$
③	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{3}$
④	$\frac{1}{30}$	$\frac{7}{6}$

Sol)

1. V_{max} & M_{max}



$V_{max} = 4$ kN

$M_{max} = M_B = 12$ kN·m

2. τ_{max}

$\tau_{max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{max}}{A} = \frac{3}{2} \times \frac{4 \times 10^3}{12 \times 10^4}$

$= \frac{1}{20}$ MPa

3. σ_{max}

$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S} + \frac{20\,kN}{A} = \frac{12 \times 10^6 \times 6}{200 \times (600)^2} + \frac{20 \times 10^3}{12 \times 10^4}$

$= 1 + \frac{1}{6} = \frac{7}{6}$ MPa

ans) ②

문 5. 스프링에 힘이 0에서 P까지 서서히 작용하여 δ만큼 길이가 늘어났다. 이 상태에서 추가 하중 Q가 작용하여 스프링이 추가로 δ만큼 늘어났다면, P가 0에서부터 추가 하중 Q가 작용한 최종 단계까지 수행한 전체 일의 크기는? (단, 스프링은 선형탄성 거동을 한다)

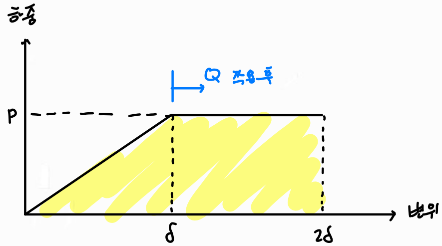
① $\dfrac{P\delta}{2}$

② $P\delta$

③ $\dfrac{3P\delta}{2}$

④ $2P\delta$

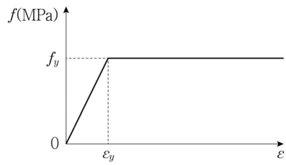
sol)



$$W = \frac{P\cdot\delta}{2} + P\cdot\delta = \frac{3P\cdot\delta}{2}$$

ans) ③

문 6. 그림과 같은 완전 탄소성 응력 변형률 곡선을 갖는 길이 2 m인 강봉에 인장력이 서서히 작용하여 10 mm만큼 늘어난 후 하중이 제거될 경우에 영구적으로 늘어난 길이[mm]는? (단, 강봉의 항복강도 $f_y = 300$ MPa이고 탄성계수 E = 200 GPa이다)



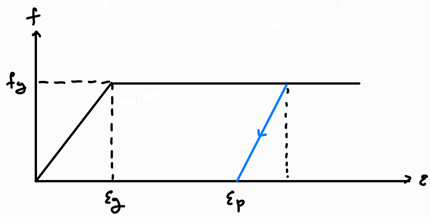
① 7

② 8

③ 9

④ 10

sol)



$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E} = 1.5\times10^{-3}$$

$$\varepsilon_p = \frac{10}{2\times10^{3}} - \varepsilon_y$$

$$= 5\times10^{-3} - 1.5\times10^{-3}$$

$$= 3.5\times10^{-3}$$

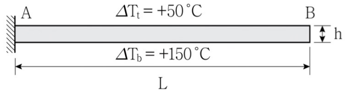
영구 변형량 $= \varepsilon_p \times L$

$= 3.5\times10^{-3} \times 2\times10^{3}$ mm

$= 7$ mm

ans) ①

문 7. 그림과 같이 캔틸레버보에서 상·하부 온도증가가 발생할 때 B점에서의 수직 변위는? (단, 부재의 열팽창계수는 α, 보 상부의 온도증가 ΔT_t는 +50℃, 보 하부의 온도증가 ΔT_b는 +150℃이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\dfrac{50\alpha L^2}{h}$

② $\dfrac{100\alpha L^2}{h}$

③ $\dfrac{50\alpha L}{h}$

④ $\dfrac{100\alpha L}{h}$

Sol)

