



$$\sigma V = \gamma_w \cdot hw + \gamma_{sat} \cdot Z$$

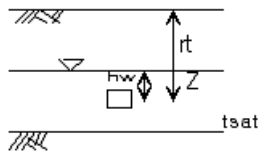
$\sigma V' = ?$  (물의 흐름  $\times$  정수압 = 간극수압)

$$\rightarrow \sigma V' = \sigma V - u$$

$$u = \gamma_w (hw + Z)$$

$$\therefore \sigma V' = \gamma_w \cdot hw + \gamma_{sat} \cdot Z - \gamma_w (hw + Z)$$

$$=(\gamma_{sat}-\gamma_w) \cdot Z=\gamma' \cdot Z=\gamma' \cdot Z$$



$$\sigma V' = \sigma V - u$$

$$\sigma V = \gamma t(Z - hw) + \gamma_{sat} \cdot hw$$

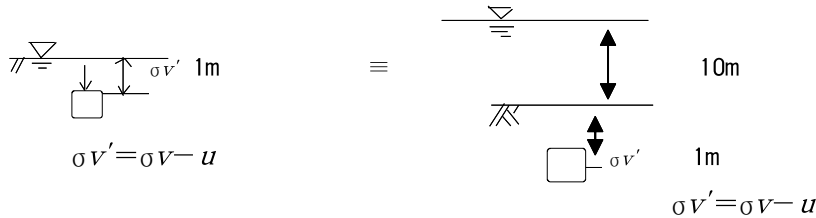
$$u = \gamma_w \cdot hw$$

$$\therefore \sigma V' = \gamma t(Z - hw) + \gamma_{sat} \cdot hw - \gamma_w \cdot hw$$

$$= \gamma t(Z - hw) + \gamma_{sub} \cdot hw$$

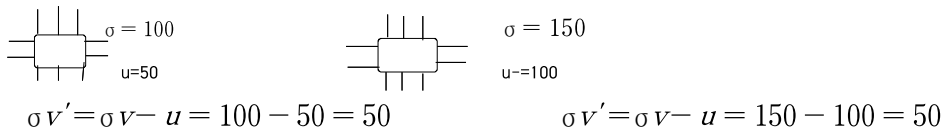
#### 7.4 유효응력의 물리적 의미

① 두 흙의 유효응력이 동일하면 공학적 성질(변형, 강도)이 동일하다.



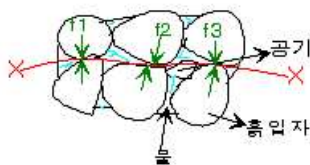
② 체적변화 없으면 유효응력은 동일하다.

흡입자의 위치, 변화, 변형등이 일정.



③ 전응력은 일정하고 간극수압이 증가하면 흙체적 팽창  
간극수압이 감소하면 흙체적 감소

#### 7.5 불토화토의 유효응력



연직방향의 힘평형조건에서 (x-x 단면에서)

$$P = Fu + uw + ua \quad \text{--- ①} \quad (\text{흡입자 접촉면적에서의 연직방향의 합력} + \text{간극수압 압력} + \text{공기압력})$$

$$uw = u \cdot Aw (\text{간극속의 물이 접하는 수직면적})$$

$$ua = ua(A - Aw)$$

$$\text{①} \div A$$

$$\frac{P}{A} = \frac{Fu}{A} + \frac{U \cdot Aw}{A} + \frac{ua(A - Aw)}{A}$$

$$\rightarrow \sigma_v = \sigma_v' + u \cdot \chi + ua(1-\chi)$$

$$\therefore \sigma_v = \sigma_v' + u\chi \quad 0 \text{ (공기압=대기압)}$$

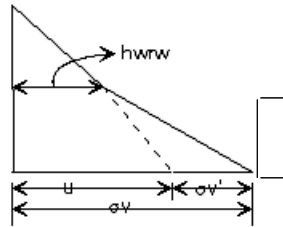
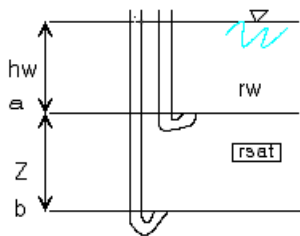
$$\text{if) } S=0 \rightarrow A_w=0 \rightarrow \chi=0$$

$$S=1 \rightarrow A_w=A \rightarrow \chi=1$$

## 7.6 침투가 발생할 때의 유효응력

### 7.6.1 침투수압(Seepage Pressure)

a) 정수압 경우 (물 흐름×)

