

토 목 설 계

해설위원 : 장 성 국 교수

본 문제의 소유권 및 판권은 (주)윌비스고시학원에 있습니다. 무단복사 판매 시 저작권법에 의거 경고조치 없이 고발하여 민·형사상 책임을 지게 됩니다.

- 반드시 OMR카드에 성명, 주민등록번호를 기재하시기 바랍니다.
- OMR카드 작성시 컴퓨터용 사인펜으로 작성해주시기 바랍니다.

문 1. KDS(2016) 설계기준에서 제시된 교량설계 원칙 중 한계상태에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 사용한계상태는 극단적인 사용조건하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 것으로 규정한다.
- ② 피로한계상태는 기대응력범위의 반복 횟수에서 발생하는 단일 피로설계 트럭에 의한 응력범위를 제한하는 것으로 규정한다.
- ③ 극한한계상태는 지진 또는 홍수 발생 시, 또는 세굴된 상황에서 선박, 차량 또는 유빙에 의한 충돌 시 등의 상황에서 교량의 붕괴를 방지하는 것으로 규정한다.
- ④ 극단상황한계상태는 교량의 설계수명 이내에 발생할 것으로 기대되는, 통계적으로 중요하다고 규정한 하중조합에 대하여 국부적/전체적 강도와 안정성을 확보하는 것으로 규정한다.

정답 ②

- ① 사용한계상태는 정상적 사용조건하에서 응력, 변형 및 균열폭을 제한하는 것으로 규정한다.
- ③ 극단상황한계상태에 대한 설명이다.
- ④ 극한한계상태에 대한 설명이다.

문 2. 균열폭에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 균열폭을 작게 하기 위해서는 지름이 작은 철근을 많이 사용하는 것이 지름이 큰 철근을 적게 사용하는 것보다 유리하다.
- ② 하중에 의한 균열을 제어하기 위해 요구되는 철근 이외에도 필요에 따라 온도변화, 건조수축 등에 의한 균열을 제어하기 위해 추가적인 보강철근을 배근할 수 있다.
- ③ 균열폭은 철근의 인장응력에 선형 또는 비선형적으로 비례한다.
- ④ 일반적으로 피복두께가 클수록 균열폭은 작아진다.

정답 ④

- ④ 일반적으로 피복두께가 클수록 균열폭은 커진다.

문 3. KDS(2016) 설계기준에서는 휨부재의 최소 철근량으로 다음 두 가지 식으로 계산한 값 중에서 큰 값 이상을 사용한다. 이 두 가지 식을 함께 사용하는 이유는? (단, f_{ck} 는 콘크리트의 설계기준 압축강도이며, f_y 는 철근의 설계기준 항복강도, b_w 는 단면의 폭, d 는 단면의 유효높이다)

$$A_{s,min} = \frac{0.25\sqrt{f_{ck}}}{f_y} b_w d, \quad A_{s,min} = \frac{1.4}{f_y} b_w d$$

- ① 콘크리트 강도와 철근의 강도를 조절하여 가능한 한 균형단면에 가깝게 하기 위함이다.
- ② 철근의 강도가 커지면 인장철근량을 줄여 연성파괴를 유도하기 위함이다.
- ③ 사용 콘크리트의 압축강도가 커짐에 따라 취성이 증가하므로 이를 합리적으로 반영하기 위함이다.
- ④ 인장철근량을 가능한 한 줄여 휨부재의 연성파괴를 유도하기 위함이다.

정답 ③

- ③ 사용 콘크리트의 압축강도가 커짐에 따라 취성이 증가하므로 이를 합리적으로 반영하기 위함이다. 인장축 콘크리트의 취성파괴를 방지하고자 함이다.

문 4. 단철근 직사각형 콘크리트 보의 설계휨모멘트를 증가시키는 방법 중에서 가장 효과가 적은 것은?

