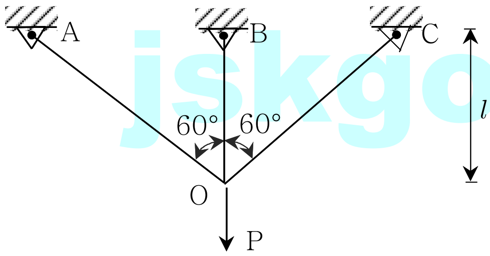
2008년 국가7급
응용역학개론기출문제 및 해설

1. 그림과 같이 지점 A, B, C가 힌지인 부정정 트러스에 하중 P가 점 O에 작용하고 있다. 만약 OA, OC 부재의 신장량이 각각 δ이면 하중 P에 의한 외적인 일은? (단, 모든 부재의 단면적과 탄성계수는 일정하다)

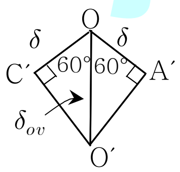


① $\dfrac{P\delta}{4}$　　② $\dfrac{P\delta}{3}$　　③ $\dfrac{P\delta}{2}$　　④ $P\delta$

정답 ④

해설

다음의 williot선도로부터 변위관계식을 구할 수 있다.



$$\delta_{ov} = \frac{\delta_{oa}}{\cos 60^\circ} = \frac{\delta}{1/2} = 2\delta$$

따라서 P가 한 외적일은 다음과 같다.

$$W_E = \frac{P}{2} \times \delta_{ov} = \frac{P}{2} \times 2\delta = P \cdot \delta$$

2. 어떤 평면 도형의 점 O에 대한 극관성모멘트(또는 단면 2차 극모멘트)가 1600cm^{4}이다. 점 O를 지나는 x축에 대한 단면 2차 모멘트가 1,024cm^{4}이면 x축과 직교하는 y축에 대한 단면 2차 모멘트[cm^4]는?

① 288　　② 576　　③ 1,312　　④ 2,624

정답 ②

해설

$I_P = I_X + I_Y = $ 일정

$I_Y = I_P - I_X = 1{,}600 - 1{,}024 = 576cm^4$

3. 구조용 강재의 성질에 대한 설명으로 가장 옳지 않은 것은?

① 연성(ductility)은 재료가 파단 이전에 충분히 큰 변형률에 견디는 능력을 나타낸다.

② 경도(hardness)는 재료 표면이 손상에 저항하는 능력을 나타낸다.

③ 탄력(resilience)은 재료가 변형률 경화 단계 전까지 에너지를 흡수할 수 있는 능력을 나타낸다.

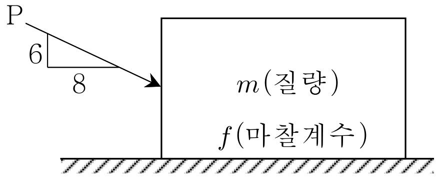
④ 인성(toughness)은 재료가 파단되기 전까지 에너지를 흡수할 수 있는 능력을 나타낸다.

정답 ③

해설

③ 탄력(resilience)은 재료가 비례한도 또는 탄성한도에 해당하는 응력을 받기까지의 에너지를 흡수할 수 있는 능력을 나타낸다.

4. 그림과 같이 정지된 물체에 힘 P가 경사지게 작용하고 있다. 물체가 움직이지 않기 위한 최소의 마찰계수는? (단, m은 질량이고 g는 중력가속도이다)



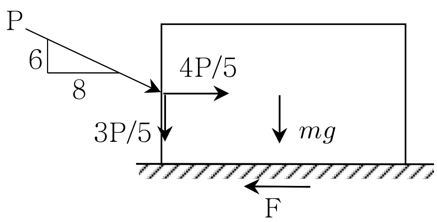
① $\dfrac{4P}{3P+5mg}$　② $\dfrac{3P}{4P+5mg}$　③ $\dfrac{3P}{5mg}$　④ $\dfrac{4P}{5mg}$

정답 ①

해설

㉠ 주어진 물체의 자유물체도

외력 P를 수평분력과 수직분력으로 표시하면 다음 그림과 같다.



수직력, $V = mg + \dfrac{3P}{5}$

수평력, $H = \frac{4P}{5}$

㉡ 최소마찰계수

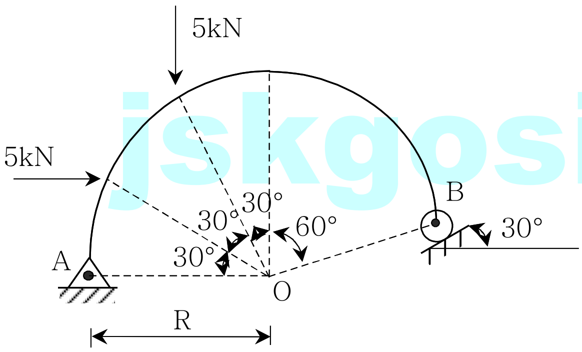
마찰력은 최소한 수평분력보다 커야한다. 그리고 마찰력은 수직력(V)에다가 마찰계수(f)를 곱한 값이다.

$F \ge H$

$V \times f \ge \frac{4P}{5}$

$f \ge \frac{4P}{5V} = \frac{4P}{5(mg + \frac{3P}{5})} = \frac{4P}{5mg + 3P}$

5. 그림과 같이 2개의 집중하중을 받고 있는 반경 R인 정정 원호 아치 구조물에서 지점 A의 수평반력[kN]은?



