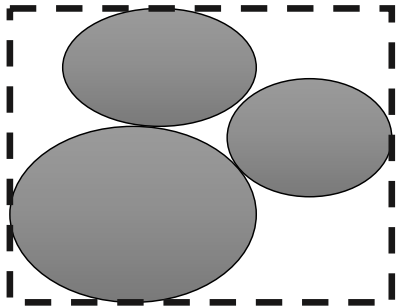


được chuẩn bị bởi GV  
Nguyễn Hoàng Việt

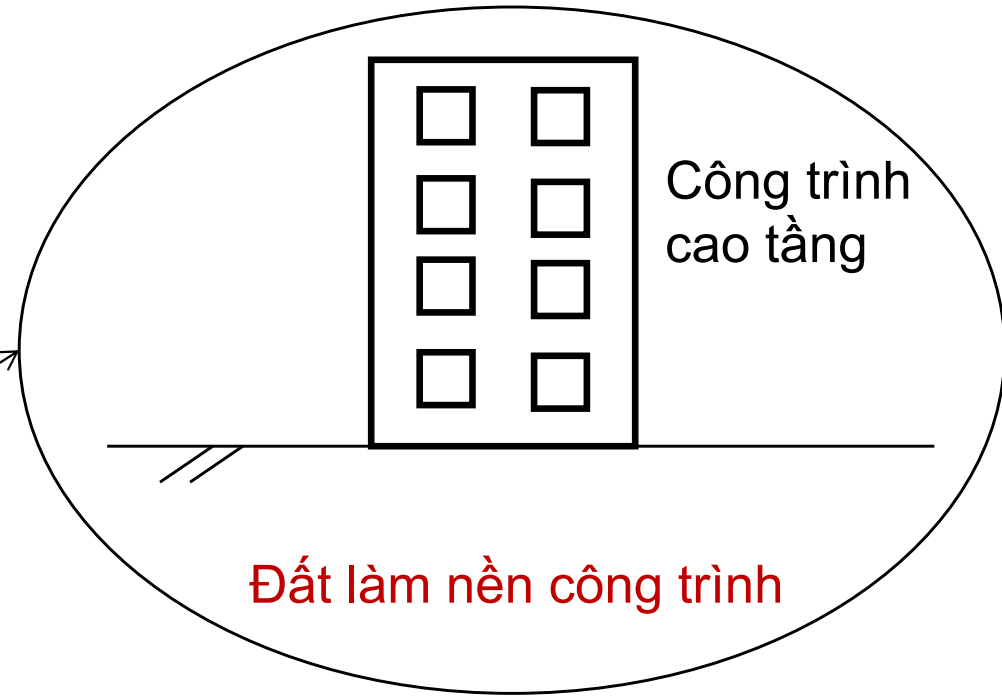
# Chương 2: Tính chất cơ học của đất

# Tại sao chúng ta lại nghiên cứu tính chất cơ học của đất?

Trong lĩnh vực xây dựng:



Đất (vật liệu rời)

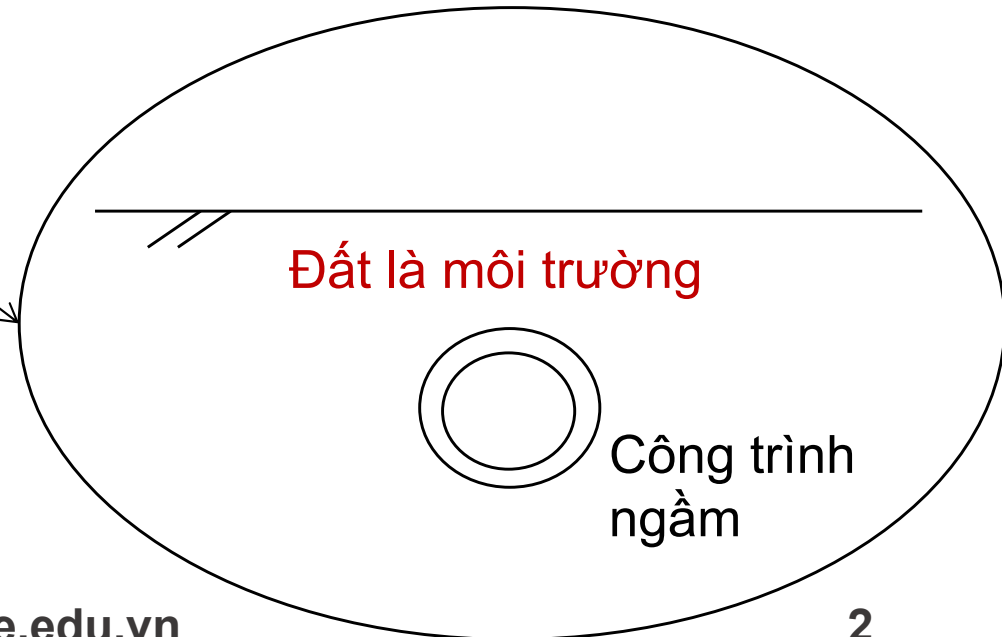


Đất làm nền công trình



Đất là vật liệu xây dựng

Công trình đê, đập



Đất là môi trường

Công trình ngầm

❖ Do tồn tại lỗ rỗng, cộng với chênh lệch cột áp → xuất hiện dòng thấm trong đất → (1) Nghiên cứu tính thấm

❖ Dưới tác dụng của lực → đất bị biến dạng

Giảm thể tích lỗ rỗng → (2) nghiên cứu tính nén lún của đất

Các hạt đất trượt lên nhau → (3) nghiên cứu tính kháng cắt của đất

❖ Để dùng đất làm vật liệu xây dựng, chúng ta phải đầm chặt đất để tăng tính chất xây dựng của nó → (4) Nghiên cứu tính đầm chặt của đất

# Nội dung Chương 2:

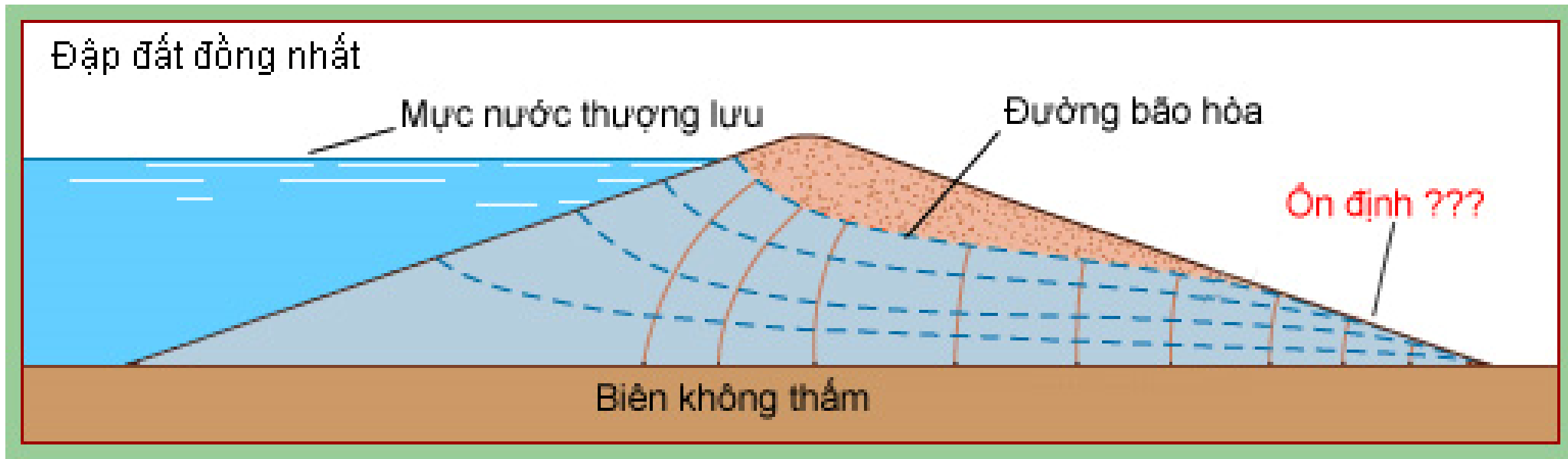
1. Tính **thấm** của đất
2. Tính **nén lún** của đất
3. Tính **kháng cắt** của đất
4. Tính **đàn chặt** của đất

