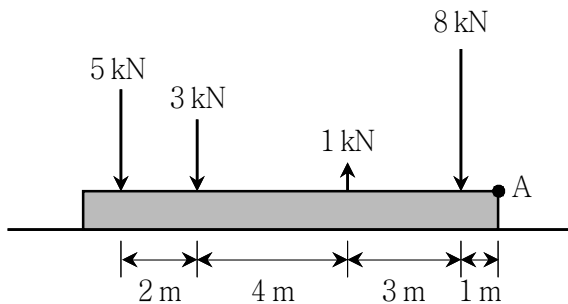


2016. 4. 9. 국가직 9급

응용역학 해설

토목직 단기간 합격 비법 전수! 응용역학 강태우

1. 그림과 같이 여러 힘이 평행하게 강체에 작용하고 있을 때, 합력의 위치는?

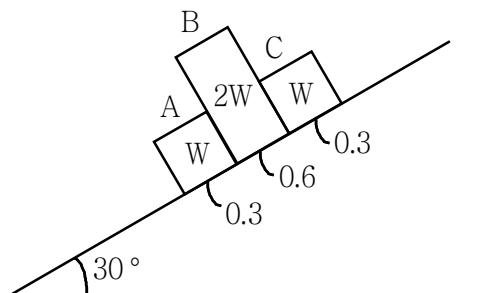


- ① A점에서 왼쪽으로 5.2 m
- ② A점에서 오른쪽으로 5.2 m
- ③ A점에서 왼쪽으로 5.8 m
- ④ A점에서 오른쪽으로 5.8 m

해설] ①

바리농의 정리에 의해, $3 \times 2 - 1 \times 6 + 8 \times 9 = 15 \times \bar{x}$ 에서, $\bar{x} = 4.8m$ (5kN 재하지점에서부터 거리)
따라서, A지점에서부터 거리는 $10 - 4.8 = 5.2m$ (왼쪽으로)

2. 그림과 같이 무게와 정지마찰계수가 다른 3개의 상자를 30° 경사면에 놓았을 때, 발생하는 현상은?
(단, 상자 A, B, C의 무게는 각각 W , $2W$, W 이며, 정지마찰계수는 각각 0.3, 0.6, 0.3이다. 또한, 경사면의 재질은 일정하다)



- ① A상자만 미끄러져 내려간다.
- ② A, B상자만 미끄러져 내려간다.
- ③ 모두 미끄러져 내려간다.
- ④ 모두 정지해 있다.

해설] ③

$$\text{빗면을 따라 내려가려는 총 힘 } P_h = W \sin 30^\circ + 2W \sin 30^\circ + W \sin 30^\circ = 2W$$

$$\text{빗면에 수직인 총 힘 } P_v = W \cos 30^\circ + 2W \cos 30^\circ + W \cos 30^\circ = 2\sqrt{3}W$$

$$\text{C부재의 마찰력 } F_c = 0.3 \times W \cos 30^\circ = 0.3 \times W \times \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0.26W < P_c = 0.5W$$

⇒ C부재 자체는 미끄러지고, B부재에 $P_c - F_c = 0.5W - 0.26W = 0.24W$ 를 B부재에 전달

$$\text{B부재의 마찰력 } F_B = 0.6 \times 2W \cos 30^\circ = 0.6 \times \sqrt{3}W \approx 1.0W < P_B + 0.24W = 1.24W$$

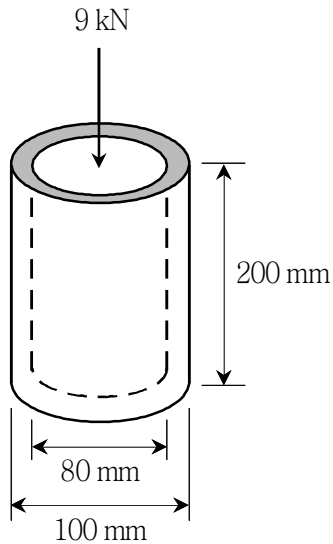
⇒ B부재 자체는 미끄러지고, A부재에 $P_B + 0.24W - F_B = 0.24W$ 를 A부재에 전달

$$\text{A부재의 마찰력 } F_A = 0.3 \times W \cos 30^\circ = 0.3 \times W \times \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0.26W < P_A = 0.5W$$

⇒ A부재 자체는 미끄러진다.

