U.D.C 624.131.3

材料の不確かさを考慮した斜面安定解析における統計的推定誤差に関する検討

佐竹亮一郎*

要　約： 地盤物性把握のための調査，試験数の不足により生じる統計的推定誤差に関し，取得した物性値の不確かさおよび斜面の安定性の不確かさを減じるための物性データの取得方法についての基礎的な検討を行った。地盤物性の不確かさを有限要素モデルに確率場として再現し，有限要素法による斜面安定解析を各試行としたモンテカルロ・シミュレーション（MCS）により全体安全率の不確かさを確認した。MCS で用いた確率場から，物性データを複数の方法により抽出し，抽出方法の違いによる標本平均値の変動を評価した。また，抽出した値を入力し，均質材料を仮定した斜面安定解析により，抽出した物性データの位置，数量の変化が全体安全率の変動に与える影響を検討した。これらの解析により，抽出した物性データ内の空間的な相関により，標本平均が減少すること，標本平均の変動係数を減少させれば解析値の変動係数も減少することを示した。この結果から，斜面安定照査，解析に用いる物性値データの取得数や位置，試験法について，統計的推定誤差を低減するという観点から，すべり円弧に沿った試験の実施を提案した。

ｷｰﾜｰﾄﾞ： 地盤調査・試験，統計的推定誤差，斜面安定，有限要素解析，モンテカルロ・シミュレーション

目　次：

1. はじめに
2. 検討手法
3. 解析結果
4. まとめ

1. はじめに

地盤構造物あるいは原地盤の安定性評価に関する不確かさは，①材料物性そのもののばらつき，②調査・試験の精度やサンプル数不足による誤差，③物性値の換算式の精度やモデル化に係る誤差の３種に大別できる。

この中で①は地盤材料が空間的なばらつきを有することに起因し，本質的に減ずることは出来ない。一方②，③は①をどう把握・評価するか，あるいはどのように設計に反映するかという問題であって，不可避的に発生するものの，減ずることは可能である。地盤構造物の安定性照査の際には，使用条件や共用期間などにより定められた係数を掛けた設計用値を用いるが，この値は上記①，②，③に加え外力の不確かさなどを考慮した上で経験的に求められた値であって，必ずしも合理的な数字であるとは限らない。

特に②は統計的推定誤差と呼ばれ，調査，試験数量が確保されないために生ずる物性の代表値，空間的な変動量等の真値からのズレである。その多寡は計画値の大小に大きく寄与するものであり，これを減じれば，より合理的な設計，計画となる可能性がある。地盤の設計に用いられる物性値は通常，標準貫入試験などの貫入試験，平板載荷試験などの剛性測定試験，現場サンプルを用いた力学試験などから求めるが，ここで課題となるのが，対象とする地盤の規模，地盤内の空間的構造，周囲の地形などを考慮した上で調査数量が決定されるものの，定量的な地盤物性の評価と調査数量を関連付けた報告が乏しく，数量が適切か否かの判断は現場の試験者，担当者の工学的判断による部分が大きいことである。

そこで本報告では，統計的推定誤差がもたらす構造物の安定性指標のばらつきを小さくするための条件を把握することを目的とし，仮想斜面を対象とした検討を行う。まず物性値に不確かさを有する材料について，モデル化を行う。次にその材料で構成された仮想地盤を乱数処理により多数作成し，個別に有限要素法による斜面安定解析を実施することで仮想地盤の全体安全率の不確かさを把握する（この一連の手順をモンテカルロ・シミュレーション（MCS）と呼称する）。この結果に対し，各仮想地盤から設計に使用する代表値を取得する。抽出する箇所，個数を変えつつ物性データを抽出する。物性データから代表値（本検討では平均値）を入力した解析を繰り返し実施する。この手順に基づき，物性データの取得数量，取得位置など，対象斜面に与えられた物性および全体安全率の不確かさをより精度よく把握可能な調査方法について，基礎的な知見をまとめる。

