

1. まえがき

本研究は水中にある砂質土・粘性土互層斜面の安定解析法について極限平衡法の枠組みで検討したものである。斜面は一般に非均質・多様な材料で構成されており、典型的な例として性質の異なる砂質土・粘性土からなる互層斜面がある。こうした互層斜面の安定計算に際して、斜面の一部もしくは全部が水没していたり、斜面内に浸透流が存在する場合、水からの影響をどのように安定計算に反映させるかの難題があり、また载荷条件等により有効応力解析をすべきか、全応力解析をすべきか、といった問題点も指摘できる。本研究では、すべり面が砂質土層にあるか、粘性土層にあるかに応じて用いるべきせん断抵抗を全応力解析と有効応力解析の立場から議論すると共に、すべり土塊が水から受ける力の評価法に考察を加える。最後に簡単な解析例を通して、水中にある砂質土・粘性土互層斜面を解析する場合の注意事項を述べる。

2. スライス底面のせん断抵抗の評価

図1は水中にある砂質土・粘性土互層斜面の模式図を示す。図中の斜面上に構造物を建設する場合を想定し、荷重（図中の分布荷重 q ）の载荷直後について議論を展開してみよう。図1の太線は仮定すべり面を、また $abcd$ 及び $efgh$ はそれぞれ底面が砂質土にあるスライスと底面が粘性土にあるスライスを表す。これらのスライスに作用する力を示したのが図2である。スライス $abcd$ の底面が砂質土にあるため、そのせん断抵抗を有効応力の立場から評価しなければならない。つまり、すべり面の砂質土層にある部分に有効応力強度定数 $c'-\phi'$ を用いて安定計算を行うべきである。この際、スライス底面に作用する水圧を知らなければならないが、砂質土の透水性が高いため、過剰間隙水圧は発生しないと見て良い。すなわち、図1に示すようにスライス $abcd$ の底面の間隙水圧は底面中心から斜面外の水位までの鉛直距離（圧力水頭 z ）を用いて計算すれば良い。

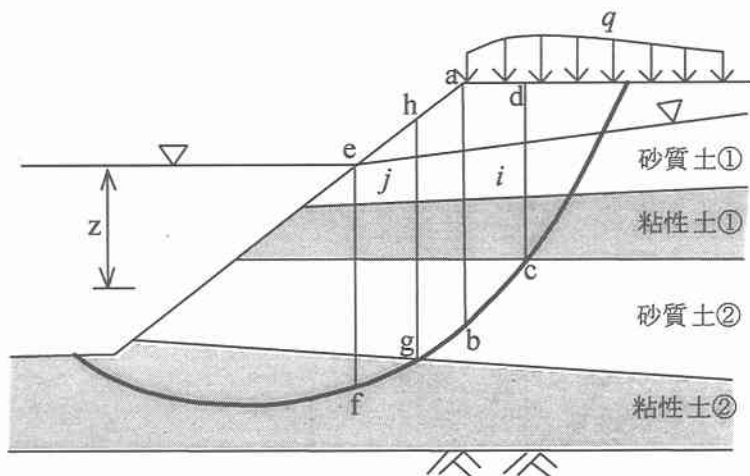
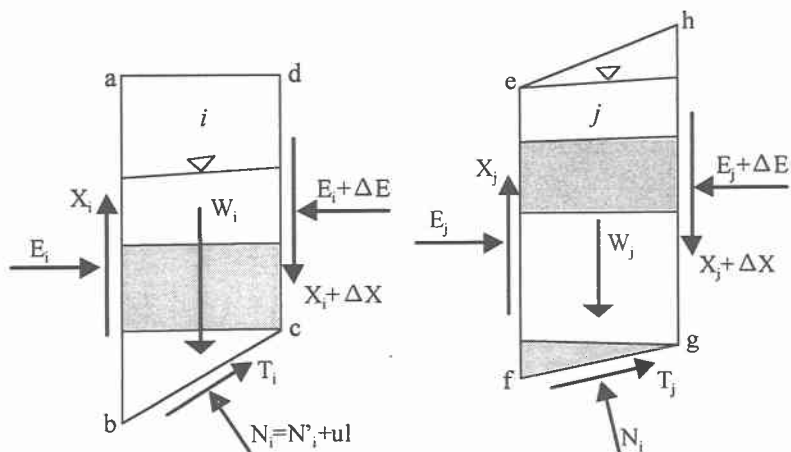