따라서, 모든 부재가 미끄러진다.

3. 그림과 같이 길이 200 mm, 바깥지름 100 mm, 안지름 80 mm, 탄성계수가 200 GPa인 원형 파이프에 축하중 9 kN이 작용할 때, 축하중에 의한 원형 파이프의 수축량[mm]은? (단, 축하중은 단면 도심에 작용한다)



① $\frac{1}{50\pi}$

② $\frac{1}{100\pi}$

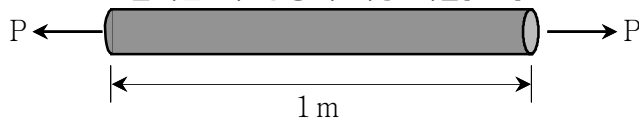
③ $\frac{9}{1600\pi}$

④ $\frac{9}{2500\pi}$

해설] ② $\frac{1}{100\pi}$

$$\text{축력에 의한 변형량 } \delta = \frac{PL}{EA} = \frac{9 \times 10^3 \times 200}{2 \times 10^5 \times \pi \times (50^2 - 40^2)} = \frac{1}{100\pi}$$

4. 그림과 같은 길이가 1 m, 지름이 30 mm, 포아송비가 0.3인 강봉에 인장력 P가 작용하고 있다. 강봉이 축 방향으로 3 mm 늘어날 때, 강봉의 최종 지름[mm]은?



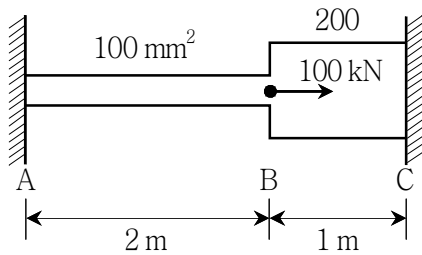
- ① 29.730 ② 29.973
③ 30.027 ④ 30.270

해설] ② 29.973

$$\nu = \frac{\epsilon_d}{\epsilon_l} = \frac{\delta_d/d}{\delta_l/L} = \frac{\delta_d/30}{3/1000} = 0.3 \text{ 이므로, } \delta_d = 0.027 \text{ mm 이므로, 최종 직경은 } d - \delta_d = 30 - 0.027 = 29.973 \text{ mm}$$

(길이방향으로 늘어났으므로, 폭방향으로 줄어든다.)

5. 그림과 같이 양단 고정봉에 100 kN의 하중이 작용하고 있다. AB 구간의 단면적은 100 mm², BC 구간의 단면적은 200 mm²으로 각각 일정할 때, A지점에 작용하는 수평반력[kN]의 크기는? (단, 탄성계수는 200 GPa로 일정하고, 자중은 무시한다)



- ① 20 ② 30
③ 40 ④ 50

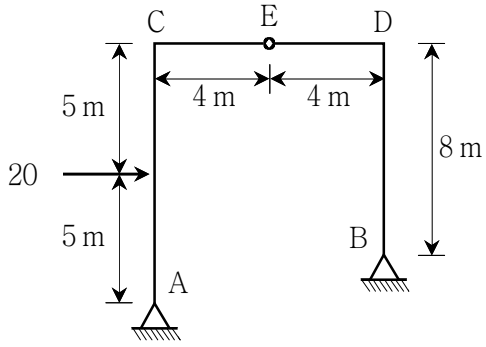
해설] ① 20

AB부재가 늘어나는 양과 BC부재가 줄어드는 양은 동일하므로, 100 kN을 AB부재와 BC부재가 분담 받는다.

$$k_{AB} : k_{BC} = \frac{EA}{2} : \frac{E(2A)}{1} = 1 : 4$$

$$\text{따라서, } P_{AB} = \frac{k_{AB}}{\Sigma k} \times 100 = \frac{1}{5} \times 1000 = 20 \text{ kN}$$

6. 그림과 같은 3힌지 라멘구조에서 A지점의 수평반력[kN]의 크기는? (단, 자중은 무시한다)