- ① 인장철근량의 증가
- ② 인장철근 설계기준 항복강도의 상향
- ③ 단면 유효깊이의 증가
- ④ 콘크리트 설계기준 압축강도의 상향

정답 ④

- ④ 콘크리트의 설계기준압축강도가 증가하면 설계휨강도의 증가폭은 커지않는다.

문 5. 압축철근비 $\rho' = 0.02$ 인 복철근 직사각형 콘크리트 보에 고정하중이 작용하여 15 mm의 순간처짐이 발생하였다. 1년 후 크리프와 건조수축에 의하여 보에 발생하는 추가 장기처짐[mm]은? (단, 활하중은 없으며, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)

- ① 8.8
- ② 10.5
- ③ 15.4
- ④ 25.5

정답 ②

$$\text{추가처짐, } \delta_t = \delta_e \times \frac{\xi}{1 + 50\rho'} = 15 \times \frac{1.4}{1 + 50 \times 0.02} = 10.5 \text{ mm}$$

문 6. 다발철근을 사용하여 수중에서 콘크리트를 치는 경우 최소 피복두께[mm]는? (단, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)

- ① 60
- ② 80
- ③ 100
- ④ 120

정답 ③

- 다발철근의 경우도 수중에서는 피복두께가 100mm이상이다.

문 7. 철근의 순간직이 80 mm이고 피복두께가 40 mm인 보통중량콘크리트를 사용한 부재에서 D32 인장철근의 A급 겹침이음길이[mm]는? (단, 콘크리트의 설계기준 압축강도 $f_{ck} = 36 \text{ MPa}$, 철근의 설계기준 항복강도 $f_y = 400 \text{ MPa}$, 철근은 도막되지 않은 하부에 배치되는 이형철근으로 공칭지름은 32 mm이고, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)

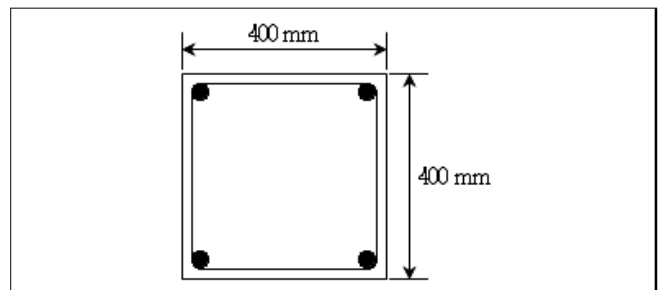
- ① 1,280
- ② 1,664
- ③ 1,920
- ④ 2,130

정답 ①

A급 겹침이음길이는 $1.0l_d$ 이다.

$$1.0l_d = 1.0 \times \frac{0.6d_s f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} \times \alpha \times \beta = 1.0 \times \frac{0.6 \times 32 \times 400}{1.0 \sqrt{36}} \times 1.0 \times 1.0 = 1,280 \text{ mm}$$

문 8. 그림과 같은 띠철근 기둥의 순수 축하중강도 P_0 [kN]는? (단, 기둥은 단주로서 콘크리트 설계기준 압축강도 $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$, 철근의 설계기준 항복강도 $f_y = 400 \text{ MPa}$, 종방향 철근 총단면적 $A_{st} = 3,000 \text{ mm}^2$ 이며, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)

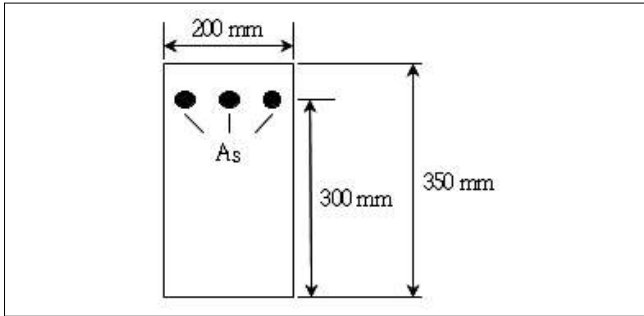


- ① 3,499.8
- ② 4,522.4
- ③ 5,203.5
- ④ 6,177.8

정답 ③

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 0.85f_{ck}(A_g - A_{st}) + f_y A_{st} \\
 &= 0.85 \times 30 \times (400 \times 400 - 3,000) + 400 \times 3,000 \\
 &= 5,203.5 \times 10^3 N \\
 &= 5,203.5 kN
 \end{aligned}$$