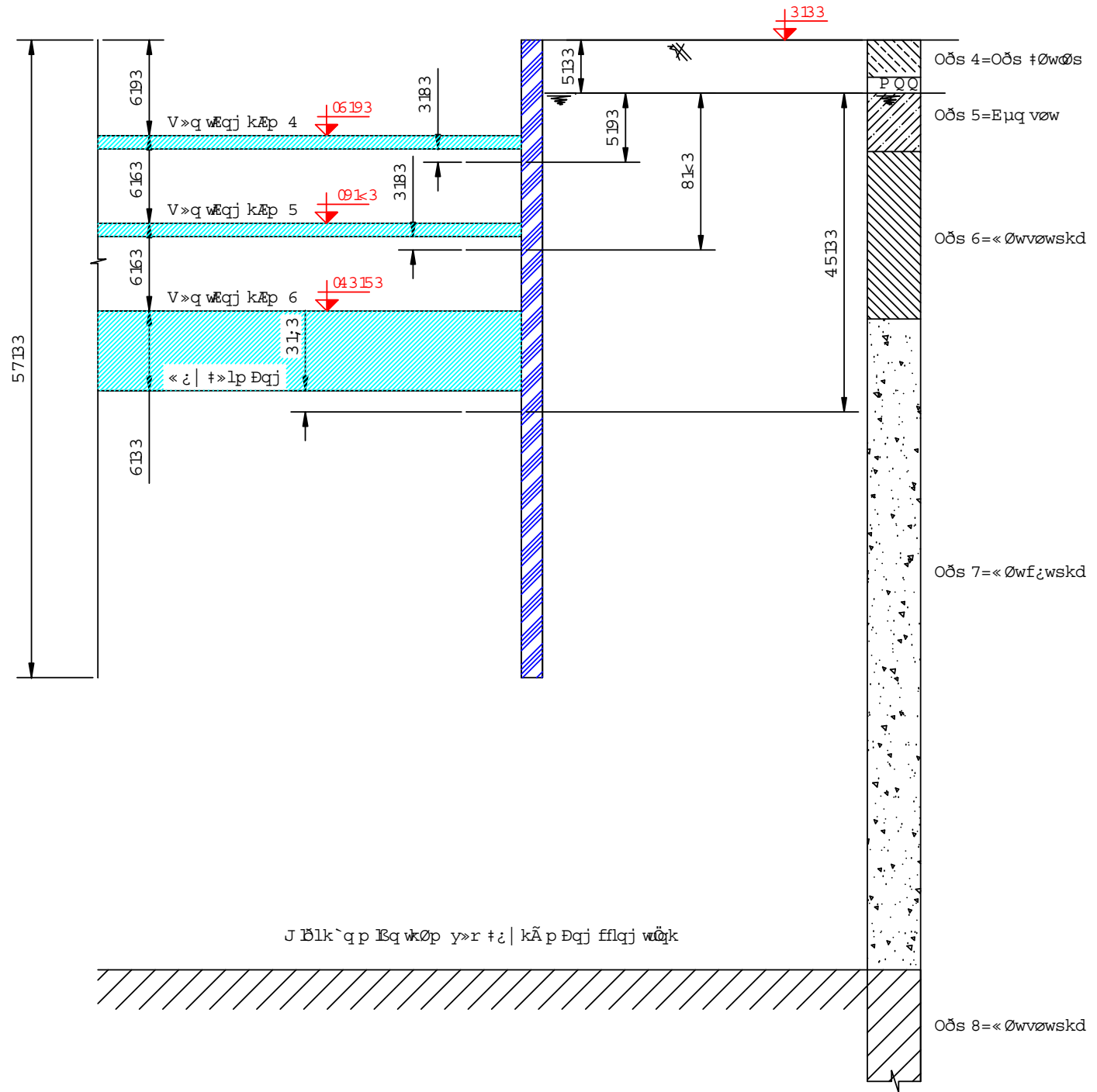
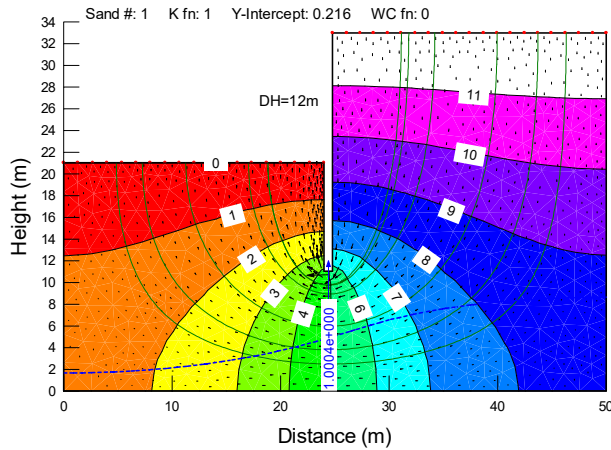
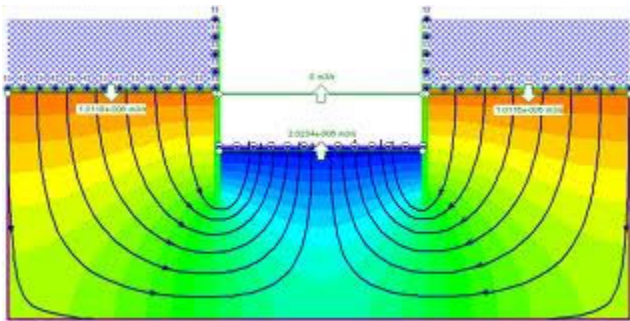
# Nội dung Chương 2:

1. Tính **thấm** của đất
2. Tính **nén lún** của đất
3. Tính **kháng cắt** của đất
4. Tính **đàn chặt** của đất

# § 1. Tính thấm của đất

- Tại sao chúng ta cần nghiên cứu quy luật của dòng thấm trong đất?





