

二重壁構造をもつ廃棄物護岸の遮水効果について

九州大学工学部 学生会員 河野 信貴 フェロー会員 善 功企
正会員 陳 光斉 正会員 平松 浩三

1. 背景および目的

現在、廃棄物処理については陸上での処分場整備が非常に困難となっており、海面での立地・処分が主流となりつつある。処分場建設技術の多くは陸上処分場を対象に開発されてきた経緯があり、海面処分場特有の諸問題に対処するため、陸上とは違った技術の開発が新たに求められている。

筆者らは、このような現状を踏まえ、海面の廃棄物最終処分場の埋立護岸に関する技術的な信頼性について検討を行っている。本文では波浪による変動水圧と処分場内の遮水性についての関係を数値解析により明らかにし、管理型処分場の遮水効果について検討した。

2. 研究内容および解析方法

2.1 波浪の作用による遮水壁背後地盤への浸透流解析

廃棄物地盤層からの汚染物質の漏れ出しについては、図 1 に示す 変動水圧の影響 潮位の影響、に加えて 移流・分散の影響が考えられる。本研究では、 変動水圧の影響について着目し、変動水圧の作用による護岸背後地盤の水圧分布解析を行った。今回解析に用いた護岸周辺概念図を図 2 に示した。波浪が差し掛かる遮水壁(鋼矢板)部に作用する水圧 P_b の時系列変化を微小振幅波理論により式 (1) で与えた。次に、地盤内を伝播する水圧 P_m を圧密方程式型の基礎方程式(式 (2))でモデル化した。二次元差分法を用いて、式 (2) を表 1 に示した条件の下で解くことにより、波が経過する間に地盤内で発生する間隙水圧分布の時系列変化を調べた。解析結果から、中間地盤層・廃棄物地盤層に作用する浸透力を算出し、変動水圧の影響と廃棄物地盤層からの汚染物質の漏れ出しについて考察した。

$$P_b = -\frac{\gamma_w \cdot H}{2 \cosh(\lambda \cdot h_j)} \sin 2\pi \left(-\frac{t}{T} \right) \quad \dots (1)$$

$$C_v \left(\frac{\partial^2 P_m}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P_m}{\partial z^2} \right) = \alpha \frac{\partial P_m}{\partial t} \quad \dots (2)$$

ここで、 $\lambda = 2\pi/L$: 波数、 C_v : 圧密係数、 H : 波高、 D : 水深、 γ_w : 海水の単位体積重量である。

3. 解析結果および考察

(1) 地盤内の変動水圧分布：ここでは、地震や台風などの事故で海面処分場の鋼矢板と鋼管矢板が破損した特別な場合を想定して、汚染物質の漏れ出しに対する安全性を検討する。よって鋼矢板等がない均一地盤内に働く変動水圧を考える(CASE 0)。波浪の条件としては周期 $T=5s$ 、波高 $H=3m$ 、地盤の条件としては標準砂で透水係数 $k=1.36 \times 10^{-2}cm/s$ 、相対密度 $Dr=70\%$ を基本とした。

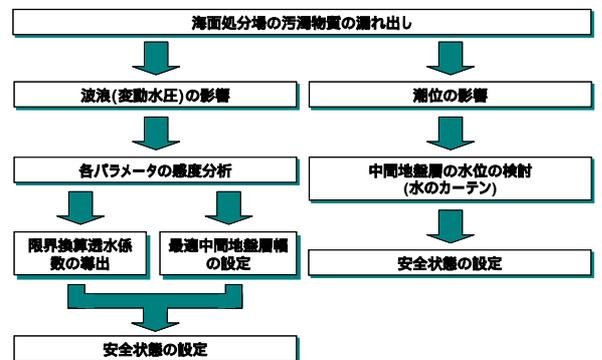


図 1 研究フロー

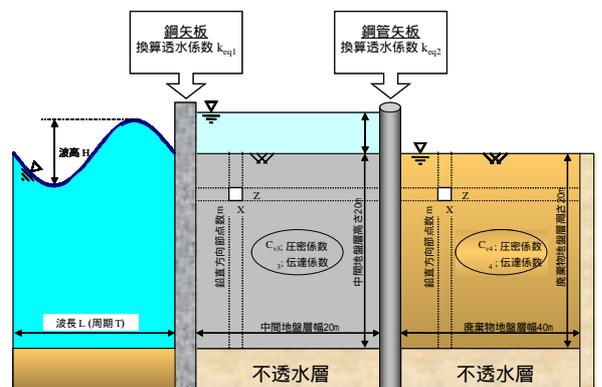


図 2 解析概念図

表-1 解析ケース表

解析No	鋼矢板の換算透水係数 $k_{eq1}(m/s)$
Case0	鋼矢板無し
Case1	1.00E-09
Case2	1.00E-08
Case3	1.00E-07
Case4	1.00E-06
Case5	1.00E-05
Case6	1.00E-04
Case7	1.00E-03