① $2(\sqrt{3}-1)$ (←)

② $5(\sqrt{3}-1)$ (←)

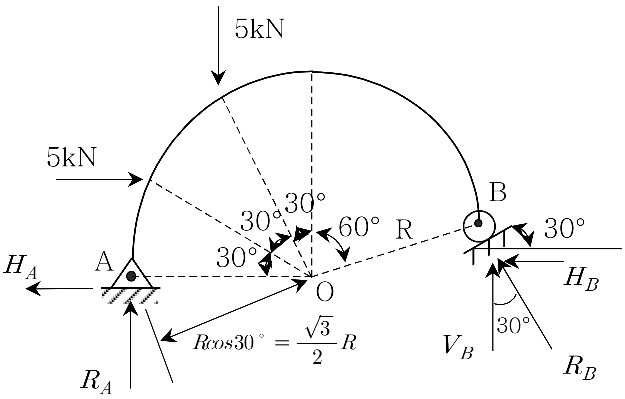
③ $2(\sqrt{3}+1)$ (←)

④ $5(\sqrt{3}+1)$ (←)

정답 ②

해설

힘의 평형조건식을 적용한다.



$H_A = 5 - H_B = 5 - R_B\sin30^\circ$ 에서 R_B는 다음과 같이 구한다.

$\sum M_A = 0,\quad 5 \times R(\sin30^\circ) + 5 \times (R - R(\cos60^\circ)) - R_B \times (R + R(\cos30^\circ)) = 0$

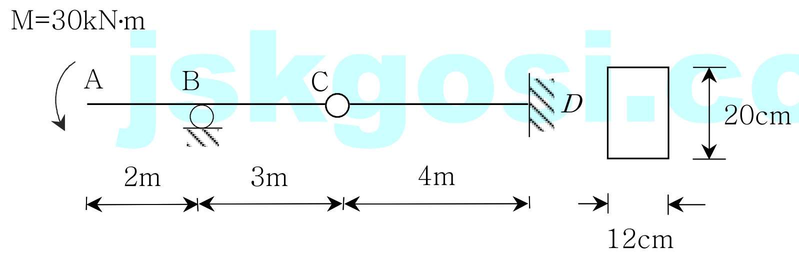
$$5 \times \frac{1}{2} + 5(1 - \frac{1}{2}) - R_B(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}) = 0$$

$$2.5 + 2.5 - R_B(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}) = 0$$

$$R_B = \frac{10}{2 + \sqrt{3}} = 10(2 - \sqrt{3})kN$$

$$H_A = 5 - R_B\sin30^\circ = 5 - 10(2 - \sqrt{3}) \times \frac{1}{2} = 5 - 5(2 - \sqrt{3}) = 5(1 - 2 + \sqrt{3}) = 5(\sqrt{3} - 1)kN(\leftarrow)$$

6. 그림과 같이 전 길이에 걸쳐 일정한 직사각형 단면(폭 12cm, 높이 20cm)을 갖는 게르버보의 자유단에 반시계 방향 모멘트하중 30kN · m가 작용할 때, 이 보에 발생하는 최대 휨인장응력[MPa]은?



① 25.0 ② 37.5 ③ 50.0 ④ 87.5

정답 ③

해설

최대 휨모멘트는 D지점에서 40kN·m이 발생한다.

$$\sigma_{\max} = \frac{6M_{\max}}{bh^2} = \frac{6\times(40\times10^6)}{120\times200^2} = 50MPa$$

7. 수평축으로부터 반시계 방향으로 0°, 45°, 90° 방향의 45° 스트레인 로제트를 이용하여 변형률 $\epsilon_{0^\circ} = \bar{\epsilon}$, $\epsilon_{45^\circ} = \bar{\epsilon}$, $\epsilon_{90^\circ} = -\bar{\epsilon}$가 각각 측정되었다. 주변형률 ϵ_1, ϵ_2와 최대 전단변형률 $\gamma_{\max}$는?

	ϵ_1	ϵ_2	$\gamma_{\max}$
①	$\bar{\epsilon}$	$-\bar{\epsilon}$	$\bar{\epsilon}$
②	$\bar{\epsilon}$	$-\bar{\epsilon}$	$2\bar{\epsilon}$
③	$\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$	$-\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$	$\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$
④	$\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$	$-\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$	$2\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$

정답 ④

해설

㉠ 45° 스트레인로제트의 수직변형률

$\epsilon_x = \epsilon_{0^\circ} = \bar{\epsilon}$

$\epsilon_y = \epsilon_{90^\circ} = -\bar{\epsilon}$

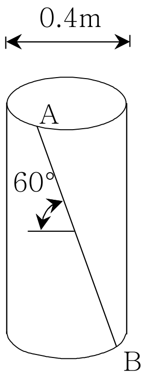
$\gamma_{xy} = 2\epsilon_{45^\circ} - (\epsilon_{0^\circ} + \epsilon_{90^\circ}) = 2\times\bar{\epsilon} - (\bar{\epsilon} + (-\bar{\epsilon})) = 2\bar{\epsilon}$