図1 水中にある砂質土・粘性土互層斜面

一方、粘性土地盤の安定計算に際しては载荷条件や土の排水状態に応じて有効応力解析を行うべきか、全応力解析を行うべきか適切に判断する必要があるとされている。しかし、図1のような互層斜面では、载荷直後粘性土層の過剰間隙水圧を正確に評価するのが非常に困難なので、有効応力による安定計算が不可能に近いと言える。従ってスライス底面が粘性土にある場合（例えば、スライス $efgh$ ）、必然的に全応力の立場からスライス底面のせん断抵抗を評価することになる。つまり、すべり面の粘性土層にある部分に粘土の非排水強度 c_u を用い安定計算を行うべきである。



(A) スライス底面が砂質土の場合 (B) スライス底面が粘性土の場合

図2 スライスに作用する力

3. 水からの影響について

すべり土塊が水から受ける力の評価法に「浸透力+水中重量法」と「全重量+全間隙水圧法」とがある¹⁾. 斜面内の浸透力の分布を明らかにするのが困難なため, 普通後者の「全重量+全間隙水圧法」が用いられる. この際, スライス側面の間隙水圧を静定力と取るか不静定力と取るかという議論がなされている¹⁾⁻²⁾. 簡便分割法の場合, スライス側面の水圧を不静定力とみなすと, より小さい安全率が与えられ¹⁾, 側面水圧が大きくなるほど安全率が小さくなる傾向が見られる²⁾. 一方, 簡易Bishop法やSpencer法の場合, 側面水圧を不静定力としても静定力としても安全率はほぼ同一である²⁾. 図1のような互層斜面では, 粘土層内の過剰間隙水圧がわからないので, 側面の水圧を不静定力として考えざるを得ない. この時, 簡便法を用いると, 安全率が過小評価になることが予想されるので, 簡易Bishop法やSpencer法を用いて安定計算を行うことが好ましい.

4. 解析例

ここでは簡単な計算例として図3に示す部分水中(浸透流がない)互層斜面を採用した. 斜面上等分布荷重(49kPa)の载荷直後と载荷前の二ケースについて簡易Bishop法による安定計算を行った. 各土層の物性値を表1に示す. 粘性土の c' と ϕ' はHead³⁾の圧密非排水三軸試験データによる値, つまりそれぞれ12.0kPa, 26.5°とした. また, 各粘性土層の中間位置の有効土被り圧をその位置の σ'_1 とし, 得られた σ'_1 より $c'=12$ kPa, $\phi'=26.5^\circ$ の破壊線に接するモール円を描き, その粘土層の非排水強度 c_u を推定した. なお, 各砂層の ϕ' を表1に示す通りに仮定し, c' をゼロとした.

载荷直後の臨界すべり面と最小安全率を図4に示す. 無論粘性土に非排水強度 c_u を用いた. 比較するため, 载荷前の斜面の安定計算も行った. その結果, 粘性土に非排水強度 c_u を用いて得られた臨界すべり面は図5の破線である. 载荷前の場合, 粘土層の間隙水圧が静水圧として分かっているため, 粘性土層に対して有効応力解析も行った. その結果, 図5の実線の臨界すべり面が得られた. 全応力解析による最小安全率は有効応力解析のそれよりやや大きい値となっている.

5. あとがき

水中にある砂質土・粘性土互層斜面を解析する際, 粘性土層の過剰間隙水圧を正確に評価するのが大変困難なため, 以下の二点に注意が必要である: ① 粘性土の強度を全応力の立場から, また砂質土の強度を有効応力の立場から評価する; ② 安全率算定式として簡便分割法の使用を避け, スライス側面の水圧を不静定力と見なしても安全率の評価に影響しない簡易Bishop法や殆ど影響しないSpencer法等を採用する.

