

地形及び地層の形態を考慮した斜面安全率の評価法について

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○学生員 山下芳和

はじめに

本研究は斜面に対する安全率の一つの評価法として、対象とする地形の断面図上における地表面及び地層の境界面の形態を考慮して、そこに想定される円弧すべり面の中から最小の安全率を示すものをシミュレーションにより探索するものである。地表面は、直線、凸、凹の3タイプ、地層形態は、流れ盤、受け盤、水平盤の3タイプ、そして、土質常数 (c , ϕ , γ) の異なる2タイプの土を考え、それぞれの組み合わせにより合計48タイプのモデル斜面について地形、地質、土質条件の関連性により最小安全率を示すすべり面の形状にどのような特性が見られるかを分類評価してみた。なお、この種の解析には、すでにソフト化されたプログラムも市販されているが、本解析は独自の理論で作成したプログラムを使用している。

モデル斜面

本解析に用いた斜面の地表面形態を図1に、モデル斜面とその地層形態を図2に示す。なお、図2において上下の地層の土質常数は表1の記法に対応する。また、斜面の分類には以下の記号を用いた。

表1 土質常数

記 法	$c(t/m^2)$	$\phi (^{\circ})$	$\gamma (t/m^3)$
I ■	0.50	15	1.80
II □	1.00	20	1.80

{ S : 上層 - I, 下層 - II

{ T : 上層 - II, 下層 - I

{ 1 ~ 3 : 流れ盤 (1層目の厚さが変化)

{ 4 ~ 6 : 受け盤 (受け盤角度が変化)

{ 7 ~ 8 : 水平盤 (層の境界位置が変化)

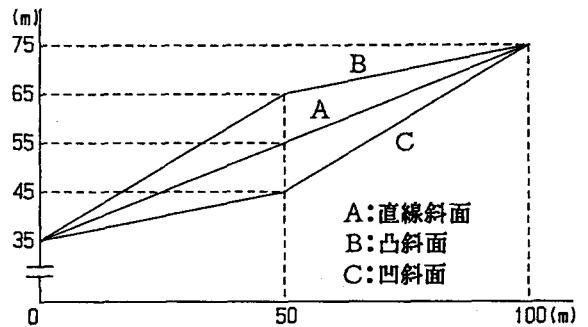


図1 地表面形態と記号

解析条件

- 1) 斜面構成物質は同一地層内で等方均質とする。
- 2) 斜面の左端を脚部、右端を頭部とするすべり面を考える。
- 3) 土質常数は表1に示すとうりである。
- 4) 解析手法はBishop法 (円弧破壊) とする。
- 5) 分割数は20個とする。

解析結果と考察

最小安全率については表2に示すとうりで、BT系の斜面が最も危険と分かる。中でもNo.7は0.8を切っている。また、地層の形態に注目すると流れ盤のNo.1が最も危険と判定できる。

すべり円弧半径については表3に示すとうりでC系の斜面が全体的にかなり半径が小さく、特に土質条件がTタイプとなるとすべてが $R < 100(m)$ を示す。すなわち、すべり面が地中深く入り込んでいくものである。これは表4に示すCT系の崩壊土量がかかなり多いことにも対応する。また、逆にBS系の斜面は半径がかかなり大きく、崩壊土量は全タイプの平均を切って

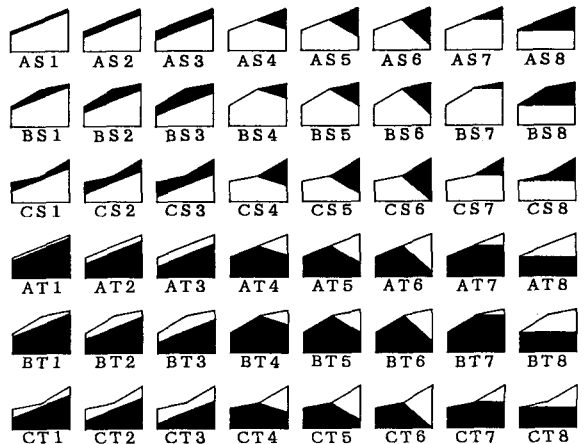


図2 モデル斜面(地表及び地層形態)