## ❖ Các định nghĩa

- **Tính thấm của đất:** là tính chất của đất cho phép dòng nước chảy qua trong một điều kiện thuận lợi nào đó. Dòng nước qua đất được gọi là dòng thấm.
- Điều kiện xảy ra thấm:
  - Các lỗ rỗng trong đất tồn tại và đủ lớn,
  - Có sự chênh lệch thế năng cột nước

## ❖ Định luật thấm Darcy (1856)

Đất có vận tốc thấm nhỏ → dòng thấm trong đất là **dòng chảy tầng** → **tuân theo quy luật Darcy** về quan hệ giữa vận tốc thấm và gradient thủy lực:

$$v = k \cdot I$$

**Vận tốc thấm của nước trong đất,  $v$**  (m/s, m/ng.đ): là lượng nước thấm qua 1 đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian.

$$v = \frac{q}{A} = \frac{Q}{A.t}$$

$q$  : lưu lượng nước;  
 $Q$  : lượng nước thấm;  
 $t$  : thời gian thấm (s);  
 $A$  : diện tích tiết diện dòng thấm.

**Lưu lượng thấm,  $q$**  (m<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/ng.đ): là lượng nước thấm trong một đơn vị thời gian

**$k$ : hệ số thấm (cm/s; mm/s),**

Hệ số thấm  $k$  phụ thuộc loại đất, được xác định bằng thí nghiệm (trong phòng, hiện trường) hoặc tra bảng;

## *Hệ số thấm của một số loại đất điển hình*

<b>Tên đất</b>	<b>Hệ số thấm k(cm/s)</b>
<b>Cuội sỏi sạch (không có hạt nhỏ)</b>	<b>10 - 100</b>
<b>Cát to, cát vừa, cát nhỏ sạch</b>	<b><math>10^{-3}</math> - 10</b>
<b>Cát bụi, cát pha</b>	<b><math>10^{-5}</math> - <math>10^{-3}</math></b>
<b>Sét pha</b>	<b><math>10^{-7}</math> - <math>10^{-5}</math></b>
<b>Sét</b>	<b><math>&lt; 10^{-7}</math></b>

# I là gradient thủy lực

**Gradient thủy lực** là cường độ trung bình sự thay đổi chiều cao cột nước tổng trên một đơn vị chiều dài.

$$I = \frac{\Delta H}{L}$$

**$\Delta H$ : độ chênh cột nước tổng giữa 2 điểm đang xét;**

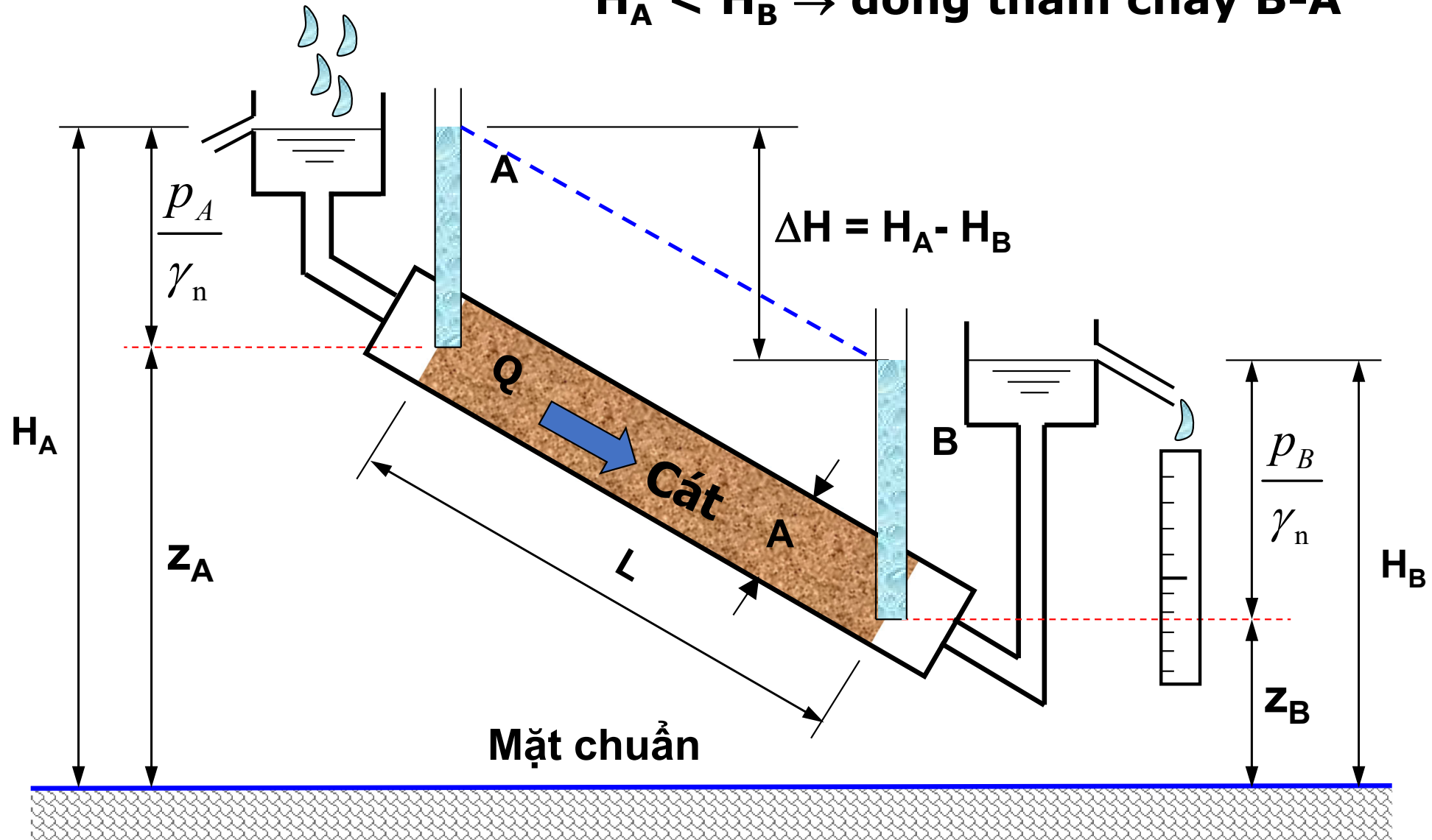
**L: khoảng cách giữa 2 điểm đang xét.**

Nếu  $I = 0$ : Không có hiện tượng thấm

Nếu  $I$  càng lớn  $\rightarrow$  dòng thấm càng mạnh và ngược lại

$H_A > H_B \rightarrow$  dòng thấm chảy A-B

$H_A < H_B \rightarrow$  dòng thấm chảy B-A



- ❖ Kéo dài ống đo đến một mặt chuẩn nào đó → cột nước trong ống đo gọi là **cột nước tổng**.
- ❖ Chiều cao từ mặt chuẩn đến mặt nước trong ống gọi là **chiều cao cột nước tổng**, ký hiệu H.
- ❖ Cột nước và chiều cao cột nước từ vị trí điểm đo đến mặt chuẩn gọi là **cột nước và chiều cao cột nước thế năng**, ký hiệu  $z_i$ .

