

京大 正 太田秀樹  
 ○京大 学 深川良一  
 基礎地盤 正 後藤政昭

### 1. はじめに

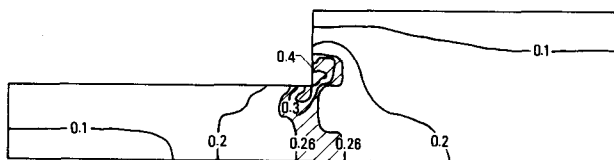
切取り斜面の安定は通常円弧すべりなどの方法で解析されるが、そのような解析法を用いた場合、たとえばロックボルトやアースアンカーのようなもので切取り斜面の安定性を向上させようという意図でその効果を推定しようとしても、すべり面を横切るボルトのせん断強度を考慮するというような方法しは適用できない。この方法ではボルトの補強効果はごく小さなものになってしまう、現実経験されるボルトの効果を計算上出すことができないように思われる。ここではロックボルト工によりせん断力を受けた地山材料の体積膨張をさまたげ、それによって地山材料が大きなせん断抵抗力を発揮するのではなかろうかという期待をもって一連の解析を試みたものを報告する。なおこれは52年度文部省科学研究費により行なわれた研究の一部であることを付記し、謝意を表する。

### 2. 有限要素法による無次元解析

切取りによる斜面内の応力分布を調べるために4種類の斜面角に対して弾性論による有限要素解析を行なった。計算結果に一般性をもたせるため、すべての物理量を無次元化して計算した。用いたプログラムはDesai and Abel (Introduction to the finite element method 1972) に示してあるものを奥口秀雄(京大・防災研)が多少の修正を加えてみ直したものを利用した。切取り前の初期応力分布の計算に用いる全応力表示の $K_0$ 値は地下水圧の影響を考慮してDunlop, Duncan & Seed (1968) の示唆に従がい $K_0=0.8$ とした。

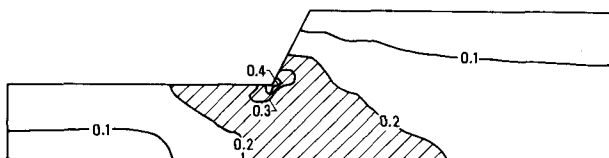
### 3. 最大せん断応力( $T_{max}/\gamma H$ )の分布

図-1は最大せん断応力 $T_{max}$ (モールの応力円の半径)を $\gamma H$ ( $\gamma$ :地山材料の単位体積重量,  $H$ :斜面高さ)で割った値の分布を示したものである。図中斜線の部分はTaylorによる安定数 $c/\gamma H$ を越えるような $T_{max}/\gamma H$ の分布領域を示している。すなわち、もし地山材料が $c=0$ なる材料であれば、しかも斜面がTaylorによる解析で1度安全率1の状態にあるとすれば、斜線内の領域では材料が完全に破壊状態にあるこ



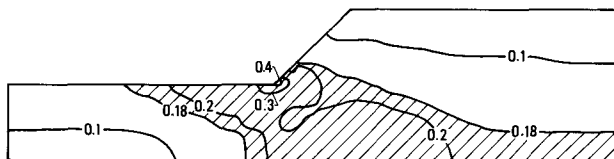
(a) 直角斜面

Taylorの安定数  $c/\gamma H = 0.26$  (斜面先破壊)



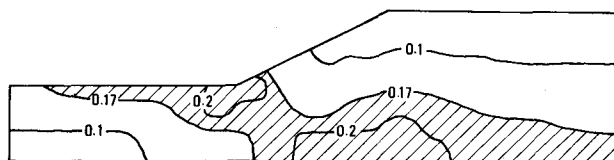
(b) 5分勾配斜面

Taylorの安定数  $c/\gamma H = 0.2$  (斜面先破壊)



(c) 1割勾配斜面

Taylorの安定数  $c/\gamma H = 0.18$  (底部破壊)



(d) 2割勾配斜面

Taylorの安定数  $c/\gamma H = 0.17$  (底部破壊)

図-1  $T_{max}/\gamma H$ の分布と安定数との比較

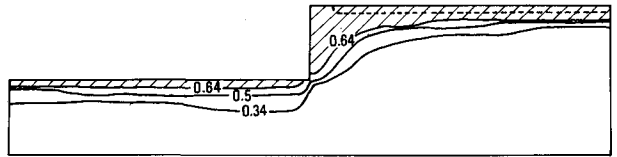
とを意味する。したがって斜線の領域付近に重点的に補強し、材料の強度を上げることができれば、斜面の安定性を向上させるのに効果的であろうと思われる。また地山材料が $c=0$ 材料となりしとしても、斜線の領域特に斜面先付近では平均主応力が減少するので地山材料は膨張しようとする。その結果吸水軟化が見られる可能性が強く、これも阻止するために、ロックボルト工による地山材料の体積膨張低減効果を期待することも、斜面の長期安定に役立つと考えられる。

