

2023 국가직 토목설계 기출문제 해설

1. 콘크리트를 만들 때 사용하는 혼화재료(admixture)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 콘크리트 등에 특별한 성질을 주기 위해 반죽 혼합 전 또는 반죽 혼합 중에 가해지는 시멘트, 물, 골재 이외의 재료로서 혼화재와 혼화제로 분류한다.
- ② 감수제(water-reducing admixture)는 콘크리트 등의 단위수량을 증가시키지 않고 워커빌리티를 좋게 하거나 워커빌리티를 변화시키지 않고 단위수량을 감소하기 위해 사용하는 혼화제이다.
- ③ 급결제(quick setting admixture)는 시멘트의 수화 반응을 촉진시키고 응결 시간을 현저하게 단축하기 위해 사용하는 혼화제이다.
- ④ AE제(air-entraining admixture)는 콘크리트 속에 많은 미소한 기포를 일정하게 분포시켜 콘크리트 배합 시 물을 넣지 않아도 되게 하는 혼화제이다.

정답 ④

- ④ AE제(air-entraining admixture)는 콘크리트 속에 많은 미소한 기포를 일정하게 분포시켜 콘크리트의 성질을 개선시키는 혼화제이다. AE제를 첨가하더라도 콘크리트 배합 시 물을 사용하게 된다.

2. 복철근 직사각형보에서 압축철근을 배근하는 경우에 해당하는 것만을 모두 고르면?

- ㄱ. 지속하중으로 인한 처짐을 줄여야 하는 경우
- ㄴ. 인장파괴를 압축파괴로 전환해야 하는 경우
- ㄷ. 보의 단면의 크기가 제한되는 경우
- ㄹ. 보의 연성거동을 감소시키기 위한 경우

- ① ㄱ, ㄴ ② ㄱ, ㄷ ③ ㄴ, ㄹ ④ ㄷ, ㄹ

정답 ②

- ② 복철근보를 사용하는 이유는 ㉠ 보의 단면 높이가 제한 받는 경우(ㄷ), ㉡ (+) 휨모멘트와 (-)휨모멘트를 번갈아 받는 경우이다. 복철근보의 효과에는 지속하중에 의한 장기처짐을 적게 한다(ㄱ).

3. 한계상태설계법을 적용한 교량설계의 한계상태에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 24 10 11 : 2021을 따른다)
- ① 사용한계상태는 균열, 처짐 등의 사용성에 관한 한계상태로서, 풍하중은 항상 고려하지 않는다.
 - ② 피로한계상태는 기대응력범위의 반복 횟수에서 발생하는 단일 피로설계트럭에 의한 응력 범위를 제한하는 것으로 규정한다.
 - ③ 극한한계상태는 교량의 설계수명 이내에 발생할 것으로 기대되는, 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 국부적/전체적 강도와 안정성을 확보하는 것으로 규정한다.
 - ④ 극단상황한계상태는 교량의 설계수명을 초과하는 재현주기를 갖는 지진, 유빙하중, 차량과 선박의 충돌 등과 같은 사건과 관련한 한계상태를 말한다.

정답 ①

- ① 사용한계상태는 균열, 처짐 등의 사용성에 관한 한계상태로서, 풍하중은 한계상태의 하중조합에 따라 다르다. 사용한계상태의 하중조합 I 과 하중조합 IV에서는 풍하중을 고려한다.
4. 받침부 내면과 위험단면 사이에 집중하중이 작용하지 않을 경우, 철근콘크리트 부재의 전단설계를 수행할 때, 받침부의 최대 계수전단력을 산정하는 위치는? (단, d = 단면의 유효깊이이고, KDS 14 20 22 : 2022를 따른다)
- ① 받침부 내면에서 d 만큼 떨어진 단면
 - ② 받침부 중심에서 $2d$ 만큼 떨어진 단면
 - ③ 받침부 내면에서 $3d$ 만큼 떨어진 단면
 - ④ 받침부 중심에서 $4d$ 만큼 떨어진 단면

정답 ①

- ① 철근콘크리트 보에서 전단의 위험단면은 다음과 같다. 즉, 작용전단력 방향으로 받침부 반력이 부재의 단부를 압축하고 하중은 부재의 윗면 또는 그 근처에 작용하며, 받침부 내면과 위험단면 사이에 집중하중이 작용하지 않을 경우, 받침부 내면에서 유효깊이 d 만큼 떨어진 단면이다. 참고로 프리스트레스트콘크리트 부재의 경우 받침부 내면에서 $0.5h$ 만큼 떨어진 단면이 전단의 위험단면이다.

