

토목설계

윌비스 장성국 교수

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

○ 총평

2020년 지방직 토목설계 기출문제는 난이도는 형식적인 면에서 쉬운듯한 문제들이지만 그 내용상으로 자세히 들여다보면 어려운 문제들로 구성되어 있다. 이번 토목직 시험에서 토목설계가 중요 변수가 될 가능성이 크다.

첫째, 출제비율을 보면 제3장 보의 휨설계와 제12장 프리스트레스트 콘크리트이다. 모두 8문제가 출제가 되었다.

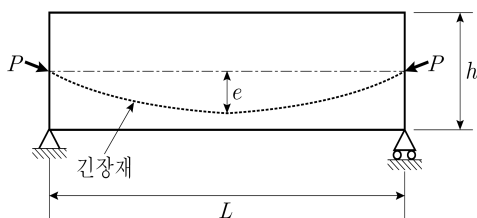
둘째, 제8장 옹벽에서 한 문제도 출제되지 않은 것도 이번 시험의 특징이라고 볼 수 있다. 매년 한 문제씩 출제되는 내용임에도 불구하고 출제가 되지 않았다. 또한 제1장에서도 두 문제 정도 출제되는 부분인데 이번에는 한 문제가 출제가 되었다. 그래서 득점을 높이는 데 불리한 영향을 받았다고 본다.

셋째, 그 외에 각 장에서는 1문제 정도씩 출제되었다. 거의 매년 출제 패턴을 그대로 유지하고 있다.

○ 수험 대책

앞으로는 각 장에서 거의 모든 내용들을 잘 알고 있어야 완벽한 대비가 될 것으로 본다. 그렇지만 수험생 입장에서 많은 부담이 될 것이므로 토목설계도 상당한 부분을 이해하는 수험자세가 필요할 것으로 본다. 물론 응용역학보다 암기성이 강한 과목이지만 향후에 상당한 정도의 이해도 동시에 필요하다.

문 1. 그림과 같이 높이(h)가 800 mm이고, 길이(L)가 20 m인 PSC 단순보에서, 긴장력(P) 8,000 kN을 작용시켰을 때, 긴장력에 의한 등가등분포 상향력 U [kN/m]는? (단, 중앙부 편심(e) 300 mm, 양 단부 편심(e) 0 mm로 2차 포물선으로 긴장재가 배치되어 있으며, 자중 및 긴장력 손실은 무시한다)

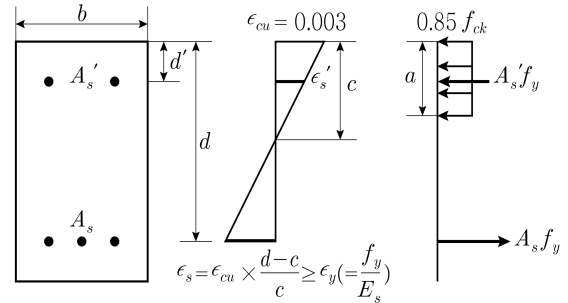


- ① 48 ② 34
③ 20 ④ 16

정답 ①

$$u = \frac{8Pe}{L^2} = \frac{8 \times 8,000 \times 0.3}{20^2} = 48 \text{ kN/m}$$

문 2. 그림과 같은 복철근 직사각형보의 공칭휨강도 M_n 및 등가직사각형 응력블록의 깊이 a 를 구하는 식은? (단, 인장철근 및 압축철근은 항복하였고, 콘크리트 설계기준압축강도는 f_{ck} , 철근의 설계기준항복강도는 f_y 이며, 콘크리트구조 휨 및 압축 설계기준(KDS 14 20 20: 2016)을 따른다)



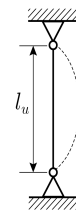
- | | M_n | a |
|---|--|--|
| ① | $A_s' f_y (d - d') + (A_s - A_s') f_y (d - \frac{a}{2})$ | $\frac{(A_s - A_s') f_y}{0.85 f_{ck}}$ |
| ② | $A_s' f_y (d - d') + (A_s - A_s') f_y (d - \frac{a}{2})$ | $\frac{(A_s - A_s') f_{ck}}{0.85 f_y b}$ |
| ③ | $A_s f_y (d - c) + (A_s - A_s') f_y (d - \frac{a}{2})$ | $\frac{(A_s - A_s') f_y}{0.85 f_{ck} b}$ |
| ④ | $A_s' f_y (d - d') + (A_s - A_s') f_y (d - \frac{a}{2})$ | $\frac{(A_s - A_s') f_y}{0.85 f_{ck} b}$ |

