

土留め壁に設置する井戸構造の井戸効率

清水建設株式会社 正会員○櫛原 昇
 清水建設株式会社 正会員 高坂 信章, 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

土留め壁に井戸構造の装置を設置して、これをディープウェルの代替として地下水位低下工法に用いたり、構造物の設置により生じる地下水流動阻害問題の対策工法として利用する技術が開発されてきている¹⁾。この設計を精度よく行うためには、このような井戸構造の性能を評価する必要がある。別報²⁾にて開口部の幅を等価な集水能力を有する井戸の半径(等価井戸半径)に換算する式の提案を行った。本論文では、開口部に充填されるフィルター材の透水係数が井戸性能にどのように影響するかについて理論式を誘導する。この理論式の妥当性を有限要素法浸透流解析により検証し、土留め壁に設置する井戸構造の井戸効率について考察する。

2. 理論式の誘導

井戸損失がない理想状態で開口部幅 B_w を有する土留め壁設置井戸の集水量は(1)式により計算される。

$$Q_0 = \frac{\pi k D s_w}{\ln(R/r_{eq})} \quad (1)$$

ここに、 Q_0 : 理想状態での集水量、 k : 帯水層透水係数、 D : 帯水層厚さ、 s_w : 井戸内水位低下量、 R : 影響圏半径、 r_{eq} : 開口部の等価井戸半径で(2)式により求める(単位: m 表示)²⁾。

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

この開口部内部に図-1に示すように奥行き t 、透水係数 k_f のフィルター部を考慮する。この部分の損失水頭 Δh_f はダルシーの法則より(3)式により求められる。

$$\Delta h_f = \frac{Qt}{k_f DB_w} \quad (3)$$

ここに、 Q : フィルター部通過流量(=実際の集水量)。帯水層での損失水頭 Δh は(1)式を変形して、

$$\Delta h = \frac{Q}{\pi k D} \ln\left(\frac{R}{r_{eq}}\right) \quad (4)$$

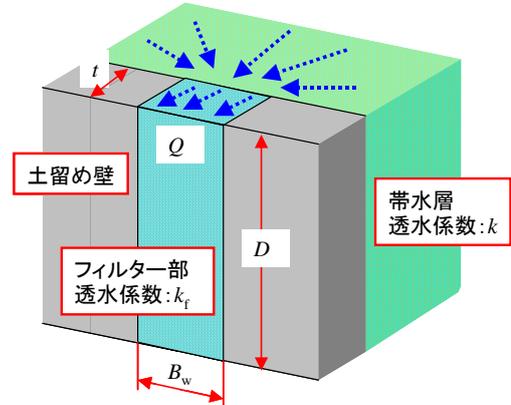


図-1 開口部に考慮するフィルター部

したがって、井戸内水位低下量 s_w は、

$$s_w = \Delta h + \Delta h_f = \frac{Q}{\pi k D} \ln\left(\frac{R}{r_{eq}}\right) + \frac{Qt}{k_f DB_w} \quad (5)$$

であるから、これを Q に関する式に変形すると、

$$Q = \frac{s_w}{\frac{1}{\pi k D} \ln\left(\frac{R}{r_{eq}}\right) + \frac{t}{k_f DB_w}} \quad (6)$$

となる。実際の集水量 Q の理想状態での集水量 Q_0 に対する比を井戸効率 η と定義すると井戸効率は(7)式により算定される。

$$\eta = \frac{Q}{Q_0} = \frac{\ln(R/r_{eq})}{\ln(R/r_{eq}) + \frac{k}{k_f} \frac{\pi}{B_w}} \quad (7)$$

3. 解析モデル

誘導した理論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-2に示す。帯水層は透水係数 k 、層厚 $D=5\text{m}$ の被圧帯水層とする。影響圏半径 R を想定した半円形平面領域の外周部に $H=20\text{m}$ の定水位境界を与える。半円の対称軸は土留め壁を想定し不透水境界とする。この中央部に幅 B_w の開口部を想定して外周よりも $s_w=2\text{m}$ 低い定水位を与え、この部分からの集水量 Q を定常解析により求める。ただし、開口部には図-1に示したように奥行き $t=0.5\text{m}$ 、透水係数 $k_f = 0.1k \sim$

キーワード 土留め壁, 井戸, 井戸効率, ディープウェル, フィルター, 地下水流動保全

連絡先 〒105-8007 東京都港区芝浦1丁目2番3号 TEL:03-5441-0572, FAX:03-5441-0515

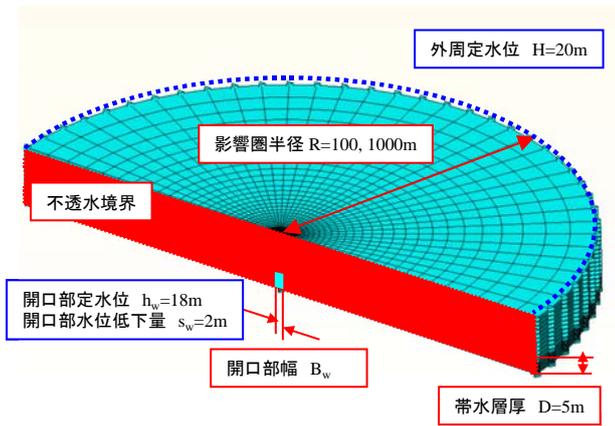


図-2 解析モデル概要図

100,000k のフィルター部を考慮して、このフィルター部の透水性による集水量の変化を計算した。

3. 解析条件

帯水層の透水係数と影響圏半径の組み合わせとして、CASE1 : $k=1 \times 10^{-5}$ m/s, $R=100$ m, CASE2 : $k=1 \times 10^{-5}$ m/s, $R=1,000$ m, CASE3 : $k=1 \times 10^{-4}$ m/s, $R=100$ m の3通りを想定した。また、開口部の幅 B_w は、0.01, 0.02, 0.03, 0.10, 0.15, 0.20m と変化させた。