- ① 2.50 ② 6.67
③ 10.00 ④ 14.44

해설] ④ 14.44

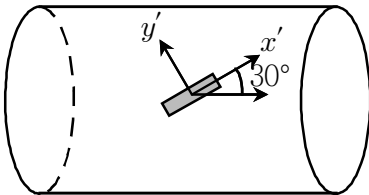
$$1) \sum M_B = V_A \times 8 - H_A \times 2 + 20 \times 3 = 0$$

$$2) \sum M_E = V_A \times 4 - H_A \times 10 - 20 \times 5 = 0$$

V_A 를 소거하기 위해, 2)식에 2를 곱해서 1)식 - 2)식을 하면,

$$H_A(-2 + 20) + 60 + 100 \times 2 = 0 \text{ 에서, } H_A = 14.44(\leftarrow)$$

7. 그림과 같이 x' 과 y' 축에 대하여 게이지로 응력을 측정하여 $\sigma_{x'} = 55 \text{ MPa}$, $\sigma_{y'} = 45 \text{ MPa}$, $\tau_{x'y'} = -12 \text{ MPa}$ 의 응력을 얻었을 때, 주응력[MPa]은?



	$\sigma_{\max}$	$\sigma_{\min}$
①	24	12
②	37	32
③	50	13
④	63	37

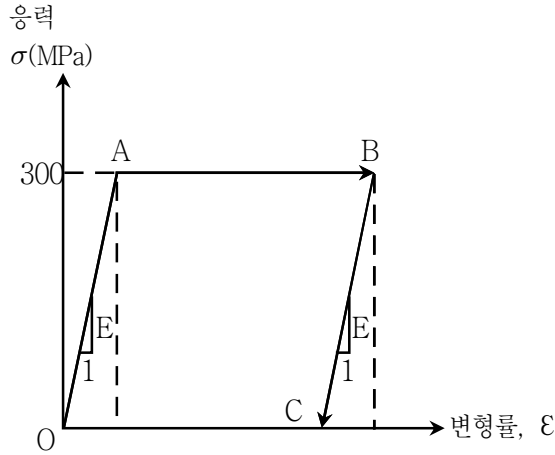
해설] ④

$$\text{응력원 중심 } \frac{55 + 45}{2} = 50 \text{ MPa}$$

$$\frac{55 - 45}{2} = 5 \text{ MPa} \text{ 이고 } \tau_{xy} = 12 \text{ MPa} \text{ 이므로, 직각 삼각형 닮은비에 의해 } \tau_{\max} = 13 \text{ MPa}$$

$$\text{따라서, } \sigma_{\max} = 50 + 13 = 63 \text{ MPa}$$

8. 그림과 같은 응력 - 변형률 관계를 갖는 길이 1.5 m의 강봉에 인장력이 작용되어 응력상태가 점 O에서 A를 지나 B에 도달하였으며, 봉의 길이는 15 mm 증가하였다. 이때, 인장력을 완전히 제거하여 응력상태가 C점에 도달할 경우 봉의 영구 신장량[mm]은? (단, 봉의 응력 - 변형률 관계는 완전탄소성 거동이며, 항복강도는 300 MPa이고 탄성계수는 $E = 200 \text{ GPa}$ 이다)



- ① 1.25 ② 2.25
③ 12.75 ④ 13.75

해설] ③ 12.75

$$\text{A점에서의 변형률} = \text{항복변형률 } \epsilon_y = \frac{\sigma_y}{E} = \frac{300}{2 \times 10^5} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ 복원변형률}$$

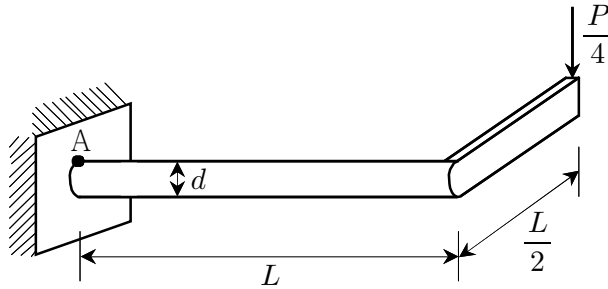
$$\text{최대변형률 } \epsilon_u = \frac{\delta_u}{L} = \frac{15}{1500} = 10 \times 10^{-3}$$

$$\text{잔류변형률 } \epsilon_r = \epsilon_u - \epsilon_y = 10 - 1.5 = 8.5 \times 10^{-3}$$

$$\text{따라서, 영구 잔류변형량 } \delta_r = \epsilon_r \times L = 8.5 \times 10^{-3} \times 1500 = 12.75 \text{ mm}$$

9. 그림과 같이 길이 L 인 원형 막대의 끝단에 길이 $\frac{L}{2}$ 의 직사각형 막대가 직각으로 연결되어 있다.

