

トレーサー試験における投入方法の検討

千葉工業大学 学生会員 ○能美大希
千葉工業大学 フェロー会員 鈴木 誠
千葉工業大学 大瀧修平

1. はじめに

地下水による汚染物質の移行を評価する際、一般的にはシミュレーションが用いられる。この際、シミュレーションに必要なパラメータは原位置でのトレーサー試験により求めることができる。トレーサー試験をするうえでは、目的に合わせた試験の計画が必要不可欠で、精度の高い測定にはトレーサー物質の選定や試験方法や観測方法の検討が重要である。その中でも投入方法は、試験目的や対象地盤により方法が異なるが、多孔質媒体を対象としたトレーサー試験の実施例が少ないため¹⁾、汎用的な手法が定められていない。そこで、本稿では、多孔質媒体を対象としたトレーサー試験を実施し、投入方法について検討した。

2. 試験概要

トレーサー試験は、トレーサーを投入する投入孔、移行してきたトレーサーを観測する観測孔を設けることが一般的であるが、既往の研究²⁾により、トレーサー剤を観測する観測孔での滞留がトレーサーの移行に影響することが確認されている。そこで、本試験では、観測孔と同様に投入孔に

ついて滞留の影響および投入方法を検討するため、Case-1 では、内径 7.7cm、Case-2 では、内径 5.1cm の孔を用いて実施し、結果を比較した。試験は、図-1 が示すような試験水槽に幅 100cm、高さ 60cm、奥行 60cm、間隙率約 40%となるように珪砂 5 号で作成した砂層を対象としてトレーサー試験を実施した。試験水槽は水位調整タンクによって、砂層に人工的に水位差を与える事が可能である。トレーサー剤は塩化ナトリウム水溶液にエタノールを加え、比重 1.00 に調整した混合液を用いた。また、試験では、観測孔を設けず図-2 のように電解質トレーサーを測定できる EC 計（電気伝導率計）を直接砂層に埋設することで、孔内で生じる対流による影響を小さくした。トレーサーの投入は、投入孔内での圧力変化を小さく、瞬時に投入（パルス入力）可能なため、図-3 のように風船にトレーサーを注入し、投入孔内に設置したのち、井戸上部から先端を鋭利にした異形棒鋼を落下させ風船を破裂させることで投入した。

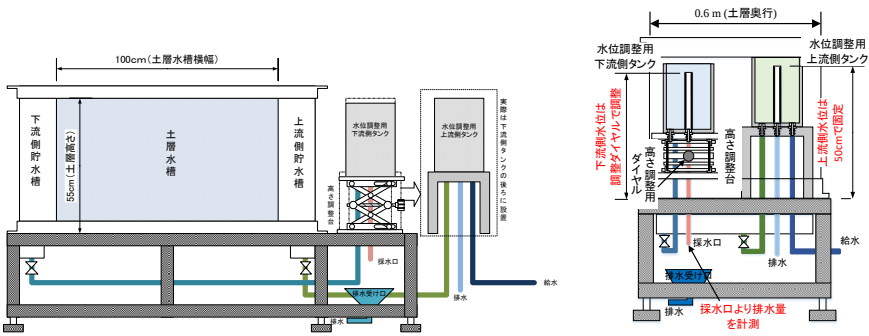


図-1 (左図:土層試験装置 右図:断面図)

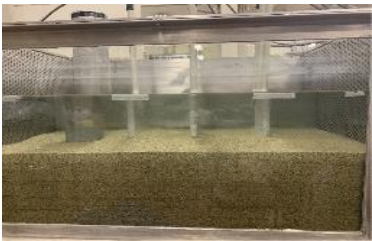


図-2 土層写真

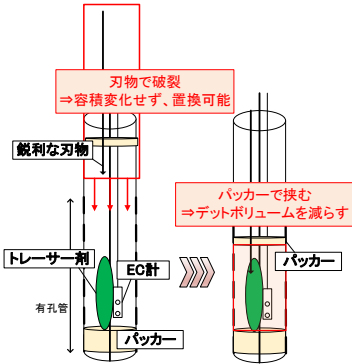


図-3 投入概要図

キーワード 物質移行，移流分散，トレーサー試験，室内試験
連絡先 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