문 9. 그림과 같은 단면의 캔틸레버 보에 자중을 포함한 등분포 계수하중 $w_u = 25 \text{ kN/m}$ 가 작용하고 있을 때, 전단위험단면에서 전단철근이 부담해야 할 공칭전단력 V_s [kN]는? (단, 보의 지간은 3.3 m, 콘크리트의 쪼갠인장강도 $f_{sp} = 1.4 \text{ MPa}$, 콘크리트의 설계기준 압축강도 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$, 인장철근의 설계기준 항복강도 $f_y = 350 \text{ MPa}$ 이며, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)



- ① 25 ② 50 ③ 75 ④ 100

정답 ③

㉠ 계수전단력

전단력의 위험단면은 지점으로부터 d 만큼 떨어진 단면이다. 그런데 주어진 보가 캔틸레버보이므로 계수전단력은

$$V_u = w_u(L - d) = 25 \times (3.3 - 0.3) = 75 \text{ kN}$$

㉡ 콘크리트가 부담하는 전단력

$$\text{경량콘크리트계수, } \lambda = \frac{f_{sp}}{0.56 \sqrt{f_{ck}}} = \frac{1.4}{0.56 \times \sqrt{25}} = 0.5$$

$$V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_{ck}} b_w d = \frac{1}{6} \times 0.5 \times \sqrt{25} \times 200 \times 300 = 25 \times 10^3 N = 25 \text{ kN}$$

㉢ 전단철근이 부담할 전단강도

$$V_s \geq \frac{V_u}{\phi} - V_c = \frac{75}{0.75} - 25 = 75 \text{ kN}$$

문 10. KDS(2016) 설계기준에서 제시된 근사해법을 적용하여 1방향 슬래브를 설계할 때 그 순서를 바르게 나열한 것은?

- ㄱ. 슬래브의 두께를 결정한다.
 ㄴ. 단면에 배근되는 인장철근량을 산정한다.
 ㄷ. 장면에 배근되는 온도철근량을 산정한다.
 ㄹ. 계수하중을 계산한다.
 ㅁ. 단면 슬래브의 계수휨모멘트를 계산한다.

- ① ㄱ → ㄷ → ㅁ → ㄴ → ㄷ ② ㄱ → ㄷ → ㄴ → ㄷ → ㅁ
 ③ ㄷ → ㅁ → ㄷ → ㄴ → ㄱ ④ ㄷ → ㄱ → ㄴ → ㄷ → ㅁ

정답 ①

근사해법에 의한 1방향 슬래브의 설계순서

- ① 슬래브의 두께를 결정한다.(ㄱ)
 ② 계수하중을 계산한다.(ㄷ)
 ③ 단면 슬래브의 계수휨모멘트를 계산한다.(ㅁ)
 ④ 단면에 배근되는 인장철근량을 산정한다.(ㄴ)
 ⑤ 변에 배근되는 온도철근량을 산정한다.(ㄷ)

