

## 廃棄物埋立斜面の安定性評価手法に関する一考察

(株)日建設計シビル 正会員 石井 武司

中央大学 学生会員 黒木 亮比古

中央大学 正会員 斎藤 邦夫

## 1. はじめに

廃棄物処分場では、廃棄物で埋め立てた斜面の安定性を確保するために、堰堤がのり面を覆うように構築される。堰堤の物性は廃棄物とは一般に大きく異なり、斜面はのり表面の堰堤部と内部の廃棄物部に分かれる。このように構造化された斜面においては、最小安全率を与えるすべり形状は斜面内部とのり表面部とで違いが生じる可能性が指摘できる。最適な堰堤の形状(寸法)・配置を設定するためには、安全率およびすべり面の位置・形状をできるだけ精度良く求める必要がある。しかしながら、設計ではすべり面形状を一つの円弧で仮定する円弧すべり計算が多用される。そこで、すべり面形状を仮定することなく、力学的にその形状が求められるせん断強度低減 FEM(以下、SSRFEM と略す)<sup>1)</sup>を適用し、円弧すべり計算の結果と比較した。

## 2. 検討方法と数値実験ケース

SSRFEM は、斜面の他に掘削底面や泥水掘削溝壁の安定問題に関しても、実験結果や実測結果のすべり面形状(非円弧)と安全率が良い対応を示すことがわかっている。この計算手法で得られた結果を正解とみなし、廃棄物処分場の安定性評価に対する円弧すべり計算の適用範囲を検討した。

検討対象は断面形状が異なる図-1 の A 処分場と図-2 の B 処分場である。設計時の物性値はそれぞれ表-1 と表-2 に示すとおりである。A 処分場に対しては、次の3つのモデルで常時と地震時の数値実験を行った。

モデル1：堰堤なし（廃棄物のみ）、モデル2：設計値、モデル3：廃棄物のせん断強度を変化

モデル3では、廃棄物を c 材あるいは  $\phi$  材とし、せん断強度のみを既報の文献収集結果を基に次のように設定した。B 処分場については設計値で比較を行った。地震時の水平震度はいずれも  $k_H=0.15$  とした。SSRFEM による計算には「GA2D」<sup>2)</sup>を使用した。

c 材 ( $\phi = 0^\circ$ ): 粘着力  $c = 5, 10, 15, 20, 30, 40 \text{ kN/m}^2$   
 $\phi$  材 ( $c = 0 \text{ kN/m}^2$ ): 内部摩擦角  $\phi = 5, 10, 15, 20, 30^\circ$

表-1 A 処分場の設計値

|     | $\rho (\text{kN/m}^3)$ | $C (\text{kN/m}^2)$ | $\phi (^\circ)$ |
|-----|------------------------|---------------------|-----------------|
| 堰堤  | 18.0                   | 6.0                 | 25.0            |
| 覆土  | 18.0                   | 6.0                 | 25.0            |
| 廃棄物 | 18.0                   | 0.0                 | 10.0            |

表-2 B 処分場の設計値

|     | 単位体積重量<br>( $\text{kN/m}^3$ ) | 粘着力<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 内部摩擦角<br>( $^\circ$ ) |
|-----|-------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 底面  | 18                            | 20                         | 35                    |
| 堰堤  | 15                            | 0                          | 35                    |
| 廃棄物 | 18                            | 103.8                      | 20                    |
| 廃棄物 | 18                            | 78.6                       | 20                    |
| 廃棄物 | 18                            | 66.3                       | 20                    |
| 廃棄物 | 18                            | 53.6                       | 20                    |
| 廃棄物 | 18                            | 41.3                       | 20                    |
| 廃棄物 | 18                            | 28.8                       | 20                    |
| 廃棄物 | 18                            | 16.3                       | 20                    |