직사각형 막대의 끝에 $\frac{P}{4}$ 의 하중이 작용할 때, 고정지점의 최상단 A점에서의 전단응력은? (단, 원형 막대의 직경은 d 이고, 자중은 무시한다)



① $\frac{4P}{3\pi d^2}$

② $\frac{2PL}{\pi d^3}$

③ $\frac{4PL}{\pi d^3}$

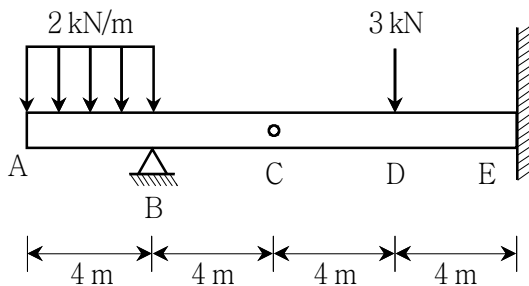
④ $\frac{8PL}{\pi d^3}$

해설] ② $\frac{2PL}{\pi d^3}$

A점은 최상단이므로, 전단력에 의한 τ 는 없고 비틀림에 의한 τ 만 존재한다.

$$\tau = \frac{Tr}{I_p} = \frac{(P/4 \times L/2) \times (d/2)}{\pi d^4/32} = \frac{2PL}{\pi d^3}$$

10. 그림과 같은 게르버보에서 고정지점 E점의 휨모멘트[kN·m]의 크기는? (단, C점은 내부힌지이며, 자중은 무시한다)



① 8

② 12

③ 20

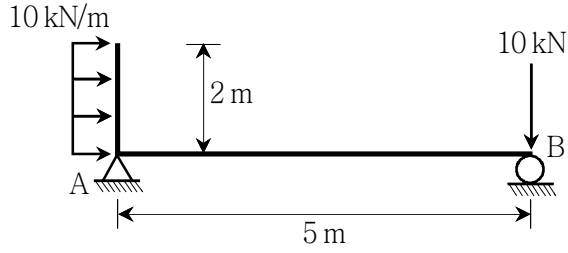
④ 44

해설] ③ 20

1) ABC구간에서, $R_c = 2 \times 4/2 = 4\text{ kN}$ (↓)이고, 이는 CDE구간에 반대방향으로 전달된다.

2) CDE구간에서, $M_E = 4 \times 8 - 3 \times 4 = 20\text{ kN}\cdot\text{m}$

11. 그림과 같은 구조물에서 A지점의 수직반력[kN]은? (단, 자중은 무시한다)



- ① 4(↑) ② 4(↓)
③ 5(↑) ④ 5(↓)

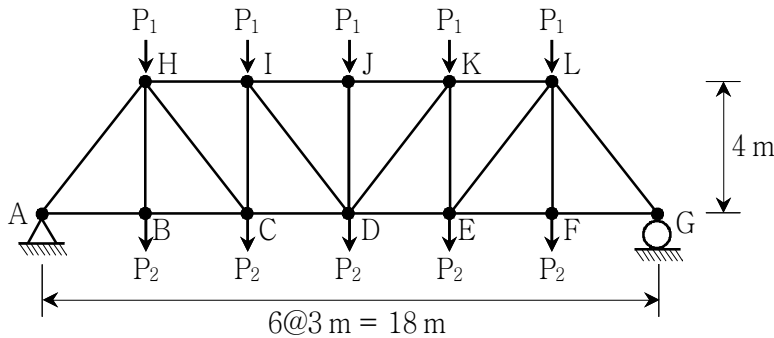
해설] ② 4(↓)

수평분포하중을 A점으로 이동시키면, 수평하중 20kN과 시계방향모멘트 20kN.m로 치환된다.

B점에 재하되는 집중하중은 지점에 재하되므로, A점의 반력에 영향을 미치지 않는다.