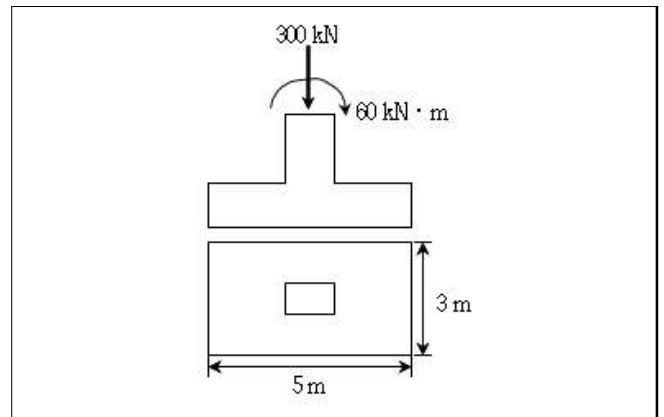
문 11. 23(콘크리트의 쪼갠인장 시험 방법)에 준하여 $\phi 100 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 원주형 표준공시체에 대한 쪼갠인장강도 시험을 실시한 결과, 파괴 시 하중이 75 kN으로 측정된 경우 쪼갠인장강도[MPa]는? (단, $\pi = 3$ 으로 계산하며, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)

- ① 1.5 ② 2.0 ③ 2.5 ④ 5.0

정답 ③

$$f_{sp} = \frac{2P}{\pi DL} = \frac{2 \times 75 \times 10^3}{3 \times 100 \times 200} = 2.5 \text{ MPa}$$

문 12. 그림과 같이 연직하중 P 와 휨모멘트 M 이 바닥판과 기둥의 중심에 작용하는 철근콘크리트 확대기초의 최대 지반응력[kN/m²]은? (단, 기초의 자중은 무시한다)



- ① 24.8 ② 29.2 ③ 34.4 ④ 39.2

정답 ①

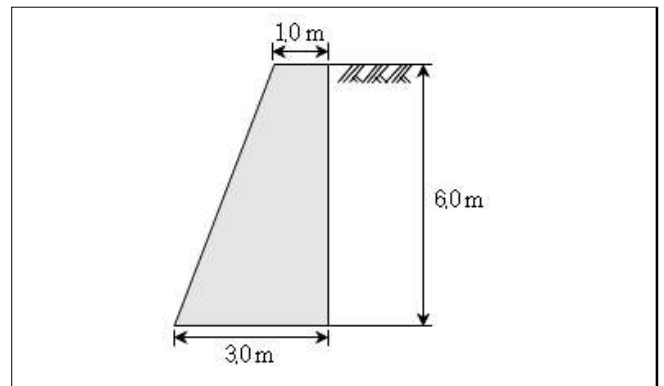
문 13. 12 mm 두께의 강판과 10 mm 두께의 강판을 필릿용접할 때 요구되는 최소 용접치수[mm]는? (단, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)

- ① 4 ② 6 ③ 10 ④ 12

정답 ②

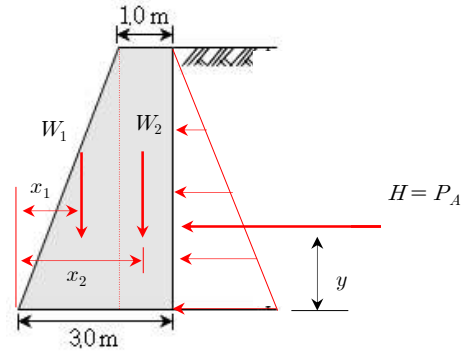
두꺼운 쪽 강판의 두께가 12mm이므로 필릿용접의 최소치수는 5mm가 된다. 이에 해당되는 최소값은 6mm이다.

문 14. 그림과 같은 중력식 옹벽의 전도에 대한 안전율은? (단, 콘크리트의 단위중량 $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$, 흙의 내부마찰각 $\phi = 30^\circ$, 점착력 $c = 0$, 흙의 단위중량 $\gamma_s = 20 \text{ kN/m}^3$, 옹벽 전면에 작용하는 수동토압은 무시하며, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)