**$\Delta H$** : chênh cao cột nước giữa 2 điểm A và B.

$$\Delta H = (H_A - H_B)$$

Điều kiện cần để có dòng chảy giữa hai điểm A và B là:

$$\Delta H \neq 0$$

# ❖ Thí nghiệm xác định hệ số thấm của đất

## a. Thí nghiệm thấm cột nước không đổi

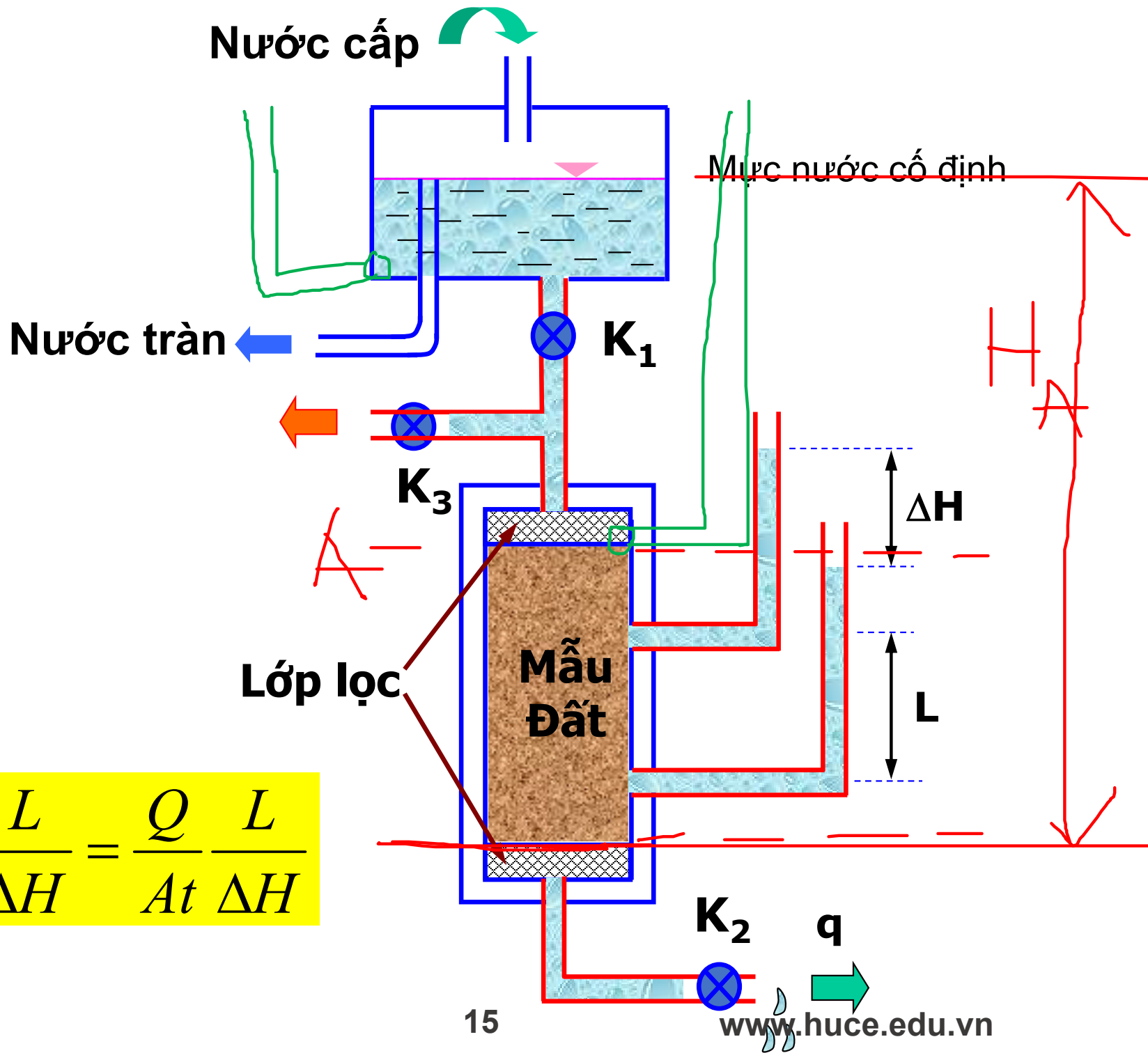
Thí nghiệm thấm cột nước không đổi thích hợp cho các loại đất có tính thấm cao - đất rời.

Cách thí nghiệm:

Mở van K1, K2; điều chỉnh K2 sao cho lưu lượng ra  $q = \text{const}$ .

Đo chênh cao cột nước  $\Delta H = h_1 - h_2$

Kết quả TN: Kết quả thí nghiệm là cặp giá trị  $\{\Delta H, Q\}$  hay  $\{\Delta H, q\}$ . Hệ số thấm xác định theo công thức:



Công thức:

$$k = \frac{v}{I} = \frac{q}{A \Delta H} = \frac{Q}{At} \frac{L}{\Delta H}$$

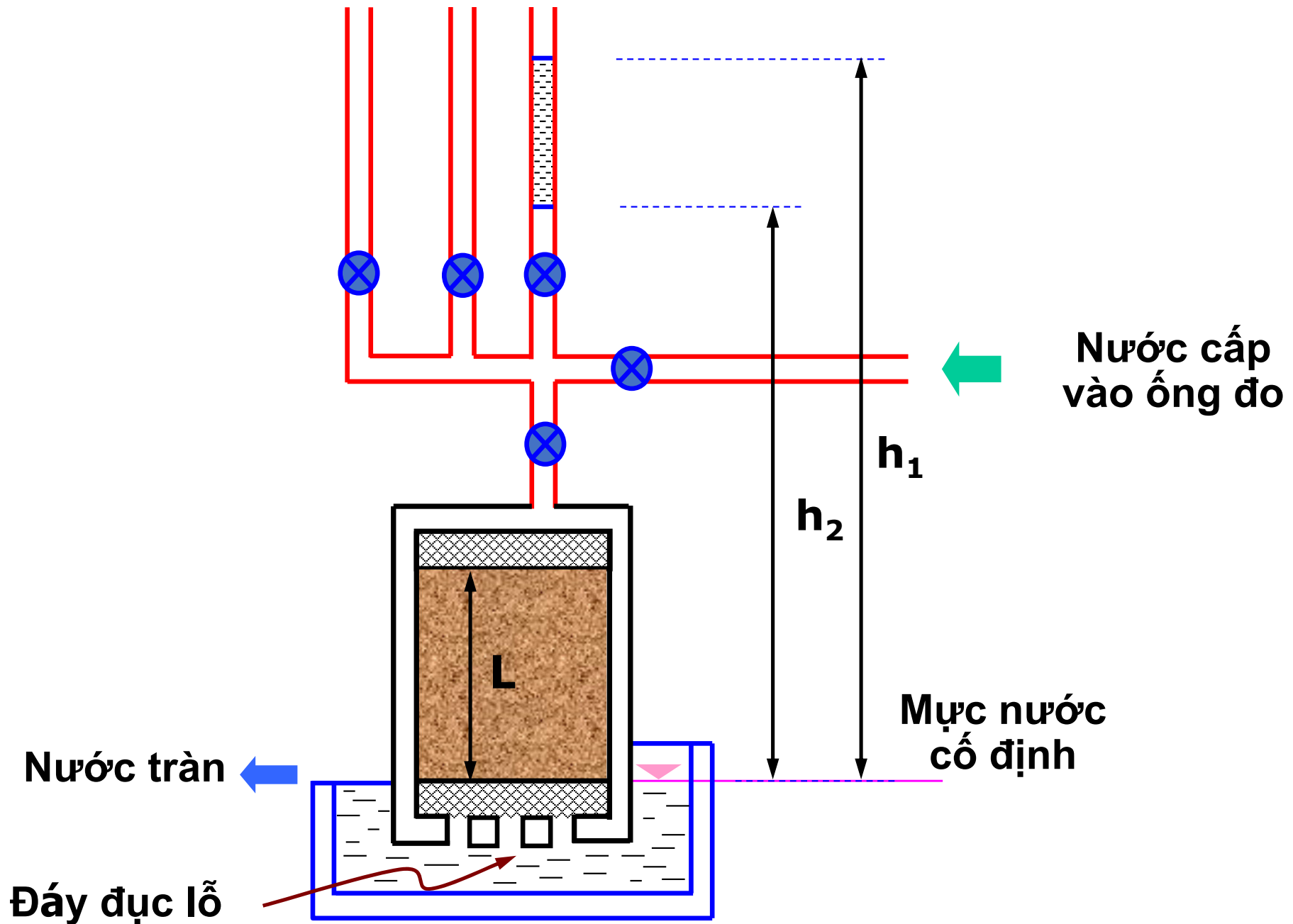
## b. Thí nghiệm thấm cột nước áp thay đổi

