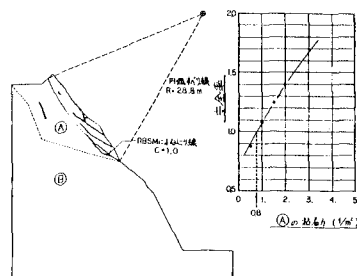


佐藤工業(株) 正員。矢田 敬
東大生研 正員 竹内 則雄
東大生研 正員 川井 忠彦

1. はじめに: 斜面の安定性を調べることは、斜面破壊時の事故の大きさを考えると、非常に重要な問題である。従来、斜面の安定解析には円弧すべり面を用いた方法が多く使われてきた。また近年、有限要素法による解析も多く試みられ、一応の成果を上げている。しかし、前者の方法は、複合すべり面が生じたり、多層地盤である場合にはすべり面の決定が難しく、また後者の方法も、あくまで連続体近似であり、すべりを十分表現しているとはいえない。一方、川井によって提案された新離散化モデル(Rigid Body Spring Model, 以下RBSMと略す)^{1)~4)}は、要素自身を剛体とし、要素境界面上に連続的に分布したスプリングを仮定しているため、要素間のすべりを容易に表現することができ、また与えられた要素分割に対する最良の上界が得られる保証がある。ここでは、RBSMを一極化された極限解析用の離散化モデルと理解し、斜面安定のための補助工法の検討に応用した一例を示す。RBSMは、絶対変位量に対する信頼性が低いといえ、すべり線、極限荷重、あるいは変位モードを十分表わし得るモデルであるといえることができる。

2. 解析条件: 解析は平面ひずみ状態で行なう。また、破壊基準としてモールクーロンの直線包絡線を用いる。この条件を用いた場合、降伏関数を $f = \tau_s^2 - (C - \sigma_n \tan \phi)^2$ と置くことにより、塑性流れ則から破壊後のバネマトリクスを容易に導くことができる。ここで、 τ_s :要素境界面上のせん断応力、 σ_n :要素境界面上の垂直応力、 C :粘着力、 ϕ :内部摩擦角である。

3. 物性値: 計算に使用した物性値を図-1に示す。ここで、①の粘着力 0.8 t/m^2 は次のような手順で決定した。DRBSMで①の粘着力が 1.0 t/m^2 の場合のすべり線の発生状況を調べる。2)①の粘着力を変化させて、このすべり線に適合する円弧すべり計算を行ない安全率を求め、安全率-粘着力曲線を描く。3)これより、安全率1.0に相当する粘着力を求める。なお、①、②の境である岩盤線には①の値を使用した。



MATERIAL		①	②
YOUNG'S MODULUS	t/m^2	5.0×10^4	5.0×10^4
	Pa	4.9×10^3	4.9×10^3
POISSON'S RATIO		0.3	0.2
UNIT WEIGHT	t/m^3	1.8	2.6
	KN/m^3	17.7	25.5
COHESION	t/m^2	0.8	80.0
	Pa	7.85×10^4	7.85×10^4
ANGLE OF INTERNAL FRICTION	DEG	36.0	45.0
	RAD	0.63	0.79

