

Section 012 응력 및 변형률

1. 응력 및 변형률의 개념

(1) 응력 : 외력에 의해 발생하는 물체내의 단위 면적당 저항력(내력)

① 수직응력(Normal Stress)

물체의 단면에 수직으로 작용하는 하중에 의해 발생하는 응력으로 법선응력이라고도 하며 인장응력과 압축응력이 있다.

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ 로 나타낸다.}$$

② 전단응력(Shearing Stress)

물체에 작용하는 전단하중에 의해 전단면의 접선방향으로 발생하는 응력으로 접선응력이라고도 한다.

$$\tau = \frac{P}{A} \text{ 로 나타낸다.}$$

(2) 변형률 : 하중에 의해 발생한 변형량을 원래의 양으로 나누어 결정하는 값.

① 세로변형률(종변형률, ϵ)

$$\epsilon = \frac{L' - L}{L} = \frac{\delta}{L} \text{ 로 나타내며 } \delta \text{ 는 세로변형량(종변형량)이다.}$$

② 가로변형률(횡변형률, ϵ')

$$\epsilon' = \frac{d' - d}{d} = \frac{\delta'}{d} \text{ 로 나타내며 } \delta' \text{ 는 가로변형량(횡변형량)이다.}$$

③ 전단변형률(γ)

$$\gamma = \frac{\delta_s}{L} = \tan \phi \approx \phi [rad] \text{ 로 나타내며 } \delta_s \text{ 는 전단변형량, } \phi \text{ 는 전단각이다.}$$

④ 프와송비(Poisson's ratio)

가로변형률과 세로변형률의 비이다.

$$\mu = \frac{1}{m} = \frac{\epsilon'}{\epsilon} \text{ 이며 } \mu \text{ 는 프와송비, } m \text{ 은 프와송 수이다.}$$

⑤ 면적변형률과 체적변형률

- $\epsilon_A = \frac{\Delta A}{A} = 2\mu\epsilon$
- 모든 방향에서 동일 하중이 작용할 때 $\epsilon_V = \frac{\Delta V}{V} = \pm 3\epsilon$
- 균일 단면봉에 인장하중이 작용할 때 $\epsilon_V = \epsilon(1 - 2\mu)$

⑥ 후크의 법칙(Hook's law)

- $\sigma = E \cdot \epsilon$ (E : 종탄성계수)
- 종변형량 $\delta = L \cdot \epsilon = L \frac{\sigma}{E} = \frac{PL}{AE}$
- 횡변형량 $\delta' = d \cdot \epsilon' = d \frac{\epsilon}{m} = \frac{d\sigma}{mE}$
- $\tau = G \cdot \gamma$ (G : 횡탄성계수)
- 횡탄성계수와 종탄성계수의 관계 $G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{mE}{2(m+1)}$
- 체적탄성계수 $\sigma_V = K \cdot \epsilon_V$, $K = \frac{E}{3(1-2\mu)} = \frac{mE}{3(m-2)}$

(3) 허용응력과 안전율

① 허용응력 : 변화가 없는 최대한의 응력. (넘어서면 파괴 및 소성작용이 일어남)

② 안전율 : $S = \frac{\sigma_u}{\sigma_a}$ (σ_u : 사용응력, σ_a : 허용응력)

③ 사용응력 $\leq$ 허용응력 $<$ 탄성한도

(4) 응력집중 : 결함이 있는 곳에 응력이 집중되어 큰 응력이 발생하는 현상

- 응력집중계수 $\alpha_k = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{mean}}}$

(5) 직렬과 병렬

- 직렬 : $\sigma_1 = \frac{P}{A_1}, \sigma_2 = \frac{P}{A_2}, \delta = \frac{PL_1}{A_1E_1} + \frac{PL_2}{A_2E_2}$

- 병렬 : $P = \sigma_1A_1 + \sigma_2A_2, \epsilon = \frac{\delta}{L} = \frac{\sigma_1}{E_1} = \frac{\sigma_2}{E_2}, \sigma_1 = \frac{PE_1}{A_1E_1 + A_2E_2}, \sigma_2 = \frac{PE_2}{A_1E_1 + A_2E_2}$

$$\delta = L \frac{\sigma_1}{E_1} = \frac{PL}{A_1E_1 + A_2E_2}$$

(6) 자중상태

- 자중만 있는 경우

$$\sigma = \int_0^L \gamma dx = \gamma L, \delta = \int_0^L \frac{\gamma x}{E} dx = \frac{\gamma L^2}{2E} \quad (\gamma : \text{비중량}, N/m^3)$$

- 자중과 하중이 모두 있으면 위의 식에 기본 공식을 더한다. ($\sigma = \frac{P}{A}, \delta = \frac{PL}{AE}$)

- 자중만 고려했을 때 원추형 봉 : 균일단면봉의 값에 1/3을 곱해준다.

