

京都大学大学院地球環境学

正会員 勝見 武

立命館大学理工学部

学生会員 ○花本和義

立命館大学大学院

学生会員 石森洋行

立命館大学理工学部

正会員 深川良一

1. はじめに

近年、汚染物質の拡散防止の機能だけではなく浄化の機能も併せもつ新しい工法として、地下水の流れを遮水壁 (Funnel) で 1ヶ所に集中させ、そこに設置した反応透過壁 (Gate) を通過する汚染物質を浄化させるシステムである Funnel-and-Gate System (FGS) が注目を集めている (図 1)¹⁾。この工法は維持管理が容易であり、また、反応剤を変えることで様々な物質による汚染に対応できる特徴をもつ。しかし、FGS を設置する際に掘削工事を伴うので、初期費用が高くなる傾向がある。したがって、所要の性能水準を満たし、なおかつ費用節減を考慮した合理的な設計手法の確立が望まれる。本研究では、著者らの研究²⁾を受けて、汚染地下水の流向変動の観点から Funnel の角度の有効性を平面 2 次元飽和定常浸透流解析により評価した。

2. 解析手法と解析条件

Funnel の角度および流向に着目して性能評価を行った。FGS の性能を表わす指標として、Retention Time と Capture Width, Capture Area というパラメータを用いた。Retention Time は、Gate 内での地下水の滞留時間を表わしており、それが大きいほど FGS の浄化性能は高くなる。一方、Capture Width, Capture Area は、汚染地下水の捕捉範囲を表わしており、それが大きいほど FGS の集水性能は高くなる。なお、Capture Width は汚染地下水を集水できる幅を示し、Capture Area は、汚染地下水の流向が 0 deg である場合を基本とし、そこから流向変動が生じた場合でも汚染地下水を集水できる面積を示している (図 4)。Funnel の角度、流向の 2 つの因子が Retention Time, Capture Width, Capture Area に与える影響を有限要素法平面 2 次元浸透流解析により定量的に評価した。解析平面

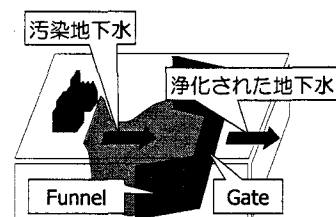


図 1 FGS の概念図

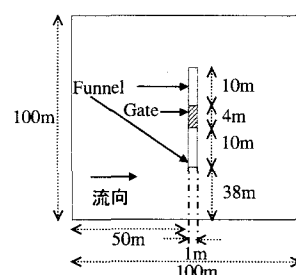


図 2 解析平面図

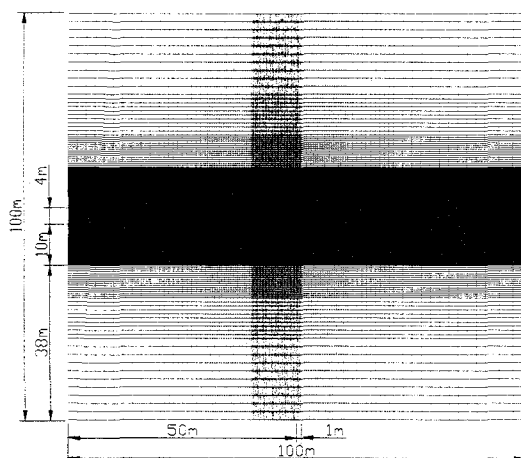


図 3 解析メッシュ図

表 1 解析条件

i	(-)	1/100
$k_{aquifer}$	(m/day)	4.32
k_{gate}	(m/day)	4.32×10^1
k_{funnel}	(m/day)	4.32×10^{-3}
W_{gate}	(m)	4
L_{gate}	(m)	1
W^*_{funnel}	(m)	10
θ_{funnel}	(deg)	90, 120, 150, 180
θ_{grad}	(deg)	0, 7.5, 15, 22.5, 30, 37.5, 45

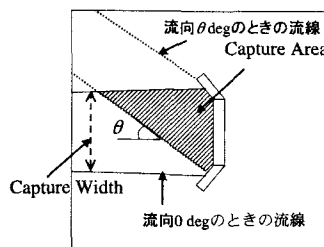


図 4 捕捉範囲の説明図

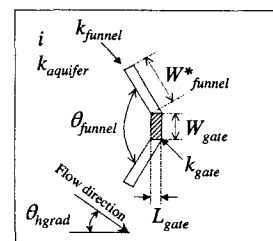


図 5 解析条件の説明図

図を図2, そのメッシュ図を図3に示す。解析条件は表1に示すとおりであり, 各パラメータの説明図を図4,5に示す。パラメータ θ_{funnel} , θ_{hgrad} を変化させることにより Funnel の角度と流向の変化を表現し, この2つの因子をパラメトリックに変動させることにより, Retention Time, Capture Width, Capture Area に与える影響を検討した。