図-1 物性値

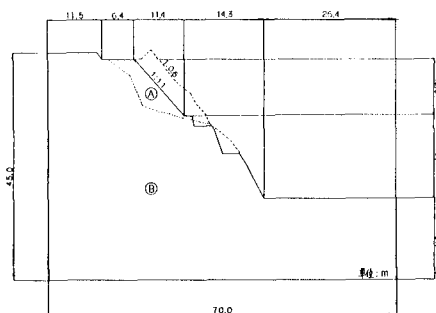


図-2 斜面モデル

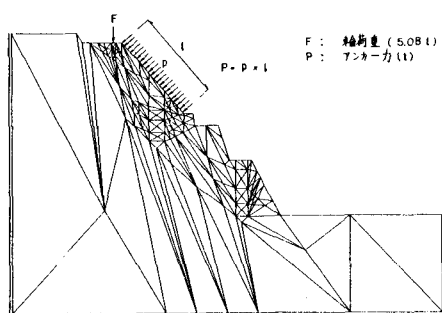


図-3 メッシュ図および荷重条件

4. 数値計算例: 斜面切り取り時の斜面モデルを図-2に、メッシュ図および荷重条件を図-3に示す。斜面切り取り時の計算結果を図-4に示す。この図より、斜面切り取り時のRBSMによるびり線はメカニズムを形成しており、斜面が崩壊する危険性がきわめて高いと考えられる。また、円弧すべり計算のびり線はRBSMのびり線とよく一致しており、安全率を1.0以下の0.99になっていることがわかる。次に斜面安定の補助工法として、アースアンカーを考慮した場合の計算例を示す。アースアンカー力は図-3に示すように、等分布荷重として考慮した。アンカー力が10 tの場合を図-5に、15 tの場合を図-6に示す。これらの図より、アンカー力を増せばびり線が地山の奥へ移動し、減少することがわかる。また、アンカー力が15 tの場合には斜面は比較的安定であると考えられるが、アンカー力が10 tの場合にはびり線が斜面に接近しており、斜面崩壊の危険性が高いと判断される。

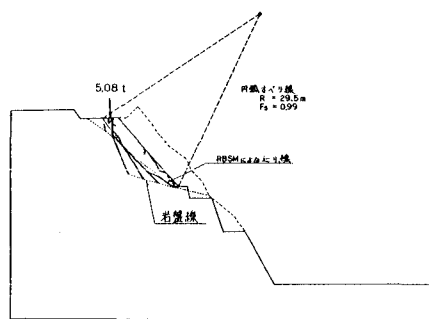


図-4 斜面切り取り時のびり線

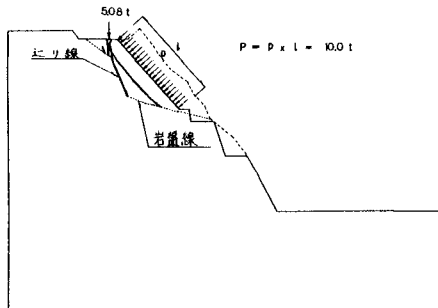


図-5 アンカー力10 tのびり線

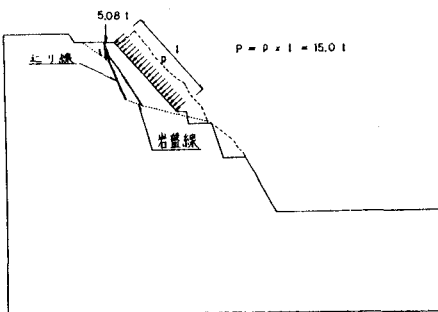


図-6 アンカー力15 tのびり線

5. 土質工学会基準によるアンカー力との比較: 斜面が永久構造物であるための安全率 F_s を1.2とし、 $F_s=1.2$ を得るために必要なアンカー力 P を、土質工学会「アース・アンカー工法」に従って計算する。円弧すべり計算より求めたびり線を図-7のようにモデル化して計算を行なう。安全率 F_s は次式によって求められる。

$$F_s = \frac{MR + (P \cos \beta + P \sin \beta \cdot \mu) R}{MO}$$

したがって、1m奥行き幅当りのアンカー力 P は

$$P = \frac{MO \cdot F_s - MR}{R \cdot \sin \beta \cdot \mu} \quad (\cos \beta \text{ は安全側として無視した})$$

$$\therefore P = \frac{1462.29 \cdot 1.2 - 1445.99}{29.54 \cdot 0.988 \cdot 0.727} = 14.57 \text{ t}$$

となり、前節のRBSMによる結果と比較すると、妥当な値であると考えられる。

6. むすび: RBSMを斜面安定のための補助工法の検討に適用し、良好な結果が得られた。

7. 参考文献: (1) Kwai, T. and Toi, Y. "A New element in discrete analysis of plane strain problems", J. of 'Seisan Kenkyu', Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, 29, 4, pp. 204-207 (1977) (2) Kawai, T. and Chen, C.N. "A discrete element analysis of beam bending problems including the effect of shear deformation", J. of 'Seisan Kenkyu', Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, 30, 5, pp. 165-168 (1978) (3) 竹内・川井 "新離散化モデルによる地盤基礎の極限解析(その3)", 生産研究, Vol. 32, No. 8, pp. 376-379 (1981) (4) 竹内, 桑田, 川井 "新離散化モデルによる地盤基礎の極限解析(その5)", 生産研究, Vol. 33, No. 5 (投稿中)

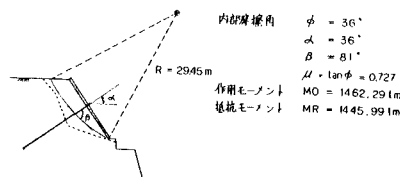


図-7 円弧すべり線のモデル化