

京都大学大学院 正会員 大西有三
 京都大学大学院 正会員 大津宏康
 京都大学大学院 正会員 田中誠
 京都大学大学院 学生会員 ○伊藤正純

1. はじめに

従来の斜面の安定性評価では、基準となる設定安全率（例えば $F.S=1.2$ ）に対して不足する力を必要抑制力としてきた。ただし、岩盤斜面を対象とする場合には、その物性に関する不確実性および、数値モデルに置き換える際に生じる不確実性を考慮することが必要であるが、従来の確定論に基づく検討では、これらの要因が斜面の安定性に及ぼす影響を、明確な形で表現することは稀であった。そのため、設定安全率に対して不足する力を必要抑制力として対策工を立案することの物理的意味は必ずしも明確であるとはいえない。これに対して、近年建築の構造設計の分野では性能設計の一手法として、構造物の耐力・応答のばらつきを考慮し、必要な設計強度を工事費と損失期待値（リスク）の和となる総工費（トータルコスト）を最小化することで決定する手法が提案されている¹⁾。

本研究では、地震時における岩盤斜面の平面すべりを対象として、この手法に基づき最適アンカー導入力を決定する方法について検討を加える。すなわち、図1に示すように、アンカー導入力をパラメータとして、所定のアンカー導入力に施工するため要する工事費と、その際の損失期待値（リスク）の和をトータルコストとし、そのトータルコストが最小となる際のアンカー導入力を最適値と設定するものである。ここで筆者ら²⁾は、斜面崩壊に対する地震時リスクを定量的に評価する方法として、水谷の提唱する地震リスクマネジメント（SRM）手法³⁾を援用している。

2. 解析モデルおよび解析手順

本研究において、対象とした斜面モデルおよび解析条件を、それぞれ図2および表1に示す。この解析では、岩盤斜面の粘着力および内部摩擦角についてのばらつきを確率モデルにより表現し、これらの関数となるすべり抵抗力およびすべり力の差として性能関数を定義する。そこで2次モーメント法を用いて近似的に斜面の破壊確率を求め、以下の定義に基づいてグラウンドアンカー施工時の地震時リスクを算定する。

$$R=P \times C$$

ここで、 R は地震時リスク（損失期待値）、 P, C はそれぞれ斜面の破壊確率および破壊の結果生じる損失である。ここでは、まず C をすべりブロックの重量で表し、さらに崩落ブロックを除去するのにかかる費用を単位重量当たり U とすることで、リスクをコスト次元で表現することとする。

この結果図3に示す通り、水平震度を0.15、すべり面の傾斜角を 30° に想定した時、アンカー導入力

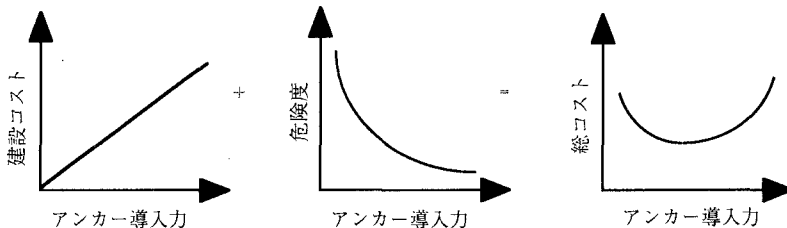


図-1最適設計の概念

Yuzo Ohnishi, Hiroyasu Ohtsu, Makoto Tanaka, Masazumi Ito

が増大するにつれて、地震時リスクが減少していくことがわかる。ここで、アンカーは、図2に示すように水平面からの打設角が 30° となるように打設するとし、アンカー導入力が $0.0(\text{tf/m})$ とは無対策の時を表している。そこで、最適アンカー導入力を上記のトータルコスト最小化の方法を用いて求めることとする。ただし、アンカーの建設コストはアンカー導入力に比例し比例定数を α とする。そうすると、アンカー導入力と総コストの関係が図4のように求まり、 α が1のとき、すなわち建設コストが低いときにはアンカー導入力 $60(\text{tf/m})$ 付近に極小値を持つことがわかり、この点を最適アンカー導入力と考えることができる。ところが、 α が2や3の時には極小値が現れず、何も対策を施さないことが望ましいと判断できる。

今回は、地震リスクとして崩落ブロックの除去費用のみを考慮したが、実際には斜面破壊に伴う経済活動の停止など、その他の影響も考慮した上で地震リスクを評価すべきである。

4. 結論

本研究で用いたリスクによる安定性評価手法の特徴として次のことが挙げられる。

- 1)確率モデルを用いることで、設計に伴う不確実性を積極的に考慮しうる。
- 2)代替案の決定など様々な意思決定が明確に行われるため、各判断に対する社会的理解が得やすい。

(参考文献)

- 1)藤谷秀雄：性能を基盤とした新構造設計体系，土木学会誌，Vol. 83-1, pp.36-39, 1998.
- 2)大津安康・大西有三・水谷守・亀村勝美：モンテカルロ法による岩盤ブロックの地震時トップリング破壊の推定方法に関する検討，第10回岩の力学国内シンポジウム論文集，pp.323-328, 1998.
- 3)M.Mizutani, Basic Methodology of a Seismic Risk Management (SRM) Procedure, I COSSAR'97, 1997.

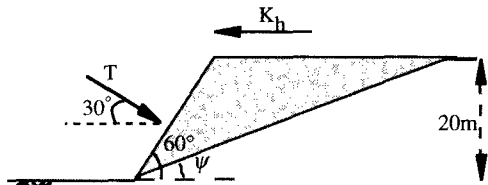


図2 モデル斜面

表1 材料物性

パラメータ	中央値	変動係数	確率分布
粘着力 c	1.0 tf/m^2	0.100	正規分布
内部摩擦角 ϕ	35.0°	0.077	正規分布
単位体積重量 γ	2.3 tf/m^3	確定値とする	

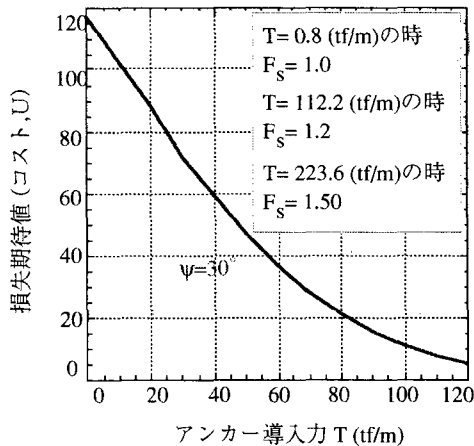


図3 アンカー導入力とブロック除去コストの関係 $k_h=0.15$

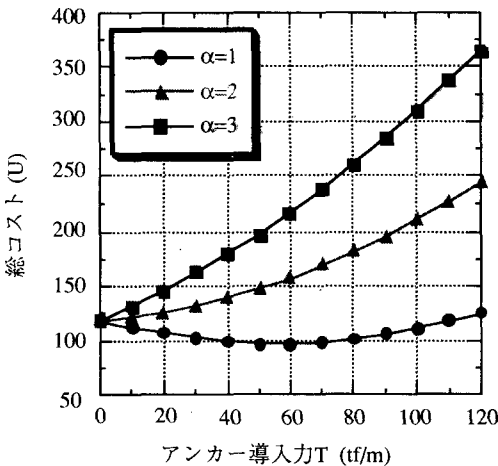


図4 アンカー導入力と総コストの関係 $k_h=0.15$