

地下水流動保全工法設計のための等価透水係数

清水建設株式会社 正会員○高坂 信章

清水建設株式会社 正会員 櫛原 昇, 江頭 正州

三信建設工業株式会社 正会員 新坂 孝志

1. はじめに

地下構造物の建設により、地下水の流れが遮断されることにより発生する地下水流動障害が問題となる事例が増加してきている。このような問題の対策として、地下水流動保全工法が採用される。地下水流動保全工法の設計は、通常、有限要素法などによる浸透流解析を用いて行われることが一般的である。このとき、数キロメートル四方という広域の解析対象領域の中で、数センチメートル～数十センチメートルという小さい地下水流動保全施設をモデル化し要素分割を行う必要があるが、これは容易なことではない。そこで、この部分を等価な透水性を有する材料としてモデル化し解析する手法が用いられることが多い。文献¹⁾では、当該部分の単純平均を用いて等価透水係数を求める方法が紹介されているが、この方法は、地下水流動保全施設への集水・涵養にともなう水頭損失を考慮していないため通水性能が過大に評価されている可能性がある。

本論文では、集水・涵養施設を井戸と考え、ここへ出入する水の流れを定常井戸理論式で表したうえで、これを等価な均一材料として表した等価透水係数算定式を提案する。

2. 等価透水係数算定式の誘導

土留め壁に設置する地下水流動保全施設の能力は次式で表される²⁾。

$$Q = \eta \frac{\pi k D s_w}{\ln(R'/r_{eq})} \quad (1)$$

ここに、 Q ：施設の集水量・涵養量、 k ：帯水層透水係数、 D ：帯水層厚さ、 s_w ：施設内水位低下量、 R' ：見掛けの影響圏半径($R'=0.2a$)³⁾、 a ：施設設置間隔、 r_{eq} ：地下水流動保全施設の等価井戸半径、土留め壁設置型の場合(2)式により求める(単位：m表示)⁴⁾。

$$r_{eq} = 0.254B_w + 0.008 \quad (2)$$

B_w ：開口部幅。 η ：井戸効率で(3)式により求める⁵⁾。

$$\eta = \frac{\ln(R'/r_{eq})}{\ln(R'/r_{eq}) + \frac{k}{k_f} \frac{\pi}{B_w}} \quad (3)$$

k_f ：フィルター部透水係数、 t ：フィルター部の厚さ。

間隔 a で設置した 1 ユニットの施設の分担幅を考え、これを均一材料と考えたときの通水量はダルシーの法則に基づき(4)式で表される。

$$Q = k_{eq} \frac{s_w}{W/2} aD \quad (4)$$

ここに、 k_{eq} ：均一材料としたときの等価透水係数、 W ：遮断構造物の厚さ。(1)式、(4)式を等値なものとおくと、等価透水係数は(5)式により表される。

$$k_{eq} = \frac{\eta \pi k W}{2a \ln(R'/r_{eq})} \quad (5)$$

3. 解析モデルと解析条件

提案する等価透水係数算定式の妥当性を検証するために有限要素法浸透流解析を実施した。解析モデルの概要を図-1 に示す。帯水層は透水係数 $k=1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 、層厚 $D=5 \text{ m}$ の被圧帯水層とする。解析領域の中央に幅 $B=20 \text{ m}$ の地下構造物を想定し、この両側に壁厚 $W=1 \text{ m}$ の不透水土留め壁を考慮する。解析領域は地下水流動方向に土留め壁から上流側・下流側それぞれ R の距離をとり、ここに水位固定境界を与えた。これに直交する方向には、施設 1 ユニットの

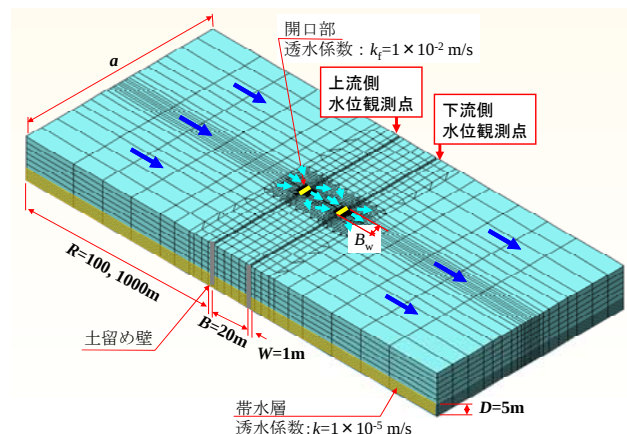


図-1 解析モデル概要図

キーワード 土留め壁、地下水流動保全工法、等価透水係数

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 TEL:03-3820-6997, FAX:03-3820-5955

分担幅 a (施設設置間隔) をとった。山留め壁には幅 B_w の開口部を想定し、ここの透水係数を $k_f=1 \times 10^{-2} \text{m/s}$ とする。

影響圏半径 $R=100, 1000\text{m}$, 上下流水位差 $\Delta H=1.1, 10.1\text{m}$ (動水勾配: $I=0.005, 0.046$ に相当), 開口部幅 $B_w=0.01, 0.02, 0.03, 0.1, 0.15, 0.2\text{m}$, 開口部設置間隔 $a=5, 10, 20, 50, 100\text{m}$ などの条件を変化させた合計 90 ケースの解析を行った。

