



# 土壤力學導論 -

## 土壤之滲透性

0011

Created by 林商裕 94.10.4

Modified by 賴俊仁 95.10.3

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 目 錄

0011

- ◆ 土壤滲透性之重要性
- ◆ 柏努力(Bernoulli)定律
- ◆ 達西(Darcy)定律
- ◆ 土壤滲透係數之決定方法
- ◆ 滲流理論及其應用

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 土壤滲透性之使用時機

0011

- ◆ 地下施工抽水滲流量之估算
- ◆ 土壩或擋土結構物受滲流力之穩定分析
- ◆ 土壩壩心與固體廢棄物掩埋場夯實粘土層止水層施工規範

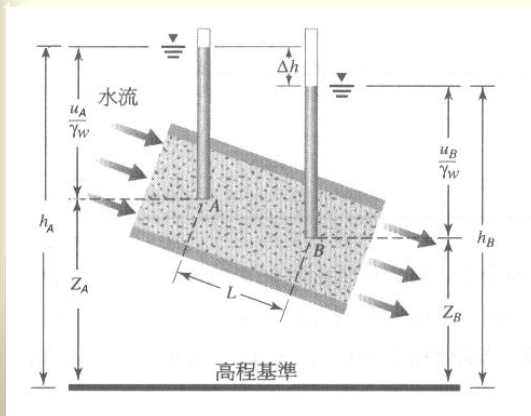
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 柏努力(Bernoulli)定律

00



$$h = \frac{u}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + Z$$

h：總水頭

u：水壓

v：流速

g：重力加速度

$\gamma_w$ ：水單位重

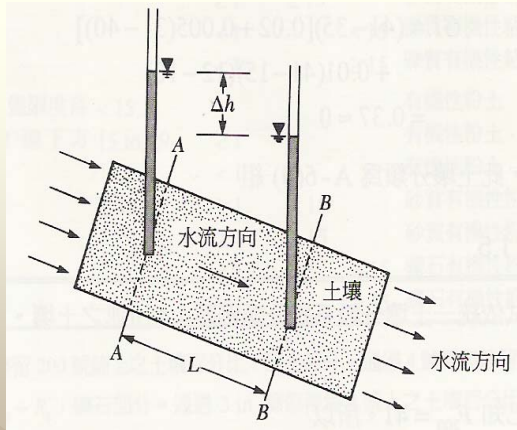
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 達西(Darcy)定律

0011



$$q = k \cdot i \cdot A$$

q : 單位時間滲流量

k : 滲透係數

i : 水力坡降

A : 滲流面積

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

圖2-3 達西定律之定義

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 土壤滲透係數之決定方法

0011

- ◆ 室內試驗
  - 定水頭透水試驗
  - 變水頭透水試驗
- ◆ 現地試驗
  - 現地抽水井
  - Boutwell 滲透儀
  - 透水探管
- ◆ 經驗公式

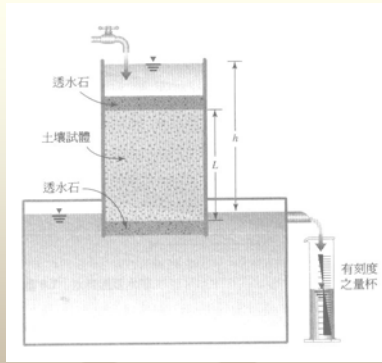
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



# 室內定水頭透水試驗

0011



$$k = \frac{Q \cdot L}{A \cdot h \cdot t}$$

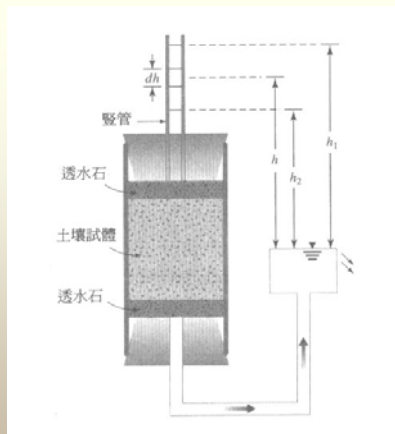
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



