

Ⅲ - A183 無限斜面の安定解析法の実用性

鳥取大学(正)榎 明潔・(学)安達和徳・池田勇司
日産建設(正)松浦秀幸 不動産建設(正)中村正邦

1. まえがき

斜面安定解析でスライス法などの数値解法を用いると、安全率を閉じた陽な式で表すことができないことが多く、パラメータの影響が計算してみないと判らない。一方、無限斜面の安定解析法は安全率を簡単な式で表すことができるから、これが斜面問題に適用できると都合が良い。本発表では地すべりや降雨時の斜面崩壊等のすべり土塊の形状が非常に細長いことや、スライス法についての考察から、多くの斜面問題に無限斜面の安定解析法が適用できることを示し、降雨時の斜面表層崩壊にこれを適用して、パラメータの影響を調べる。

2. 斜面崩壊における崩壊土塊の幾何形状に関する調査

図-1に、降雨時に崩壊した愛媛県のまさ土斜面での、崩壊土塊の幾何形状の調査結果を示す。¹⁾平均的には、勾配50°程度の斜面で、厚さH=50cm、長さL=10m、幅15m程度の土塊が滑っていることになる。一般に斜面崩壊では崩壊土塊の厚さが薄くほとんどが表層崩壊である。また、上野²⁾によれば地すべりにおける崩壊土塊の形状もほとんどの場合H/Lが0.1以下であると報告されている。

3. 安定解析法による安全率の相違への土塊形状の影響

斜面の安定解析法として、スライス間力の仮定の異なる各種スライス法が提案されている。図-2は無限斜面としての安全率が1となる斜面を、各種のスライス法を用いて安定解析した結果である。すべり土塊のH/Lの低下とともに、「①解析法による安全率の差がなくなり、②無限斜面としての安全率1に近づく」ことが明らかである。これは、すべり土塊が薄く長くなるとともにどのようなスライス間力の仮定をしても、左右のスライス間力が等しくなってくるため、仮定の影響が消えてしまうためである。

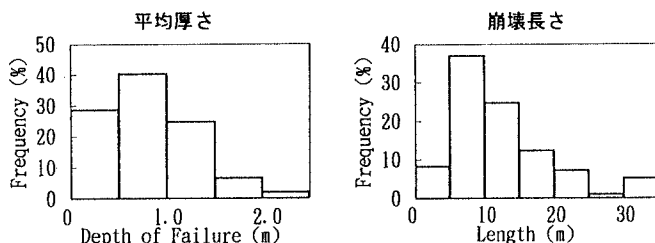
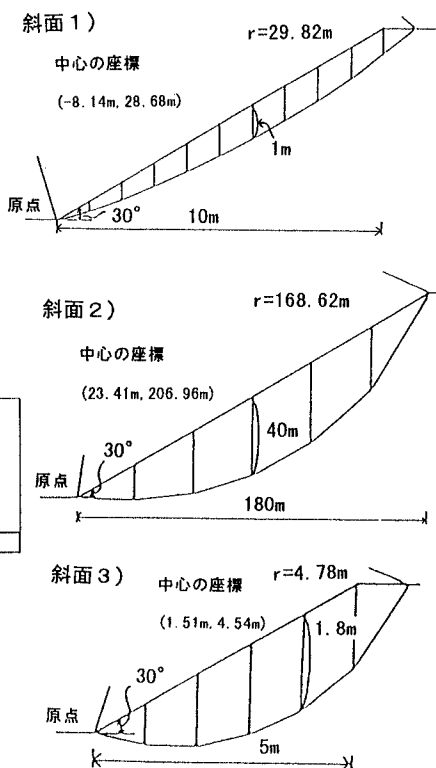


図-1 崩壊斜面での崩壊土塊の幾何形状の調査結果

斜面	H/L	解析法						安全率
		Felle.	Spen.	Bishop	Janbu	GLEW	無限	
斜面1)	<1.0	1.059	1.072	1.072	1.059	1.074	1.000	
斜面2)	=0.2	1.116	1.246	1.250	1.134	1.248	1.000	
斜面3)	>0.3	1.302	1.501	1.505	1.322	1.504	1.000	

図-2 H/Lの異なるすべり土塊に対する各種安定解析法による解析結果の比較



斜面、安定解析、無限斜面、地下水位、植生

〒680鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学工学部土木工学科 TEL 0857-31-5289 FAX 0857-28-7899

ところで、前述したように多くの斜面崩壊・地すべりでは土塊の H/L はかなり小さいので、実用的な意味でも無限斜面の安定解析法を用いてよいことは明らかで、特に降雨による表層崩壊では H/L は0.1以下であるから、すべて無限斜面の安定解析法を用いてよい。なお、図-3はすべり土塊の H/L が大きな値となる支持力問題において、各種のスライス法を用いて支持力を求めた結果である。正解はPrandtlのすべり線法による値18.4と考えられるが、ごく近い値を与えているGLEM³⁾を除いては、支持力・すべり面形状の両方で満足できる解を与える方法はない。

