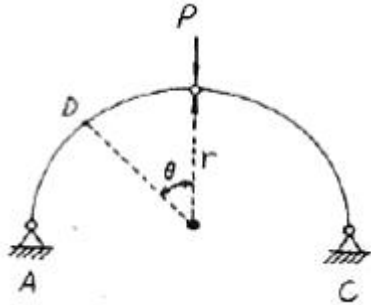


1과목 : 응용역학

1. 그림과 같은 반경이 r인 반원 아치에서 D점의 축방향력 N_D 의 크기는 얼마인가?

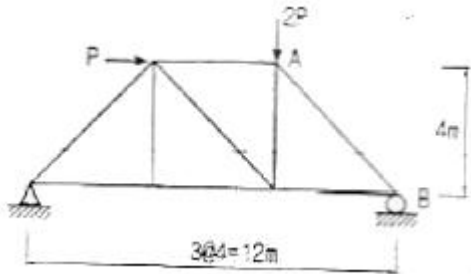


- ① $N_D = \frac{P}{2}(\cos\theta - \sin\theta)$ ② $N_D = \frac{P}{2}(r\cos\theta - \sin\theta)$
 ③ $N_D = \frac{P}{2}(\cos\theta - r\sin\theta)$ ④ $N_D = \frac{P}{2}(\sin\theta + \cos\theta)$

2. 직경 D인 원형 단면의 단면 계수는?

- ① $\frac{\pi D^4}{64}$ ② $\frac{\pi D^3}{64}$
 ③ $\frac{\pi D^4}{32}$ ④ $\frac{\pi D^3}{32}$

3. 다음 트러스에서 AB부재의 부재력으로 옳은 것은?

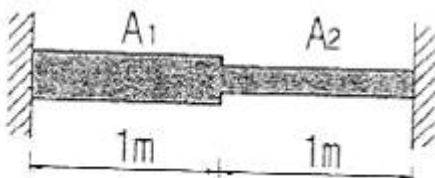


- ① 1.179 P(압축) ② 2.357 P(압축)
 ③ 1.179 P(인장) ④ 2.357 P(인장)

4. 15cm×30cm의 직사각형 단면을 가진 길이 5m인 양단힌지 기둥이 있다. 세장비 λ 는?

- ① 57.7 ② 74.5
 ③ 115.5 ④ 149

5. 그림과 같이 단면적이 $A_1=100\text{cm}^2$ 이고, $A_2=50\text{cm}^2$ 인 부재가 있다. 부재 양끝은 고정되어 있고 온도가 10°C 내려갔다. 온도 저하로 인해 유발되는 단면력은? (단, $E=2.1 \times 10^8\text{kg/cm}^2$, 선팽창계수(α)= $1 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$)



- ① 10,500kg ② 14,000kg
 ③ 15,750kg ④ 21,000kg

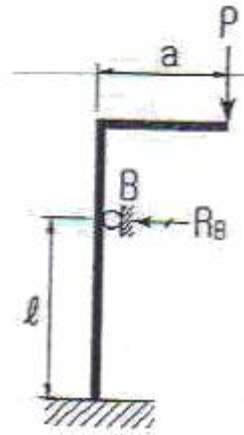
6. 평면응력상태 하에서의 모아(Mohr)의 응력원에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 최대 전단응력의 크기는 두 주응력의 차이와 같다.
 ② 모아 원의 중심의 x좌표값은 직교하는 두 축의 수직응력의 평균값과 같고 y좌표값은 0이다.
 ③ 모아 원이 그려지는 두 축 중 연직(y)축은 전단응력의 크기를 나타낸다.
 ④ 모아 원으로부터 주응력의 크기와 방향을 구할 수 있다.

7. 길이 20cm, 단면 20cm×20cm인 부재에 100t의 전단력이 가해졌을 때 전단 변형량은? (단, 전단 탄성계수 $G=80000\text{kg/cm}^2$ 이다.)

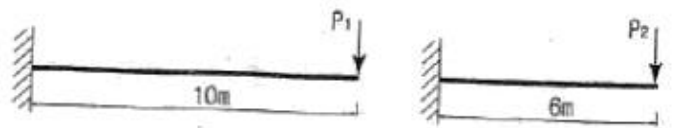
- ① 0.0625cm ② 0.00625cm
 ③ 0.0725cm ④ 0.00725cm

8. 다음 구조물에서 B점의 수평방향 반력 R_B 를 구한 값은? (단, ℓ 는 일정)



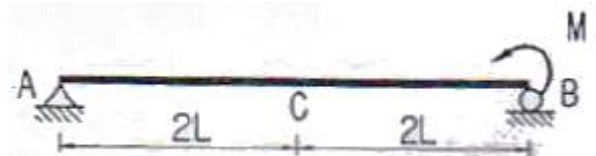
- ① $\frac{3Pa}{2l}$ ② $\frac{3Pl}{2a}$
 ③ $\frac{2Pa}{3l}$ ④ $\frac{2Pl}{3a}$

9. 재질과 단면이 같은 아래 2개의 캔틸레버에서 자유단의 처짐을 같게 하는 P_1/P_2 의 값으로 옳은 것은?



- ① 0.112 ② 0.187
 ③ 0.216 ④ 0.308

10. 그림과 같은 단순보에 모멘트 하중 M이 B단에 작용할 때 C점에서의 처짐은?

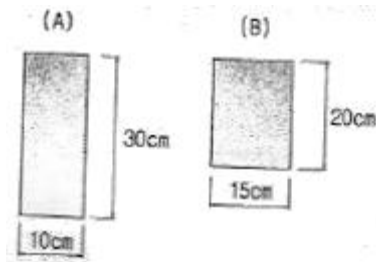


- ① $\frac{ML^2}{8EI}$
- ② $\frac{ML^2}{4EI}$
- ③ $\frac{ML^2}{2EI}$
- ④ $\frac{ML^2}{EI}$

11. 강재에 탄성한도보다 큰 응력을 가한 후 그 응력을 제거한 후 장시간 방치하여도 얼마간의 변형이 남게 되는데 이러한 변형을 무엇이라 하는가?

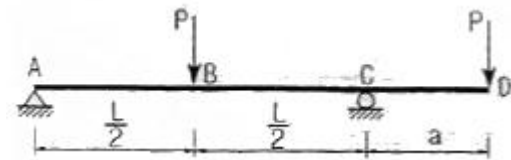
- ① 탄성변형
- ② 피로변형
- ③ 소성변형
- ④ 취성변형

12. 그림과 같은 단면을 갖는 부재(A)와 부재(B)가 있다. 동일 조건의 보에 사용하고 재료의 강도도 같다면, 휨에 대한 강도를 비교한 설명으로 옳은 것은?



- ① 보(A)는 보(B)보다 휨에 대한 강성이 2.0배 크다.
- ② 보(B)는 보(A)보다 휨에 대한 강성이 2.0배 크다.
- ③ 보(B)는 보(A)보다 휨에 대한 강성이 1.5배 크다.
- ④ 보(A)는 보(B)보다 휨에 대한 강성이 1.5배 크다.

13. 다음 내민보에서 B점의 모멘트와 C점의 모멘트의 절대값의 크기를 같게 하기 위한 L/a의 값을 구하면?

