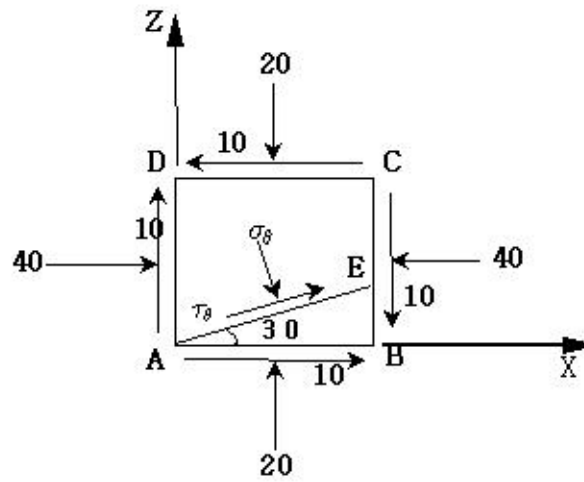
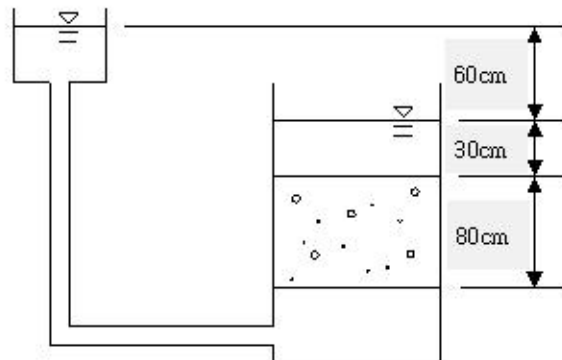


2006학년도 토질역학 시험 (2)

- 1.(10) 다음 그림과 같은 응력상태에 있는 요소가 있다. 이 요소의 응력상태를 나타내는 모어원을 그리고 극점을 표시하라. 모어원을 이용하여 요소의 최대주응력, 최소주응력을 구하라. AB면에 작용하는 수직응력과 전단응력을 해석적인 방법과 극점을 이용한 방법으로 각각 구하라. 단위 : kg/cm^2



- 2.(10) 다음 그림에서 흙에 작용하는 침투력을 계산하라. 흙의 단면적은 60 cm^2 이다.



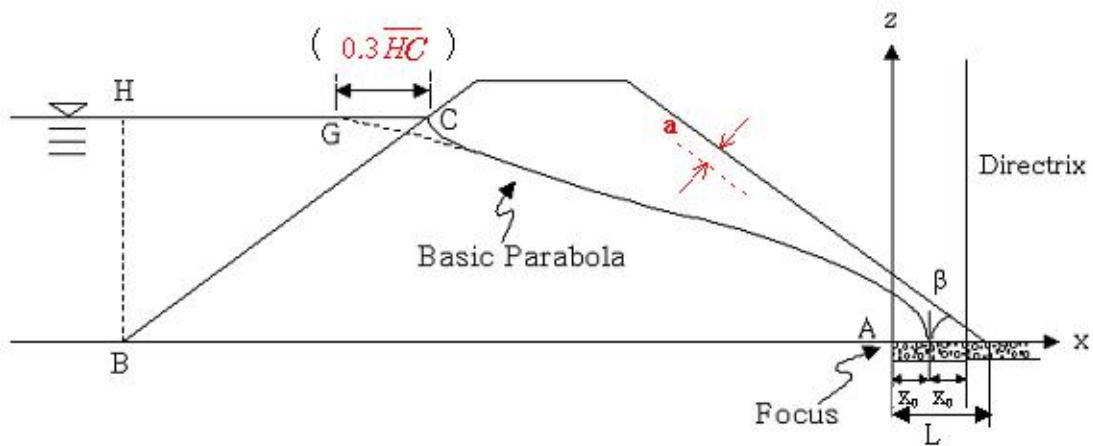
- 3.(10) 하류부사면과 평행한 자유수면의 접선과 하류부사면 사이에 모세관현상을 고려한 최소안전거리가 a 라고 한다면, 댐하부 바닥면에 수평한 필터를 설치하는 경우 필터의 최소길이가

$$L_{\min} = x_0(1 + \cot^2\beta) + a/\sin\beta$$

β : 하류부사면의 경사각

x_0 : 필터의 끝단에서부터 자유수면이 필터와 만나는 점까지의 거리

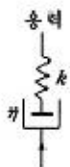
와 같음을 증명하라. 단, 자유수면을 나타내는 포물선 식으로부터 최소거리 유도를 시작하시오.



