

1. はじめに

廃棄物で埋立てた盛土の斜面を安定化させるために、堰堤を構築することがある。その場合、廃棄物と堰堤の物性値は一般に大きく異なる。また堰堤の存在は盛土斜面内を構造化する。通常、このような斜面の設計で使用される安定計算手法は円弧すべり法である。しかし、廃棄物斜面内が一様とは言い難いので、すべり面形状が単一の円弧とみなす円弧すべり法を適用することの妥当性に疑問が残る。一方、すべり面形状と安全率を同時に算定する手法として、弾塑性 FEM にせん断強度低減法を組み込んだせん断強度低減 FEM(以下、SSR-FEM と略す) が提案されている<sup>1)</sup>。

本研究では、廃棄物埋立て斜面の安定計算手法として円弧すべり法が適用できる範囲を検討するために、廃棄物処分場の設計断面に対して、円弧すべり法と SSR-FEM で計算を行って、両者を比較した。

2. 廃棄物の物性値に関する文献調査

廃棄物の工学的特性を把握するため、「土と基礎」に掲載されている論文を中心に、約 50 件の論文を収集・整理した。その結果を表-1 に示す。また、処分場の設計に使用された物性値も参考のために表-2 にまとめた。

廃棄物は様々な材料が混在するため、その物性値のばらつきは大きい。おおよその範囲は、単位体積重量が 10~20kN/m<sup>3</sup>、粘着力が 5kN/m<sup>2</sup> 以上( 材を除く)、内部摩擦角が 5~40° である。その中から、代表値として表 4 に示す実験条件を定めた。

3. 円弧すべり法と SSR-FEM の比較

本研究で対象とした廃棄物処分場の設計断面を図-1 に示す。盛土斜面は高さが 6m、勾配が 1:1.782 である。設計時に使用された物性値を表-3 に示す。この断面に対して 3 つのシリーズの数値計算を行った。

- シリーズ 1: 設計条件の廃棄物のみ
- シリーズ 2: 設計条件
- シリーズ 3: シリーズ 2 の廃棄物の物性値を変更

表-1 廃棄物の物性

	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 c(kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (°)
産業廃棄物	-	15.0~40.0	0.0
焼却残さ	11.9~20.2	0.0	25~27
破碎不燃物	11.2~19.5	5.9~86.3	32~52
一般廃棄物	6.9~14.5	0.0~1137	30~47
焼却灰	10.8	126.0	20.6

表-2 廃棄物の物性の設計値

	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 c(kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 (°)
A処分場	17.7	0.0	10.0
B処分場	11.8	0.0	30~33
C処分場	17.7	9.8~85.8	20.0
東京湾埋立処分場	-	10~16	21~29
東京港15号地	-	3.4	6.4

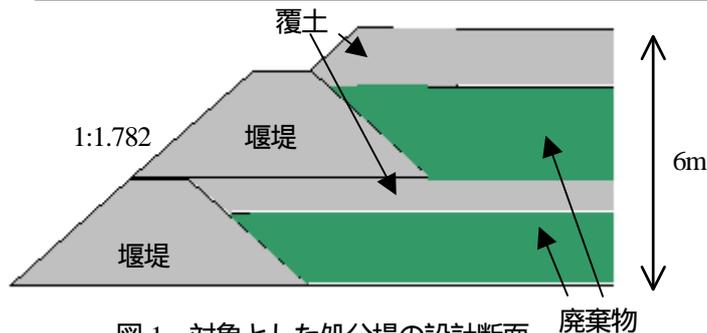


図-1 対象とした処分場の設計断面

表-3 設計時に使用された設計値

	(kN/m <sup>3</sup> )	C(kN/m <sup>2</sup> )	(°)
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-4 数値実験に用いた廃棄物の物性値

単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )	10
粘着力(kN/m <sup>2</sup> )	5,10,20,40
内部摩擦角(°)	5,10,20,30

シリーズ 3 の廃棄物は c 材および 材とした。それらの物性値は、文献調査の結果を参考にして、表-4 のように設定した。また、今回は全て常時の場合を想定している。なお、せん断強度低減法による安全率の計算にはプログラム「GA2D」<sup>2)</sup>を使用した。

#### 4.結果と考察

シリーズ1とシリーズ2の計算結果を表-5に示す。廃棄物のみのシリーズ1においては、円弧すべり法で算定した安全率はSSR-FEMとほぼ同じである。しかし、設計条件で計算した安全率は両者が異なる。これは廃棄物よりもせん断強度が大きい堰堤と覆土が加わったことで、このような差が生じたと考えられる。そこで、シリーズ3で廃棄物のせん断強度を様々に変化させて、計算手法による安全率の差を調べる。