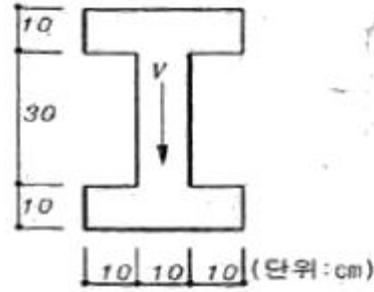


- ① 6
- ② 4.5
- ③ 4
- ④ 3

14. 탄성변형에너지는 외력을 받는 구조물에서 변형에 의해 구조물에 축적되는 에너지를 말한다. 탄성체이며 선형거동을 하는 길이가 L인 캔틸레버보에 집중하중 P가 작용할 때 굽힘모멘트에 의한 탄성 변형에너지는? (단, E는 일정)

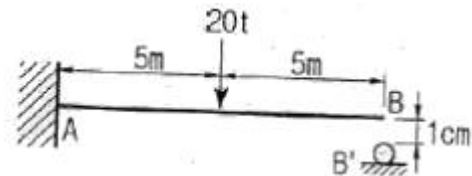
- ① $\frac{P^2L}{6EI}$
- ② $\frac{P^2L^2}{2EI}$
- ③ $\frac{P^2L^3}{6EI}$
- ④ $\frac{P^2L^3}{2EI}$

15. 그림과 같은 단면에 전단력 V=60t이 작용할 때 최대 전단응력은 약 얼마인가?



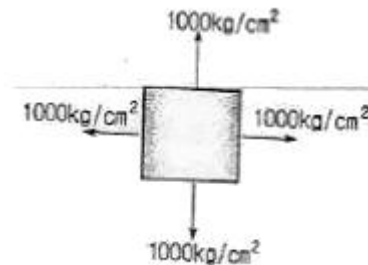
- ① 127kg/cm²
- ② 160kg/cm²
- ③ 198kg/cm²
- ④ 213kg/cm²

16. 그림과 같은 캔틸레버보에서 하중을 받기전 B점의 1cm 아래에 받침부(B')가 있다. 하중 20t이 보의 중앙에 작용할 경우 B'에 작용하는 수직반력의 크기는? (단, EI=2.0×10¹²kg·cm²이다.)



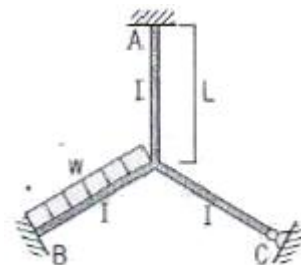
- ① 200kg
- ② 250kg
- ③ 300kg
- ④ 350kg

17. 그림과 같이 이축응력(二軸應力)을 받고 있는 요소의 체적변형율은? (단, 탄성계수 E=2×10⁶kg/cm², 프와송비 ν=0.3)



- ① 2.7×10⁻⁴
- ② 3.0×10⁻⁴
- ③ 3.7×10⁻⁴
- ④ 4.0×10⁻⁴

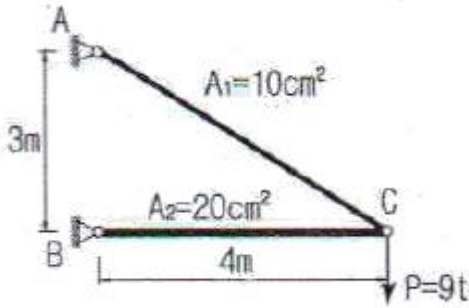
18. 다음 그림에서 A점 모멘트 반력은 ?(단 각 부재의 길이는 동일함.)



- ① $M_A = \frac{wL^2}{12}$
- ② $M_A = \frac{wL^2}{24}$
- ③ $M_A = \frac{wL^2}{72}$
- ④ $M_A = \frac{wL^2}{66}$

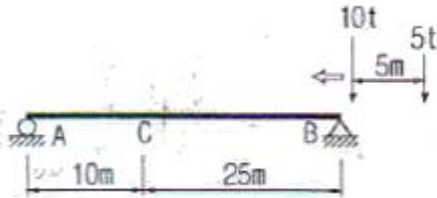
19. 그림과 같은 강재(steel) 구조물이 있다. AC, BC 부재의 단면적은 각각 10cm², 20cm²이고 연직하중 P=9t이 작용할

때 C점의 연직처짐을 구한 값은? (단, 강재의 종탄성계수는 $2.05 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$ 이다.)



- ① 1.022cm ② 0.766cm
- ③ 0.518cm ④ 0.383cm

20. 단순보 AB위에 그림과 같은 이동하중이 지날 때 A점으로부터 10m 떨어진 C점의 최대 휨모멘트는?



- ① 85t ② 95t
- ③ 100t ④ 115t

2과목 : 측량학

21. 시가지에서 25변형 폐합트래버스측량을 한 결과 측각오차가 1' 5"이었을 때, 이 오차의 처리는? (단, 시가지에서의 허용 오차: $\sqrt{n} \sim 30 \sqrt{n}$, n:트래버스의 측점 수, 각 측정의 정확도는 같다.)

- ① 오차를 각 내각에 균등배분 조정한다.
- ② 오차가 너무 크므로 재측(再測)을 하여야 한다.
- ③ 오차를 내각(內角)의 크기에 비례하여 배분 조정한다.
- ④ 오차를 내각(內角)의 크기에 반비례하여 배분 조정한다.

22. 줄자로 거리를 관측할 때 한 구간 20m의 정오차가 +2mm 라면 전 구간 200m를 측정했을 때 정오차는?

- ① +0.2mm ② +0.63mm
- ③ +6.3mm ④ +20mm

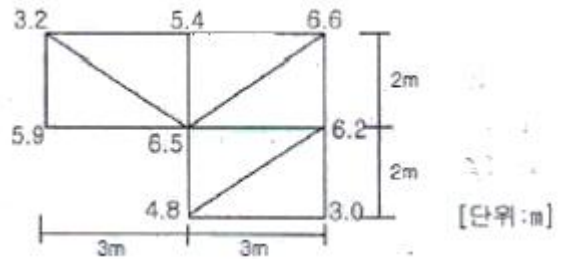
23. 삼각형의 토지면적을 구하기 위해 밑변 a와 높이 h를 구하였다. 토지의 면적과 표준오차는? (단, $a=15 \pm 0.015\text{m}$, $h=25 \pm 0.025\text{m}$)

- ① $187.5 \pm 0.04\text{m}^2$ ② $187.5 \pm 0.27\text{m}^2$
- ③ $375.0 \pm 0.27\text{m}^2$ ④ $375.0 \pm 0.53\text{m}^2$

24. 지형공간정보체계의 활용분야 중 토목분야의 시설물을 관리하는 정보체계는?

- ① TIS ② LIS
- ③ NDIS ④ FMS

25. 대상구역을 삼각형으로 분할하여 각 교점의 표고를 측량한 결과가 그림과 같을 때 토공량은?



- ① 98m³ ② 100m³
- ③ 102m³ ④ 104m³

26. 트래버스측량의 각 관측 방법 중 방위각법에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 진북을 기준으로 어느 측선까지 시계 방향으로 측정하는 방법이다.
- ② 험준하고 복잡한 지역에서는 적합하지 않다.
- ③ 각각이 독립적으로 관측되므로 오차 발생시, 각각의 오차는 이후의 측량에 영향이 없다.
- ④ 각 관측값의 계산과 제도가 편리하고 신속히 관측할 수 있다.

27. 노선측량의 단곡선 설치 방법 중 간단하고 신속하게 작업할 수 있어 철도, 도로 등의 시설곡선 검사에 주로 사용되는 것은?