정답 ④

$$\text{공칭휨강도 } M_n = (A_s - A_s') f_y (d - \frac{a}{2}) + A_s' f_y (d - d')$$

$$\text{등가압축응력도 } a = \frac{(A_s - A_s') f_y}{0.85 f_{ck} b}$$

문 3. 그림과 같이 기둥의 단부 조건이 양단 힌지이며, 비지지길이가 l_u 인 기둥의 좌굴하중은? (단, E 는 탄성계수, I 는 단면2차모멘트이며, 탄성 좌굴로 거동한다)



- | | |
|----------------------------------|-------------------------------|
| ① $\frac{0.25\pi^2 EI}{(l_u)^2}$ | ② $\frac{\pi^2 EI}{(l_u)^2}$ |
| ③ $\frac{2.04\pi^2 EI}{(l_u)^2}$ | ④ $\frac{4\pi^2 EI}{(l_u)^2}$ |

정답 ②

$$\text{양단힌지기둥 } P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(l_u)^2}$$

문 4. 포스트텐션에 의한 프리스트레스를 도입할 때 발생 가능한 즉시 손실의 원인만을 모두 고르면?

- | | |
|----------------|--------------------|
| ㄱ. 정착장치의 활동 | ㄴ. 콘크리트 크리프 |
| ㄷ. 콘크리트 탄성변형 | ㄹ. 콘크리트 건조수축 |
| ㅁ. PS강재의 릴렉세이션 | ㅂ. PS강재와 쉬스 사이의 마찰 |

- ① ㄱ, ㄴ, ㅁ ② ㄱ, ㄷ, ㅂ
③ ㄴ, ㄷ, ㄹ ④ ㄴ, ㄷ, ㅂ

정답 ②

포스트텐션부재의 즉시손실 원인

- ① 정착장치의 활동
② PS강재와 쉬스 사이의 마찰
③ 콘크리트의 탄성변형

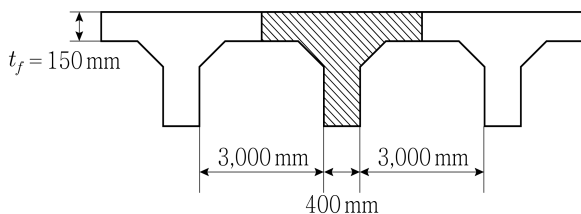
문 5. 편심이 없는 중심 축하중만을 받는 I형 단면을 가진 강재 기둥 설계에 대한 설명으로 옳지 않은 것은? (단, 자중 및 국부좌굴은 고려하지 않는다)

- ① 하중이 임계좌굴하중에 도달하면 기둥은 세장비가 가장 작은 주축에 대해 좌굴이 발생한다.
② 지점조건, 비지지길이, 단면적이 모두 일정할 때 단면의 회전반경이 증가하면 좌굴하중은 증가한다.
③ 탄성좌굴을 유발하는 평균압축응력은 세장비의 제곱에 반비례한다.
④ 좌굴응력이 비례한계보다 작은 경우, 탄성상태에서 좌굴이 발생한다.

정답 ①

좌굴은 세장비가 가장 큰 상태의 주축에 대해서 발생한다.

문 6. 그림과 같이 슬래브와 보를 일체로 타설한 경간이 20m인 단순지지된 철근콘크리트 보가 있다. 빗금친 T형 단면에 대한 내용으로 옳은 것은? (단, 콘크리트구조 해석과 설계 원칙 (KDS 14 20 10: 2016)을 따른다)



- ① t_f 를 180 mm로 증가시키면 빗금친 T형 단면의 유효폭(b)은 증가한다.
② 경간 중앙의 T형 단면에서 종방향 휨모멘트에 의해 슬래브 콘크리트 전체 단면이 종방향 인장응력을 받는다.
③ 등가직사각형 응력블록 깊이(a)가 t_f 보다 크면 직사각형 단면으로 간주하여 해석한다.
④ 빗금친 T형 단면의 유효폭(b)은 3,000 mm이다.

