

信頼性設計法に基づいた地震時斜面の安定解析

神戸市立工業高等専門学校 正会員 山下典彦
神戸市立工業高等専門学校専攻科 学生会員 田中博文

1. はじめに

現在、盛土斜面の設計には、主に極限平衡法に基づいた簡易解析による安全率が指標として用いられている。しかしながら、信頼性を考慮した詳細な検討が行われていないのが現状である。

そこで、本研究は、簡易解析の中の円弧滑り分割法を用いて斜面の安全率を求めると同時に、破壊確率及び信頼度を求め、定量的に斜面の安定性を評価しようとするものである。更に、地震国である我が国では避けることのできない地震時の安定計算も同様な手法で行い、評価することを目的としている。

2. 解析手法

解析は、極限平衡法に基づいて、全応力法により行なった。具体的には、円弧滑り分割法により最小安全率と臨界円を求め、この臨界円において、安全率の式を変形した性能関数を用いてモンテカルロシミュレーションを行った上で、破壊確率及び信頼度を計算した。この際、粘着力 c と内部摩擦角 ϕ を含む $\tan \phi$ を二次元正規確率密度関数¹⁾として扱った。また、地震時の安定解析については、震度法に基づき、各分割片中央に水平力を作用させた。

式(1)、式(2)に常時、地震時の安全率の式を、式(3)、式(4)に常時、地震時の性能関数を示す。また、式(5)は破壊確率を、式(6)は信頼度を示している。

$$F_n = \frac{\sum c \cdot b / \cos \alpha + \sum W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

$$F_s = \frac{\sum c \cdot b / \cos \alpha + \sum (W \cdot \cos \alpha - k_H \cdot W \cdot \sin \alpha) \tan \phi}{\sum (W \cdot \sin \alpha - k_H \cdot W \cdot \cos \alpha)} \quad (2)$$

$$Z_n = \{ \sum c \cdot b / \cos \alpha + \sum W \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi \} - \{ \sum W \cdot \sin \alpha \} \quad (3)$$

$$Z_s = \{ \sum c \cdot b / \cos \alpha + \sum (W \cdot \cos \alpha - k_H \cdot W \cdot \sin \alpha) \tan \phi \} - \{ \sum (W \cdot \sin \alpha - k_H \cdot W \cdot \cos \alpha) \} \quad (4)$$

$$P_f = \Pr(Z < 0) \quad (5)$$

$$P_r = \Pr(Z \geq 0) \quad (6)$$

3. ケーススタディ

解析モデルとしては、図-1に示す二つのモデルを設定した。case1 は良好な地盤上に築かれた盛土を、case2 は軟弱地盤上に築かれた盛土をモデル化したもので、地震時解析においては水平震度は 0.2 として、安定解析を行なった。

