

地盤の透水性が地下水環境影響評価および地下水流動保全対策工効果に与える影響

中央開発(株) 正会員 ○田端尚子 橋本和佳

中央開発(株) 神原隆則

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 小島謙一 坂本寛章

後藤幸司

1. 目的

トンネル等の地下構造物を構築した場合、地下水の流れが遮断されることにより流動障害が生じ、周辺地盤の沈下や井戸水確保の困難化などの問題が生じる場合がある。このような地下水流動障害に対する地下水流動保全対策工(以下、対策工)の設計において、帯水層の透水係数の設定は、流動障害の影響範囲や対策効果の評価にあたり重要である。地盤の透水係数の設定では、現場透水試験の結果を用いる場合や粒度からの推定式を用いる場合があるが、設定手法によって、透水係数の評価のばらつきが大きく、十分な注意が必要である。そこで本稿では、仮想帯水層モデル³⁾を対象とし、帯水層の透水係数が流動障害の影響範囲や対策効果に与える影響について検討した。

2. 解析条件

(1) 解析手法

地下水流動保全対策工の効果は、集水部、涵養部、通水部の透水性だけでなく、設置位置の影響もあることから、有限要素法に基づく3次元浸透流解析手法を適用した。また、通水管を模擬するため、管内の水を粘性流体と仮定した1次元要素でモデル化した。¹⁾

(2) 解析モデル

解析モデルは、文献による設計計算例などを参考に、帯水層・不透水層の2層地盤を想定した単純な地下水流動モデルとし、長尺構造物により地下水流動を遮断する場合を想定した。

図1、2に解析モデルの平面図および断面図を示す。境界条件は、上流側(モデル上端)でGL-2.0m、下流側(モデル下端)でGL-7.0mの水頭固定とした(動水勾配： $i=1/100$)。また、遮水壁($k=1.0 \times 10^{-7}(\text{cm/sec})$)は不透水層($k=1.0 \times 10^{-6}(\text{cm/sec})$)まで施工することとし、掘削の範囲は、モデル中心部に延長200m×幅30mとした。対策工は通水管方式とし、遮水壁一体型の集水・涵養部($k=1.0 \times 10^{-1}(\text{cm/sec})$)を設け、その間をつなぐように、管径20cmの通水管を掘削延長200mに対し6本設置した。

(3) 帯水層の透水係数の設定

帯水層の透水係数の設定にあたっては、現場透水試験(揚水法および注水法)の試験結果から帯水層の透水係数を設定する場合と、粒度から推定する場合(Creagerの方法)がある。ここで既往の研究²⁾より、これらの設定方法の違いにより、地盤の透水係数の評価が2オーダー程度異なることが指摘されている。そこで、地盤の透水係数の設定に用いる試験方法ごとに帯水層の透水係数3パターンを考え、解析ケースを設定した。透水係数の設定方法は、既往の研究の補正係数²⁾を参考に、揚水法のケースでの帯水層を $k=1.0 \times 10^{-3}(\text{cm/sec})$ とし、他の2ケースについては補正係数を用い透水係数を算出した。表1に解析ケースを示す。

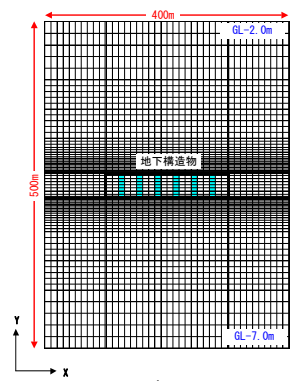


図1.モデル(平面図)

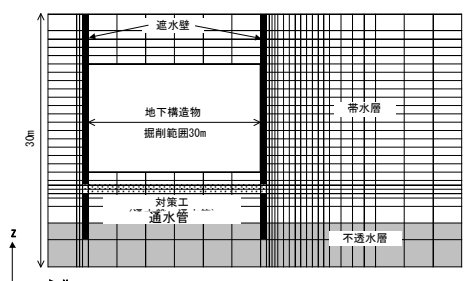


図2.モデル(断面図)

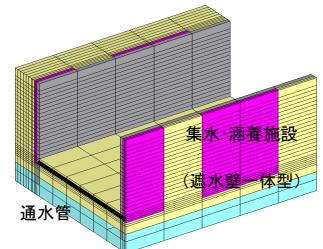


図3.対策工(通水管方式)

表1. 解析ケース

k (cm/sec)	揚水法	Creager	注水法
補正係数	1	8	68
帯水層	1.0×10^{-3}	1.250×10^{-4}	1.471×10^{-5}
不透水層		1.0×10^{-6}	
遮水壁		1.0×10^{-7}	
ドレン材		1.0×10^{-1}	

キーワード 地下水流動保全対策工, 流動障害, 浸透流解析

連絡先 〒332-0035 埼玉県川口市西青木3-4-2 中央開発(株)ソリューション本部 情報技術部 TEL:048-250-1400

3. 初期水位及び遮水壁施工後の水位

図4に各ケースの初期水位および遮水壁施工後の水位を示す。初期水位は3ケースともほぼ同じ水位であった。また、図6には初期水位からの変化量をケースごとに示す。

揚水法と Creager の手法を用いて帯水層の透水係数を設定した場合、遮水壁の上流側・下流側ともに約1mの水位変化が生じた。また、注水法のケースでは、他のケースに比べ約半分の50cmの変化量であった。