- ① 중앙중거법
- ② 편각설치법
- ③ 절선편거와 현편거에 의한 방법
- ④ 절선에 대한 지거에 의한 방법

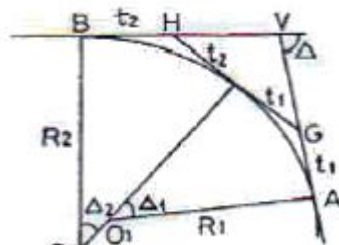
28. 축척 1:1500 지도상의 면적을 잘못하여 축척 1:1000으로 측정하였더니 10000m²가 나왔다면 실제면적은?

- ① 4444m² ② 6667m²
- ③ 15000m² ④ 22500m²

29. 곡선 반지름이 500m인 단곡선의 종단현이 15.343m이라면 이에 대한 편각은?

- ① 0° 31' 37" ② 0° 43' 19"
- ③ 0° 52' 45" ④ 1° 04' 26"

30. 그림과 같은 복곡선에서 t1+t2의 값은?



- ① $R_1(\tan \Delta_1 + \tan \Delta_2)$ ② $R_2(\tan \Delta_1 + \tan \Delta_2)$
- ③ $R_1 \tan \Delta_1 + \tan \Delta_2$ ④ $R_1 \tan \frac{\Delta_1}{2} + R_2 \tan \frac{\Delta_2}{2}$

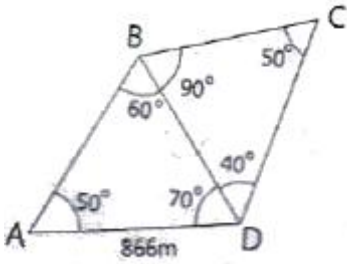
31. 축척 1:5000 지형도 상에서 어떤 산의 상부로부터 하부까지의 거리가 50mm이다. 상부의 표고가 125m, 하부의 표고가 75m이며 등고선의 간격이 일정할 때 이 사면의 경사는?

- ① 10%
- ② 15%
- ③ 20%
- ④ 25%

32. 초점거리 15.3cm의 카메라로 찍은 축척 1:20000인 연직사진에서 주점으로부터의 거리가 60.3mm인 지점의 비고가 200m라면 이 비교에 의한 기복 변위량은?(관련 규정 개정 전 문제로 여기서는 기존 정답인 2번을 누르면 정답 처리됩니다. 자세한 내용은 해설을 참고하세요.)

- ① 3.7mm
- ② 3.9mm
- ③ 4.1mm
- ④ 4.3mm

33. 그림과 같은 삼각망에서 CD의 거리는?



- ① 1732m
- ② 1000m
- ③ 866m
- ④ 750m

34. 양수표의 설치 장소로 적합하지 않은 곳은?

- ① 상, 하류 최소 50m 정도의 곡선인 장소
- ② 홍수시 유실 또는 이동의 염려가 없는 장소
- ③ 수위가 교각 및 그 밖의 구조물에 의해 영향을 받지 않는 장소
- ④ 평상시는 물론 홍수때에도 쉽게 양수표를 읽을 수 있는 장소

35. A, B, C 각 점에서 P점까지 수준측량을 한 결과가 표와 같다. 거리에 대한 경중률을 고려한 P점의 표고 최확값은?

| 측량경로 | 거리 | P점의 표고 |
|------|-----|----------|
| A→P | 1km | 135.487m |
| B→P | 2km | 135.563m |
| C→P | 3km | 135.603m |

- ① 135.529m
- ② 135.551m
- ③ 135.563m
- ④ 135.570m

36. 항공사진의 표정작업 중 수준면의 결정 및 사진축척을 결정하는 표정은?(관련 규정 개정 전 문제로 여기서는 기존 정답인 2번을 누르면 정답 처리됩니다. 자세한 내용은 해설을 참고하세요.)

- ① 접합표정
- ② 절대표정
- ③ 상호표정
- ④ 내부표정

37. 다음 설명 중 틀린 것은?

- ① 지자기 측량은 지자기가 수평면과 이루는 방향 및 크기를 결정하는 측량이다.
- ② 지구의 운동이란 극운동 및 자전운동을 의미하며, 이들을 조사함으로써 지구의 운동과 지구내부의 구조 및 다른 행성과의 관계를 파악할 수 있다.
- ③ 지도제작에 관한 지도학은 입체인 구면상에서 측량한 결과를 평면인 도지 위에 정확히 표시하기 위한 투영법을 포함하고 있다.

④ 탄성과 측량은 지진조사, 광물탐사에 이용되는 측량으로 지표면으로부터 낮은 곳은 반사법, 깊은 곳은 굴절점을 이용한다.

38. 측량에서 일적으로 지구의 곡률을 고려하지 않아도 되는 최대 범위는? (단, 거리의 정밀도는 10^{-6} 까지 허용하며 지구 반지름은 6370km 이다.)

- ① 약 100km 이내
- ② 약 380km 이내
- ③ 약 1000km 이내
- ④ 약 1200km 이내

39. 평판측량의 방사법에 관한 설명으로 옳은 것은?

- ① 기기를 통한 관측으로 구성하고자 하는 미지점의 좌표를 직접 얻을 수 있는 방법으로 지형의 모습을 도해적으로 직접 확인할 수 있는 장점이 있다.
- ② 기준점을 두 점 이상 취하여 기준점으로부터 미지점을 시준하여 방향선을 교차시켜 도면상에서 미지점의 위치를 결정하는 방법이다.
- ③ 어느 한 점에서 출발하여 측정점의 방향과 거리를 측정하고 다른 측정점으로 평판을 옮겨 차례로 측정하는 방법으로 측량 지역이 좁고 긴 경우에 적합하다.
- ④ 한 지점에 평판을 세우고 방향과 거리를 측정하는 방법으로 시준을 방해하는 장애물이 없고 비교적 좁은 지역에 대측적으로 세부측량을 할 경우 효율적이다.

40. 수준측량에서 레벨의 조정이 불완전하여 시준선이 기포관축과 평행하지 않을 때 생기는 오차의 소거 방법으로 옳은 것은?

- ① 정위, 반위로 측정하여 평균한다.
- ② 지반이 견고한 곳에 표척을 세운다.
- ③ 전시와 후시의 시준거리를 같게 한다.
- ④ 시작점과 종점에서의 표척을 같은 것을 사용한다.

3과목 : 수리학 및 수문학

41. 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 토리첼리 정리는 위치수두를 속도수두로 바꾸는 경우이다.
- ② 직사각형 위어에서 유량은 월류수심(H)의 $H^2/3$ 에 비례한다.
- ③ 베르누이 방정식이란 일종의 에너지 보존 법칙이다.
- ④ 연속방정식이란 일종의 질량 보존의 법칙이다.

42. 수중에 설치된 오리피스 수두차가 최대 4.9m이고 오리피스의 유량계수가 0.5일 때 오리피스 유량의 근사값은? (단, 오리피스의 단면적은 $0.01m^2$ 이고, 점근유속은 무시한다.)

- ① $0.025m^3/s$
- ② $0.049m^3/s$
- ③ $0.098m^3/s$
- ④ $0.196m^3/s$

43. 피압 지하수를 설명한 것으로 옳은 것은?