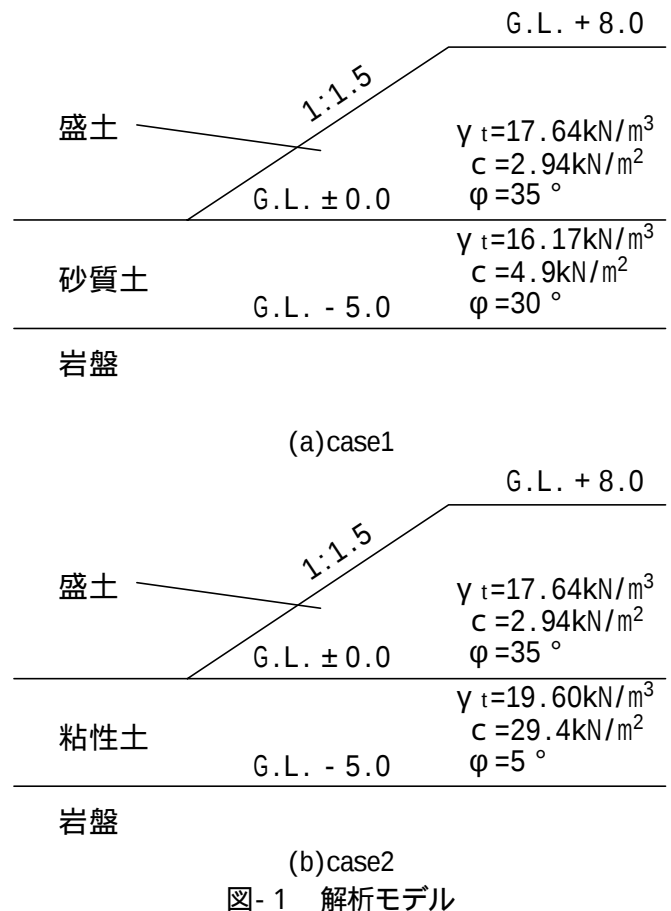


図-1 解析モデル

4. 極限平衡法に基づいた解析

図-1に示すモデルについて極限平衡法に基づく数値解析を行なった結果を以下に示す。図-2は、各モデルの破壊形態と最小安全率を示している。ここで、実線は常時、破線は地震時の破壊形態であり、case1 では斜面先破壊となり、case2 では岩盤上を通過する底部破壊となった。また、地震時の解析では、臨界円は盛土側に移動したが、破壊形態に大きな差異は見受けられなかった。

安全率については、case1、case2 共に常時の場合においては安定している結果となったが、地震時の場合にお

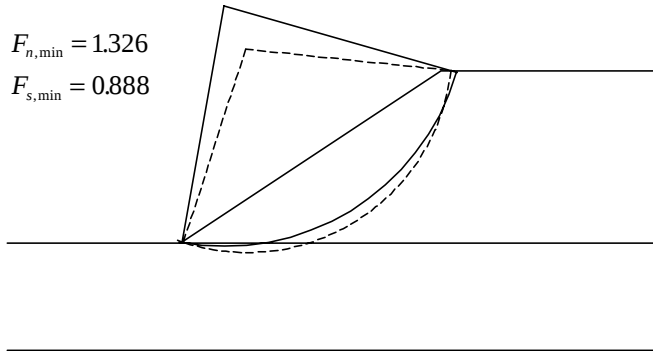
キーワード：信頼性設計法・極限平衡法・安全率・信頼度

連絡先：〒651-2194 神戸市西区学園東町8丁目3番 TEL078-795-3267 FAX078-795-3314

いては不安定と言う結果であった。

$$F_{n,\min} = 1.326$$

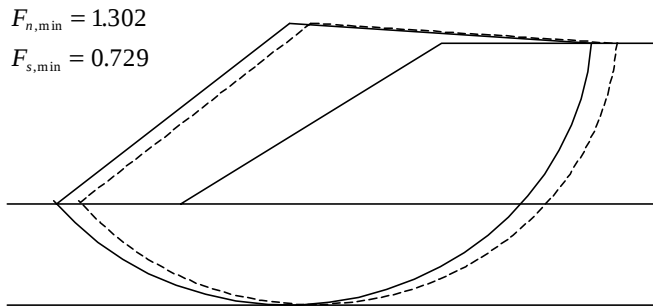
$$F_{s,\min} = 0.888$$



(a)case1

$$F_{n,\min} = 1.302$$

$$F_{s,\min} = 0.729$$



(b)case2

図-2 斜面の破壊形態

5. 信頼性設計法に基づいた解析

ここでは、モンテカルロシミュレーションを行なう際に、 c 及び $\tan \phi$ の変動係数をパラメータとして着目した。これらの変数の分布は、分割片ごとに設定し、深さ方向の変化はないものとして扱った。また、変数間の変動係数は、 $\rho = -0.5$ とした。これは、式(1)を c について解き、 $F_s = 1.0$ を代入すると、図-3に示すような関係が得られるためである。