1. 곡률 K

$\Delta T = 50 - 150 = -100\,°C$

$$k = \frac{-\alpha\cdot\Delta T}{h} = \frac{\alpha\cdot 100}{h}$$

2. Δ_B

$$y = \iint k\,dx + C_1\cdot x + C_2$$

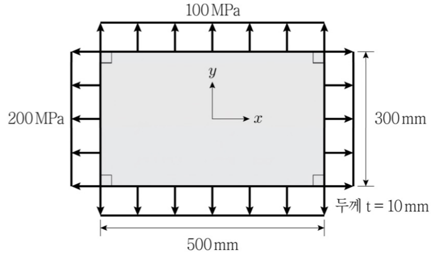
$y(0)=0,\ y'(0)=0 \quad \therefore\ C_1 = 0,\ C_2 = 0$

$y'(x) = \dfrac{\alpha\cdot 100}{h}\cdot x,\quad y(x) = \dfrac{\alpha\cdot 50}{h}\cdot x^2$

$$\Delta_B = y(L) = \frac{\alpha\cdot 50\cdot L^2}{h}$$

ans) ①

문 8. 그림과 같은 직사각형 판에 x축 방향으로는 200 MPa의 인장응력이, y축 방향으로는 100 MPa의 인장응력이 각각 작용할 때, 판 두께 방향의 길이변화량[mm]은? (단, 판 두께는 10 mm이고, 재료의 탄성계수(E)는 200 GPa, 포아송비(ν)는 0.3이며, 균질등방성 재료이다)



① −0.003

② −0.0045

③ −0.006

④ −0.0075

Sol)

판 두께 방향 = z 방향

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E}\cdot(-\nu\cdot\sigma_x - \nu\cdot\sigma_y)$$

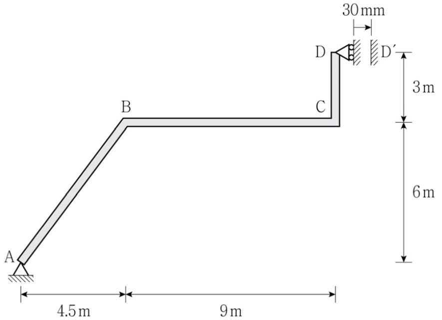
$$= \frac{-0.3}{200\times10^3}\cdot(300) = -0.45\times10^{-3}$$

$$\delta_z = \varepsilon_z \times 10\text{mm} = -0.45\times10^{-2}$$

$$= -0.0045$$

ans) ②

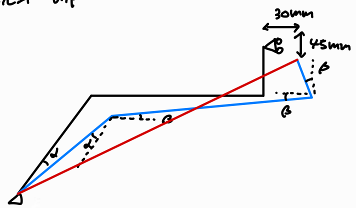
문 9. 그림과 같은 강체 구조물의 지점 D가 원래 위치에서 오른쪽으로 30 mm만큼 수평 이동할 때, B점의 수직처짐[mm]은? (단, 구조물의 자중은 무시한다)



① 5
② 10
③ 15
④ 20

sol)

1. 회전각 α, β



$6\alpha + 3\beta = 0.03$ m

$4.5\alpha + 9\beta = 0.045$ m

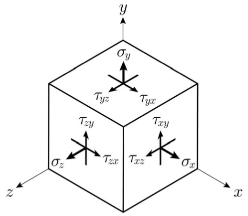
$13.5\alpha = 0.045$ m

2. Δ_{BV}

$\Delta_{BV} = 4.5\alpha = 0.015$ m $= 15$ mm

ans) ③

문 10. 그림과 같은 3차원 응력 요소에서, 축이 새로운 위치로 회전할 경우 그 값이 변하는 것은? (단, 그림에는 좌표축의 양의 면에 작용하는 응력만 표시되었고, 반대방향 응력은 음의 면에 작용한다)



① $\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$

② $\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2 + \tau_{yz}^2$

③ $\sigma_x\sigma_y + \sigma_x\sigma_z + \sigma_y\sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{yz}^2$

④ $\sigma_x\sigma_y\sigma_z + 2\tau_{xy}\tau_{xz}\tau_{yz} - \sigma_x\tau_{yz}^2 - \sigma_y\tau_{xz}^2 - \sigma_z\tau_{xy}^2$

sol)

차원을 낮추기 위해 $\sigma_z = 0$, $\tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$ 가정.

