

三次元浸透流解析による海面処分場矢板式護岸の健全性評価

九州大学大学院 学生会員 ○金清 翔平
九州大学大学院 正会員 陳 光斉

九州大学大学院 フェロー 善 功企
九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

海面処分場の護岸は、海特有の時々刻々と変化する厳しい外力から処分場を護る「護岸機能」と、処分場の保有水を漏出させないための「遮水機能」の両者が要求される¹⁾。しかしながら、遮水壁は経年劣化や台風、地震などの自然災害により、遮水性能が低減する可能性があり、実海域における遮水性能の早期評価法の構築が求められている。そこで本文では、処分場内の水位変動計測による遮水性能の早期評価手法の実現可能性を検証する基礎的な研究として、三次元浸透流解析を用いて、遮水壁の局所的な透水係数の低減を想定した、海面の潮位変動による処分場内水位の変動を計算し、その有効性を検証した。

2. 解析モデル

解析対象は、図-1に示すような一枚の鋼管矢板を用いた、一重締切型の海面埋立処分場である。厚さ 0.2m の遮水壁およびその背後に 54m の処分場を想定した。地盤の底面を基準にとり、処分場の地盤厚さは 12.2m、処分場内の初期水位および平均潮位は、それぞれ+9.3m と +9.2m とし、0.1m の初期水頭差を設定した。海水部の潮位変動は、平均潮位+9.2m とし、8.3m~10.1m まで 12 時間周期でサインカーブとして入力した。遮水壁の局所的な破損による漏水を表現するため、遮水壁の透水係数を局所的に変化させることでモデル化した。解析時間は、時間格子を 10 分間とし、全体で 7 日間の解析を行い、その間の処分場内水位の変動を計算した。また、水位計測は破損部から 0.5m の位置で計測した。

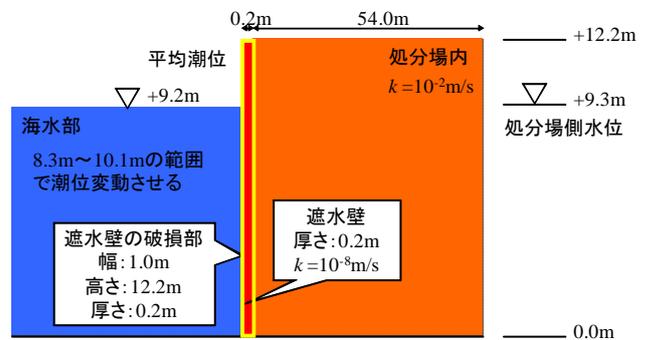


図-1 解析断面

3. 解析結果および考察

図-2に、破損部の透水係数を変化させたさいの、破損が生じてから 7 日間経過するまでの処分場内水位の変動を示す。縦軸の $\Delta h/H$ 、 H はそれぞれ、処分場内水位の変化量、初期水頭差 0.1m を表す。処分場の大きさ A を $54\text{m} \times 54\text{m}$ 、破損部の断面積 a を 12.2m^2 に固定し、破損部の透水係数 k を、 $1.0 \times 10^{-6}\text{m/s}$ 、 $1.0 \times 10^{-5}\text{m/s}$ 、 $2.0 \times 10^{-5}\text{m/s}$ 、 $3.0 \times 10^{-5}\text{m/s}$ と変化させて解析を行った。破損部の透水係数が大きいほど、より潮位変動の影響を受けるため、振幅が大きくなり、早く定常状態 ($\Delta h/H=1$) に達した。また、破損部の透水係数が $1.0 \times 10^{-6}\text{m/s}$ のときは、処分場内水位がほとんど変化しない。これは、本解析で想定した処分場の容量が破損部からの微量な水の流入に比べてかなり大きいため、破損部が存在しても処分場内水位の変動にあまり影響しないためと考えられる。したがって、より小さな破損の検知を行うには、処分場内をいくつかの区