3. 解析結果と考察

解析結果を図6~8に示す。図6は流向変動による Retention Time の変化を示している。Funnel の角度が180 deg の場合, 流向変動とともに Retention Time が最も大きくなる。このため, 流向変動により Retention Time が低下する危険はないといえる。また, FGS は流向が0 deg となるように設計し, このときに所要の Retention Time を満足するように設計することが一般的であると考えられる。このことを考えると, 流向変動を受けても Retention Time が低下しない Funnel の角度180~120 deg では, どのような流向変動を受けても安全性が高いと考えられる。一方, Funnel の角度が90 deg の場合における Retention Time は, 流向変動とともに減少するが, 流向35 deg までは他の Funnel 角度に比べると大きく, 特に流向25 deg までは著しく大きい。これは, Funnel の角度を変えただけで Retention Time の向上が可能であることを示している。図7は流向変動による Capture Width の変化を示している。流向変動による Capture Width の変化は, どの Funnel の角度を見ても, 同じような減少傾向があることがわかる。したがって, 流向に対する Capture Width の変化は Funnel の角度の影響を受けないといえる。図8は流向変動による Capture Area の変化を示す。流向変化に対して Capture Area の変化が小さければ流向変動に強い。Funnel の角度が180~120 deg におけるグラフの傾きは, ほぼ同様の傾向を示している。また, Funnel の角度が90 deg におけるグラフの傾きは, その他の角度における傾きよりも一番小さく, Funnel の角度90 deg が最も流向変動に強いといえる。

4. 結び

FGS の Funnel の角度や流向の変化が FGS の性能に及ぼす影響を検討した結果, 所要の浄化性能, 集水性能を満たす最適な FGS の形状を考える必要があることがわかった。FGS の浄化性能については, Funnel の角度を変化させることにより, Retention Time を向上させることができ, Funnel の角度が90 deg のとき, 最も大きな向上が見られた。また, FGS の集水性能については, Funnel の角度が180 deg のとき最も Capture Width は大きい, 流向変動が生じると Capture Area は著しい減少がみられた。一方, Funnel の角度が90 deg のとき Capture Width は小さいが, 流向変動が生じて Capture Area に大きな減少はみられなかった。

【参考文献】

- 1) 地盤工学会編 (2002): 土壌・地下水汚染の調査・予測・対策。
- 2) 勝見 武・石森洋行・遠藤和人・深川良一・嘉門雅史 (2002): 反応性バリアの効果に及ぼす要因の検討, 平成14年度関西支部年次学術講演概要集, 土木学会関西支部, III-51。

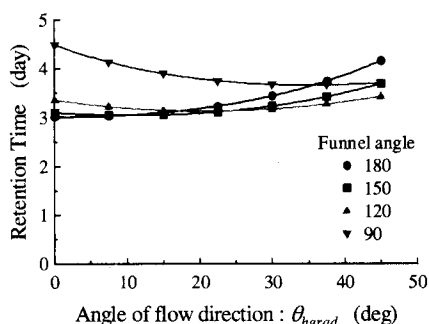


図6 流向変動による Retention Time の変化

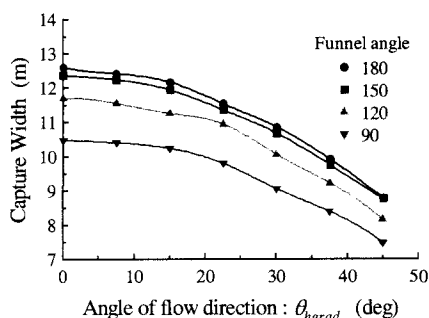


図7 流向変動による Capture Width の変化

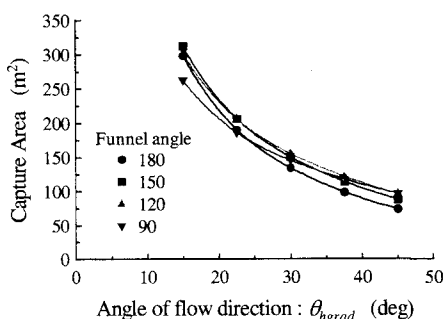


図8 流向変動による Capture Area の変化