정답 ①

- ① 플랜지의 유효폭 결정
② $16t_f + b_w = 16 \times 150 + 400 = 2,800 \text{ mm}$
③ 양쪽 슬래브의 중심간 거리 = 3,400 mm
④ 지간의 $1/4 = \frac{20,000}{4} = 5,000 \text{ mm}$

플랜지의 유효폭은 2,800 mm이다. 그런데 $t_f = 180 \text{ mm}$ 로 하면 플랜지의 3,280 mm로 늘어난다.

- ② 단순보이므로 경간 중앙에서 (+)휨모멘트가 작용함으로 슬래브에는 압축응력이 작용한다.
③ $a > t_f$ 이면 T형단면으로 해석한다.
④ 플랜지의 유효폭은 2,800 mm이다.

문 7. 암거와 라멘 구조물의 설계에 대한 설명으로 옳은 것은?

- ① 토압이 작용하는 경우 측벽에 작용하는 토압은 깊이에 따라 일정한 직사각형 분포로 고려한다.
② 상자암거 설계에서 활하중을 고려하지 않는다.
③ 매설된 경우에 매설깊이는 고려할 필요가 없다.
④ 라멘 구조물의 경우 일반적으로 수평부재와 연직부재가 만나는 절점부에서 모멘트에 대한 수평부재의 위험단면은 연직부재의 전면으로 볼 수 있다.

정답 ④

- ① 암거의 경우는 사다리꼴 모양의 토압이 분포하게 된다.
② 상자암거에서도 활하중을 상재하중으로 취급하여 설계한다.
③ 암거의 경우에 매설깊이를 고려한다.
④ 부재단의 단면을 산정하기 위한 휨모멘트의 값은 현치의 영향을 고려할 경우 보에 있어서 기둥 전면의 휨모멘트, 기둥의 경우 보의 상, 하면 위치의 휨모멘트를 사용할 수 있다.

문 8. 단면이 두꺼운 매스콘크리트 교량 확대기초 시공 시 온도 균열의 방지나 제어를 위해 고려하는 방안으로 적절하지 않은 것은?

- ① 프리쿨링 또는 파이프쿨링을 적절히 적용한다.
② 1종 시멘트를 조강 시멘트로 대체하여 사용한다.
③ 1회당 콘크리트 타설 높이를 적절하게 나누어 시공한다.
④ 1종 시멘트 대신 중용열 시멘트 또는 저발열 시멘트를 사용한다.

정답 ②

- ② 수화열이 적은 중용열 포틀랜드시멘트를 사용한다.

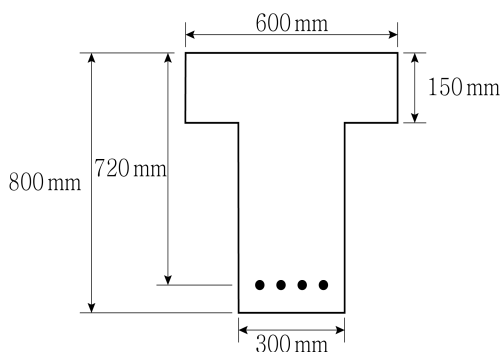
문 9. 휨모멘트와 축력을 받는 철근콘크리트 부재의 설계를 위한 일반 가정으로 옳지 않은 것은? (단, 콘크리트구조 휨 및 압축 설계기준(KDS 14 20 20: 2016)을 따른다)

- ① 인장철근이 설계기준항복강도 f_y 에 대응하는 변형률에 도달하고 동시에 압축연단 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때, 그 단면이 균형변형률 상태에 있다고 본다.
- ② 압축연단 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때 최외단 인장철근의 순인장변형률 ϵ_t 가 압축지배변형률 한계 이하인 단면을 압축지배단면이라고 한다.
- ③ 휨부재의 강도를 증가시키기 위하여 추가 인장철근과 이에 대응하는 압축철근을 사용할 수 있다.
- ④ 압축연단 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때 최외단 인장철근의 순인장변형률 ϵ_t 가 0.003인 단면은 인장지배단면으로 분류된다.

정답 ④

- ④ 압축연단 콘크리트가 가정된 극한변형률인 0.003에 도달할 때 최외단 인장철근의 순인장변형률 ϵ_t 가 SD400이하는 0.005, SD 400초과시에는 항복변형률에 2.5배 이상인 단면을 인장지배단면으로 분류한다.