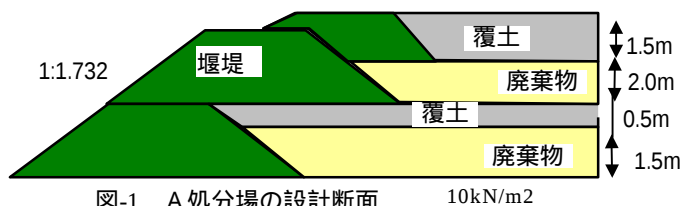


図-1 A 処分場の設計断面

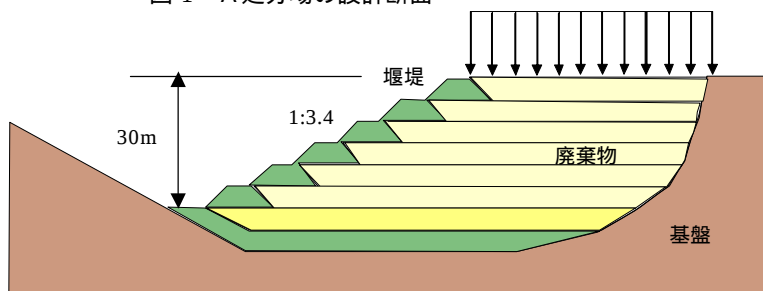


図-2 B 処分場の設計断面

キーワード：廃棄物、斜面安定、FEM、円弧すべり法

連絡先：東京都千代田区飯田橋 2-18-3 (株)日建設計シビル 地盤設計部 Tel 03-5226-3070 Fax 03-5226-3075

### 3. A 処分場の数値実験結果

モデル1およびモデル2の常時・地震時に対してSSRFEMと円弧すべり法で求めた安全率を表-3に示す。堰堤なしの廃棄物のみの斜面であるモデル1では、SSRFEMと円弧すべり法で求めた安全率はほぼ同じである。すべり面形状も両者の差異は小さい。堰堤ありのモデル2においては、円弧すべり法が安全率をSSRFEMよりも常時で14%、地震時で27%高く評価する。すべり面形状にも違いが認められ、廃棄物のせん断強度によっては2つの手法で求めた結果に差が生じることがわかった。

廃棄物のせん断強度を変化させて、両計算手法で求めた安全率を図-3と図-4に示す。図-3は廃棄物をc材とみなしたケースである。粘着力が15kN/m<sup>2</sup>以下になると、せん断強度の乖離が大きくなる。図-5にc=5kN/m<sup>2</sup>の常時のすべり面形状を示す。SSRFEMは堰堤を避け、せん断強度が低い廃棄物を円弧すべり法よりも長く横切る。円弧すべり法は形状が円弧に固定されているため、SSRFEMのように必ずしも安全率が最小となるような箇所にすべり面が発生せず、その結果として安全率が高くなることがわかる。また、常時と地震時を比較すると、2つの計算手法の間に乖離が認められるせん断強度はほぼ同じである。

### 4. B 処分場の数値実験結果

常時・地震時に対してSSRFEMと円弧すべり法で求めた安全率を表-4に示す。SSRFEMの安全率は円弧すべり法よりもやや小さい。常時と地震時における最小安全率のすべり面形状を図-5に示す。SSRFEMは最下段の堰堤とその上の堰堤との間を通り、堰堤の切断距離を最小にしている。円弧すべり法で求めたすべり面は廃棄物最下面に接し、そして堰堤よりもせん断強度が大きい底面の層を切ったのり尻に達する。そのため、円弧すべり法の安全率はSSRFEMよりも大きくなったと考えられる。

### 5. まとめ

SSRFEMと円弧すべり法の2手法で廃棄物処分場の安定計算を行った。その結果、堰堤に比べて廃棄物のせん断強度が著しく小さい場合において、円弧すべり法の適用限界に関して次のことがわかった。

