

日本建設コンサルタント 正員 ○高須賀俊行

徳島大学工学部

正員 小田英一

1. まえがき

盛土及び切土を対象に、土質諸係数のバラツキすなわち信頼性を考慮した設計問題を考えるためには、盛土及び切土の安定性の尺度として破壊確率を用いる必要がある。この問題を検討する一段階として、この破壊確率と斜面高さとの関係について述べる。そこで破壊確率の式として、次式を用いる。

$$P_F = \text{Prob.}[S^* > C_u] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{K_0}^{\infty} \exp\left[-\frac{1}{2}t^2\right] dt \quad \dots (1), \quad K = \frac{F_s^* - 1}{\sqrt{V_s^2 + (F_s^* V_c)^2}} \quad \dots (2)$$

ここに、 P_F :破壊確率、 S^* :最大起動せん断応力、 C_u :最大粘着力、 K :標準正規曲線の積分下限値、 t :標準正規確率変数、 V_c 、 V_s :それぞれ C_u 及び S^* の変動係数、 $F_s^* (= \frac{\mu_s}{\mu_c})$:安全率に類似の設計係数、 μ_c 、 μ_s :それぞれ C_u と S^* の平均値、ただし C_u と S^* は正規分布するものとする。

2. 盛土及び切土の μ_s^* の誘導

盛土及び切土の破壊モデルとして、それぞれ図-1、図-2のように盛土の場合は底面破壊とし、切土の場合は斜面先破壊とする。ただし盛土の場合には盛土自体のせん断抵抗力及び図の斜線部による起動モーメントは考慮しないことにする。ここでは簡単な場合として $\phi_u = 0$ 法による安定解析が可能な場合として、対称とする粘土層は同一とみなせる均質粘土層とし、急遽施工の場合を考える。

(1) 盛土: 図-1より極限のつり合い状態から

$$\mu_s^* = f(d, m, H, R^*) \mu_{\pi} \quad \left. \begin{aligned} f(d, m, H, R^*) &= \frac{H^2 [24dR^* - (12d^2 + m^2)H]}{48R^{*2} \cos^{-1} \left[1 - \frac{dH}{R^*} \right]} \end{aligned} \right\} (3)$$

(2) 切土: 図-2より分割法から

$$\mu_s^* = h(m, H, R^*) \mu_{\pi} \quad \left. \begin{aligned} h(m, H, R^*) &= \frac{H^2 [3R^* - (m^2 + 1)H]}{6R^{*2} \sin^{-1} \left[\frac{(2R^* - H)H}{R^{*2}} \right]} \end{aligned} \right\} (4)$$

ただし、 d :深さ係数、 m :斜面勾配、 H :斜面高さ、 R^* : S^* の生ずるとき半径、 μ_{π} 、 μ_{π} :それぞれ盛土及び切土の単位体積重量の平均値

3. 破壊確率 P_F と斜面高さ H との関係

(1) m 、 d が $P_F \sim H$ 関係に与える影響(図-3、図-4参照)

図-3、図-4からわかるように、特に切土の P_F への m の影響がかなり大きい。

(2) μ_c が $P_F \sim H$ 関係に与える影響(図-5、図-6参照)

図-5、図-6からわかるように、地盤強度の盛土及び切土両方の P_F の値に μ_c の与える影響がかなり大きいことが理解できる。

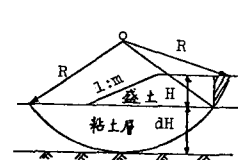
4. 盛土及び切土の F_s^* について

図-1, 円弧スベリ断面(盛土)

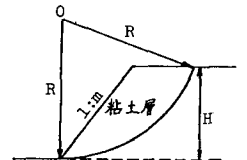


図-2, 円弧スベリ断面(切土)