- ① 1.52 ② 2.08 ③ 2.40 ④ 3.50

정답 ③



㉠ 옹벽의 자중과 모멘트팔의 길이

$$W_1 = \left(\frac{1}{2} \times 2 \times 6\right) \times 25 = 150 \text{ kN/m}$$

$$W_2 = (1 \times 6) \times 25 = 150 \text{ kN/m}$$

$$x_1 = \frac{2}{3} \times 2 = \frac{4}{3} \text{ m}$$

$$x_2 = 2 + 0.5 = 2.5 \text{ m}$$

㉡ 수평력 : 주동토압

$$K_A = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = \tan^2(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}) = \tan^2(30^\circ) = \frac{1}{3}$$

$$H = P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma_s h^2$$

$$= \frac{1}{2} \times \frac{1}{3} \times 20 \times 6^2$$

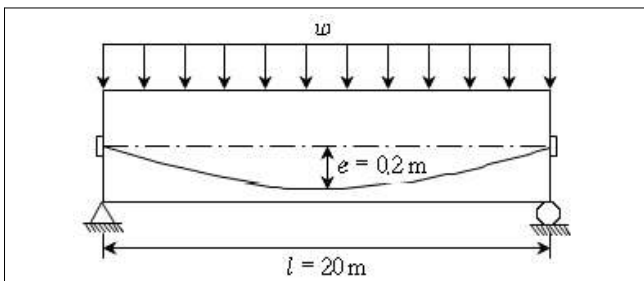
$$= 120 \text{ kN/m}$$

$$y = \frac{h}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ m}$$

㉢ 전도에 대한 안전율

$$FS = \frac{150 \times \frac{4}{3} + 150 \times 2.5}{120 \times 2} = 2.395$$

문 15. 그림과 같이 자중을 포함한 등분포하중 $w = 20 \text{ kN/m}$ 가 재하된 프리스트레스트콘크리트 단순보에 긴장력 $P = 2,000 \text{ kN}$ 이 작용할 때 보에 작용하는 순하향 하중 $[\text{kN/m}]$ 은? (단, 프리스트레스의 손실은 무시한다)



① 4 ② 8 ③ 12 ④ 16

정답 ③

$$\text{등분포상향력, } u = \frac{8Pe}{L^2} = \frac{8 \times 2,000 \times 0.2}{20^2} = 8 \text{ kN/m}$$

$$\text{순하향의 하중, } \omega' = \omega - u = 20 - 8 = 12 \text{ kN/m}$$

문 16. 길이 10 m의 포스트텐서닝 콘크리트 보의 긴장재에 1,500 MPa의 프리스트레스를 도입하여 일단 정착하였더니 정착부 활동이 6 mm 발생하였다. 이때 프리스트레스의 손실률[%]은? (단, 긴장재는 직선으로 배치되어 긴장재와 쉬스의 마찰은 없으며, 탄성계수 $E_p = 200 \text{ GPa}$ 이다)

① 8 ② 10 ③ 12 ④ 14

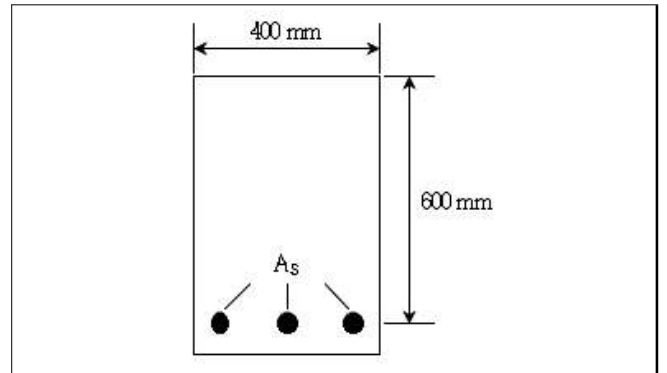
정답 ①

일단 정착장치의 활동에 의한 손실

$$\Delta f = E_{ps} \times \frac{\Delta L}{L} = 200 \times 10^3 \times \frac{6}{10 \times 10^3} = 120 \text{ MPa}$$

$$\text{손실률} = \frac{120}{1,500} \times 100\% = 8\%$$

문 17. 그림과 같은 단철근 직사각형 콘크리트 보에 사용 가능한 최대 인장철근비 ρ_{\max} 는? (단, 콘크리트의 설계기준 압축강도 $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$, 인장철근의 설계기준 항복강도 $f_y = 255 \text{ MPa}$, $\beta_1 = 0.8$ 로 하며, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)