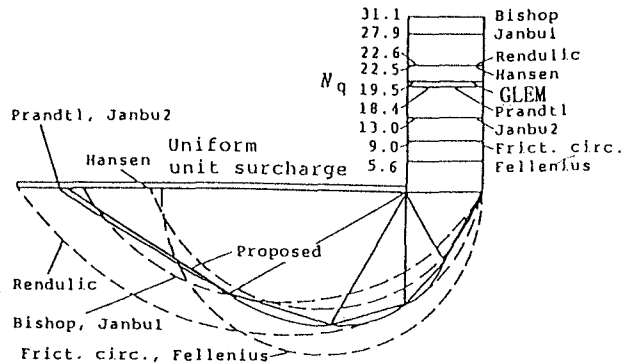


図-3 各種のスライス法による支持力問題解析結果

4. 表層崩壊の可能性

降雨による斜面表層崩壊問題を無限斜面の安定解析法を用いて考える場合、斜面の傾斜を θ 、表層土層厚を H 、浸透流の深さを H_w とすると、 $u = \gamma_w H_w \cos^2 \theta$ に注意して、斜面の安全率は式(1)で求められる。斜面がちょうど崩壊する時の $\gamma_w H_w / (\gamma H)$ を $F_s = 1$ と置いて求めると式(2)を得る。

$$F_s = \left(1 - \frac{\gamma_w H_w}{\gamma H} \right) \frac{\tan \phi_d}{\tan \theta} + \frac{c_d}{\gamma H \sin \theta \cos \theta} \quad (1) \quad \frac{\gamma_w H_w}{\gamma H} = \left\{ 1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi_d} \left(1 - \frac{c_d}{\gamma H \sin \theta \cos \theta} \right) \right\} \quad (2)$$

代表的な数値として $\phi_d = 30^\circ$ を入れて、 $c_d / \gamma H$ をパラメータとして $\gamma_w H_w / (\gamma H)$ と θ の関係を示すと図-4を得る。 $\gamma / \gamma_w = 2$ とすると、同図から、 $\gamma_w H_w / (\gamma H) \geq 0.5$ を越える領域に相当する斜面はどのような降雨にも安定であること、 $0 \leq \gamma_w H_w / (\gamma H) \leq 0.5$ の領域ではその水深以上に地下水面が上昇すると破壊することがわかる。なお、植生の根系によって土は飽和しても失われぬ見かけの c_d を持ち、その値が場合によっては 100 gf/cm^2 を越えることが既に明らかにされており、崩壊斜面の幾何形状調査から γH が一般には 200 gf/cm^2 以下であるため、植生が存在する場合によっては $c_d / \gamma H \geq 0.5$ となることから、植生による斜面安定効果が大きいことが想像できる。

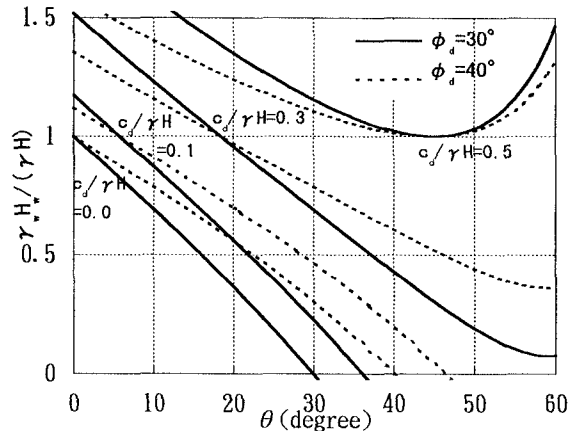


図-4 斜面が不安定になる時の斜面傾斜と地下水位の関係

5. あとがき

提案されているほとんどのスライス法は力学的に無意味と考えられる。なお、無限斜面の安定解析では、斜面崩壊の原理を理解しやすい図解法も用いることも可能であるから⁴⁾、教育的意味も持つと考える。

参考文献 1)八木則男・榎明深・矢田部龍一：降雨による砂質土斜面の崩壊予測、土質学会四国支部斜面崩壊および地すべりの予知と対策に関するシンポジウム発表論文集、pp. 37-42、1988。 2)上野将司：地盤工学者のための地形・地質情報の活用入門講座11. 地形情報の活用例(その5)地すべり、土と基礎、44-6、pp. 51-56、1996。 3)Enoki, et al.: Generalized Limit Equilibrium Method and its Relation to Slip Line Method, S&F, 31-2, pp. 1-13 and S&F, 31-4, pp. 37-47, 1991。 4)榎明深：無限地盤の安定の図解法、土質学会四国支部研究発表会発表講演集、pp. 37-42、1988。