문 10. 그림과 같은 단면을 가진 T형보에 정모멘트가 작용할 때 극한상태에서의 등가직사각형 응력블록의 깊이 a 가 200 mm라면 콘크리트에 작용하는 압축력의 크기[kN]는? (단, $f_{ck} = 24$ MPa, $f_y = 400$ MPa이며, 콘크리트구조 휨 및 압축 설계기준(KDS 14 20 20: 2016)을 따른다)



- ① 2,142
- ② 2,448
- ③ 2,520
- ④ 2,880

정답 ①

$$\begin{aligned}
 C &= 0.85f_{ck}[bt_f + b_w(a - t_f)] \\
 &= 0.85 \times 24[600 \times 150 + 300 \times (200 - 150)] \\
 &= 2,142 \times 10^3 N \\
 &= 2,142 kN
 \end{aligned}$$

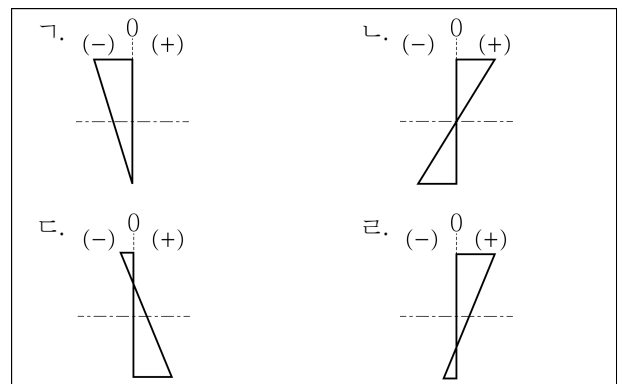
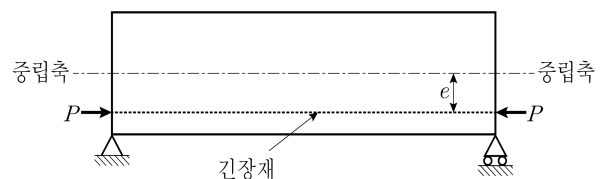
문 11. 전단철근이 부담해야 할 전단력 $V_s = 500$ kN일 때, 전단철근(순직스터립)의 간격 s 를 240 mm로 하면 직사각형 단면에서 필요한 최소 유효깊이 d [mm]는? (단, 보통중량콘크리트이며 $f_{ck} = 36$ MPa, $f_y = 400$ MPa, $b = 400$ mm, 전단철근의 면적 $A_v = 500$ mm²이고, 콘크리트구조 전단 및 비틀림 설계기준(KDS 14 20 22: 2016)을 따른다. 또한, 전단철근 최대간격 기준을 만족한다)

- ① 550
- ② 600
- ③ 650
- ④ 700

정답 ②

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v f_{yt} d}{s} \\
 500 \times 10^3 &= \frac{500 \times 400 \times d}{240} \\
 \therefore d &= 600 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

문 12. 그림과 같이 중립축으로부터 편심거리 e 만큼 떨어진 지점에 긴장력 P 를 작용시킨 프리스트레스트 콘크리트(PSC)보의 중앙 단면에서의 응력 분포로 적절한 것은? (단, PSC 보의 프리스트레스만을 고려하고 자중은 무시하며, (+)는 압축응력, (-)는 인장응력으로 정의한다. 단면은 직사각형이며, 이외 다른 조건은 고려하지 않는다)

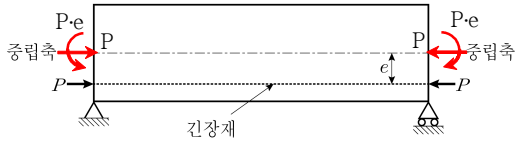


- ① ㉠
- ② ㉡
- ③ ㉢
- ④ ㉣

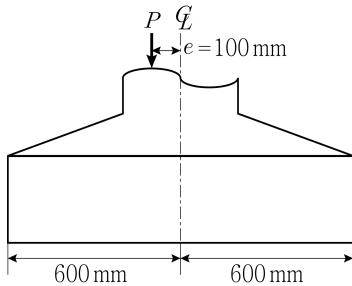
정답 ③

편심하중을 도심축으로 이동시키면 축방향압축력과 (-)편심모멘트가 작용하게 된다.