따라서, $R_A = -\frac{20}{5} = -4kN(\downarrow)$

12. 그림과 같은 트러스에서 사재 AH의 부재력[kN]은? (단, $P_1 = 10kN$, $P_2 = 30kN$ 이며, 자중은 무시한다)



- ① 75(인장) ② 75(압축)
③ 125(인장) ④ 125(압축)

해설] ④ 125(압축)

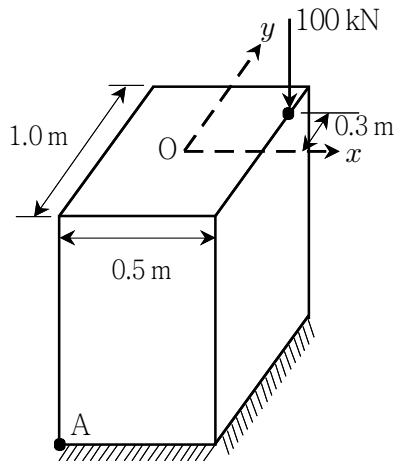
AH부재는 지점부근의 부재이므로, 절점법에 의해서 계산한다.

$$R_A = \frac{50}{2} + \frac{150}{2} = 100kN \text{이고,}$$

닮은 삼각형 비에 따라, $3:4:5 = F_{AB}:R_A:F_{AH} = F_{AB}:100:F_{AH}$ 에서, $F_{AH} = 100 \times \frac{5}{4} = 125kN(\text{압축})$

● AHJLKG 선상의 모든 부재는 압축을 받는다.

13. 그림과 같은 단주에서 지점 A에 발생하는 응력[kN/m²]의 크기는? (단, O점은 단면의 도심이고, 자중은 무시한다)

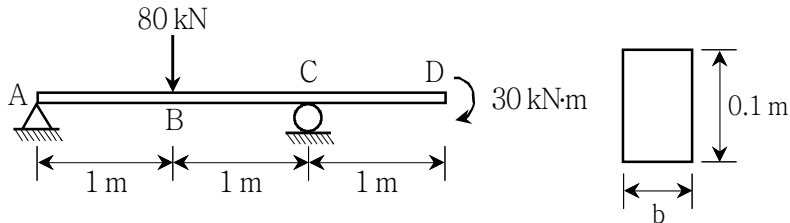


- ① 640 ② 680
③ 760 ④ 800

해설] ③ 760

$$\sigma_A = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{e_x}{e_{x, \max}} - \frac{e_y}{e_{y, \max}} \right) = \frac{100}{1 \times 0.5} \left(1 - \frac{0.25}{0.5/6} - \frac{0.3}{1.0/6} \right) = -760 \text{ (인장)} \text{ kN/m}^2$$

14. 그림과 같이 내민보가 하중을 받고 있다. 내민보의 단면은 폭이 b이고 높이가 0.1 m인 직사각형이다. 내민보의 인장 및 압축에 대한 허용휨응력이 600 MPa일 때, 폭 b의 최솟값[m]은? (단, 자중은 무시한다)



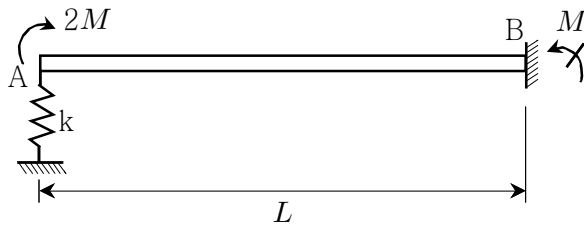
- ① 0.03 ② 0.04
③ 0.05 ④ 0.06

해설] ① 0.03

$$M_B = \frac{80 \times 2}{4} - \frac{30}{2} = 25 \text{ kN}\cdot\text{m}, M_C = 30 \text{ kN}\cdot\text{m} \text{ 이므로, } M_{\max} = M_c = 30 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{30}{b \times 0.1^2 / 6} = 600 \text{ MPa 이므로, } b = 0.03 \text{ m}$$

15. 그림과 같은 보 - 스프링 구조에서 A점에 휨모멘트 $2M$ 이 작용할 때, 수직변위가 상향으로 $\frac{L}{100}$, 지점 B의 모멘트 반력 M 이 발생하였다. 이때, 스프링 상수 k 는? (단, 휨강성 EI 는 일정하고, 자중은 무시한다)



- ① $\frac{50M}{L^2}$ ② $\frac{100M}{L^2}$
 ③ $\frac{150M}{L^2}$ ④ $\frac{200M}{L^2}$

해설] ② $\frac{100M}{L^2}$

A점을 힌지로 두고 A점의 반력을 구하면, $R_A = \frac{M}{L}(\downarrow)$

이 힘을 스프링과 AB보의 처짐이 동일하므로, 강성비에 따라서 하중을 분담받는다.