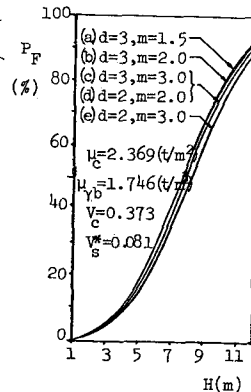
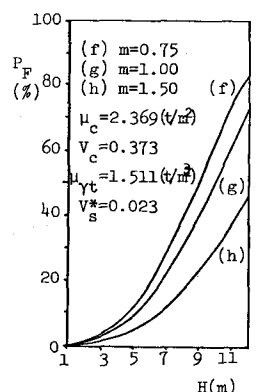
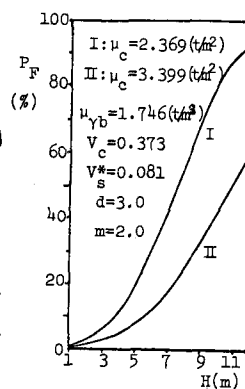
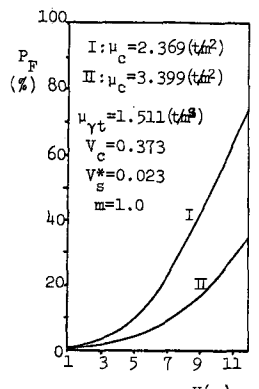
図-3, $P_F \sim H$ 関係(盛土)図-4, $P_F \sim H$ 関係(切土)図-5, $P_F \sim H$ 関係(盛土)図-6, $P_F \sim H$ 関係(切土)

表-1, k の値 (盛土)

	d = 2				d = 3			
H(m)	1.50	2.00	2.50	3.00	1.50	2.00	2.50	3.00
1	3.00	4.00	4.00	4.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2	3.00	3.50	3.50	4.00	5.00	5.00	5.00	5.50
3	3.33	3.67	3.67	4.00	5.00	5.00	5.33	5.33
4	3.50	3.50	3.75	3.75	5.00	5.00	5.00	5.25
5	3.40	3.60	3.60	3.80	5.00	5.20	5.20	5.20
6	3.50	3.50	3.67	3.83	5.00	5.17	5.17	5.17
7	3.43	3.57	3.71	3.71	5.00	5.14	5.14	5.29
8	3.50	3.50	3.63	3.88	5.00	5.13	5.25	5.38
9	3.44	3.56	3.67	3.89	5.00	5.11	5.22	5.33
10	3.40	3.50	3.70	3.80	5.10	5.10	5.20	5.30
11	3.43	3.55	3.64	3.82	5.00	5.09	5.18	5.27
12	3.42	3.50	3.67	3.92	5.08	5.08	5.12	5.33
平均値	3.36	3.58	3.73	3.87	5.02	5.09	5.16	5.30

表-2, k の値 (切土)

H(m)	0.75	1.00	1.25	1.50
1	2.00	2.00	3.00	3.00
2	1.50	2.00	2.50	3.50
3	1.67	2.00	2.67	3.33
4	1.75	2.25	2.75	3.50
5	1.80	2.20	2.60	3.40
6	1.67	2.17	2.67	3.33
7	1.71	2.14	2.71	3.43
8	1.75	2.13	2.75	3.38
9	1.67	2.11	2.67	3.33
10	1.70	2.10	2.70	3.40
11	1.72	2.16	2.73	3.36
12	1.75	2.16	2.67	3.42
平均値	1.72	2.12	2.70	3.37

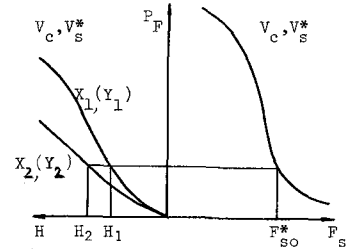


図-7, $P_F \sim H$ 関係と $P_F \sim F_{SO}^*$ 関係

R^* と H との関係について, $k = R^*/H$ とみると, 盛土及び切土に対してそれぞれ表-1, 表-2の結果をうる。表-1, 表-2から判断すると, 盛土の場合には m と d の組合わせに対し, 切土の場合には m に対してそれぞれ k の値が定数であると考えられる。そこで $k = R^*/H$ すなわち $R^* = kH$ を式(3), (4)に代入すると次式がえられる。

