

移流分散解析を用いた簡易な濁水影響予測法の提案

八千代エンジニアリング(株) 正会員 ○吉川 修一
同上 正会員 原 昌成
同上 山本晃 鷺見浩司 西山浩平

1. はじめに

建設工事において、ボーリング調査や掘削工事を行う場合、周辺の水利用施設に対する濁水の影響に注意しなければならない。濁水の主な原因としては、①地盤振動によって井戸周囲の浮いた土粒子が井戸に流入する場合、②地盤内で発生した濁水が浸透し井戸に到達する場合の2つが挙げられる。①は地盤振動と同時に濁りが生じるため、工事との因果関係が比較的想定しやすい。②は濁りの状況、帯水層の状態、対象施設までの距離等の条件に応じて影響度が異なるが、影響を予測する方法は少ない。そこで本研究では、②に着目し、移流分散解析を用いた濁水影響予測法について提案する。本報告では、図1に示すようにボーリング掘削による周辺井戸への濁水影響予測を想定した。掘削により孔内の地盤をかき乱すと、粗粒分は孔内に留まり、細粒分は地下水の流れによって移動する。移動した細粒分は帯水層中の間隙を縫って移流分散し、粒径の大きい土粒子は帯水層中に捕捉され、粒径の小さい土粒子のみが周辺井戸に到達する。一般的な移流分散解析ではこのような濁水の挙動を扱えないため、帯水層内を通過する濁水の土粒子径に着目した移流分散解析について検討した。以下、各種試験結果を示しながら解析法について述べる。

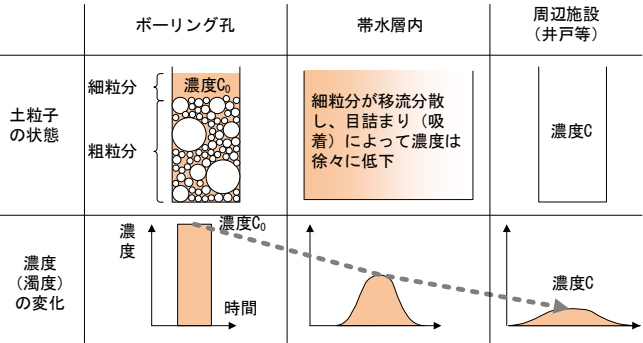


図1 濁水の移流分散の模式図

2. 現地調査及び室内試験

(1) ボーリング調査

帯水層の構成、性状を調べるため、ボーリング調査を実施した。粒度分布を調べた所(図2)、砂礫主体で粘土は5%、シルトは20%であった。すなわち、帯水層に含まれる土粒子の25%程度が移流分散する可能性があること示している。

(2) ボーリング掘削水の濁度測定

ボーリング掘削水を採取した所(図3)、掘削水はボーリングで使用した泥水材の他、原地盤の礫、砂、シルト、粘土

で構成され、著しく濁っている。濁度が測定できるまで水道水で薄めて測定した所、濁度は換算で1万NTUであった。

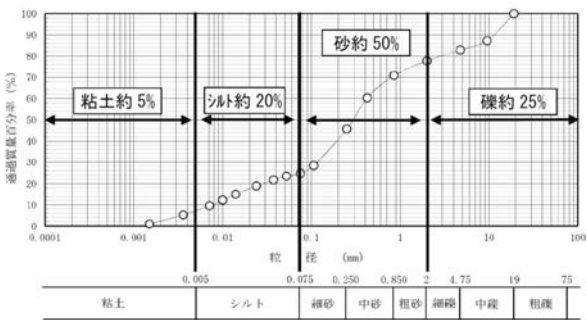


図2 帯水層の粒度曲線

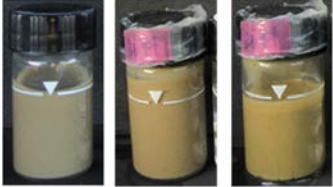


図3 ボーリング掘削水(左から深度5m, 11m, 20m)
(3) 塩水・濁水カラム試験

次に図4に示すカラム試験を実施した。試験管はVU65、供試体は層厚25,50,100cmとし、掘削土を粒径14mm以下に粒度調整し、原地盤の密度に合うようにバイブレータを用いて均質に充填した。供試体の細粒分が流出しないように微量(50mL/分)ずつ水を投入して飽和させ、排水口の濁りが安定したのを確認して通水試験を開始した。また、供試体の水圧を一定にするために余水吐きを設けた。塩水試験は電気伝導度1,000mS/m超に調整した水を、濁水試験は掘削土に水道水を加えてかき混ぜ暫く静置させて砂礫を沈降させた後の上水を連続的に投入した。排水口の電気伝導度、濁度が安定した段階で試験を終了した。