- ① 하상 밑의 지하수
- ② 어떤 수원에서 다른 지역으로 보내지는 지하수
- ③ 지하수와 공기가 접해있는 지하수면을 가지는 지하수
- ④ 두 개의 불투수층 사이에 끼어 있어 대기압보다 큰 압력을 받고 있는 대수층의 지하수

44. 양수기의 동력 [kW]을 구하는 공식으로 옳은 것은? (단, Q: 유량 [m^3/sec], η : 양수기의 효율, H: 총 양정 [m])

- ① $E=9.8HQ\eta$
- ② $E=13.33HQ\eta$

③ $E = 9.8 \frac{QH}{\eta}$ ④ $E = 13.33 \frac{QH}{\eta}$

45. 속도변화를 Δv , 질량을 m 이라 할 때, Δt 시간동안 이 물체에 작용하는 외력 F 에 대한 운동량 방정식은?

- ① $\frac{m \cdot \Delta t}{\Delta v}$ ② $m \cdot \Delta v \cdot \Delta t$
 ③ $\frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}$ ④ $m \cdot \Delta t$

46. 개수로에서 도수 발생시 사류 수심을 h_1 , 사류의 Froude수를 Fr_1 이라 할 때, 상류 수심 h_2 를 나타낸 식은?

- ① $h_2 = -\frac{h_1}{2}(1 - \sqrt{1 + 8Fr_1^2})$
 ② $h_2 = -\frac{h_1}{2}(1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2})$
 ③ $h_2 = -\frac{h_1}{2}(1 - \sqrt{1 - 8Fr_1^2})$
 ④ $h_2 = \frac{h_1}{2}(1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2})$

47. 직각삼각형 예연 위어의 월류수심이 30cm일 때 이 위어를 통과하여 1시간 동안 방출된 수량은? (단, 유량계수(C)=0.6)

- ① 0.069m³ ② 0.091m³
 ③ 251.3m³ ④ 318.8m³

48. 강우강도에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 강우깊이(mm)가 일정할 때 강우지속 시간이 길면 강우강도는 커진다.
 ② 강우강도와 지속시간의 관계는 Talbot, Sherman, Japanese형 등의 경험공식에 의해 표현된다.
 ③ 강우강도식은 지역에 따라 다르며, 자기우량계의 우량자료로부터 그 지역의 특성 상수를 결정한다.
 ④ 강우강도식은 댐, 우수관거 등의 수공구조물의 중요도에 따라 그 설계 재현기간이 다르다.

49. 관수로 내의 손실수두에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 관수로 내의 모든 손실수두는 속도수두에 비례한다.
 ② 마찰손실 이외의 손실수두를 소손실(minor loss)이라 한다.
 ③ 물이 관수로 내에서 큰 수조로 유입할 때 출구의 손실수두는 속도수두와 같다고 가정할 수 있다.
 ④ 마찰손실수두는 모든 손실수두 가운데 가장 크며 이것은 마찰손실계수를 속도수두에 곱한 것이다.

50. 대기압이 762mmHg로 나타날 때 수은주 305mm의 진공에 해당하는 절대압력의 근사값은? (단, 수은의 비중은 13.6이다.)

- ① 41N/m² ② 61N/m²
 ③ 40650N/m² ④ 60909N/m²

51. Darcy의 법칙($v=k \cdot i$)에 관한 설명으로 틀린 것은? (단, k는 투수계수, i는 동수경사)

- ① Darcy의 법칙은 물의 흐름이 층류일 경우에만 적용 가능하고, 흐름 방향과는 무관하다.

- ② 대수층의 유속은 동수경사에 비례한다.
 ③ 유속 v는 입자 사이를 흐르는 실제유속을 의미한다.
 ④ 투수계수 k는 흡입자 크기, 공극률, 물의 점성계수 등에 관계된다.

52. 내경 10cm의 관수로에 있어서 관벽의 마찰에 의한 손실수두가 속도수두와 같을 때 관의 길이는? (단, 마찰손실계수(f)는 0.03이다.)

- ① 2.21m ② 3.33m
 ③ 4.99m ④ 5.46m

53. 지하수의 연직분포를 크게 나누면 통기대와 포화대로 나눌 수 있다. 다음 중 통기대에 속하지 않는 것은?

- ① 토양수대 ② 중간수대
 ③ 모관수대 ④ 지하수대

54. 강우로 인한 유수가 그 유역 내의 가장 먼 지점으로부터 유역출구까지 도달하는데 소요되는 시간을 의미하는 것은?

- ① 강우지속시간 ② 지체시간
 ③ 도달시간 ④ 기저시간

55. 다음 중 무차원이 아닌 것은?

- ① 후르드 수 ② 투수계수
 ③ 운동량 보정계수 ④ 비중

56. 그림과 같은 지름 3m, 길이 8m인 수문에 작용하는 전수압 수평분력 작용점까지의 수심은?



- ① 2.00m ② 2.12m
 ③ 2.34m ④ 2.43m

57. 하천의 모형실험에 주로 사용되는 상사법칙은?

- ① Froude의 법칙 ② Reynolds의 상사법칙
 ③ Weber의 상사법칙 ④ Cauchy의 상사법칙

58. DAD 해석에 관계되는 요소로 짝지어진 것은?

- ① 수심, 하천 단면적, 홍수기간
 ② 강우깊이, 면적, 지속기간
 ③ 적설량, 분포면적, 적설일수
 ④ 강우량, 유수단면적, 최대수심

59. 단위유량도(Unot hydrograph)에 대한 설명으로 틀린 것은?

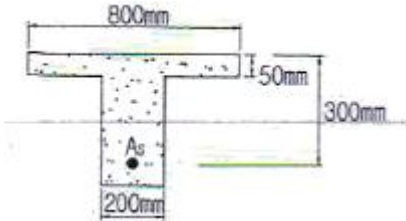
- ① 동일한 유역에 강도가 다른 강우에 대해서도 지속기간이 같으면 기저시간도 같다.
 ② 일정시간 동안에 n배 큰 강도의 강우 발생시 수문곡선 종거는 n배 커진다.
 ③ 지속기간이 비교적 긴 강우사상을 택하여 해석하여야 정확한 결과가 얻어진다.
 ④ n개의 강우로 인한 총 유출수문 곡선은 이들 n개의 수문 곡선 종거를 시간에 따라 합함으로써 얻어진다.

60. 배수(back water)에 대한 설명 중 옳은 것은?

- ① 개수로의 어느 곳에 댐 등으로 인하여 흐름차단이 발생함으로써 수위가 상승되는 영향이 상류쪽으로 미치는 현상을 말한다.
- ② 수자원 개발을 위하여 저수지에 물을 가두어 두었다가 용수 부족시에 사용하는 물을 말한다.
- ③ 홍수시에 제내지에 만든 유수지의 수면이 상승되는 현상을 말한다.
- ④ 관수로 내의 물을 급격히 차단할 경우 관내의 상승 압력으로 인하여 습파가 생겨서 상류쪽으로 습파가 전달되는 현상을 말한다.

4과목 : 철근콘크리트 및 강구조

61. 그림과 같은 T형 단면의 보에서 설계 휨모멘트강도(ϕMn)을 구하면? (단, 과소 철근보이고, $f_{ck}=21MPa$, $f_u=400MPa$, $A_s=1926mm^2$ 이고, 인장지배단면이다.)



