

長岡技術科学大学講義ノート*

地盤工学公務員試験対策

豊田 浩史†

概要

これは地盤工学分野における公務員試験対策をまとめたものである。1997年に公務員試験問題を吟味し、対策ノートの作成に当たった。ただし、ここには必要最小限の重要事項のみしか記載していない。演習問題数も少ないので、さらに独力で様々な問題に当たってみることをお勧めする。また、筆者の独断と偏見で構成されているので、これだけに頼ることなく、必ず他書も参考にさせていただきたい。



1 土の基本的物理量

1.1 基本的物理量の定義

土を構成する3相(土粒子, 水, 空気)に対して相対的な比率を示す指標を定義するため, 図1の記号を用いる。

1. 間隙比 (void ratio), $e = V_v/V_s$
2. 間隙率 (porosity), $n = V_v/V$
3. 飽和度 (saturation ratio), $S_r = V_w/V_v$
4. 含水比 (water content), $w = m_w/m_s$
5. 湿潤密度 (wet density), $\rho_t = m/V$
6. 乾燥密度 (dry density), $\rho_d = m_s/V$
7. 土粒子の比重 (specific gravity of soil particle),

$$G_s = \frac{m_s}{V_s \rho_w}$$

1.2 基本的物理量間の関係

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{\frac{m_w}{m_s} \cdot \frac{m_s}{V_s}}{\rho_w} = \frac{w G_s}{e} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \rho_t &= \frac{m}{V} = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_v} = \frac{1 + \frac{m_w}{m_s}}{1 + \frac{V_v}{V_s}} \cdot \frac{m_s}{V_s} \\ &= \frac{1 + w}{1 + e} \rho_w G_s \end{aligned} \quad (2)$$

1.3 問題

ρ_d , ρ_{sat} , ρ' を求めよ.

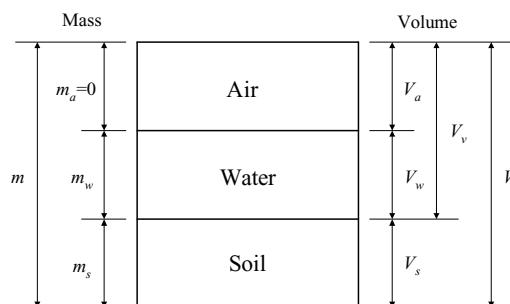


図 1: 土のモデル

*公務員対策ゼミ

†長岡技術科学大学 環境・建設系

2 土の工学的分類

2.1 粒度

土は粒径により粘土, シルト, 砂, 礫と分類される. 粒度分析 (粗粒分に関してはふるい分析, 細粒分に関しては沈降分析) により, 粒径加積曲線を得る. 均等係数 U_c や曲率係数 U'_c と粒度分布が良い, 悪いとの関係を簡単に理解しておく. 砂の密度の定量的な評価には相対密度 $D_r = (e_{\max} - e)/(e_{\max} - e_{\min})$ を用いる.

2.2 コンシステンシー

主に粘土の含水比の違いによる硬軟の性状を土のコンシステンシーという. コンシステンシー限界 (アッターベルク限界) には液性限界 w_L , 塑性限界 w_P , 収縮限界 w_S がある. コンシステンシーに関して用いられる指標, 塑性指数 $I_P = w_L - w_P$ (土の可塑性の幅を表す), 液性指数 $I_L = (w - w_P)/I_P$ (土の自然含水比 w のもとの状態), 鋭敏比 (乱さない強度/乱した強度) などについてよく理解しておく. 粒度とコンシステンシー特性による分類を簡単に理解しておく. 例えば “塑性指数-液性限界” 関係の図で圧縮性や透水性がどうなっているかなど.

3 地盤内応力

地下水面の変動による全応力と有効応力の変化を十分に理解しておくこと. 地下水面が低下すると有効応力が増すため圧密沈下が起こり, 地下水面が上昇すると, 矢板にかかる水平力は大きくなる (有効応力低下のため, 土圧は減るが水圧が増加する).

3.1 問題

水平な地盤の深さ z_0 の位置に地下水位があるとき, 深さ z における鉛直応力, 水平応力をそれぞれ全応力, 有効応力について求めよ (図 2 参照). ただし

土の密度は地下水位より上で ρ_t , 下で ρ_{sat} , 静止土圧係数は K_0 とする.

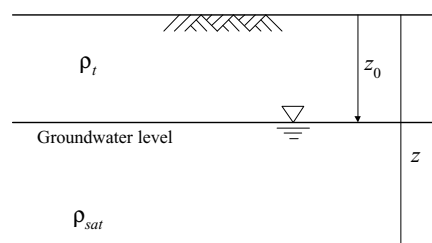


図 2: 地盤モデル

4 透水

土中を流れる水の水速度 v とその原動力である圧力差との関係を示すのが Darcy の法則であり, 動水勾配 i と透水係数 k を用いて次式のように表される.

$$v = ki \quad (3)$$

透水係数を求める透水試験には定水位試験 (粗粒土), 変水位試験 (細粒土), 揚水試験 (現位置) がある. 多層地盤の透水係数がどのように計算されるかについても理解しておく. 浸透量 q は水頭差 ΔH と流線にはさまれる部分の数 N_f と等ポテンシャル線にはさまれる部分の数 N_d を用いて, 次式のように表される.

$$q = k \Delta H \frac{N_f}{N_d} \quad (4)$$

簡単なフローネットが描け, 透水量が計算できるようにしておくこと. またボーリング現象について理解しておくこと.

