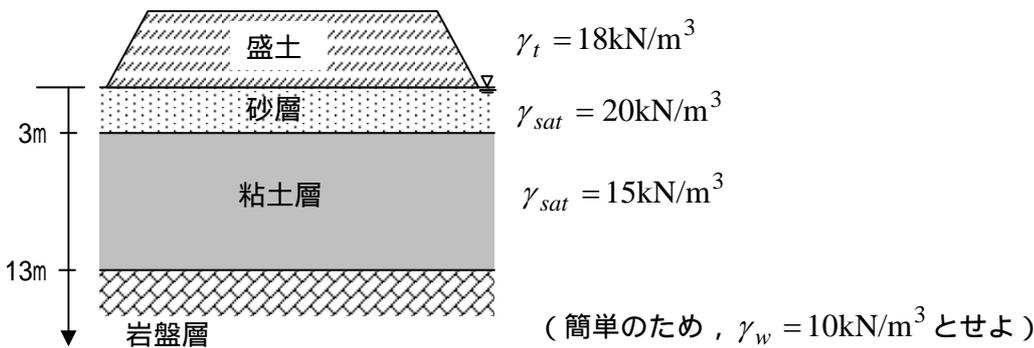


土質力学 及び演習 (B班: 小高担当)
 第3回小テスト (2004.5.24 実施) の解答



上図のような地盤に 5m の盛土を作る。

(1) 盛土構築前と構築直後および構築から圧密を終了するのに十分時間が経過した後の砂層から粘土層 (深度 0 ~ 13m) の全応力, 有効応力および間隙水圧分布を示せ。

(a) 盛土構築前

全応力分布を求める。

- ・ 応力分布を考える際には, まずどんな場合にも全応力分布を求める。
- ・ 全応力は, 土も水も含んだ単位体積重量で計算するので, 地下水面より下の飽和土の場合は水中単位体積重量 γ_{sat} で, 地下水面より上の不飽和土の場合には湿潤単位体積重量 γ_t を用いて計算する。
- ・ この問題の場合, 上部の砂層の全応力分布は

砂層: $\sigma = \gamma_{sat} \cdot z = 20z, \quad 0 \leq z \leq 3(m)$

粘土層: $\sigma = \gamma_{sat} \cdot (z - 3) + (\text{砂層の重量による全応力})$
 $= 15(z - 3) + 20(\text{kN/m}^3) \times 3(m) = 15z + 15, \quad 3 \leq z \leq 13(m)$

- ・ 注意すべきことは, 全応力は力の釣り合いを満たさないといけないので, 砂層と粘土層の境で不連続になることはあり得ず, 必ず連続していることである。要するに, 粘土層の全応力を求めるときには, 上の砂層の重量による全応力 (この場合 60kN/m^2) を単純に加えれば良いということ。このようなわかりやすさから全応力分布から求めるべきである。なお, 分布を求めるのに, 上のようにわざわざ式示する必要はなく, 砂層の全応力分布の傾きが 20 であり, 粘土層上端で $60 (= 20 \times 3)$ となるので, 粘土層での全応力分布は, 60 から連続して傾き 15 の直線を描けば良い (粘土層の最下端まで 10m あるので, 最下端の -13m の位置の全応力は $60 + 15 \times 10 = 210$ となり, その間を直線で結べばよい。

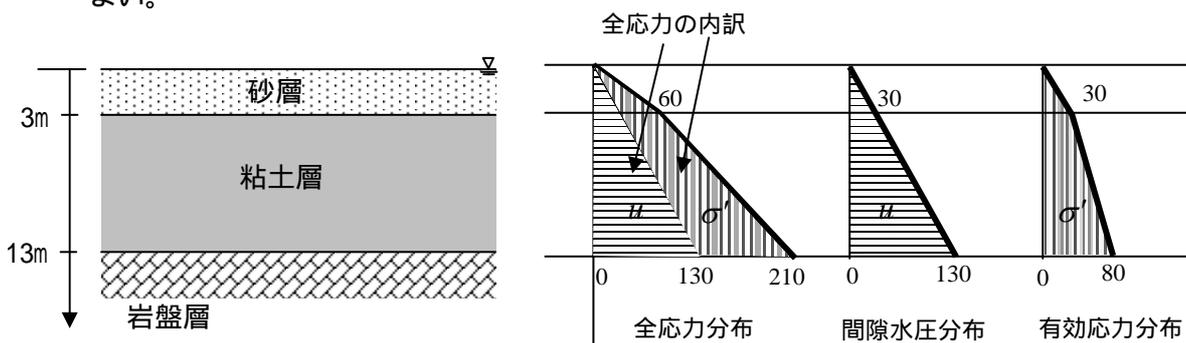


図-1 盛土構築前

間隙水圧分布を求める

- ・盛土構築前は、砂層も粘土層も地下水によって静水圧分布となっている。静水圧分布とは、水の単位体積重量 γ_w のみによって生じている水圧の分布。ここでは、下式で表される。