㉡ 주변형률

$$\epsilon_{1,2} = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} \pm \sqrt{(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2})^2 + (\frac{\gamma_{xy}}{2})^2} = 0 \pm \sqrt{(\frac{\bar{\epsilon} - (-\bar{\epsilon})}{2})^2 + (\frac{2\bar{\epsilon}}{2})^2} = \pm\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$$

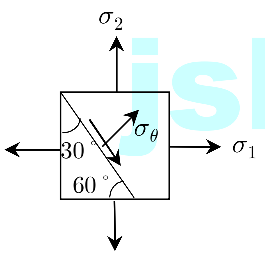
$$\gamma_{\max} = \pm 2\sqrt{(\frac{\epsilon_x - \epsilon_y}{2})^2 + (\frac{\gamma_{xy}}{2})^2} = \pm 2\sqrt{(\frac{\bar{\epsilon} - (-\bar{\epsilon})}{2})^2 + (\frac{2\bar{\epsilon}}{2})^2} = \pm 2\sqrt{2}\,\bar{\epsilon}$$

8. 내경이 0.4m이고 두께가 10mm인 원통형 압력용기가 4MPa의 압력을 받고 있다. 이 압력용기의 원주방향과 60°를 이루는 AB선상에 작용하는 수직응력[MPa]은?



① 50
② $(60-10\sqrt{3})$
③ 70
④ $(60+10\sqrt{3})$

정답 ③
해설
㉠ 원통형관의 작용응력요소도



원환응력, $\sigma_1 = \frac{pr}{t} = \frac{pd}{2t} = \frac{4\times(0.4\times10^3)}{2\times10} = 80MPa$

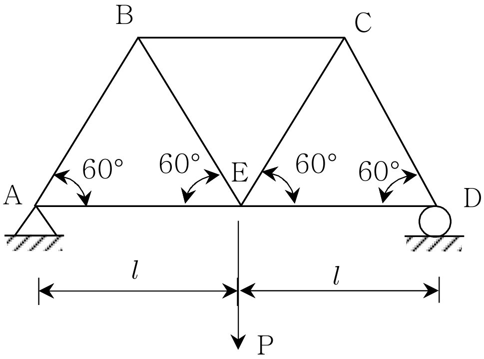
원주방향응력, $\sigma_2 = \frac{pr}{2t} = \frac{pd}{4t} = \frac{4\times(0.4\times10^3)}{4\times10} = 40MPa$ 또는 $\sigma_2 = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{80}{2} = 40MPa$

㉡ $\theta = 30^\circ$ 경사면상의 수직응력
수평각이 60° 경사면상은 연직각 30° 경사면상과 같으므로 수직응력은 다음과 같다.

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_x+\sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x-\sigma_y}{2}cos2\theta = \frac{80+40}{2} + \frac{80-40}{2}\times\cos(2\times30^\circ) = 60+10 = 70MPa$$

여기서 $\sigma_x = \sigma_1$, $\sigma_y = \sigma_2$가 된다.

9. 그림과 같이 부재길이가 l인 트러스에서 하중 P가 절점 E에 작용할 때, 절점 E의 처짐은? (단, 축강성 EA는 일정하다)

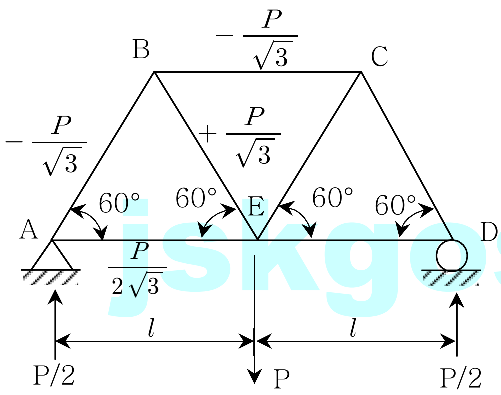


① $\frac{4Pl}{3EA}$ ② $\frac{3Pl}{2EA}$ ③ $\frac{5Pl}{3EA}$ ④ $\frac{11Pl}{6EA}$

정답 ④

해설

㉠ 부재력 계산



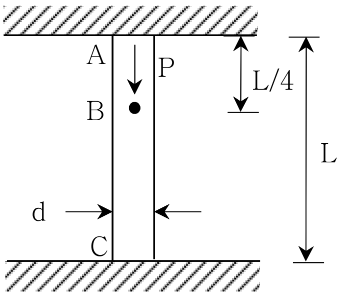
구조대칭 하중대칭성을 이용한다.

㉡ E점의 처짐계산

단위하중법을 적용한다.

$$\delta_E = \Sigma\frac{nNl}{EA} = \frac{l}{EA}[(-\frac{1}{\sqrt{3}})(-\frac{P}{\sqrt{3}})\times 5 + (\frac{1}{2\sqrt{3}})(\frac{P}{2\sqrt{3}})\times 2] = \frac{l}{EA}[\frac{5P}{3} + \frac{P}{6}] = \frac{11Pl}{6EA}$$

10. 그림과 같은 원형 중실 강봉에 집중하중 P=3.14kN이 L/4지점인 점 B에 작용하고 봉 AC의 온도가 5°C 상승할 때, 강봉에 발생하는 최대 압축응력 [MPa]은? (단, 길이 L = 10m, 직경 d = 10mm, 탄성계수 E = 200GPa, 열팽창 계수 α_t = 0.000012/°C 이다)