① 0.01 ② 0.02 ③ 0.03 ④ 0.04

정답 ④

$$\beta_1 = 0.85 - 0.007(35 - 28) = 0.801$$

$$\rho_{\max} = 0.85 \beta_1 \frac{f_{ck}}{f_y} \frac{0.003}{0.003 + \epsilon_{t, \min}}$$

$$= 0.85 \times 0.801 \times \frac{35}{255} \times \frac{0.003}{0.003 + 0.004} = 0.0400$$

문 18. 500 mm × 500 mm 정사각형 단면을 가진 비형구속 떠철근 기둥의 장주효과를 무시할 수 있는 최대 비지지길이 $[\text{m}]$ 는? (단, 기둥의 양단은 힌지로 지지되어 있으며, KDS(2016) 설계기준을 적용한다)

① 3.3 ② 4.3 ③ 6.8 ④ 7.9

정답 ①

비형구속시 $\frac{kl_u}{r} \leq 22$ 일 때 장주효과를 무시할 수 있다.

$$\frac{kl_u}{r} \leq 22$$

$$\frac{1.0 \times l_u}{0.3 \times 500} \leq 22$$

$$l_u \leq 3,300 \text{ mm} = 3.3 \text{ m}$$

- 문 19. T형 프리스트레스트콘크리트 단순보에 설계하중이 작용할 때 보의 처짐은 0이었으며, 프리스트레스 도입단계부터 보의 상면에 부착된 변형률 게이지로 측정된 콘크리트 탄성변형률 $\epsilon_c = 4.0 \times 10^{-4}$ 이었다. 이 경우 초기 긴장력 P_i [kN]는? (단, 콘크리트의 탄성계수 $E_c = 25 \text{ GPa}$, T형보의 총단면적 $A_g = 170,000 \text{ mm}^2$, 프리스트레스의 유효율 $R = 0.85$ 이다)
- ① 1,400 ② 1,600 ③ 1,800 ④ 2,000

정답 ④

㉠ 콘크리트 응력

$$f_c = E_c \cdot \epsilon_c = 25,000 \times 4.0 \times 10^{-4} = 10 \text{ MPa}$$

㉡ 유효긴장력

$$P_e = f_c \cdot A_g = 10 \times 170,000 = 1,700 \times 10^3 \text{ N} = 1,700 \text{ kN} = 1,500 \text{ kN}$$

㉢ 초기긴장력

$$P_i = \frac{P_e}{R} = \frac{1,700}{0.85} = 2,000 \text{ kN}$$

- 문 20. KDS(2016) 설계기준에서 제시된 교량 내진설계에 관한 내용 중에서 옳지 않은 것은?

- ① 위험도계수 I 는 평균재현주기가 1,000년인 지진의 유효수평지반가속도 S 를 기준으로 평균재현주기가 다른 지진의 유효수평지반가속도의 상대적 비율을 의미한다.
- ② 교량의 지진하중을 결정하는데 사용되는 지반계수는 지반상태가 탄성지진 응답계수에 미치는 영향을 반영하기 위한 보정계수이다.
- ③ 교량의 내진등급은 중요도에 따라 내진특등급, 내진I등급, 내진II등급으로 분류하며 지방도의 교량은 내진I등급이다.
- ④ 교량이 위치할 부지에 대한 지진지반운동의 유효수평지반가속도 S 는 지진구역계수 Z 에 각 평균재현주기의 위험도계수 I 를 곱하여 결정한다.

정답 ①

① 위험도계수(risk factor)는 평균재현주기가 500년인 지진의 유효수평지반가속도를 기준으로 하여, 평균재현주기가 다른 지진의 유효수평지반가속도를 상대적 비율로 나타낸 계수를 의미한다.