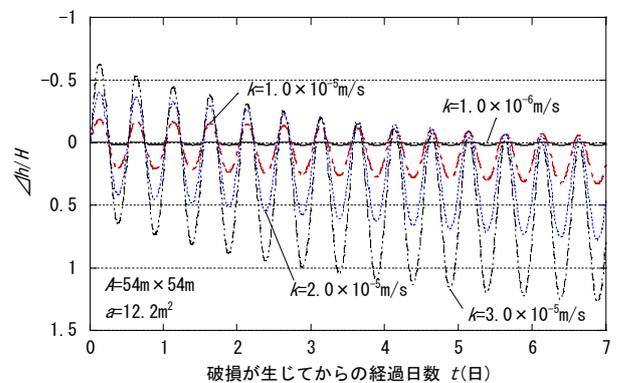


図-2 破損部の透水係数と処分場内水位の変動の関係

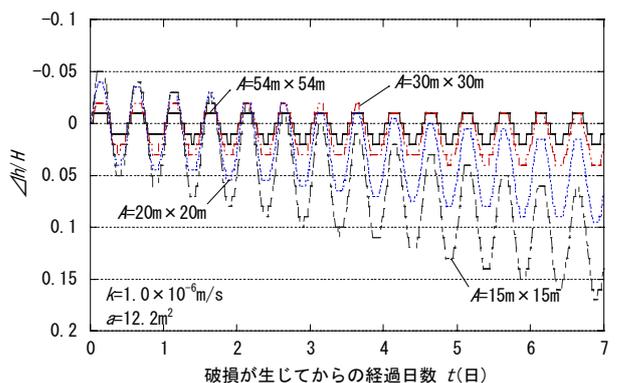


図-3 観測区画の大きさと処分場内水位の変動の関係

画に細分化して、その区画ごとに処分場内水位の変動を観測する必要がある。

そこで、処分場内をどの程度細分化すれば、処分場内水位の観測から破損部の有無を検知できるか調べるため、処分場の観測区画の大きさと処分場内水位の関係に着目して解析を行った。図-3に、観測区画を変化させたさいの、破損が生じてから7日間経過するまでの処分場内水位の変動を示す。破損部の透水係数 k は $1.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ 、破損部の断面積 a は 12.2m^2 に固定し、観測区画の大きさ A を $54\text{m} \times 54\text{m}$ 、 $30\text{m} \times 30\text{m}$ 、 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 、 $15\text{m} \times 15\text{m}$ と変化させて解析を行った。細分化した区画が小さくなるほど処分場内水位の変動は大きくなった。 $54\text{m} \times 54\text{m}$ 、 $30\text{m} \times 30\text{m}$ の区画では、ほとんど水位変化がみられないが、 $15\text{m} \times 15\text{m}$ の区画では水位が低下し、水位計で観測可能な振幅(1cm 以上)をもたらした。今回の解析パターンでは、 $15\text{m} \times 15\text{m}$ 以下の大きさの区画に細分化して水位計測するのが良いと考えられる。

図-4は、図-2、図-3で示した処分場内水位の振幅を潮位変動の振幅により正規化した図である。この処分場内水位の振幅は、破損後1日間で得られた振幅を利用した。ほとんど破損していない状態での処分場内水位の振幅は0で、破損の程度が大きくなるにつれ、振幅は大きくなり、最終的には処分場内水位の変動が潮位変動と等しくなり1となった。あらかじめ観測区画の大きさと破損部を変化させた解析結果を準備すれば、処分場内水位の振幅を計測することで、短期間で破損具合を推測できる可能性がある。