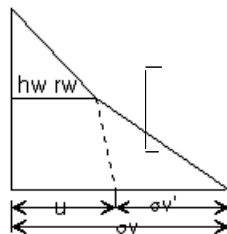
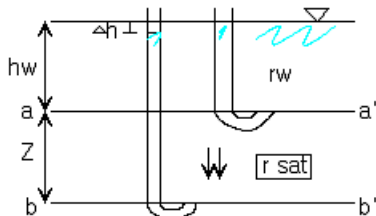


$$u = \gamma_w (hw + Z)$$

$$\sigma_v = \gamma_w \cdot hw + \gamma_{sat} \cdot Z$$

$$\therefore \sigma_v' = \gamma_{sub} \cdot Z$$

b) 물이 아래로 흐르는 경우

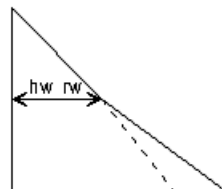
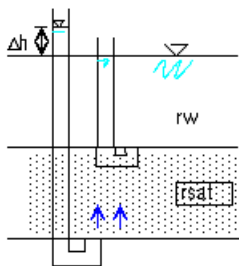


$$u = (hw + Z - \Delta h) \gamma_w$$

$$\sigma_v = \gamma_w \cdot hw + \gamma_{sat} \cdot Z$$

$$\therefore \sigma_v' = \gamma_{sub} \cdot Z + \Delta h \cdot \gamma_w$$

c) 물이 위로 흐르는 경우



$$u = (hw + Z + \Delta h) \gamma_w$$

$$\sigma_v = hw \cdot \gamma_w + Z \cdot \gamma_{sat}$$

$$\therefore \sigma_v' = Z \cdot \gamma_{sub} - \Delta h \cdot \gamma_w$$

· Seepage pressure(침투수압)

$$P_j = \Delta h \cdot \gamma_w \quad (\text{물의 흐름방향으로 작용, 중력방향} \rightarrow (+))$$

-단위체적당 침투수력  $j = \frac{P_j \times 1 \times 1}{V} = \frac{\Delta h \cdot \gamma_w}{Z \times 1 \times 1} = i \cdot \gamma_w$

## 7.6.2 분사현상 (Quicksand)

-물이 위로 흐른다면

$$\sigma v' = \gamma_{sub} \cdot Z - \gamma_w \cdot \Delta h$$

if)  $\sigma v' = 0 \rightarrow$  흙이 위로 솟구치는 현상 발생

$$\sigma v' = \gamma_{sub} \cdot Z - \gamma_w \cdot \Delta h = 0 \rightarrow \gamma_{sub} \cdot Z = \gamma_w \cdot \Delta h$$

$$\frac{\Delta h}{Z} = \frac{\gamma_{sub}}{\gamma_w} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{Gs - 1}{1 + e}$$

$i_{cri}$  (한계동수경사) ~ 분사현상이 일어지지 않을 조건

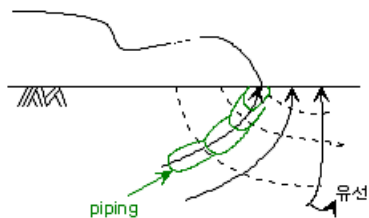
$$\frac{\Delta h}{Z} (i) < i_{cri} = \frac{Gs - 1}{1 + e}$$

-모래인 경우

$$\gamma_{sat} \doteq 2.0 \rightarrow i_{cri} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{2 - 1}{1} \doteq 1$$

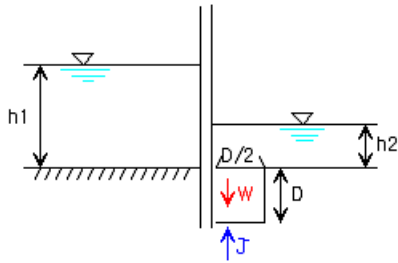
## 7.7 파이핑

~동수경사가 한계동수경사를 넘어 흙이 유실되고 이로 말미암아 파이프처럼 공동이 생기는 현상



유선망은 유선출구에서 가장 촘촘하게 그려지고, 동수경사는 이 부근이 가장 크다  $\rightarrow$  파이핑 현상 시작

· 널말뚝에 대한 파이핑 현상에 대한 안전성 검토 (by Terzaghi)



$$F_s(\text{안전율}) = \frac{W(\text{하중})}{J(\text{침투력})}$$

· 침투력  $J = jV$

$$= i \cdot \gamma_w \cdot D \times \frac{D}{2} \times 1$$

$$= \frac{\Delta h_{ave}}{D} \times \frac{D^2}{2} \times \gamma_w$$

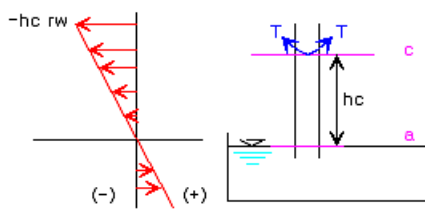
$$= \frac{1}{2} \gamma_w \cdot S \cdot \Delta h_{ave}$$

$$\text{유효자중 } W = \gamma' \times V = \gamma_{sub} \times \frac{D}{2} \times D \times 1 = \frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot D^2$$

