

II-14 弱面を含む斜面の安定解析

長崎大学 学〇植口 敏昭
 正 伊勢田 哲也
 正 棚橋 由彦

1. まえがき

過去の自然斜面の破壊の状態から、すべり面は均質な土質の中には発生せず、軟弱な粘土層、風化層等の異なる境界面に発生している事例が多く報告されている。そのため筆者らは、地表面に平行な不連続面を含む土質斜面を例にとり、先に報告した、摩擦力を考慮したFEM解析により計算した。

2. 解析方法及び条件

1) 解析方法は先述の摩擦力を考慮したFEM解析に依った。解析方法の詳細は、別途報告されているのでここではふれない。尚土質内部の局部的な破壊に関しては、下に述べるような方式に従った。

2) 引張破壊を考慮するために便宜上モール・クローン則の引張部分を内張で修正した破壊規準を採用した。又各要素がどれだけ破壊に近づいているかを示す指標として、破壊直前度 R なる値を導入した。(Fig. 2) (1)

$\sigma_n > c \tan \phi$ の要素は悉極的にはすべり破壊が予想され、 $\sigma_n < c \tan \phi$ の要素は引張応力による破壊が予想される。

(i) $\sigma_n \geq c \tan \phi$

$$R = \frac{\tau_{max}}{c \cos \phi + \sigma_n \sin \phi} = \frac{\bar{C}D}{C_1 T}$$

(ii) $c \tan \phi > \sigma_n > c (\tan \phi - \sec \phi)$

$$R = \frac{\tau_{max}}{\sigma_n - c (\tan \phi - \sec \phi)} = \frac{\bar{C}A}{C_2 B}$$

(iii) $c (\tan \phi - \sec \phi) \geq \sigma_n$

$$R = \infty$$

3) 解析モデルはFig. 1に示す。断面下($Y < 0$)、A、B部分は堅固な異なる岩盤である。G、 δ は地盤岩盤との粘着力及び、摩擦角である。

4) 解析に用いた、土の強度変形特性値を表-1に示す。又引張およびせん断破壊した要素のみ物性値を表-1のように変化させ、破壊を表現した。

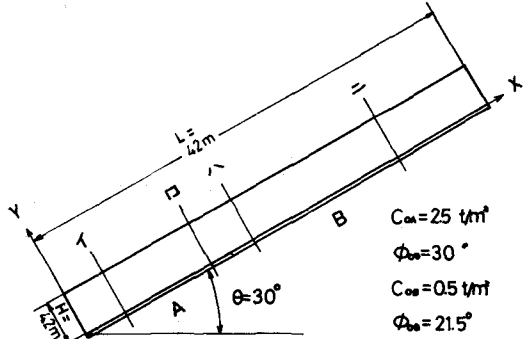


Fig 1

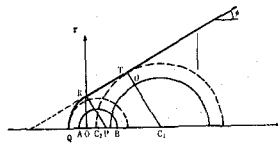


Fig 2.

$$P(c \tan \phi, 0)$$

$$Q(c \tan \phi - \sec \phi, 0)$$

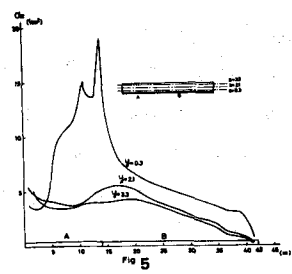
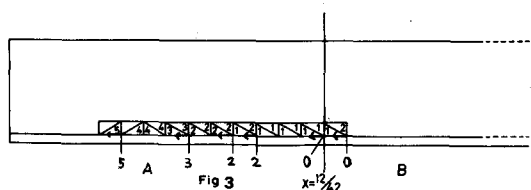
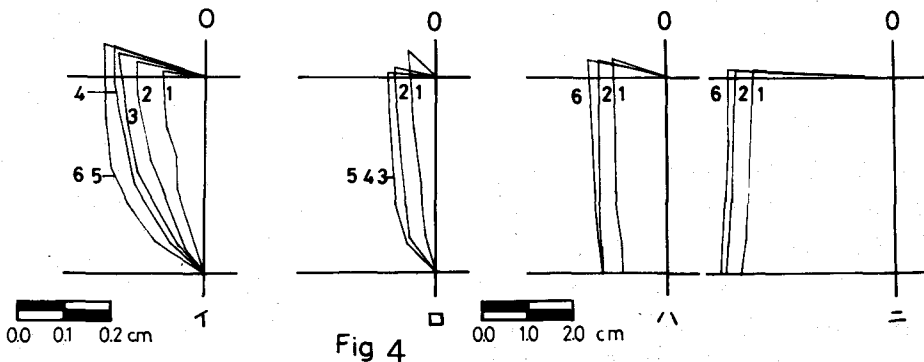
$$R(0, C)$$

