

### 3次元解析モデルを用いた地下水流動阻害対策工法の評価に関する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 ○坂本 寛章, 小島 謙一  
 ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社 正会員 後藤 幸司  
 中央開発株式会社 正会員 橋本 和佳, 田端 尚子

#### 1. はじめに

地下構造物の構築に伴う地下水の変動は、地盤の井戸枯れ、水質変化といった周辺環境に対して大きな影響を与える恐れがある。また、地下水の挙動は、地盤の物性や地層構成、水の供給源などが複雑に関連しており、影響範囲が広範囲となる場合が多い。したがって、より正確な地下水流動の評価を行うためには、3次元的な流動特性を考慮することや、広い領域での検討が行えることが重要となる。

本研究では、3次元浸透流解析による地下水流動阻害評価法を用いて、地下水流動阻害対策工の対策効果に関する検討を行った。

#### 2. 評価手法の概要

地下水流動阻害対策を行うには、対策工の効果を事前に適切に評価する必要がある。地下水の流動阻害対策工は実験的な評価が難しいことから、有限要素法などの数値解析による検討が重要となるが、検討にあたっては対策工のモデル化が大きな問題となっており、解析結果に与える影響も大きい。

既往の施工事例では通水管による対策工が多く用いられている。通常の固体要素を用いて有限要素解析で通水管を用いた工法の検討を行う場合、通水管設置箇所に微小な要素を数多く設ける必要があり煩雑になり、解析時間も多くなる。そこで本工法の特徴を適切にモデル化するために、通水管を一次元線要素<sup>1)</sup>でモデル化することとした。用いた一次元線要素については、両端の節点を3次元要素構成節点に繋ぐ形式とした。

#### 3. 既往事例を用いた検討<sup>2)</sup>

ここでは、導入した一次元要素の検討を行い、種々の対策工の効果の違いについて、実際の事例を基にケーススタディーを行った。

##### 3.1 対象事例の概要

検討に用いる事例は、開削工法で地下構造物の新設を行った事例である。図1に、掘削土留め工の断面図を示す。当該箇所は地下水位が高いことから土留め壁には柱列式連続壁が採用されている。本事例では、工事施工時及び完了後にわたり継続的に実施できる地下水流動阻害対策を行うこととし、土留め壁内部に集水・涵養機能を有し、掘削内部に通水管を通して上流側から下流側へと流す通水工法が採用されている。

##### 3.2 地盤・対策工のモデル化

対象地区は、2つの河川による形成された扇状地で、透水性の高い砂礫を主体とした地盤である。既往の水位調査データや水位変動の情報から、境界の影響のない範囲を設定し、2.5 km×2.5 kmの解析モデルを構築した。図2に本検討で用いる解析

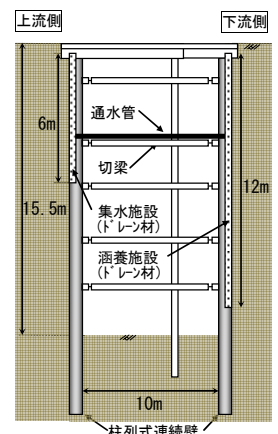


図1 掘削土留め工断面図

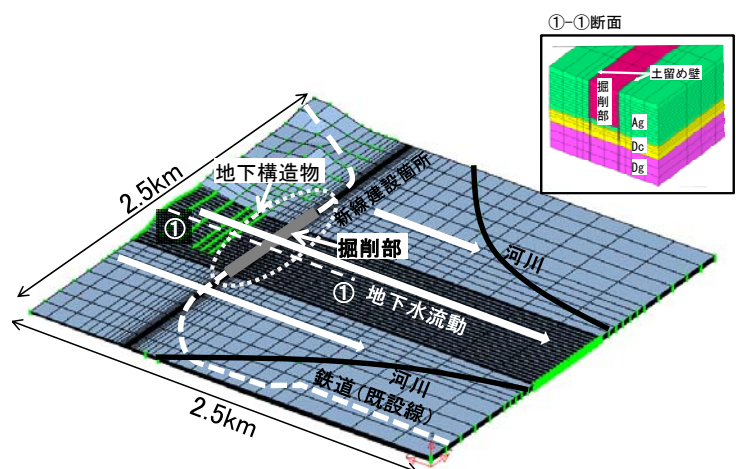


図2 解析モデル概要図

キーワード 浸透流解析, 透水係数, 地下水流動阻害評価法

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

モデルを、図3に代表的な土質柱状図を示す。土留め壁は現場施工と同様にDc層までモデル化した。地盤に設定する透水係数は、対象地区で行われた現場透水試験等をもとに、帯水層である砂礫層(Ag層及びDg層)の透水係数を設定した。表1に解析に使用する透水係数を示す。

当該工区では通水管(管径200mm)を約10mに1本の間隔で設置している。モデル化にあたりメッシュ数や形状の関係から、施工で用いられた通水管3本分を1本の通水管でモデル化した。対策工を含むモデルの概要を図4に示す。

