

シート遮水工の地震時安定性

香川高等専門学校 学生会員 ○来田 美里
(現信州大学工学部)

香川高等専門学校 正会員 小竹 望
香川高等専門学校 松原 三郎

1. はじめに

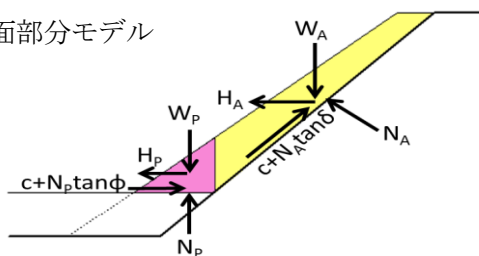
廃棄物処分場シート遮水工の構成材料間の境界面は、摩擦抵抗あるいはせん断抵抗が小さいため、遮水工の構造的な弱点となる。そのため地震時におけるシート遮水工の滑動や崩落に対する安定性の評価が重要となる。本研究では、極限平衡法による安定解析によりシート遮水工の地震時安定性を評価した。また、安定解析に対応するシート遮水工模型を作製し、振動台模型実験により崩壊形態を観察した。

2. 極限平衡法による安定解析

2.1 解析方法

静的震度法を用いた極限平衡法による安定解析モデルを図-1に示す。ここでは、遮水工の被覆層からなる法面部の崩壊を対象とした法面部分モデル¹⁾と、遮水工底面部の滑りと受働土圧抵抗 P_p を考慮した法面全体モデル²⁾を設定した。

a) 法面部分モデル



b) 法面全体モデル

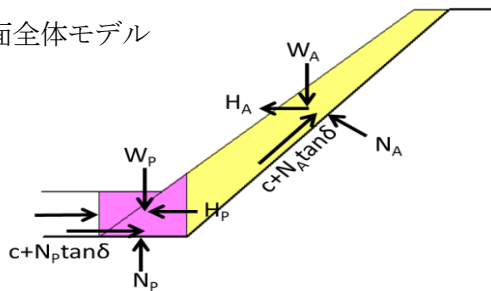


図-1 安定解析モデル

主働土塊部分と受働土塊部分に分けて、それぞれの土塊に作用する力を図-1に示す。ここで、 W :土塊重量、 N :斜面鉛直方向の反力、 H :土塊に作用する地震時慣性力($H=K_h W$)、 K_h :水平震度、 P_p :受働土圧、 ϕ :土塊の内部摩擦角、 δ :土塊と遮水工の層間摩擦角、 c :土塊と遮水工の層間粘着力とし、主働部分をA、受働部分をPの添

字で表している。

2.2 解析条件

安定解析モデルの基本ケースを図-2に示す。遮水工の高さ $H=10\text{m}$ 、法面部勾配 1:2.0 とした。物性値は $\phi=35^\circ$, $\delta=25^\circ$, $c=0\text{ kN/m}^2$, $\gamma=20\text{ kN/m}^3$ とした。また、パラメータスタディとして高さ $H=5\sim 20\text{m}$ 、遮水工底面厚 $t_2=1\sim 5\text{m}$ 、法面勾配 1:2.0 $\sim$ 1:3.5、水平震度 $K_h=0.0\sim 0.30$ 、土塊の内部摩擦角 $\phi=25\sim 40^\circ$ 、土塊と遮水工の層間摩擦角 $\delta=25\sim 40^\circ$ の範囲で安定解析を行った。

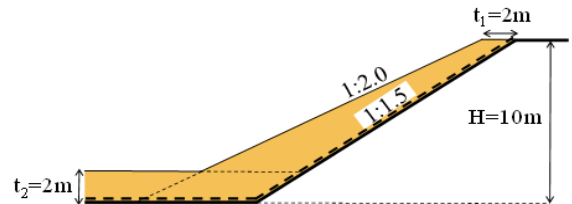


図-2 基本ケースの形状寸法

2.3 解析結果

図-3に常時 ($K_h=0$) での土塊の内部摩擦角 ϕ と安全率 F_s との関係($\delta=25^\circ$)ならびに遮水工と土塊との層間摩擦角 δ と安全率 F_s の関係($\phi=35^\circ$)を示す。法面全体モデルの方が法面部分モデルよりも層間摩擦角 δ の影響を大きく受けること、内部摩擦角 ϕ あるいは層間摩擦角 δ が変化しても、法面部分モデルの方が法面全体モデルよりも安全率が小さくなる傾向がある。

