

キャピラリーバリアを利用した地下水汚染防止対策に関する研究

大同工業大学 学生会員 ○澤登勝也 伊藤圭 鈴木寿和
正会員 大東憲二

1. まえがき

最近、全国の土壌・地下水汚染が問題となっているが、これらの地下水汚染が現在どの範囲まで及んでおり、また将来どこまで広がるかを予測することは重要である。特に、地表面から地下水面までの不飽和帯を汚染物質が移動する場合、砂層や礫層などの地層の影響を受け、鉛直方向の浸透から水平方向の浸透に変化することがある。この現象をキャピラリーバリアと呼ぶ。本研究では、このキャピラリーバリア現象を数値解析で確認すると同時に実験で再現することを目的とした。

2. 解析方法

まず、図1に示すように縦 250cm 横 400 cm の右上がり平行四変形地盤を仮定し、その中をシルト層、礫層の領域に分割した。また、地表面境界では、汚染物質流し込み流量・濃度共に一定であり下面では浸透水と汚染物質が自由に排出されると仮定した。汚染物質の拡散・吸着等の特性は、表 1 に示す。解析時間は 2.5 時間のタイムステップで 50 時間まで求め、汚染物質の流動状況を確認した。なお、この解析には HYDRUS-2D を使用した。

3. 解析結果

3.1 キャピラリーバリアが発生しなかった場合

解析領域全体を図 2 および図 3 に示すような不飽和透水特性をもつシルト層と仮定すると、層境界がなくなるため、地表面から浸透してきた汚染物質はそのまま下方へ浸透していく。当然、図 4 に示すように、キャピラリーバリア現象は発生しない。

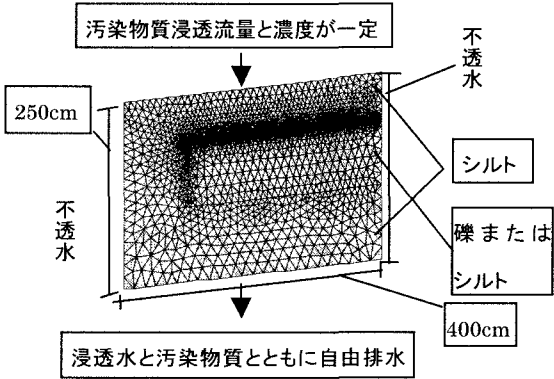


図1 解析領域の分割と境界条件

表1 汚染物質の拡散・吸着等の特性

材料	Bulk.D.	Disp.L.	Disp.T.	ThImob.
シルト	1.5	0.5	0.1	0
礫	1.5	0.5	0.1	0

Bulk.D. : 見かけ密度 (g/cm³) Disp.L. : 縦分散係数
Disp.T. : 横分散係数 ThImob : 不動水量

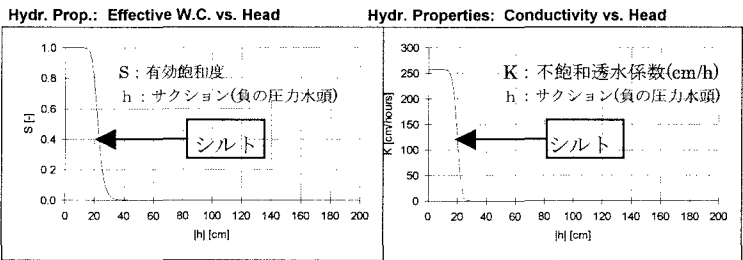


図2 シルトの有効飽和度とサクションの関係

図3 シルトの不飽和透水係数とサクションの関係

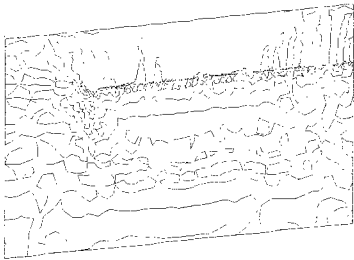


図4 キャピラリーバリアが効かなかった場合の等濃度線図

3.2 キャピラリーバリアが発生した場合

解析領域を図5および図6に示すような不飽和透水特性をもつ礫層とシルト層に分割する。図5は、シルトの方が土の間隙が小さいため毛管現象によって地下

水を高く吸い上げることができるが、礫の場合は逆に間隙が大きいので吸い上げることができないことを示している。また、図6はサクションが小さいときは、礫の不飽和透水係数が大きい、サクション8 cmより大きくなると、シルトの方が大きくなり、礫とシルトで不飽和透水係数が逆転することを示している。そして、シルトの透水係数が礫の透水係数よりも小さくなるまでの間でキャピラリーバリア現象が発生する。

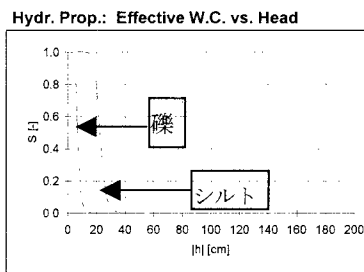


図5 礫とシルトの有効飽和度とサクションの関係

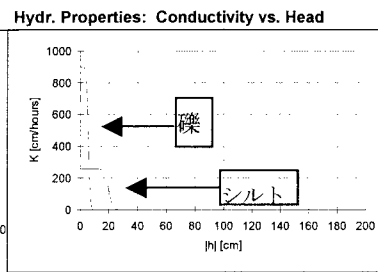


図6 礫とシルトの不飽和透水係数とサクションの関係

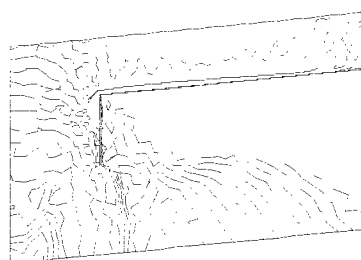


図7 キャピラリーバリアが効いた場合の等濃度線図

4. 実験経過

キャピラリーバリア現象が発生すると思われる不飽和浸透特性を持った試料の選定をするに当たって、まず粒径加積曲線を用いて使用する試料の粒度を決定する。次にその試料を用いて土柱法によりサクション-体積含水率の関係を測定する。その結果から、体積含水率とサクションの関係を表すグラフを作成し、そのグラフに一致するような Van Genuchten の式の α , n の値を探索する。それと同時に Van Genuchten の式を用いて求めた比透水係数と透水試験の結果から不飽和透水係数が求まる。以上によって、キャピラリーバリア発生に関係する不飽和透水特性のパラメーターが全て決定される。現時点では、このキャピラリーバリア現象が起こりうる条件を満たす2種類の試料を作成中である。

5. あとがき

本報告では、キャピラリーバリアが十分に機能すれば、下部層の地下水汚染防止対策として有効であることを示した。キャピラリーバリアの働きを自在に扱うことによって、地下水汚染物質の流れをコントロールすることができ、今後の地下水汚染問題の解決に役立つと考えられる。この粗粒土を用いたキャピラリーバリアは、土質材料を用いるため経済的であり、長期的な耐久性に優れている。さらに、廃棄物中の突起物や転圧機械等による遮水シートの破れや地震等の地盤の変形にも耐え得るという点で、従来の工法にはない利点を有していることから、将来、多くの現場で利用されることを期待している。

参考文献

- 1) Schroth, M.H., Istok, J.D., Selker, J.S. : Three-phase immiscible fluid movement in the vicinity of textural interface, Journal of Contaminant Hydrology, vol.32, pp.1-23, 1998.