5. 1방향 철근콘크리트 슬래브의 단면적은 $500,000 \text{ mm}^2$, 사용한 이형 철근의 설계기준항복강도가 500 MPa 일 때, 수축 및 온도 철근량[mm^2]은? (단, KDS 14 20 50 : 2022를 따른다)

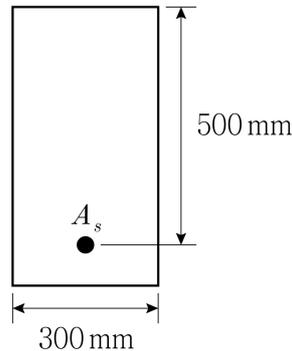
- ① 600 ② 700 ③ 800 ④ 900

정답 ③

③ 수축 및 온도 철근량은 전체단면적으로 사용하여 구한다.

$$\text{수축온도철근량} = 0.0020 \times \frac{400}{f_y} \times A_g = 0.0020 \times \frac{400}{500} \times 500,000 = 800 \text{ mm}^2$$

6. 그림과 같이 휨모멘트를 받는 직사각형 단면의 철근콘크리트 보에서 콘크리트 압축연단이 극한변형률에 도달할 때, 인장철근의 변형률은? (단, 응력-변형률 관계를 등가직사각형 블록으로 구하며, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$, 철근의 설계기준항복강도 $f_y = 300 \text{ MPa}$, 철근의 단면적 $A_s = 1,700 \text{ mm}^2$ 이고, KDS 14 20 20 : 2022를 따른다)



- ① 0.005 ② 0.0066 ③ 0.0099 ④ 0.012

정답 ③

③ 단철근보에서 인장철근의 변형률은 다음과 같다.

㉠ 중립축의 위치

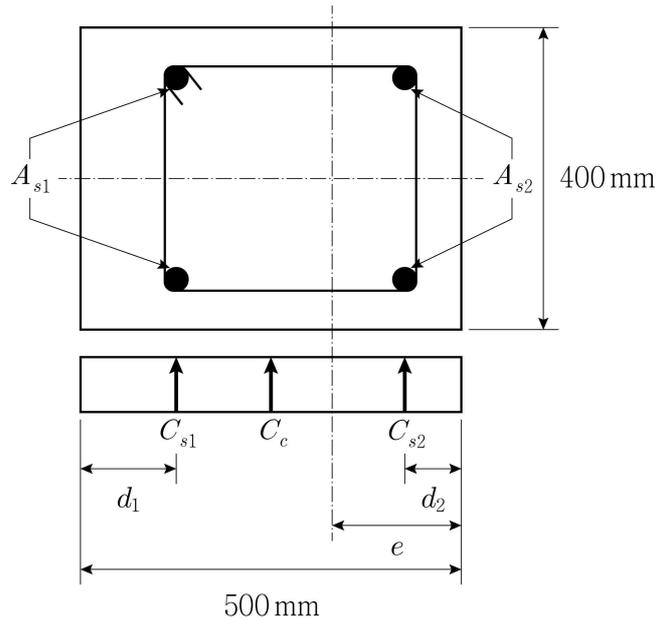
$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ 은 40 MPa 이하에 해당됨으로 $\beta_1 = 0.80$, $\eta = 1.0$, $\epsilon_{cu} = 0.0033$

$$c = \frac{1}{\beta_1} \times a = \frac{1}{\beta_1} \times \frac{A_s f_y}{\eta 0.85 f_{ck} b} = \frac{1}{0.80} \times \frac{1,700 \times 300}{1.0 \times 0.85 \times 20 \times 300} = \frac{1}{0.80} \times 100 = 125 \text{ mm}$$

㉡ 인장철근의 변형률

$$\therefore \epsilon_s = \epsilon_{cu} \frac{d-c}{c} = 0.0033 \times \frac{500-125}{125} = 0.0099$$

