

地下構造物の幅と地下水流動方向を考慮した地下水流動阻害影響の評価

清水建設(株) 正会員 高坂 信章

1. はじめに

地下水流れのある場に長大地下構造物を建設すると地下水の流れが遮断され地下水位が変動する。これまでに構造物幅の無視できる地下構造物に対し地下水流動方向の影響を考慮した地下水位変動量計算式(1)¹⁾、また地下構造物と地下水流動方向が直交する場合の地下構造物幅を考慮した影響評価式(2)²⁾を提案した。

$$s_c = 0.5IL \sin \theta \quad (1)$$

$$s_c = (0.2\sqrt{BL} + 0.5L)I \quad (2)$$

ここに、 s_c : 構造物建設後の地下水位変動量、 I : 地下水の動水勾配、 L : 構造物の長さ、 B : 構造物の幅、 θ : 地下水流動方向と構造物長辺方向のなす角である。

本報告では幅の影響が無視できない地下構造物が地下水流動方向に対して角度を有して設置された場合の影響を有限要素法平面二次元浸透流解析により検討し、これを考慮した影響評価式を提案する。

2. 検討モデル、検討ケース

地下構造物による地下水流動阻害の影響を有限要素法平面二次元浸透流解析(解析プログラム: AC-GWAP³⁾)により検討する。検討モデルの概要を図-1に示す。解析領域は1km四方とし、その中心付近に地下構造物を考慮する。地盤は厚さ $D=10\text{m}$ 、透水係数 $k=5 \times 10^{-5}\text{m/s}$ の被圧帯水層とする。この帯水層を深さ方向に完全に遮断する構造物を想定する。上流側境界の地下水位を帯水層下端から $H_u=35\text{m}$ 、下流側境界地下水位を $H_l=25\text{m}$ とし自然状態での動水勾配を $I=1\%$ に設定した。構造物の長辺方向長さは $L=100\text{m}$ で固定とする。地下水流動方向と地下構造物のなす角 θ を $0, 15, 30, 45, 60, 75, 90^\circ$ の7通り、構造物の幅 B を $10, 20, 40, 60, 80, 100\text{m}$ の6通りに変化させた。構造物部分の要素には十分小さな透水係数 $k_c=5 \times 10^{-10}\text{m/s}$ を与えた。

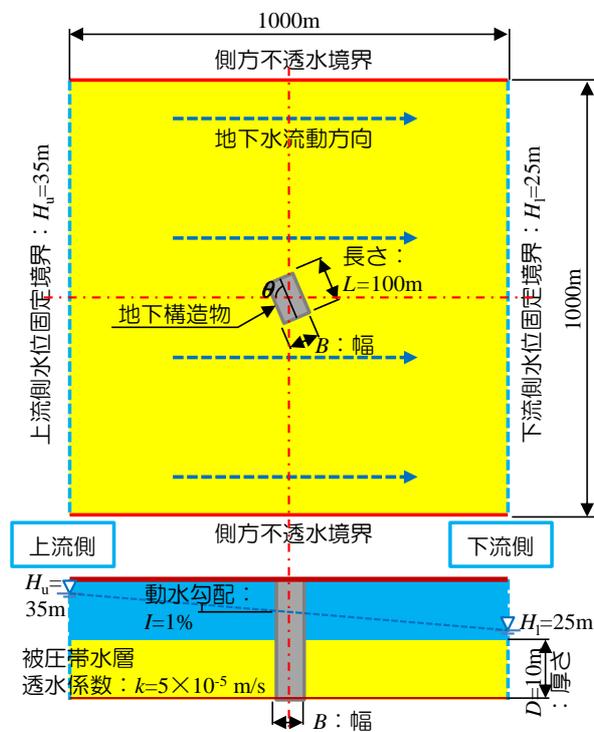


図-1 検討モデルの概要

3. 解析結果と評価式の提案

解析結果の一例として $B=60\text{m}$ 、 $\theta=15, 30, 45, 60^\circ$ の場合の水位変動量コンタを図-2に示す。図中には最大水位上昇量とその発生地点を示した。最大水位変動量は θ に対して単調に増加せずこのケースでは $\theta=30^\circ$ のとき最小値となる。また、地下水流動方向との交角が小さい $\theta=15, 30^\circ$ のとき最大水位変動は短辺側で発生する。

全ての解析結果について θ と最大水位変動量 s_{cmax} の関係を構造物の幅 B ごとに図-3に示した。構造物幅 B の影響が小さいケースでは交角 θ が大きくなるにしたがい s_{cmax} が単調に増加する。構造物幅 B が大きい場合は、 θ の小さいケースでも大きな水位変動が発生する。 $L=B=100\text{m}$ の正方形のケースでは $\theta=45^\circ$ に対して左右対称のプロットとなっている。これらの結果は地下水流動方向と構造物が直交しない場合、構造物幅が大きな影響をもつことを意味する。