	E_1 t/m ²	E_2 t/m ²	G_2 t/m ²	ν_1	ν_2
破壊前の土	2000.	2000.	769.2	0.3	0.3
せん断破壊後の土	2000.	2000.	0.77	0.3	0.3
引張破壊後の土	2000.	0.2	769.2	0.3	0.3
	γ t/m ³	C t/m ²	ϕ°		
土の強度特性	1.6	2.5	30.0		

表—1

C : 土の粘着力 C_0 : 平均主応力
 ϕ : 土の内部摩擦角 τ_{max} : 最大せん断力

土と岩盤のすべりを表現するために、それぞれに節点を設けた。最初は剛結にする。 $C \cdot l + RY \cdot \tan \phi \leq RX$ により、すべりを判断し、すべるならば水平方向の剛結を解き、その節点に $C \cdot l + RY \cdot \tan \phi$ なる摩擦力を加え、平衡状態にする。ここに RX は X 方向の節点力、 RY は Y 方向の節点力、 l は G の影響長さである。



3. 解析結果、及び考察

1) 局所的な破壊発達の様子

岩盤と土の節点を全部剛結させて計算した結果をSTEP0とし、以下逐次の回数が増えるごとに、1, 2, 3とする(以下においても同様とする) 破壊した要素にSTEP数を書き入れた。破壊は応力集中が激しいAとBの境界付近から始まった。破壊は徐々に左方に発達しSTEP5以降の破壊はみられなくなった。岩盤と土の境界面のすべりについては、矢印とSTEP数で示した。尚 $X = l/2$ より右方の境界面においては、STEP0で徐々の節点がすべる結果となった。(Fig. 3)

2) 変位図

Y 軸と平行な種々の断面イ、ロ、ハ、ニを設定し、STEPの進行に伴う各断面の変位分布の変化を示した。(Fig. 1, Fig. 4), 尚、ここで述べる変位とは、物体力の影響を差し引いた、要素の破壊、地盤のすべりのみの影響による変位のことである。断面イでは、破壊した要素が無いので、断面ロ、ハ、ニに比べて変位が著しく小さい。底部の拘束の影響が小さくなるにつれ、つまり、イロハニの順に変位は均一分布に近くなり、てくるのが読みとれる。

3) X軸方向断面応力分布

Fig. 5は、高さ $y = 0.3m$, $y = 2.1m$, $y = 3.3m$ の3種のX軸方向に沿った断面での Q_x の応力分布図を描いたものである。一般にA, B部の境界で応力集中が生じ、下層部分程この値は大きい。 $y = 0.3m$ の下層部分において、A部は Q_x が小さく、そのためB部上の土塊の移動が拘束されることになり、 Q_x は激増する次に $y = 3.3m$ の上部の方では、かなり底部の拘束の影響が減少する。又 $y = 2.1m$ の約中央の高さでは、上層部の土塊の動きと下層部の動きの影響が相重なり Q_x の分布は、前述の2横断面の平均的な値が表われている。

1) 伊勢田, 棚橋: 「弱面を含めた自然斜面の逐次破壊現象の有限要素解析」 長崎大学工学部研究報告 昭和48年12月 P84, P85