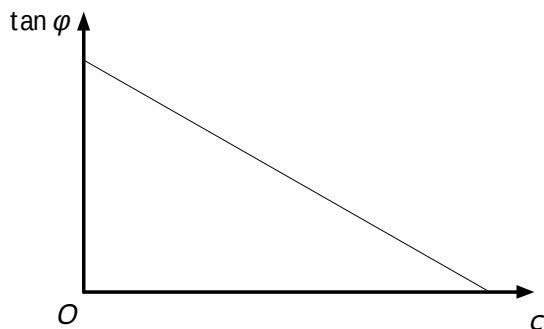
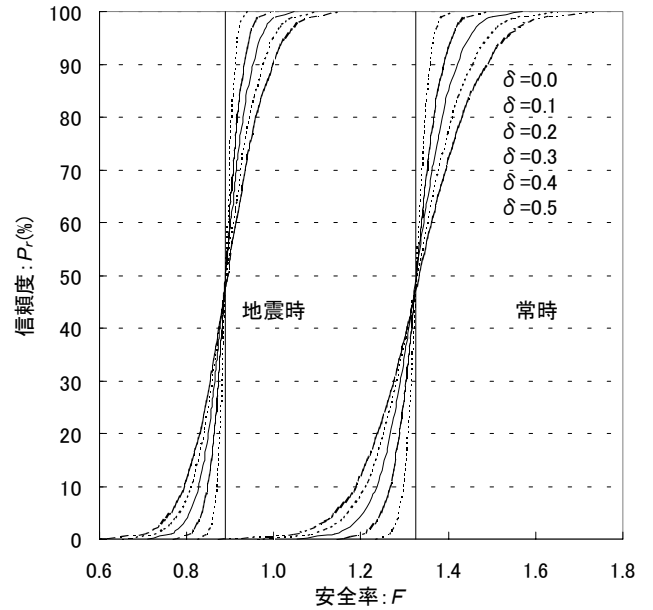
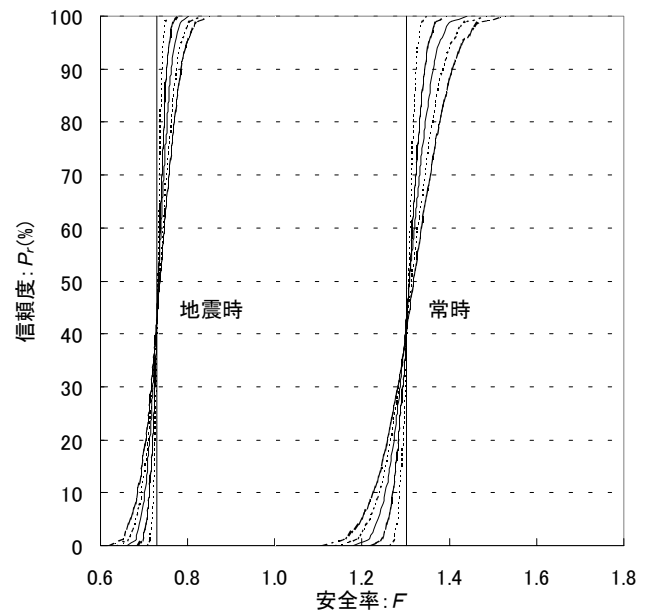


図-3 $c - \tan \phi$ の関係

図-4は、case1 及び case2 において、常時及び地震時の場合の安全率と信頼度の関係を示したものである。ここで、case1 と比較して case2 の安全率の分布の幅が狭いのは、崩壊する土砂量に關係していると考えられる。崩壊部が大きくなるほど、地盤のばらつきが分散されるので、影響が小さくなるからである。



(a)case1



(b)case2

図-4 安全率と信頼度の関係

6. まとめ

本研究では、変動係数に着目して信頼性安定解析を行った結果、信頼度に与える影響が非常に大きいことが確かめられた。

よって、盛土を設計する際には、用いる地盤の強度定数の試験結果の精度を十分に検討して設計を行なう必要があるとともに、盛土の施工精度も多分に要求される。

【参考文献】

1) 鹿島出版会：星谷勝，石井清：構造物の信頼性設計法，pp.88～91・96～121,1986.