3. 試験結果

Case-1 の結果を図-4 に Case-2 の結果を図-5 に示す。Case-1 の観測地点は、流れ方向、流れ直交方向合計 7 か所に設置した。結果より、観測地点では、正規分布に類似した波形となった。しかし、投入孔では、値が収束しない結果となった。また、投入孔から同じ距離である EC3 と EC2 のピーク値を比較すると、流れ方向であり、投入孔の直線上である EC3 よりも流れ直交方向である EC2 の方が大きな値を示した。本試験では、均質な砂層であり、流速ベクトルは直線的であるため、横方向に広がるのは、物質の分散現象によるものである。結果のように流れ方向よりも流れ直交方向の値が大きいのは、投入方法の問題であると推測できる。Case-2 では、流れ方向、流れ直交方向

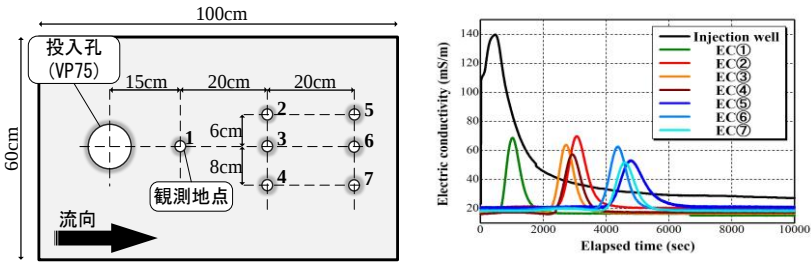


図-4 Case-1(左図：配置図 右図：電気伝導率の変化曲線)

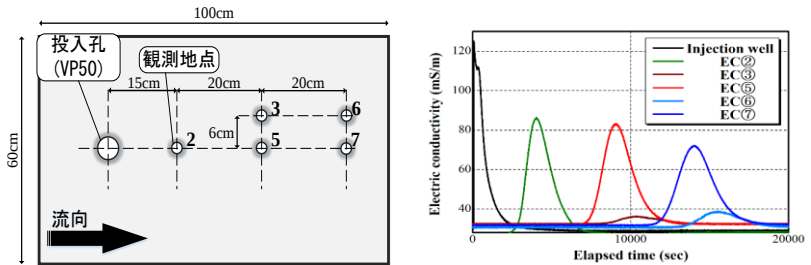


図-5 Case-2(左図：配置図 右図：電気伝導率の変化曲線)

表-1 Case-2 の実流速と有効間隙率

区間	実流速(cm/s)		有効間隙率(%)	
	立ち上がり	ピーク	立ち上がり	ピーク
投入孔～EC②	5.62×10^{-3}	3.80×10^{-3}	25.3	37.4
投入孔～EC⑤	4.84×10^{-3}	3.90×10^{-3}	29.4	36.4
投入孔～EC⑦	4.72×10^{-3}	3.94×10^{-3}	30.1	36.1

合計 5 か所に観測地点を設置した。結果より、投入孔においても値が収束していることから Case-1 よりも適切な手法であることが考えられる。また、流れ方向と流れ直交方向の伝導率計のピーク値を投入孔から同じ距離である EC3,EC5 および EC6,EC7 で比較すると、EC5 は EC3 の約 2.5 倍、EC7 は EC6 の約 2 倍となり、Case-1 と異なり、流れ直交方向の反応が移行ではなく、分散によるものと推測できる。さらに Case-2 の変化曲線から実流速および有効間隙率を算出した。算出結果を表-1 に示す。実流速はピーク間で算出することが一般的である³⁾が、汚染物質を想定した際、安全を考慮した地盤内パラメータが必要であると考えたため、立ち上がり間でも実流速を算出した。ここで、立ち上がりは、ピーク値に対して 5%反応が見られた値である。各地点の有効間隙率は砂層の有効間隙率の一般値とされている 30~40%となっていることから、妥当な試験結果である考えられる。

4. まとめ

試験水槽を用いて、トレーサー試験の投入方法について検討した。投入孔のデットボリュームをできる限り減らすことで、孔内の滞留を抑制することができ、理想的な投入ができることを確認した。今後は、縦分散長や横分散長などの水理パラメータを算出し、数値解析等で展開していく予定である。なお、本研究は、福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的の新技術開発と人材育成プログラム JPMX15H15664915 の助成を受けたものである。

参考文献

1) 細谷真一: トレーサー試験, 地盤工学会誌 59 号 11 月, pp.79-80, 2011.
2) 大瀧修平ら: トレーサー試験における孔内流評価, 日本地下水学会, 秋季講習会予稿, pp.56-59, 2019.
3) 日本地下水学会: 地下水トレーサー試験, 第 8 章 トレーサー試験の評価, 技報堂出版, pp.183-186, 2009.