(7) 열응력 : 응력은 봉의 양단이 모두 고정된 경우에만 발생한다.

$$\epsilon = \alpha \cdot \Delta t, \delta = L \cdot \alpha \cdot \Delta t, \sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

(8) 탄성에너지

$$U = \frac{1}{2}P\delta$$

① 수직하중(수직응력) 상태 : $U = \frac{1}{2}P\delta = \frac{\sigma^2}{2E} V$ [J]

- 레질리언스 계수(단위체적당 탄성에너지, 탄성에너지 계수) : $u = \frac{U}{V} = \frac{\sigma^2}{2E}$ [N/m²]

② 전단하중(전단응력) 상태 : $U = \frac{1}{2}P\delta = \frac{\tau^2}{2G} V$ [J]

- 레질리언스계수 : $u = \frac{\tau^2}{2G}$

(9) 충격응력과 변형량 : 플랜지가 부착된 봉에 추를 떨어뜨림 - 위치에너지 이용한다.

$$\sigma_0 = \frac{W}{A}, \delta_0 = \frac{WL}{AE}, h : \text{추의 낙하높이}$$

$$\textcircled{1} \text{ 충격응력 } \sigma = \sigma_0 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_0}}\right)$$

$$\textcircled{2} \text{ 충격변형량 } \delta = \delta_0 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_0}}\right)$$

③ 갑자기 놓으면 $h \approx 0$ 이 되어 $\sigma = 2\sigma_0, \delta = \delta_0$ 이 된다.

(10) 내압을 받는 얇은 원통

① 원주응력(후프응력)

$$P \cdot DL = \sigma_t \cdot 2tL, \sigma_t = \frac{PD}{2t}, \text{ 판의 두께 } t = \frac{PD}{2\sigma_a \eta} + C \quad (\eta : \text{이음효율}, C : \text{부식여유})$$

② 축응력

$$P \cdot \frac{\pi D^2}{4} = \sigma_z \cdot \pi Dt, \sigma_z = \frac{PD}{4t}$$

(11) 얇은 회전 원판에서의 후프응력

$$\textcircled{1} \text{ 원주속도 } V = R\omega = \frac{\pi DN}{60}, \omega = \frac{2\pi N}{60}$$

② 후프응력

$$F_n = ma_n = \frac{W}{g} R\omega^2 = \frac{\gamma t}{g} R\omega^2 \quad (W : \text{단위 폭당 중량 } N/m^2, F_n : \text{단위 폭당 원심력})$$

$$\sigma_t = \frac{F_n D}{2t} = \frac{\gamma}{g} R^2 \omega^2 = \frac{\gamma V^2}{g}$$

(12) 응력-변형률 선도 : 인장시험

- 비례한도, 탄성한도, 상·하항복점, 극한강도, 파괴강도 등을 알 수 있다.
- 하항복점과 극한강도를 항복점이라고 부른다.

2. 기출문제

2003 조선기사

1. 코일 스프링이 600N의 힘이 작용되어 0.03m의 변형을 일으켰다. 이 때 이 스프링에 저장된 탄성에너지는?

가. $18N \cdot m$ 나. $6N \cdot m$ 다. $9N \cdot m$ 라. $12N \cdot m$

해설 : $U = \frac{1}{2}P\delta = \frac{1}{2} \cdot 600 \cdot 0.03 = 9$

2003 조선기사

2. 입방체가 그 표면에 외부로부터 균일한 압력 P를 받고 있을 때, 체적 변화율을 표현한 식은?

가. $\frac{-3(1-\mu)P}{2E}$ 나. $\frac{-2(1-2\mu)P}{E}$ 다. $\frac{-3(1-2\mu)P}{E}$ 라. $\frac{-3(1-\mu)P}{E}$

2003 조선기사

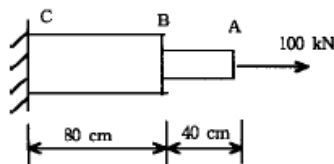
3. 지름이 d이고 길이가 L인 환봉이 있다. 이 환봉에 압축하중 P가 작용하여 지름이 d_0 로 변했다면, 환봉 재료의 포아송비는 어떻게 표현되는가?
(단, 환봉의 탄성계수는 E이다.)