- ① 152.3kN · m
- ② 178.6kN · m
- ③ 197.8kN · m
- ④ 215.2kN · m

62. 폭이 300mm, 유효깊이가 500mm인 단철근 직사각형보 단면에서 $f_{ck}=35MPa$, $f_u=350MPa$ 일 때, 강도설계법으로 구한 균형철근량은 약 얼마인가?(2022년 개정된 규정 적용됨)

- ① 5285mm²
- ② 5890mm²
- ③ 6600mm²
- ④ 7235mm²

63. 자중을 포함한 계수등분포하중 75kN/m를 받는 단철근 직사각형단면 단순보가 있다. $f_{ck}=28MPa$, 경간은 8m이고, $b=400mm$, $d=600mm$ 일 때 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 위험단면에서의 전단력은 255kN이다.
- ② 콘크리트가 부담할 수 있는 전단강도는 211.7kN이다.
- ③ 부재축에 직각으로 스티럽을 설치하는 경우 그 간격은 300mm 이하로 설치하여야 한다.
- ④ 최소 전단철근을 포함한 전단철근이 필요한 구간은 지점으로부터 1.92m까지이다.

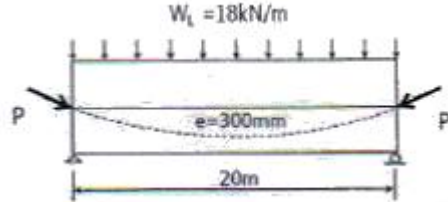
64. 철근 콘크리트 강도설계법의 기본 사정에 관한 사항 중 옳지 않은 것은?

- ① 압축측 콘크리트의 최대 변형률은 0.0033으로 가정한다.
- ② 철근 및 콘크리트의 변형률은 중립축으로부터의 거리에 비례한다.
- ③ 설계기준항복강도 f_y 는 450MPa를 초과하여 적용할 수 없다.
- ④ 콘크리트 압축 응력 분포는 등가 직사각형 분포로 생각해도 좋다.

65. 과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 지지 또는 부착한 지붕 또는 바닥구조의 최대 허용처짐은? (단, l 은 부재의 길이이고, 콘크리트구조기준 교정을 따른다.)

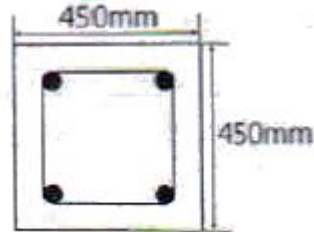
- ① $\frac{l}{180}$
- ② $\frac{l}{240}$
- ③ $\frac{l}{360}$
- ④ $\frac{l}{480}$

66. 그림과 같이 긴장재를 포물설로 배치하고, $P=2500kN$ 으로 긴장했을 때 발생하는 등분포 상향력을 증가하중의 개념으로 구한 값은?



- ① 10kN/m
- ② 15kN/m
- ③ 20kN/m
- ④ 25kN/m

67. 다음 띠철근 기둥이 최소 편심하에서 받을 수 있는 설계 축하중강도($\phi Pn(max)$)는 얼마인가? (단, 축방향 철근의 단면적 $A_{st}=1865mm^2$, $f_{ck}=28MPa$, $f_u=300MPa$ 이고 기둥은 단주이다.)

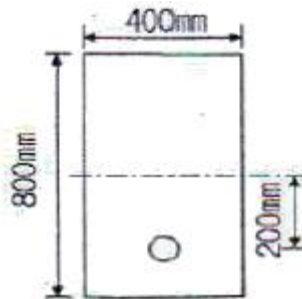


- ① 2490kN
- ② 2774kN
- ③ 3075kN
- ④ 1998kN

68. 강합성 교량에서 콘크리트 슬래브와 강(鋼)주형 상부플랜지를 구조적으로 일체가 되도록 결합시키는 요소는?

- ① 전단연결재
- ② 볼트
- ③ 합성철근
- ④ 접착제

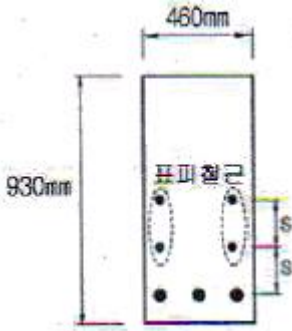
69. 그림과 같은 단면을 갖는 지간 20m의 PSC보에 PS 강재가 200mm의 편심거리를 가지고 직선 배치되어 있다. 자중을 포함한 계수등분포하중 16kN/m가 보에 작용할 때, 보 중앙 단면 콘크리트 상연응력은 얼마인가? (단, 유효 프리스트레스 힘 $P_e=2400kN$)



- ① 12MPa
- ② 13MPa
- ③ 14MPa
- ④ 15MPa

70. 아래 그림과 같은 보의 단면에서 표피철근의 간격 s 는 약 얼마인가?(단, 습윤환경에 노출되는 경우로서, 표피철근의

표면에서 부재 측면까지의 최단거리(C_c)는 50mm, $f_{ck}=28\text{MPa}$, $f_u=400\text{MPa}$ 이다.)

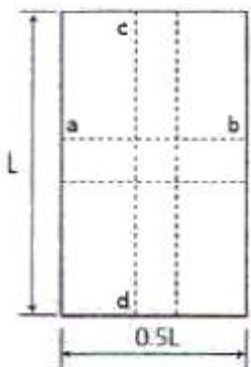


- ① 170mm ② 190mm
- ③ 220mm ④ 240mm

71. 콘크리트구조물에서 비틀림에 대한 설계를 하려고 할 때, 계수비틀림모멘트(T_u)를 계산하는 방법에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 균열에 의하여 내력의 재분배가 발생하여 비틀림 모멘트가 감소할 수 있는 부정정 구조물의 경우, 최대 계수 비틀림모멘트를 감소시킬 수 있다.
- ② 철근콘크리트 부재에서, 받침부로부터 d이내에 위치한 단면은 d에서 계산된 T_u 보다 작지 않은 비틀림모멘트에 대하여 설계하여야 한다.
- ③ 프리스트레스트 부재에서 받침부로부터 d이내에 위치한 단면을 설계할 때 d에서 계산된 T_u 보다 작지 않은 비틀림모멘트에 대하여 설계하여야 한다.
- ④ 정밀한 해석을 수행하지 않은 경우, 슬래브로부터 전달되는 비틀림하중은 전체 부재에 걸쳐 균등하게 분포하는 것으로 가정할 수 있다.

72. 그림과 같이 단순 지지된 2방향 슬래브에 등분포하중 w가 작용할 때, ab방향에 분배되는 하중은 얼마인가?



- ① 0.941w ② 0.059w
- ③ 0.889w ④ 0.111w

73. 강교의 부재에 사용되는 고장력 볼트의 이음은 어떤 이음을 원칙으로 하는가?

