

開削工法による鉄道駅部での地下水流動阻害に関する二次元モデルの適用性に対する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○長尾洋太, 小島 謙一
ジェイアール東海コンサルタンツ 正会員 島田貴文

1.はじめに 構造物を地下に構築する際には、土留め工の施工や掘削工事を伴うため、施工時や施工後に地盤内の地下水環境を大きく変化させる恐れがある。例えば、地下水環境の変化により、地下水を利用している周辺住民は生活井戸の水量の増減や水質の変化などの影響を受ける恐れがあり、さらには、地下水位の低下は周辺地盤沈下の要因となることから、住宅など周辺に存在する様々な構造物に対し悪影響を与える可能性がある。したがって、地下構造物の施工に伴う地下水の変化を適切に予測することが非常に重要となる。

地下水に関する問題は地盤内の物性や地層構成、水の供給源などが複雑に関連しており、影響する範囲も広範囲にわたることが多いため、より正確な評価を行うためには地盤特性を考慮し、広範な三次元的な流れを適切に評価することが重要となるが、多大な計算労力と精緻かつ膨大な調査データが必要となる。そこで、現地の状況に応じて次元を下げてモデル化を行う場合もあり、地下水流動阻害の問題においては断面二次元による解析を行うことも少なくない。断面二次元解析による影響評価では過大な結果となることが一般に知られているが、その程度については不明な点も多い。

本稿では、既往の研究¹⁾により提案されている施工過程を考慮した上で地下水挙動の評価手法を用い、二次元解析モデルの適用性に関する検討を行った。

2. 解析条件 断面二次元解析および三次元解析、それぞれの優位性を確認するため、単純な三次元地下水流動モデルを作成し、試算を行った。解析モデルは図-1、2に示すような帯水層と難透水層からなる水平2層地盤とし、モデル中心部に土留め工による流動阻害部分を設定した。なお、解析には表-1に示す透水係数を用いている。

解析手法は飽和・不飽和非定常三次元有限要素解析とし、流動阻害部分の延長(掘削延長)をパラメータとして全12ケース(L=30, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200)により解析・検討を行った。なお、初期水頭として上流端でGL-2.0m, 下流端でGL-7.0mの地下水位を与えている。また、モデル化にあたり掘削部分における側方境界までの離れxは100mと400mの2ケースで検討を行い、結果に有意な差は認められなかったことから、モデルの簡素化のために100mを採用した。

ここで、断面二次元解析は、地下水流動の傾向に大きく影響を受ける。特に地下水の流れが鉛直方向に卓越しているのか平面方向に卓越しているのかによって状況が異なる。基本的に鉛直方向に卓越している場合には断面二元的な水の流れに近いと考えられる。そこで、鉛直方向への浸透が卓越した条件での影響度合いを確認するため、根入れ下部が透水係数 $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ の透水性が高い条件で解析を実施した。図-3に解析結果を示すが、掘削延長L=500m程度で2次元解析結果と同程度の水位となることわかる。これにより以降の検討では平面方向の流れが卓越した条件(三次元的な水の流れ)に焦点を当て検討を進める。

表-1 解析に用いた透水係数

	深さ [m]	浸透特性	透水係数 [cm/sec]
帯水層	0.0~25.0	砂質土	1.0×10^{-3}
難透水層	25.0~30.0	粘性土	1.0×10^{-6}
土留め壁	—	粘性土	1.0×10^{-7}

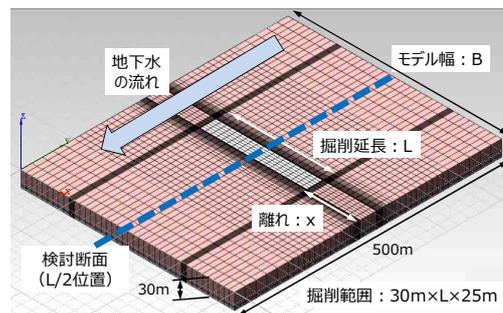


図-1 有限要素解析メッシュ図

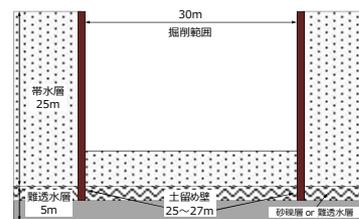


図-2 掘削箇所の断面図

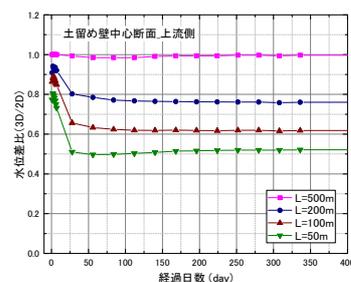


図-3 断面水位 (下部通水層有)

キーワード: 地下水流動阻害, 浸透流解析, 断面二次元モデル

連絡先: 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL: 042-573-7261

3. 解析結果および考察 根入れ下部においても透水性の低い地盤が続くケースについての解析結果を示す. ここでは例として L=200m, 400m, 600m, 1000m の三次元解析により得られた土留め壁施工後の地下水位コンター図を図-4 に示す. 土留め壁の施工により流動障害が生じ, 土留め壁の上流側で水位が上昇, 下流側で水位が低下している. また, 地下水位の変動程度は掘削域の中心付近ほど著しい.