#### 4. 対策工に関する検討

本評価法の妥当性については、既往の論文<sup>3)</sup>で示しているが、ここでは実事例を参考にして、本手法を用いて設計や維持管理への適用の検討を行う。

##### 4.1 追加対策工の設計に関する検討

本現場では地下構造物の上部のみの通水管により、流動障害対策を実施しているが、ここでは試験検討として、新たに通水管を追加した場合の効果について検討する。なお、対策工の選定にあたっては施工性や経済性も加味すべきであるが、ここでは考慮していない。図5に、検討した追加対策工の概要を示す。現状の通水管に加えて、構造物の下部(深さ12m)にも同数の通水管(管径200mm)を設置した。図6は、対策工稼働時の、上部のみ通水させた場合(現状)と上部・下部両方に通水させた場合の①-①断面における地下水位を表している。上部通水の場合と比較して、上部・下部両方に通水させた場合は、対策工の上流側、下流側どちらにおいても顕著な地下水位回復効果が表れており、追加対策工の効果を適切に示しているといえる。

##### 4.2 対策工の維持管理に関する検討

本現場では、集水施設及び涵養施設にドレーン材(4号碎石)を充填している。しかしこれまでのこのような対策においては、経年により地盤の細粒分が地下水流動によりドレーン内に移動し、目詰まりを起こすことが考えられる。本検討では、細粒分による目詰まりの影響を評価するために、フレッシュな状態( $k_d=16\text{cm/sec}$ )、及び $k_d=5\text{cm/sec}$ 、 $1\text{cm/sec}$ と段階的に透水係数を低下させた計3ケースの試算を行い、流動障害対策効果の比較を行う。図7は、各ケースの①-①断面における地下水位を表している。透水係数が低下するに従い地下水位回復効果が減少していくことがわかる。

#### 5. まとめ

本研究では、地下水流動障害の対策工に関して、設計や維持管理に対する地下水流動障害評価法を用いた評価の適用性について検討した。本評価法を用いて解析を行うことで、対策工の地下水位回復効果を定量的に評価することができ、維持管理上の目安を示すことができた。今後は、経済性も含めた総合的な検討を行っていきたい。

#### 参考文献

- 1)地盤工学会、地盤工学実務シリーズ「地下水流動保全のための環境評価と対策—調査・設計・施工から管理まで—」、2004
- 2)出口博一、他：京都市地下鉄丸線における通水管を用いた地下水変動対策、地下水地盤環境に関するシンポジウム'96、1996
- 3)坂本寛章、他：3次元解析モデルを用いた地下水流動障害評価法、第44回地盤工学研究発表会、2009 (投稿中)

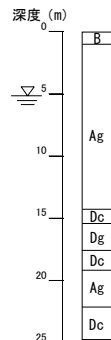


図3 土質柱状図

表1 地盤・構造物の透水係数

| 対象        | 透水係数 $k$ (cm/sec)     |
|-----------|-----------------------|
| Ag        | $1.0 \times 10^{-1}$  |
| Dg        | $1.0 \times 10^{-2}$  |
| Dc        | $1.0 \times 10^{-6}$  |
| 土留め壁      | $1.0 \times 10^{-6}$  |
| 地下構造物(本体) | $1.0 \times 10^{-11}$ |

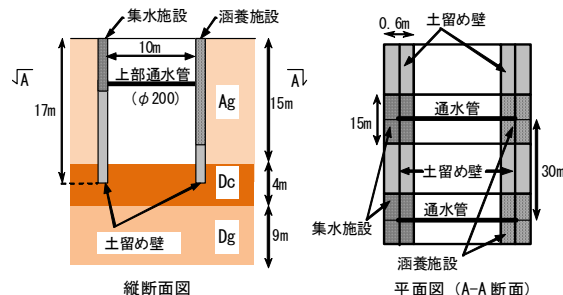


図4 対策工概要図

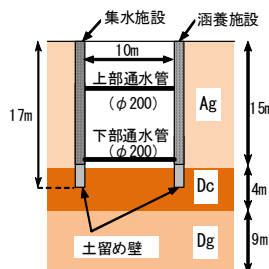


図5 追加対策工概要図

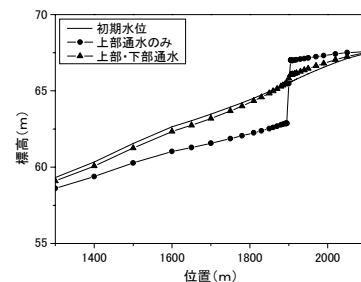


図6 断面水位図(対策工追加)

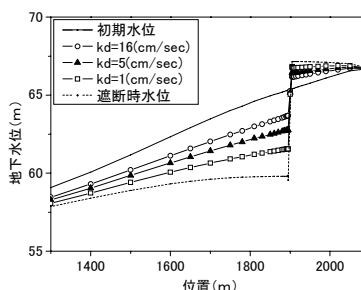


図7 断面水位図(透水係数比較)