- ① 마찰이음 ② 지압이음
- ③ 인장이음 ④ 압축이음

74. 단철근 직사각형보의 폭이 300mm, 유효깊이가 500mm, 높이가 600mm일 때, 외력에 의해 단면에서 휨균열을 일으키는 휨모멘트(M_{cr})를 구하면?(단, $f_{ck}=24\text{MPa}$, 콘크리트의 파괴 계수(f_t)= $0.63\sqrt{f_{ck}}$)

- ① 45.2kN/m ② 48.9kN/m
- ③ 52.1kN/m ④ 55.6kN/m

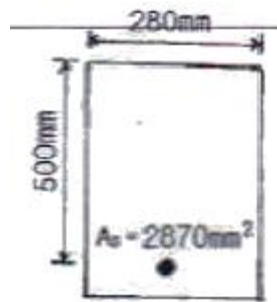
75. 철근콘크리트 부재의 전단철근에 관한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 주인장철근에 30° 이상의 각도로 구부린 굽힘 철근도 전단철근으로 사용할 수 있다.
- ② 전단철근의 설계기준항복강도는 300MPa을 초과할 수 없다.
- ③ 부재측에 직각으로 배치된 전단철근의 간격은 $d/2$ 이하, 600mm 이하로 하여야 한다.

$$0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_{st}}$$

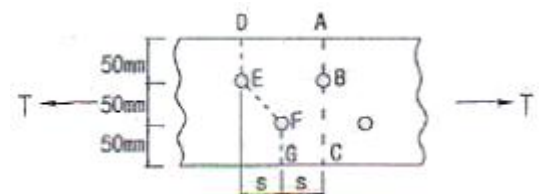
- ④ 최소 전단철근량은 $0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_{st}}$ 보다 작지 않아야 한다.

76. 다음 주어진 단철근 직사각형 단면이 연성파괴를 한다면 이 단면의 공칭휨강도는 얼마인가?(단, $f_{ck}=21\text{Mpa}$, $f_y=300\text{Mpa}$)



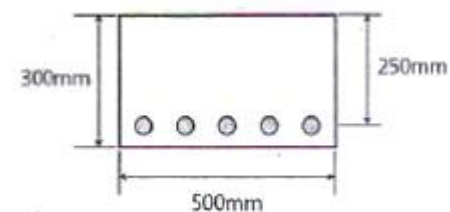
- ① 252.4kN · m ② 296.9kN · m
- ③ 356.3kN · m ④ 396.9kN · m

77. 순단면이 볼트의 구멍 하나를 제외한 단면(즉, A-B-C단면)과 같도록 피치(s)를 결정하면? (단, 구멍의 직경은 22mm 이다.)



- ① 114.9mm ② 90.6mm
- ③ 66.3mm ④ 50mm

78. 그림과 같이 보의 단면은 휨모멘트에 대해서만 보강되어 있다. 설계기준에 따라 단면에 허용되는 최대 계수전단력 V_u 는 얼마인가?(단, $f_{ck}=22\text{MPa}$, $f_u=400\text{Mpa}$)



- ① 32.5kN ② 36.6kN
- ③ 42.7kN ④ 43.3kN

79. 다음 중 철근의 피복두께를 필요로 하는 이유로 옳지 않은 것은?

- ① 철근이 산화되지 않도록 한다.

- ② 화재에 의한 직접적인 피해를 받지 않도록 한다.
- ③ 부착응력을 확보한다.
- ④ 인장강도를 보강한다.

80. 옹벽에서 T형보로 설계하여야 하는 부분은?

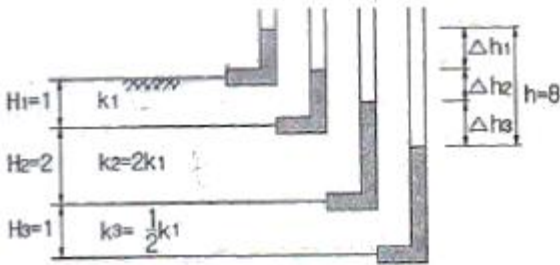
- ① 뒷부벽식 옹벽의 뒷부벽 ② 뒷부벽식 옹벽의 전면벽
- ③ 앞부벽식 옹벽의 저판 ④ 앞부벽식 옹벽의 앞부벽

5과목 : 토질 및 기초

81. 흙을 다지면 흙의 성질이 개선되는데 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

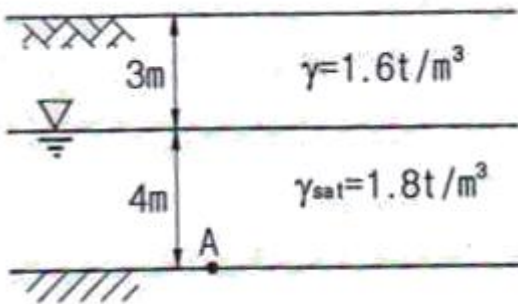
- ① 투수성이 감소한다. ② 흡수성이 감소한다.
- ③ 부착성이 감소한다. ④ 압축성이 작아진다.

82. 아래의 그림에서 각층의 손실수두 $\Delta h_1, \Delta h_2, \Delta h_3$ 를 각각 구한값으로 옳은 것은?



- ① $\Delta h_1=2, \Delta h_2=2, \Delta h_3=4$ ② $\Delta h_1=2, \Delta h_2=3, \Delta h_3=3$
- ③ $\Delta h_1=2, \Delta h_2=4, \Delta h_3=2$ ④ $\Delta h_1=2, \Delta h_2=5, \Delta h_3=1$

83. 아래 그림과 같은 지반의 A점에서 전응력 σ , 간극수압 u , 유효응력 σ' 을 구하면?



- ① $\sigma=10.2t/m^2, u=4t/m^2, \sigma'=6.2t/m^2$
- ② $\sigma=10.2t/m^2, u=3t/m^2, \sigma'=7.2t/m^2$
- ③ $\sigma=12t/m^2, u=4t/m^2, \sigma'=8t/m^2$
- ④ $\sigma=12t/m^2, u=3t/m^2, \sigma'=9t/m^2$

84. 포화된 점토에 대하여 비압밀비배수(UU)시험을 하였을 때의 결과에 대한 설명 중 옳은 것은? (단, ϕ :내부마찰각, c :점착력)

- ① ϕ 와 c 가 나타나지 않는다.
- ② ϕ 는 "0"이 아니지만 c 는 "0"이다.
- ③ ϕ 와 c 가 모두 "0"이 아니다.
- ④ ϕ 는 "0"이고 c 는 "0"이 아니다.

85. 베인전단시험(vane shear test)에 대한 설명으로 옳지 않은

것은?

- ① 현장 원위치 시험의 일종으로 점토의 비배수전단강도를 구할 수 있다.
- ② 십자형의 베인(vane)을 땅속에 압입한 후, 회전모멘트를 가해서 흙이 원통형으로 전단파괴될 때 저항모멘트를 구함으로써 비배수 전단강도를 측정하게 된다.
- ③ 연약점토지반에 적용된다.
- ④ 베인전단시험으로부터 흙의 내부마찰각을 측정할 수 있다.

86. 말뚝 지지력에 관한 여러가지 공식 중 정역학적 지지력 공식이 아닌 것은?

- ① *Dörr* 의 공식 ② Terzaghi의 공식
- ③ Meyerhof의 공식 ④ Engineering-News 공식

87. 깊은 기초의 지지력 평가에 관한 설명으로 틀린 것은?

- ① 정역학적 지지력 추정방법은 논리적으로 타당하나 강도 정소를 추정하는데 한계성을 내포하고 있다.
- ② 동역학적 방법은 항타장비, 말뚝과 지반조건이 고려된 방법으로 해머 효율의 측정이 필요하다.
- ③ 현장 타설 콘크리트 말뚝 기초는 동역학적 방법으로 지지력을 추정한다.
- ④ 말뚝 항타분석기(PDA)는 말뚝의 응력분포, 경시효과 및 해머 효율을 파악할 수 있다.

88. 지표가 수평인 곳에 높이 5m의 연직옹벽이 있다. 흙의 단위중량이 $1.8t/m^3$, 내부 마찰각이 30° 이고 점착력이 없을 때 주동토압은 얼마인가?