# 室內變水頭透水試驗

0011



$$k = 2.303 \frac{aL}{At} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

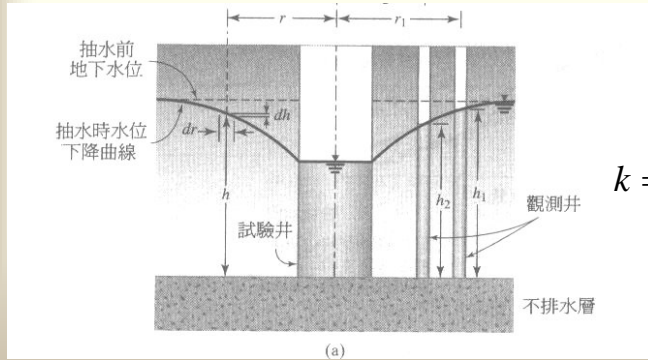
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 現地抽水井透水試驗

0011



$$k = \frac{2.303 \log_{10} \frac{r_1}{r_2}}{\pi(h_1^2 - h_2^2)}$$

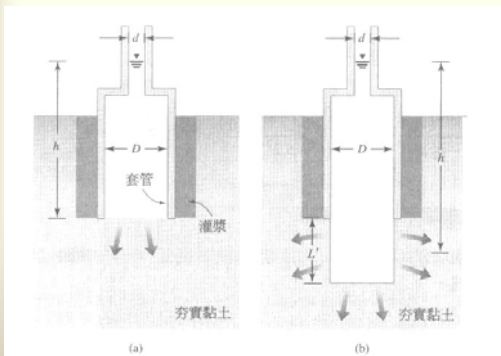
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## Boutwell 滲透儀透水試驗

0011



$$k_1 = \frac{\pi d^2}{\pi D(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$k_2 = \frac{A'}{B'} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$k_H = mk_1$$

$$k_V = \frac{k_1}{m}$$

$$A' = d^2 \left\{ \ln \left[ \frac{L'}{D} + \sqrt{1 + \left( \frac{L'}{D} \right)^2} \right] \right\}$$

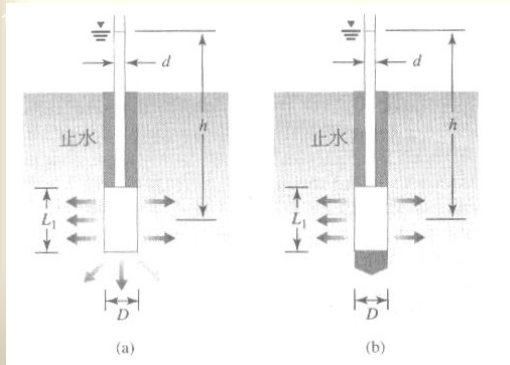
$$B' = 8d \frac{L'}{D} (t_2 - t_1) \left\{ 1 - 0.562 \exp \left[ -1.57 \frac{L'}{D} \right] \right\}$$

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 透水探管透水試驗



定水頭

$$k = \frac{q}{Fh}$$

降水頭

$$k = \frac{\pi d^2 / 4}{F(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

透水底層

$$F = \frac{2\pi L_1}{\ln \left[ (L_1 / D) + \sqrt{1 + (L_1 / D)^2} \right]}$$

$$F = \frac{2\pi L_1}{\ln \left[ (L_1 / D) + \sqrt{1 + (L_1 / D)^2} \right]} - 2.8D$$

