

土留め壁から離して設置した地下水流動保全対策の設計用影響圏半径

清水建設株式会社 正会員 高坂 信章

1. はじめに 地下構造物の建設により発生する地下水流動阻害対策として、井戸型の集水施設・涵養施設を構造物の上流側・下流側に設置し、これを通水管で連結する地下水流動保全工法が採用されることが多い。工法の適用にあたっては、構造物建設により発生する地下水位変動量が許容値以下になるように、地下水流動保全施設の設置間隔を設計する必要がある。実務では、有限要素法による浸透流解析により設計が行われることが多いが、広い解析領域の中で集水施設・涵養施設までをモデル化した要素分割を行うことは困難であるため、設置間隔を解析的に評価することは難しい。設置間隔の設計法として、定常井戸理論式を変形した方法が提案されている¹⁾。前報²⁾において、土留め壁に接して集水施設・涵養施設を設置した場合の影響圏半径の取り方および設計法の妥当性を検証した。本報では、施設設置間隔と土留め壁からの離れを模擬した平面二次元浸透流解析を行い、土留め壁から離して集水施設・涵養施設を設置した場合の施設通水量、土留め壁際の水位変動量を計算する。この結果から、設計用影響圏半径について評価し、これを用いた設計法の妥当性を検証する。

2. 解析モデル 解析モデルの概要を図-1に示す。領域全体の1/4を平面二次元でモデル化する。上流側境界(右端)は水位固定境界、側方境界(上端)および流動方向対称軸(下端)は不透水境界、構造物軸方向対称軸(左端)は流れの対称性を考慮して水位固定境界($h_0 = 15\text{m}$)とする。解析領域の大きさ(構造物軸から上流端までの距離) X は500m, 上流側の固定水位を $h_u = 20\text{m}$ として自然状態の動水勾配は $I = 0.01$ とした。帯水層は層厚 $D = 10\text{m}$, 透水係数 $k = 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, 構造物は半長 $L = 200\text{m}$, 半幅 $W = 5\text{m}$ とする。土留め壁からの離れ $d = 0, 1, 2\text{m}$ の位置に集水装置を想定し、この節点の水位を $h_0 = 15\text{m}$ で固定する。集水施設周辺の要素は1m幅で分割してあり、等価井戸半径 $r_w = 0.2\text{m}$ に相当する。集水施設設置間隔(水位固定節点の間隔)は $a = 10 \sim 100\text{m}$ の範囲で変化させ、この節点からの流出量を通水量 Q , 土留め壁際水位の自然状態水位からの変化量を水位変動量 Δh とする。

3. 解析結果 解析結果として得られる施設1本あたりの通水量 Q , 土留め壁際における水位変動量の最大値 Δh を図-2, 図-3に示す。文献1)に提案された Q と Δh の関係を表す(1)式および(2)式を変形して、見掛けの影響圏半径 R' を求める(3)式および(4)式を誘導した。 Q , Δh から逆算された R' を図-2, 図-3(c)に示す。

$$d = 0 \text{ の場合 (土留め壁に接して設置): } \Delta h = \frac{Q}{\pi k D} \ln\left(\frac{R'}{r_w}\right) \quad (1) \quad R' = r_w \exp\left(\frac{\Delta h \pi k D}{Q}\right) \quad (3)$$

$$d \neq 0 \text{ の場合 (土留め壁から離して設置): } \Delta h = \frac{Q}{2\pi k D} \ln\left(\frac{R'^2}{2dr_w}\right) \quad (2) \quad R' = \sqrt{2dr_w \exp\left(\frac{2\Delta h \pi k D}{Q}\right)} \quad (4)$$

ここに、 k : 帯水層の透水係数(m/s), D : 帯水層の厚さ(m), r_w : 集水施設の等価井戸半径(m), d : 土留め壁から集水施設の離れ(m)である。図-2には、 $a = 10, 20, 50\text{m}$ の場合について d の変化による $Q, \Delta h$ の変化を示した。 Q は d の増加に対して微増、 Δh は d に対して減少傾向にある。この変化は、 a が大きいくときほど顕著である。

キーワード: 地下水, 土留め, 有限要素法

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設株式会社 技術研究所 TEL 03-3820-6997