그러나, 문제의 보기에서 EI가 표시되지 않으므로, AB보의 강성을 사용할 수 없다.

따라서, 주어진 조건에 따라 방정식을 수립한다.

1) AB보가 분담받은 하중 P_{AB} 에 의한 B점의 모멘트 $M_{B1} = P_{AB} \times L$ (+시계방향 반력모멘트)

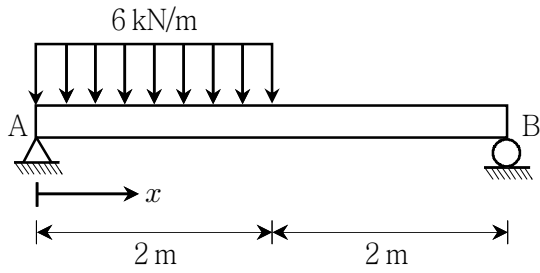
2) A점을 힌지로 두고 A점의 모멘트 하중에 의한 B점의 모멘트 $M_{B2} = \frac{2M}{2} = M$ (+)

$$M_B = M_{B1} + M_{B2} = P_{AB} \times L + M = 0 \text{ 에서, } P_{AB} = \frac{-2M}{L}$$

또한, 스프링이 분배받는 힘 $P_s = R_A - P_{AB} = -\frac{M}{L} + \frac{2M}{L} = \frac{M}{L} = k \times \delta = k \times \frac{L}{100}$ 로,

$$k = \frac{100M}{L^2}$$

16. 그림과 같은 단순보에서 최대 휨모멘트가 발생하는 곳의 위치 x [m]는? (단, 자중은 무시한다)



- ① 1.0 ② 1.25
③ 1.5 ④ 1.75

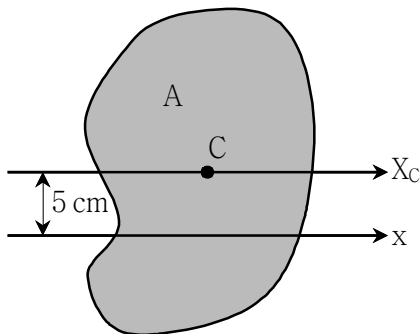
해설] ③ 1.5

최대휨모멘트 발생위치 $\Rightarrow$ 전단력 = 0인 위치

$$R_A = 6 \times 2 \times \frac{3}{4} = 9 \text{ kN}$$

$$R_A = \omega x = 6x = 9 \text{ 에서, } x = 1.5 \text{ m}$$

17. 그림과 같은 단면의 도심 C점을 지나는 X_c 축에 대한 단면2차모멘트가 $5,000 \text{ cm}^4$ 이고, 단면적이 $A = 100 \text{ cm}^2$ 이다. 이때, 도심축에서 5 cm 떨어진 x 축에 대한 단면2차모멘트 [cm^4]는?

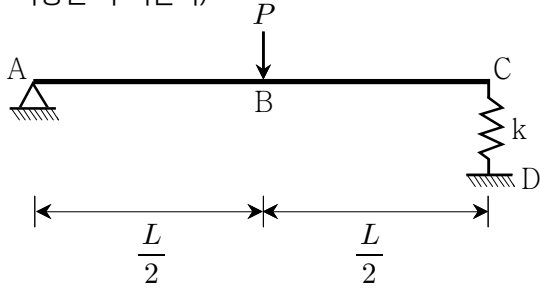


- ① 2,500 ② 5,000
③ 5,500 ④ 7,500

해설] ④ 7,500

$$I_x = I_{xc} + A \times \overline{y}^2 = 5000 + 100 \times 5^2 = 7500 \text{ cm}^4$$