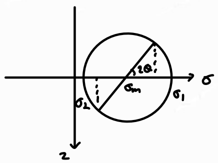
(2차원에서 값이 변하면, 3차원에서도 변함이 자명)

① → $\sigma_x + \sigma_y$

② → τ_{xy}^2

③ → $\sigma_x \cdot \sigma_y - \tau_{xy}^2$

④ → 0



$\sigma_x = \sigma_m + R \cdot \cos 2\theta$

$\sigma_y = \sigma_m - R \cdot \cos 2\theta$

$\tau_{xy} = -R \cdot \sin 2\theta$

① : $2\sigma_m$ ∴ 일정

② : $R^2 \cdot \sin^2 2\theta$ ∴ 일정 X (θ 변수)

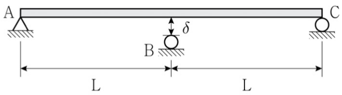
③ : $\sigma_m^2 - R^2$ ∴ 일정 (σ_m, R 상수)

④ : 0 ∴ 일정

따라서 ② 만이 변수.

ans) ②

문 11. 그림과 같이 지점 B에 δ만큼의 침하가 발생한 2경간 연속보가 있다. 침하로 단순화된 보의 전 지간에 작용하는 등분포하중 w에 의해 지점 B에 $\frac{wL}{2}$의 수직반력이 생겼다면, 침하량 δ의 크기는? (단, 보의 휨강성 EI는 일정하고, 구조물의 자중은 무시한다)



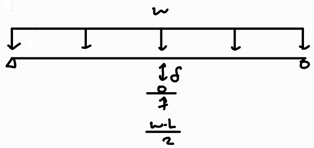
① $\dfrac{wL^4}{8EI}$

② $\dfrac{wL^4}{24EI}$

③ $\dfrac{wL^4}{48EI}$

④ $\dfrac{64wL^4}{384EI}$

sol)

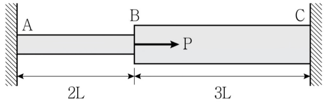


$$\delta = \frac{5w\cdot(2L)^4}{384EI} - \frac{\left(\frac{w\cdot L}{2}\right)\cdot(2L)^3}{48EI}$$

$$= \frac{5w\cdot L^4 - 2w\cdot L^4}{24EI} = \frac{w\cdot L^4}{8EI}$$

ans) ①

문 12. 그림과 같이 완전 탄소성 거동을 하고, 압축 및 인장 항복강도가 f_y인 양단 고정보의 단면 변화 부분에 축하중 P가 작용할 경우, 극한하중(P_u)의 크기는? (단, 부재 AB와 BC의 단면적은 각각 a와 2a이며, 구조물의 좌굴 및 자중은 무시한다)



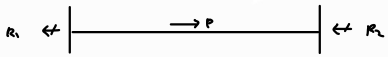
① af_y　② $2af_y$

③ $3af_y$　④ $5af_y$

sol)

1. 각 부재가 받는 힘

P은 축 강성비대로 나눠 가짐.



$$R_1 : R_2 = \frac{E\cdot a}{2L} : \frac{E\cdot 2a}{3L} = 3:4$$

$$\therefore R_1 = \frac{3}{7}P, \quad R_2 = \frac{4}{7}P$$

2. 항복 부재

$$\sigma_1 = \frac{R_1}{a} = \frac{3P}{7a}, \quad \sigma_2 = \frac{R_2}{2a} = \frac{2P}{7a}$$

∴ σ_1 이 먼저 f_y 도달.

3. 극한하중

항복 후 $R_1 = f_y\cdot a$

〃 $R_2 = P - R_1 = P - f_y\cdot a$

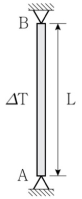
R_2 가 $(f_y\cdot 2a)$에 도달 시 파괴.