今回の解析結果をもとに、原位置で計測された水位低下量を用いて、破損部の位置とその程度の推定を試みる。図-5、図-6に処分場の大きさ A を $54\text{m} \times 54\text{m}$ とした場合の、7日経過後の水位低下量と破損部の推定範囲の関係および振幅と破損部の推定範囲の関係を示す。ここで、破損部の推定範囲とは水位計から破損部までの距離を示す。計測される水位低下量および振幅が大きいほど、破損部は近い範囲に存在することがわかる。例えば、7日経過後の水位低下量が2cmの場合、計測位置から7mの範囲に透水係数が $1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$ の破損が生じている可能性がある。1点の計測結果のみでは、水位計測地点を中心とした破損部の推定範囲しかわからないため、複数箇所でも水位を計測することで、破損部の位置とその程度を特定できると考えられる。また、水位低下量と振幅の両者を同時に計測することで、精度良く破損部の位置を特定できる可能性がある。

4. まとめ

- (1) 幅 1.0m、高さ 12.2m で透水係数 $1.0 \times 10^{-6} \text{m/s}$ の破損部を検知するには、 $15\text{m} \times 15\text{m}$ 以下の大きさの区画に細分化して計測する必要があると考えられる。
- (2) 12時間あたりの処分場内水位変動の振幅を計測することにより、短期間で破損具合を推測できる可能性がある。
- (3) 7日間の水位低下量および振幅の計測により、破損部の位置およびその程度を特定できる可能性がある。

<参考文献> 1) 港湾空間高度化環境研究センター: 管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル(改訂版), 2008.

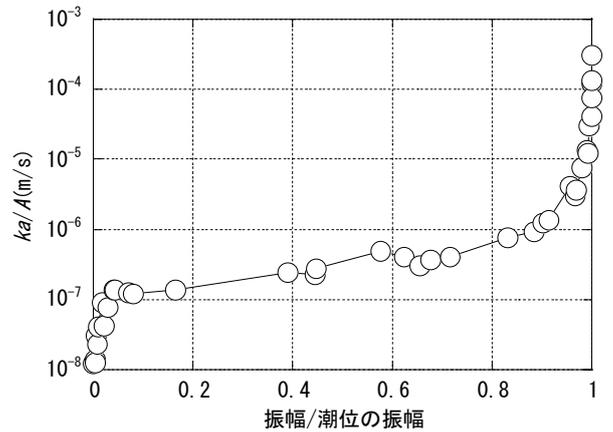


図-4 処分場内水位変動の振幅に着目した正規化グラフ

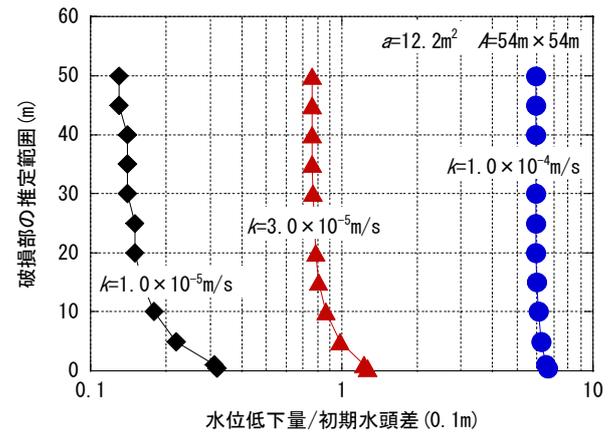


図-5 水位低下量と破損部の推定範囲の関係

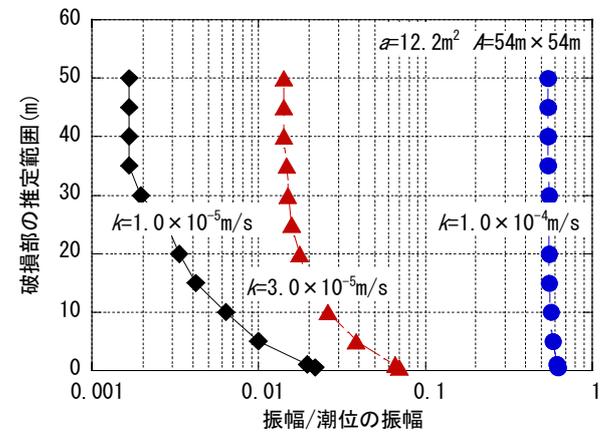


図-6 振幅と破損部の推定範囲の関係