

1. まえがき

まさ土のように脆い粒子からなる土は、盛土材料として用いるとき、転圧などにより粒子破碎現象を生じる¹⁾²⁾³⁾。この粒子破碎により、粒子間の空隙を破碎粒子が埋めて高密度化（透水性低下）する事が知られている⁴⁾⁵⁾。この事から、遮水効果の増進をねらい、まさ土粒子の破碎を重機で積極的に促してロックフィルダムのコア部を築造する事例がある⁶⁾。しかし一方、粒子破碎により、土のせん断抵抗角が減少することも指摘されている⁷⁾⁸⁾。この影響が、斜面の安定にとって憂慮される。一体、粒子破碎現象は盛土斜面の安定性にどのような影響を及ぼすものなのか、判然としない現状である。そこで本報では、まさ土からなる単純盛土斜面を対象に、かなり大胆な仮定を設けて安定解析を行い、安全率 F_s の変化として粒子破碎の影響を客観的に把握しようと試みたので、その結果について報告する。

2. 粒子破碎に伴う土質定数の変化

斜面の安定解析に際して、堤体材料の密度や強度定数の値と、それらに含まれる粒子破碎の影響量とを知っておく必要がある。

(1) 粒子破碎に伴う密度増加：従来の研究から⁹⁾¹⁰⁾、まさ土の乾燥密度 ρ_d (g/cm³) と、まさ土と同一物性を有しながら粒子破碎を生じない状態、つまり無破碎状態で得られる仮想上の乾燥密度 ρ_d' (g/cm³) との間に、(1) 式が成り立つ。式中、 ρ_s は土粒子の密度（今回、 $\rho_s = 2.65 \text{ g/cm}^3$ 使用）、 I_s は粒子破碎量である。ただし、 I_s は (2) 式で定義される量¹⁰⁾

$$\rho_d' = \frac{\rho_d}{1 + 0.19 \cdot \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}\right) \cdot I_s} \quad (1)$$

であり、式中の S_o と S_o' はそれぞれ破碎前と破碎後の比表面積 (cm²/g) である。

(2) 粒子破碎によるせん断抵抗角の減少：砂礫に関する諸家の三軸圧縮試験結果⁷⁾¹¹⁾ の分析から判断して、まさ土のせん断抵抗角 ϕ と無破碎状態のときのせん断抵抗角 ϕ_o との間に、大局的

$$I_s = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{S_o'}{S_o} \right) \quad (2)$$

$$\phi = \phi_o - \Delta \phi_{\max} (1 - e^{-\alpha \cdot I_s}) \quad (3)$$

に (3) 式の関係があると考えて差し支えないと思われる。式中、 $\Delta \phi_{\max}$ は無破碎状態のせん断抵抗角と破碎が無限に進行したときのせん断抵抗角との差であり、 α は実験定数である。今回の安定解析においては、諸家のデータを参考にし、密詰めのみさ土（相対密度80%程度）を意識して $\Delta \phi_{\max} = 15^\circ$ 、 $\alpha = 0.45$ として計算を行った。なお粘着力 c については、今回、破碎に関係なく一定とし、 $c = 0.15 \text{ kgf/cm}^2$ として取り扱った。

3. 解析方法

Fig.1. に示すような形状の浸透水のないまさ土斜面を考える。無破碎状態で築造されたときの土質定数を、ここでは仮に $\rho_{t0} = 1.8 \text{ g/cm}^3$ 、 $w = 15\%$ 、 $\phi_o = 30^\circ$ 、 $c = 0.15 \text{ kgf/cm}^2$ とする。実際に粒子破碎を伴う場合、破碎後の土質定数 ρ_t と ϕ を上記 (1) ~ (3) 式から算定する。その結果を Table 1.