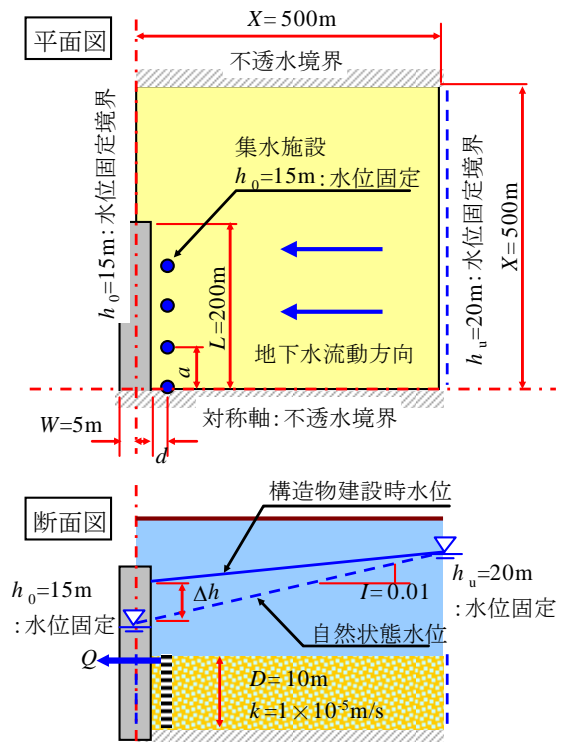


図-1 解析モデルの概要

Q および Δh から逆算される R' は d に対して増加の傾向にあるが、その変化量は小さい。

図-3には $d=0, 1, 2\text{m}$ の各ケースについて a による $Q, \Delta h$ の変化を示した。 a の増加に対して $Q, \Delta h$ とも増加する。 a が小さいときは d による差は小さく、 a が大きくなるにしたがい d によるばらつきが拡大する。設置間隔が大きいときは、集水・涵養施設を土留め壁から離して設置したほうが効率が高い。 $Q, \Delta h$ から逆算される R' は a に対して比例関係にあり、図中に点線で示した $R'=0.2a$ の直線上にのっている。

4. 設計手法の検証 図-4に示す定常井戸理論式を用いた設計法¹⁾にしたがい、許容水位変動量 Δh_{allow} を設定して、設置間隔 a を決定する。 $d = 0, 1, 2\text{m}$ の各ケースに対し、 Δh_{allow} を変化させて a を求めた結果を図-5に示す。FEMの解析結果も示した。両者はよく一致しており、設計法の妥当性が確認された。

5. おわりに 本報文の結論をまとめる。(1) 集水施設・涵養施設は土留め壁から離して設置したほうが効率が高い。(2) 土留め壁から離して施設を設置した場合にも R' と a は比例関係にあり、この関係は $R'=0.2a$ により近似できる。(3) 定常井戸理論式を用いた設計法は十分な精度で施設設置間隔を決定できる。