① 12 ② 22 ③ 42 ④ 52

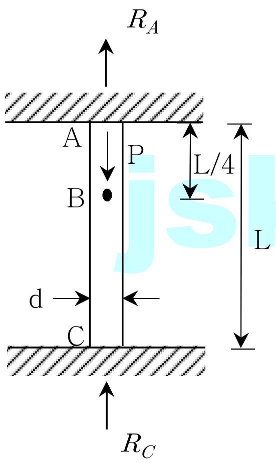
정답 ②

해설

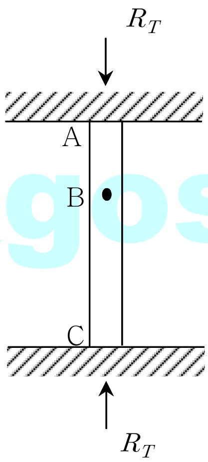
㉠ 반력계산

하중 P에 의한 반력 : $R_A = \dfrac{P\times(3L/4)}{L} = \dfrac{3P}{4}$, $R_C = P - \dfrac{3P}{4} = \dfrac{P}{4}$

온도에 의한 반력 : $R_T = \alpha \cdot \Delta T \cdot EA$



그림(a) 하중 P 작용



그림(b) 하중 P 작용

㉡ 최대압축응력

하중 P에 의해 압축력이 작용하는 구간은 BC구간이고, 온도가 상승함으로 온도에 의해서는 압축응력이 발생한다. 따라서 하중 P에 의한 BC구간의 압축응력과 온도에 의한 압축응력을 합한 값이 최대가 된다.

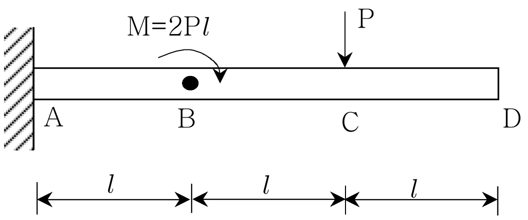
$$\sigma_{bc} = \frac{R_C}{A} = \frac{\frac{P}{4}}{A} = \frac{P}{4A} = \frac{P}{\pi d^2} = \frac{3.14\times 10^3}{\pi \times 10^2} = 10MPa(\text{압축})$$

$$\sigma_t = \alpha \cdot \Delta T \cdot E = 1.2\times 10^{-5} \times 5 \times (200\times 10^3) = 12MPa(\text{압축})$$

따라서 최대 압축응력

$$\sigma_{\max} = \sigma_{bc} + \sigma_t = 10 + 12 = 22MPa$$

11. 그림과 같은 캔틸레버보에서 점 C에 집중하중 P와 점 B에 모멘트 하중 M =2Pl이 작용하고 있다. 점 D의 처짐은? (단 휨강성 EI는 일정하다)



① $\frac{29Pl^3}{6EI}$ ② $\frac{29Pl^3}{3EI}$ ③ $\frac{70Pl^3}{6EI}$ ④ $\frac{70Pl^3}{3EI}$

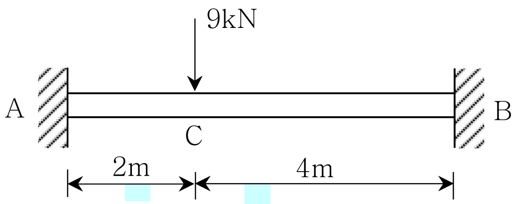
정답 ②

해설

공액보법에 의하되 중첩의 원리를 적용한다.

$$\begin{aligned}\delta_d &= \delta_{dm} + \delta_{dp} \\ &= \left(\frac{M}{EI}\times l\right)\times\left(2l+\frac{l}{2}\right)+\left(\frac{1}{2}\times 2l\times\frac{2Pl}{EI}\right)\times\left(l+2l\times\frac{2}{3}\right) \\ &= \frac{5Ml^2}{2EI}+\frac{14Pl^3}{3EI}=\frac{5(2Pl)l^2}{2EI}+\frac{14Pl^3}{3EI} \\ &= \frac{29Pl^3}{3EI}\end{aligned}$$

12. 그림과 같은 양단 고정보에서 C점의 휨모멘트 [kN · m]는?



① 4 ② $\frac{16}{3}$ ③ $\frac{20}{3}$ ④ 8

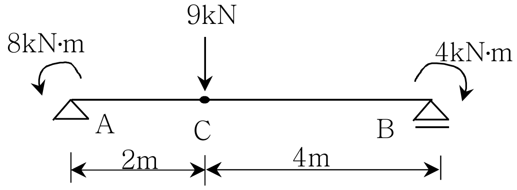
정답 ②

해설

각 단의 지점의 휨모멘트를 구하여 중첩의 원리를 적용한다.