4.1 問題

図 3 に示す水平堆積層地盤の鉛直, 水平方向の透水係数 k_V , k_H をそれぞれ求めよ.

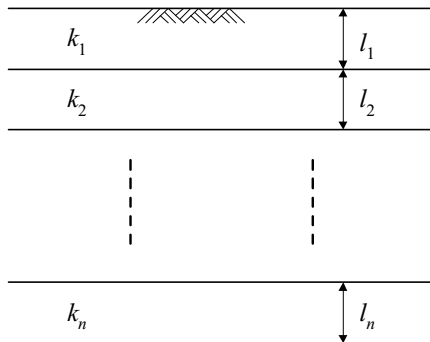


図 3: 多層地盤モデル

5 圧密

間隙水が押し出されて土が圧縮する現象をいう。

$e - \log p$ 平面上での圧密の挙動 (正規圧密状態と過圧密状態) をよく理解しておくこと。圧密に要する時間 t は圧密係数を c_v 、時間係数を T 、排水距離を H として次式のように表すことができる。

$$t = \frac{H^2 T}{c_v} \quad (5)$$

圧密時間が排水距離の 2 乗に比例するということは重要である。圧密で用いられる係数 m_v 、 C_c 、 c_v などよく理解しておくこと。テルツァーギーの理論 (有効応力) で説明できない圧密現象を 2 次圧密という。

6 せん断強さ

6.1 破壊規準

土の破壊は主にせん断応力によって生じる。土は摩擦性材料であり、モールクーロンの破壊規準が用いられる。

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (6)$$

ここに、 τ_f はせん断強度、 c は粘着力、 σ は垂直応力、 ϕ は内部摩擦角である。モールの応力円がこの破壊規準線と接するとき破壊が生じ、破壊面は

最大せん断応力面とは一致しない。土のせん断強さには有効応力が重要であり、この破壊規準式も有効応力表示される。

6.2 ダイラタンシー特性

せん断試験の排水条件や代表的なせん断試験 (一面、一軸、三軸、ベーン) について理解しておく。せん断試験を行ったときの“せん断応力-せん断ひずみ”および“体積ひずみ-せん断ひずみ”の関係図をよく理解しておくこと (ゆるい土と密な土でどのように違うのかなど)。非排水試験とは体積一定の試験であり、間隙水圧が変化する。排水試験とは間隙水圧一定の試験であり、体積が変化する。

6.3 問題

飽和粘土を σ_3 で等方圧密し、非排水三軸圧縮試験を行った結果 σ_1 の軸応力で破壊した。次に同じ飽和粘土を σ_3 で等方圧密した後、非排水条件下で等方的に拘束圧を $\Delta\sigma_3$ だけ増加した後非排水三軸圧縮試験を行った。このときいくらの軸応力で破壊するか。

7 地盤の支持力

特に杭の支持力が重要であると思われ、先端支持力、周面摩擦力 (負の摩擦と正の摩擦がありどのようなメカニズムで発生するのか) をよく理解しておくこと。

基礎が強度を発揮するメカニズムについて理解しておく。例えば、載荷幅や根入れ深さが変わるとどうなるか。

8 斜面安定

斜面安定の評価には安全率を用いる。無限長の直線斜面やすべり円を仮定した分割法の安全率の求め

方(理論)を簡単に理解しておくこと。部分水没状態のときは地下水面下では水中密度 ρ' を用い、定常透水状態では ρ_{sat} を用いる。

- 土の締固め曲線の特性をよく理解しておく。土の種類(砂, 粘土)や締固めエネルギーの違いがどのように影響するかなど。

8.1 問題

図4に示したような無限の長さを持つ直線斜面の安全率を求めよ。ただし土の密度を ρ_t 、内部摩擦角を ϕ 、粘着力を c とする。

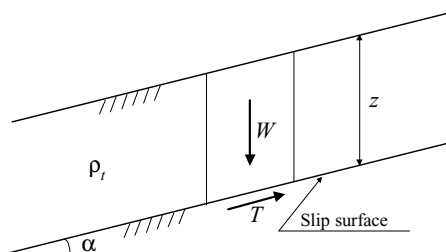


図4: 無限長の直線斜面

9 土圧論

土圧は擁壁や矢板の設計に用いられる。静止土圧(壁の移動がない状態の土圧)、主動土圧(裏込め土が壁を外側に動かそうとするときの極限の土圧)、受働土圧(裏込め土を持ち上げようとするときの極限の土圧)がある。ランキンの土圧式やクーロンの土圧式の求め方を簡単に理解しておくこと。

10 その他

- 軟弱地盤対策工法(地盤改良工法)や原位置での土質調査法についても知識を持っておいた方がよい。特に標準貫入試験は現場で最もよく使われる試験である。
- 地質の問題についても勉強しておく(公務員試験参考書などを参照)。