- 4.(5) 체력(body force)을 정의하고 예를 3가지 들어라.

- 5.(5) Mohr 원의 공학적 의미는?

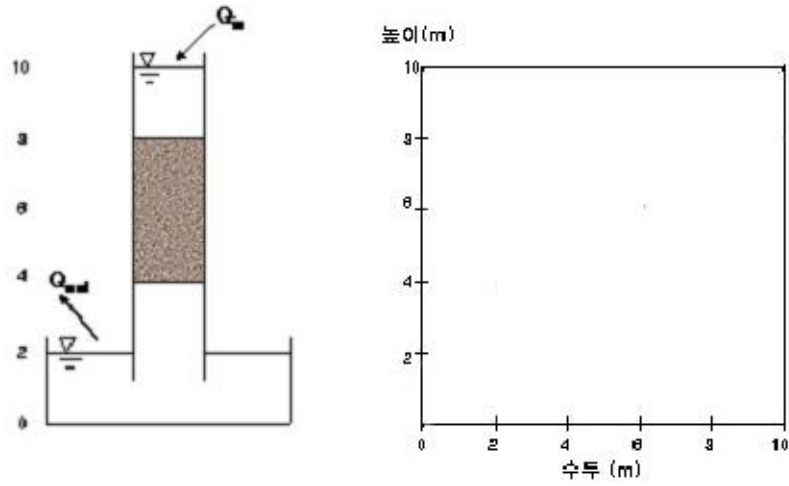
- 6.(5) Maxwell model



에서 relaxation curve를 $\sigma-t$ 평면에 도시하여라.

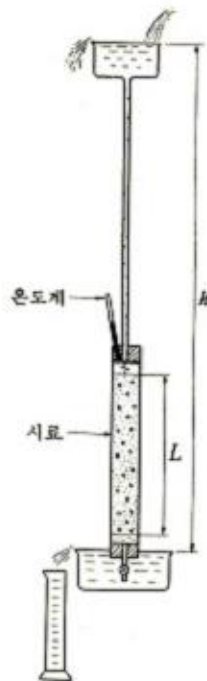
- 7.(5) Artesian well 이란?

8.(5) 다음의 장치에서 압력수두(pressure head, h_p), 위치수두(elevation head, h_z), 그리고 전수두(total head, h_t)를 오른쪽과 같은 그래프를 그려 나타내시오.



9.(5) Seepage Velocity를 porosity 의 함수로 나타내라.

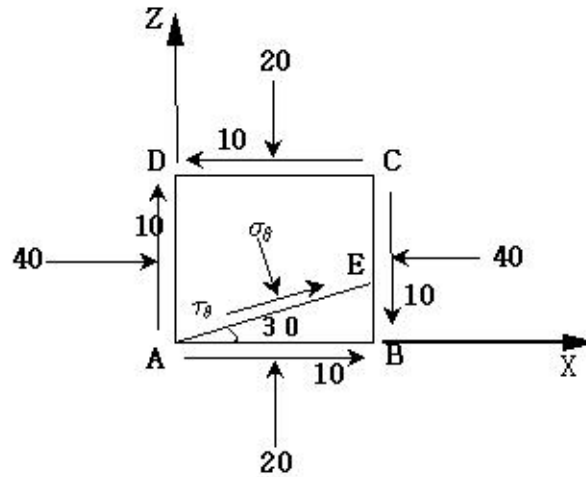
10.(5) 정수두 시험에서 투수계수 구하는 식은?