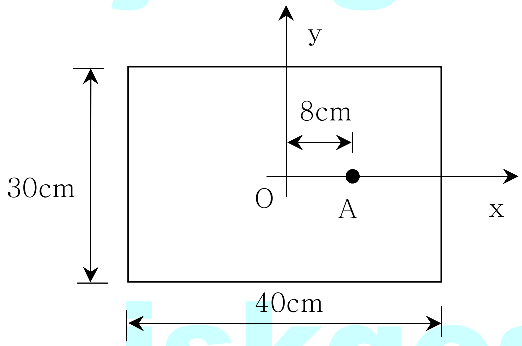
$$M_A = -\frac{Pab^2}{l^2} = -\frac{9\times 2\times 4^2}{6^2} = -8kN \bullet m$$

$$M_B = -\frac{Pa^2b}{l^2} = -\frac{9\times 2^2\times 4}{6^2} = -4kN \bullet m$$



$$M_C = \frac{9\times2\times4}{6} - 8\times\frac{4}{6} - 4\times\frac{2}{6} = 12 - \frac{16}{3} - \frac{4}{3} = \frac{16}{3} kN \cdot m$$

13. 그림과 같은 단면을 갖는 단주에 원점 O에서 x방향으로 8cm 떨어진 점 A에 부재축 방향으로 24kN의 하중이 작용하고 있다. 이 단면의 중립축 위치 [cm]는?



① y축에서 왼쪽으로 $\frac{75}{8}$

② y축에서 왼쪽으로 $\frac{44}{3}$

③ y축에서 왼쪽으로 16

④ y축에서 왼쪽으로 $\frac{50}{3}$

정답 ④

해설

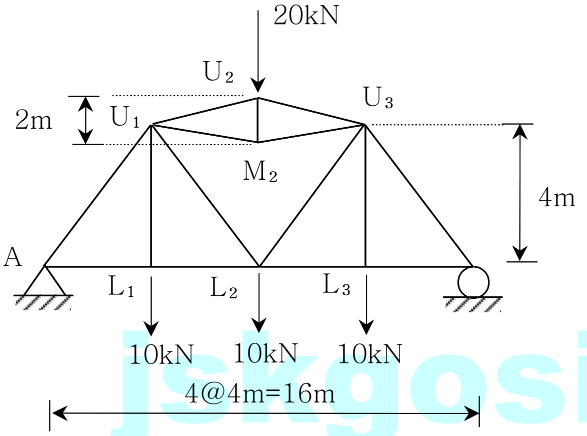
중립축이란 휨변형률이 영인 축으로 휨응력이 영인 축이다. 축하중이 x축으로 1축 편심된 상태에 있으므로

$$\sigma = -\frac{P}{A} + \frac{M}{I_y}x = -\frac{P}{A} + \frac{P \cdot e_x}{I_y}x = 0$$

$$x = \frac{I_y}{A \cdot e_x} = \frac{r_y^2}{e_x} = \frac{(\frac{b}{2\sqrt{3}})^2}{e_x} = \frac{(\frac{40}{2\sqrt{3}})^2}{8} = \frac{\frac{400}{3}}{8} = \frac{50}{3}$$

y축에서 왼쪽으로 $\frac{50}{3}cm$ 떨어진 점이 중립축이 된다.

14. 다음 트러스에서 부재 U_1U_2의 부재력 [kN]은?



① $-\dfrac{31\sqrt{17}}{4}$ (압축)

② $-8\sqrt{17}$ (압축)

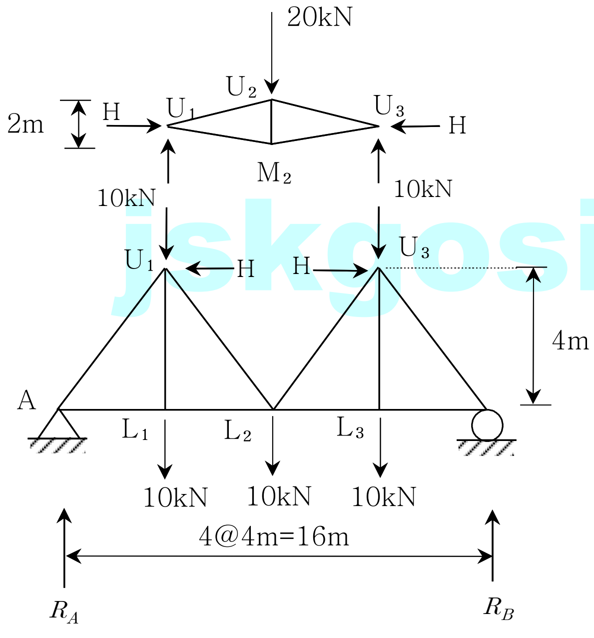
③ $-\dfrac{33\sqrt{17}}{4}$ (압축)

④ $-\dfrac{70\sqrt{17}}{8}$ (압축)

정답 ④

해설

㉠ 자유물체도



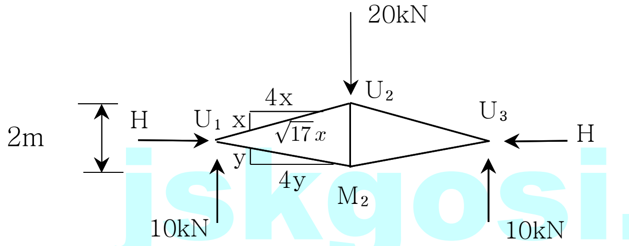
구조대칭이고 하중대칭이므로 지점반력 $R_A = R_B = 25kN$가 되고, U_1과 U_3에서 수직반력은

10kN이 되고, 수평력을 H라고 두면

$\sum M_{L2} = 0, \quad 25 \times 8 - 20 \times 4 - H \times 4 = 0$

$\therefore \quad H = 30kN$

㉡ 부재력 계산



U_1점에서 힘의 평형조건식을 세우면 다음과 같다.