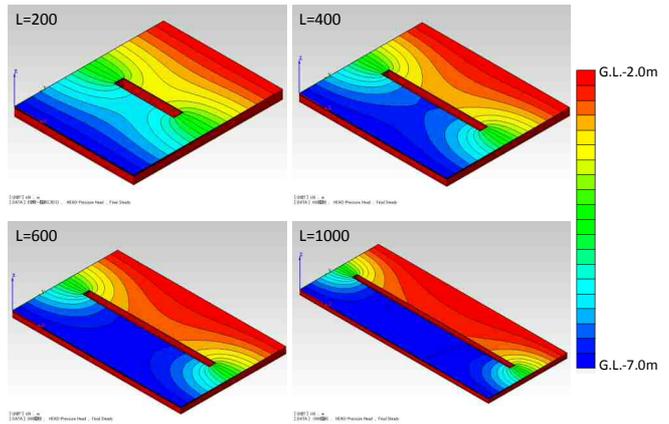


図-4 水位コンター図の例

図-5 に土留め壁中心位置での断面水位 (土留め壁施工後定常状態) を示す. 平面方向への浸透を評価出来ない断面二次元解析による結果では, 上流側で 1.9m の水位上昇, 下流側で 2.7m の水位低下となった. また, 三次元解析による結果は掘削延長が長くなると断面二次元解析による結果に漸近するが, 鉛直方向の水まわりが卓越している場合と若干異なり, より掘削延長の長い場合の L=1000 でほぼ断面二次元と同等となる.

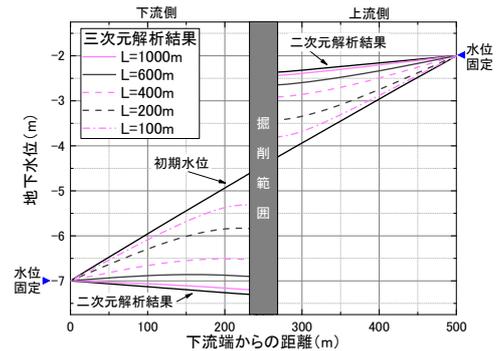


図-5 断面水位

図-6 には断面二次元解析によって生じる水位差を 1.0 とした時の水位差の比 (三次元解析による結果 / 断面二次元解析による結果) の時刻歴を示す. 前述のように掘削延長が 1000m にも及ぶと影響はほぼなく, また, 掘削延長 400m~600m では断面二次元解析結果の水位差に対して 8 割~9 割となっている. よって, 一般的な駅部の開削工事を想定した影響評価において, 断面二次元解析を用いた評価は 1~2 割程度安全側の解となるものの, あまり大きな差は生じない結果となる. しかし, それよりも掘削延長が短い場合では, 断面二次元解析の結果との差異が顕著になり, 過大な評価をしてしまうこととなる. 特に L=100 など極めて短い場合には 3 倍以上の水位差となってしまう, 現実的ではない結果となる.

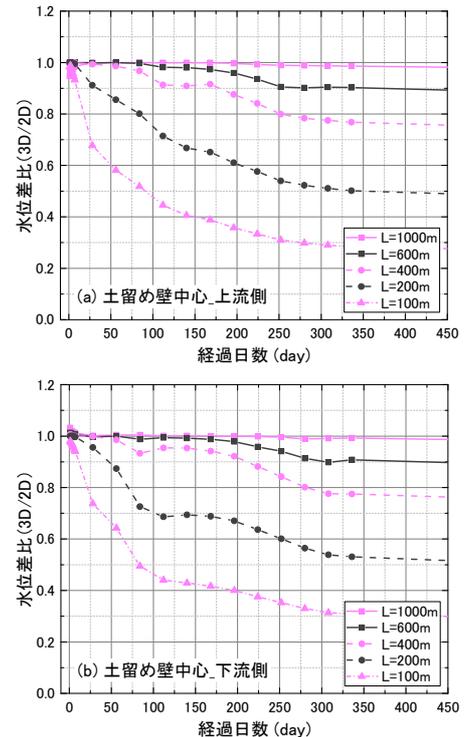


図-6 水位差比の時刻歴

4. まとめ 鉄道駅部の開削工法を適用した場合の地下水流動障害の概略の影響評価における断面二次元解析モデルの適用性について, 断面二次元解析結果と三次元解析結果をもとに検討した.

- (1) 鉛直方向の水まわりが卓越している場合では, 断面二次元解析での影響は比較的小さく, L=500 でほぼ断面二次元結果と一致し, 一般的な駅部を想定した場合ではその影響度合いは小さい.
- (2) 平面方向の水まわりの影響が大きい場合で, 一般的な駅部開削工事で想定される掘削延長 400m~600m の条件では, 断面二次元解析結果との差は 1~2 割であり, それほど過大な評価とはならない.

これらの結果から, 若干安全側の値となるが断面二次元解析でも概略の評価が可能であることがわかった. 事前の情報が少ない場合には必ずしも詳細な検討が適切ではない. そのような場合には断面二次元解析で概略の状況を把握することも重要である. ただし, 本検討では単純な水平 2 層地盤での検討のみであり, 今後, 条件を変えた検討ケースを行う必要があると考えられるが, 断面二次元解析モデルでの概略検討の適用性の可能性を示唆した.

<参考文献>

1) 坂本寛章, 小島謙一, 松丸貴樹, 後藤幸司: 開削工事の施工過程を考慮した地下水流動障害の評価, 鉄道総研報告, Vol.23, No.12, 2009.12.