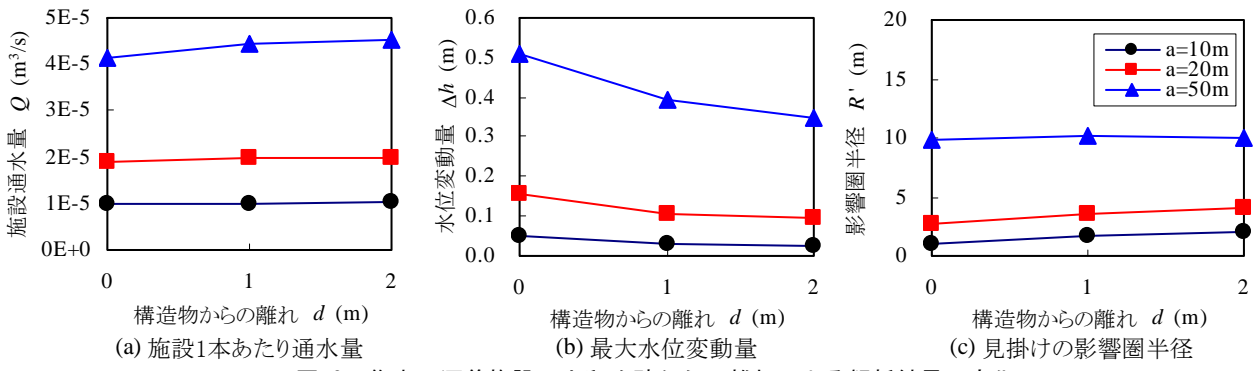


図-2 集水・涵養施設の土留め壁からの離れによる解析結果の変化

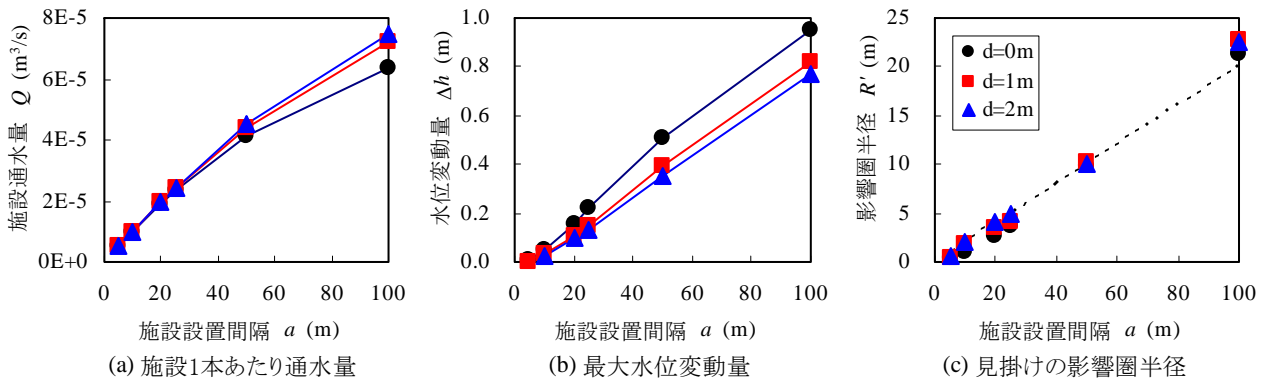


図-3 施設設置間隔による解析結果の変化

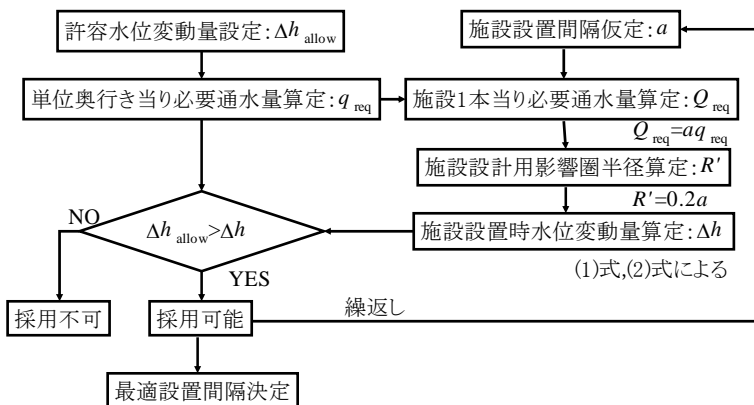


図-4 井戸理論式を用いた設計手順の概要

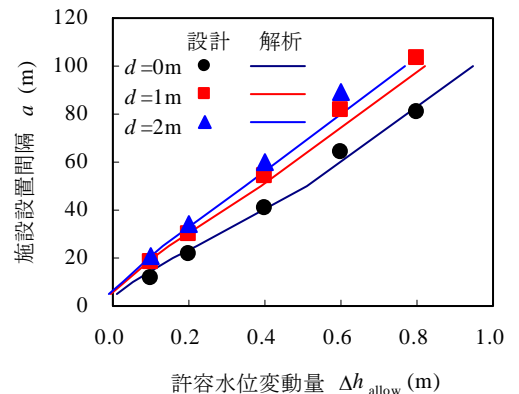


図-5 設計計算と解析結果の比較

【参考文献】 1) 高坂信章：地下水流動保全工法の設計の考え方，地下水地盤環境に関するシンポジウム'99，pp.15-34，1999。
 2) 高坂信章：地下水流動保全対策としての集水施設・涵養施設の設計用影響圏半径，第42回地盤工学研究発表会，2007(投稿中)。