また、図6に各ケースの遮水壁施工後の水位変化量コンターを示す。これより、注水法の結果を用いて透水係数を設定したケースでは流動障害の影響範囲が極端に小さい結果となった。これは補正係数を用いて帯水層の透水係数を算出した際、帯水層が透水性の低い層になり、もとの地下水の流れがほぼない地盤モデルを設定したためである。

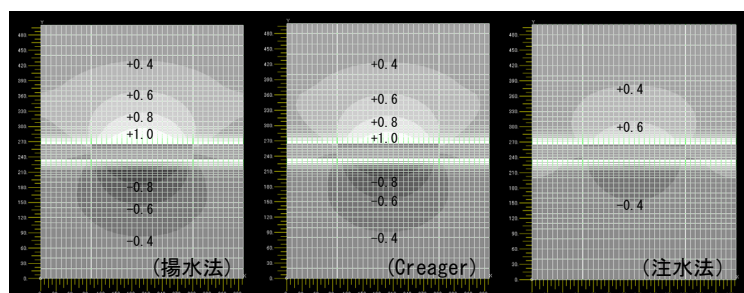


図6. 水位変化量コンター図

4. 対策工設置後の水位

図7に各ケースの対策工設置、稼働後の水位を示す。また、図8には初期水位からの変化量を示す。

遮水壁施工時の水位変化量は揚水法と Creager のケースでほぼ同様であったが、対策工を施工したときの水位回復効果には違いが見られた。Creager の手法で透水係数を設定したケースでは、通水管を6本設置した今回の対策工で、初期水位にほぼ近いところまで水位が回復している。一方、揚水法の試験結果を用いて透水係数を設定した場合には上下流での水位差が残り、さらに通水管を増やすような対策が必要であると判断される。

5. 結論

仮想帯水層モデルにおいて、地下水流動を遮断する場合を想定し、帯水層の透水係数が流動障害の影響範囲および対策効果に与える影響について、3ケースの解析を行った。これより、揚水試験結果を用いた場合に最も大きい水位差が生じ、流動障害の影響範囲も広い結果となった。また、遮水壁施工時の初期水位からの変化量がほぼ同じでも、透水係数の設定に揚水試験結果を用いた場合と Creager の手法を用いた場合とでは対策工を設置したときの水位回復に違いが見られ、Creager の手法を用いて帯水層の透水係数を設定した場合には、対策工の設計が危険側となる可能性があり、注意が必要である。

<参考文献>

- 1) 地盤工学・実務シリーズ 地下水流動保全のための環境影響評価と対策－調査・設計・施工から管理まで－：社団法人 地盤工学会(2004)
- 2) 各種試験における土の透水係数の補正に関する検討：小島謙一・松丸貴樹 平成20年度土木学会全国大会 第63回年次学術講演会(2008)
- 3) 3次元浸透流解析による地下水流動保全対策工法の効果に関する検討：田端尚子・橋本和佳 第44回地盤工学研究発表会(2009)

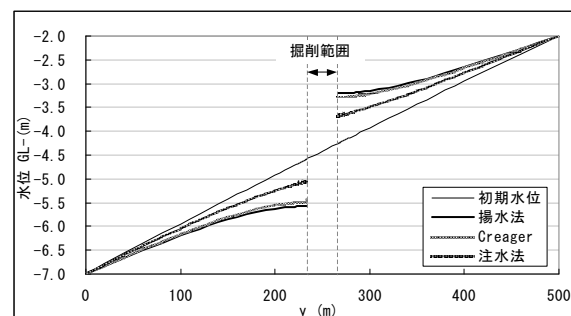


図4. 初期水位および遮水壁施工時の水位 (モデル中心断面)

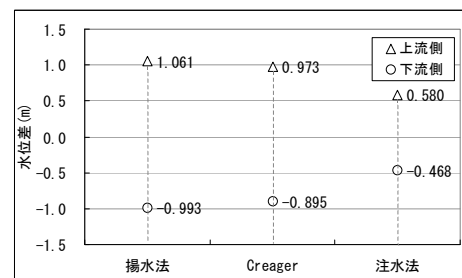


図5. 遮水壁施工時の初期水位からの変化量 (モデル中心断面)

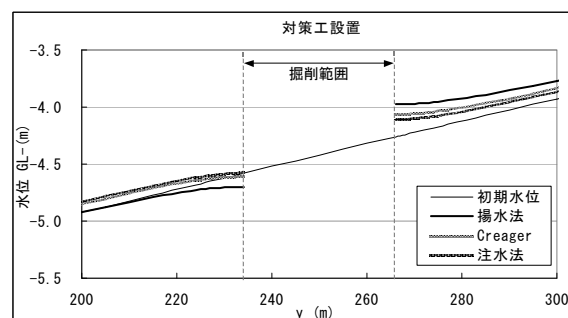


図7. 対策工設置後の水位 (モデル中心断面)

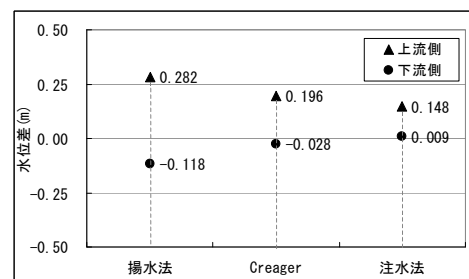


図8. 対策工設置後の初期水位からの変化量 (モデル中心断面)