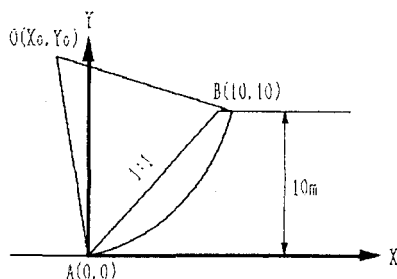


Fig.1. 単純盛土斜面

に示す。斜面の安定計算は、簡易Bishop法¹²⁾によりスライス分割数を50としてコンピュータ解析を行った。

4. 解析結果

Fig.2.は、3節の解析方法に従って求めた最小安全率 $F_{\min}$ の値を、粒子破砕量 I_s に対してプロットしたものである(数値: Table 2.参照)。図からわかるように、安全率は破砕の増加とともに低下する。低下の度合いは次第に鈍化の傾向を呈するとはいえ、実務上重要な I_s の比較的小さい領域において、

$$\Delta F_{\min} / \Delta I_s = 0.20 \sim 0.25 \text{ 程度}$$

の値となっており、予想以上に大きいものであった。また、臨界円の中心位置が、Table 3.に

示すように破砕にともない少し変化すること、および今回の場合、臨界すべり面の破壊形式が全て斜面先破壊であること、などもわかった。

Table 1. 安定解析に用いた土質定数

I_s	0	0.100	0.250	0.500	0.750	1.000	1.500	2.000
ρ_t (g/cm ³)	1.800	1.813	1.834	1.866	1.896	1.925	1.979	2.028
ϕ (°)	30.00	29.33	28.40	26.97	25.70	24.56	22.63	21.09
c (kgf/cm ²)	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150

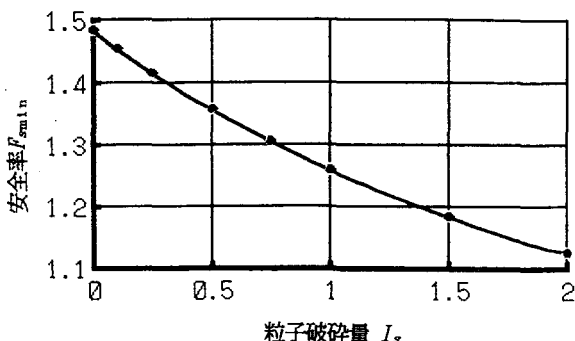


Fig.2. 粒子破砕量と最小安全率の関係

Table 2. 粒子破砕に伴う安全率の変化

I_s	0	0.10	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
F_s	1.48	1.45	1.41	1.35	1.30	1.25	1.18	1.12

Table 3. 臨界円の中心位置の変化

I_s	0	0.5	1	2
X_o (m)	-1.30	-1.25	-1.00	-0.75
Y_o (m)	14.90	14.90	14.70	14.60

5. まとめ

以上の解析結果から、従来ははっきりしなかった粒子破砕現象の影響が、盛土斜面の安定性にとって設計上危険側に働き、かつ無視できない程度のものであることを数量的に示すことができた。今後は、本報で得た認識を実際の斜面の安定解析に役立ててゆきたい。

【参考文献】

- 1) 土質工学会まさ土研究委員会編：まさ土の工学的性質とその取扱い指針，1970
- 2) 土質工学会編：日本の特殊土，1974
- 3) 土質工学会編：盛土の調査・設計から施工まで，1979
- 4) 土質工学会編：風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用，1979
- 5) 土質工学会編：土質工学ハンドブック(1982年版)
- 6) 工藤 信雄：広瀬ロックフィルダムについて，土と基礎，Vol.19 No.2, 1971
- 7) 土質工学会編：設計における強度定数- c, ϕ, N 値-，1988
- 8) 土質工学会編：粗粒材料の変形と強度，1986
- 9) 福本：まさ土の締固め密度に関する一考察，立命館大学理工学研究所紀要，第37号，1979
- 10) 福本：まさ土の圧縮特性に関する一考察，第38回土木学会年次学術講演会，1983
- 11) 土質工学会編：ロックフィル材料の試験と設計強度，1982，他多数
- 12) 土質工学会編：斜面安定解析入門，1989