

掘削地への非定常浸透流の算定方法に関する一考察

岡山大学工学部 正会員 河野伊一郎
 岡山大学工学部 正会員 竹下 祐二
 岡山大学研究生 正会員 ○ 三木 一

1 はじめに

建設工事において地盤掘削に伴う排水対策は極めて重要な事項である。非定常時の掘削地における浸透流の算定手法としては、有限要素法等による数値解析法等が考えられるが、単純な境界条件下における浸透流の算定法としては理論公式を用いることができると便利である。しかし、理論公式を用いて矩形掘削地の排水流量や地下水位低下量を算定する場合には掘削地形状のモデル化が問題となる。そこで本文では種々の矩形掘削地のモデル化に対して理論公式による非定常浸透流の算定を試み、有限要素法による数値解析結果との比較によりその妥当性を吟味し、浸透流の簡便な算定法に関する検討を試みた。

2 解析モデル

層厚 $D = 20\text{m}$ の均質な被圧帯水層（透水係数 $k = 1.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 、貯留係数 $S = 1.0 \times 10^{-6}$ ）において、図1に示すように一辺が $2R$ （ $R = 100\text{m}$ ）の正方形領域を影響圏として、その中心に辺長 $2a \times 2b$ よりなる矩形掘削領域（水位低下領域）を設定した。ここで、初期水頭は $H = 35\text{m}$ であり、掘削地内では $h_0 = 25\text{m}$ まで水頭を低下させる。掘削は、完全貫入掘削とした。矩形掘削地の形状は a を一定（ $= 10\text{m}$ ）として、 a/b の比を $= 1, 2, 4, 6, 8, 10$ と変化させた。浸透流の算定においては平面二次元非定常地下水流を考える。

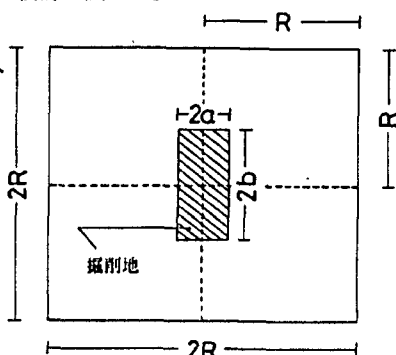


図1 解析モデル図

3 矩形掘削地形状のモデル化¹⁾

掘削地のモデル化の方法として以下に示す3種類の方法を考えた。

1) モデル1

円と長方形を組み合わせた複合断面を考えて、短辺側に井戸理論の式、長辺側に一次元浸透流の式を用いる（図2）。短辺側の井戸の半径 r_0 は、短辺の長さが半円の周長と一致するように設定する（ $r_0 = 2a/\pi$ ）。

非定常状態の理論公式としては、以下の式を用いる²⁾。

① 定水位揚水の非定常式

$$Q = 2\pi k D s_0 U(\tau)$$

$$U(\tau) = \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 \int_0^\infty \frac{\exp(-u^2 \tau)}{J_0^2(u) + Y_0^2(u)} \frac{du}{u}$$

$$\tau = \left(\frac{k}{S_s}\right) \left(\frac{t}{r_0^2}\right) = \left(\frac{T}{S}\right) \left(\frac{t}{r_0^2}\right)$$