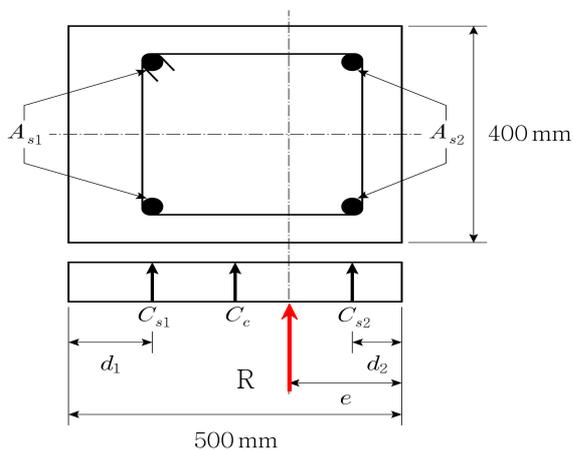
7. 그림과 같이 순수 축하중을 받아 균등한 극한변형률이 발생한 콘크리트 기둥 단면에서 소성중심까지의 거리 e [mm]는? (단, 철근면적 A_{s1} 에서의 압축력 $C_{s1} = 500$ kN, 철근면적 A_{s2} 에서의 압축력 $C_{s2} = 500$ kN, 콘크리트의 압축력 $C_c = 4,000$ kN, $d_1 = 150$ mm, $d_2 = 50$ mm, 철근으로 인한 콘크리트의 단면 손실은 무시한다)



- ① 220 ② 230 ③ 240 ④ 250

정답 ③

③ 소성중심이란 콘크리트의 전단면이 균등하게 $0.85f_{ck}$ 의 응력을 받고 철근도 균등하게 항복점 응력 f_y 를 받는다고 가정했을 때의 전응력의 합력의 작용점을 단면의 소성중심(P.C : plastic centroid)이라고 한다.



㉠ 합력

$$R = C_c + C_{s1} + C_{s2} = 4,000 + 500 + 500 = 5,000kN$$

㉡ 소성중심

소성중심은 바리농 정리를 적용하여 구한다.

$$R \times e = C_{s1} \times (h - d_1) + C_c \times \frac{h}{2} + C_{s2} \times d_2$$

$$5,000 \times e = 500 \times (500 - 150) + 4,000 \times \frac{500}{2} + 500 \times 50$$

$$\therefore e = 240mm$$

8. 직접설계법을 사용하여 2방향 이상으로 휨 보강되는 슬래브 시스템을 설계하기 위한 규정으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 14 20 70 : 2021을 따른다)

- ① 각 방향으로 2경간 이내이어야 한다.
- ② 각 방향으로 연속한 받침부 중심간 경간의 차이는 긴 경간의 $\frac{1}{3}$ 이하이어야 한다.
- ③ 연속한 기둥 중심선을 기준으로 기둥의 어긋남은 그 방향 경간의 10% 이하이어야 한다.
- ④ 모든 하중은 슬래브 판 전체에 걸쳐 등분포 된 연직하중이어야 하며, 활하중은 고정하중의 2배 이하이어야 한다.

정답 ①

- ① 각 방향으로 3경간 이상이어야 한다.

9. 옹벽 구조물의 안정조건에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 14 20 74 : 2021을 따른다)

- ① 활동에 대한 저항력은 옹벽에 작용하는 수평력의 1.2배를 초과할 수 없다.
- ② 전도에 대한 저항휨모멘트는 횡토압에 의한 전도모멘트의 2.0배 이상이어야 한다.
- ③ 지반에 유발되는 최대 지반반력은 지반의 허용지지력을 초과할 수 없다.
- ④ 전도 및 지반지지력에 대한 안정조건은 만족하지만, 활동에 대한 안정조건만을 만족하지 못할 경우에는 활동방지벽 혹은 횡방향 앵커 등을 설치하여 활동저항력을 증대시킬 수 있다.

정답 ①

① 활동에 대한 저항력은 응력에 작용하는 수평력의 1.5배 이상이어야 한다.

