11　抗土圧構造物の設計－３ (土留め)

11.1　土留めとは

- 土留めとは，掘削などにより地盤を掘ったときに，
  土の壁が崩れるのを防ぐために行なう対策のこと
  （山留めとも言う）
- 主には建設工事における，仮設工である
- 矢板護岸も構造的には非常によく似ている
  （矢板護岸：アンカーで支持 $\leftrightarrow$ 土留め：切梁で支持）

ⓒAkihiro Takahashi 2008

土留めの各部の名称

（地盤工学会 (1997):
入門シリーズ 22 土圧入門,
p163 の図 5.4 等を参照）

これらの内,

- 鋼矢板
- 親杭横矢板
- 腹起し
- 切梁
- 方づえ (「火打ち」が一般的)

位は覚えておいた方がよい

ⓒAkihiro Takahashi 2008

11.2　土留め掘削の設計において考慮すべき事項

1. 土圧や水圧に対する土留めの安定性（土留めの根入れ長の決定等）
2. 掘削底面の安定性（ボイリング，パイピング，ヒービング，盤ぶくれに対して安定であること）
3. 土留め壁の応力および変位（土留め自体が塑性変形しない，周辺地盤に過大な沈下が出ない）
4. 土留め支保工の応力
5. その他，路面覆工からの荷重に対する土留め壁等の支持力，覆工受桁や桁受の応力および変位等

