

汚染物質拡散抑制に遮水鋼矢板の根入れ長が与える影響について

九州工業大学大学院 学生会員 ○江藤 崇
九州工業大学工学部 非会員 川内崇文
九州工業大学工学部 正会員 廣岡明彦
九州工業大学工学部 正会員 永瀬英生

1. はじめに

不透水性地層に遮水鋼矢板を設置した場合の根入れ長さの違いによる遮水性能の変化について、昨年度、遠心模型実験を実施した。しかし、廃棄物処分場での遮水工への鋼矢板の使用を想定した場合、鋼矢板の遮水性能について検討するには汚染物質の拡散現象も考慮することが必要である。そこで本研究では、実験との比較検討を行うために解析ソフト GMS を用いて浸透流解析を実施すると共に、同境界条件下における汚染物質の拡散状況を推定するために溶質輸送シミュレーションを行い、根入れ長さの違いが汚染物質拡散抑制に与える影響について考察した。

2. 解析モデル

解析モデルを図 1 に示す。解析モデルは、実験モデルを実規模換算しており、上部の不透水性地層（カオリン層）と下部の透水性地層（砂層）で形成されている。カオリン層の透水係数は、別途行った圧密試験より得られた値を用いた。また、砂層の影響を調べるために砂層のない場合の条件でも解析を行った。表 1 に境界条件を、表 2 に解析コードを示す。

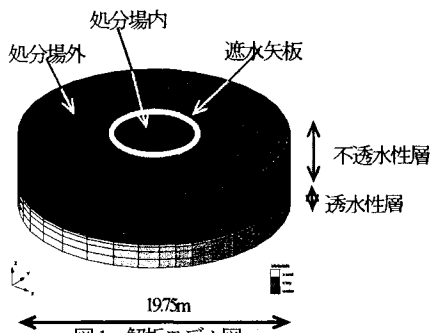


図1 解析モデル図

表1 境界条件

レイヤー番号	試料	透水係数	層幅
Layer1~Layer10	カオリン	$3.6 \times 10^{-6} (\text{cm/sec})$	375cm
Layer11~Layer15	豊浦砂	$1.0 \times 10^{-3} (\text{cm/sec})$	200cm

表2 解析コード

解析コード	根入れ長 (実規模換算)
I4	200cm
I5	250cm
I7	350cm

3. 浸透流解析

浸透流解析には MODFLOW を用いた。MODFLOW は 3 次元差分法により地下水の流れを解析するソフトである。解析は、等方的に浸透するという条件の下、矢板内外とで 150cm の水頭差を与えて行った。

図 2 に矢板内カオリン上層(Layer2)における砂層の有無と根入れ長による浸透流量の変化を示す。これより砂層の有無に関わらず根入れ長が延長されるにつれて浸透流量が減少することが観察される。また砂層が存在する場合、全てのケースで浸透流量が増加し、根入れ長が砂層に近づくほどその増加率は大きくなった。これは砂層が存在することで透水性が高まり、また浸透層が広がったためと考えられる。図 3 は昨年度行った実験から求められた浸透流量と解析値との比較を示したものである。I5 は I4、I7 に比べて実験値と解析値に顕著な違いが観察されるが、全般的に解析結果は実験結果をよく表わしているといえる。

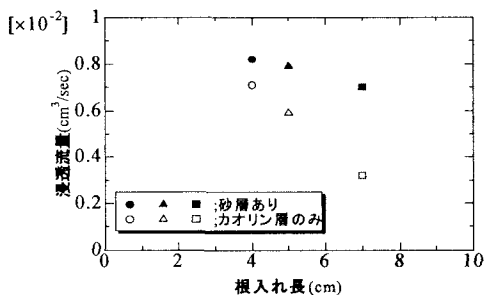


図2 浸透流量の比較 (砂層の有無)

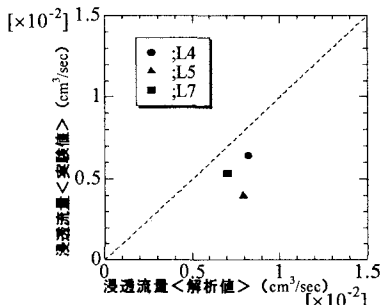


図3 浸透流量の比較 (解析値と実験値)

4. 溶質輸送シミュレーション

溶質輸送シミュレーションには MT3DMS を用いた。MT3DMS では、事前に計算された MODFLOW 流動解を用いて、汚染物質の移動シミュレーションを実行することができ、移流、分散、拡散、吸着、減衰の

