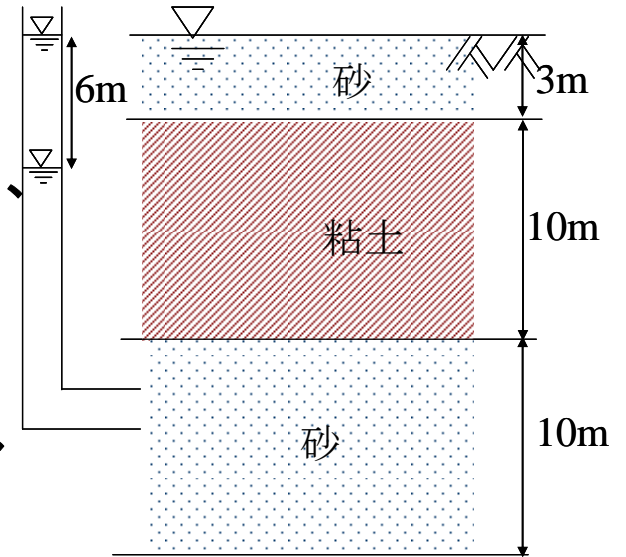
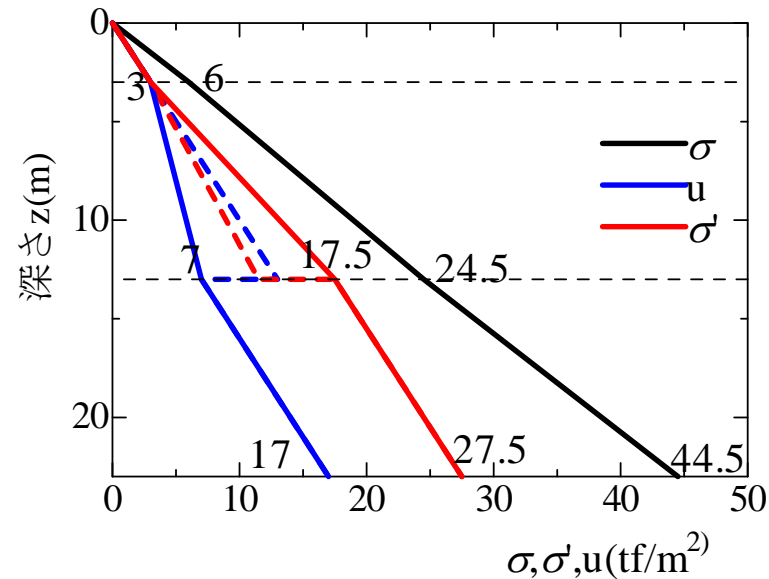
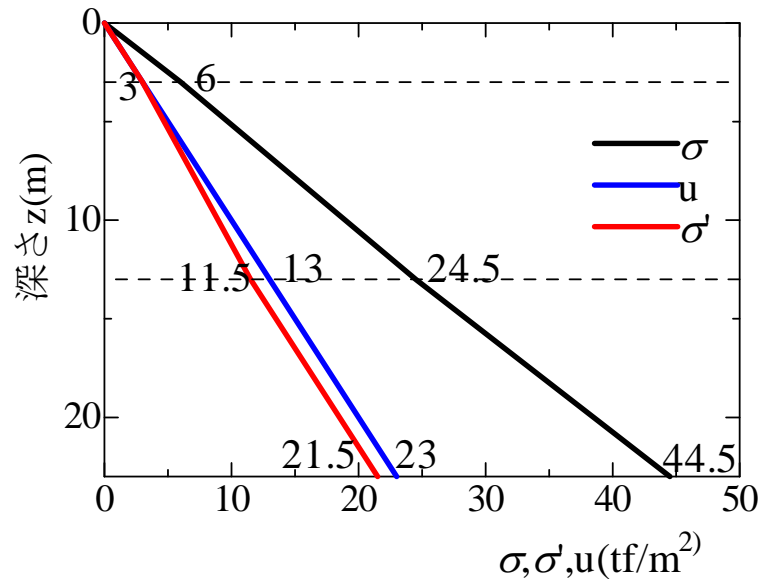