② 一次元方向の浸透流入量の式（単位幅当り）

$$Q = \frac{k D (H - h_0)}{\pi (k D / S) t}$$

ここに、 D ：透水層厚さ、 s_0 ：水位低下量

$J_0(X)$ ：零次第一種ベッセル関数

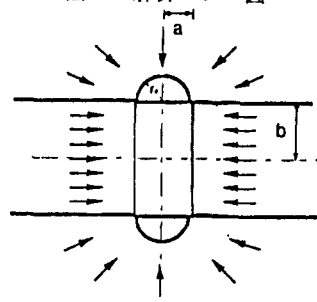


図2 掘削形状のモデル化（モデル1）

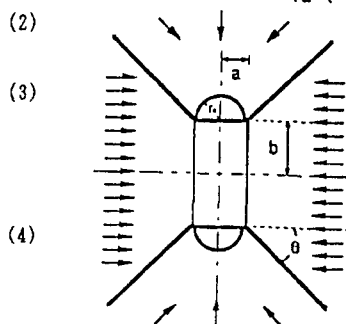


図3 掘削形状のモデル化（モデル2）

$Y_0(X)$: 零次第二種ベッセル関数

S_s : 比貯留係数、 t : 時間、 r_w : 井戸半径、 T : 透水量係数

2) モデル2³⁾

モデル1の短辺側と長辺側の領域の区切りに角度 $\theta = 45^\circ$ をつけて短辺側と長辺側の領域の大きさを変えたモデル(図3)。短辺側の井戸半径 r_w は、モデル1と同じく $r_w = 2a/\pi$ とし、領域をモデル1の半分とする。長辺側の算定式としては、 $Q = kiA$ の式を操作して、井戸理論の式(1)~(3)において、 2π の部分 $\tan \theta$ 、井戸半径 r_w を b に置き換えた式を用いる。

3) モデル3

掘削地を等価な一本な井戸に置き換えるモデル。置き換える井戸の井戸半径 r_w の設定に対して等値断面井戸(モデル3A、 $r_w = 4ab/\pi$)と等周辺長井戸(モデル3B、 $r_w = 2(a+b)/\pi$)の2種類を考えた(図4)。理論公式としては井戸公式より式(1)~(3)を用いる。

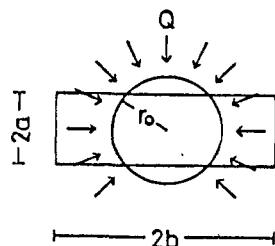


図4 掘削形状のモデル化(モデル3)

4 解析結果

浸透流入量については、モデル2とモデル3の等値な周辺長の井戸に置き換えた方法が有限要素法の解析結果に近い値を示した。図5に a/b の比が10の時の有限要素法による排水量(Q_F)に対する理論式による排水量(Q)の比を示す。モデル3は、計算方法が簡単なので浸透流入量の算定法として有用である。地下水位低下量については、モデル2の方法が有限要素法の解析結果に近い値を示した。図6に a/b の比が10の時の掘削地の短辺の中心からの直線上の地下水位の比、図7に a/b の比が10の時の長辺の中心からの直線上の地下水位の比を示す。

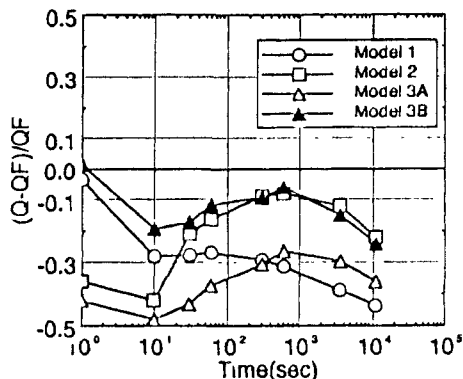


図5 排水量比 ($a/b = 10$)

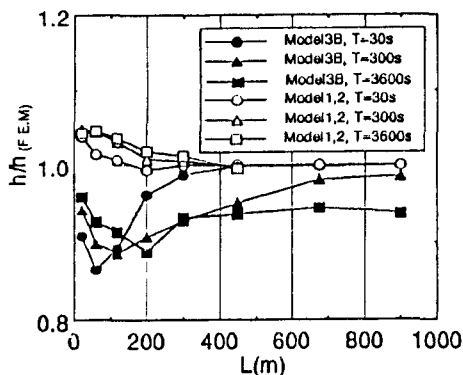


図6 水位比(短辺中央)

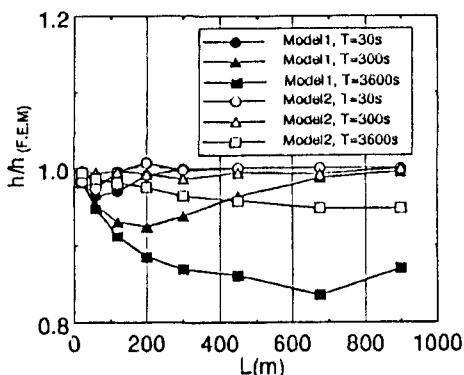


図7 水位比(長辺中央)

《参考文献》

- 1) 山村・鈴木(1977): 「土と水の諸問題」、鹿島出版会、PP. 137-149.
- 2) 河野(1989): 「地下水工学」、鹿島出版会、PP. 27-57.
- 3) 河野・竹下・黒部(1989): 地盤掘削における排水流量の算定に関する一考察、第41回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集、PP. 290-291.