$\therefore P - f_y\cdot a = f_y\cdot 2a$

$\therefore P_u = 3a\cdot f_y$

sol) ③

문 13. 그림과 같은 양단 힌지기둥이 오일러 좌굴하중에 의해 좌굴이 발생되도록 하는 온도 증가량 ΔT는? (단, α는 열팽창계수, EI는 휨강성, a는 기둥의 단면적이고, 보의 자중은 무시한다)



① $\dfrac{\alpha a L}{\pi^2 EI}$

② $\dfrac{\pi^2 EI}{\alpha a L}$

③ $\dfrac{\pi^2 I}{\alpha a L^2}$

④ $\dfrac{\alpha a L^2}{\pi^2 I}$

sol)

1. 온도 증가에 의한 하중 P

$P = \alpha \cdot \Delta T \cdot E \cdot a \quad (\because \alpha \cdot \Delta T \cdot L - \dfrac{PL}{EA} = 0)$

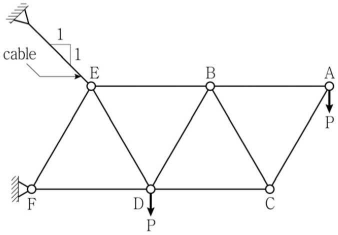
2. 좌굴 조건

$\alpha \cdot \Delta T \cdot E \cdot a = \dfrac{\pi^2 \cdot EI}{L^2}$

$\therefore \Delta T = \dfrac{\pi^2 \cdot I}{\alpha \cdot a \cdot L^2}$

ans) ③

문 14. 그림과 같이 하중 P가 작용하는 평면 트러스 구조물에서 부재 AB의 부재력은? (단, 모든 트러스 부재의 길이는 같고, 자중은 무시한다)



① $\dfrac{P}{\sqrt{3}}$(인장)

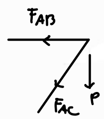
② $\dfrac{P}{\sqrt{3}}$(압축)

③ $\dfrac{2}{\sqrt{3}}$P(인장)

④ $\dfrac{2}{\sqrt{3}}$P(압축)

sol)

1. 절점 A 평형방정식



$\Sigma F_x = 0; \quad -F_{AB} - \dfrac{1}{2} \cdot F_{AC} = 0$

$\Sigma F_y = 0; \quad -P - \dfrac{\sqrt{3}}{2} \cdot F_{AC} = 0$

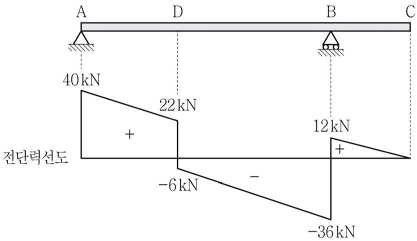
2. F_{AB} 산정

$F_{AC} = \dfrac{-2P}{\sqrt{3}}$

$F_{AB} = -\dfrac{1}{2} F_{AC} = \dfrac{P}{\sqrt{3}}$ (인장)

ans) ①

문 15. 그림과 같은 내민보의 전단력선도에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?



① 지점 A의 수직반력은 상향으로 40 kN이다.
② 지점 B의 수직반력은 상향으로 12 kN이다.
③ 하향수직 등분포하중이 보의 전 구간에 작용한다.
④ 점 D에 작용하는 하향수직 집중하중의 크기는 28 kN이다.

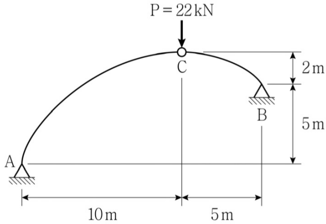
sol)

②: B점에서 전단력이 +48kN 되므로
B점 수직 반력은 48kN (↑) ∴ ×

③: SFD 그래프의 기울기가 항상 (−) 이므로
전 구간에서 등분포 하중이 작용 ∴ O

ans) ②

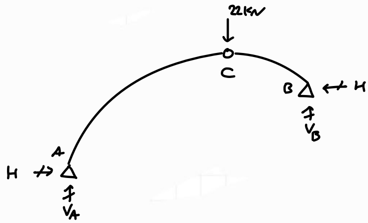
문 16. 그림과 같은 비대칭 3힌지 아치에서 힌지 C점에 하중 P = 22 kN이 수직으로 작용한다. 지점 B의 수평반력의 크기[kN]는? (단, 자중은 무시한다)