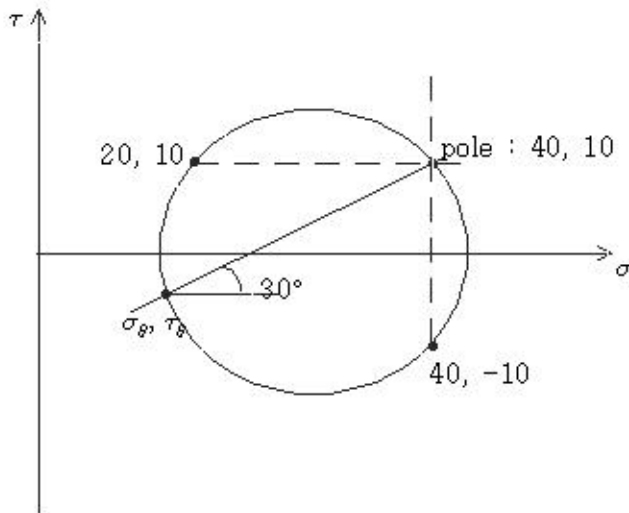
- 11.(5) 유선망의 공학적 의미는?
- 12.(5) 유선망에서 유선과 등수두선이 만드는 사각형꼴을 정사각형 꼴로 작도할 때 얻어지는 잇점은?
- 13.(5) filter 입자 크기 및 분포의 필요충분조건은?
- 14.(5) seepage pressure를 동수구배의 함수로 나타내라.
- 15.(5) quick condition / boiling / piping 현상을 설명하라.
- 16.(5) 동상 현상 발생 mechanism을 설명하라.
- 17.(5) 유효응력을 정의하라.

Exam #2 모범답안

1. 다음 그림과 같은 응력상태에 있는 요소가 있다. 이 요소의 응력상태를 나타내는 모어원을 그리고 극점을 표시하라. 모어원을 이용하여 요소의 최대주응력, 최소주응력을 구하라. AE면에 작용하는 수직응력과 전단응력을 해석적인 방법과 극점을 이용한 방법으로 각각 구하라. 단위 : kg/cm^2



① 모어원 및 극점(책에서 제시된 부호규약으로)작도



② 최대·최소주응력 : $\sigma_{1,3} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\tau_{xy}^2 + \left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2}$
 or 모어원상의 점을 읽음으로써 최대, 최소주응력 표시

③ AE면에 작용하는 수직응력과 전단응력의 해석적 해

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \cos(2\theta) - \tau_{xy} \sin(2\theta) \quad ; \text{ 책 \& 문제}$$

$$= \frac{20 + 40}{2} + \frac{20 - 40}{2} \cos(2 \times 30) - 10 \sin 60 = 16.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\theta} = \frac{\sigma_{\epsilon} - \sigma_{\alpha}}{2} \sin(2\theta) + \tau_{\alpha\epsilon} \cos 2\theta \quad : \text{책}$$

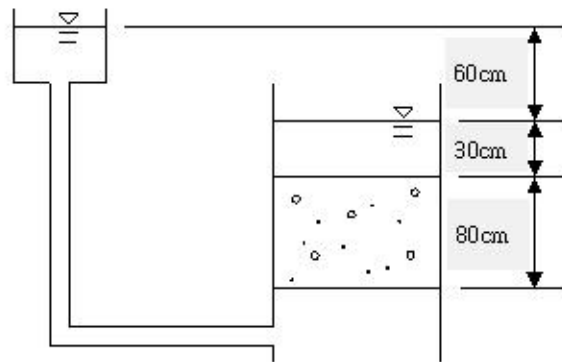
$$= \frac{20 - 40}{2} \sin(2 \times 30) + 10 \cos(2 \times 30) = -3.66 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\theta} = -\left(\frac{\sigma_{\epsilon} - \sigma_{\alpha}}{2} \sin(2\theta) + \tau_{\alpha\epsilon} \cos 2\theta \right) \quad : \text{문제}$$

$$= -\left[\frac{20 - 40}{2} \sin(2 \times 30) + 10 \cos(2 \times 30) \right] = 3.66 \text{ kg/cm}^2$$

④ 극점의 좌표값에 의해 AE면에 작용하는 수직응력과 전단응력 산정
: -3.66 → 3.66(∴ +)

2. 다음 그림에서 흙에 작용하는 침투력을 계산하라. 흙의 단면적은 60 cm^2 이다.