18. 그림과 같은 보 - 스프링 구조에서 스프링 상수 $k = \frac{24EI}{L^3}$ 일 때, B점에서의 처짐은? (단, 휨강성 EI 는 일정하고, 자중은 무시한다)



- ① $\frac{PL^3}{16EI}$ ② $\frac{PL^3}{24EI}$
 ③ $\frac{PL^3}{32EI}$ ④ $\frac{PL^3}{48EI}$

해설] ③ $\frac{PL^3}{32EI}$

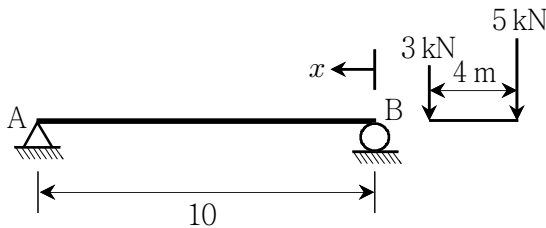
스프링이 받는 힘 $P_c = \frac{P}{2} = k \times \delta_c = \frac{24EI}{L^3} \times \delta_c$ 에서, $\delta_c = \frac{PL^3}{48EI}$

또한 스프링의 처짐에 의한 B점의 처짐 $\delta_{B1} = \frac{\delta_c}{2} = \frac{PL^3}{48EI} \times \frac{1}{2}$

C점을 힌지로 두고, B점의 처짐 $\delta_{B2} = \frac{PL^3}{48EI}$

따라서, B점의 처짐 $\delta_B = \delta_{B1} + \delta_{B2} = \frac{3}{2} \times \frac{PL^3}{48EI} = \frac{PL^3}{32EI}$

19. 그림과 같이 단순보에 집중하중균이 이동할 때, 절대최대휨모멘트가 발생하는 위치 $x[m]$ 는? (단, 자중은 무시한다)



- ① 4.25 ② 4.50
 ③ 5.25 ④ 5.75

해설] ① 4.25

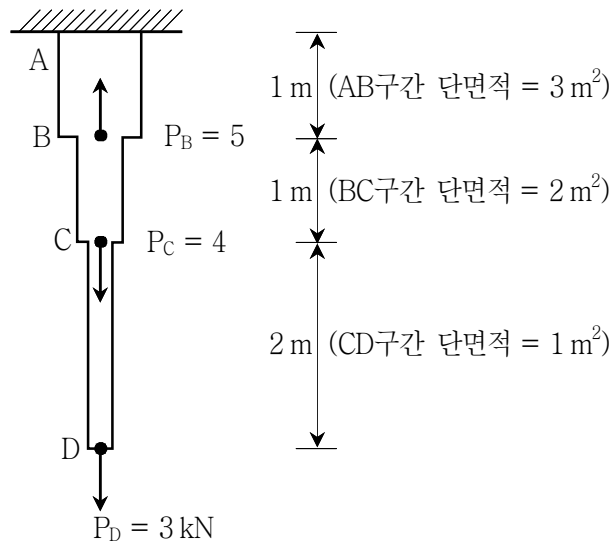
절대최대휨모멘트는 합력과 가까이에 있는 하중의 2등분선이 단순보의 중앙에 오도록 재하했을 때, 합력과 가까이에 있는 하중 재하위치에서 발생한다.

5kN 재하 점에서 합력까지의 거리 $\bar{x} = \frac{3 \times 4}{8} = 1.5m$

합력과 5kN 재하 점까지의 이격거리 $e = \frac{1.5}{2} = 0.75m$

따라서, B에서부터 거리는 $\frac{10}{2} - 0.75 = 4.25m$

20. 그림과 같이 단면적이 다른 봉이 있을 때, 점 D의 수직변위[m]는? (단, 탄성계수 $E = 20 \text{ kN/m}^2$ 이고, 자중은 무시한다)



- ① 0.475(↓) ② 0.508(↓)
 ③ 0.675(↓) ④ 0.708(↓)

해설] ② 0.508(↓)

$$\delta_D = \Sigma \frac{PL}{EA} = \frac{1}{E} \times \left(\frac{2 \times 1}{3} + \frac{7 \times 1}{2} + \frac{3 \times 2}{1} \right) = \frac{1}{20} \times \frac{12 + 21 + 36}{6} = 0.575 \quad (\text{인장이므로 하향})$$