$4x + 4y = 30$

$x - y = 10$

위의 두 식을 연립해서 풀면 다음과 같다.

$8x = 70$

$x = \dfrac{70}{8}$

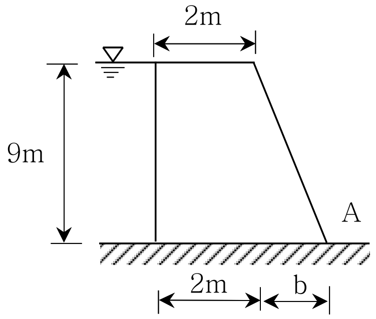
따라서 U_1U_2의 부재력은 $U_1U_2 = \sqrt{17}x = \sqrt{17} \times \dfrac{70}{8} = \dfrac{70\sqrt{17}}{8}kN$(압축)

참고로

$y = x - 10 = \dfrac{70}{8} - 10 = -\dfrac{10}{8}$이므로

$U_1M_2 = \sqrt{17}y = \sqrt{17} \times (-\dfrac{10}{8}) = -\dfrac{10\sqrt{17}}{8}kN$(인장)

15. 그림과 같이 중력식 콘크리트 댐이 수압을 받고 있다. 이 댐이 A점에서 수압에 의한 전도모멘트에 대하여 안전율 2.0을 유지하기 위한 b[m]는? (단, 콘크리트 비중은 물 비중의 3배로 가정한다)

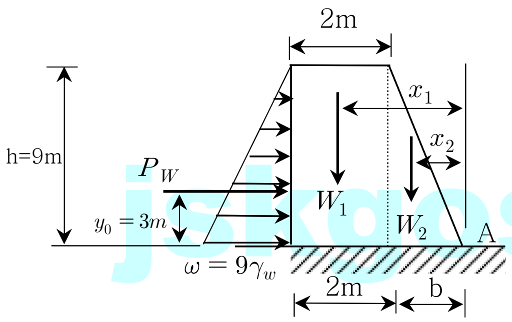


① $\sqrt{30}-1$ ② $\sqrt{30}-2$ ③ $\sqrt{30}-3$ ④ $\sqrt{30}-4$

정답 ③

해설

댐에 작용하는 하는 하중도는 다음과 같다. 전도에 대한 안전율이 2이므로



$$FS=\frac{저항M}{전도M}=\frac{W_1 \cdot x_1+W_2 \cdot x_2}{\frac{\omega h^2}{6}}\geq 2$$

$$W_1 \cdot x_1+W_2 \cdot x_2 \geq \frac{\omega h^2}{3}$$

$$(2\times 9\times 3\gamma_w)\times(b+1)+(\frac{1}{2}\times b\times 9\times 3\gamma_w)\times\frac{2b}{3}\geq\frac{9\gamma_w\times 9^2}{3}$$

$$54(b+1)+9b^2\geq 243$$

$$9b^2+54b-189\geq 0$$

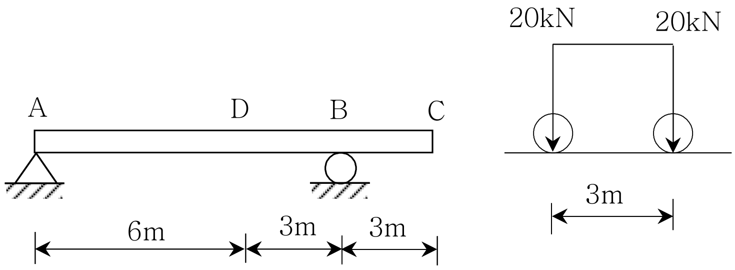
$$b^2+6b-21\geq 0$$

$$\therefore\ b=\frac{-6\pm\sqrt{6^2-4\times 1\times 21}}{2\times 1}=-3\pm\sqrt{30}$$

$$\therefore\ b=-3+\sqrt{30}$$

근의 공식 : $b=\frac{-3\pm\sqrt{3^2-1\times(-21)}}{1}=-3\pm\sqrt{30}$

16. 그림과 같은 내민보에 등분포 사하중 w_d = 20kN/m, 등분포 활하중 w_l = 10kN/m와 간격이 3m이고 크기가 각각 20kN인 2개의 집중하중으로 이루어진 연행하중이 작용하고 있다. 점 D에서의 최대 정모멘트[kN · m]는?