解析結果として施設 1 ユニットあたりの通水流量 Q および解析領域端部で上下流側土留め壁際に生じる水位差 Δh (図-1 参照) を整理した。

4. 解析結果

開口部幅 $B_w=0.02, 0.2\text{m}$ の場合について、等価透水係数の施設設置間隔による変化を図-2 に示す。提案式は従来式に比して 2 オーダー程度小さい値となっている。従来式は開口部幅に比例して等価透水係数が大きくなるが、提案式では大きな変化はない。

図-3 は $R=100\text{m}$, $\Delta H=10.1\text{m}$, $B_w=0.02, 0.2\text{m}$ の場合について等価透水係数を用いて通水流量 Q を計算した結果である。土留め壁 2 箇所を等価透水係数に換算した。同時に解析により求めた通水流量もプロットした。提案式による計算結果は、解析結果とよく一致している。一方、従来式による計算結果は過大な通水流量を示し、解析結果と大きくかけ離れている。

図-4 は同じ条件のもとで上下流土留め壁間に生じる水位差について提案式、従来式に基づく計算結果および解析結果を示した。この図においても提案式による計算結果は解析結果とよく一致している。一方、従来式は過小な水位差を示している。

図-5 は解析を行った全ケースについて解析で求めた水位差と等価透水係数を用いて計算した水位差を比較したものである。提案式を用いた計算結果は解析結果と十分な精度で一致している。

5. おわりに

地下水流動保全施設の設計を簡便に行うための等価透水係数算定式を提案した。この提案式により実用上十分な精度での設計が行えることを示すとともに、従来法では過小設計となることを明らかにした。

【参考文献】

- 1) 地盤工学会編：地下水流動保全のための環境影響評価と対策，丸善，p.351, 2004.
- 2) 前掲 1), p.162.
- 3) 高坂信章：地下水流動保全対策としての集水施設・

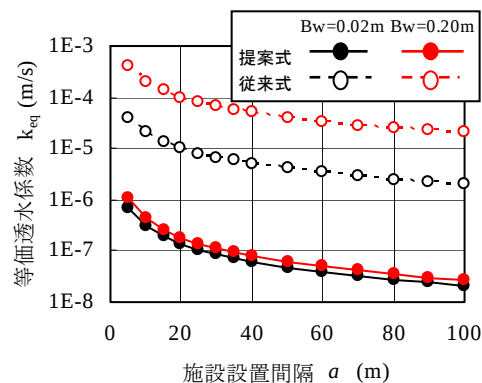


図-2 施設設置間隔と等価透水係数の関係

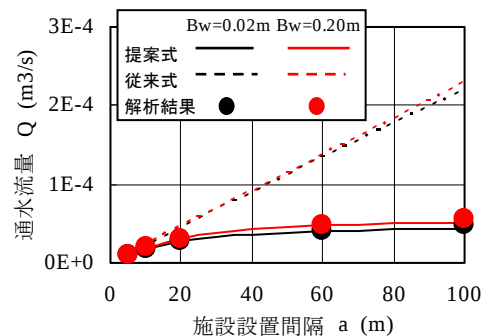


図-3 フィルター部透水係数による井戸効率変化
影響圏半径 $R=100\text{m}$ の場合 (CASE1, 3)

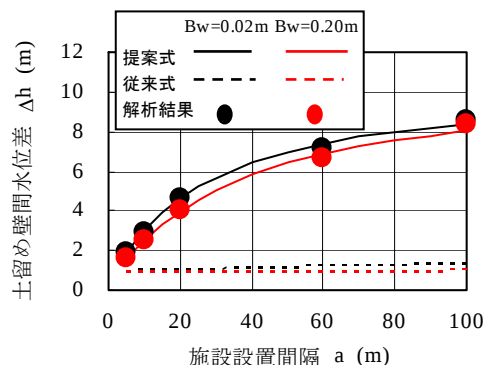


図-4 理論式による集水量と解析による集水量の比較

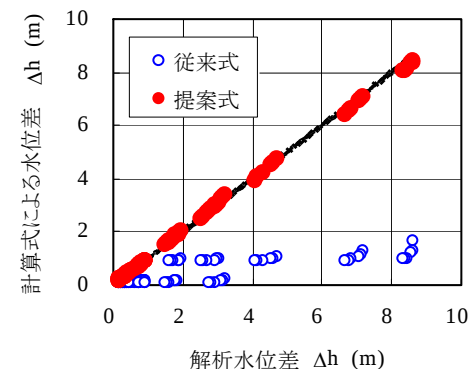


図-5 解析結果と等価透水係数による計算結果の比較

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，No.503, pp.1005-1006, 2007.

- 4) 江頭，樺原，高坂，新坂：土留め壁に設置する井戸構造の等価井戸半径，土木学会第 63 回年講，2008, (投稿中)。
- 5) 樺原，高坂，江頭，新坂：土留め壁に設置する井戸構造の井戸効率，土木学会第 63 回年講，2008, (投稿中)。