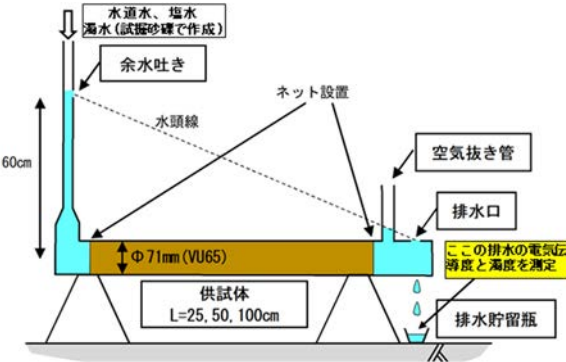


図4 塩水・濁水カラム試験

キーワード 濁水、地下水、沈降分析、カラム試験、移流分散、地下水汚染

連絡先 〒111-8648 東京都台東区浅草橋 5-20-8 CS タワー

八千代エンジニアリング株式会社事業統括本部国内事業部地質・地盤部 TEL03-5822-2385 FAX03-5822-2799

濁水カラム試験において、供試体を通過した濁水の粒度分布を図5に示す。供試体 50cm の粒度は余りにも大きい
ため、排水口付近の土粒子が移動したと考えられるため棄却した。同 25,100cm の最大粒径は 0.014mm である。すな
わち、掘削水の内、粒径 0.02mm 以下の土粒子が帯水層に
捕捉されることなく移流分散すると考えた。

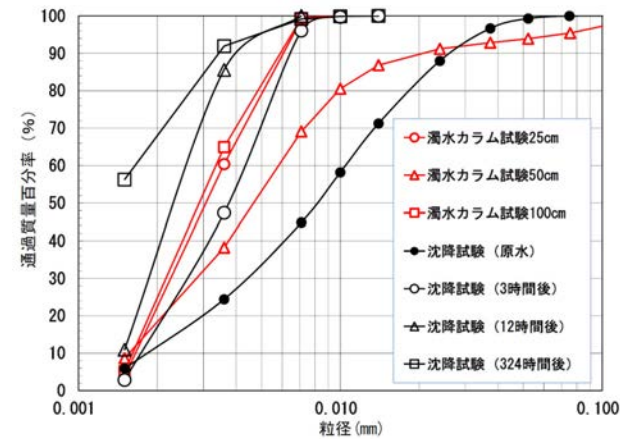


図5 カラム試験、沈降分析における濁水の粒度分布
(4) 濁水の沈降分析

掘削水の内、粒径 0.02mm 以下の
土粒子で構成される濁水の濁
度・濃度を調べた。直径 20cm、高
さ 160cm まで水道水で満たした沈
降管(図6)に、SS1,000mg/L 程度
に調整した掘削水を上部から投入
し、沈降開始から 0~729 時間後に
高さ 40cm にある採水口で採取し
た濁水の粒度(図5)、濁度²⁾・SS
濃度³⁾の変化(図7)を調べた。