$$\text{침투력}(J) = i \gamma_w V = \frac{\Delta h}{L} \times \gamma_w \times (A \times H)$$

$$= \gamma_w \Delta h A = 3.6 \text{ kgf} = 0.03532 \text{ kN}$$

※ i : 동수구배
 Δh : 수두차=수두낙차= 60 cm ,
 $L(=H)$: 유로의 길이(시료의 두께)= 80 cm
 γ_w : 물의 단위체적중량(= $1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ t/m}^3 = 9.81 \text{ kN/m}^3$)
 A : 시료단면적= 60 cm^2

3. 하류부사면과 평행한 자유수면의 접선과 하류부사면 사이에 모세관현상을 고려한 최소 안전거리가 a 라고 한다면, 댐하부 바닥면에 수평한 필터를 설치하는 경우 필터의 최소길이가

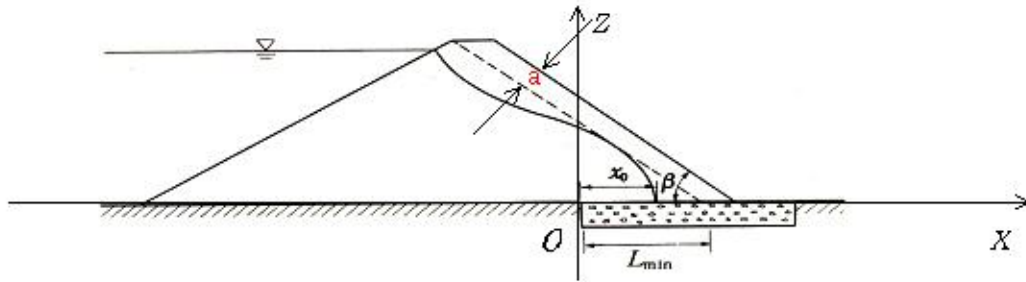
$$L_{\min} = x_0(1 + \cot^2 \beta) + a/\sin \beta$$

β : 하류부사면의 경사각

x_0 : 필터의 끝단에서부터 자유수면이 필터와 만나는 점까지의 거리

와 같음을 증명하라. 단, 자유수면을 나타내는 포물선 식으로부터 최소거리 유도를 시작하시오.

모세관 현상을 고려한 필터의 최소길이는 다음과 같이 유도된다.



자유수면은 점 O를 초점으로 하고, 초점거리가 $2x_0$ 인 포물선

$$x = x_0 - \frac{z^2}{4x_0} \dots (1)$$

이 때 L_{\min} 은 댐 사면과 경사가 같고 포물선과 접하는 직선의 x절편 값이다.

포물선과 접하는 직선 식을 구해보면

$$z = (L_{\min} - x) \tan \beta$$

$$\therefore x = L_{\min} - z \cot \beta \dots (2)$$

식(1)과 (2)를 연립하면, $L_{\min} - z \cot \beta = x_0 - \frac{z^2}{4x_0}$

위 식을 z에 관하여 정리하면 $\frac{z^2}{4x_0} - (\cot \beta)z + L_{\min} - x_0 = 0$

직선이 포물선에 접하므로 이 식이 중근을 갖고, 판별식 $D=0$ 이다.

$$D = \cot^2 \beta - 4 \left(\frac{1}{4x_0} \right) (L_{\min} - x_0) = \cot^2 \beta + 1 - \frac{L_{\min}}{x_0} = 0$$

$$\therefore L_{\min} = x_0 (1 + \cot^2 \beta)$$

여기까지는 모세관 현상을 고려하지 않았을 때이고, 모세관 현상의 영향을 생각해줘야 하기 때문에 침윤선과 댐 하부 사면이 a 의 간격을 이루어야한다.

여기서 $\sin \beta = \frac{a}{\text{이랫변}}$ 이므로 아랫변 = $\frac{a}{\sin \beta}$ 이며,

결국 기존 필터의 최소길이에서 $\frac{a}{\sin \beta}$ 만큼 확장해야한다.

그러므로 필터의 최소길이 $L > x_0(1 + \cot^2 \beta) + \frac{a}{\sin \beta}$ 이다.

4. 체력(body force)을 정의하고 예를 3가지 들어라.