全てがシミュレートできる。今回のシミュレーションでは、汚染水を NaCl 水溶液と想定し、矢板内カオリン最上層(Layer1)が常に海水と同じ濃度(3000ppm)を保つよう設定した。分散係数は $3.0 \times 10^{-6}(\text{cm}^2/\text{sec})$ とし、流速方向、流速と垂直な方向とも等しいとした。また間隙率は圧密試験より、 $n=0.528$ とした。

図4はL4の濃度分布を示したものである。左側が浸透開始後約2ヵ月半、右側が約33年経過した後の分布を示す。また、図5に矢板外のカオリン最上層における相対濃度の経時変化(矢板より約10cmの地点)を示す。これより、矢板の根入れ長が大きくなることで一定の濃度に達する時間が長くなることが観察される。これは浸透経路が延長され溶質輸送を抑制したことを表わしている。また砂層がある場合、さらに溶質輸送を遅延していることが読み取れる。これは、図4に示す濃度分布からも分かるように、矢板内

からの浸透流が透水性の高い砂層に広がった影響を受けたためと考えられる。

一方、図6は矢板から約700cm離れたカオリン最上層の点における相対濃度の経時変化を示す。経過時間の長さが異なるのは、図5において相対濃度がほぼ1となる時間に対応しているからである。これより、矢板から約10cmの地点に

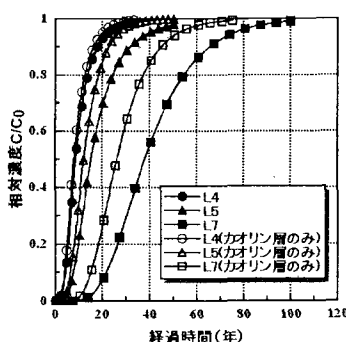
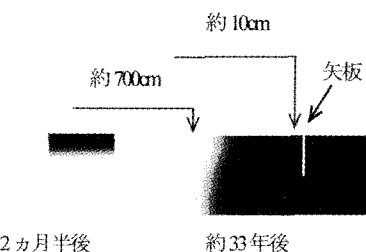


図5 相対濃度の経時変化(矢板から約10cm)



(a)カオリン層のみ



(b)カオリン層と砂層

図4 濃度分布(L4の場合)

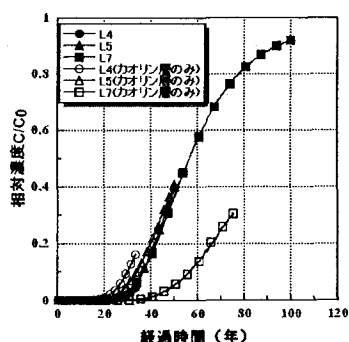


図6 相対濃度の経時変化(矢板から約700cm)

表3 簡便法による浸透時間

解析コード	浸透時間(実規模換算)
L4	9.4年
L5	14.7年
L7	28.8年

比べて、L7のカオリン層のみのケースを除いて、根入れ長の違いによる溶質輸送の抑制効果は顕著に現れなかった。また廃棄物処分場マニュアル⁹⁾に記載されているダルシーの法則に基づく簡便法によれば、単一地盤における浸透時間 $t(\text{sec})$ は、

$$t = (2L)^2 / (k \times H)$$

により求められる。ここに、L: 矢板の根入れ長(cm)、k: 透水係数(cm/sec)、H: 矢板内外の水頭差(cm)を示す。表3は、上式に解析で用いたパラメータを代入して算出した浸透時間を表わしている。また図7は、矢板から約10cmの地点における相対濃度 $C/C_0=0.5$ に到達する時間を示したものである。これらより、廃棄物処分場マニュアルに基づいて予想される浸透時間と根入れ長の関係と $C/C_0=0.5$ に到達する時間と根入れ長の関係は、根入れ長が増加すると時間が長くなることは共通するものの、一致しないことが指摘できる。

《参考文献》 1)旧運輸省港湾局監修 「管理型廃棄物処分場埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル」

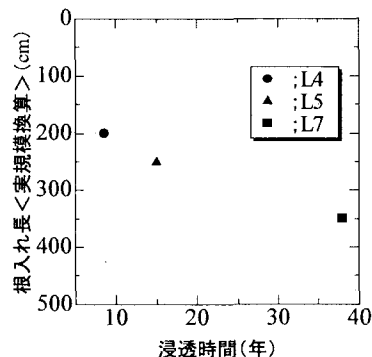


図7 $C/C_0=0.5$ に到達する時間(矢板から約10cm)