① 10
② 15
③ 18
④ 20

sol)

1. 자유 물체도



2. 평형방정식

$\Sigma F_y = 0$; $V_A + V_B = 22$

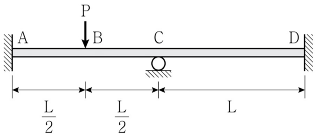
$\Sigma M_A = 0$; $22 \times 10 - 5H - 15V_B = 0$

ΣM_C at right $= 0$; $2H - 5V_B = 0$

∴ $H = 20kN$, $V_B = 8kN$

ans) ④

문 17. 그림과 같은 구조물에 하중 P가 작용하는 경우에 발생하는 휨변형곡선에서 최소 변곡점의 개수는?



① 1
② 2
③ 3
④ 4

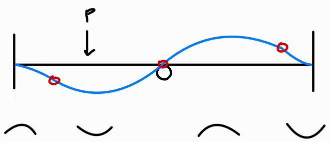
sol)

1. 변곡점

변곡점은 휨 모멘트 부호가 바뀌는 점.

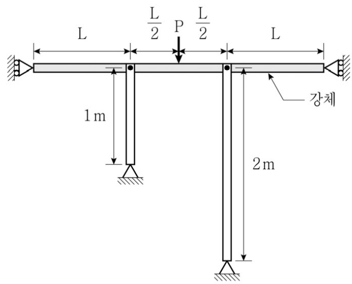
변곡점 전후로 휨 변형 형상이 바뀜.

2. 변형형상



ans) ③

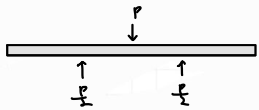
문 18. 그림과 같이 수평 강체보가 동일한 단면의 기둥 두 개로 지지되어 있다. 각 기둥의 상단은 강체보와 핀으로 연결되어 있고 두 기둥의 지점은 힌지일 때, 임계좌굴하중 P의 크기[N]는? (단, 기둥 부재는 한 변의 길이가 12 mm인 정사각형 단면이고, 탄성계수 E = 200 GPa이며, 강체보와 기둥의 자중은 무시한다)



① $86.4\pi^2$
② $172.8\pi^2$
③ $345.6\pi^2$
④ $691.2\pi^2$

sol)

1. 각 기둥이 받는 힘



강체가 평형 상태에 있으려면

각 기둥은 $\frac{P}{2}$ 만큼씩 힘을 받아야 함.

2. 좌굴 조건

힘, 단부조건이 같으므로 2m 기둥이 먼저 좌굴

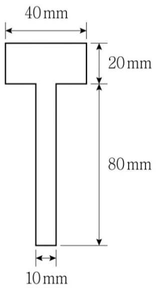
$$\frac{P}{2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(2m)^2}$$

$$\therefore P = \frac{2\pi^2 \cdot 200\times10^3 \times 12^3}{4\times10^6} = \frac{864}{5}\pi^2$$

$$= 172.8\,\pi^2$$

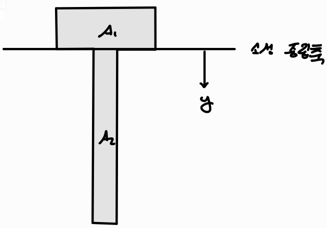
ans) ②

문 19. 그림과 같은 T형 단면이 받을 수 있는 소성 휨모멘트 M_P의 크기[kN · m]는? (단, 재료는 완전 탄소성 모델로 가정하고, 항복강도 $f_y = 100\,\text{MPa}$이다)



① 0.8
② 2.4
③ 3.2
④ 4.0

sol)

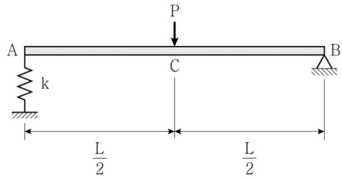


$$Z = \Sigma(A_i \cdot \bar{y}_i) = 800 \times (10 + 40)$$
$$= 40000 \quad mm^3$$

$$M_P = f_y \cdot Z = 4 \times 10^6 \quad N \cdot mm$$
$$= 4 \quad kN \cdot m$$

ans) ④

문 20. 그림과 같은 구조물에서 A점의 탄성 스프링 상수 k가 $\frac{16EI}{L^3}$ 일 때, 보의 중앙 C의 처짐은? (단, 휨강성은 EI이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{1}{192}\frac{PL^3}{EI}$