演習問題

1. 右図のような砂層に挟まれた粘土層がある。この地盤に井戸を掘り下部の砂層から水をくみ上げた結果、下部砂層の水位が6m低下した。砂層の沈下は無視して、粘土層の圧密について以下の問いに答えよ。なお、粘土は $G_s=2.7$ 、 $e=1.0$ 、 $C_c=0.8$ 、 $C_s=0.1$ 、 $C_v=3.6\text{m}^2/\text{year}$ とし、砂は $G_s=2.6$ 、 $e=0.6$ とする。また、水の単位体積重量は $\gamma_w=1.0\text{tf}/\text{m}^3$ とする。



(1) この水のくみ上げ直後の全応力、有効応力、水圧分布を示せ。また、水位が下がったまま維持された場合の最終的な全応力、有効応力、水圧分布も示せ。



(2)この粘土層の最終沈下量はいくらになるか計算せよ。また90%圧密(時間係数0.848)にいたるまでの時間はどのくらいかかるか。

くみ上げ前の粘土地盤中央での状態

$$\sigma = 15.25tf / m^2 \quad , \quad u = 8tf / m^2 \quad , \quad \sigma' = 7.25tf / m^2$$

くみ上げ後の粘土地盤中央での状態

$$\sigma = 15.25tf / m^2 \quad , \quad u = 5tf / m^2 \quad , \quad \sigma' = 10.25tf / m^2$$

$$\Delta H = H \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{\sigma'}{\sigma'_0} = 10 \frac{0.8}{1+1} \log \frac{10.25}{7.25} = 0.60m \quad , \quad t = \left(\frac{H}{2} \right)^2 \frac{T_v}{C_v} = 25 \frac{0.848}{3.6} = 5.89 \text{ year}$$

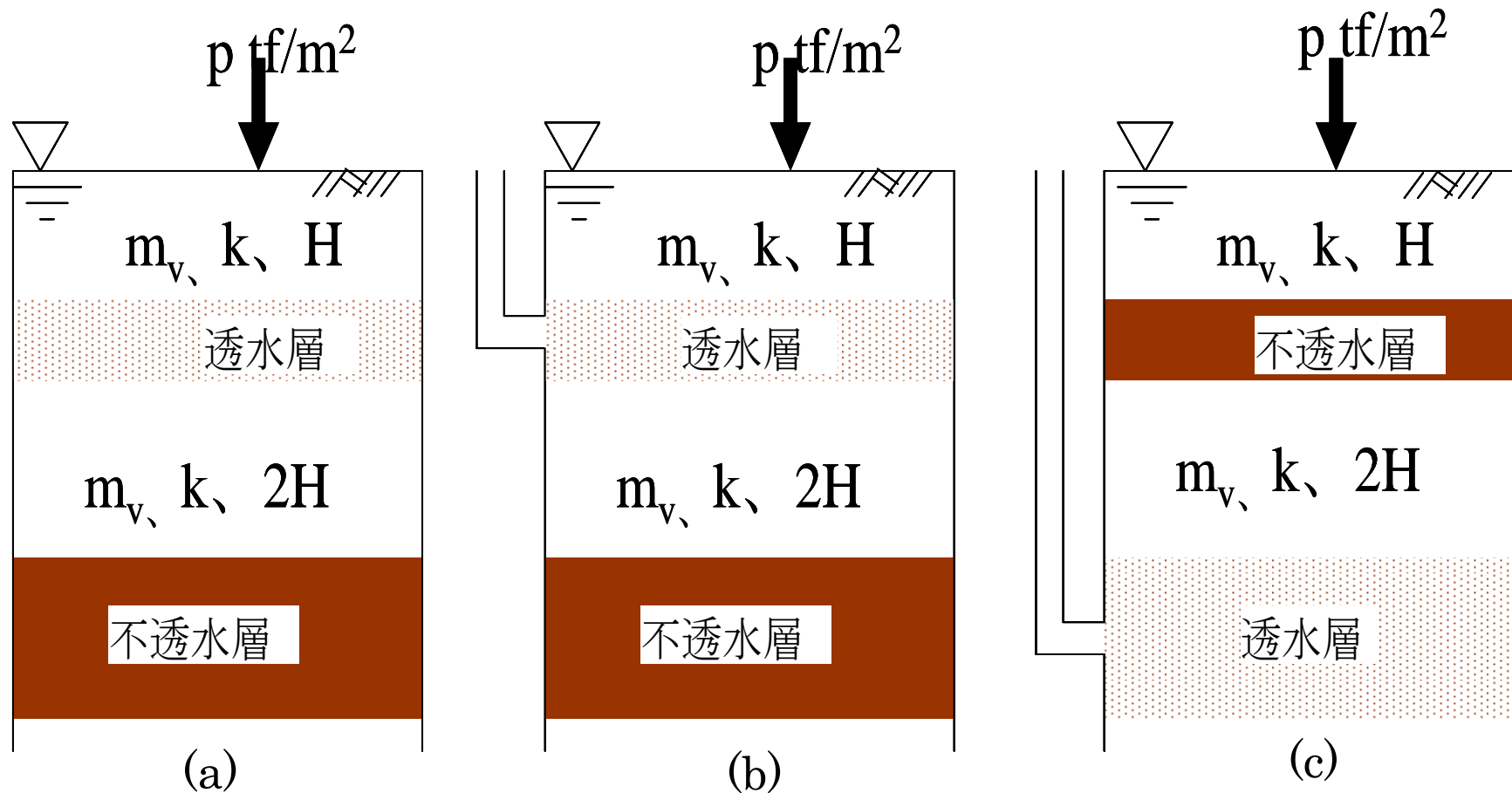
(2)水のくみ上げをやめることによって水位が回復した場合、粘土層の変位はどうなるか