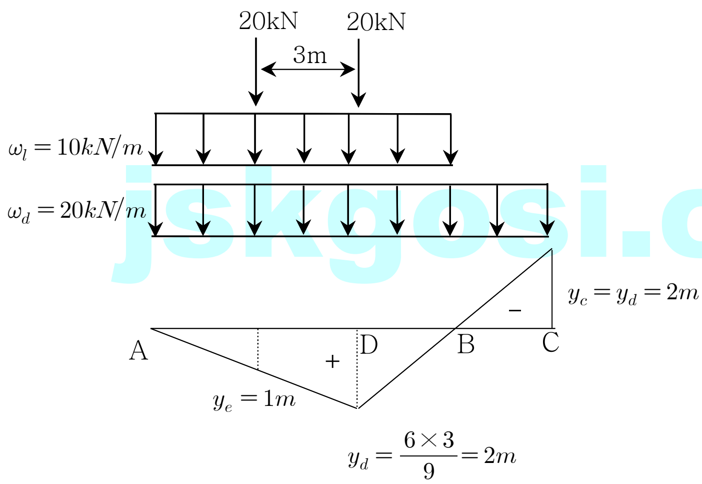


① 270 ② 290 ③ 310 ④ 330

정답 ①

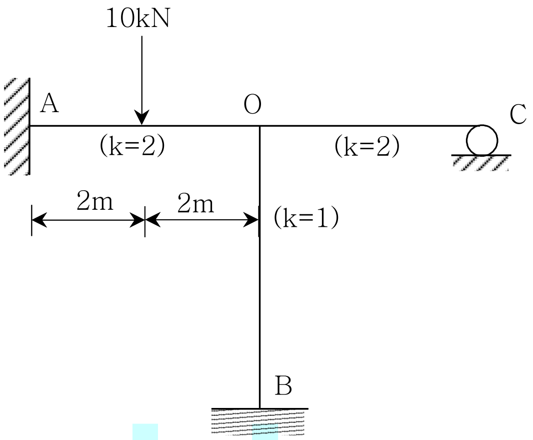
해설

D점의 휨모멘트의 영향선도를 작도하고, 여기에 D점에서 (+)최대휨모멘트가 발생하기 위해서는 등분포사하중은 어차피 전지간에 걸쳐 분포하며, 등분포활하중은 AB지간 내에만 작용하여야 최대가 되며 집중활하중도 각각 아래의 그림처럼 작용할 때 D점에서 최대 휨모멘트가 발생하게 된다.



$$M_{D,\max} = (\frac{1}{2}\times9\times2\times20 - \frac{1}{2}\times3\times2\times20) + (\frac{1}{2}\times9\times2\times10) + (20\times2 + 20\times1) = 270kN\cdot m$$

17. 다음 구조물에서 지점 B의 재단모멘트 M_{BO}[kN · m]는? (단, 강성비 k = $\frac{EI}{L}$이다)



① $-\frac{5}{9}$ ② $-\frac{10}{9}$ ③ $-\frac{5}{4}$ ④ $-\frac{5}{2}$

정답 ①

해설

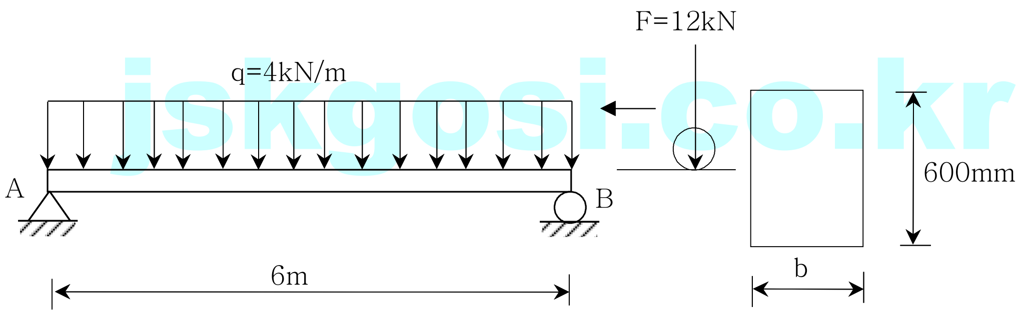
㉠ OB부재의 O단의 분배율

$$\mu_{ob} = \frac{1}{2+1+2\times\frac{3}{4}} = \frac{4}{18} = \frac{2}{9}$$

㉡ 재단모멘트

$$M_{BO} = -\left(\frac{10\times4}{8}\right)\times\frac{2}{9}\times\frac{1}{2} = -\frac{5}{9}kN\cdot m$$

18. 그림과 같이 등분포 하중 q = 4kN/m 받는 지간 6m의 직사각형 단면 목재보에 F = 12kN의 이동 집중하중이 작용할 경우, 설계 최적 단면 폭 b[mm]는? (단, 단면의 높이 h = 600mm이고 허용 휨응력 σ_a = 10N/mm^2 , 허용 전단응력 τ_a = 1N/mm^{2}이다)



① 48 ② 54 ③ 60 ④ 66

정답 ③

해설

㉠ 허용휨응력에 의한 단면폭

최대휨모멘트는 이동하중이 지간중앙에 올 때 지간중앙에서 발생한다.

$$M_{\max} = \frac{4\times 6^2}{8} + \frac{12\times 6}{4} = 36kN \cdot m$$

$$\sigma_a = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{6M_{\max}}{bh^2}$$

$$b = \frac{6M_{\max}}{\sigma_a h^2} = \frac{6\times(36\times 10^6)}{10\times 600^2} = 60mm$$

㉡ 허용전단응력에 의한 단면폭

최대전단력은 이동하중이 지점근처에 올 때 지점에서 발생한다.