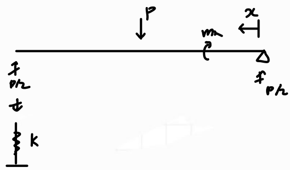
② $\frac{3}{192}\frac{PL^3}{EI}$

③ $\frac{5}{192}\frac{PL^3}{EI}$

④ $\frac{7}{192}\frac{PL^3}{EI}$

sol)

1. 변형에너지 U



$$m_x = \frac{P}{2} \cdot x \quad (0 \le x \le \frac{L}{2})$$

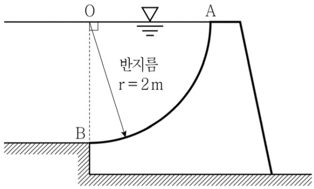
$$U = \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{m_x^2}{2EI} dx \times 2 + \frac{(P/2)^2}{2k}$$
$$= \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{P^2 \cdot x^2}{4EI} dx + \frac{P^2}{8k}$$
$$= \frac{P^2}{12EI} \cdot \frac{L^3}{8} + \frac{P^2}{8k}$$

2. Δ_c

$$\Delta_c = \frac{\partial U}{\partial P} = \frac{P \cdot L^3}{48EI} + \frac{P}{4k} = \frac{7 P \cdot L^3}{192 EI}$$

ans) ④

문 21. 그림과 같이 댐에 수심 2 m의 물이 차 있다. 댐 길이가 단면의 수직 방향으로 100 m일 때, 물에 의하여 댐 표면에 작용하는 합력의 크기[MN]는? (단, 물의 밀도는 1,000 kg/m^3이고, 중력가속도는 10 m/s^2, 원주율은 3을 사용한다)

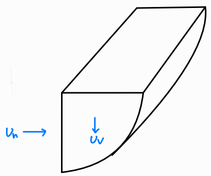


① $\sqrt{10}$
② $\sqrt{11}$
③ $\sqrt{12}$
④ $\sqrt{13}$

sol)

$\rho = 1000\ kg/m^3,\ g = 10\ m/s^2$

$\gamma_w = \rho \cdot g = 10\ kN/m^3$



1 U_h

$U_h = \gamma_w \times 2m \times 100m \times 1m = 2000\ kN\ (\rightarrow)$

2. U_v

$U_v = \gamma_w \times \frac{\pi \cdot (2m)^2}{4} \times 100\ m$

$= 10kN \times 3 \times 100 = 3000\ kN\ (\downarrow)$

$\therefore\ U = \sqrt{U_v^2 + U_h^2} = \sqrt{13}\ MN$

ans) ④

문 22. 외력에 의해 보에 발생하는 내력(internal force)에 대한 설명으로 옳은 것은?

① 축력, 휨모멘트, 전단력, 반력은 내력에 해당한다.
② 전단력은 단면에 평행한 방향으로 발생하는 힘이다.
③ 휨모멘트는 부재의 길이 방향 축을 중심으로 회전하려는 힘이다.
④ 비틀림모멘트는 부재의 축과 직각을 이루는 축을 중심으로 회전하려는 힘이다.

sol)

①: 반력은 내력 X

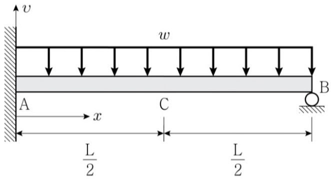
②: OK

③: 휨모멘트 → 비틀림모멘트

④: 비틀림 모멘트 → 휨 모멘트

ans) ②

문 23. 그림과 같이 등분포하중 w가 작용하는 보의 처짐 곡선이 $v = -\frac{wx^2}{48EI}(3L^2 - 5Lx + 2x^2)$일 때, $x = \frac{L}{2}$인 C점에서의 휨모멘트의 크기는? (단, 휨강성은 EI이고, 구조물의 자중은 무시한다)