하연은 압축응력이 되고 상연은 축응력과 휨응력의 크기에 따라 압축응력, 인장응력 또는 응력이 영이 될 수도 있다. 여기에 해당되는 응력도는 ㄷ이다.



문 13. 그림과 같이 기초에 편심하중이 작용할 때 기초 저면에 생기는 응력 분포 형상은? (단, 단위폭으로 고려하고, $e = 100\text{ mm}$, 지반 조건은 균일하며, 자중은 무시한다)

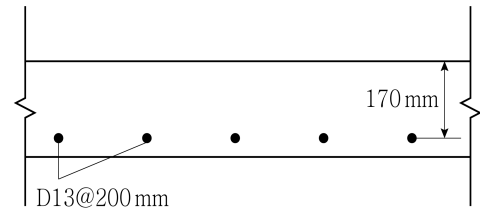


- ①
- ②
- ③
- ④

정답 ②

편심거리 $e = 100\text{ mm} < \frac{B}{6} (= \frac{1,200}{6}) = 200\text{ mm}$ 이므로 사다리꼴 분포의 지반반력이 작용한다.

문 14. 그림과 같이 1방향 슬래브 단면에 주철근으로 D13 철근을 200 mm 간격으로 보강하여 휨설계를 하고자 할 때, 등가직사각형 응력블록의 깊이 a [mm]는? (단, D13 철근 하나의 공칭단면적은 126 mm^2 로 하고, 유효깊이 $d = 170\text{ mm}$, $f_{ck} = 21\text{ MPa}$, $f_y = 340\text{ MPa}$ 이며, 콘크리트구조 휨 및 압축 설계기준(KDS 14 20 20: 2016)을 따른다)



- ① 9.0
② 10.5
③ 12.0
④ 12.6

정답 ③

1방향 슬래브는 폭이 1m인 직사각형단면으로 설계한다.

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_{ck} b} = \frac{(5 \times 126) \times 340}{0.85 \times 21 \times 1,000} = 12\text{ mm}$$

문 15. 철근콘크리트 구조물에서 부작 철근의 중심 간격이 $5(c_c + d_b/2)$ 이하인 경우, 설계 균열폭을 감소시킬 수 있는 방법으로 옳지 않은 것은? (단, c_c 는 최외단 인장철근의 최소피복두께, d_b 는 철근 공칭지름을 의미하며, 콘크리트구조 사용성 설계기준(KDS 14 20 30: 2016)을 따른다)

- ① 원형철근 대신 이형철근을 사용한다.
② 철근의 순피복 두께를 크게 한다.
③ 동일한 철근비에 대해 지름이 작은 철근을 사용한다.
④ 동일한 철근 지름에 대해 철근비를 크게 한다.

정답 ②

② 순피복 두께를 크게 하면 균열폭은 증가하게 된다.

문 16. 휨부재에서 $f_{ck} = 25\text{ MPa}$, $f_y = 500\text{ MPa}$ 일 때 인장 이형철근(D25)의 겹침이음 길이[mm]는? (단, 콘크리트구조 정착 및 이음 설계기준(KDS 14 20 52: 2016)을 따르며, $\lambda = 1.0$, $d_b = 25\text{ mm}$, $\frac{\text{배근 철근량}}{\text{소요 철근량}} = 1.5$ 로 한다)

- ① 1,500
② 1,650
③ 1,800
④ 1,950

정답 ④

소요철근량에 대한 배근 철근량이 2미만해 해당됨으로 B급 이음으로 $1.3l_d$ 이상이어야 하고 300mm 이상이어야 한다. 또한 l_d 를 구할 때 철근보정계수 $\frac{\text{소요 } A_s}{\text{배근 } A_s}$ 는 적용하지 않는다.

$$1.3l_d = 1.3 \times \left[\frac{0.6 d_b f_y}{\lambda \sqrt{f_{ck}}} \times \text{보정계수} \right] = 1.3 \times \left[\frac{0.6 \times 25 \times 500}{1.0 \times \sqrt{25}} \right] = 1,950\text{ mm}$$