応力はくみ上げ前の状態に戻るが、沈下量は

$$\Delta H_r = H \frac{C_s}{1+e_0} \log \frac{\sigma'}{\sigma'_0} = 10 \frac{0.1}{1+1} \log \frac{10.25}{7.25} = 0.075m$$

しか回復しない

2. 地盤の1次元圧密問題について、下図のような3種類の地盤がある。また、なお、下の図の透水層、不透水層は圧密しないものとし、(b)、(c)の透水層では過剰間隙水圧が発生しないものとする。水の単位体積重量は γ_w 、体積圧縮係数は m_v 、透水係数は k である。また層厚は H を用いて下図のようになっている。



(1) この地盤にそれぞれ圧密応力 $p(\text{tf/m}^2)$ を作用させた場合の最終沈下量を求めよ。

最終沈下量は、層厚、荷重増分と体積圧縮係数から求まる。この3種類の地盤では層厚、荷重増分、体積圧縮係数はすべて同じであるため最終沈下量は同じとなる。

$$\varepsilon = m_v \cdot p \text{ より、沈下量 } S = 3H \cdot \varepsilon = 3H \cdot m_v \cdot p \text{ (m)}$$

(2) 圧密終了時間はそれぞれどうなるか答えよ。

最終沈下までの時間は排水距離、圧密係数によって決まる。この地盤では圧密係数が同じであるため排水距離により決まる。最終沈下時の時間係数を T_{vf} とすると

$$t = \frac{H^2}{c_v} T_{vf}, \quad c_v = \frac{k}{m_v \cdot \gamma_w} \text{ より、 } t = \frac{H^2 \cdot m_v \cdot \gamma_w}{k} T_{vf}$$

a)では上層と下層をあわせて片面排水の1層と考える。

$$t = \frac{(3H)^2 \cdot m_v \cdot \gamma_w}{k} T_{vf}$$

b)では上層が両面排水、下層が片面排水

$$\text{上層: } t = \frac{(0.5H)^2 \cdot m_v \cdot \gamma_w}{k} T_{vf} \quad \text{下層: } t = \frac{(2H)^2 \cdot m_v \cdot \gamma_w}{k} T_{vf}$$

c)では上層が片面排水、下層も片面排水

$$\text{上層: } t = \frac{H^2 \cdot m_v \cdot \gamma_w}{k} T_{vf} \quad \text{下層: } t = \frac{(2H)^2 \cdot m_v \cdot \gamma_w}{k} T_{vf}$$