→ ここでは主に 1. について説明し，2. について概説

ⓒAkihiro Takahashi 2008

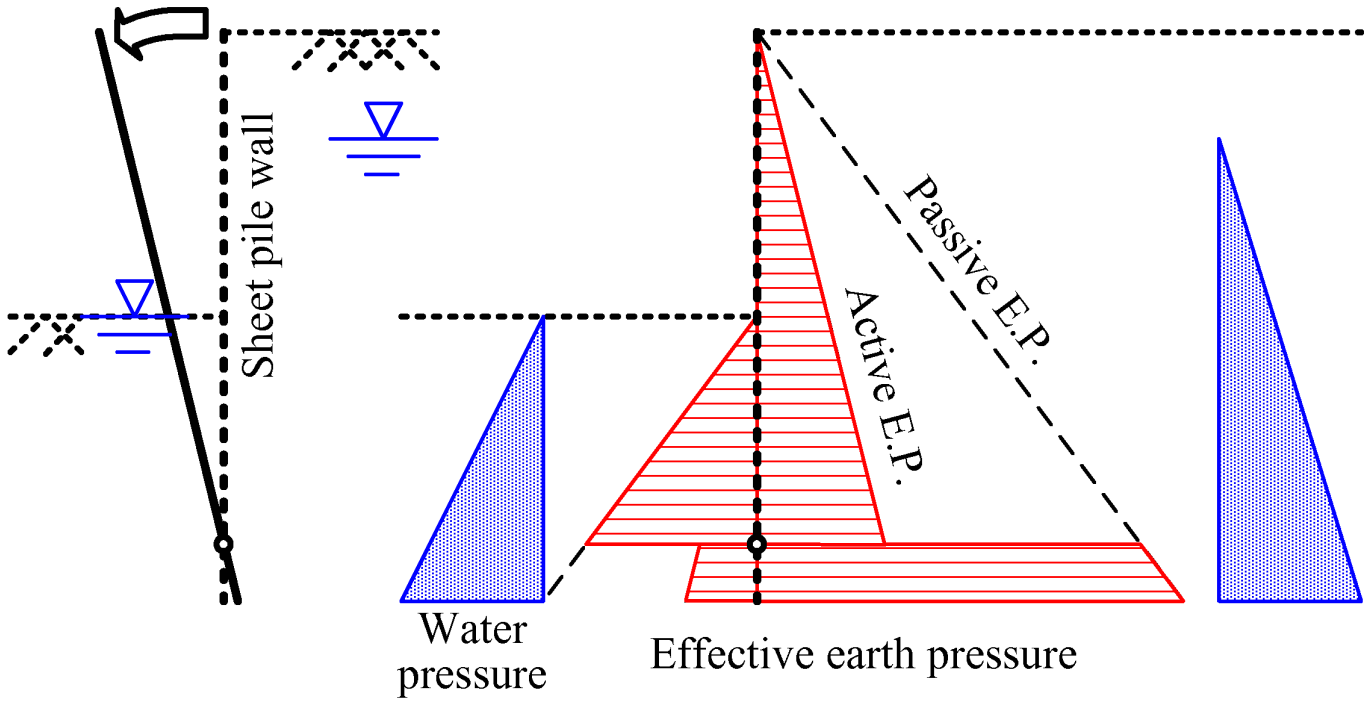
11.3　土留めの安定計算方法

- 慣用法（土圧のつり合いを考えるもの）
  ー小規模掘削の場合によく用いられる
  ー土留めの変位を直接求めることはできない
- 弾性法（土留めの根入れ部分を「弾性床上の梁」として計算）
  ー自立式土留めに対してよく用いられる
- 弾塑性法（土留めの根入れ部分を「弾塑性床上の梁」として計算）
  ー（各種土留めに対して）実務においてよく用いられている
  ー情報化施工における，いわゆる「逆解析」にも用いられる