$$f(d, m, H, R^*) = f_1(d, k, m, H) = f_2(d, k, m)H, \quad f_2(d, k, m) = \frac{[24dk - (12d + m^*)]}{48k^2 \cos^2[1 - d/k]} \quad (5)$$

$$h(m, H, R^*) = h_1(k, m, H) = h_2(k, m)H, \quad h_2(k, m) = \frac{[3k - (m^* + 1)]}{6k^2 \sin^2 \sqrt{\frac{2k-1}{k}}} \quad (6)$$

ここに, f_2 及び h_2 をそれぞれ盛土及び切土の形状係数と呼ぶこととする。したがって μ_s^* 及び F_s^* の式が次のように定義することができる。

(1) μ_s^* : (i) 盛土: $\mu_s^* = f_2 H / \mu_{s0}$ ----- (7)

(ii) 切土: $\mu_s^* = h_2 \cdot H / \mu_{sx}$ ----- (8)

(2) F_s^* : (i) 盛土: $F_s^* = Mc / (f_2 \cdot H / \mu_{s0})$ ----- (9)

(ii) 切土: $F_s^* = Mc / (h_2 \cdot H / \mu_{sx})$ ----- (10)

5. $P_F \sim H$ 曲線のパラメーター

図-7より盛土及び切土に対して, それぞれ式(9), (10)から $P_F \sim H$ 曲線のパラメーターがそれぞれ $X(X_1, X_2)$, $Y(Y_1, Y_2)$ で与えられる。ただし $X_1(Y_1) < X_2(Y_2)$ の関係がある。

(1) 盛土: $F_s^* H = \frac{Mc}{f_2 \cdot \mu_{s0}} = X$ ----- (11), (2) 切土: $F_s^* H = \frac{Mc}{h_2 \cdot \mu_{sx}} = Y$ ----- (12)

6. 形状係数 f_2 , h_2 とTaylorの安定数 $N_s(N_{sf_2}, N_{sh_2})$ との対応関係

表-1, 表-2及び式(5), (6)より形状係数 f_2 , h_2 を求め, Taylorの安定図表より安定数 $N_s(N_{sf_2}, N_{sh_2})$ を求めると, 表-3, 表-4のような結果を得た。ただし, N_{sf_2} 及び N_{sh_2} はそれぞれ f_2 及び h_2 に対応する安定数とする。したがって表-3, 表-4からわかるように, 形状係数 f_2 , h_2 とTaylorの安定数 $N_s(N_{sf_2}, N_{sh_2})$ とがほぼ同程度に対応しており, さうにその安定数の持つ幾何学的な意味が理解できよう。

7. あとがき

以上のように, 盛土及び切土の破壊確率と斜面高さとの関係を誘導することができ, この関係におけるパラメーター特性も分析できた。

[参考文献] 1) 松尾・黒田: 土木学会論文報告集, 第196号, pp.75~86, 1971, 2) Taylor, D. W.: Fundamentals of Soil Mechanics, John Wiley & Sons, Inc., pp.455~462, 1948, 3) 日本材料学会, 土質安定材料委員会編: 斜面安定工法一指針と解説一, 鹿島出版会, 昭和46年6月, pp.110~118.

表-3, f_2 と N_{sf_2} の値(盛土)

d	m	k	f_2	N_{sf_2}
3	1.50	5.02	0.180	0.180
3	2.00	5.09	0.178	0.179
3	3.00	5.30	0.175	0.176
2	2.00	3.58	0.175	0.177
2	3.00	3.87	0.168	0.171

表-4, h_2 と N_{sh_2} の値(切土)

m	k	f_2	N_{sf_2}
0.75	1.72	0.178	0.178
1.00	2.12	0.159	0.162
1.50	3.37	0.127	0.135