

鋼矢板の遮水性能と汚染物質の移流拡散に関する遠心模型実験について

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

表1 実験条件

実験コード	貫入量(mm)
L3	30
L5	50
L8	80
NaClL5	50

1. はじめに

廃棄物処分場では、処分場内から外部への汚水の浸出を抑制する必要がある。処分場の地下全面に、粘性土層がある場合、遮水工として鋼矢板が設置されることがあり、必要貫入量を確保することで浸透路長を延長し、遮水機能を発揮する。しかし、旧運輸省港湾局監修の「管理型廃棄物護岸設計・施工・管理マニュアル」¹⁾（以後マニュアル）において鋼矢板の遮水性能は浸透路長から求められた浸透時間を評価することのみで不透水地層とみなしており、実際に不透水地層と同等の遮水性能が得られるかは不明な点が多い。また、汚水の処分場外への浸出を想定した場合、分散現象による汚染拡散も考慮する必要がある。そこで本研究では、遠心模型実験装置を用いて、鋼矢板の貫入量の変化が地盤内の透水現象に与える影響について調べると共に、汚染物質の分散特性を調べるために、NaCl 溶液を用いた浸透試験を行った。また解析ソフト GMS を用いて、実験と同じ境界条件下における汚染物質の拡散状況を矢板周囲の透水係数を変えて検討した。

2. 実験概要

表1に実験条件、図1に実験システムを示す。本実験における模型縮尺は1/50である。本研究では模型地盤として、粘性土層にカオリン、砂層に豊浦砂を用いた。本実験システムでは、50Gの遠心加速度を付与した後、ジャッキを下降させて模型地盤に矢板を貫入する。貫入後、模型矢板内に水、又はNaCl溶液を供給し、矢板内外で一定の水位差を与えることにより、矢板内の水がカオリン層、砂層を浸透し最終的に排水ケースへ到るというものである。矢板はロードセルを介してジャッキと連結されており、3mm/minの一定速度で地盤に対して垂直な貫入を遠心運転中に可能にしている。また、矢板の貫入量はポテンシオメータとLVDTの2つの変位計を用いて確認した。矢板内への給水は、遠心実験装置内の内部給水タンクからシンフレックスチューブを通して行い、途中にソレノイドバルブを設置し、水位センサーとリレー回路を組むことで、浸透実験中の矢板内の水位がほぼ一定に保たれるようにした。なお、計測器として、各位置の水圧を測定するために矢板内地表面、矢板下カオリン層中央部、矢板下砂層中央部、矢板外カオリン層中央部、排水ケースの5ヶ所にそれぞれ間隙水圧計を設置した。

3. 実験結果及び考察

貫入量の異なる3ケースの透水試験において、排水ケースに設置した間隙水圧計の値から排水量を求めた。各透水試験で排水ケース内の水圧計の値の増加割合が一定となった時点からの排水増加量を調べ、3ケースの排水増加量を比較した(図2)。これより矢板の貫入量が増加するにつれて、排水増加量が減少していることが観察される。これは、貫入量が増加することで浸透路長が延長され、矢板内から矢板外への浸透が抑制されたためである。各透水試験において、排水増加量の時間増分が安定していると思われる試験終了付

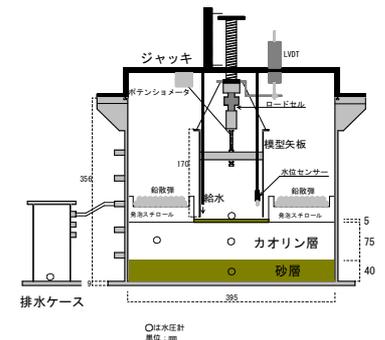


図1 実験システム

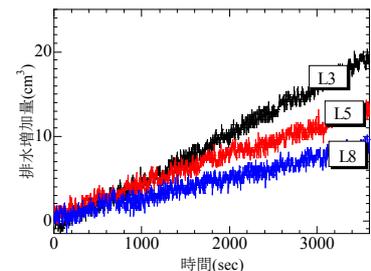


図2 貫入量の変化に対する排水増加量

表2 浸透時間の増加割合の比較

貫入量	増加割合 (簡便法)	増加割合 (実験値)
L3	1.00	1.00
L5	2.78	1.98
L8	7.08	3.09

透水係数 k : 3.9×10^{-6} (cm/sec)

水位差 h : 3cm(実規模換算 150cm)

キーワード 鋼矢板 移流拡散 遠心模型実験 廃棄物処分場

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 TEL093-884-3100 FAX093-884-3100

近において、矢板内地表面の水圧変化を直線近似し、排水増加量を経過時間と矢板内断面積で除することで矢板内水面降下速度 v を求めた。ここで、この矢板内水面降下速度 v は平均浸透速度 \bar{v} とは異なるものの、比例関係にあると仮定できる。そこで定数 α を用いて平均浸透速度 $\bar{v} = \alpha v$ とし、矢板外地表面への浸透時間 t を $t = 2L/\bar{v}$ ($2L$:最短浸透路長)と定義し、これより浸透時間を求めた。またマニュアルに記載されているダルシー則に基づく簡便法による浸透時間 $t = (2L)^2/(k \cdot h)$ (k :透水係数)