$$u = \gamma_w \cdot z = 10z, \quad 0 \leq z \leq 13(m)$$

有効応力分布を求める

- ・すでに全応力分布、間隙水圧分布がわかっているので、有効応力分布はその差をとれば良い。

$$\sigma' = \sigma - u = 20z - 10z = 10z, \quad 0 \leq z \leq 3(m)$$

$$\sigma' = \sigma - u = (15z + 15) - (10z) = 5z + 15, \quad 3 \leq z \leq 13(m)$$

- ・上式の勾配は砂層と粘土層の水中単位体積重量 γ' となっている。このような単純な問題では、有効応力分布を直接、 $\sigma' = \gamma' \cdot z$ で求めることができるが、水圧の条件（浮力の他に浸透力が働いている場合）等によって成り立たない場合も多いので、そのような癖はつけない方が良い。

(b)盛土構築直後

全応力分布を求める。

- ・単位体積重量 $18(\text{kN/m}^3)$ の土で $5(\text{m})$ の盛土を造ったので、砂層に加わる圧力（等分布荷重）は、 $18 \times 5 = 90(\text{kN/m}^2)$ となる。したがって、砂層の上端部には新たな全応力 $90(\text{kN/m}^2)$ が加わる。それ以外は盛土構築前と同じであるので、

$$\text{砂層} : \sigma = 20z + 90, \quad 0 \leq z \leq 3(m)$$

$$\text{粘土層} : \sigma = 15(z - 3) + 60 + 90 = 15z + 105, \quad 3 \leq z \leq 13(m)$$

- ・要するに、盛土構築前の全応力分布に一律 $90(\text{kN/m}^2)$ を加えるだけ。

ここから、砂層と粘土層を分けて考える。砂層は、透水係数が大きいために、圧密は瞬時に終わるため、有効応力も盛土構築直後に変化し終わっていると考える。一方、粘土層は透水係数が小さいために、載荷されても間隙水がすぐには排水されないために、圧密には長時間を要する。そのため、盛土を構築して荷重が加わっても、直後には排水しないために体積変化はなく、その結果有効応力は変化しない。

砂層の間隙水圧分布と有効応力分布

-1 間隙水圧分布

- ・瞬時に砂層の圧密が終わった後は、静水圧分布に戻っているので、

$$u = \gamma_w \cdot z = 10z, \quad 0 \leq z \leq 3(m)$$

-2 有効応力分布

- ・全応力分布から間隙水圧分布を差し引いて、

$$\sigma' = \sigma - u = 20z + 90 - 10z = 10z + 90, \quad 0 \leq z \leq 3(m)$$

粘土層の有効応力分布と間隙水圧分布

-1 有効応力分布

- ・載荷直後には有効応力分布は変化しない（圧密しない）ので、

$$\sigma' = \sigma - u = 5z + 15, \quad 3 \leq z \leq 13(m)$$

構築前と同じ

-2 間隙水圧分布

- ・全応力から有効応力分布を差し引いて

$$u = \sigma - \sigma' = (15z + 105) - (5z + 15) = 10z + 90, \quad 3 \leq z \leq 13(m)$$

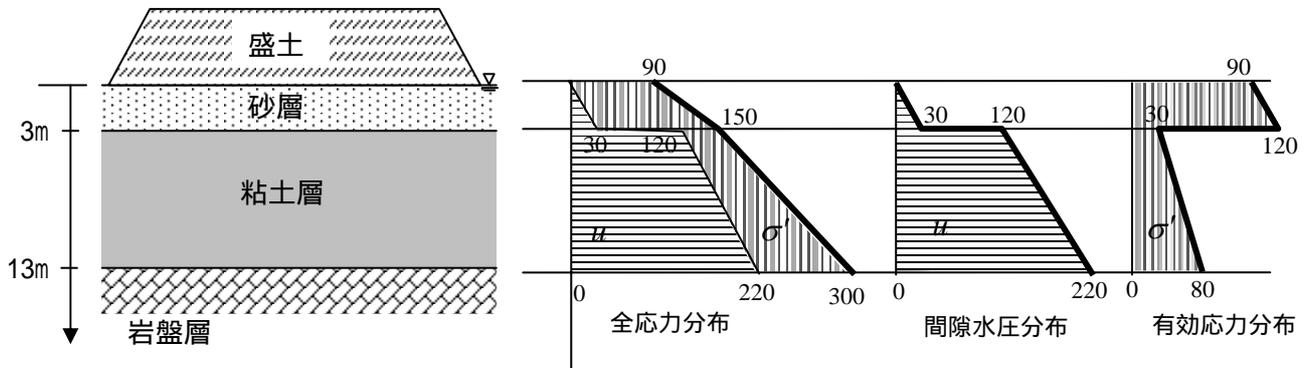


図-2 盛土構築直後

(c) 盛土構築から十分に時間が経過した後 ($t = \infty$)