10. 직사각형 단철근 콘크리트 보에 정(+) 모멘트가 작용하고 전 단면이 탄성범위에 있을 때, 철근을 포함한 비균열 환산단면의 압축연단에서 중립축까지의 거리는? (단, b = 단면폭, h = 단면높이, A_s = 철근면적, d = 유효깊이, n = 철근과 콘크리트의 탄성계수 비이다)

- ① $\frac{\frac{bh^2}{2} + nA_s d}{bh + nA_s}$ ② $\frac{\frac{bh^2}{2} + nA_s d}{bh + (n-1)A_s}$
- ③ $\frac{\frac{bh^2}{2} + (n-1)A_s d}{bh + nA_s}$ ④ $\frac{\frac{bh^2}{2} + (n-1)A_s d}{bh + (n-1)A_s}$

정답 ④

④ 비균열단면의 중립축 위치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}f_{cc} \cdot x \cdot b - \frac{1}{2}f_{ct} \cdot (h-x) \cdot b + f_{ct}'A_s - A_s f_s &= 0 \\ \frac{1}{2} \times (E_c \times \epsilon_{cc}) \times x \times b - \frac{1}{2} \times (E_c \times \epsilon_{ct}) \times (h-x) \times b + E_c \epsilon_{ct}' A_s - A_s \times (E_s \times \epsilon_s) &= 0 \\ \frac{1}{2} \times (E_c \times \phi \times x) \times x \times b - \frac{1}{2} \times (E_c \times \phi(h-x)) \times (h-x) \times b + E_c \times \phi(d-x) A_s - A_s \times (E_s \times \phi(d-x)) &= 0 \\ \frac{bx^2}{2} - \frac{b(h^2 - 2hx + x^2)}{2} + (d-x)A_s - nA_s(d-x) &= 0 \\ -\frac{bh^2}{2} + bhx + dA_s - xA_s - nA_s - nA_s d + nA_s x &= 0 \\ [bh + (n-1)A_s]x - [\frac{bh^2}{2} + (n-1)A_s d] &= 0 \\ \therefore x = \frac{\frac{bh^2}{2} + (n-1)A_s d}{bh + (n-1)A_s} \end{aligned}$$

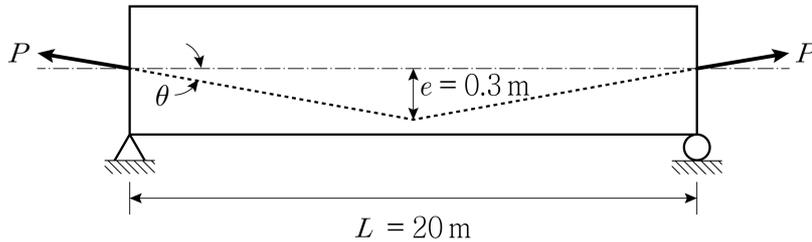
11. 철근콘크리트 휨부재에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 부재가 휨을 받을 때 휨인장응력을 받는 부분에 인장철근을 배치한다.
- ② 휨압축응력을 받는 부분에 철근을 배치할 수도 있다.
- ③ 하향 수직하중을 받는 캔틸레버보의 경우 인장철근은 단면 상부에 배치한다.
- ④ 압축철근을 배치하면 크리프와 건조수축 변형이 증가한다.

정답 ④

④ 압축철근은 크리프와 건조수축으로 인한 장기변형을 감소시킨다.

12. 그림과 같은 프리스트레스트 콘크리트 단순보의 지간 중앙에서 프리스트레스트 힘 $P = 3,000 \text{ kN}$ 에 의한 상향력의 크기[kN]는? (단, $\sin \theta \cong \tan \theta$ 이고, 자중과 프리스트레스트 손실은 무시한다)



- ① 18 ② 45 ③ 90 ④ 180

정답 ④

④ 긴장재의 절곡배치로 인한 상향력은 다음과 같다.

$$\therefore U = 2P \cdot \sin \theta = 2 \times 3,000 \times \frac{0.3}{10} = 180 \text{ kN}$$

13. 보통중량콘크리트에 설치된 인장력을 받는 직경이 25 mm인 이형 철근의 기본 정착길이[mm]는? (단, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 36 \text{ MPa}$, 철근의 설계기준항복강도 $f_y = 400 \text{ MPa}$, KDS 14 20 52 : 2021을 따른다)