本報告は著者の既往の報告[1), 4)]より結果を引用し，統計論的な検討を再整理し，実務における調査の方法についての提案を新たに付け加えたものである。

2. 検討手法

2.1　不確かさを有する地盤物性のモデル化

地盤物性の不確かさを表現する手法としては空間座標を考慮した確率場を用いるのが一般的であり，著者らの報告[1)]でもそれに倣っている。本検討も同様に取り扱うことにした。地盤材料は数値的なばらつきに加え，ある任意の２点間の値は相関があると仮定され，２つの確率場の和として記述される。即ち，

$$Z(\mathbf{x}) = \mu(\mathbf{x}) + W(\mathbf{x}) \qquad (1)$$

＊技術研究所　社会基盤技術研究部　土木材料・地盤グループ

ここで，$\mathbf{x}$ は位置ベクトル，$Z(\mathbf{x})$は確率変数，$\mu(\mathbf{x})$はトレンド成分（平均値関数），$W(\mathbf{x})$はランダム成分である。トレンド成分はその確率変数の平均であり，ある定数の方向への変化などを表現する。ここで $W(\mathbf{x})$は確率分布であり，一般に標準正規分布または対数正規分布となる。本検討では標準正規分布を仮定した。ランダム成分の自己相関構造について，座標 $\mathbf{x}'$ における $Z(\mathbf{x}')$と $Z(\mathbf{x})$の自己共分散 Cov は自己相関係数 ρ を用い，以下のように表される。

$$Cov[Z(\mathbf{x}), Z(\mathbf{x}'))] = \sigma^2 \rho(|\mathbf{x}-\mathbf{x}'|) \quad (2)$$

$|\mathbf{x}-\mathbf{x}'|$は任意の 2 点間の距離，σ^2 は確率変数 $Z(\mathbf{x})$の分散であり，σ^2 を一定と仮定することで，$Z(\mathbf{x})$および $Z(\mathbf{x}')$の相関性は距離にのみ依存するとみなす。ここで，自己相関関数 $\rho(|\mathbf{x}-\mathbf{x}'|)$の関数型については以下の二次元場における指数型の自己相関関数を仮定した。

$$\rho(|\mathbf{x}-\mathbf{x}'|) = \exp\left[-\left\{\left(\frac{\Delta x}{L_x}\right)^2+\left(\frac{\Delta y}{L_y}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}}\right] \quad (3)$$

ここで L は自己相関距離であり，長さの次元を持つ。添え字 x，y は水平，鉛直方向を示す。L が大きいほど相関性の空間的周期が長くなり，距離が離れても相関性が低下しにくくなる。自己相関距離は鉛直方向に比して水平方向が大きく，L_x は数 m～25 m 程度，L_y は 0.1～3 m 程度となることが多いようである[3]。Δx，Δy は 2 点間の水平，鉛直方向の距離である。

上記のような仮定により，地盤物性は個別の平均値，分散を持つ正規分布で表現され，空間的な相関性を伴う確率変数として記述される。

確率変数とする物性値に関し，斜面の安定性を論ずるに当たって特に重要視すべき物性値はせん断強度を規定するパラメータである粘着力 c および内部摩擦角 $\phi(\tan\phi)$，加えて斜面を不安定化させる要因である単位重量 γ が挙げられる。一方で，松尾[2] や Phoon and Kulhawy[3] の報告から，同質の地盤材料内の γ のばらつきは c，$\phi(\tan\phi)$と比較すると小さいことが報告されている。著者らの検討[4] でも，γ のばらつきは，斜面安定解析から求められた斜面の破壊確率のばらつきへの影響は小さいことを確認している。そこで本検討では c，ϕ を確率変数とし，その他の物性値は定数として与えることとする。

表 1 に材料物性値を，表 2 に確率変数の不確かさを規定するパラメータを示す。表 1 中 c，ϕ は平均値を示している。表 2 中の変動係数は標準偏差を平均値で除した値であり，この場合は標準偏差が平均値の 30% であることを示す。本検討では，c，ϕ の変動が同じと仮定した。