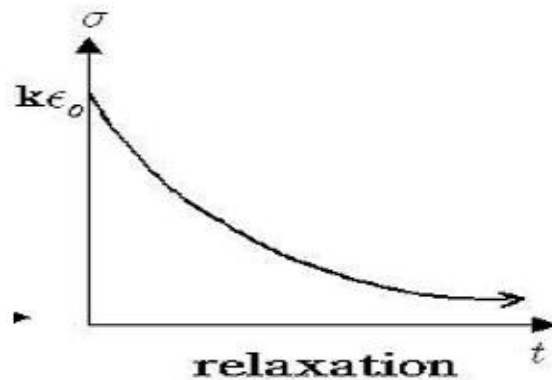
Body force : 부피요소(or 질량요소)에 작용하는 힘
ex) 중력, 관성력, 자기력, (3 장에서 다룬)침투력

5. Mohr 원의 공학적 의의는?

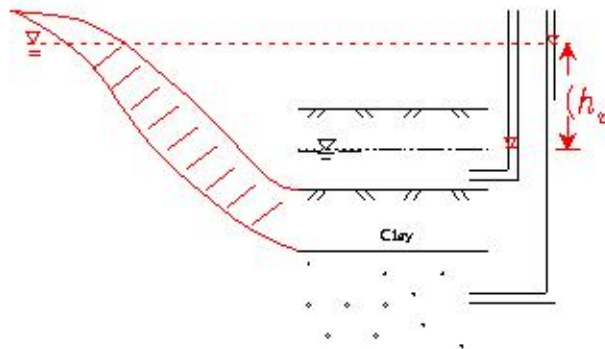
외력이 주어질때(수직응력 및 전단응력을 받고있는), 요소내의 임의의 방향으로 놓인 평면에 작용하는 수직응력과 전단응력을 한눈에 알아볼 수 있도록 도식적으로 나타낸 방법

6. Maxwell model에서 relaxation curve를 $\sigma-t$ 평면에 도시하여라.

Maxwell model 은 Newton의 법칙을 따르는 점성 유체의 거동을 나타내는 dashpot와, Hook의 법칙을 따르는 고체 탄성을 나타내는 spring이 직렬로 연결하여 점탄성을 나타내는 모델이다. stress-relaxation test는 sample에 대해 갑작스럽게 적용되는 strain과 strain을 일정하게 함으로써 시간의 함수로 stress를 나타내는 것이다. 변형율이 가해지면 spring은 ϵ_0 만큼 즉시 늘어나서 응력이 발생하지만 ($\sigma_0 = k\epsilon_0$), 시간이 지남에 따라 damper가 spring의 변형을 잠식하여 응력이 감소한다. 따라서 맥스웰 모델의 relaxation curve 는 다음과 같다.



7. Artesian well이란?

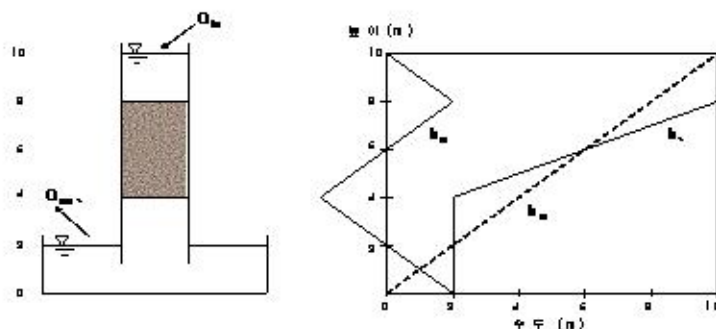


Artesian pressure $(h_p)_{ar} \times \gamma_w$

Artesian well 은 펌프의 사용 없이 자연압력으로 물이 솟아오르는 인공우물로서 우물자리 보다 더 높은 곳에서, 사암과 같은 투수성 암석층의 노두를 따라 물이 흘러 들어가는 경우 발생할 수 있다. 노두에서 수분은 아래의 대수층으로 내려가지만, 대수층의 위아래에 있는 불투성의 셰일 같은 암석층에 의해 고이게 된다. 대수층까지 우물을 뚫으면 물의 중량에 의한 정수압 때문에 물이 솟아오른다. 우물에서 분출되는 물의 수압은 계속해서 대수층으로 침투되는 물에 의해 유지된다. 절리나 단층에 의해 대수층 위쪽의 불투수성 암석층이 파괴 되면 물이 그 틈을 통해서 솟아올라와 자분정이 생기게 된다. 어떤 지역에서는 자분정과 샘이 주요한 수자원인데, 특히 산악지역에 인접해 있으며 강수가 어느 정도 있는 건조한 평지에서 중요하다.