参考文献:

1) 山上・植田 (1982): 土と基礎, Vol.30, No.12.
2) 鶴飼・細堀 (1985): 土と基礎, Vol.33, No.4.
3) Head K. H.(1986): Manual of Soil Laboratory Testing, Vol.3: Effective stress tests, p.965, Pentech Press, London.

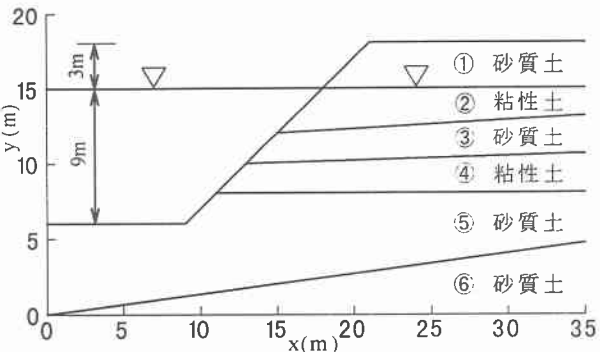


図3 解析断面 (部分水中互層斜面)

表1 解析例の物性値

	c' or c_u (kPa)	ϕ' (°)	γ / γ_{sat} (kN/m ³)
①砂質土	0.0	32.0	18.13 / 18.62
②粘性土	$c'=12.0$	26.5	16.66 / 18.13
	$c_u=26.46$	0.0	
③砂質土	0.0	30.0	16.66 / 17.64
④粘性土	$c'=12.0$	26.5	16.66 / 18.13
	$c_u=40.81$	0.0	
⑤砂質土	0.0	29	16.66 / 17.64
⑥砂質土	0.0	38	17.64 / 18.62

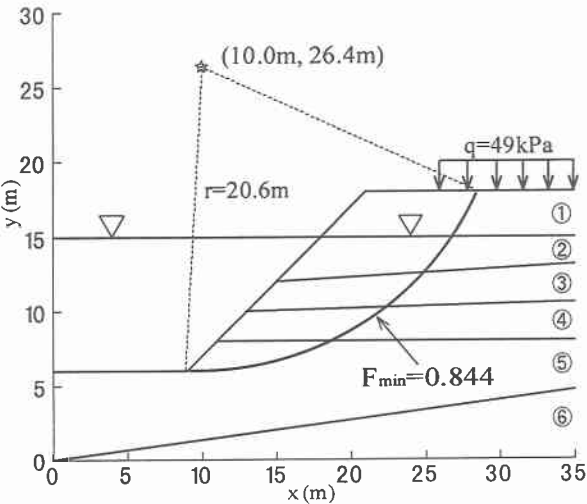


図4 载荷直後の臨界すべり面と最小安全率

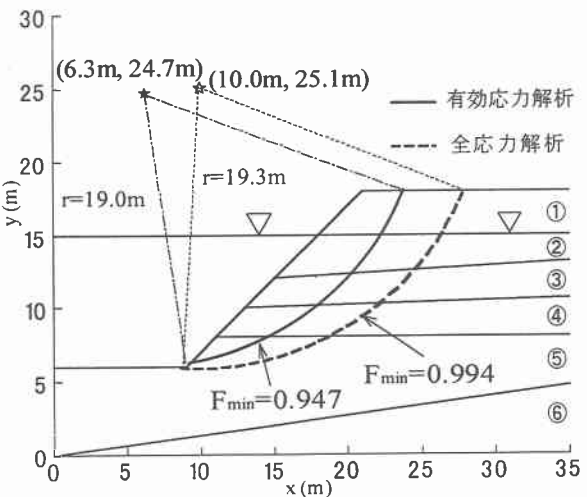


図5 载荷前の臨界すべり面と最小安全率