

海面埋立処分場における効果的な押え盛土の構築方法と安定性の検討

福岡大学大学院
福岡大学工学部

学生会員 高野晶子 徳永正治
正会員 佐藤研一 藤川拓朗 古賀千佳嗣

1. はじめに 筆者ら¹⁾は、これまでに片押し工法による海面埋立処分場の埋立て段階において、海中に沈降堆積した廃棄物が軟弱な底部粘土層へ与える影響や廃棄物埋立地盤のすべり破壊の評価を行ってきた。その結果、対策工法の一つとして、埋立てを進行させながら安全・効率的な対策が出来る工法である押え盛土工法を検討している。本報告では、別報²⁾の廃棄物の投入実験の結果を踏まえ、押え盛土が廃棄物埋立地盤の安定性に与える影響及び効果的な押え盛土の構築方法について解析を用い検討した結果について報告する。

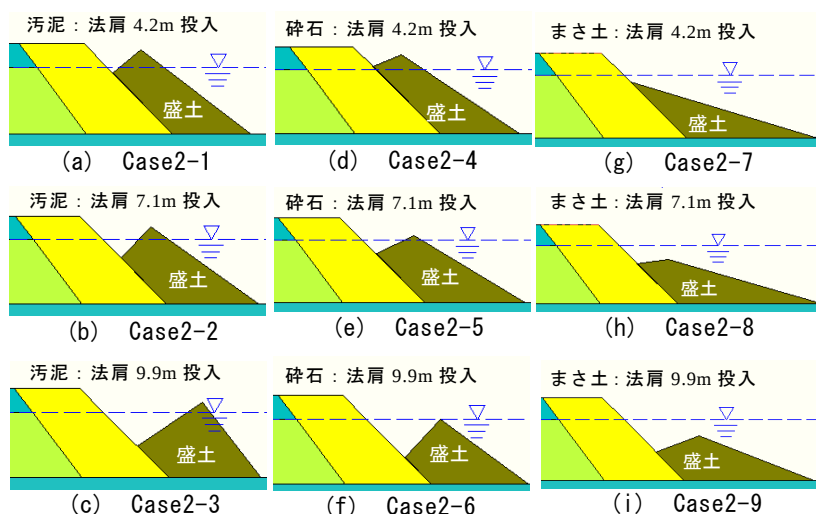


図-1 試料毎の押え盛土の堆積状況をモデル化した図

2. 解析概要

2-1 解析内容 斜面安定解析を行うにあたり、押え盛土堆積地盤の重量と土質定数が重要なパラメータになる。そのため、押え盛土の堆積特性の把握と、測定誤差の少ない堆積密度の測定方法による堆積密度の把握が重要となる。そこで、投入試料・投入位置の違いによる堆積特性の把握及び押え盛土の構築方法について実験的な検討を行った²⁾。今回、押え盛土の効果の検討をするにあたり、モデル投入実験での押え盛土の堆積状況を基に作製した押え盛土の解析モデルを図-1に示す。安定解析は、廃棄物埋立地盤のモデルとして、実際にすべりが生じた海面埋立処分場を用い、斜面安定計算システム (COSTANA)¹⁾にて行った。解析に用いた土質定数を表-1に、解析結果を図-2に示す。解析結果より、最小安全率は0.980となり、埋立て地盤の安定性を確保するためには、対策工が必要であることが判明している¹⁾。そこで、押え盛土の効果の検討を行うにあたり、押え盛土の土質定数は、別報²⁾の投入実験から得られた湿潤密度等のデータを参考にし、解析を実施した。解析の円弧の設定は図-2に示す解析結果の最小安全率を示した円弧の中心座標に固定し、図中に示すNo.5の層にすべり面の通るエリアを固定した場合と固定しない場合の2つの検討を行い、斜面安定解析を行った。

2-2 投入条件の違いが埋立地盤の安定性に及ぼす影響 押え盛土の堆積特性が廃棄物埋立地盤の安定性に与える影響を検討するにあたり、図-1に示す堆積状況のモデル図を用いた。モデル図では室内試験の状況を踏まえ現場のスケールに合わせ、法肩からの押え盛土材の投入位置の設定を行った。解析に用いた押え盛土の土質定数を表-2に示す。ここで、飽和及び湿潤単位体積重量は、別報²⁾で示している土槽実験の結果を踏まえ、土質材料毎の最大・最小の堆積密度の値をそれぞれ用いた。また強度定数については、汚泥の場合実際の処分場での採取値を用い、他の2