2.2 有限要素法による斜面安定解析

本検討では，地盤物性の不確かさが構造物としての安定性に与える影響を検討するため，単純化した有限要素地盤モデルを用い，せん断強度低減法（Shear Strain Reduction Method, SSRM）[5] を採用した斜面安定解析により対象地盤の全体安全率を求めることとした。SSRM を採用した有限要素解析（以後 SSRFEM と呼称）は，解析前にすべり面形状に関する仮定が不要であり，臨界すべり面が計算結果から自動的に決定されるという利点を持つことから，斜面安定を考える上で有効である。蔡ら[5] は，複数の地層を有する斜面に対し SSRFEM，極限平衡法の双方で斜面の安全率を求めており，SSRFEM により求められた最小安全率の精度の高さと臨界すべり面の決定に関する合理性を示した。本報告では SSRM による全体安全率の導出過程の概要を述べることとし，詳細な定式化等は蔡らの文献[5] に譲る。

SSRM では，構成則に弾完全塑性モデルを用い，土の破壊規準および塑性ポテンシャルは Mohr-Coulomb の式に従うものとする。その場合仮想すべり面上の各位置における最大せん断応力 τ_f は次のように表現される。

$$\tau_f = c + \sigma_v \tan\phi \quad (4)$$

c は粘着力，ϕ は内部摩擦角，σ_v は垂直応力である。c，ϕ を有する斜面の全体安全率 F が求まると仮定し，式（4）の τ_f を F で除すと，その際の土のせん断強度 $\bar{\tau}_f$ は，

$$\bar{\tau}_f = \frac{c}{F} + \sigma_v \frac{\tan\phi}{F} = \bar{c} + \sigma_v \tan\bar{\phi} \quad (5)$$

と表される。ここで $\bar{c}$，$\bar{\phi}$ は SSRM で用いる見かけの c，ϕ となる。

式（5）に関して，F を徐々に増加させていくことを考える。初期の F を極めて小さな値（通常 0.01 以下）として入力し，$\bar{\tau}_f$ を得る。この $\bar{\tau}_f$ を土のせん断強度とし，力の釣り合い計算を実施すると，$\bar{\tau}_f$ は極めて大きな値となるため塑性化は生じず，斜面は弾性挙動を示す。これが SSRM の計算の第 1 ステップである。

次に，F を ΔF だけ増加させると，$\bar{\tau}_f$ が低減され，この状態で再度力の釣り合い計算を行う。これを繰り返し，F を段階的に増加させると，斜面のいずれかで塑性化が生じはじめる。この際，塑性化していない要素との間に残差力が生じるため，修正 Newton-Raphson 法に基づく繰り返し計算により力の再配分が実施される。残差力が許容誤差範囲内に収束すると，次の計算ステップに進む。

表 1 材料物性値

材料定数		単位	値
ヤング率	E	kN/m^2	5.0×10^4
ポアソン比	ν		0.30
粘着力	c	kN/m^2	10
内部摩擦角	ϕ	deg	20
ダイレイタンシー角	ψ	deg	20
単位体積重量	γ	kN/m^3	18

表 2 不確かさを規定するパラメータ

パラメータ		単位	値
変動係数	V	-	0.3
自己相関距離	L_x	m	10
	L_y	m	1

以上のような手順を経て F を徐々に増加させると，残差力の再配分の繰り返し計算が収束しない状態に至り，斜面が崩壊に至ったと判断される。この時の F を斜面の全体安全率 F_s とみなす。

SSRFEM を実施する際注意すべきは ΔF の大きさである。ΔF を大きく設定すれば計算時間が短縮される一方，結果の精度が低下する。ΔF を予備検討で本検討では各計算で用いる ΔF を 10^{-3} と設定している。

2.3　解析地盤モデル

解析対象である仮想地盤モデルの有限要素分割図を図 1 に示す。均質な基礎地盤上に，不均質な材料で構成された盛土が施工された状態を仮定した。要素の幅は 1 m×1 m を標準とし，法面部は 1：2 勾配とした。境界条件については，左右端が x 方向固定，下端が x，y 方向固定とした。全てのケースで 8 節点アイソパラメトリック要素を使用した。