ⓒAkihiro Takahashi 2008

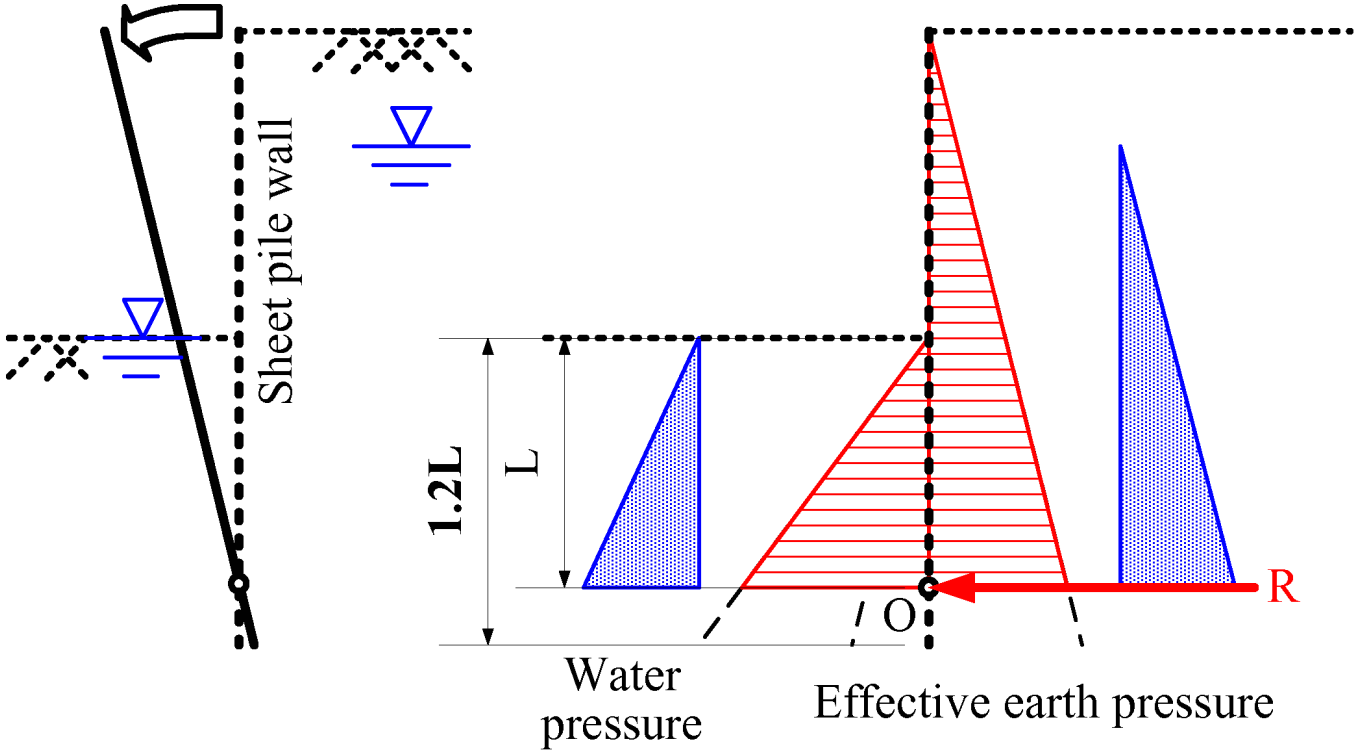
11.4 慣用法（極限平衡法）による土留めの安定計算

- 土留めに作用する土圧と水圧のつり合いから，
  必要な根入れ深さを計算する方法
- 土圧にはランキン土圧を使用



ⓒAkihiro Takahashi 2008

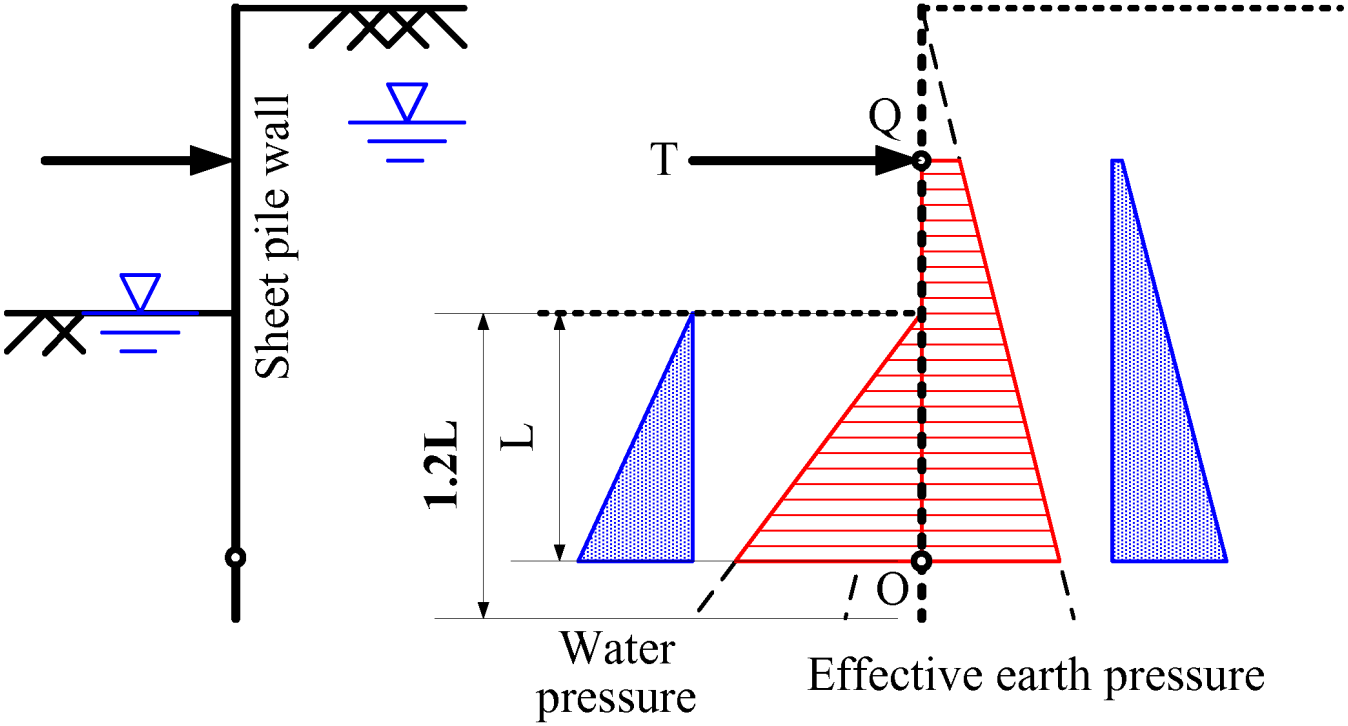
支保工なしの時の根入れ深さ



- O 点まわりに，背面側の主働側圧による作用モーメントと掘削側の受働側圧による抵抗モーメントがつり合う深さ L を求め，その 1.2 倍以上を根入れ深さとする

©Akihiro Takahashi 2008

支保工ありの時の根入れ深さ



- Q 点まわりのモーメントのつり合いを考える
- 掘削完了時（最下段切梁位置）と最下段切梁設置直前（最下段切梁より 1 段上の切梁位置）で計算し，L が大きい方