表-1 使用した各土質定数

要素 No	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_t (kN/m^3)	γ_w (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ ($^\circ$)
No.1	18.00	15.00	10	60.0	0
No.2	15.00	14.00	10	38.0	0
No.3	15.00	14.00	10	25.0	0
No.4	15.00	13.00	10	12.0	0
No.5	14.00	10.00	10	11.1	0
No.6	15.00	15.00	10	14+1.9z	0
No.7	20.00	18.00	10	0.0	25
No.8	14.00	14.00	10	23.0	0
No.9	14.00	14.00	10	45.0	0

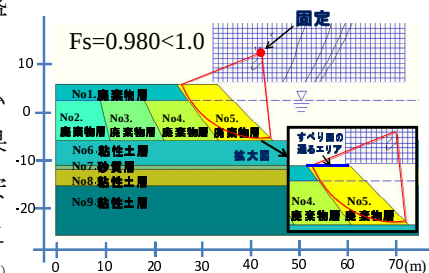


図-2 解析結果

表-2 押え盛土の土質定数

Case	試料	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_t (kN/m^3)	γ_w (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ ($^\circ$)
2-1	汚泥	13.00	10.00	10	6.3	0
		15.00	13.00	10	6.3	0
		13.00	10.00	10	6.3	0
		15.00	13.00	10	6.3	0
2-2	汚泥	13.00	10.00	10	6.3	0
		15.00	13.00	10	6.3	0
		13.00	10.00	10	6.3	0
		15.00	13.00	10	6.3	0
2-3	汚泥	13.00	10.00	10	6.3	0
		15.00	13.00	10	6.3	0
		13.00	10.00	10	6.3	0
		15.00	13.00	10	6.3	0
2-4	砕石	18.00	13.00	10	0	40
		19.00	15.00	10	0	40
		18.00	13.00	10	0	40
		19.00	15.00	10	0	40
2-5	砕石	18.00	13.00	10	0	40
		19.00	15.00	10	0	40
		18.00	13.00	10	0	40
		19.00	15.00	10	0	40
2-6	砕石	18.00	13.00	10	0	40
		19.00	15.00	10	0	40
		18.00	13.00	10	0	40
		19.00	15.00	10	0	40
2-7	まさ土	19.00	18.00	10	0	35
		20.00	20.00	10	0	35
		19.00	18.00	10	0	35
		20.00	20.00	10	0	35
2-8	まさ土	19.00	18.00	10	0	35
		20.00	20.00	10	0	35
		19.00	18.00	10	0	35
		20.00	20.00	10	0	35
2-9	まさ土	19.00	18.00	10	0	35
		20.00	20.00	10	0	35
		19.00	18.00	10	0	35
		20.00	20.00	10	0	35

つの土質材料は設計要領³⁾を参考にし、安定性の検討を行った。

3. 解析結果

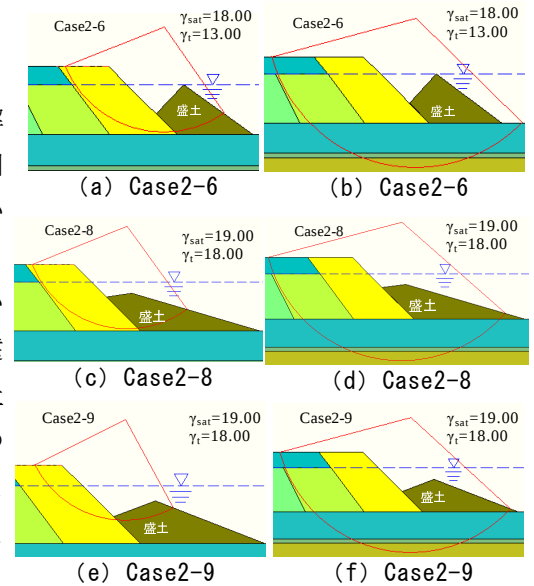
3-1 投入条件の違いが埋立地盤の安定性に及ぼす影響 図-3 に解析例、表-3 に解析結果を示す。ここでは、すべり円弧のエリアを固定したものとは非固定のものと比較している。押え盛土の効果については、どの結果も $F_s > 1$ を充たし、押え盛土の効果を得られることが判明した。また、どの盛土材料においても投入位置が最も遠い 9.9m において安全率が最大を示したことから、なるべく法肩より遠い位置に押え盛土材を投棄することが好ましいことが分かる。盛土材料別にみると、汚泥の場合、単位体積重量が $13 \sim 15 \text{ kN/m}^3$ と他の試料よりも低いため、安全率が低いことが分かる。一方、砕石やまさ土の場合、押え盛土の単位体積重量が $18 \sim 20 \text{ kN/m}^3$ と高いため、すべり円弧を非固定で解析を行った場合では、底部粘土層をすべり面が通過するものの方が、すべり円弧固定の結果より低い値を示す結果となった。図-3(e), (f) に示す Case2-9 の結果はすべり円弧固定の場合、斜面先破壊を示した。その結果から、まさ土の土質定数では、安全率は 1 を満たしているが、盛土材料によっては、押え盛土が起因となり廃棄物埋立地盤が斜面内破壊を生じることが懸念される。以上の結果から、片押し工法による埋立地盤の押え盛土対策法としては、廃棄物埋立地盤の斜面上に押え盛土を堆積させる方法よりも法尻側に押え盛土を広く堆積・構築する方が有効であることが示唆された。