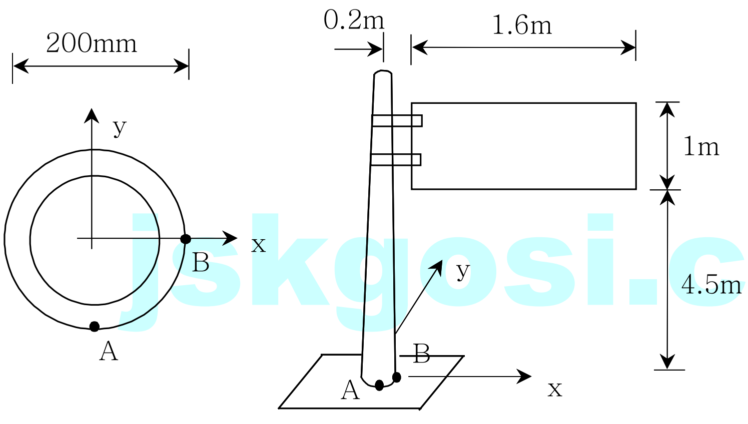
$$S_{\max} = \frac{4\times 6}{2} + 12 = 24kN$$

$$\tau_a = \frac{3S_{\max}}{2bh}$$

$$b = \frac{3S_{\max}}{2\tau_a h} = \frac{3\times(24\times 10^3)}{2\times 1\times 600} = 60mm$$

모두 60mm일 때 만족시키고 있다.

19. 그림과 같이 크기가 $1.6m\times 1.0m$인 표지판을 속이 빈 원형기둥이 지지하고 있다. 표지판이 y방향으로 $2kPa$의 풍압을 받을 때, 기둥 밑부분 A점의 전단응력 [MPa]은? (단, 기둥의 단면 2차 모멘트 $I_X = 40\times 10^{-6}m^4$이고, 단면적 $A = 0.01m^2$이다)



① 4 ② 8 ③ 40 ④ 80

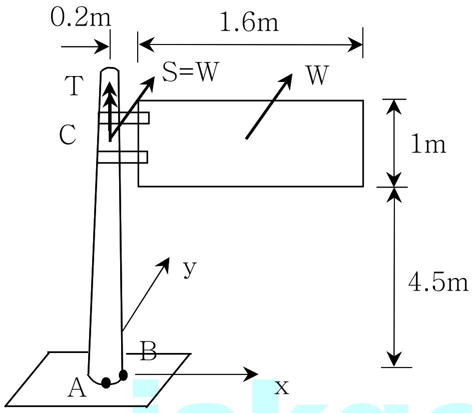
정답 ①

해설

이것은 접선응력이 얼마인지를 묻는 문제이다.

A점에는 전단력과 비틀림모멘트가 작용하고 있다.

㉠ A점의 전단력과 비틀림모멘트



표지판에 작용하는 풍력 W

$W = p_w A = (2\times 10^{-3})\times(1{,}600\times 1{,}000) = 3{,}200N = 3.2kN$

풍력 3.2kN이 기둥에 전단력으로 작용한다.

그리고 이에 의한 비틀림모멘트 T

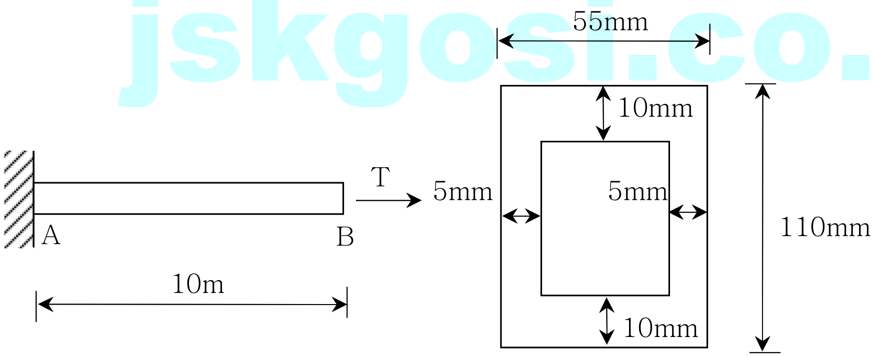
$T = Wx = 3.2\times(0.8+0.2) = 3.2kN \cdot m$

ⓛ 전단응력

A점에서는 전단력에 의한 전단응력은 영이고, 비틀림모멘트에 의한 비틀림응력이 존재한다.

중공원형단면의 비틀림응력 $\tau = \frac{T}{J}r = \frac{T}{2I_X}r = \frac{3.2\times 10^6}{2\times 40\times 10^{-6}\times 10^{12}}\times 100 = 4MPa$

20. 그림과 같은 단면을 갖는 길이 10m인 두께가 얇은 각형 관이 있다. 끝단 B점에 비틀림 모멘트 T = 5kN·m가 작용할 때 끝단의 회전각(radian)은? (단, 전단탄성계수 G = 50GPa 이다)



① 0.04 ② 0.05 ③ 0.4 ④ 0.5

정답 ④

해설

$\phi = \dfrac{Tl}{GJ}$ 에서

$$J = \frac{4A_m^2}{\int_0^{L_m} \frac{ds}{t}} = \frac{4\times(50\times100)^2}{2(\int_0^b \frac{ds}{t_1} + \int_0^h \frac{ds}{t_1})} = \frac{1\times10^8}{2(\frac{b}{t_1}+\frac{h}{t_2})} = \frac{1\times10^8}{2(\frac{50}{10}+\frac{100}{5})} = \frac{1\times10^8}{2\times25} = 2\times10^6 mm^4$$

$$\phi = \frac{Tl}{GJ} = \frac{(5\times10^6)\times(10\times10^3)}{(50\times10^3)\times(2\times10^6)} = 0.5rad$$