Thí nghiệm thấm cột nước thay đổi áp dụng cho loại đất có tính thấm nhỏ (đất dính) do khó xác định được lưu lượng nước ra.

- ❖ Khi mở 1 cặp van bất kỳ → cột nước trong ống đo cũng là nguồn cấp nước thấm qua mẫu.
- ❖ Cao trình mực nước ra không đổi → gradient thủy lực giảm dần.
- ❖ Chiều cao cột nước tại thời điểm  $t$  bất kỳ là  $h(t)$ , gradient thủy lực của dòng thấm qua mẫu là:

$$i(t) = \frac{h(t)}{L}$$

# Các ống đo áp đường kính $\neq$



## Hệ số thấm xác định theo công thức:

$$k = \frac{a.L.\ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{A(t_2 - t_1)} = \frac{2,3a.L.\lg\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{A(t_2 - t_1)}$$

Trong đó:

**L** : chiều dài của mẫu thí nghiệm.

**a** : diện tích tiết diện của ống đo;

**A** : diện tích tiết diện của mẫu đất;

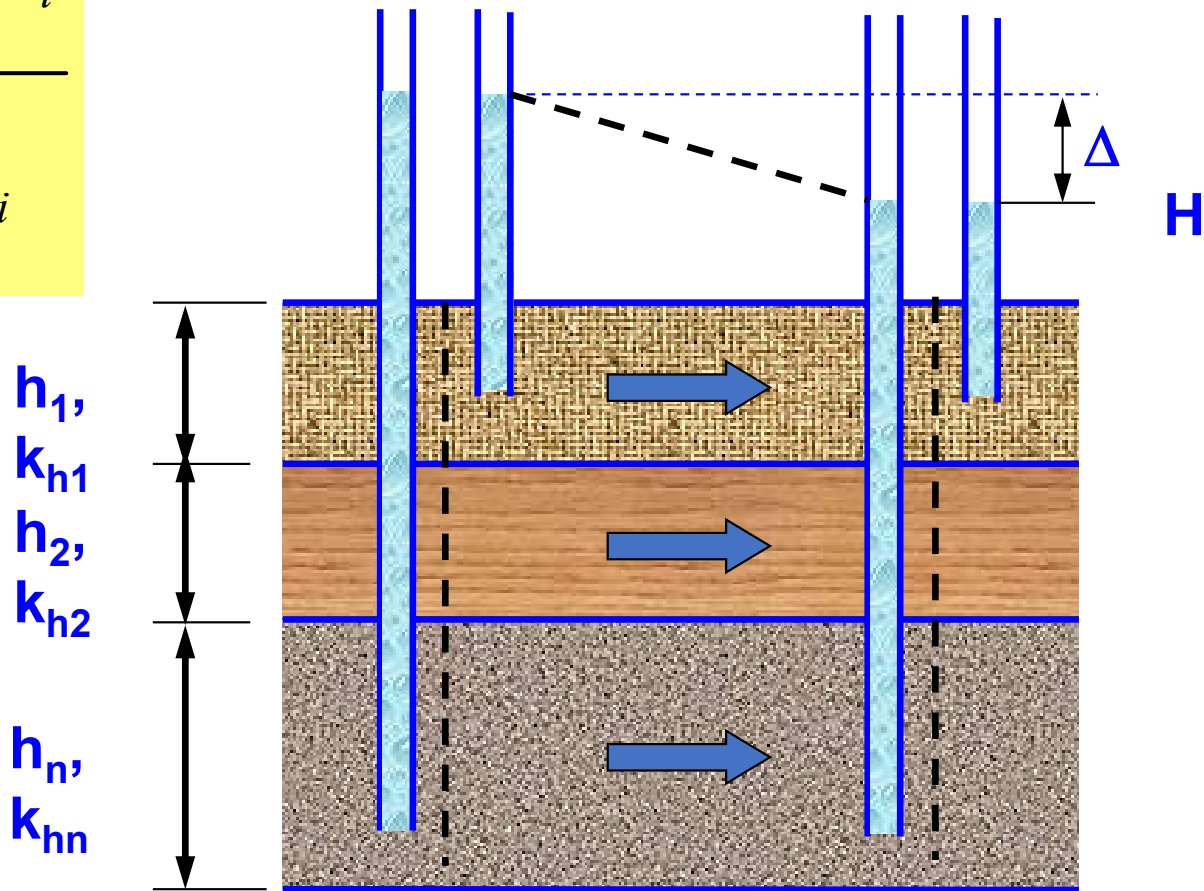
**$h_1, h_2$**  : lần lượt là chiều cao cột nước trong ống đo tại thời điểm  
 **$t_1, t_2$** .