3-2 効果的な押え盛土の構築方法の検討 上記の結果から、効果的な押え盛土の構築方法を検討するために、高い安全率を示した解析モデルを用いて解析を行った。最も高い安全率を示した砕石とまさ土のモデル Case2-6, Case2-8 にて土質定数が安定性に及ぼす影響について検討を行った。今回、堆積形状は変化させずに、土質定数を変化させることによる安全率の変化について検討を行った。解析に用いた土質定数及び解析結果を表-4 に示す。ここで土質定数の値は表-2 に示している土質材料のものである。3-1 の結果と同様、汚泥は他の土質材料より安全率の変動が少ないことが分かる。また、Case2-6 の形状毎で比較を行うと、Case3, 4 のまさ土の場合が高い安全率を示したため、まさ土の土質定数を用いる方が安全率が向上していることが分かる。従って、せん断抵抗角の数値も重要であるが、単位体積重量の大きさが安定性に影響していることが示唆される。一方、Case2-8 の形状の場合、Case7, 8 に示す砕石の土質定数を入れても表-3 の Case2-8 のまさ土の安全率と殆ど差が出ない結果となった。今回の安定計算結果から、Case 2-8 のように斜面の勾配を緩くする押え盛土構築方法の方が、投入廃棄物の物理特性が違っていてもある程度の安全率が確保でき、押え盛土の単位体積重量の影響は受けにくく、管理しやすい埋立てが実施できることが示された。

4. まとめ 1) 押え盛土対策方法は、埋立地盤の斜面の法尻側に押え盛土を構築することが有効であると考えられた。2) 廃棄物埋立地盤の勾配を緩くする押え盛土を施工することで、投入廃棄物の物理特性が異なる材料においても、地盤の安定性が確保でき、安全に管理し易い埋立て処分が実施できることが明らかとなった。

謝辞 本研究を進めるにあたり、宇部興産コンサルタント(株)の堀敬史氏、森岡研三氏、田中浩氏のご協力を得ました。末筆ながらここに記して謝意を表します。

【参考文献】 1) 高野ら:海面埋立処分場における片押し工法による安定性評価と押え盛土の検討,第 10 回環境地盤工学シンポジウム,pp255-258,2013.9 2) 徳永ら:海面埋立処分場の安定性を考慮した廃棄投入方法の検討,平成 26 年度土木学会西部支部研究発表会(投稿中) 3) 設計要領 第一集 土工編: NEXCO, 平成 18 年 7 月



すべり円弧固定 すべり円弧非固定

図-3 解析例

表-3 モデル図の解析結果

Case	材料	断面積 A (m ²)	安全率
2-1	汚泥	78.22	1.20
			1.24
2-2		87.72	1.33
			1.44
2-3		82.92	1.53
			1.83
2-4	碎石	74.20	1.71 (1.69)
			1.80 (1.71)
2-5		86.10	1.80 (1.72)
			2.93 (1.95)
2-6		74.58	2.90 (1.91)
			3.28 (1.95)
2-7	まさ土	57.64	1.79
			1.87
2-8		78.60	2.23 (2.14)
			2.41 (2.23)
2-9		71.68	2.30 (2.12)
			2.43 (2.20)

※()書きはすべり円弧非固定時に安全率が変化したもの

表-4 解析に用いた土質定数及び解析結果

Case	形状	材料	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_t (kN/m^3)	γ_w (kN/m^3)	c (kN/m^2)	ϕ ($^\circ$)	安全率
1	2-6	汚泥	13.00	10.00	10	6.3	0	1.37
2			15.00	13.00	10	6.3	0	1.51
3		まさ土	19.00	18.00	10	0	35	3.00 (1.95)
4			20.00	20.00	10	0	35	3.38 (2.00)
5	2-8	汚泥	13.00	10.00	10	6.3	0	1.32
6			15.00	13.00	10	6.3	0	1.42
7		砕石	18.00	13.00	10	0	40	2.20 (2.06)
8			19.00	15.00	10	0	40	2.41 (2.14)