

III-84

3次元FEM浸透流解析における群井のモデル化に関する簡便法の提案

大成建設（株） 正会員 ○上村佳司

大成建設（株） 正会員 安達哲也

大成建設（株） 正会員 田中良弘

1. はじめに

著者らは、先にFEM解析において井戸を節点でモデル化する方法について、単井の場合のモデル化の方法を示した。^{1) 2) 3)} 一般的に、地下水位低下工法を採用する場合には、複数の井戸を併用して水位低下を図るため、井戸で囲まれた内側と外側では水位低下量に差が生じる。単井のモデル化の方法を群井の場合に適用すると、井戸で囲まれた内側の水位が群井の井戸式で計算した場合よりもかなり高くなることがわかった。そこで、著者らは被圧状態が保たれた帯水層において、被圧の群井の井戸式と3次元FEM解析の比較を行い、群井をモデル化する場合の井戸内水位の補正に関する簡便法の提案を行った。

2. 解析方法および解析ケース

FEM解析で井戸を節点でモデル化する場合、単井の場合の井戸内水位の補正は、式（1）により等価井戸半径を求め、それを式（2）に代入することにより求められる。群井の場合に、同様に井戸内水位の補正を行った場合、式（2）の中にある影響半径Rの考え方が問題になると思われる。単井の場合のRは、外周境界までの距離で良いと考えられるが、複数の井戸が円形状に配置されている場合は、井戸に囲まれた内側に着目するか、外側に着目するかで、影響半径の考え方が違ってくる。一般的に、盤ぶくれが問題となるような場合は、井戸で囲まれた内側の圧力が問題となる。そこで、影響半径が井戸から群井の中央部までの距離とした場合について解析を行った。このとき、群井中央での水位は、式(3)を用いて求めた。

FEM解析での解析ケースは比較のため、以下の3つのケースについて実施し、被圧の群井理論式と比較した。

(1)井戸内水位の補正を行わなかった場合。(2)等価井戸半径を用いて影響圏で水位補正を行った場合。(3)等価井戸半径を用いて群井の中央で水位補正を行った場合。

$$r_e = 0.08 \, dL1 + 0.03 \, dL2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$h_e = H - (H - h_w) \times \frac{\ln(R/r_e)}{\ln(R/r_w)} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$h_c = H - \frac{(H - h_w) \cdot n \cdot \ln(R/A)}{\ln\left(\frac{R^n}{n \cdot r_w \cdot A^{n-1}}\right)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

dL1：メッシュの長辺の長さ
dL2：メッシュの短辺の長さ
h_e：等価井戸内水位
H：影響半径上の水位
h_w：実際の井戸内水位
R：影響半径
r_e：等価井戸半径
r_w：実際の井戸半径
h_c：群井中心の水位（仮想影響半径上の水位）
A：群井の半径（仮想影響半径）
n：井戸本数

3. 解析モデルおよび解析条件

解析モデルは大深度の円形山留めを想定して、直径100m・壁の長さ100m・壁の厚さ3m・帯水層厚30m・難透水層の層厚5m・掘削深度60mとした。帯水層の透水係数は砂層を想定して1×10³cm/secとし、難透水層の透水係数は1×10⁷cm/secとした。また、減圧用井戸の井戸径はφ600を想定し、井戸の本数は6本を等間隔の配置とした。本検討で用いた井戸周辺のメッシュサイズは長辺14.5m・短辺4.1mで、等価井戸半径は1.28mである。解析モデルおよ

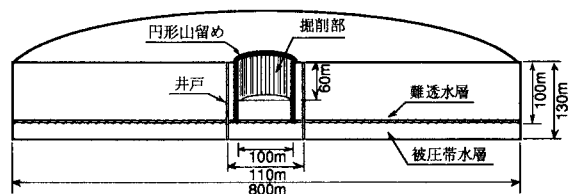


図-1 解析モデル

び解析条件をを図-1に示す。3次元モデルは、被圧の群井の式と比較するため比較的2次元流に近い境界条件を設定した（漏水因子 $B=1225$ ）。下部境界は不透水境界とし、側方境界は水頭既知境界とした。