가. $\frac{\pi Ed(d_0 - d)}{P}$ 나. $\frac{\pi Ed(d_0 - d)}{2P}$ 다. $\frac{\pi Ed(d_0 - d)}{4P}$ 라. $\frac{\pi Ed^2(d_0 - d)}{P}$

2003 조선기사

4. 그림과 같은 복합 막대가 각각 단면적 $A_{AB} = 100 \text{ mm}^2$, $A_{BC} = 200 \text{ mm}^2$ 을 갖는 두 부분 AB와 BC로 되어있다. 막대가 100 kN의 인장하중을 받을 때 총 신장량을 구하면?
(단, 재료의 탄성계수(E)는 200 GPa이다.)

가. 2mm
나. 4mm
다. 6mm
라. 8mm



해설 : $\delta = \frac{PL_{AB}}{A_{AB}E} + \frac{PL_{BC}}{A_{BC}E} = 0.004 \text{ m} = 4 \text{ mm}$

2003 조선기사

5. 재료시험에서 연강재료의 탄성계수 $E=210\text{GPa}$ 를 얻었을 때 포아송 비가 0.303이면 이 재료의 전단 탄성계수 G 는 몇 GPa 인가?

가. 8.05 나. 10.5 다. 35 **라. 80.5**

해설 : $G = \frac{E}{2(1+\mu)} = 80.583$

2003 조선기사

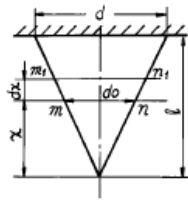
6. 그림과 같이 원추형 봉이 연직으로 매달려 있다. 길이 l , 고정단의 직경 d , 비중량이 γ 인 경우 봉의 자중에 의한 신장량은?

가. $\frac{\gamma l^2}{6E}$

나. $\frac{\gamma l^2}{5E}$

다. $\frac{\gamma l^2}{4E}$

라. $\frac{\gamma l^2}{3E}$



해설 : $\delta = \frac{1}{3} \int_0^l \frac{\gamma x}{E} dx = \frac{\gamma l^2}{6E}$

2002 조선산업기사

7. 코일스프링에 60N의 힘을 작용시켰더니 2.7cm 줄었다. 이 때 스프링에 저장된 탄성에너지는 몇 $N \cdot cm$ 인가?

가. 162 **나. 81** 다. 73 라. 92

2002 조선산업기사

8. 운동량의 단위는?

가. $\text{kgf} \cdot \text{sec}^2/\text{m}$ 나. $\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{sec}$ **다. $\text{kgf} \cdot \text{sec}$** 라. kgf

2004 조선기사

9. 길이가 60cm이고 단면이 1cm x 1cm인 알루미늄 봉에 인장하중 $P=10\text{kN}$ 이 걸리면 인장하중에 의해 늘어난 길이는?

(단, 알루미늄의 $E=20\text{GPa}$)

가. 1.5mm 나. 3mm 다. 6mm 라. 2mm

해설 : $\sigma = \frac{P}{A} = E \cdot \frac{\delta}{l}, \delta = 0.003\text{m} = 3\text{mm}$

2004 조선기사

10. 지름 30mm의 원형 단면이며, 길이 1.5m인 봉에 85kN의 축방향 하중이 작용된다. 탄성계수 $E=70\text{GPa}$, 프와송비 $\nu = 1/3$ 일 때, 체적증가량의 근사값은 몇 mm^3 인가?

가. 30 나. 60 다. 300 라. 600

해설 : $\Delta V = V \cdot \epsilon_V = Al \cdot \epsilon(1 - 2\nu) = Al \frac{P}{AE}(1 - 2\nu) = 6.07 \cdot 10^{-7}\text{m}^3 \simeq 600\text{mm}^3$

2004 조선기사

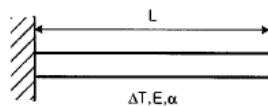
11. 다음과 같은 부재의 온도를 ΔT 만큼 증가시켰을 때, 부재 내에 발생하는 응력은?

가. 0

나. $\alpha \Delta T$

다. $E\alpha \Delta T$

라. $\frac{\Delta T L}{AE}$



해설 : 외팔보이기 때문에 응력은 발생하지 않는다.