図 2 には図 1 のモデルに対し，表 1 の物性値を入力し，均質材料を仮定した予備解析結果を示す。図内黒塗り箇所はせん断ひずみ増分が大きい箇所であり，不安定化している要素である。せん断ひずみ増分の分布より判断される臨界すべり面より，法尻からひずみが伸展し法肩付近を通過する，斜面先破壊に分類されるすべり形態が示唆される。全体安全率 F_s＝1.315 であり，均質材料を仮定する場合は安定斜面とみなせる解析結果である。

2.4　モンテカルロ・シミュレーション（MCS）

本検討では，疑似乱数プログラムによって SSRFEM で使用する有限要素分割の要素ごとに異なる値を発生させる。文献[6] などを参考に，共分散マトリクスを三角行列に分解し，下三角行列に乱数ベクトルを乗じて確率場を生成する手法を採用した。材料パラメータの平均値，分散，自己相関距離および有限要素の節点座標をプログラムに入力することで，要素の重心間の距離に基づいて 2.1 節で仮定した確率場を生成する。

図 3 に盛土部に不確かな材料を仮定した場合の，c および $\tan\phi$ の分布（確率場）の例を示す。平均値および不確かさを規定するパラメータは表 1 および 2 に示すとおりである。要素ごとに割り当てた物性の大小によって色分けされており，赤色に近い色程せん断強度が高い要素である。本検討では 2 種の物性値を確率変数としているが，物性値同士の相関は無いものと仮定した。同じ条件で多数の確率場を生成（物性の平均値，変動係数，自己相関距離が一定条件で内部構造がすべて異なる）し，SSRM を実装した 2 次元弾塑性有限要素解析による斜面安定計算を実施する。以上の手順を MCS における 1 回の試行とし，これを繰り返すことによって全体安全率 F_s の分布を求めることとする。

2.5　統計的推定誤差の検討

検討方法の概要を図 2 に示す。検討ケースを表 3 に示す。基本ケースで使用した確率場ごとに，複数の要素から c および $\tan\phi$ を抽出するが，この際，抽出の方法によって以下 2 ケースに分類する。

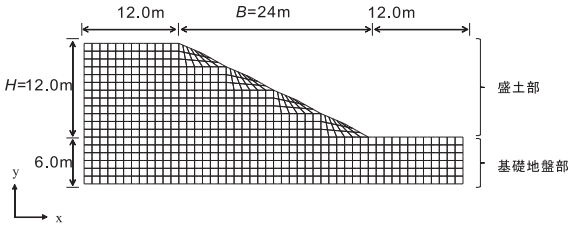

図 1　解析地盤モデル

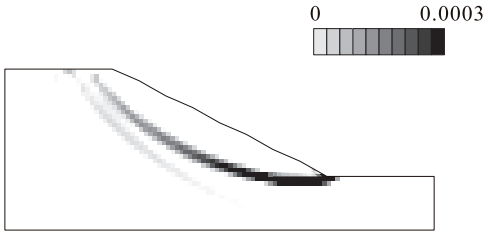

図 2　均質を仮定した解析結果 F_s＝1.315 の例
臨界すべり面の形状

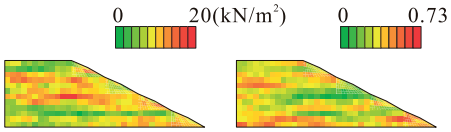

図 3　不確かな材料物性の分布例
左：c　右：tan ϕ（ϕ＝20°）

a）Fix ケース

地盤内のあらかじめ定められた要素からのみ物性値を取得する。物性値を取得する領域を，図 2 中に赤色で示す，天端中央付近の鉛直方向の連続した 12 要素（No. 1～12）とし，取得する標本数（要素数）を 1，3，12 と変化させる。標本数が 1 の場合（Fix-1），中央である No. 6 から，3 の場合（Fix-3），等間隔となるよう No. 3，6，9 から，12 の場合 No. 1～12 全てから物性値を取得する。

b）Random ケース

確率場内の全要素を対象とし，ランダムに物性値を取得する。取得する標本数は 3 とする（Random-3）。

次に a），b）いずれかの手順から取得された標本の平均値 μ_s を求める。これを入力定数とし，材料に均質を仮定した解析を実施する。この手順を 1000 回繰り返すことによって得られた F_s の分布と基本ケースの結果を比較する。取得する標本数の変化，取得の際の空間的相関性の考慮の有無による解析値の不確実性への影響を検討する。