# Hệ số thấm tương đương của nền nhiều lớp

## a. Thấm song song với các lớp đất (thấm ngang)

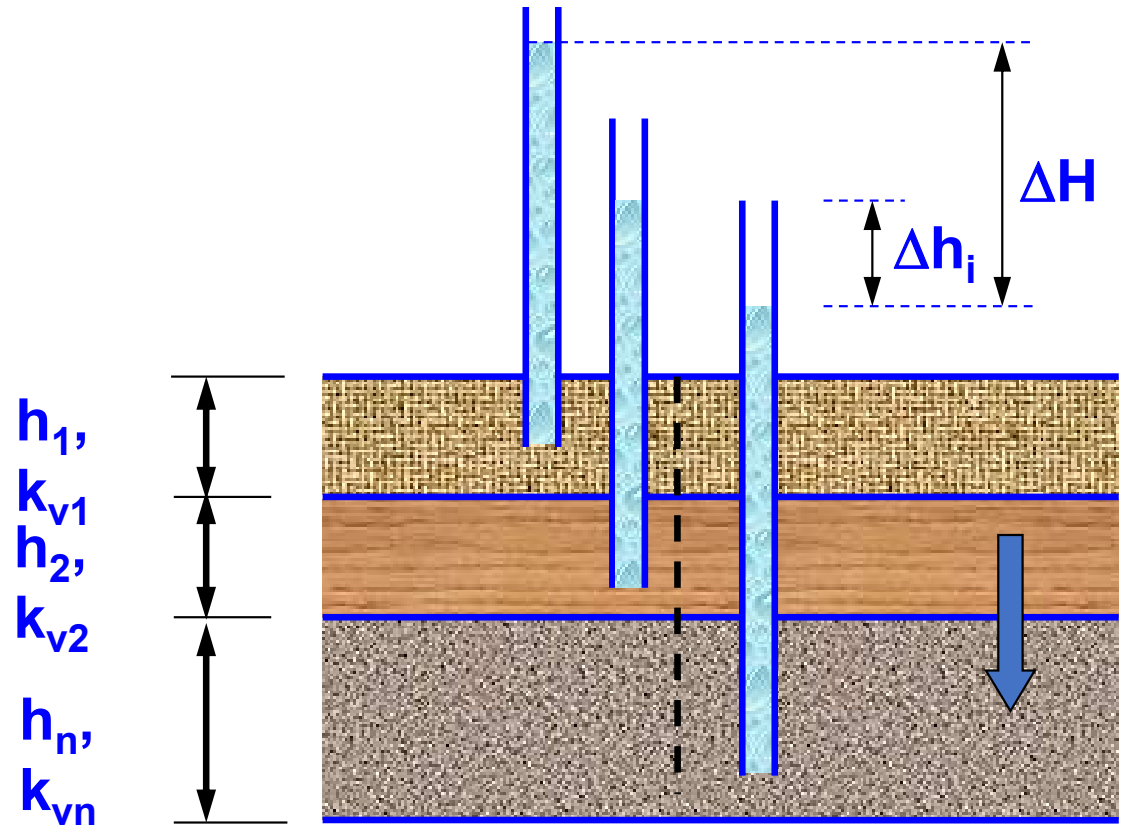
Giả sử nền có n lớp đất với chiều dày mỗi lớp là  $h_i$ . Hệ số thấm ngang tương ứng  $k_{hi}$

$$k_{tđ} = \frac{v_{tđ}}{I} = \frac{q}{b.H.I} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{hi} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$



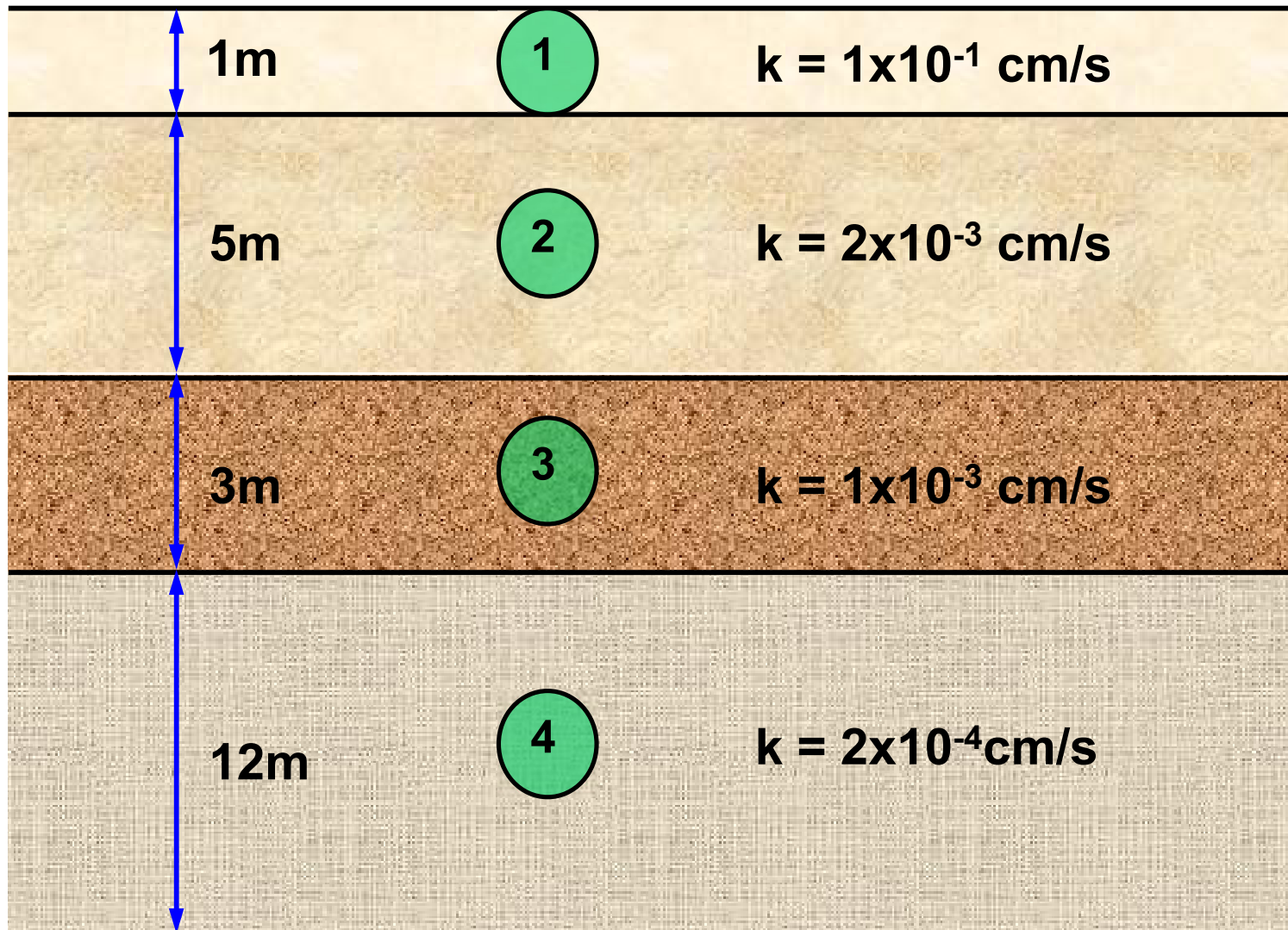
## b. Thẩm thấu góc với các lớp đất (vuông góc)

$$k_{tđ} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{k_{vi}}}$$



# VÍ DỤ ÁP DỤNG

**Yêu cầu:** Xác định hệ số thấm tương đương theo phương đứng ( $k_{V(td)}$ ) và phương ngang ( $k_{H(td)}$ ) .



# VÍ DỤ ÁP DỤNG

$$k_{\text{đđ}}^{\text{dung}} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{k_{vi}}} = \frac{H}{\frac{H_1}{k_1} + \frac{H_2}{k_2} + \frac{H_3}{k_3} + \frac{H_4}{k_4}}$$

$$= \frac{(1+5+3+12)m}{\frac{1m}{10^{-1} \text{ cm/s}} + \frac{5m}{2 \times 10^{-2} \text{ cm/s}} + \frac{3m}{10^{-3} \text{ cm/s}} + \frac{12m}{2 \times 10^{-4} \text{ cm/s}}} =$$

$$\rightarrow = \frac{2,1 \text{ cm}}{(6,551 \times 10^3) \cdot s} = 0,32 \times 10^{-3} (\text{cm/s})$$

$$k_{\text{đđ}}^{\text{ngang}} = \frac{1}{H} [k_1 \cdot H_1 + k_2 \cdot H_2 + k_3 \cdot H_3 + k_4 \cdot H_4]$$

$$\rightarrow k_{\text{đđ}}^{\text{ngang}} = \frac{1}{21(m)} [(1) \cdot (10^{-1}) + (5) \cdot (2 \times 10^{-3}) + (3) \cdot (10^{-3}) + (12) \cdot (2 \times 10^{-4})]$$
$$= 4,8 \times 10^{-3} (\text{cm/s})$$

# VÍ DỤ ÁP DỤNG

## Ví dụ 2:

Một mẫu đất tiết diện ngang  $F = 103 \text{ cm}^2$ , chiều cao mẫu  $h = 20 \text{ cm}$ . Thí nghiệm thấm cột nước áp không đổi  $\Delta H = 55 \text{ cm}$ . Sau thời gian  $t = 6$  phút, lưu lượng thấm qua là  $Q = 14,5 \text{ cm}^3$ .