ⓒAkihiro Takahashi 2008

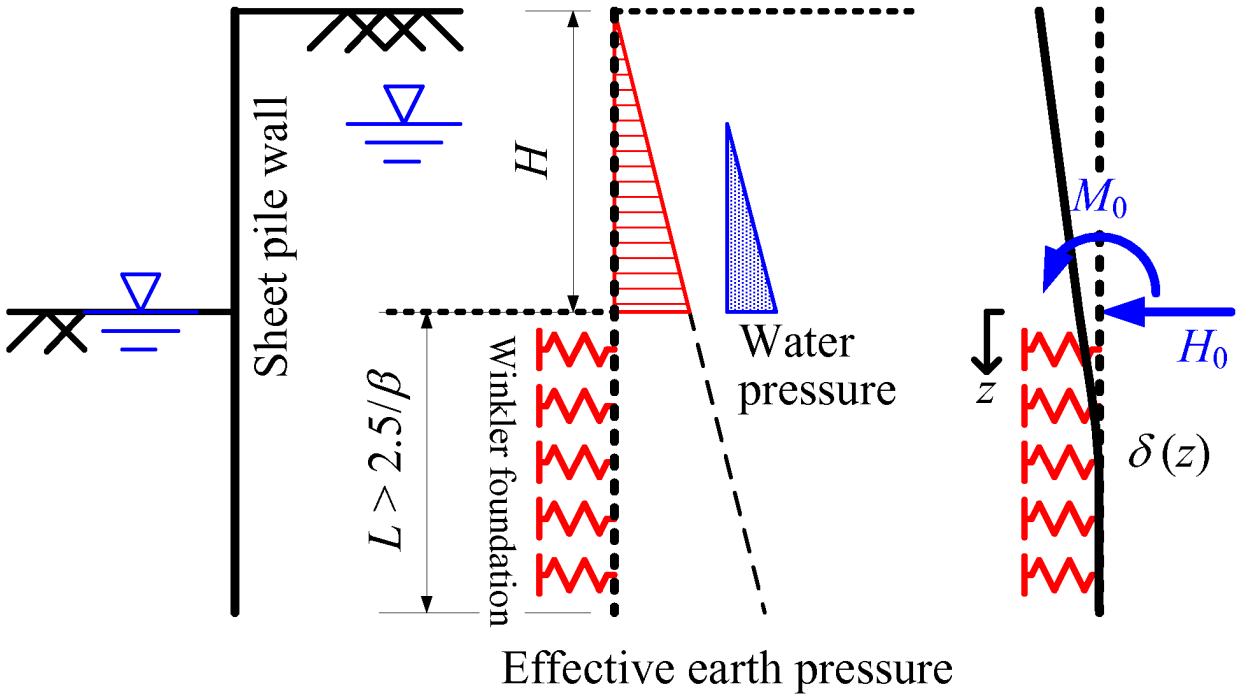
慣用法による土留めの設計

- 根入れ深さは，下記の内最も大きなもので決める
  1. 土留めに作用する土圧・水圧から決まるもの（上記）
  2. 土留め壁の鉛直支持力（路面覆工盤や活荷重に対して）
  3. 掘削底面の安定性（後で説明）
  4. 最小根入れ長（鋼矢板）: 3m $(3 \leq H \leq 10\text{m})$, $H/2$ $(H < 3\text{m})$
- 土留め壁の応力の算定法の詳細については省略
  ー簡略化した梁のモデルに，経験に基づく土圧を作用させて計算
  ー鋼矢板の断面係数 I の取り方には注意
  （継手効率なるものを考える必要あり）

ⓒAkihiro Takahashi 2008

11.5 弾性法による土留めの安定計算

- 土留めの根入れ部分を「弾性床上の梁」として計算
- 根入れ部の土圧は，応答の結果として得られる
- 根入れ長は $2.5/\beta$ 以上



ⓒAkihiro Takahashi 2008

弾性床上の梁の応答計算

- 弾性床上の梁の基礎方程式：$EI\frac{d^4\delta}{dz^4}+k\delta=0$
  ここで，EI：土留めの曲げ剛性，δ：水平変位，k：地盤反力係数

- 背面側の土圧・水圧によって土留めの根入れ部頭部に作用する水平力を H_0，モーメントを M_0 とすれば*，
  矢板頭部の変位$\delta=\delta_1+\delta_2+\delta_3$，　$h_0=M_0/H_0$，　$\beta=\sqrt[4]{\frac{k}{4EI}}$
  $\delta_1=\frac{1+\beta h_0}{2EI\beta^3}H_0$　(掘削底面 $z=0$ での水平変位)
  $\delta_2=\frac{1+\beta h_0}{2EI\beta^2}H_0H$　(掘削底面でのたわみ角による変位@$z=-H$)
  $\delta_3=\frac{h_0}{5EI}H_0H^2$　(掘削底面より上の片持梁のたわみ@$z=-H$)
  $l_m=\frac{1}{\beta}\tan^{-1}\frac{1}{1+2\beta h_0}$，　$M_{\max}=-\frac{H_0e^{-\beta l_m}}{2\beta}\sqrt{(1+2\beta h_0)^2+1}$

---

*梁が半無限長と見なせるとき．本当は $\beta L>\pi$ の時だが，$\beta L>2.5$ でも概ねそう見なせるとしている

©Akihiro Takahashi 2008

11.6 掘削底面の安定性

- ボイリング，パイピング：
  主に砂質土地盤のように，透水性が大きい地盤で発生
  地盤内の浸透流，限界動水勾配から決まる

- 盤ぶくれ：
  ー掘削底面付近が，上から難透水層，水圧の高い（被圧）透水層の順で構成される場合に起きる可能性あり
  ー遮水性の土留めにより，被圧帯水層を遮断する，
  ディープウェルにより被圧水頭を下げる，
  掘削側土かぶり荷重を増大させる等の対処がある

- ヒービング：
  掘削底面付近が粘性土で構成されている場合に起きる可能性あり

ⓒAkihiro Takahashi 2008

ヒービングに対する安定性の検討

- 安定係数が下記を満足していない場合，ヒービングに対する検討をすることになっている（道路土工指針）:
  $N_s = \frac{\rho g H}{c} < 3.14 \quad (H = \text{掘削深さ})$
- 土留工背面の土が掘削底面へまわりこみ，掘削底面が膨れ上がることを問題としており，基本的には，掘削底面の支持力問題（詳細については省略）

ⓒAkihiro Takahashi 2008

11.7 演習 7 ー 土留めに作用する土圧・水圧

- 次の頁に示すような土留めに作用する土圧および水圧の分布を求めよ．ただし，
  - 土圧はランキン土圧として良い（土留めと土の摩擦等は無視）
  - 砂質土層については，有効土圧と水圧に分けて考え，粘性土層については全土圧で考えればよい
  - 道路土工指針に示されているような，土圧の下限値については考える必要はない
  - 水の単位体積重量は 10kN/m^3 としてよい