4. 解析結果

一例として、帯水層透水係数 $k=1 \times 10^{-4}$ m/s、影響圏半径 $R=100$ m の場合の解析結果をフィルター部透水係数による集水量の変化として図-3 に示す。フィルター部透水係数が $k_f > 1 \times 10^{-1}$ m/s の範囲では、集水量に大きな変化はなく、ほぼ理想状態での集水量 Q_0 が得られている。しかし、 $k_f < 1 \times 10^{-2}$ m/s の範囲では、集水量が急激に減少する。この傾向は開口部幅が小さいときほど顕著である。

さらにこの結果を k_f/k と井戸効率 η の関係として図-4 に示した。この図で解析結果はマーカーで示し、(7)式より計算される理論値はラインで示した。図ではCASE3 : $k=1 \times 10^{-4}$ m/s, $R=100$ m の解析結果を示しているが、CASE1 : $k=1 \times 10^{-5}$ m/s, $R=100$ m の解析結果もほぼ同値である。また、理論式においては帯水層透水係数によらず k_f/k のみにより井戸効率が決定されることは(7)式より明らかである。誘導した理論式による計算結果は、解析結果とよく一致している。

図-5 は解析を行った全 138 ケースについて(6)式により計算される理論集水量と解析により得られた集水量を比較したものである。両者は十分な精度で一致しており、ここで誘導した理論式および別報で報告した等価井戸半径換算式²⁾の妥当性が検証された。

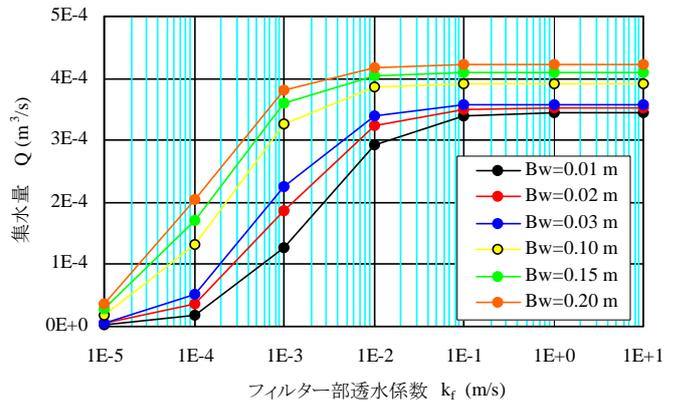


図-3 フィルター部透水係数による集水量変化
CASE3 : 透水係数 $k=1 \times 10^{-4}$ m/s, $R=100$ m

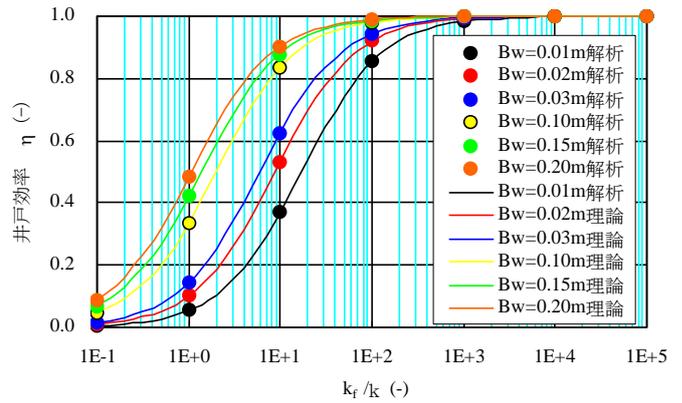


図-4 フィルター部透水係数による井戸効率変化
影響圏半径 $R=100$ m の場合 (CASE1, 3)

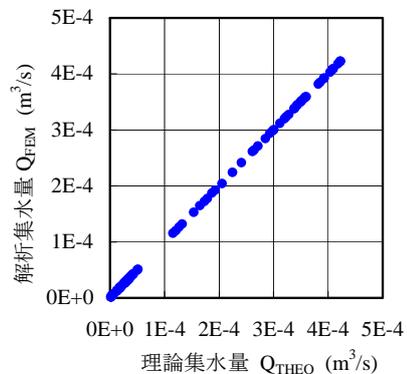


図-5 理論式による集水量と解析による集水量の比較

5. おわりに

土留め壁設置型井戸の集水能力について開口部に充填されるフィルター材の透水性を考慮した理論式を誘導し、この妥当性を浸透流解析により検証した。このような井戸においては、フィルター部の透水性が井戸性能を支配する重要なパラメータであり、設計・施工上のポイントとなることが明らかになった。

【参考文献】

- 1) 例えば、石川、高坂、三宅：山留め壁内井戸工法、基礎工、Vol.30, No.10, pp.74-77, 2002.
- 2) 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)。