各時間における変動水圧の影響が及ぶ範囲を変動水圧の大きさごとに図-3 に示す。変動水圧の絶対値の大きさを u とする。また、変動水圧の正と負を区別するために負の変動水圧を受ける距離を負の値にしている。変動水圧が正となる周期の前半は安全であると考えられるため、変動水圧が負となる周期の後半に着目した。図-3 より、どの大きさの変動水圧も、時刻を t 、周期を T とした場合、 $t=T$ 時の変動水圧の影響が最も広範囲に伝わっている。また周期 $T=5s$ 、波高 $H=3m$ の波の変動水圧の影響最大距離は $20m$ 以下というのが分かる。よって、今回の計算条件では、護岸地盤からの距離、つまり中間地盤層幅を $20m$ 以上に設計することにより鋼矢板等が破損しても、変動水圧の影響が廃棄物層に到達せずに、変動水圧の影響を受けないと考えられる。

(2) 鋼矢板の換算透水係数の感度分析： 図-4 に鋼矢板の換算透水係数 k_{eq1} をパラメータとした $t=T$ 時の地盤中の浸透力分布図を示す(CASE1、5~7)。矢印の長さが浸透力の大きさを表す。鋼矢板、鋼管矢板の幅は、ともに $50cm$ とした。 k_{eq1} を $10^{-9} \sim 10^{-6}m/s$ まで小さくしても浸透力は発生しなかった。しかし k_{eq1} を $10^{-5}m/s$ にすると、微少な浸透力が護岸から $2m$ 付近まで発生している。それから k_{eq1} を次第に大きくしていくと、浸透力が発生する範囲が徐々に広がっていった。 k_{eq1} が $10^{-3}m/s$ となった時点で、波の変動水圧の影響範囲は鋼管矢板地点(護岸から $20m$)にまで達する。今回の解析では鋼管矢板の換算透水係数 k_{eq2} を $10^{-8} m/s$ で一定としていたが、鋼管矢板の換算透水係数 k_{eq2} の評価を変えることにより到達距離は変化すると予想される。

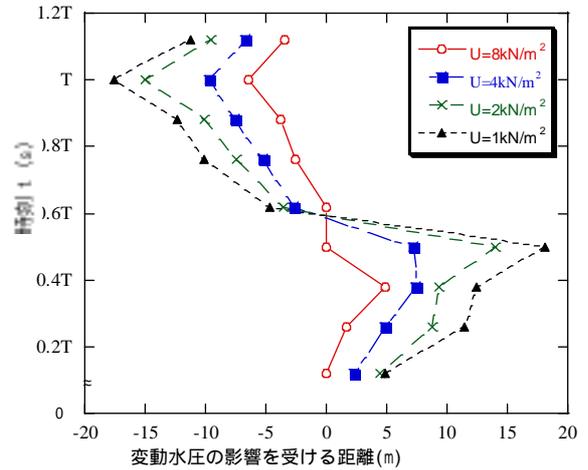


図-3 変動水圧の時系列変化

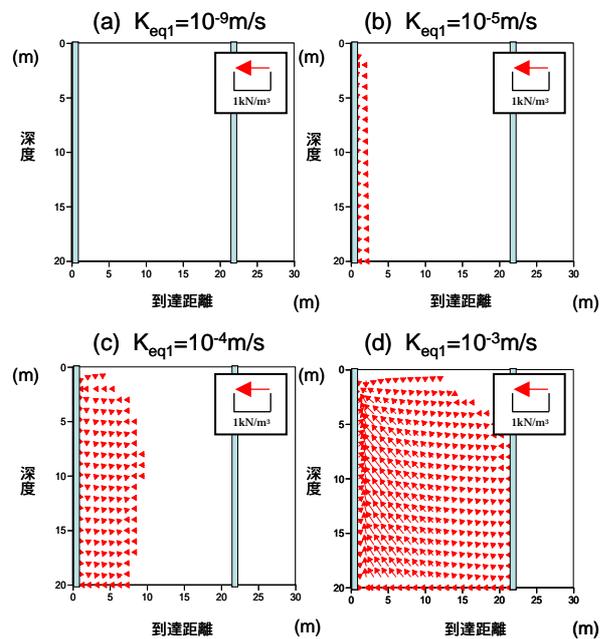


図-4 地盤中の浸透力分布図
t=T 時

4. まとめ

本文では、波浪による変動水圧と処分場内の遮水性についての関係を数値解析により明らかにし、管理型処分場の遮水方法の妥当性についての評価を行った。結果を以下に示す。

- 1) 負の変動水圧が最も広範囲まで及ぶ時間は $t=T$ の時である。
- 2) 周期 $T=5s$ 、波高 $H=3m$ の波の変動水圧の最大到達距離は $20m$ 以下である。
- 3) k_{eq1} が $10^{-3}m/s$ となった時点で、波の変動水圧の影響範囲は鋼管矢板地点(護岸から $20m$)にまで達する。
- 4) 今回の条件の場合、海面処分場の鋼矢板の換算透水係数 k_{eq1} を $10^{-6}m/s$ 以下にすると変動水圧の影響が地盤内に伝わらない。

5. 今後の課題

前述したように廃棄物地盤層からの汚染物質の漏出については、変動水圧の影響と潮位の影響が考えられる。今後の課題としては潮位の影響として中間地盤層の水位について感度分析を行い、これと今回の変動水圧との関係を解析により明らかにしていきたい。またそのうえで汚濁物質の移流分散現象も無視できない課題である。