キーワード 地下水位, 地下構造物, 有限要素法, 流れ方向

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 TEL 03-3561-3916

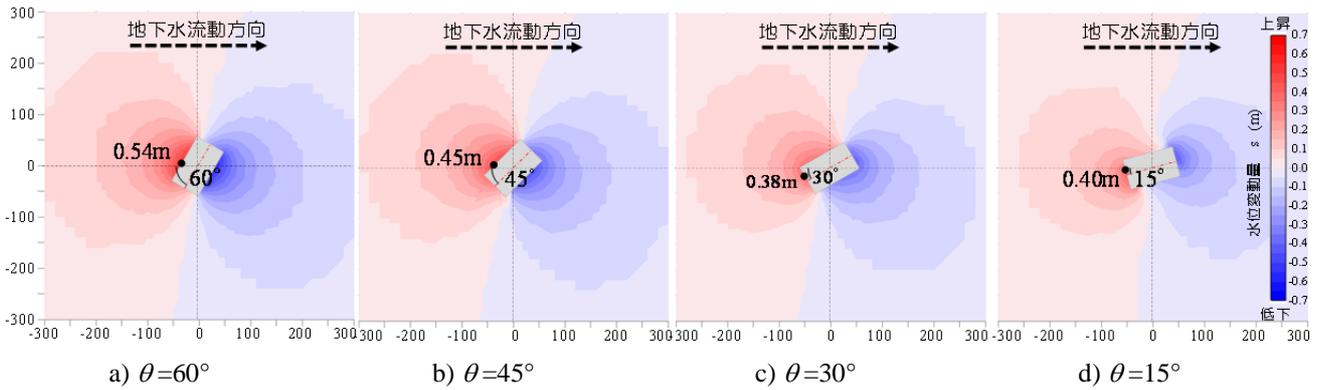


図-2 解析結果：構造物幅 $B=60\text{m}$ の場合の水位変動量コンタ

以上の結果より，地下構造物の幅と流動方向を考慮した地下水流動障害の影響評価式として式(3)を提案する．

$$s_{c\max} = \max(s_{c1}, s_{c2}) \quad (3)$$

$$s_{c1} = (0.2\sqrt{BL} + 0.5L)I \sin \theta \quad (4)$$

$$s_{c2} = (0.2\sqrt{BL} + 0.5B)I \sin(90^\circ - \theta) \quad (5)$$

ここに θ は構造物長辺方向と地下水流動方向のなす角であり式(4)は長辺方向に対する水位変動量式，式(5)は短辺方向に対する水位変動量式である．両者で計算される水位変動量のうち大きいほうが最大水位変動量となる．この式の妥当性を検証するために浸透流解析による最大水位変動量 $s_{c\text{FEM}}$ と式(3)による最大水位変動量 $s_{c\max}$ の関係を図-4に示した．全てのケースにおいて十分な精度で水位変動量が計算されている．

4. おわりに

本報文では有限要素法による平面二次元浸透流解析により地下構造物の幅と地下水流動方向を考慮した地下水流動障害の影響を評価した．この結果，以下の結論を得た．

- ・構造物幅 B が大きい場合，最大水位変動量 $s_{c\max}$ は地下水流動方向と構造物のなす角 θ に対し単調な関係を示さない．
- ・構造物幅 B が大きく交角 θ が小さいとき，短辺側で最大水位変動量が発生するケースがある．
- ・発生する最大水位変動量 $s_{c\max}$ は長辺側，短辺側に対する水位変動量式の大きい方の値にて評価できる．

【参考文献】

- 1) 高坂信章，天利実：流動方向を考慮した地下水流動障害現象の影響評価，土木学会第56回年次学術講演会，III-A250, pp.500-501, 2001.
- 2) 高坂信章：地下構造物の幅を考慮した地下水流動障害影響の評価，第50回地盤工学研究発表会，2015（投稿中）.
- 3) 岡山大学地盤系研究室ホームページ：http://gw.civil.okayama-u.ac.jp/gel_home/download/index.html

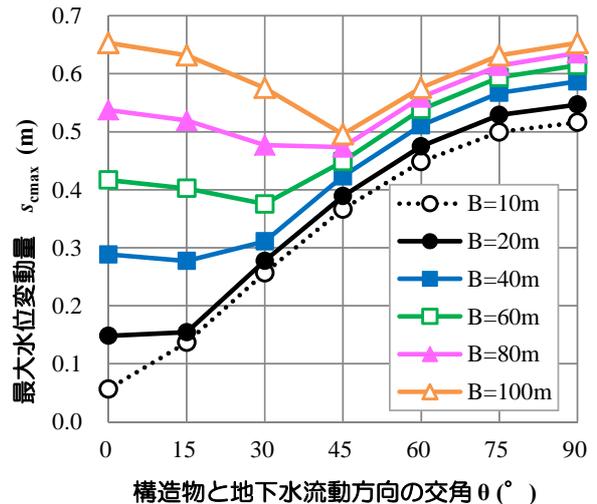


図-3 流動方向と水位変動量の関係

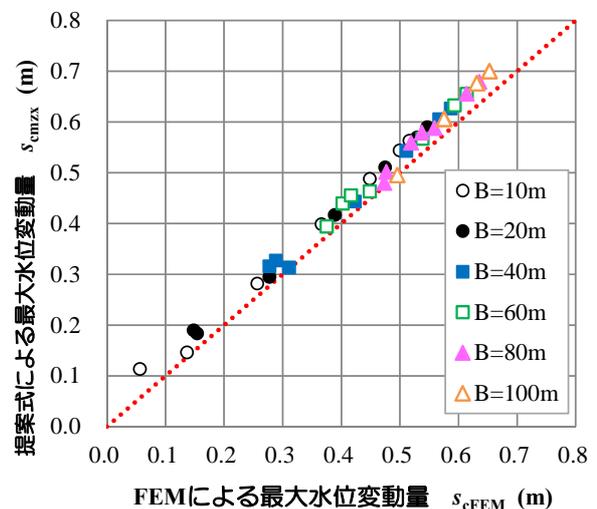


図-4 FEM 解析結果と提案式算定結果の比較