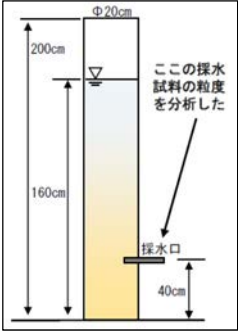


図6 沈降分析¹⁾

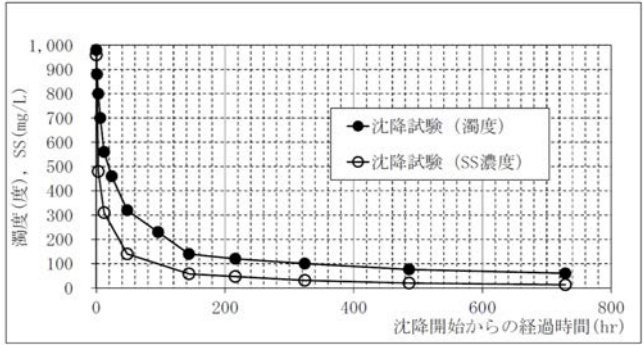


図7 沈降分析におけるSS濃度、濁度変化

図5より重量のある礫と砂は速やかに沈降し、シルトと
粘土は時間をかけてゆっくり沈降していることがわかる。
濁水カラム試験で供試体 25,100cm を通過した濁水の粒度
は、沈降開始から 3 時間後の粒度に近い。図7より 3 時間
後の SS 濃度は 480mg/L (濁度 800NTU) であった。すな
わち、掘削水に含まれる粒径 0.02mm 以下の土粒子で構成
される濁水の SS 濃度は 480mg/L 程度と推測した。なお、
図7で SS 濃度と濁度の関係を求めているのは、移流分散解
析は濃度を扱うが、周辺施設への影響は濁度(例えば、水道
基準 2 度)で評価することもあるため、解析で得られた SS
濃度を濁度に換算する必要があるからである。

3. 移流分散解析

移流分散解析の解析条件を以下に整理した。

(1) 移流分散パラメータ

分散係数、有効間隙率等は、塩水カラム試験の塩濃度の破
過曲線を同定して求めた。遅延係数は、土粒子が帯水層に捕
捉されない状態を想定しているため考慮しないことも考え
られたが、今回は濁水カラム試験の濃度破過曲線より求め
た。なお、濁水カラム試験に用いる濁水は 0.02mm 以下の
土粒子を用いて作製する必要がある。

表1 移流分散パラメータの設定

パラメータ	設定方法	備考
分散係数、有効間隙率	塩水カラム試験	図4より
遅延係数	濁水カラム試験	図4より

(2) 濃度境界条件

発生源濃度は $C=480\text{mg/L}$ とした。濃度の与え方は、図8
に示すようにボーリングの作業時間、掘進速度、注水量等
に応じて設定した。周辺地下水による希釈効果も期待される
ため、発生源濃度の位置、時間帯は実態に合わせた方がよい。

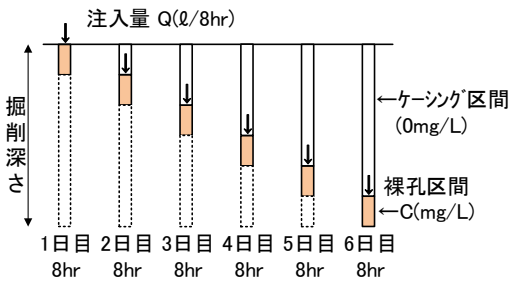


図8 発生源濃度の与え方

(3) 解析結果の評価

移流分散解析により対象井戸の濃度を計算する。必要に
応じて図7のグラフを用いることで濁度の評価も可能とな
る。解析結果の妥当性は、今後確認していく予定である。

4. おわりに

本報告では、帯水層内を通過する濁水の土粒子径に着目
した移流分散解析法を提案した。本法は、ボーリング掘削に
限らず様々な掘削作業にも適用することができる。今後、
様々な帯水層についてデータを蓄積し、本法の妥当性を確
認する予定である。また、本法は以下の効果が考慮されてい
ないため、これらについても今後確認していく必要がある。

- ・泥水掘削工法のように杭の周りに人工的に目詰まりをさ
せて孔壁を保護する方法がある。このような目詰まりは
濁水の移流分散を妨げる働きをするが、この効果は考慮
していない。
- ・発生源と対象施設の離隔が大きいほど、土粒子の沈降や
捕捉の割合は高まり、対象施設の濃度は徐々に低減され
ると想定されるが、現時点では土粒子が捕捉されずに移
流分散することを想定している。
- ・水みちが卓越する場合や地下水の流れが複雑な場合は、
適用できないおそれがある。

参考文献 1)国土交通省港湾局：港湾工事における濁り影響
予測の手引き、H16.4、2)JIS K0101 9.3(2017)、3) S46 年
環境庁告示第 59 号付表 9。