4. 解析結果および考察

解析の結果得られた粘土層下端部の圧力分布を図-2に示す。また、各ケースの入力水位・群井中央での水位・全揚水量を表-1に示す。これより、以下のことがわかった。

- 1) 井戸内水位の補正を行わなかった場合の群井中央水位上昇比率は、群井理論の65%程度（水頭差-4.7m）であった。盤ぶくれに対する井戸本数の検討に対して井戸内水位の補正を行わなかった場合には、水位降下量が大きくなるため設計的には危険側であるといえる。
- 2) 影響圏の水位により井戸内水位の補正を行った場合の群井中央水位上昇比率は、群井理論の142%程度（水頭差+5.6m）であった。盤ぶくれに対する井戸本数の検討に対しては、影響圏の水位により井戸内水位の補正を行うことにより、設計的には安全側で設計できるといえる。しかしながら、井戸内水位降下量が多い場合には、解析結果と実際の水位との間の差が大きくなるため注意が必要である。
- 3) 群井中央での水位を基に井戸内水位の補正を行った場合の群井中央水位上昇比率は、群井理論の92%程度（水頭差-1.1m）であった。群井中央水位上昇量は、群井理論と比較し多少小さめではあるが、難透水層下端

部の圧力分布は、井戸に囲まれた内側に対しても外側に対しても、群井理論と比較的よく一致している。したがって、実際の施工管理に対する管理値の設定には、群井中央での水位を基に井戸内水位の補正を行った方がよいと考えられる。

- 4) 解析の結果得られた群井中央水位上昇量は、解析上設定した井戸周辺のメッシュサイズに依存し、メッシュサイズが大きい程見かけ上井戸径の大きな井戸を設置したことになり水位の上昇量はさらに少なくなると考えられる。

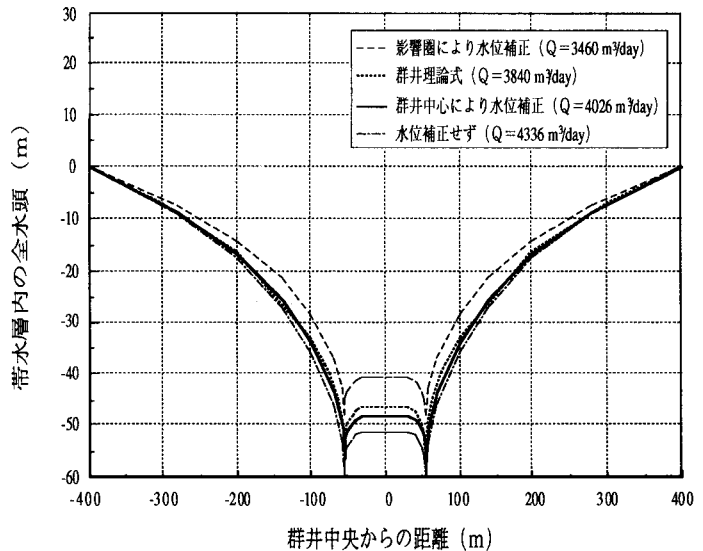


図-2 解析結果

5. まとめ

3次元FEM浸透流解析を行う際に群井をモデル化する場合、井戸内水位の補正を群井中央での水位を基に補正することで、近似的に群井理論と合わせることができるとわかった。本報では、鉛直方向の流れが小さい場合について検討を行ったが、今後は帯水層内の水の流れが3次元的な挙動をする場合について、本手法が妥当であるかどうか検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 上村・榊・田中：浸透流解析における井戸のモデル化に関する一考察,第28回土質工学研究発表会
- 2) 榊・上村・田中：平面2次元浸透流解析における井戸のモデル化に関する一考察,第28回土質工学研究発表会
- 3) 上村・榊・田中：三次元浸透流解析における部分貫入井のモデル化に関する一考察,土木学会第48回年次講演会

表-1 解析結果（水位低下量60mの場合）

	群井理論式	水位補正せず	影響圏で補正	群井中央で補正
入力水位	-60.00	-60.00	-47.90	-56.26
群井中央水位 (m)	-46.52	-51.25	-40.92	-47.60
群井中央水位上昇量	13.48	8.75	19.08	12.40
全揚水量 (m³/day)	3840	4336	3460	4026
入力水位比率	1.00	1.00	0.80	0.94
群井中央水位上昇比率	1.00	0.65	1.42	0.92
全揚水量比率	1.00	1.13	0.90	1.05