- ① 4.5t/m ② 5.5t/m
- ③ 6.5t/m ④ 7.5t/m

89. 현장 흙의 들밀도시험 결과 흙을 파낸 부분의 체적과 파낸 흙의 무게는 각각 $1800cm^3$, $3.95kg$ 이었다. 함수비는 11.2%이고, 흙의 비중 2.65이다. 최대건조 단위중량이 $2.05g/cm^3$ 일 때 상대다짐 정도는?

- ① 95.1% ② 96.1%
- ③ 97.1% ④ 98.1%

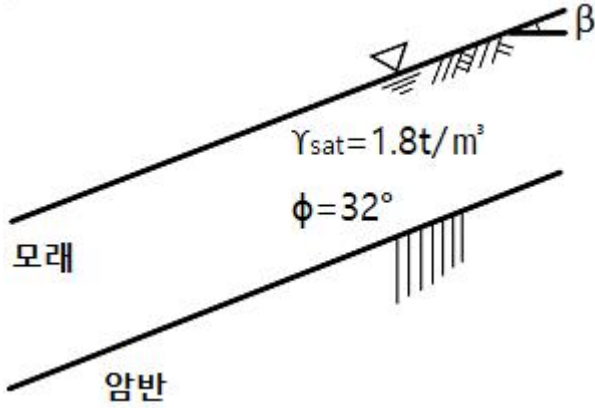
90. 포화된 흙의 건조단위중량이 $1.70t/m^3$ 이고, 함수비가 20%일 때 비중은 얼마인가?

- ① 2.58 ② 2.68
- ③ 2.78 ④ 2.88

91. 중심간격이 2.0m, 지름 40cm인 말뚝을 가로 4개, 세로 5개씩 전체 20개의 말뚝을 박았다. 말뚝 한 개의 허용지지력이 15ton이라면 이 균향의 허용지지력은 약 얼마인가? (단, 균말뚝의 효율은 Converse-Labarre 공식을 사용)

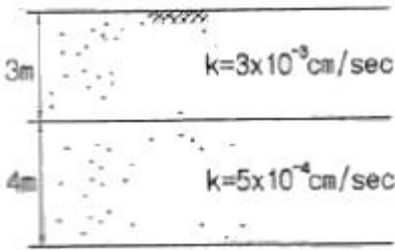
- ① 450.0t ② 300.0t
- ③ 241.5t ④ 114.5t

92. 그림과 같이 $c=0$ 인 모래로 이루어진 무한사면이 안정을 유지(안전율 ≥ 1)하기 위한 경사각 β 의 크기로 옳은 것은?



- ① $\beta \leq 7.8^\circ$
- ② $\beta \leq 15.5^\circ$
- ③ $\beta \leq 31.3^\circ$
- ④ $\beta \leq 35.6^\circ$

93. 그림과 같은 지반에 대해 수직방향 등가투수계수를 구하면 얼마인가?



- ① $3.89 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$
- ② $7.78 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$
- ③ $1.57 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$
- ④ $3.14 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$

94. 다음 연약지반 개량공법에 관한 사항중 옳지 않은 것은?

- ① 샌드드레인 공법은 2차 압밀비가 높은 점토와 이탄 같은 흙에 큰 효과가 있다.
- ② 장기간에 걸친 배수공법은 샌드드레인이 페이퍼 드레인보다 유리하다.
- ③ 동압밀공법 적용시 과잉간극 수압의 소산에 의한 강도 증가가 발생한다.
- ④ 화학적 변화에 의한 흙의 강화공법으로는 소결공법, 전기화학적 공법 등이 있다.

95. 아래 표의 공식은 흙시료에 삼축압력이 작용할 때 흙시료 내부에 발생하는 간극수압을 구하는 공식이다. 이 식에 대한 설명으로 틀린 것은?

$$\Delta u = B [\Delta \sigma_3 + A(\Delta \sigma_1 - \Delta \rho_3)]$$

- ① 포화된 흙의 경우 $B=1$ 이다.
- ② 간극수압계수 A 의 값은 삼축압축시험에서 구할 수 있다.
- ③ 포화된 점토에서 구속응력을 일정하게 두고 간극수압을 측정했다면, 축차응력과 간극수압으로부터 A 값을 계산할 수 있다.
- ④ 간극수압계수 A 값은 언제나 (+)의 값을 갖는다.

96. 두께 H 인 점토층에 압밀하중을 가하여 요구되는 압밀도에 달할때까지 소요되는 기간이 단면배수일 경우 400일이었다면 양면배수일 때는 며칠이 걸리겠는가?

- ① 800일
- ② 400일
- ③ 200일
- ④ 100일

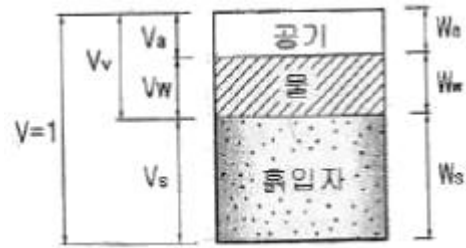
97. $\phi=0^\circ$ 인 포화된 점토시료를 채취하여 일축압축 시험을 행하였다. 공시체의 직경이 4cm, 높이가 8cm이고 파괴시의 하중계의 읽음 값이 4.0kg, 축방향의 변형량이 1.6cm일 때, 이 시료의 전단강도는 약 얼마인가?

- ① 0.07kg/cm²
- ② 0.13kg/cm²
- ③ 0.21kg/cm²
- ④ 0.32kg/cm²

98. 널말뚝을 모래지반에 5m 깊이로 박았을 때 상류와 하류의 수두차가 4m이었다. 이때 모래지반의 포화단위중량이 2.0t/m³이다. 현재 이 지반의 분사현상에 대한 안전율은?

- ① 0.85
- ② 1.25
- ③ 2.0
- ④ 2.5

99. 그림과 같은 흙의 구성도에서 체적 V 를 1로 했을 때의 간극의 체적은? (단, 간극률 n , 함수비 w , 흙입자의 비중 G_s , 물의 단위무게 γ_w)



- ① n
- ② wG_s
- ③ $rw(1-n)$
- ④ $[G_s - n(G_s - 1)]rw$

100. 외경(D_o) 50.8mm, 내경(D_i) 34.9mm인 스플리트 스펀 샘플러의 면적비로 옳은 것은?

- ① 112%
- ② 106%
- ③ 53%
- ④ 46%

6과목 : 상하수도공학

101. 배수관에 사용하는 관종 중 강관에 관한 설명으로 틀린 것은?

- ① 충격에 강하다.
- ② 인장강도가 크다.
- ③ 부식에 강하고 처짐이 적다.
- ④ 용접으로 전 노선을 일체화할 수 있다.

102. 수분 97%의 슬러지 15m³을 수분 70%로 농축하면 그 부피는? (단, 비중은 모두 1.0으로 가정)

- ① 0.5m³
- ② 1.5m³
- ③ 2.5m³
- ④ 3.5m³

103. 자연유하식 도수관을 설계할 때의 평균유속의 허용최대값은?

- ① 2.0m/s
- ② 2.5m/s
- ③ 3.0m/s
- ④ 3.5m/s

104. 질소, 인 제거와 같은 고도처리를 도입하는 이유로 틀린 것은?

- ① 폐쇄성 수역의 부영양화 방지
- ② 슬러지 발생량 저감
- ③ 처리수의 재이용
- ④ 수질환경기준 만족

105. 정수장 시설의 계획정수량 기준으로 옳은 것은?