문 17. 폭이 400 mm, 높이가 400 mm인 철근콘크리트 보에 대해 비틀림의 영향을 무시할 수 없는 계수 비틀림모멘트의 최솟값 [kN·m]은? (단, $f_{ck} = 36$ MPa인 보통중량콘크리트 보이며, 콘크리트구조 전단 및 비틀림 설계기준(KDS 14 20 22: 2016)을 따르고, 비틀림모멘트만을 고려한다)

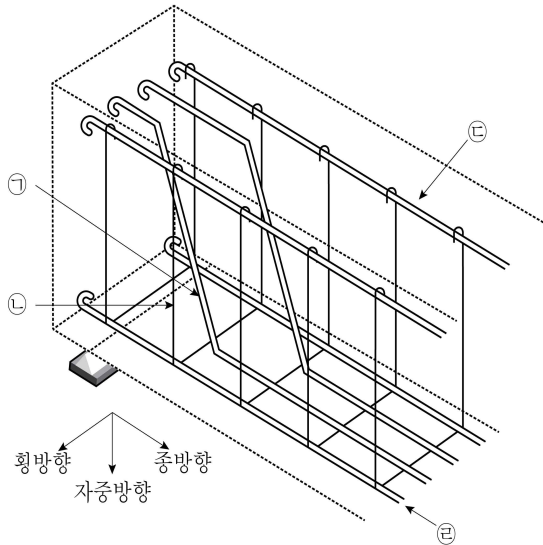
- ① 4
② 6
③ 8
④ 10

정답 ②

$$T_u \geq \phi \left(\frac{\lambda \sqrt{f_{ck}}}{12} \right) \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} = 0.75 \left(\frac{1.0 \times \sqrt{36}}{12} \right) \times \frac{(400 \times 400)^2}{4 \times 400}$$

$$= 6 \times 10^6 N \cdot mm = 6 kN \cdot m$$

문 18. 그림은 철근콘크리트 단순보에서 철근 배근을 표현한 것이다. 자중의 영향만을 고려할 때 전단철근과 지간 중앙에서의 압축철근을 바르게 연결한 것은? (단, 왼쪽 하단에 지점으로 지지되어 있다)



	전단철근	압축철근
①	㉠, ㉡	㉢
②	㉠, ㉡	㉣
③	㉡, ㉣	㉠
④	㉡, ㉣	㉢

정답 ①

단순보에 자중만 작용하므로 전구간에 걸쳐 (+)휨모멘트가 작용하고 있다.

㉠ : 굽힘철근(절곡철근)

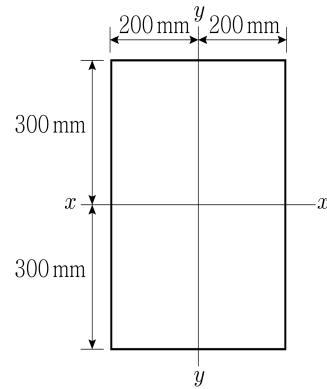
㉡ : 수직 스테럽

㉢ : 휨압축철근

㉣ : 휨인장철근

따라서 전단철근은 ㉠과 ㉡이고 압축철근은 ㉢이다.

문 19. 그림과 같은 동일 재료의 강재로 만들어진 직사각형 단면에 대해 $x-x$ 축에 대한 소성단면계수 [$\times 10^6 \text{ mm}^3$]는? (단, 좌굴은 고려하지 않는다)



- ① 6
② 12
③ 24
④ 36

정답 ④

$$\text{소성계수, } Z = \frac{bh^2}{4} = \frac{400 \times 600^2}{4} = 36 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

문 20. 토목 철근콘크리트 구조물의 설계 방법에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① 허용응력설계법은 구조물을 안전하게 설계하기 위해 하중에 의해 부재에 유발된 응력이 허용응력을 초과하였는지를 검증한다.
② 한계상태설계법은 하중과 재료에 대하여 각각 하중계수와 재료계수를 사용하여 이들의 특성을 설계에 합리적으로 반영한다.
③ 설계법은 이론, 재료, 설계 및 시공 기술 등의 발전과 더불어 강도설계법 → 허용응력설계법 → 한계상태설계법 순서로 발전되었다.
④ 강도설계법은 기본적으로 부재의 파괴상태 또는 파괴에 가까운 상태에 기초를 둔 설계법이다.

정답 ③

설계법은 허용응력설계법 → 강도설계법 → 한계상태설계법의 순서로 발달되어 왔다.