- ① 1,000 ② 1,200 ③ 1,400 ④ 1,600

정답 ①

① 인장이형철근의 기본정착길이는 다음과 같다.

$$l_{db} = \frac{0.6d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} = \frac{0.6 \times 25 \times 400}{1.0 \times \sqrt{36}} = 1,000 \text{ mm}$$

14. 프리스트레스드 콘크리트 보의 양단 정착부에서 각각 4.5 mm의 활동이 발생하였을 경우, 프리스트레스 손실량[MPa]은? (단, 보의 길이 = 18 m, 강선의 탄성계수 = 200 GPa, 초기 프리스트레스 = 1,500 MPa이고, 강재와 쉬스관의 마찰은 고려하지 않는다)
- ① 50 ② 100 ③ 150 ④ 200

정답 ②

② 양단정착 시 정착단의 활동에 의한 손실은 다음과 같다.

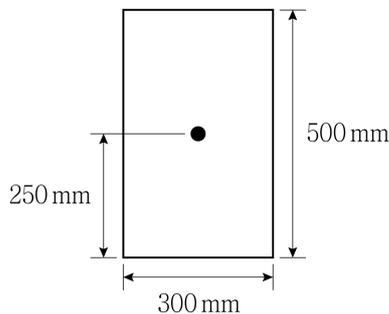
$$\Delta f = \frac{\Delta L}{L} E_{ps} \times 2 = \frac{4.5}{18 \times 10^3} \times 2 \times 10^5 \times 2 = 100 \text{ MPa}$$

15. 프리스트레스하지 않는 부재의 현장치기 철근콘크리트 부재의 최소 피복두께에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, KDS 14 20 50 : 2022를 따른다)
- ① 피복두께는 콘크리트 표면으로부터 철근 중심까지의 최단거리이다.
 ② 흙에 접하여 콘크리트를 친 후 영구히 흙에 묻혀 있는 콘크리트의 피복두께는 75 mm 이상 확보하여야 한다.
 ③ 흙에 접하거나 옥외의 공기에 직접 노출되는 콘크리트의 피복두께는 D19 이상의 철근에서 50 mm, D16 이하의 철근에서는 40 mm 이상 확보하여야 한다.
 ④ 옥외의 공기나 흙에 직접 접하지 않는 콘크리트(슬래브, 벽체, 장선)는 D35 초과하는 철근에서 40 mm, D35 이하의 철근에서는 20 mm 이상 확보하여야 한다.

정답 ①

① 피복두께는 콘크리트 표면으로부터 최외단철근의 표면까지의 거리이다.

16. 그림과 같이 콘크리트 직사각형 보 단면의 도심에 프리스트레스 강재를 배치하여 긴장력 750 kN을 도입하였다. 하향 수직하중에 의해 콘크리트 단면 하단에 인장응력이 발생하지 않는 최대휨모멘트 크기[kN·m]는? (단, 폭 300 mm, 높이 500 mm, 총 프리스트레스 손실은 20 %이고, 자중은 무시한다)



- ① 50 ② 60 ③ 70 ④ 80

정답 ①

① 긴장재를 도심배치하였을 때, 인장하연에서 인장응력이 발생하기 않기 위한 조건은 다음과 같다.

$$P_e \geq \frac{6M}{h}$$

$$750 \times 0.8 \geq \frac{6 \times M}{0.5}$$

$$\therefore M \leq 50kN \cdot m$$

17. 계수전단력 $V_u = 75 \text{ kN}$ 이 작용하는 직사각형 단면의 철근콘크리트 휨부재에서 전단철근을 배근하지 않아도 되는 단면의 최소 유효깊이[mm]는? (단, 보통중량 콘크리트를 사용하였고, 단면폭 $b = 400 \text{ mm}$, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$ 이며, KDS 14 20 22 : 2022를 따른다)

- ① 400 ② 500 ③ 600 ④ 700

정답 ③

③ 전단철근을 전혀 배치하지 않아도 되는 단면의 유효깊이는 다음과 같다.

$$\frac{1}{2}(\phi V_c) \geq V_u$$

$$\frac{1}{2}(\phi \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b_w d) \geq V_u$$

$$\frac{\phi \sqrt{f_{ck}}}{12} b_w d \geq V_u$$

$$\therefore d \geq \frac{12 V_u}{\phi \sqrt{f_{ck}} b_w} = \frac{12 \times 75 \times 10^3}{0.75 \times \sqrt{25} \times 400} = 600 \text{ mm}$$