安全率を過大に評価する。すべり面の形状や位置が異なる。

安全率に乖離が認められるせん断強度は常時と地震時ともほぼ同じ。

表-3 モデル1とモデル2の安全率

|        | 常時   |      | 地震時  |      |
|--------|------|------|------|------|
|        | モデル1 | モデル2 | モデル1 | モデル2 |
| SSRFEM | 0.27 | 1.38 | 0.19 | 0.79 |
| 円弧すべり法 | 0.29 | 1.57 | 0.21 | 1.00 |

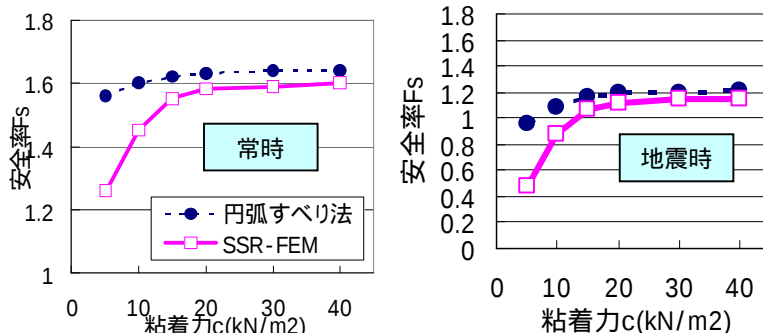


図-3 モデル3 (c材) の常時および地震時の安全率

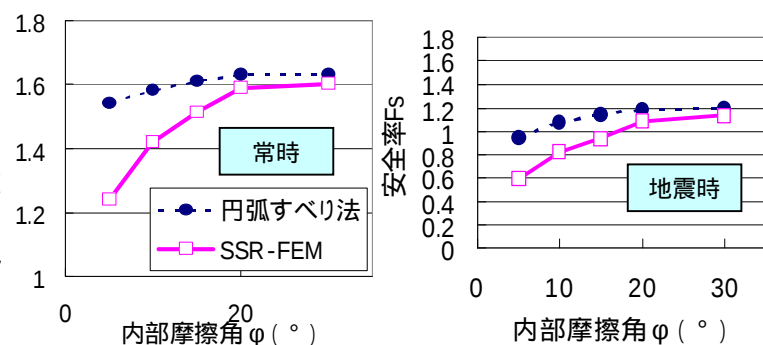


図-4 モデル3 (φ材) の常時および地震時の安全率

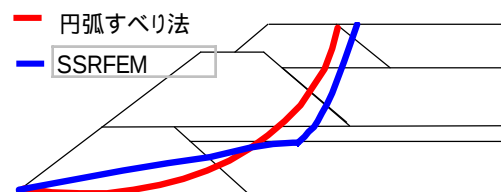


図-5 モデル3 (c=5kN/m<sup>2</sup>) のすべり面形状

表-4 B 処分場の安全率

|        | 常時   | 地震時  |
|--------|------|------|
| SSRFEM | 2.62 | 1.47 |
| 円弧すべり法 | 2.67 | 1.54 |

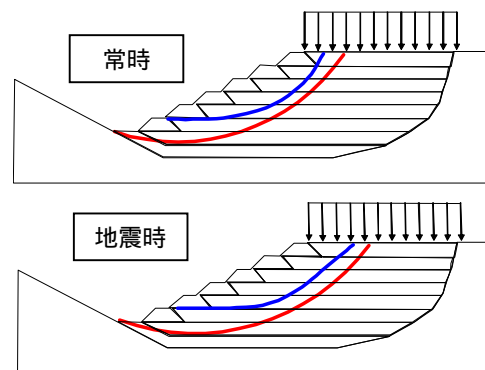


図-6 B 処分場のすべり面形状

【参考文献】 1) 鵜飼恵三 (1990): 安定解析におけるせん断強度低減法の有用性、地盤工学会、vol.38. 2) 鵜飼恵三 (1998): 静的弾塑性 FEM の基礎理論とプログラム、実務で役立つ FEM 講習会. 3) 黒木ら (2005): 廃棄物埋立て斜面における既存の設計に対する検証、第 32 回土木学会関東支部.