① $\frac{wL^2}{2}$

② $\frac{wL^2}{4}$

③ $\frac{wL^2}{8}$

④ $\frac{wL^2}{16}$

Sol)

$v''(x) = \frac{M(x)}{EI}$ 이므로 $M(x) = EI \cdot v''(x)$

처짐 $v(x) = \frac{-w}{48EI} \cdot (3L^2 \cdot x^2 - 5L \cdot x^3 + 2x^4)$

처짐각 $v'(x) = \frac{-w}{48EI} \cdot (6L^2 x - 15L \cdot x^2 + 8x^3)$

곡률 $v''(x) = \frac{-w}{48EI} \cdot (6L^2 - 30L \cdot x + 24x^2)$

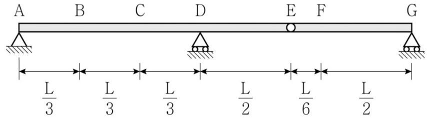
$v''(\frac{L}{2}) = \frac{-w}{48EI} \cdot (6L^2 - 15L^2 + 6L^2)$

$= \frac{w \cdot L^2}{16EI}$

∴ $M(\frac{L}{2}) = \frac{w \cdot L^2}{16}$

ans) ④

문 24. 그림과 같은 게르버보에 (가) ~ (라)와 같이 수직하중이 각각 작용할 때, C점에 발생하는 휨모멘트 크기의 절댓값이 가장 작은 것은? (단, 보의 자중은 무시한다)



(가) B점에 3.0 kN	(나) C점에 2.0 kN
(다) E점에 1.5 kN	(라) F점에 2.0 kN

① (가)

② (나)

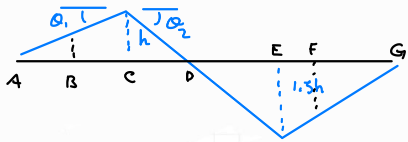
③ (다)

④ (라)

sol)

1. M_C의 영향선 작도

뮐러-브레슬라우 원리 사용



2. 각 경우 $|M_C|$

(가) B에 3kN : $3 \times \frac{h}{2} = 1.5h$

(나) C에 2kN : $2 \times h = 2h$

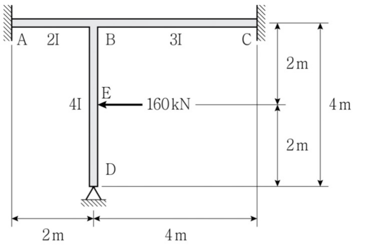
(다) E에 1.5kN : $1.5 \times 1.5h = 2.25h$

(라) F에 2kN : $2 \times 1.125 = 2.25h$

∴ (가)의 경우가 절댓값 최소

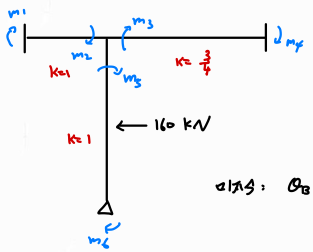
ans) ①

문 25. 그림과 같은 프레임 구조물의 E점에 집중하중 160 kN이 수평으로 작용할 때, C점의 부재단 모멘트 M_{CB}의 크기[kN·m]는? (단, 구조물의 탄성계수는 일정하고, I는 단면2차모멘트이며, 자중은 무시한다)



① 18
② 24
③ 30
④ 36

Sol)



미지수 : θ_B, θ_D

$m_2 + m_3 + m_5 = 0$

; $2\theta_B + \frac{3}{4}\cdot 2\theta_B + 2\theta_B + \theta_D - \frac{160\cdot 4}{8} = 0$

; $5.5\theta_B + \theta_D - 80 = 0$

$m_6 = 0$

; $2\theta_D + \theta_B + \frac{160\cdot 4}{8} = 0$

; $2\theta_D + \theta_B + 80 = 0$

$\therefore\ \theta_B = 24,\ \theta_D = -52$

$\therefore\ m_4 = \frac{3}{4}\cdot\theta_B = 18$ kN·m

Sol) ①