

地盤掘削が周辺地下水におよぼす影響の一考察

岡山大学工学部 正員 河野伊一郎

岡山大学工学部 正員 西垣 誠

岡山大学工学部 学生員 ○河田 孝志

1. まえがき 近年、地下水面以下の掘削に伴う周辺の地下水位低下がしばしば問題となっている。したがって、掘削を始める以前に 周辺の地下水に与える影響について、その範囲と大きさについてあらかじめ調査しておく必要性が認識されてきている。本研究では まず平面二次元地下水流の有限要素法に、降雨の時間的変動を考慮する方法について述べ、さらに、この解析法を用い、現実の掘削工事予定地区を対象として、掘削地の地下水位低下による周辺の地下水位変動を推定したので、その一例を報告する。

2. 平面二次元地下水流の有限要素法による非定常浸透解析

被圧滞水層における平面二次元地下水流の基礎方程式は、Darcyの法則および連続の式より次式で表わされる。¹⁾

$$S \frac{\partial h}{\partial t} = T \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right) + q \quad (2-1)$$

ここで、 $S = S_s \cdot b$ (S_s ; 体積圧縮率) (b ; 滞水層の厚さ) で貯留係数、 $T = K \cdot b$ (K ; 透水係数) で透水量係数、 q は降雨などによる地下水へのかん養流量である。

初期条件は $t = 0$ で $h = h_0$ (2-2)

境界条件は 境界上において $h = f$ (2-3)

したがって問題は、(2-2) (2-3)式を用いて (2-1)式を解くことになる。しかし (2-1)式を有限要素法の定式化へ到達させることはできない。そこで、(2-1)式を変分原理を用いて汎関数におきかえ、その汎関数を最小化させることにより (2-1)式と等価な問題とし、有限要素法の定式化へ到達させる。

いま $t_0 < t < t_0 + \Delta t$ の間では、 h は線形変化するものと考えることにより (2-1)式は次式になる。^{2), 3)}

$$T \frac{\partial^2 \bar{h}}{\partial x^2} + T \frac{\partial^2 \bar{h}}{\partial y^2} - \frac{2S}{\Delta t} \bar{h} + \frac{2S}{\Delta t} h^0 + q = 0 \quad (2-4)$$

ここに $\bar{h} = \left\{ h(t_0 + \Delta t) + h(t_0) \right\} / 2$, $h^0 = h(t_0)$

(2-4)式に対する汎関数を U とすると

$$U = \frac{1}{2} \iint \left\{ T \left(\frac{\partial \bar{h}}{\partial x} \right)^2 + T \left(\frac{\partial \bar{h}}{\partial y} \right)^2 + \frac{2S}{\Delta t} \bar{h}^2 - \frac{4S}{\Delta t} \bar{h} h^0 - 2q \bar{h} \right\} dx dy \quad (2-5)$$

となる。(2-5)式を最小化させることにより $\bar{h}$ の値が求められる。

ここで、降雨の時間的変動を考慮するには、 q に次式を用いればよい。

$$q = \frac{\sum q'}{\Delta t} \quad (2-6)$$

ここに、 $\sum q'$ は、 Δt 間における降雨による地下水へのかん養量の総和である。

3. 掘削工事における周辺地下水位変動解析

3-1 有限要素法による地下水位変動解析例

2. で述べた解析手法を用いて、倉敷駅前ビル建設予定地を対象とし、掘削地の地下水位低下による周辺の地下水位変動の解析を行なう。掘削地の要素分割を図-1に示し、解析条件を以下に挙げる。

1) 初期水位として、領域内のすべての地下水位を $h = 0$ とした状態に、 1 mm/day の地下水かん養量が、領域内にあるとして地下水位を定常解析行ない その水位を初期水位とする。

- 2) 透水性は、 $T = 1790 \text{ m/day}$ 、 $S = 0.0286$ とする。
- 3) 影響圏半径を 1 km と考え、掘削地を中心に 2 km 四方の領域について解析を行なう。
- 4) 境界上での水位は一定とする。
- 5) 掘削地において、掘削地の各節点を初期水位より 4 m 低下させる。

以上の条件を用いて、Case 1 (降雨による地下水かん養はなし) Case 2 (降雨による地下水かん養が一様に 1 mm/day ある) Case 3 (降雨による地下水かん養が時間的に変動) の3つの場合について、地下水位を低下させている60日間(地下水位低下時)と、その後の60日間(回復時)の地下水位変動の解析を行なう。