表2 最小安全率 (F_s) $\square F_s < 0.8$, $\square 0.8 \leq F_s < 0.9$, $\square 0.9 \leq F_s < 1.0$, $\square 1.0 \leq F_s$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
AS	0.972	0.866	0.869	1.035	1.040	1.013	1.080	0.828	0.963
AT	0.845	0.907	0.966	0.902	0.926	0.921	0.866	1.054	0.923
BS	0.801	0.804	0.815	1.019	0.998	0.989	1.059	0.784	0.909
BT	0.815	0.887	0.963	0.819	0.836	0.850	0.794	1.057	0.878
CS	0.931	0.929	0.954	1.041	1.045	1.024	1.068	0.938	0.991
CT	0.965	1.045	1.166	0.973	1.000	1.005	0.955	1.023	1.017
平均	0.888	0.906	0.956	0.965	0.974	0.967	0.970	0.947	0.947

表3 すべり円弧半径 (R (m)) $\square R < 100$, $\square 100 \leq R < 200$, $\square 200 \leq R < 300$, $\square 300 \leq R$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
AS	334	170	130	147	123	138	138	138	165
AT	130	95	89	138	147	123	123	75	115
BS	334	224	202	400	400	251	251	224	286
BT	147	112	89	147	138	147	202	86	134
CS	109	92	90	99	113	102	102	117	103
CT	79	75	69	82	82	97	76	76	80
平均	189	128	112	169	167	143	149	119	147

表4 崩壊土量 (W (t)) $\square W < 1000$, $\square 1000 \leq W < 2000$, $\square 2000 \leq W < 3000$, $\square 3000 \leq W$

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
AS	566	1138	1521	1328	1618	1425	1425	1425	1306
AT	1521	2209	2409	1425	1328	1618	1618	3022	1894
BS	1466	1750	1845	1371	1371	1655	1655	1750	1608
BT	2228	2714	3309	2228	2325	2228	1845	3410	2536
CS	962	1404	1478	1182	889	1108	1108	816	1118
CT	1932	2163	2554	1780	1780	1255	2085	2085	1954
平均	1446	1896	2186	1552	1552	1548	1623	2085	1736

いる。これは納得のいく結果といえる。

図3はBS2, BT2を例にとって R - F_s の関係を示したものである。BS2は、 $R=170$ (m)付近までは単調減少の曲線形状を示すが、 $R>170$ (m)では F_s の値がほぼ一定となる。BT2は、 $R=170$ (m)付近まで放物線形状を示し、はつきりした極小値が存在する。そして、 $R>170$ (m)ではBS2と同様の傾向となる。これは、 $R=170$ (m)付近ですべり面がちょうど地層の境界面に接し、 $R<170$ (m)ではすべり面が2層目に潜り込むためである。つまり、地層間の土質常数の差によって土塊の粘着抵抗力モーメントと摩擦抵抗力モーメントに微妙な影響を及ぼし、図3に示すような F_s の変動がみられるものと考えられる。このような現象は他の流れ盤斜面でも同様にみられる。

図4はBS2, BT2について最小安全率を示すすべり面と図3の点Pのすべり面形状を描いたものである。これから土質条件の違いによる影響をはつきりとみられる。この場合BT2の方がすべり面が深くでている。他の斜面についてみてみてもAS5, AT5の一組を除いて、すべてTタイプの斜面には同様の傾向がある。

本解析では斜面安全率の基本的性質を追求する目的から層数を2としたが、今後は3層ぐらいまで考え、地下水の影響も考慮した解析を行っていく必要がある。

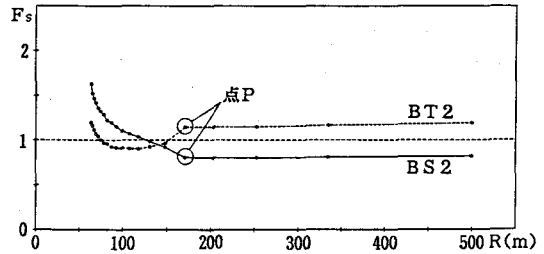


図3 すべり円弧半径 R と安全率 F_s の関係

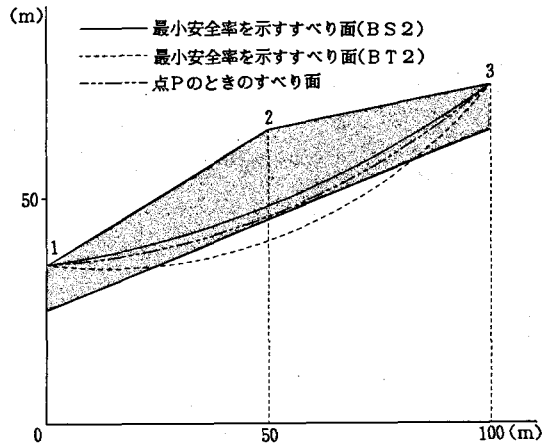


図4 すべり面形状