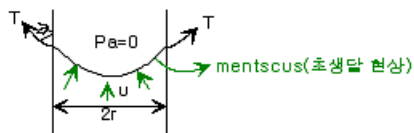
$$F_s = \frac{W}{J} = \frac{\frac{1}{2} \gamma_{sub} \cdot D^2}{\frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot S \Delta h_{ave}} = \frac{D \cdot \gamma_{sub}}{\Delta h_{ave} \cdot \gamma_w} = \frac{i_{cri}}{i_{ave}}$$

## 7.8 모세관 현상

### 7.8.1 모세관현상의 원리



~표면 장력(T)에 의하여 물이 상승하는 현상



-연직 방향의 평형조건에서

$$T \cdot \cos \alpha \cdot \Pi d + \frac{\Pi d^2}{4} \cdot u = 0$$

$$u = - \frac{4T \cdot \cos \alpha}{d} \quad (1)$$

$$\cos \alpha = 0 \text{ 이라면 } \rightarrow u = - \frac{4T}{d}$$

-모세관내의 물기둥에 대하여 연직방향의 힘 평형조건

$$\pi d \cdot T \cos \alpha$$

$$W = \frac{\pi d}{4} \times \gamma_w \times hc$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \times \gamma_w \times hc = \pi d T \cos \alpha$$

$$hc(\text{모세관상승고}) = \frac{4 \cdot T \cos \alpha}{\gamma_w \cdot d} \quad (2)$$

$$\text{if) } \alpha = 0. \quad T = 73 \text{ dyne/cm} = 73 \times 10^{-8} \text{ KN/cm}$$

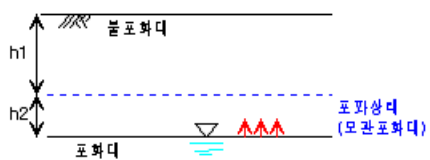
$$\gamma_w = 9.81 \text{ KN/cm}^3 = 9.81 \times 10^{-6} \text{ KN/cm}^3 (20^\circ\text{C})$$

$$\rightarrow hc = \frac{0.3}{d} (\text{cm})$$

(1)과 (2)를 비교하면

$$hc = - \frac{u}{\gamma_w}$$

## 7.8.2 자연지반의 모세관현상



$$\sigma_v' = \sigma_v - u = \gamma_t \cdot h_1 + \gamma_{sat} \cdot h_2 + \gamma_w \cdot hw$$

$$\sigma_v = \gamma_t h_1 + \gamma_{sat} \cdot h_2$$

$$u = -\gamma_w \cdot hw$$

### 7.8.3 표면장력의 영향

。겉보기 점착력(apparent cohesin)

~모래가 적절한 함수비를 가지고 있을 때 발생하는 점착력

(모래가 포화 함수 일 때)

。건조 점토(desicated clay)

~수분의 증발에 의한 모관작용으로 (-)간극수압이 발생되므로 유효응력 증가 때문에 과압밀  
어 강도가 증가된 점토

흙의 지반개량

### 7.9 흙의 동결

#### 7.9.1 동상과 융해

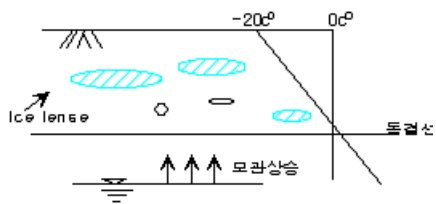
동상 (frost heave)

~땅이 얼어서 지표면이 융기되는 현상

-원인:①물이 얼면 9%체적 팽창 발생(간극률이 50%인 물이 얼면  $9\% \times 0.5 = 4.5\%$  체적팽)

②아이스렌즈 발생 기인

-아이스 렌즈(Ice lense)



큰 간극의 물이 먼저 연후 인접한 간극 속의 물을 끌어  
들여 큰 결정을 이룸.

## 융해(Thawing)

~봄철에 언 흙이 녹을 때 과도한 함수비로 인하여 지반의 지지력이 약화되는 현상 (강도가 떨어짐)

-원인:①융해수가 배수되지 않고 저류될 때

②지표수 침입

③지하수위의 상승

### 7.9.2 동상이 일어나는 조건

①0℃ 이하의 온도가 오랫동안 지속

②동상을 받기 쉬운 흙(실트질)이 존재해야 함

③아이스렌즈를 형성할 수 있도록 물의 공급이 충분해야 함

### 7.9.3 동상에 대한 대책

①구조물 기초를 동결선 아래에 설치(동결선  $\approx 0.5 \sim 1\text{m}$ )

②동상을 받기 쉬운 흙을 암질의 사질토로 치환한다.

③지하수위를 저하시킨다.