全応力分布を求める。

- ・盛土はずっと同じ状態にあるので、全応力は時間によって変化しない。したがって、(b)の盛土構築直後の全応力分布と同じになる。

間隙水圧分布を求める

- ・盛土構築から十分に時間が経過した後 ($t = \infty$) は、粘土層の圧密も終了しており、構築直後の砂層と同様に粘土層も静水圧分布に戻っている。したがって、

$$u = \gamma_w \cdot z = 10z, \quad 0 \leq z \leq 13(m)$$

有効応力分布を求める

- ・すでに全応力分布、間隙水圧分布がわかっているので、有効応力分布はその差をとれば良い。

$$\sigma' = \sigma - u = (20z + 90) - 10z = 10z + 90, \quad 0 \leq z \leq 3(m)$$

$$\sigma' = \sigma - u = (15z + 105) - (10z) = 5z + 105, \quad 3 \leq z \leq 13(m)$$

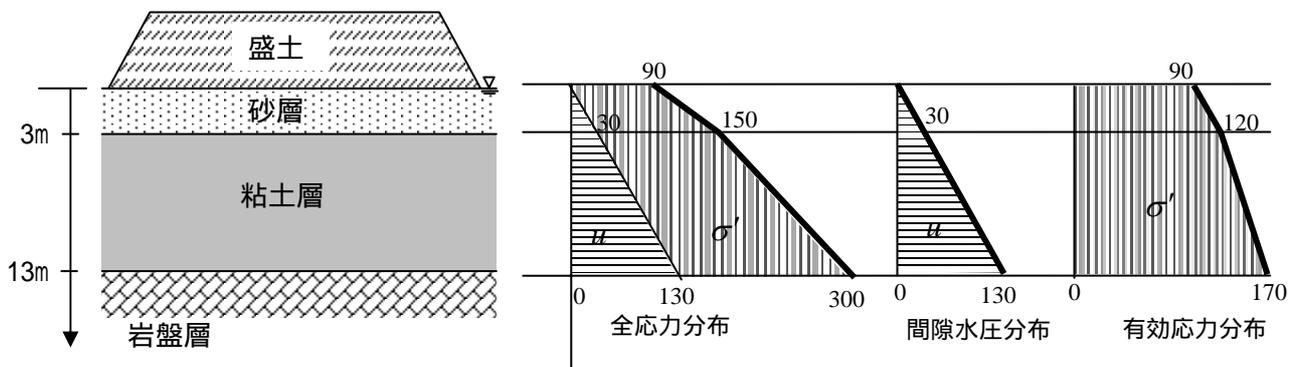


図-3 盛土構築から十分に時間が経過した後 ($t = \infty$)

(2) 粘土層の体積圧縮係数が $m_v = 10^{-4}(\text{m}^2/\text{kN})$ としたとき、粘土層の圧密終了後の圧縮変形量を求めよ。

圧密終了時、すなわち盛土構築から十分に時間が経過した後 ($t = \infty$) の粘土層内の有効応力の増加量は、(1)の解答より、深さに関係なく $\Delta\sigma' = 90 (\text{kN}/\text{m}^2)$ である。

$$\therefore \text{無理矢理式示すれば, } \Delta\sigma' = (5z + 105) - (5z + 15) = 90$$

$$\rho_f = \int_0^H \Delta\epsilon dz = \int_0^H m_v \cdot \Delta\sigma' dz = m_v \cdot \Delta\sigma' \cdot H = 10^{-4}(\text{m}^2/\text{kN}) \times 90(\text{kN}/\text{m}^2) \times 10(\text{m}) = \underline{9.0 \times 10^{-2}(\text{m})}$$

粘土層厚

単位を忘れずに！

結局、最終的にこの粘土層は 9cm の沈下が生じることがわかる。

注：単位が全く書かれていない答案が目立ったが、単位に常に気をつけながら自分の解答をチェックすることが非常に重要である。今回の 9cm の沈下というのは、10m の粘土層にとっては、若干小さめの数であるが、十分にあり得る数字である。それが、数 m や数十 m あるいは 0.数 mm とかいう数字が出てきた時には、自分でおかしいと気が付かなければならない。そのためには常日頃から単位には気を配り、工学的な実スケールを頭に入れておくようにしておくべきである。(どんな分野でも)