3-2 解析結果および考察

初期水位は、中央付近より周辺へ凸状の形状の水面となり 中央付近における地下水位上昇は、 12 cm である。

図-2、図-3に 図-1に示したA-A'断面における地下水位の経時変化を示す。図-2より、地下水位は、掘削地での地下水位低下後、4日間でほぼ定常に達する。Case 1 と Case 2 の地下水位差は 時間の経過とともに広がっており、定常状態において数 cm の差がみられる。なお、図-3より、掘削地での地下水位低下停止後、10日でほぼもとの水位にもどっている。Case 1 と Case 2 の地下水位差は、地下水位低下時と同様、時間の経過とともに広がっている。Case 3については、10日以後の地下水へのかん養量が少いたため Case 2に比べて地下水位の変動が大きい。図-4に各条件における湧水量の経時変化を示す。

4. 結論

本研究では、地下水問題のうち、掘削地での地下水位低下が周辺地下水位におよぼす影響の算定を行なった。この研究により得られた結果を要約すれば次のようになる。

- 1) 本解析方法を用いることにより、掘削地での水位低下による周辺地下水位の時間的変動を推定できる。
- 2) 掘削地での排水流量の推定ができる。
- 3) 降雨による地下水へのかん養を時間的に変動させることにより、厳密な降雨の地下水への影響が考慮できる。

参考文献

- 1) 久保田敬一、河野伊一郎、宇野尚雄；透水設計へのアプローチ。鹿島出版会、P 31 ~ P 57 1976年
- 2) 河野伊一郎；倉敷駅前ビルのための掘削に伴う地下水位低下に関する解析と所見。日本材料学会 1977年
- 3) 井波久治；平面二次元地下水流の水位変動に関する研究 京都大学修士論文 1976年

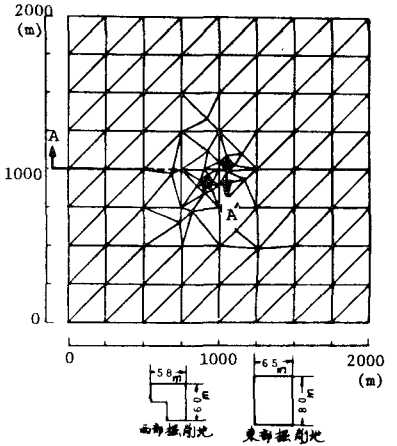


図-1 要素分割

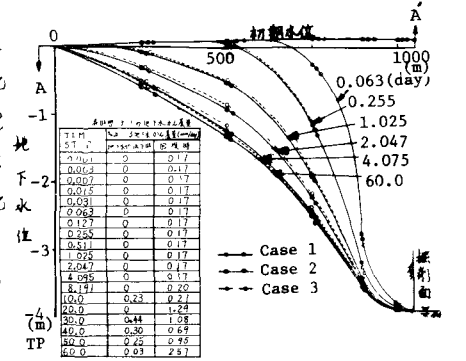


図-2 地下水位の経時変化(地下水位低下時)

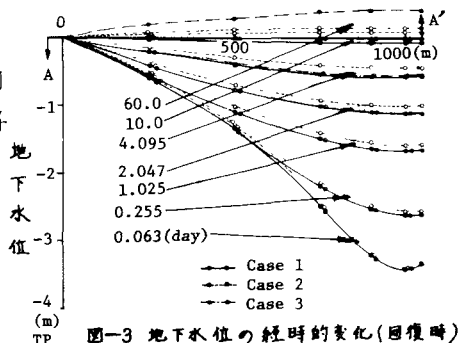


図-3 地下水位の経時変化(回復時)

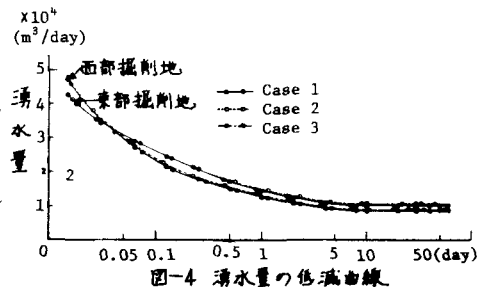


図-4 湧水量の経時変化