#### 4. 最大応力比 ( $T_{max}/\sigma_N$ ) の分布

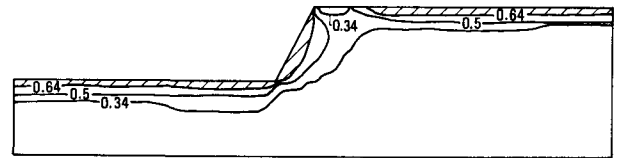
地山材料の強度が動員されている場合、各別の面から検討するために、最大せん断応力  $T_{max}$  と  $\sigma_N = \frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3) = \frac{1}{2}(\sigma_x + \sigma_y)$  で割った値の分布を調べたのが図-2である。もし地山材料が、 $c=0$ 材料であれば  $T_{max}/\sigma_N$  は動員されているせん断抵抗角（全応力表示）と等価であり、

$$T_{max}/\sigma_N = \sin \phi$$

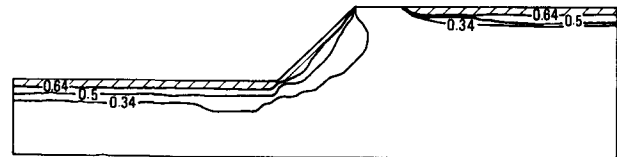
とこの関係が示される。図中  $T_{max}/\sigma_N$  が 0.64, 0.5, 0.34 の値で区切られているが、これはそれぞれ  $\phi = 40^\circ, 30^\circ, 20^\circ$  に対応する。したがって、0.64 の線がこぎれた斜線部分では、もし  $c=0$  とすれば  $\phi=40^\circ$  以上の抵抗角が発揮されているということを意味し、もし地山材料の持つ強度が  $c=0, \phi=40^\circ$  であるならば、斜線内の領域は破壊状態になっていることを示す。ただしここでの  $\sigma_N$  は地下水圧も含んだ形になっているので、厳密な意味では  $T_{max}/\sigma_N$  の物理的意味を明らかにすることはできない。したがって、あくまで、定性的な話である。また図によれば  $c=0$  材料で最も危険な領域は斜面表面を含む地表面の近く近くである。多くの材料は長期的には  $c=0$  材料であると考えられるので、斜面の表面などは降雨によるみかけの  $c$  を失ったとき崩落する可能性を帯びているといえる。自然斜面を形成するような多くの材料が長期経過後に  $c=0$  材料になるためには、望イレイタレーションや平均主応力の減少に起因する吸水膨張がなくならない。このような膨張を、ロックボルト工によってある程度まで抑えることができるとすれば、図-2の斜線領域内、特に斜面表面にロックボルト工を施すことにより、斜面の安定を向上させることができると考えられる。



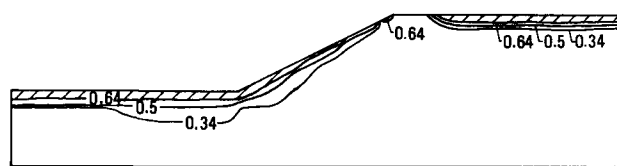
(a) 直角斜面



(b) 5%勾配斜面



(c) 1%勾配斜面



(d) 2%勾配斜面

図-2 最大応力比  $T_{max}/\sigma_N$  の分布

$$\begin{aligned} T_{max}/\sigma_N &= 0.64 = \sin 40^\circ \\ T_{max}/\sigma_N &= 0.50 = \sin 30^\circ \\ T_{max}/\sigma_N &= 0.34 = \sin 20^\circ \end{aligned}$$

図-2の斜線領域内、特に斜面表面にロックボルト工を施すことにより、斜面の安定を向上させることができると考えられる。

#### 5. まとめ

地山材料が斜面切取りに際して起こる体積変化（特に膨張）をロックボルト工によってある程度阻止することができるとすれば、切取り斜面の安定性を向上させる目的で、図-1、図-2の斜線部分付近にロックボルト工を施すことは工学的に有効であると考えられる。ロックボルトによる地山材料の体積膨張拘束効果や、それによって生じる強度増大または強度低下阻止の度合いに関しては、別の機会に報告したいと考えている。