**Xác định hệ số thấm của mẫu đất?**

## Lời giải:

Công thức xác định hệ số thấm từ TN cột nước áp không đổi

$$k = \frac{v}{I} = \frac{q}{F \Delta H} = \frac{Q}{F t \Delta H}$$

$F$ : diện tích mặt cắt ngang mẫu đất,  $\text{cm}^2$

$\Delta H$ : độ chênh cột nước áp,  $\text{cm}$

# VÍ DỤ ÁP DỤNG

Q: lưu lượng nước thấm,  $\text{cm}^3$

L: chiều dài đường thấm (bằng h), cm

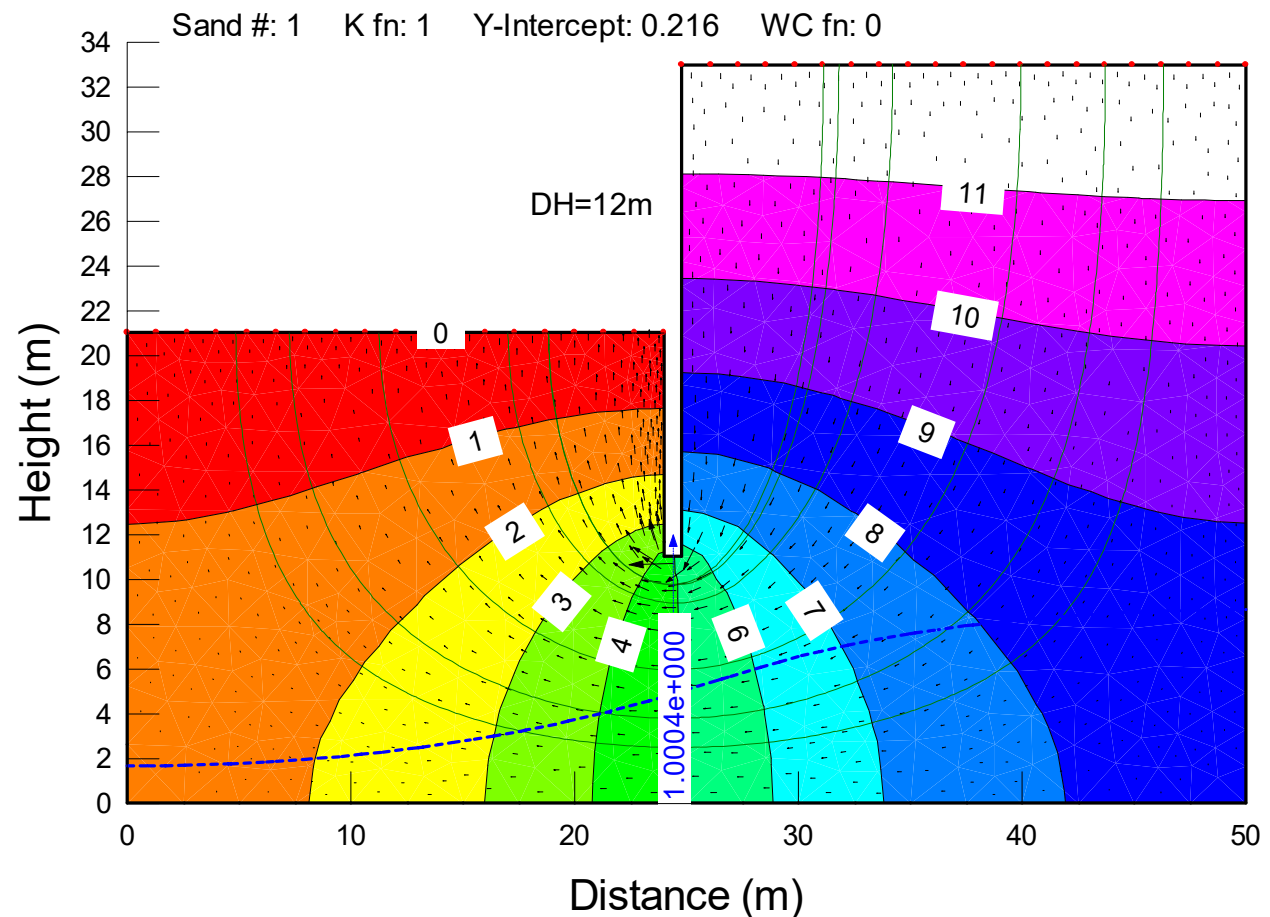
t: thời gian thấm, giây (s)