18. 직사각형 단면의 철근콘크리트 휨부재에서 부재축에 직각인 U형 전단철근을 간격 200 mm로 배치하였다. 전단력과 휨모멘트만 받고 있는 경우, 직사각형보의 공칭전단강도 크기[kN]는? (단, 보통중량 콘크리트를 사용하였고, 단면폭 400 mm, 단면 유효깊이 600 mm, 콘크리트의 설계기준압축강도 $f_{ck} = 36 \text{ MPa}$, 전단철근의 설계기준항복강도 $f_{yt} = 400 \text{ MPa}$, 전단철근 한가닥의 공칭단면적 = 100 mm^2 이며, KDS 14 20 22 : 2022를 따른다)

- ① 240 ② 360 ③ 480 ④ 600

정답 ③

③ 전단철근이 배치된 단면의 공칭전단강도 V_n 는 콘크리트가 부담하는 공칭전단강도 V_c 와 전단철근이 부담하는 공칭전단강도 V_s 의 합이다.

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_{ck}} b_w d = \frac{1}{6} \times \sqrt{36} \times 400 \times 600 = 240,000 N = 240 kN$$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s} = \frac{(2 \times 100) \times 400 \times 600}{200} = 240,000 N = 240 kN$$

여기서, U형 스테럽의 단면적 A_v 는 스테럽의 한 가닥의 면적으로 주어졌기 때문에 2를 곱한다. 공칭전단강도는 다음과 같다.

$$\therefore V_n = V_c + V_s = 240 + 240 = 480 kN$$

19. 조밀단면 2축대칭 H형강 보가 강축에 대해 휨하중을 받고 있다. 보의 비지지길이가 2.5 m일 때, 공칭휨강도 크기[kN · m]는? (단, 강재는 SM275가 사용되었으며, 항복강도 $F_y = 275$ MPa, 인장강도 $F_u = 410$ MPa, 소성한계 비지지길이 = 3 m, 탄성단면계수 = 900 cm^3 , 소성단면계수 = $1,000 \text{ cm}^3$, KDS 14 31 10 : 2017을 따른다)

- ① 247 ② 275 ③ 369 ④ 410

정답 ②

② 강축에 대한 휨을 받는 2축대칭 H형강 또는 ㄷ형강 부재의 웨브와 플랜지가 모두 조밀단면인 경우의 공칭휨강도는 소성모멘트와 같다.

$$M_n = M_p = F_y Z_x = 275 \times 1,000 \times 10^3 = 275 \times 10^6 N \cdot mm = 275 kN \cdot m$$

여기서, F_y : 강재의 항복강도 (MPa)

Z_x : x축에 대한 소성단면계수 (mm^3)

20. 비틀림에 대한 비지지길이가 횡좌굴에 대한 비지지길이보다 짧은 경우, 균일압축을 받는 비세장판 강구조 압축부재의 횡좌굴에 대한 공칭압축강도 P_n 산정 방법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, $F_{cr} =$ 좌굴응력, $A_g =$ 부재의 총단면적, $F_c =$ 탄성좌굴응력, $F_y =$ 강재의 항복강도, $E =$ 강재의 탄성계수, $K =$ 유효좌굴길이계수, $L =$ 부재의 횡좌굴에 대한 비지지길이, $r =$ 좌굴축에 대한 단면2차반경이고, KDS 14 31 10 : 2017을 따른다)

- ① 공칭압축강도 P_n 은 횡좌굴에 대한 한계상태에 기초하여 $P_n = F_{cr} A_g$ 를 이용하여

산정한다.

② 탄성 압축부재의 좌굴응력 $F_{cr} = 0.877F_e$ 를 이용하여 산정한다.

③ 비탄성 압축부재의 좌굴응력 $F_{cr} = 0.658F_e$ 를 이용하여 산정한다.

④ 탄성좌굴응력 $F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$ 는 탄성좌굴해석을 통하여 구한다.

정답 ③

③ 비탄성 압축부재의 좌굴응력 $F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_e}\right] F_y$ 를 이용하여 산정한다.