3. 正規圧密粘土の地盤(層厚20m)の上に一様な盛土(圧力10tf/m²)を行った。
 粘土層において、 $\gamma_{\text{sat}}=2.0\text{tf/m}^3$ 、 $\gamma_w=1.0\text{tf/m}^3$ 、 $G_s=3.0$ 、 $C_c=0.5$ 、 $p'=1\text{tf/m}^2$ のときの
 間隙比 $e=1.5$ とした場合、以下の問いに答えよ。

- (1) 粘土層の最終沈下量および、透水係数 $k=1.0 \times 10^{-3}\text{m/day}$ として圧密度90%に達するまでの時間を求めよ。(通常の場合では層の中心位置の有効応力、間隙比を用いて計算をする。)

$$p' = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)z = (2.0 - 1.0) \cdot 10 = 10 \text{ tf/m}^2$$

$$e_0 = 1.5 - C_c \cdot \log 10 = 1.5 - 0.5 \cdot \log 10 = 1.0$$

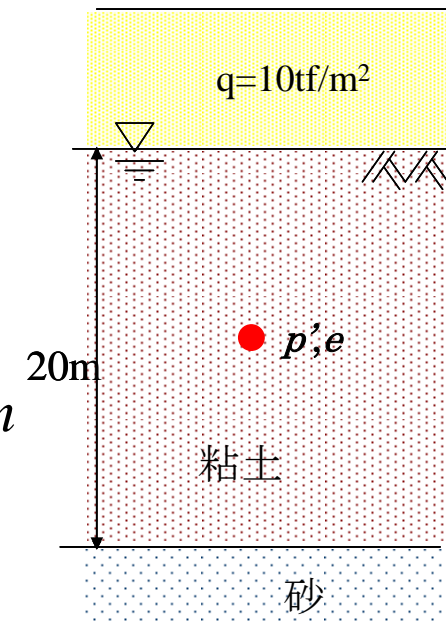
$$S = H \cdot \frac{c_c}{1 + e} \log \frac{p' + dp'}{p'} = 20 \cdot \frac{0.5}{1 + 1} \log \frac{10 + 10}{10} = 1.505 \text{ m}$$

圧密度90%での時間係数 T_v は0.8481であり

T_v と時間 t の関係は、

$$T_v = \frac{c_v \cdot t}{H^2} = \frac{k \cdot t}{m_v \cdot \gamma_w \cdot H^2} \text{ より、 } t = \frac{m_v \cdot \gamma_w \cdot H^2}{k} T_v, m_v = \frac{0.434 \cdot C_c}{1 + e_0} \cdot \frac{1}{p'}$$

$$t = \frac{0.01085 \cdot 1.0 \cdot 10^2}{1.085 \times 10^{-3}} \cdot 0.848 = 848 \text{ day} = 2.32 \text{ year}$$



(a)層中心の有効応力、間隙比を用いる場合

(2) 20mの粘土層を1層が4mの5層に分け、各層の中心の p' を用いて最終沈下量を求めよ。

それぞれ各層の中心での応力は $p'=(\gamma_{\text{sat}}-\gamma_w)z$ より、

2.0、6.0、10.0、14.0、18.0tf/m²

となる。よってそれぞれの層の沈下量は、

$$S_{(1)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1} \log \frac{2+10}{2} = 0.778$$