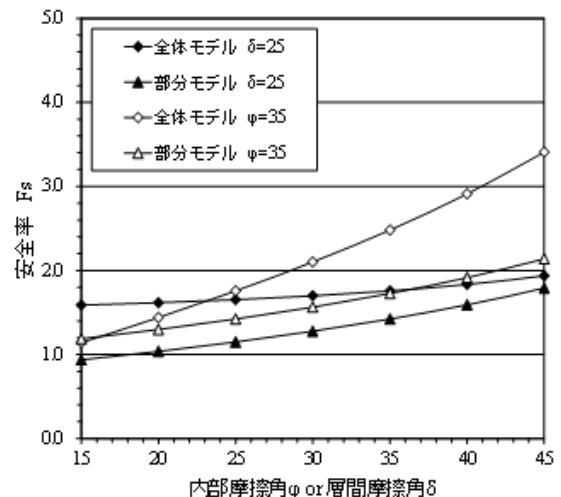


図-3 δ と ϕ に対する安全率の変化

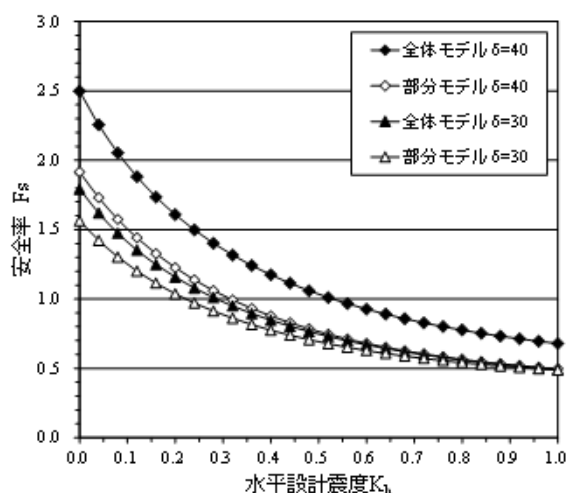


図-4 水平震度と安全率の関係

振動台模型実験の事前計算として、土塊と遮水シートとの層間摩擦角 $\delta=30^\circ$ と土塊と保護マットとの層間摩擦角 $\delta=40^\circ$ のケースについて得られた解析結果から、水平震度 K_h と安全率 F_s の関係を図-4 に示す。安全率 $F_s=1.0$ となる水平震度 K_h は、保護マットとの滑動が生じる法面全体モデルで $K_h=0.53$ と大きくなるが、その他の条件では $K_h=0.22\sim0.32$ の範囲にある。

3. 振動台模型実験

3.1 実験方法

油圧サーボ式振動台を用いて振動模型実験を行った。シート遮水工の模型斜面を図-5 に示す。振動台上に固定した高さ 50cm×幅 99cm×奥行 29cm のステンレス製土槽の内部に、勾配 1:1.5 の模型斜面をスタイルフォームを用いて作製し、その表面ならびに底面に遮水工材料を接着した。本実験では、厚さ 1.5mm の HDPE 製遮水シートと厚さ 5mm の長繊維不織布製保護マットをそれぞれ用いた。また、法面部の土質材料として豊浦砂を使用した。425 μ m ふるいを通して約 50cm の高さから砂を降らせ、底面と法尻部分から法肩まで徐々に堆積させて勾配 1:2.0 の砂斜面を形成した。予備実験結果によると砂の相対密度は $Dr=90\%$ 程度であった。

実験ケースとして、遮水工の土質材料とシート遮水工との境界面に関して以下の 3 ケースを実施した。

- ① 固定した遮水シートと砂斜面による境界面
- ② 固定した保護マットと砂斜面による境界面
- ③ 固定した遮水シートと接着せずに設置した保護マットと砂斜面

振動台加速度を 100gal から 50～100gal 間隔で段階的に上昇させ、模型斜面が崩壊する加速度を求めた。こ

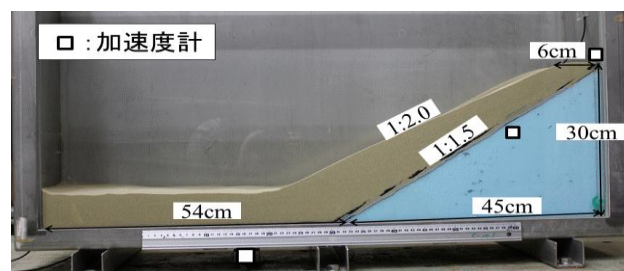


図-5 振動台模型

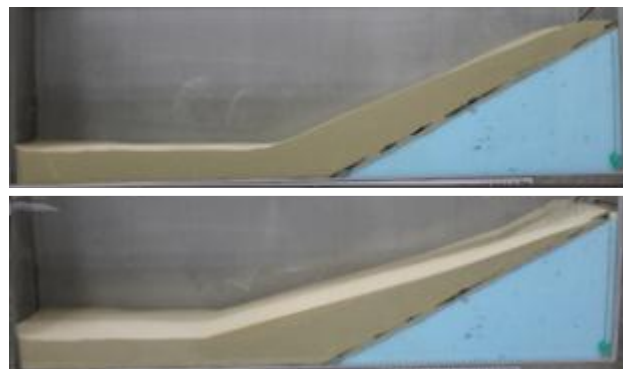


図-6 崩壊状況：崩壊前(上)、崩壊後(下)

こでは、加速度は振動周波数 $f=5.0\text{Hz}$ の正弦波とした。なお、振動台模型斜面の 2 カ所に設置した加速度計(図-5)の測定結果から、法面部の加速度は振動台の加振加速度とほぼ同様であった。

3.2 実験結果と考察

崩壊時の加振加速度は、ケース①～③において 300～400gal であった。図-6 にケース③での崩壊状況を示す。本実験の範囲では明瞭な層間すべりは観察されず、表層崩壊が先行して発生する傾向がみられた。その原因は、模型斜面の振動に伴う緩みによって内部摩擦角が小さくなり、保護マットあるいは遮水シートとの層間摩擦角よりも小さくなったためと推定される。

4. まとめ

シート遮水工に関する極限平衡法による安定解析結果から、土塊の内部摩擦角 ϕ よりも土塊と遮水工の層間摩擦角 δ の方が安全率に大きい影響を及ぼすこと、地震時には法面部分の方が崩壊しやすい傾向がみられた。振動台模型実験から、土塊の内部摩擦角 ϕ が小さければ表層崩壊が先行して発生することが確認出来た。

参考文献

- 1) Robert M. Koerner and David E. Daniel : 廃棄物処分場の最終カバー、pp. 171-215.
- 2) 小竹望、山崎智弘、北浦良樹、松下正樹、根岸聖司、野々村千里：管理型海面処分場の表面遮水工における斜面滑りに関する FEM 解析、ジオンゼティクス論文集、Vol.17, pp. 87-94, 2002.