まず、c材の廃棄物に対する計算結果として、SSR-FEMと円弧すべり法で算定した安全率Fsと粘着力cの関係を図-2に示す。粘着力が20kN/m<sup>2</sup>以上の場合は、円弧すべり法およびSSR-FEMで計算した安全率はほぼ同じである。しかし、粘着力が小さくなるに従って、両手法から求められる安全率は次第に離れていく。次に、c材の廃棄物に対する結果を、安全率Fsと内部摩擦角の関係を図-3に示す。内部摩擦角が20°以上の場合は両手法で計算された安全率がほぼ同じであるが、c材と同様に、内部摩擦角が小さくなるに従って、両者の安全率は離れていく。このように、せん断強度が小さい場合には、SSR-FEMで算定された安全率は円弧すべり法より低い値を示す。

c材およびc材の廃棄物に対して両手法で求めたすべり面形状をそれぞれ図-4と図-5に示す。図中の破線が円弧すべり法、実線がSSR-FEMで得られたすべり線である。SSR-FEMは、破壊面すなわちすべり線は必ずしも円弧にならない。特に、堰堤や覆土のせん断強度と廃棄物のせん断強度の差が大きくなるほど、すべり線の形状が円弧から離れる。その結果、SSR-FEMで算定された安全率は円弧すべり法より小さくなったと考えられる。したがって、円弧すべり法は堰堤や覆土と廃棄物のせん断強度が近い場合に適用できるが、両者に大きな差があると安全率を過大に評価する可能性があると言える。

#### 5.まとめ

本研究では、円弧すべり法は安全率を過大に評価する可能性があることを指摘することができた。今後は、地震時の検討も加えて、より詳細に両計算手法の違いを検討したいと考えている。

表-5 シリーズ1とシリーズ2の安全率

	シリーズ1	シリーズ2
GA2D	0.27	1.38
円弧すべり法	0.29	1.57

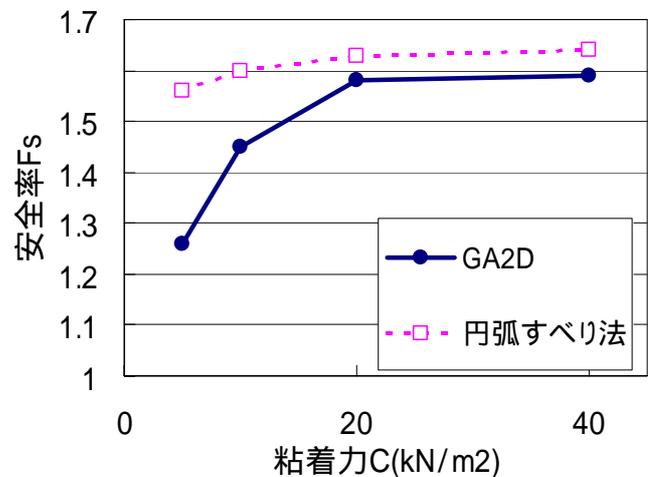


図-2 安全率と粘着力の関係(シリーズ3のc材)

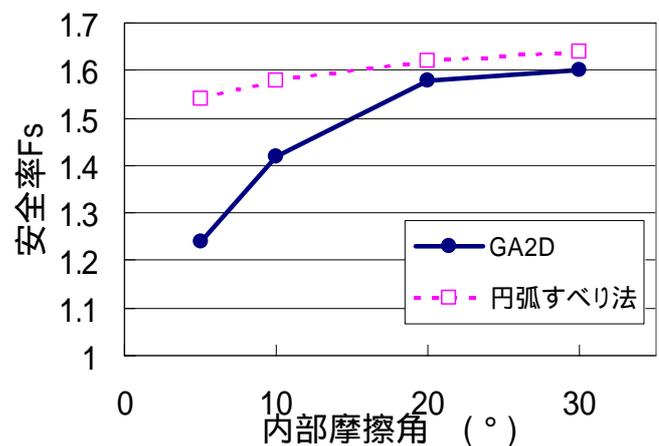


図-3 安全率と内部摩擦角の関係(シリーズ3のc材)

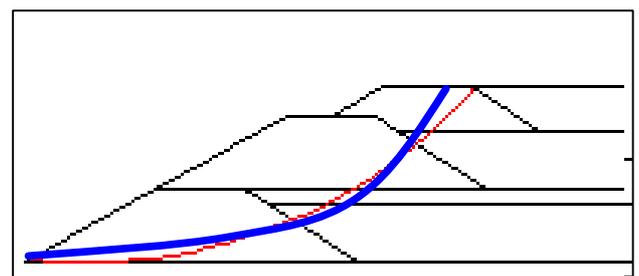


図-4 シリーズ3のc材のすべり面形状

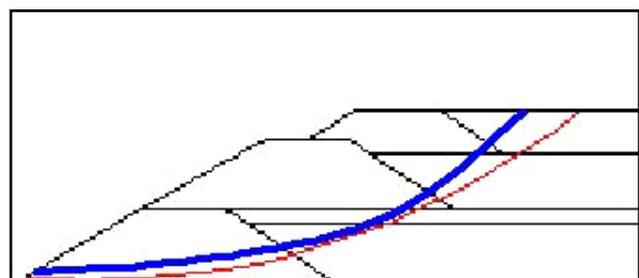


図-5 シリーズ4のc材のすべり面形状

参考文献：1) 鷗飼恵三 (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) 鷗飼恵三 (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