

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
名古屋鉄道欄 黒部 真司

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。掘削地における排水流量の算定手法としては、理論公式を用いる方法や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排水流量の算定法としては理論公式を用いる手法が便利である。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排水流量の算定を試み、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、排水流量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 $k=1.0\times 10^{-3}\text{cm/s}$ ）において、図1に示すように一辺が $2R$ （ $R=1000\text{m}$ ）の正方形領域を影響圏とし、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 $h_a=25\text{m}$ まで水頭を低下させる。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。排水流量の算定においては平面二次元定常地下水流を考える。

3 矩形掘削地形状のモデル化¹⁾

(A)掘削地と等価な一本の井戸に置き換える方法

図2のように置き換える井戸の井戸半径 r_0 の設定に対して次の2ケースを考える。

① Case 1: 等値な面積に置き換えた場合（ $r_0 = \sqrt{2a \times 2b / \pi}$ ）

② Case 2: 等値な周辺長に置き換えた場合（ $r_0 = \sqrt{2(a+b) / \pi}$ ）

この場合地下水の流れは放射状の流れであり、理論公式としては井戸公式より式(1)を用いる。

$$Q = 2\pi k D (H - h_a) / \ln(R/r_0) \quad (1)$$

(B)両端に半円形断面を有する帯状掘削と仮定する方法

図3に示すように円と長方形とを組み合わせた複合断面を考えるものであり、各断面への流入領域の設定によって、次の2ケースを考える。

③ Case 3: 図4に示すように両端の半円形部分へは放射状流による流入、帯状掘削部分（掘削中央断面）への流入は一次元流れを考える。円形部分の等値円半径は、掘削幅 $2a \times$ 長さ $2a$ の部分に対して等価な面積に換算し、半径を $r_0 = 2a \times 2a / \pi$ とする。この部分への流入流量は式(1)を用いて計算する。また、帯状掘削部分の長さは $\{2b - 2r_0\}$ となり、この部分からの流入流量 Q_b は一次元浸透の理論式より次式にて計算する。

$$Q_b = k D (2b - 2r_0) (H - h_a) / R \quad (2)$$

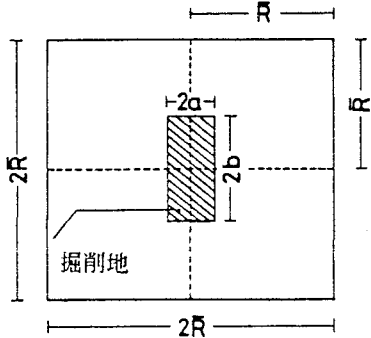


図1 解析モデル図

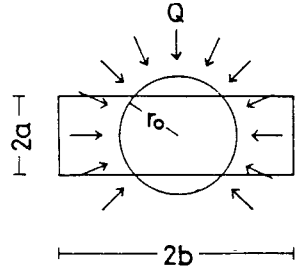


図2 掘削形状のモデル化 (Case1, 2)

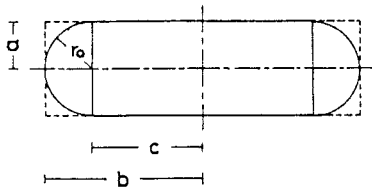


図3 両端に半円形断面を有する
帯状掘削モデル

④ Case 4: 図5に示すように角度 θ なる直線で区切られた扇形状の領域を考え、円形部分にはADEBの領域、また帯状掘削部分にはBEFCの領域を考える。円形部分の等値円半径は掘削幅と等しく $r_e=a$ とし、帯状掘削部分の長さは円形部分の周長を差し引いた $\{2b-a(\pi-2)\}$ とする。領域BEFGの領域幅は図6におけるFGラインについて考えると次式で示される。

$$2B = 2(C + x \tan \theta) \quad (3)$$

ここに、C: 帯状掘削部分の長さ $\{2b-a(\pi-2)\}$ である。また、FGラインからの流入流量は一次元浸透の理論式より、

$$Q_{FG} = k \frac{dh}{dx} D \cdot 2(C + x \tan \theta) \quad (4)$$

式(4)を境界条件 $x=0: h=h_e$ 、 $x=R: h=H$ で積分すると帯状掘削部分への流入流量の算出式として次式を得る。

$$Q = \frac{2kD(H-h_e)\tan\theta}{\ln(1+R \cdot \tan\theta/C)} \quad (5)$$

また、この際、円形部分への流入流量は式(1)を用いて得られた流入流量に $\{(90^\circ - \theta)/180^\circ\}$ を乗じて求められる。以上の各モデルについて理論公式により排水流量の算定を試み、有限要素法による数値解析結果との比較により、モデル化の妥当性を検討する。なお、Case 4については $\theta=45^\circ$ の場合について検討した。

4 解析結果

有限要素法による数値解析結果と理論公式による値との比較した結果、Case 4におけるモデルが良好な一致を示した。その結果を図7に示す。

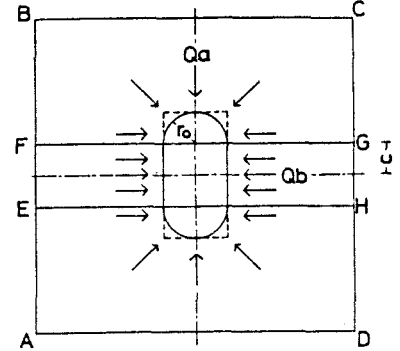


図4 掘削形状のモデル化 (Case3)

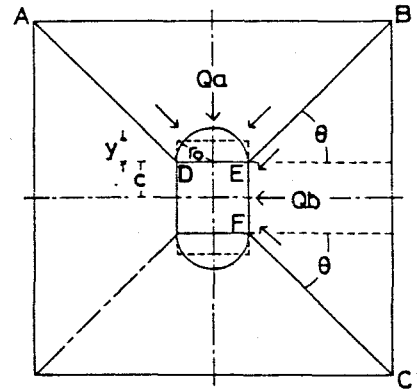


図5 掘削形状のモデル化 (Case4)

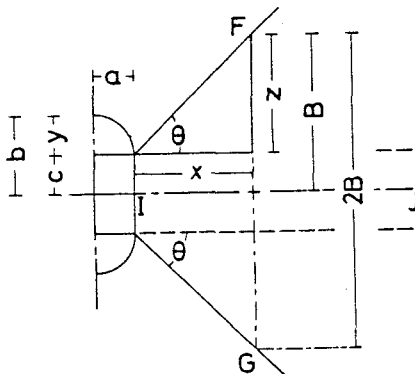


図6 帯状掘削部分への流入領域 (Case4)

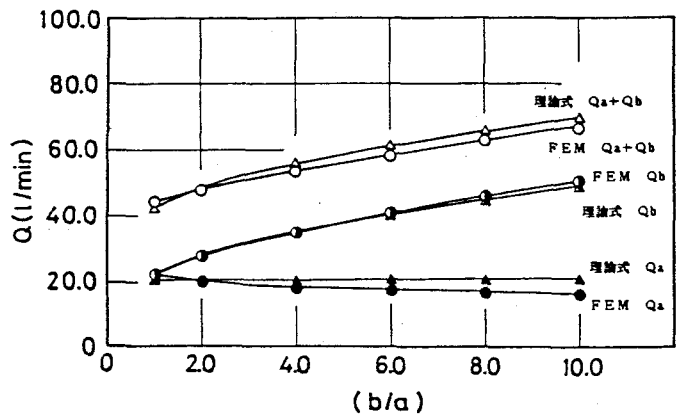


図7 理論公式と数値解析との比較 (Case4)

《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.