

土留め壁に設置する井戸構造の等価井戸半径

清水建設株式会社 正会員○江頭 正州

清水建設株式会社 正会員 櫛原 昇, 高坂 信章

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。本論文では、土留め壁に設置した井戸構造を模擬した有限要素法浸透流解析により、井戸構造の開口部幅と集水能力の関係を評価する。この結果を定常井戸理論式と対比することにより、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）に換算する式を提案する。

2. 解析モデル

解析モデルの概要を図-1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。

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: $k=1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, $R=100\text{m}$, CASE2: $k=1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, $R=1,000\text{m}$, CASE3: $k=1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$, $R=100\text{m}$ 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。これら解析条件を表-1にまとめる。

4. 解析結果

解析結果として得られた開口部幅 B_w と集水量 Q の関係を図-2 および図-3に示す。図-2は透水係数 $k=1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ を一定として影響圏半径が異なる2ケースの結果、図-3は影響圏半径 $R=100\text{m}$ を一定として、透水係数が異なる2ケースの結果を対比している。いずれの解析結果も、開口部の幅が大きくなるにしたがい集水量が増加する傾向を示すものの、その増加量はわずかである。また、図-2に示すように影響圏半径が大きくなると集水量が減少すること、図-3に示すように帯水層の透水係数により比例的に集水量が変化することなどは通常の井戸の場合と同様の傾向を示している。

5. 等価井戸半径への換算

解析結果を定常井戸理論式と対比することにより、開口部幅を等価な集水能力を有する井戸の半径（等価井戸半径）に換算する式を提案する。Thiemによる定常井戸理論式は(1)式により表される。

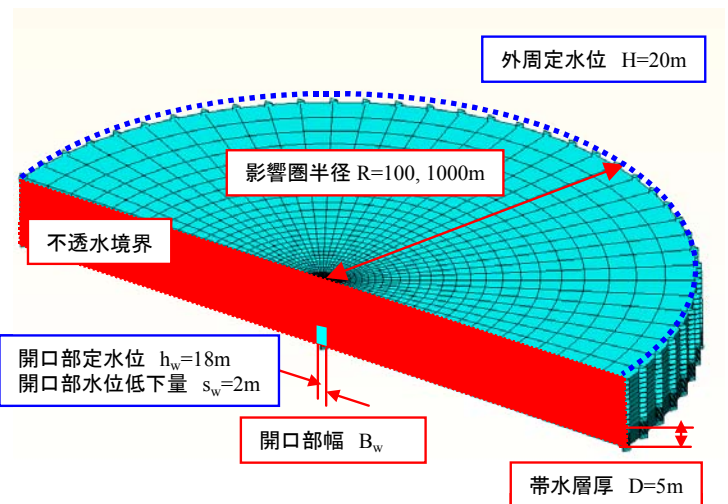


図-1 解析モデル概要図

表-1 解析条件一覧表

	透水係数 $k \text{ (m/s)}$	影響圏半径 $R \text{ (m)}$	開口部幅 $B_w \text{ (m)}$
CASE 1	1×10^{-5}	100	0.01, 0.02,
CASE 2	1×10^{-5}	1,000	0.03, 0.10,
CASE 3	1×10^{-4}	100	0.15, 0.20

キーワード 土留め壁, 井戸, 等価井戸半径, ディープウェル, 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:03-5441-0554, FAX:03-5441-0512

$$Q_w = \frac{2\pi k D s_w}{\ln(R/r_w)} \quad (1)$$

ここに、 Q_w ：井戸からの揚水量（集水量）、 k ：帯水層の透水係数、 D ：帯水層の層厚、 s_w ：井戸内水位低下量、 R ：影響圏半径、 r_w ：井戸半径。4. で求めた解析結果は半円領域からの集水量であるため、定常井戸理論式と対比するためには、得られた集水量の2倍の量を用いる必要がある

($Q_w=2Q$)。したがって、解析結果で得られた集水量 Q と等価井戸半径 r_{eq} の関係は(2)式により表される。

$$r_{eq} = \frac{R}{\exp(\pi k D s_w / Q)} \quad (2)$$

(2)式により求めた等価井戸半径と開口部幅の関係を図-4 および図-5 に示す。これらの図より、等価井戸半径は、帯水層の透水係数や影響圏半径によらず開口部幅により一義的に決定されることがわかる。開口部幅 B_w と等価井戸半径 r_{eq} は比例関係にあり、図-4 および図-5 の回帰直線よりこの関係は、(3)式により表される。

$$r_{eq} = 0.254 B_w + 0.008 \quad (3)$$

(3)式において B_w および r_{eq} の単位は m である。この関係は、文献²⁾で紹介されている等価井戸半径を、開口部幅と等価な周長を有する円の半径とする $r_{eq} = B_w/2\pi$ (図-4 および図-5 に破線で表示) と比べて約2倍大きな値となっている。