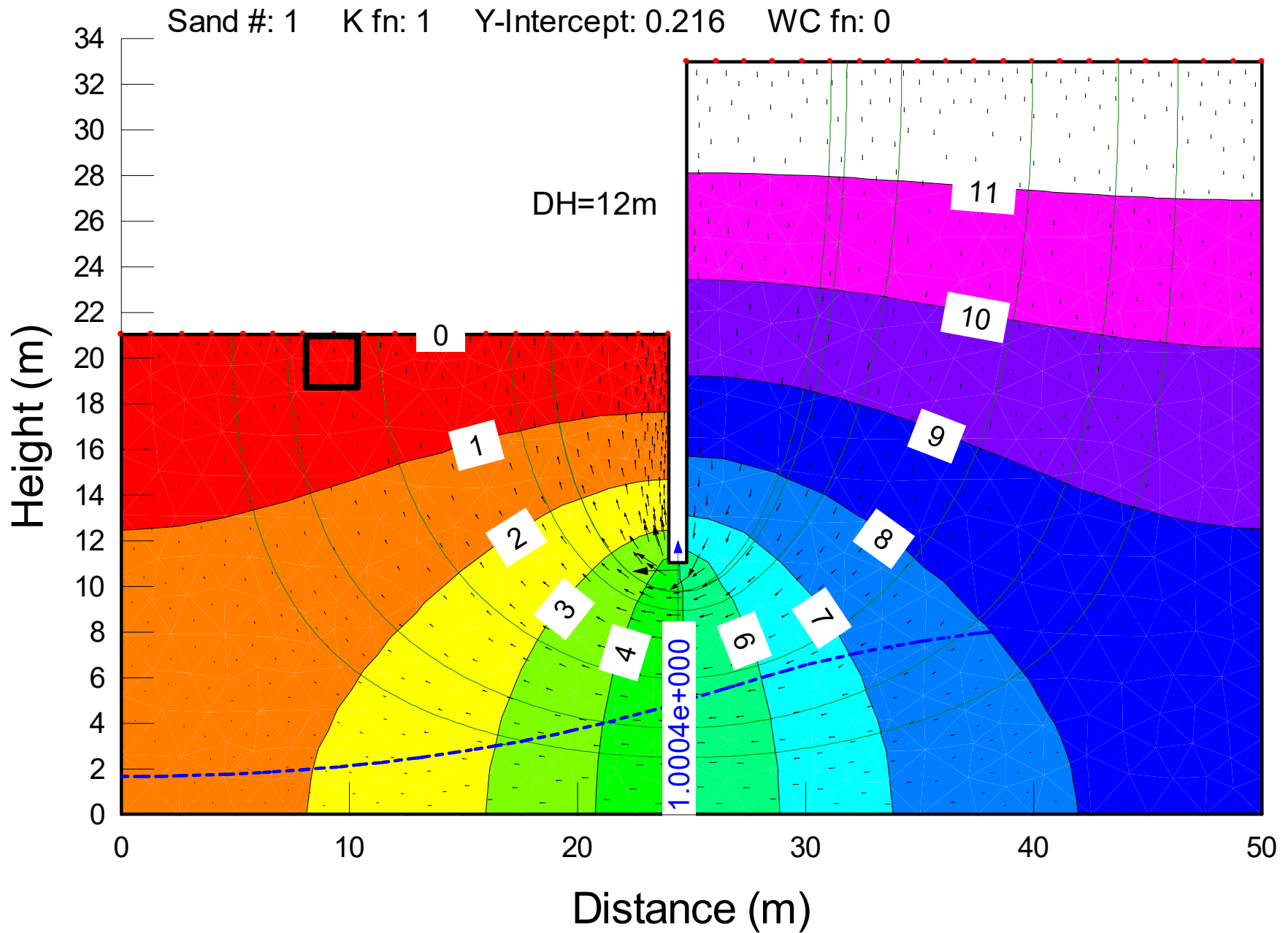
k: hệ số thấm, cm/s

$$k = \frac{14,5}{103 \times (6 \times 60)} \cdot \frac{20}{55} = 1,42 \times 10^{-4} \text{ (cm/s)}$$

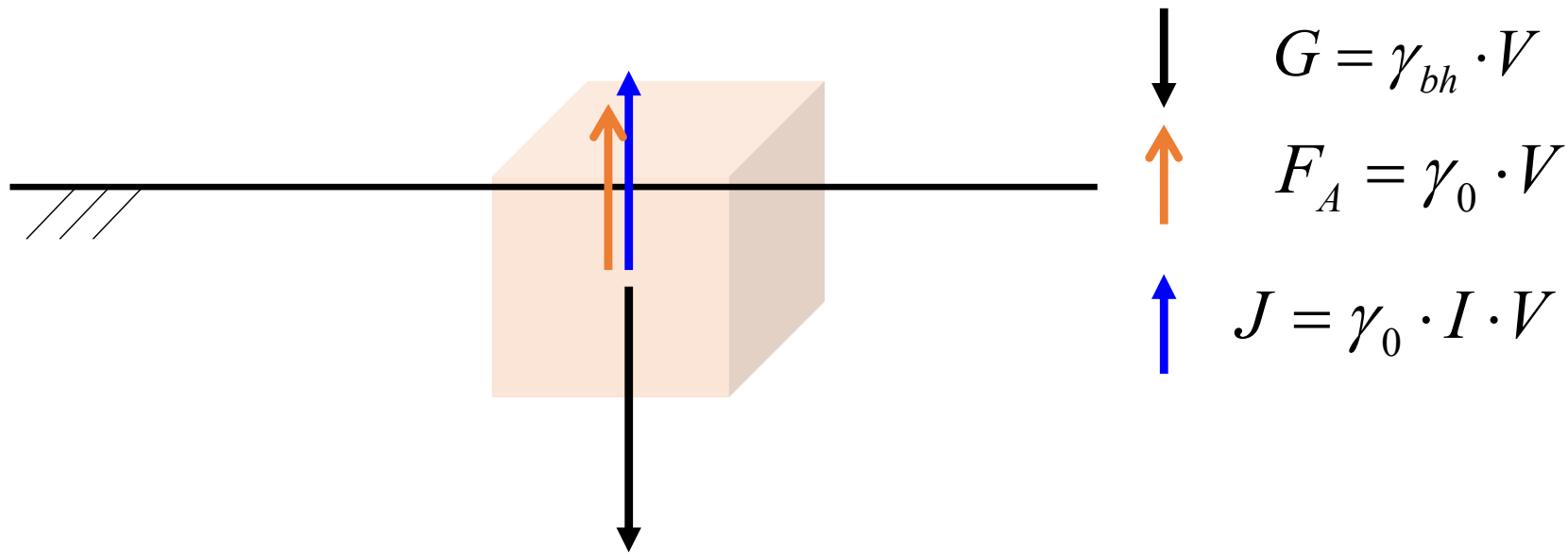
# Áp lực thể tích của dòng thấm

Áp lực dòng thấm (seepage pressure) là lực tác dụng của nước đang chảy qua môi trường đất/bê tông rỗng lên các hạt đất, gây ra bởi sự giảm sút năng lượng dòng chảy. Lực này gia tăng mạnh khi có vết nứt (ví dụ: ở nền đập), có thể gây nâng, bục nền đất hoặc hỏng kết cấu nếu không kiểm soát tốt qua các biện pháp như giếng giảm áp.





# Áp lực thể tích của dòng thấm



Trong cơ học đất và địa kỹ thuật, **áp lực thể tích của dòng thấm** (seepage force per unit volume) là lực mà dòng nước tác động lên các hạt đất khi nó chảy qua các lỗ rỗng. Dưới đây là mô tả chi tiết và công thức liên quan để bạn có thể hình dung hoặc vẽ lại sơ đồ này:

## 1. Bản chất vật lý

Khi nước chảy qua đất, nó tiêu hao năng lượng do ma sát với bề mặt hạt đất. Năng lượng mất đi này chính là lực đẩy tác động lên khối đất theo **hướng dòng chảy**.

# Áp lực thể tích của dòng thấm

## 3. Công thức xác định

Áp lực thể tích dòng thấm ( $j$ ) được tính bằng công thức:

$$J = \gamma_0 \cdot I \cdot V$$

Trong đó:

- $j$ : Áp lực thể tích dòng thấm ( $kN/m^3$ ).
- $i$ : Độ dốc thủy lực ( $i = \frac{\Delta h}{L}$ ), là đại lượng không đơn vị.
- $\gamma_w$ : Trọng lượng riêng của nước (thường lấy  $9.81 kN/m^3$  hoặc  $10 kN/m^3$ ).

**Lưu ý:** Nếu dòng chảy hướng từ dưới lên trên với áp lực đủ lớn, nó có thể triệt tiêu trọng lượng ký vãng của đất, dẫn đến hiện tượng **đất chảy** (quicksand) hoặc **đùn đất**.

# Bài toán đất sôi, đẩy búng

$$FS = \frac{Luc\_giu}{Luc\_gay} = \frac{G - F_A}{J} = \frac{(\gamma_{bh} - \gamma_0) \cdot V}{\gamma_0 \cdot I \cdot V} = \frac{(\gamma_{bh} - \gamma_0)}{\gamma_0 \cdot I}$$

$$\gamma_0 = 10 \left( \frac{kN}{m^3} \right) \quad \gamma_{bh} = 16 \div 21 \left( \frac{kN}{m^3} \right)$$