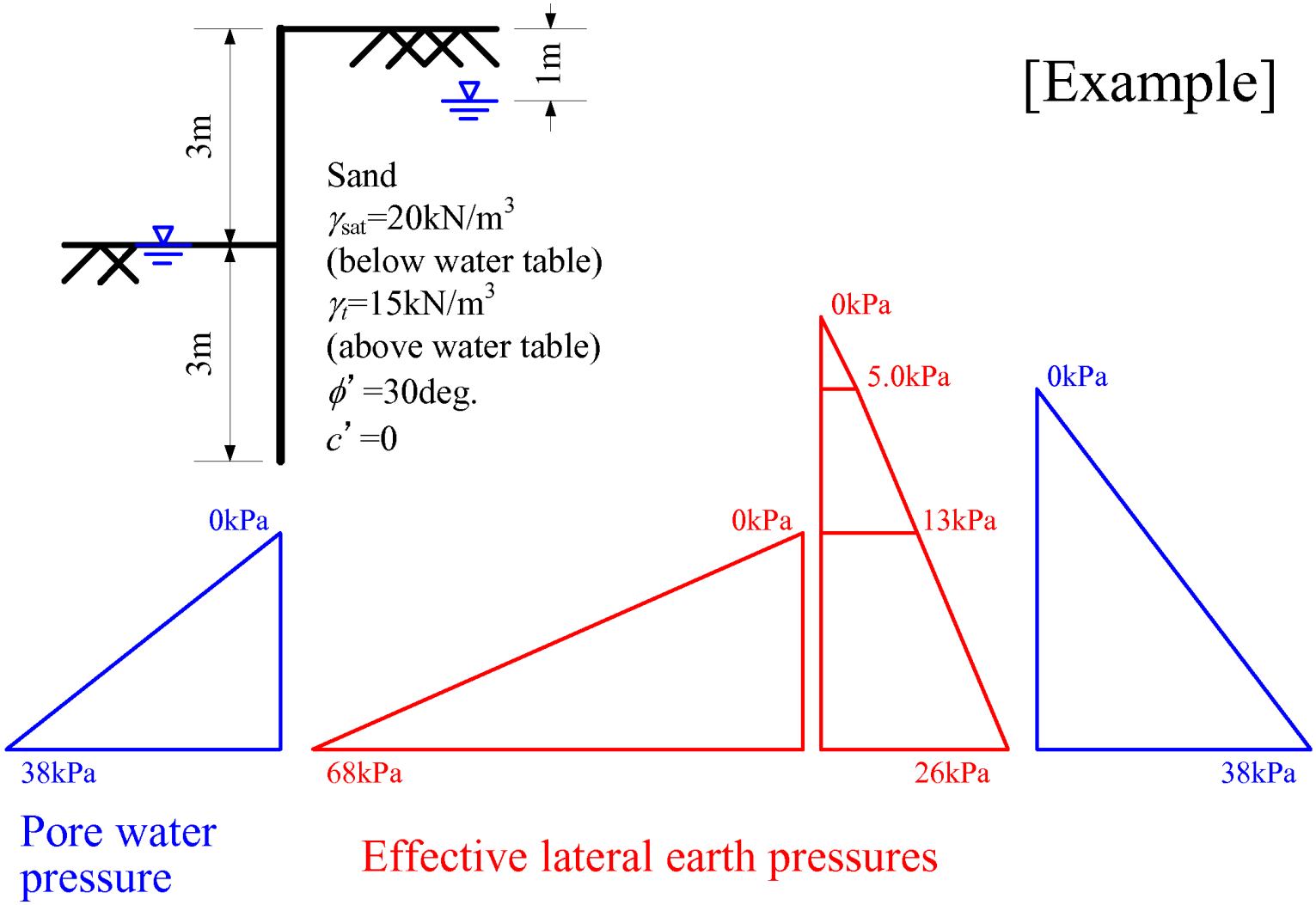
演習（レポート）提出期限

- 次回の講義がはじまるまで（7/24（木）15:00）

ⓒAkihiro Takahashi 2008

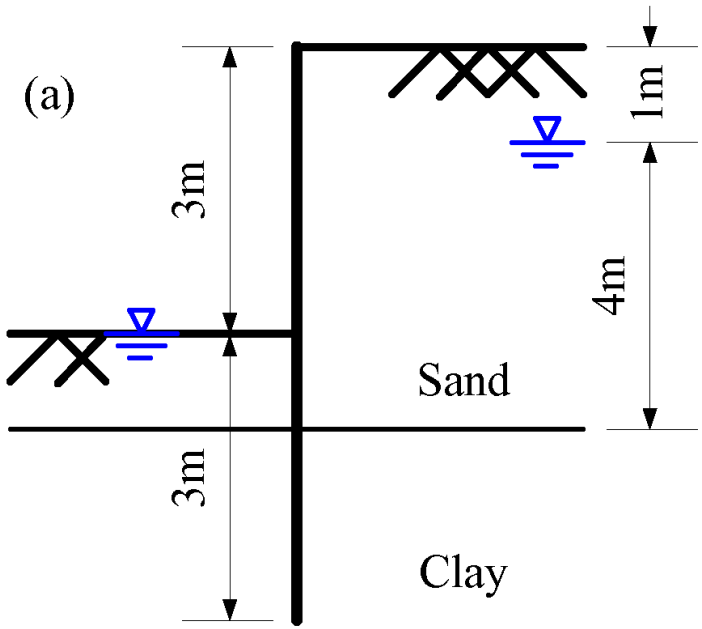
演習７の例題

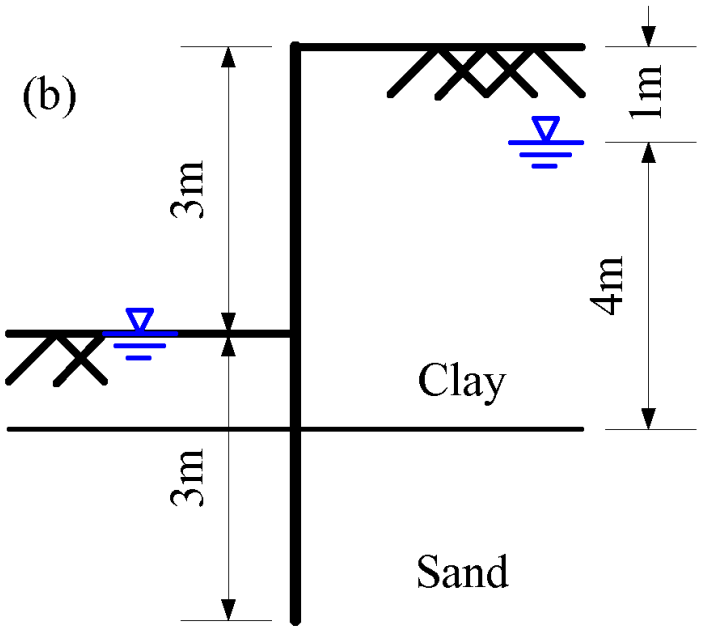
[Example]



©Akihiro Takahashi 2008

演習 7





Sand
γ_{sat}=20kN/m^3 (below water table)
γ_t=15kN/m^3 (above water table)
ϕ' =30deg., c' =0

Clay
γ_{sat}=15kN/m^3 (below water table)
γ_t=15kN/m^3 (above water table)
ϕ_u=0deg., c_u=10kPa

ⓒAkihiro Takahashi 2008