6. おわりに

土留め壁に設置する井戸構造の集水能力について解析的検討を行い、その性能を評価した。本論文で得られた結果を以下にまとめる。(1) 浸透流解析により井戸構造開口部幅と集水量の関係を求めた。開口部幅が大きくなるにしたがい集水量は増えるもののその効果は小さい。(2) 定常井戸理論式を用いて開口部幅を等価井戸半径に換算する式を提案した。従来の換算式に比べ、約2倍の値となることがわかった。

ここで示した結果は、開口部付近に目詰まりがない理想条件のもとでの計算結果である。別報³⁾で示すように、開口部付近の透水性により集水能力は大きく変化する。このとき、開口部幅が重要なパラメータとなり、ここで示した等価井戸半径の換算式は設計上、非常に重要な意味を持つものとなる。

【参考文献】

- 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.
- 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.146, 2004.
- 櫛原、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回年次学術講演会，2008，(投稿中)。

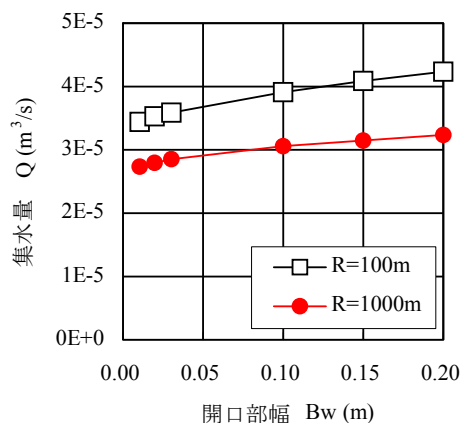


図-2 開口部幅による集水量変化
透水係数 $k=1 \times 10^{-5}$ m/s の場合 (CASE1, 2)

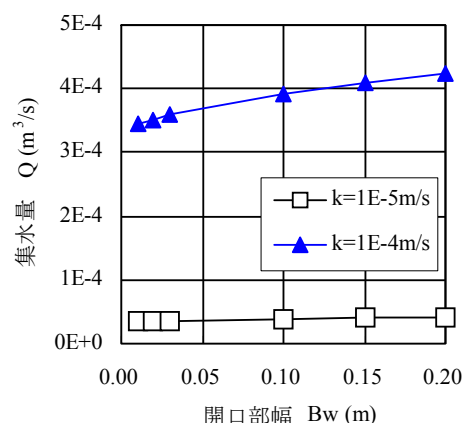


図-3 開口部幅による集水量変化
影響圏半径 $R=100m$ の場合 (CASE1, 3)

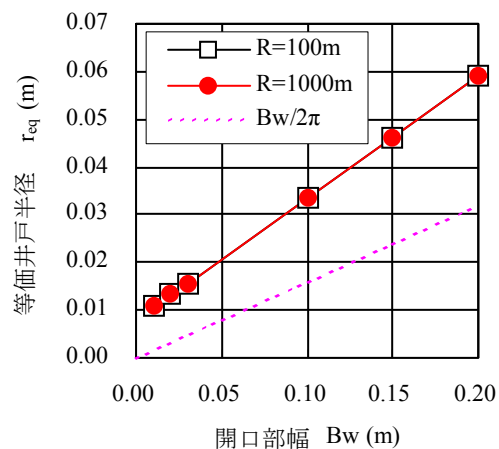


図-4 開口部幅と等価井戸半径の関係
透水係数 $k=1 \times 10^{-5}$ m/s の場合 (CASE1, 2)

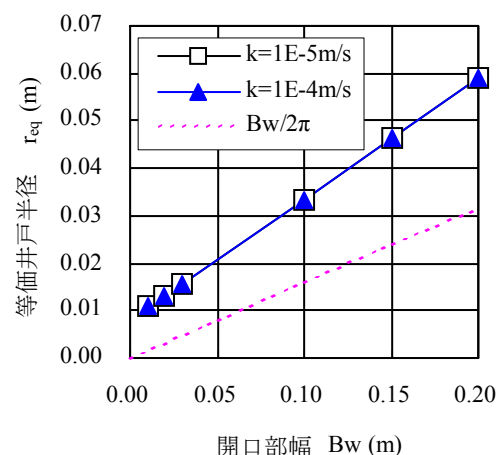


図-5 開口部幅と等価井戸半径の関係
影響圏半径 $R=100m$ の場合 (CASE1, 3)