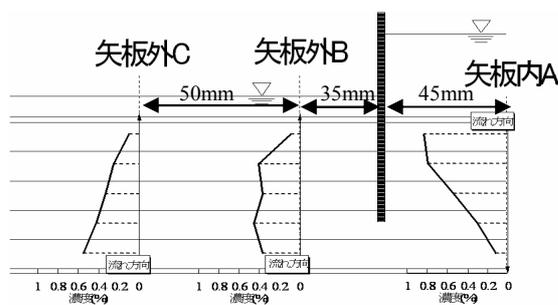


図3 地盤内の濃度分布

に間隙比から求めた透水係数を代入し、浸透時間を算出した。両者のL3の浸透時間を1とした場合の貫入量の増加に伴う浸透時間の増加割合を表2に示す。表2より、簡便法から求められる遮水性能と実験値から推定される遮水性能には、矢板の貫入量が等しくとも境界条件の違いにより大きな隔たりが生じる場合があると考えられる。模擬汚水浸透試験ではNaCl溶液を使用し、密度流の発生を防ぐために初期濃度は $C_0=1.0\%$ とした。浸透時間は7時間であり、実規模に換算すると約2年となる。試験後採取したカオリン粘土で塩化物イオン含有量試験を行い、溶液の分布状況を調べた。図3に矢板内A、矢板外B、Cの濃度分布を示す。矢板外Bでは、流れ方向の濃度分布が顕著に現れなかったが、矢板内A、矢板外Cでは、流れ方向に行くにつれて濃度が小さくなっていることが分かる。これはNaCl溶液が地盤中を移動するにつれて拡散現象の影響を受け、流れ方向に濃度の広がりを生じたためであると考えられる。

4. 汚染物質輸送シミュレーション

解析モデルは実験モデルを実規模換算したものである。一般に移流分散解析では地盤中の汚染物質について、地下水の移流と濃度の拡散及び土粒子への吸着を考慮するが、本解析では模擬汚染物質として保存系物質のNaCl溶液を想定しているため、吸着は考慮しないものとした。汚染物質の初期濃度 C_0 は、矢板内カオリン最上層(Layer1)が常に1.0%となるように設定した。カオリンの分子拡散係数は $3.0 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{sec}$ とし、流速方向、流速と直角な方向とも等しいとした。CaseAではカオリン層地盤の透水係数が一様であるとし、解析を行なった²⁾。CaseAの解析結果と今回の模擬汚水浸透試験結果を比較したところ、大きな隔たりが生じた。この要因として、実験時において矢板貫入に伴い矢板まわりのカオリン層の透水係数が大きくなった可能性が考えられる。そこで、矢板まわりのカオリン層のみ透水係数を10倍大きくし、解析を行なった(CaseB)。図4にCaseAとCaseBの濃度分布を示す。また表3に実験の実規模時間である約2年後の矢板外Bにおける濃度の実験値と解析値を示す。

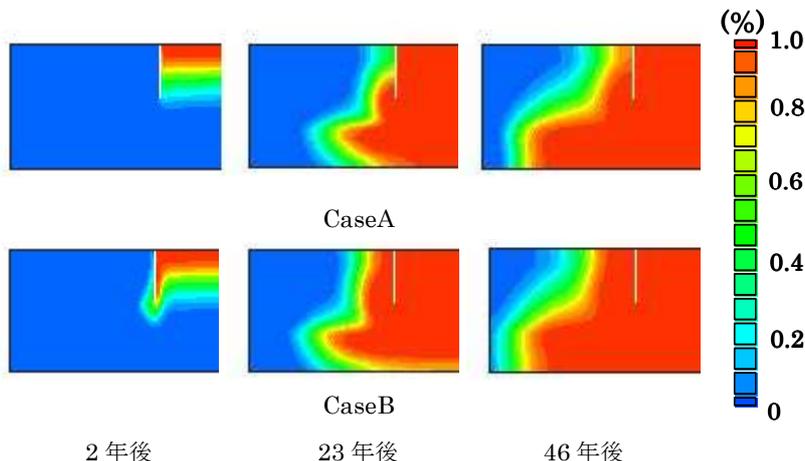


図4 濃度分布 (NaClL5)

表3 矢板外Bにおける濃度値(約2年後)

地表面からの深さ(mm)	濃度(%)		
	実験値	CaseA	CaseB
14.5	0.09	1.0×10^{-7}	2.0×10^{-3}
28.5	0.41	3.0×10^{-7}	1.6×10^{-3}
42.5	0.36	3.5×10^{-6}	7.9×10^{-3}
56.5	0.45	1.5×10^{-4}	0.05
70.5	0.36	4.4×10^{-6}	6.0×10^{-3}

表3からCaseBにおいて、矢板まわりの透水係数を大きくしたことによりCaseAと比較して実験値との整合性が高くなっている。すなわち、実験において矢板貫入に伴い矢板まわりのカオリン層の透水係数が想定しているカオリン層地盤の透水係数よりも大きくなった可能性が高いことを示している。

《参考文献》1) 旧運輸省港湾局：「管理型廃棄物埋立護岸 設計・施工・管理マニュアル」, 2000. 2) 江藤ら：遮水鋼矢板の根入れ長が浸出汚水の浸透・拡散現象に与える影響について, 第39回地盤工学研究発表会概要集 pp.1189-1190, 2004