2004 조선기사

12. 지름 6mm인 강철선 150m가 수직으로 매달려 있을 때 자중에 의한 처짐량은 몇 mm인가?

(단, $E = 200\text{GPa}$, 강철선의 비중량은 $7.7 \cdot 10^4\text{N/m}^3$)

가. 3.02 나. 3.17 다. 3.58 라. 4.33

해설 : $\delta = \int_0^l \frac{\gamma x}{E} dx = \frac{\gamma l^2}{2E} = 0.00433\text{m} = 4.33\text{mm}$

2004 조선기사

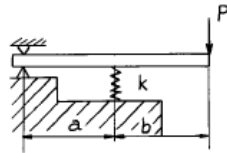
13. 다음과 같이 하중 P가 작용할 때 스프링의 변위 δ 는?
(이 때 스프링 상수는 k이다.)

가. $\delta = \frac{(a+b)}{bk} P$

나. $\delta = \frac{(a+b)}{ak} P$

다. $\delta = \frac{ak}{(a+b)} P$

라. $\delta = \frac{bk}{(a+b)} P$



해설 : $(a+b)P = ak\delta, \delta = \frac{(a+b)}{ak} P$

2004 조선기사

14. 길이가 50mm인 원형단면의 철강재료를 인장하였더니 길이가 54mm로 신장되었다.
이 재료의 변형률은?

가. 0.4 나. 0.8 다. 0.08 라. 1.08

해설 : $\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{4}{50} = 0.08$

2004 조선기사

15. 다음 중 체적계수(bulk modulus)를 나타낸 식은?
(단, E는 탄성계수, G는 전단탄성계수, ν 는 포아송비이다.)

가. $\frac{E}{3(1-2\nu)}$ 나. $\frac{E}{2(1+\nu)}$ 다. $\frac{G}{2(1+\nu)}$ 라. $\frac{(1-2\nu)(1+\nu)}{E}$

2009 조선기사

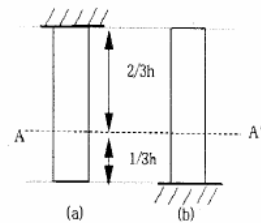
16. 지름 $d=20\text{cm}$, 길이 $L=40\text{cm}$ 인 콘크리트 원통에 압축하중 $P=20\text{kN}$ 이 작용하여 지름이 0.0006cm만큼 늘어나고 길이는 0.0057cm만큼 줄어들었을 때, 포아송 비는?

가. 0.021 나. 0.088 다. 0.21 라. 0.88

해설 : $\mu = \frac{\frac{0.0006}{20}}{\frac{0.0057}{40}} = 0.21$

2009 조선기사

17. 직경, 재질, 길이가 동일한 2개의 강재 원형봉이 윗면(a), 아래면(b)에서 자중이 각각 지지되고 있다. 단면 A-A'에 작용하는 평균 수직응력은 (a), (b)에서 각각 σ_a, σ_b 이다. $\frac{|\sigma_a|}{|\sigma_b|}$ 의 값은?



- 가. 1/3
나. 1/2
다. 2
라. 3

해설 : (a)는 1/3h만큼 인장응력이, (b)는 2/3h만큼의 압축응력이 생기므로 1/2가 된다.

2009 조선기사

18. 17℃에서 20MPa의 인장 응력을 받도록 봉의 양단을 고정한 후 7℃로 냉각시켰을 경우 응력은 몇 MPa인가?

(단, 탄성계수 $E=210 \text{ GPa}$, 선팽창계수 $\alpha = 11.3 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)

- 가. 3.73 나. 7.46 다. 23.73 라. 43.73

해설 : $\sigma = E\alpha\Delta T = 23.73 \text{ MPa}$ 이므로 기존의 20MPa와 더하면 43.73MPa가 된다.

2009 조선기사

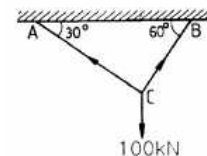
19. 두께 8mm의 강판으로 만든 안지름 40cm의 얇은 원통에 1MPa의 내압이 작용할 때 강판에 발생하는 후프 응력(원주 응력)은 몇 MPa인가?

- 가. 25 나. 20 다. 15 라. 50

해설 : $\sigma_t = \frac{PD}{2t} = 25$

2009 조선기사

20. 그림과 같이 강선이 천정에 매달려 100kN의 무게를 지탱하고 있을 때, AC 강선이 받고 있는 힘은 약 몇 kN인가?