8. 다음의 장치에서 압력수두(pressure head, h_p), 위치수두(elevation head, h_z), 그리고 전수두(total head, h_t)를 오른쪽과 같은 그래프를 그려 나타내시오.

압력수두, 위치수두, 전수두 계산



1) 10m 위치에서의 수두계산

- (1) 전수두=10m
- (2) 위치수두=10m
- (3) 압력수두=전수두-위치수두=10-10=0m

2) 8m 위치에서의 수두계산

- (1) 전수두=10m (베르누이의 공식에 의해 10m 위치에서의 전수두와 같다.)
 (2) 위치수두=8m
 (3) 압력수두=전수두-위치수두=10-8=2m
- 3) 6m 위치에서의 수두계산: 흙을 통과하는 사이 수두손실이 발생하게 되며, 흙 시료의 길이(L)가 4m, 수두차(H)가 8m 이므로 흙 시료 1m 통과시 수두손실은 $8/4=2m$ 씩 발생한다.
 (1) 전수두=10-2*2=6m
 (2) 위치수두=6m
 (3) 압력수두=전수두-위치수두=6-6=0m
- 4) 4m 위치에서의 수두계산
 (1) 전수두=10-2*4=2m
 (2) 위치수두=4m
 (3) 압력수두=전수두-위치수두=2-4=-2m
- 5) 2m 위치에서의 수두계산
 (1) 전수두=2m (흙 시료를 다 통과했으므로 더 이상 수두손실이 일어나지 않아 베르누이의 공식에 의해 4m 위치에서의 전수두와 같다.)
 (2) 위치수두=2m
 (3) 압력수두=전수두-위치수두=2-2=0m
- 6) 0m 위치에서의 수두계산
 (1) 전수두=2m
 (2) 위치수두=0m
 (3) 압력수두=전수두-위치수두=2-0=2m

9. Seepage Velocity를 porosity의 함수로 나타내라.

Seepage Velocity를 porosity의 함수로 표시

1) $q = vA = v_s A_v$ [A_v : 실질적 수로의 유효단면적, n : 간극률, v_s : 침투속도]

2) $v_s = v \frac{A}{A_v} = v \frac{AL}{A_v L} = v \frac{V}{V_v} = \frac{v}{n}$

10. 정수두 시험에서 투수계수 구하는 식은?

$$k = \frac{QL}{Ah\Delta t}$$

(Q = 전체시간동안 흐른 유량, Δt = 걸린시간, A = 단면적)

11. 유선망의 공학적 의미는?

유선망의 공학적 의미는 수리구조물 내부 또는 밑으로 이동하는 침투유량의 결정, 수리구조

물 하부에 작용하는 양압력의 결정, 그리고 침투수가 지표면 위로 흘러나오는 기점에서 흙의 불안정화 상태의 발생가능성에 대한 판단등을 용이하게 하는 것이다.

12. 유선망에서 유선과 등수두선이 만드는 사각형꼴을 정사각형 꼴로 작도할 때 얻어지는 잇점은?

단면상의 폭 b 사이를 단위시간당 흐르는 물의 양은 Darcy 법칙에 의해 $q = kib$ 가 된다. 유선망내의 임의의 정사각형꼴 2개를 선정하고 전자의 정사각형꼴과 동일한 유선내에 있으면서 후자의 정사각형꼴과 동일한 등수두선내에 위치한 정사각형꼴을 고려하면 각 정사각형꼴을 통과하는 단위시간당 물의 양은 각각 $q_1 = k \Delta h_1 \frac{b_1}{l_1}$, $q_2 = k \Delta h_2 \frac{b_2}{l_2}$, $q' = k \Delta h' \frac{b'}{l'}$

이 된다. 여기서 모두 정사각형꼴이므로 $\frac{b_1}{l_1} = \frac{b_2}{l_2} = \frac{b'}{l'} = 1$ 이다.