不透水底層

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 經驗公式估計土壤滲透係數

### ◆ Hazzen

$$k(\text{cm/s}) = (1.0 \sim 1.5)D_{10}^2$$

### ◆ Kozeny-Carman

$$k = C_1 \frac{e^3}{1+e}$$

### ◆ Kenny et al.

$$\bar{k}(\text{mm}^2) = (0.05 \sim 1)D_5^2$$

$$k = \frac{\gamma_w \bar{k}}{\eta} \quad \eta: \text{水的粘滯性}$$

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 各種土壤k值之範圍

0011

土壤型式	滲透性係數 $k$ (cm/sec)
中等至粗礫石	大於 $10^{-1}$
粗至細砂	$10^{-1}$ 至 $10^{-3}$
細砂, 粉質砂	$10^{-3}$ 至 $10^{-5}$
粉土, 粘質粉土, 粉質粘土	$10^{-4}$ 至 $10^{-6}$
粘土	$10^{-7}$ 或更小

Department of Construction Engineering, CYUT

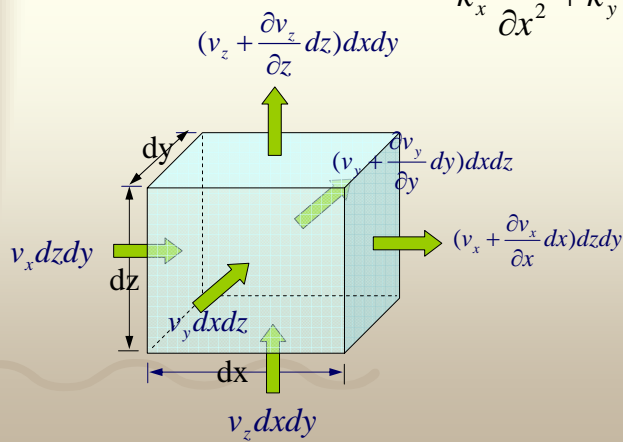
朝陽科技大學 營建工程系



## 連續體之拉普拉斯公式

0011

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$



Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 解拉普拉斯公式之方法

0011

### ◆ 圖解法

流網

### ◆ 數值法

- 有限差分法
- 有限元素法
- 邊界元素法

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 流網

0011

### ◆ 流線

水分子在透水層中由上游流至下游所經過之路徑(不透水邊界為流線)

### ◆ 等勢能線

流線中能量相等各點所連成之線稱之為等勢能線(透水層上、下游邊界為等勢能線)

### ◆ 流線與等勢能線互相垂直

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系





## 以流網估計滲流量

0011

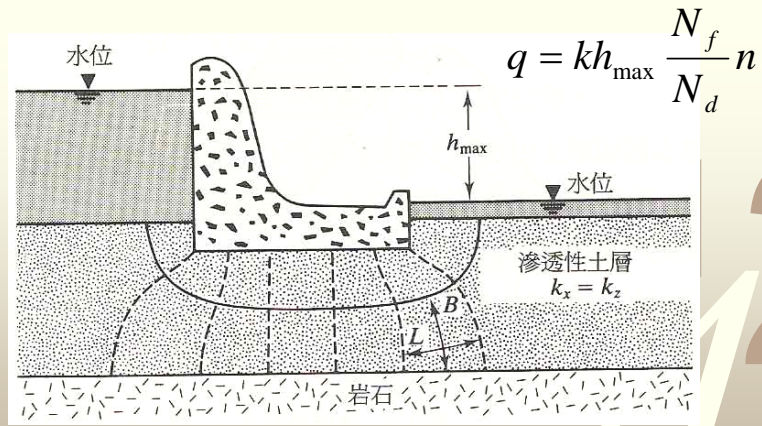


圖2-4 流線網

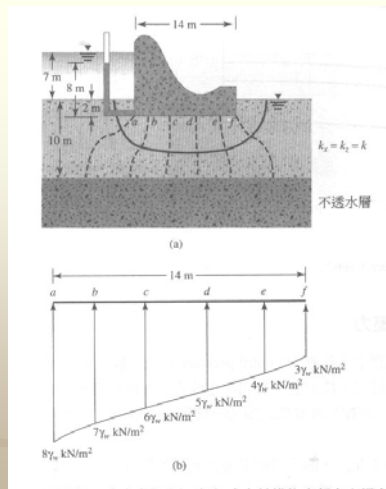
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 以流網估計上揚力