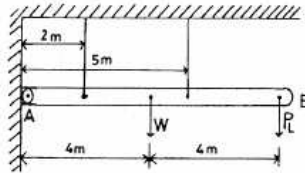
- 가. 30 나. 40 다. 50 라. 60

해설 : 라미의 정리를 이용하면 $\frac{100 \text{ kN}}{\sin 90^\circ} = \frac{T_{AC}}{\sin 150^\circ}$, $T_{AC} = 50 \text{ kN}$

2009 조선기사

21. 그림과 같은 강체 구조물을 지지하고 있는 강선의 지름은 2.5mm이고, 허용응력 $\sigma_a = 260 \text{ MPa}$ 이다. 이 때 $W = 1000 \text{ N}$ 이 AB의 중앙에 위치하고 있을 때 자유단 B에 걸 수 있는 최대하중 P_L 은 몇 N인가?

- 가. 593
 나. 616
 다. 649
 라. 692



해설 : $\sum M_A = -2\sigma_1 A + 4W - 5\sigma_2 A + 8P_L = 0, P_L = 616 \text{ N} \quad (\sigma_1 = \sigma_2 = 260 \text{ MPa})$

2006 조선산업기사

22. 지름이 10cm이고, 길이가 1m인 연강복이 인장하중을 받고 0.5mm 늘어났다. 이봉에 축적된 탄성 에너지는 몇 N·m 인가? (단, 탄성계수 $E = 210 \text{ GPa}$ 이다.)

- 가. 56.3 나. 102.4 다. 206.2 라. 312.7

해설 : $U = \frac{1}{2} P \delta = \frac{E \epsilon^2}{2} A l = 206 \text{ N} \cdot \text{m}$

2006 조선산업기사

23. 탄소강의 인장시험에 의한 응력-변형률 선도로부터 알 수 있는 재료의 기계적 성질은?

- 가. 비례한도, 항복점, 극한강도
 나. 비례한도, 처짐, 항복점
 다. 비례한도, 극한강도, 처짐
 라. 비례한도, 처짐, 탄성계수

2003 조선산업기사

24. 길이 10m, 단면적 10 cm^2 의 철강봉을 50kN으로 인장하여 0.25cm 늘어났다. 이 재료의 탄성계수 E 는 몇 GPa인가?

- 가. 210 나. 200 다. 215 라. 220

해설 : $E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{Pl}{A \Delta l} = 200 \text{ GPa}$

2003 조선산업기사

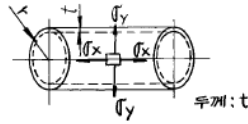
25. 곧은 봉에 축 하중을 주었을 때 포아송 비(Poisson's ratio)의 정의로 옳은 것은?

- 가. $\frac{\text{축(종)방향의 늘어난 량}}{\text{가로(횡)방향의 수축량}}$ 나. $\frac{\text{축(종)방향의 변형률}}{\text{가로(횡)방향의 변형률}}$
 다. $\frac{\text{가로(횡)방향의 수축량}}{\text{축(종)방향의 늘어난 량}}$ 라. $\frac{\text{가로(횡)방향의 변형률}}{\text{축(종)방향의 변형률}}$

2004 조선기사

26. 그림의 얇은 용기가 균일 내압을 받고 있으며, 축 방향의 응력을 σ_x , 원주(圓周) 방향의 응력을 σ_y 라고 할 때 σ_x/σ_y 의 값으로 옳은 것은?
(단, 용기원통의 반지름은 r 이다.)

- 가. 1/2
나. 2
다. 4
라. 1/4

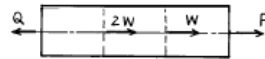


해설 : 이 장의 공식에서 보면 답이 바로 나온다. 축방향의 응력이 원주응력의 1/2이다.

2004 조선기사

27. 다음 그림과 같은 균일 단면한봉이 축방향에 하중을 받고 평형이 되어 있다. $Q=3P$ 가 되려면 W 는 얼마인가?

- 가. $W = \frac{2}{3}P$
나. $W = 3P$
다. $W = \frac{P}{3}$
라. $W = 2P$



해설 : 양면 고정단이 아니므로 x축방향의 힘의 평형을 이용하면 $Q=P+3w=3P$ 가 된다.

2002 조선산업기사

28. 안지름이 180cm, 두께가 15mm인 원통형 보일러 용기 안의 압력이 1MPa일 때, 이 용기에 발생하는 최대 응력은 몇 MPa인가?