그런데 $q_1 = q'$ 이므로 $\Delta h_1 = \Delta h'$, $\Delta h_2 = \Delta h'$ 이므로 $q_2 = q'$ 이 된다. 즉, $q_1 = q_2$, $\Delta h_1 = \Delta h_2$ 가 된다. 이는 유선망내의 4각형 모양이 모두 정사각형꼴의 특성을 가지면 모든 사각형 모양을 통하여 흐르는 물의 양은 동일하고, 또 사각형모양내에서의 수두손실도 모두 같다. 그리고 수두손실이 같으면 유선사이의 폭이 좁을수록, 즉 정사각형 모양이 작으면 작을수록 동수경사는 커진다. 이를 통해 정사각형꼴이면 간편하고 정확한 해법을 제시함을 알 수 있다.

13. filter 입자 크기 및 분포의 필요충분조건은?

$$\frac{D_{15f}}{D_{85s}} < 4 \text{ 또는 } 5 < \frac{D_{15f}}{D_{15s}} \quad (f : \text{filter}, s : \text{soil})$$

- 내부침식 방지요건 : 필터의 간극은 침식당하기 쉬운 댐흙의 입자들이 그 사이로 찢겨 들어가거나 흘러나갈 수 없을 만큼 작아야 한다.
- 배수요건 : 필터의 간극은 침투수가 막히지 않고 자유롭게 배수될 수 있을 만큼 커야 한다.

14. seepage pressure를 동수구배의 함수로 나타내라.

$$\text{seepage force} = \Delta h b \gamma_w = \frac{\Delta h}{b} b^2 \gamma_w = i V \gamma_w$$

$$\text{seepage pressure} = \text{단위부피당 seepage force} = i \gamma_w$$

15. quick condition / boiling / piping 현상을 설명하라.

quick condition : 침투력($\gamma_w h A$)이 흙의 유효하중보다 커지면 x-z면(토체와물의 경계)에 작용하는 합력이 음(-)의 값을 갖게 되는 불안정화상태.

boiling : 지표면의 끓는 현상. 널말뚝이나 제방의 뒤 지표면 부근에 불안정화 상태가 발생

하면 물과 함께 유실되는 토사가 지표면 위로 보글보글하는 모양으로 흘러나오게 됨.

pipng : boiling이 계속되며 지반내의 토립자가 점점 깊게 유실되어 궁극적으로는 관모양의 공동이 형성되어 널말뚝 또는 제방의 안정을 위태롭게 하는데 이러한 공동형성 과정을 파이핑이라고 함.

16. 동상현상발생 mechanism을 설명하라.

지반의 동결에 의하여 지표면이 상승하는 현상.

지반의 동결은 지반 내 간극수(pore water)를 얼게 하는데, 일반적으로 물이 어는 경우 9% 가량의 부피증가를 수반한다. 따라서, 간극수의 동결은 지반의 부피팽창을 초래하는데, 그 팽창률은 간극비에 따라서 2.5%에서부터 5%까지 달한다. 그러나 지반조건에 따라서는 단순히 간극수의 동결에 의한 부피팽창보다 훨씬 크게 지표면 흩의 팽창이 일어나는데, 이는 지표면에 가까운 흩의 간극 속에 먼저 얼음의 박편(ices lense)이 형성되어 지반 아래부분의 물을 지표면쪽으로 끌어올리는 역할을 함으로써 지표면 가까운 곳의 함수비가 증가하기 때문이다.

17. 유효응력을 정의하라.

Terzaghi(1923)에 의해 정의된 유효응력법칙

$$\bar{\sigma} = \sigma - u$$

$\bar{\sigma}$: 유효수직응력, σ : 전체수직응력, u : 간극수압

or "완전히 포화된 지반의 단면내 입자간 전달되는 능력"

입자간 응력과 간극수압을 구분하여야 하는 이유는, 주어진 지반에 전단응력이 작용할 때 이에 대응하는 전단저항력의 크기가 유효응력에 따라 좌우되기 때문이며, 이는 또한 물이 전단저항을 하지 못하기 때문이기도 하다.