- ① 계획1일평균급수량 ② 계획1일최대급수량
- ③ 계획1시간최대급수량 ④ 계획1월평균급수량

106. 상수의 도수 및 송수에 관한 설명 중 틀린 것은?

- ① 도수 및 송수방식은 에너지의 공급원 및 지형에 따라 자연유하식과 펌프가압식으로 나눌 수 있다.
- ② 송수관로는 개수로식과 관수로식으로 분류할 수 있다.
- ③ 수원이 급수구역과 가까울 때나 지하수를 수원으로 할 때는 펌프가압식이 더 효율적이다.
- ④ 자연유하식은 평탄한 지형에서 유리한 방식이다.

107. 인구가 10000명인 A시에 폐수 배출시설 1개소가 설치될 계획이다. 이 폐수 배출시설의 유량은 200m³/day이고 평균 BOD 배출농도는 500g/m³이다. 만약 A시에 이를 고려하여 하수종말처리장을 신설할 때 적합한 최소 계획 인구수는? (단, 하수종말처리장 건설시 1인1일 BOD 부하량은 50gBOD/인·day로 한다.)

- ① 10000명 ② 12000명
- ③ 14000명 ④ 16000명

108. 먹는물의 수질기준에서 탁도의 기준 단위는?

- ① %(permil)
- ② ppm(parts per million)
- ③ JTU(Jackson Turbidity Unit)
- ④ NTU(Nephelometric Turbidity Unit)

109. 다음 중 COD의 설명으로 옳은 것은?

- ① BOD에 비해 짧은 시간에 측정이 가능하다.
- ② COD는 오염의 지표로서 폐수중의 용존산소량을 나타낸다.
- ③ COD는 미생물을 이용한 측정방법이다.
- ④ 무기물을 분해하는 데에 소모되는 산화제의 양을 나타낸다.

110. 펌프의 비속도(비교회전도, Ns)에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① Ns가 작으면 유량이 적은 저양정의 펌프가 된다.
- ② 수량 및 전양정이 같다면 회전수가 클수록 Ns가 크게 된다.
- ③ Ns가 동일하면 펌프의 크기에 관계없이 같은 형식의 펌프로 한다.
- ④ Ns가 작을수록 효율곡선은 완만하게 되고 유량변화에 대해 효율변화의 비율이 작다.

111. 정수과정의 전염소처리 목적과 거리가 먼 것은?

- ① 철과 망간의 제거
- ② 맛과 냄새의 제거
- ③ 트리할로메탄의 제거
- ④ 암모니아성 질소와 유기물의 처리

112. 수원의 구비요건으로 틀린 것은?

- ① 수질이 좋아야 한다.
- ② 수량이 풍부하여야 한다.
- ③ 가능한 한 낮은 곳에 위치하여야 한다.

- ④ 소비자로부터 가까운 곳에 위치하여야 한다.

113. 급속여과 및 완속여과에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 급속여과의 전처리로서 약품침전을 행한다.
- ② 완속여과는 미생물에 의한 처리효과를 기대할 수 없다.
- ③ 급속여과시 여과속도는 120~150m/day를 표준으로 한다.
- ④ 완속여과가 급속여과보다 여과지면적이 크게 소요된다.

114. 우수조정지에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 우수의 방류방식은 자연유하를 원칙으로 한다.
- ② 우수조정지의 구조형식은 댐식, 굴착식 및 지하식으로 한다.
- ③ 각 시간마다의 유입 우수량은 강우량을 기초로 하여 산정할 수 있다.
- ④ 우수조정지는 보·차도 구분이 있는 경우에는 그 경계를 따라 설치한다.

115. 펌프장시설 중 오수침사지의 평균유속과 표면부하율의 설계기준은?

- ① 0.6m/s, 1800m³/m²·day ② 0.6m/s, 3600m³/m²·day
- ③ 0.3m/s, 1800m³/m²·day ④ 0.3m/s, 3600m³/m²·day

116. 원수에 염소를 3.0mg/L를 주입하고 30분 접촉후 잔류염소량이 0.5mg/L이었다면 이 물의 염소요구량은?

- ① 0.5mg/L ② 2.5mg/L
- ③ 3.0mg/L ④ 3.5mg/L

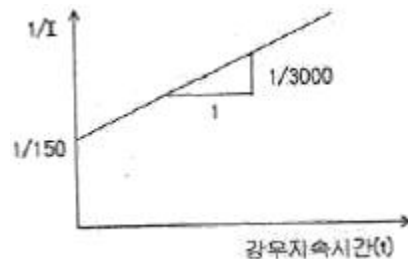
117. 하수의 배제방식 중 분류식 하수관거의 특징이 아닌 것은?

- ① 처리장 유입하수의 부하농도를 줄일 수 있다.
- ② 우천시 월류의 위험이 적다.
- ③ 처리장으로의 토사 유입이 적다.
- ④ 처리장으로 유입되는 하수량이 비교적 일정하다.

118. 어떤 지역의 강수지속시간(t)과 강우강도 역수(1/I)와의 관계를 구해보니 그림과 같이 기울기가 1/3000, 절편이 1/1500이 되었다. 이 지역의 강우강도를 Talbo형

$$(I = \frac{a}{t+b})$$

으로 표시한 것으로 옳은 것은?



- ① $\frac{3000}{t+20}$ ② $\frac{20}{t+3000}$
- ③ $\frac{10}{t+1500}$ ④ $\frac{1500}{t+10}$

119. 표준활성슬러지법에서 F/M0.3kgBOD/kgMLSS·day, 포기조 유입 BOD 200mg/L인 경우에 포기시간을 8시간으로 하려면 MLSS 농도를 얼마로 유지하여야 하는가?

- ① 500mg/L ② 1000mg/L
- ③ 1500mg/L ④ 2000mg/L

120. 관거내의 침입수(Infiltration) 산정방법 중에서 주요인자로서 일평균하수량, 상수사용량, 지하수사용량, 오수전환을 등을 이용하여 산정하는 방법은?

- ① 물사용량 평가법 ② 일최대유량 평가법
- ③ 야간생활하수 평가법 ④ 일최대-최소유량 평가법

| | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ④ | ④ | ② | ③ | ② | ① | ① | ① | ③ | ④ |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| ③ | ④ | ① | ③ | ② | ② | ④ | ④ | ② | ③ |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| ① | ④ | ② | ④ | ② | ③ | ① | ④ | ③ | ④ |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| ③ | ② | ② | ① | ① | ② | ④ | ② | ④ | ③ |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| ② | ② | ④ | ③ | ③ | ① | ③ | ① | ④ | ④ |
| 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| ③ | ② | ④ | ③ | ② | ① | ① | ② | ③ | ① |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
| ② | ③ | ④ | ③ | ④ | ② | ② | ① | ④ | ① |
| 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 |
| ③ | ① | ① | ④ | ② | ③ | ③ | ② | ④ | ① |
| 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 |
| ③ | ① | ③ | ④ | ④ | ④ | ③ | ④ | ② | ① |
| 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
| ③ | ② | ② | ① | ④ | ④ | ② | ② | ① | ① |
| 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 |
| ③ | ② | ③ | ② | ② | ④ | ② | ④ | ① | ① |
| 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
| ③ | ③ | ② | ④ | ③ | ② | ① | ① | ④ | ① |