- 가. 30 나. 60 다. 300 라. 600

해설 : 원주응력이 축응력보다 크므로 구해보면 $\sigma_t = \frac{PD}{2t} = 60MPa$

2003 조선산업기사

29. 내압 3MPa, 안지름 100cm의 보일러 원통의 판두께는 몇mm인가?
(단, 재료의 허용응력은 90MPa이고, 이용효율은 70%이다.)

- 가. 8 나. 16 다. 24 라. 32

해설 : $t = \frac{PD}{2\sigma_a\eta} = 24$

2003 조선산업기사

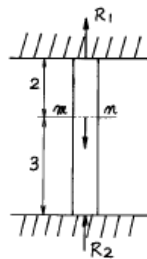
30. 그림과 같이 양단을 고정한 균일단면봉의 단면 m-n에 축하중 50kN이 작용할 때 양단에서의 반력비 R_1/R_2 는?

가. 1.5

나. 1

다. 2.25

라. 1.22



해설 : $R_1 = \frac{3}{5}P, R_2 = \frac{2}{5}P$ 이므로 $R_1/R_2 = 1.5$

2003 조선기사

31. 중공(中空)의 강실린더 안에 구리 원통이 들어있고 높이는 500mm로 동일하다. 강실린더의 단면적은 2000mm^2 이고 구리 원통의 단면적은 5000mm^2 이다. 구리 원통이 모든 하중을 받게 하기 위해 필요한 온도상승은 최소 몇 $^{\circ}\text{C}$ 인가?

(단, 하중은 200kN이며, 하중을 받는 판은 변형하지 않는다. 구리 $E=120\text{GN/m}^2$,

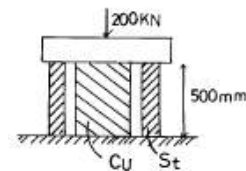
$\alpha = 20 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, 철 $E=200\text{GN/m}^2$, $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)

가. 38

나. 40

다. 42

라. 45



해설 : $P = \sigma A_{cu} = E_{cu} \cdot A_{cu} (\alpha_{cu} - \alpha_{fe}) \Delta T, \Delta T = 42$

2004 조선산업기사

32. 재료의 기계적 성질을 나타내는 것 중에는 탄성한도, 변형률, 극한강도 등이 있다. 이러한 성질들을 알기 위한 재료시험으로 가장 적합한 것은?

가. 압축시험 나. 인장시험 다. 피로시험 라. 충격시험

해설 : 인장시험으로 구한 응력-변형률 선도에서 모두 알 수 있다.

2009 조선기사

33. 피로 한도(fatigue limit)와 가장 관계가 깊은 하중은?

가. 충격 하중

나. 정 하중

다. 반복 하중

라. 수직 하중

해설 : 피로 한도는 무한 횟수만큼 반복시켜 파괴가 일어나는 응력값이다.

2004 조선기사

34. 재료의 피로한도는 무한 횟수만큼 작용시켜야 파괴가 일어나는 응력값이다. 구조용 강재의 피로한도에 가장 큰 영향을 미치는 재료의 물리적 특성은?

- 가. 강성 나. 비례한계 다. 탄성한계 라. 최후강도

해설 : 무한반복이므로 마지막에 파괴되는 값이 중요하다. 비례한계와 탄성한계는 인장시험의 응력-변형을 선도에서 알 수 있다.

2004 조선산업기사

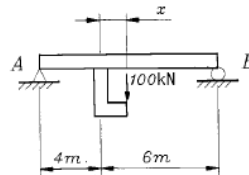
35. 그림과 같은 단순보에서 A지점의 반력이 50 kN이 되기 위해서는 x는 몇 m인가?

- 가. 0.5

나. 1

- 다. 1.5

- 라. 2



해설 : $\sum M_B = 0$; $10R_A = (6-x)100$ 에서 $R_A = 50kN$ 이면 $x = 1m$ 이다.

2006 조선산업기사

36. 다음 그림에서 중앙지점(D점)의 굽힘 모멘트는 N*m 인가?

- 가. 100 나. 200 다. 300 라. 400

(그림 = 단순지지보 길이 4m 왼쪽 끝단 A, 오른쪽 끝단 B, 정중앙 D
A 지점에서 1m 떨어진 지점 C에 집중하중 400N 작용)

해설 : $\sum M_A = 400 - 4R_B = 0$, $R_B = 100N$, $\sum M_D = 2R_B = 200N$