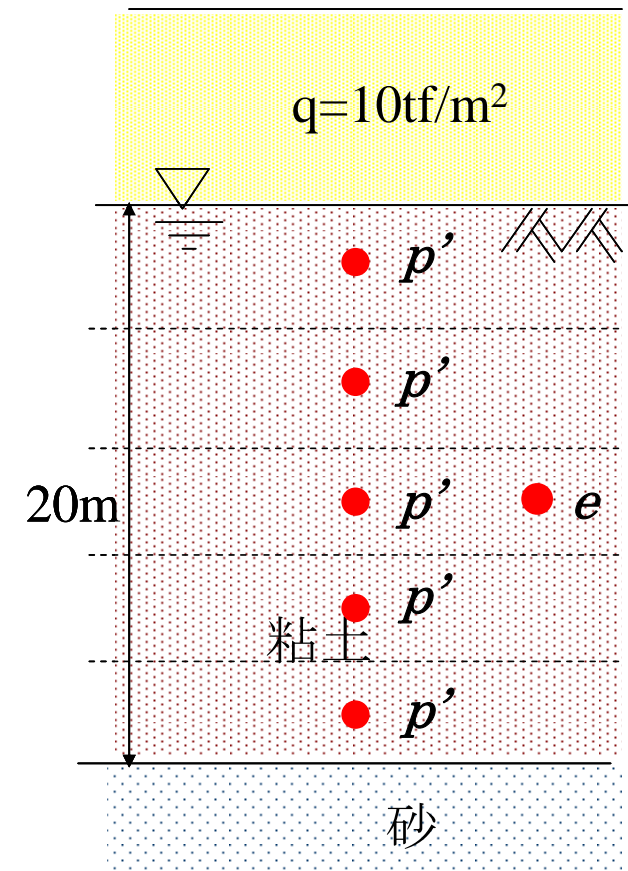
$$S_{(2)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1} \log \frac{6+10}{6} = 0.426$$

$$S_{(3)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1} \log \frac{10+10}{10} = 0.301$$

$$S_{(4)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1} \log \frac{14+10}{14} = 0.234$$

$$S_{(5)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1} \log \frac{18+10}{18} = 0.192$$

$$S = S_{(1)} + S_{(2)} + S_{(3)} + S_{(4)} + S_{(5)} \\ = 1.931m$$



(b)5層に分けて、有効応力を用いる場合

(3) (2)と同様に5層に分けて、 p' および e を各層の中心の値を使って最終沈下量を求めよ。(各層の e は $e \sim \log p$ 関係から求まる)

それぞれ各層の中心での応力は $p' = (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w)z$ より、2.0、6.0、1.0、14.0、18.0tf/m² 間隙比は $1.5 - C_c \cdot \log p'$ より、1.35、1.11、1.0、0.93、0.87となる。

よってそれぞれの層の沈下量は、

$$S_{(1)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1.35} \log \frac{2+10}{2} = 0.662$$

$$S_{(2)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1.11} \log \frac{6+10}{6} = 0.404$$

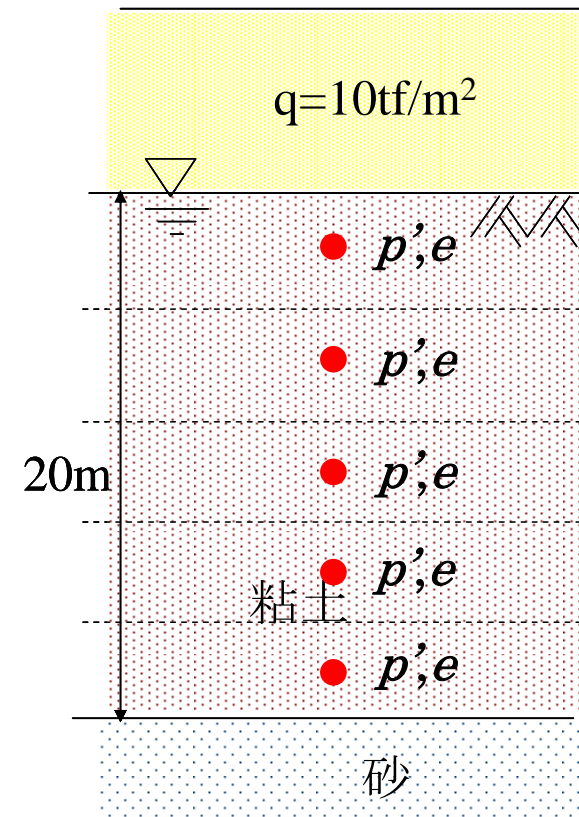
$$S_{(3)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+1} \log \frac{10+10}{10} = 0.301$$

$$S_{(4)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+0.93} \log \frac{14+10}{14} = 0.243$$