0011



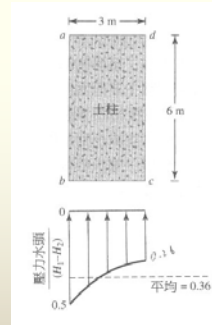
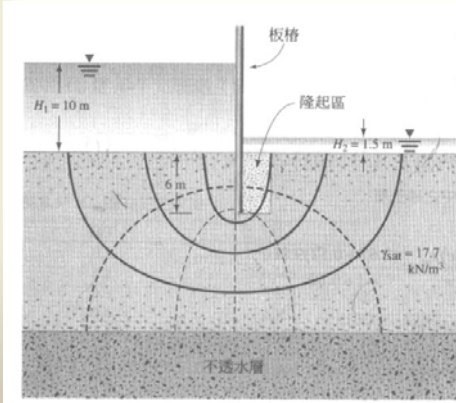
混凝土壩之重力  
需大於上揚力

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 鋼版樁下游抗隆起穩定分析



使用濾層增加安全係數

$$FS = \frac{\gamma'}{i_{av}\gamma_w}$$

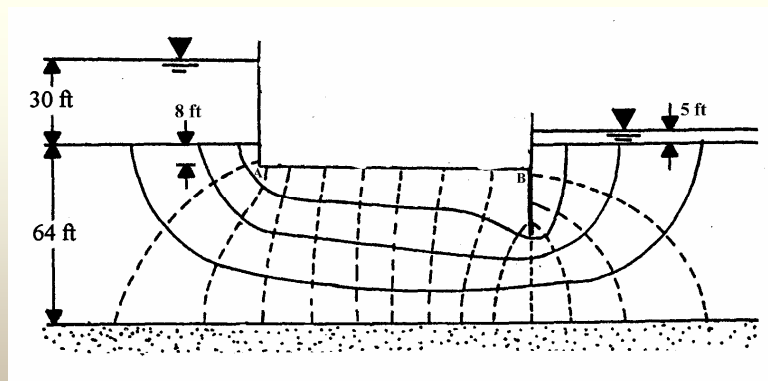
$$FS = \frac{\gamma' + \left(\frac{D_1}{D}\right)\gamma'_f}{i_{av}\gamma_w}$$

Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 第二次練習 - 1



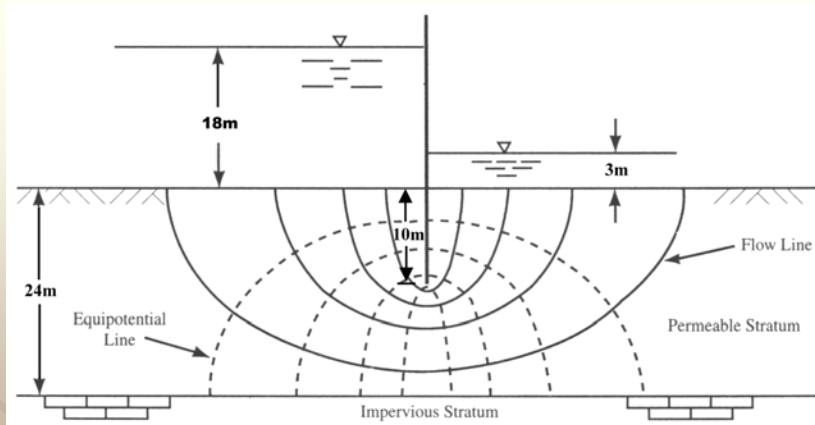
Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系



## 第二次練習 - 2

0011



Department of Construction Engineering, CYUT

朝陽科技大學 營建工程系