$$S_{(5)} = 4 \cdot \frac{0.5}{1+0.87} \log \frac{18+10}{18} = 0.205$$

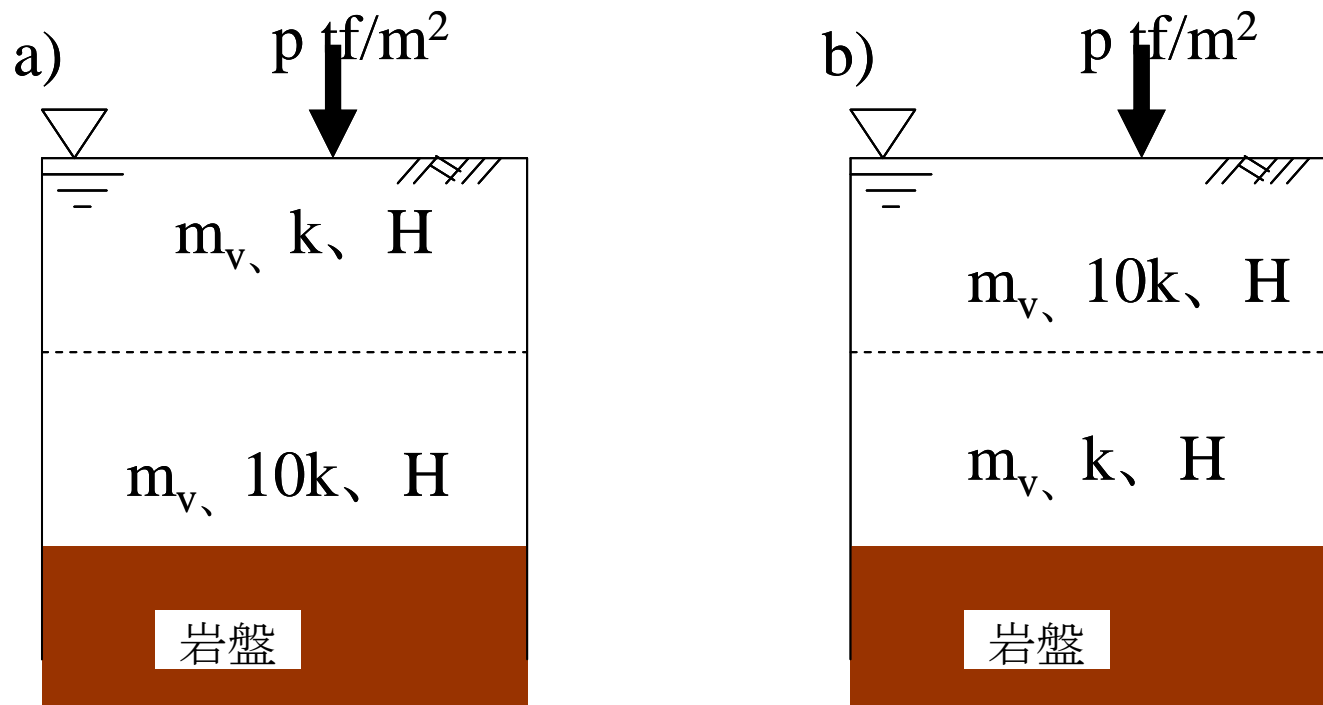
$$S = S_{(1)} + S_{(2)} + S_{(3)} + S_{(4)} + S_{(5)}$$

$$= 1.815 \text{ m}$$



(c) 5層に分けて有効応力、間隙比を用いる場合

4. 地盤の1次元圧密問題について、下図のように透水係数が10倍異なる2層(どちらも層厚は H m)からなる地盤がある。これらの地盤にそれぞれ圧密応力 p (tf/m^2) を作用させた場合の最終沈下量および、圧密終了時間をそれぞれ答えよ。水の単位体積重量は γ_w 、体積圧縮係数は m_v である。なお、岩盤は不透水層とする。



このような透水係数が異なる地盤の場合には、透水係数の違いによって層厚を換算して計算する方法があるがこの方法では、圧密度と時間の関係がa)、b)の両方で同じになってしまう。
 しかし、実際には圧密時間は大きく変わり、a)の地盤のほうが圧密が終了するのに時間がかかる。

このような地盤の圧密の予測をするには有限要素法などの解析が必要になる。
 右図は有限要素解析の結果である。