Fix ケースに関しては貫入試験など，点測定かつ鉛直方向に物性値を取得する調査を模擬したものとなっている。今回の検討では，多くの調査数量が確保できない条件を仮定し，平面的に 1 箇所で物性値を把握することを考える。Fix-3，Fix-12 は Fix-1 と比較して，サンプル数の増加だけでなく物性値の鉛直方向に対する相関性が反映される取得方法となるため，その影響を検討する。Random ケース

は空間的な相関性を考慮しない仮想的なデータの取得方法である。現実にはこのようなデータの取得は行われないが，相関性が考慮され，サンプル数が同じである Fix-3 と比較する。

3. 解析結果

3.1 基本ケースの検討

表 1，2 に示した物性値および不確かさを規定するパラメータを使用し，2000 回の MCS を実施した。これを基本ケースと呼称する。図 5 に MCS より得られた F_s のヒストグラムと均質を仮定した解析（均質ケース）の結果を黒実線で示す。分布の形状に関しては，左側の裾が長く，右側よりも緩やかに 0 に漸近するような形状を呈している。F_s の平均値および変動係数（以後解析から得られた F_s の平均値を μ_{Fs}，変動係数を v_{Fs} と呼称する）はそれぞれ 1.217，0.075 となった。均質ケースに対する超過確率は 8.5% であり，大半が均質ケースの値を下回るという結果になった。

本検討で採用した物性値のモデル化手法では材料物性値は正規分布に従うため，生成された確率場にはせん断強度の小さな要素，すなわち要素に割り当てられた c および ϕ が，平均値を下回る要素が存在する。加えてその周囲の要素は相関性が高いため，ある一定範囲はせん断強度が小さい要素が集中的に存在することになる。斜面安定問題では，力学的な弱部から先行的に塑性化が始まり，すべりの起点となり，すべり面が形成されて崩壊に至るため，弱部の存在が安全率へ与える影響は大きい。特に，材料的な弱部が構造的な弱部である法尻や法面表層付近などに集中した場合，全体安全率は極めて小さな値を取る可能性が高い。一方，せん断強度が高い範囲も同時に存在するが，上述のように，力学的な弱部が選択的に塑性化するという性質上，力学的に強い領域は安全率の増加に寄与出来ない。このような理由から，MCS より得られた分布について，均質ケースの解析値に対し μ_{Fs}，超過確率ともに小さくなったと考えられる。逆説的に，均質材料を仮定した場合，非超過分を常に見逃すことになるため，実質的に設計上危険側の結果になる可能性が高いといえる。

3.2 統計的推定誤差の検討

3 章では，材料物性の不確かさが既知という条件で，解析値の不確かさを確認した。本章では，上記地盤からデータを抽出し，物性値，および解析値の不確かさを，データ取得の方法によってどの程度再現できるかを検討する。

まず，基本ケースで使用した確率場から抽出された c および $\tan\phi$ の標本平均値のデータ 1000 個の平均 μ_s および変動係数 V_s をまとめたものを表 5 に示す。表 5 より，Fix ケースでは標本数の増加により，V_s は単調に減少している。Fix-1 では，サンプル数が 1 であり，確率分布上の 1 点を代表値とする抽出方法であるので，V_s が物性値の変動係数である $V=0.3$ と理論上一致するが，実際の数値も近い値となった。サンプル数が 3 および 12 である Fix-3，Fix-12 の V_s の減少は，サンプル数の平方根に反比例して V_s が減少するためである。また，標本数が同じである Fix-3 ケースと Random-3 ケースの V_s を比較すると，c，$\tan\phi$ ともに Fix-3 の値が僅かではあるが下回っている。標本取得位置を固定した Fix-3 に対し，無作為に選ばれた 3 つの要素からデータを取得す

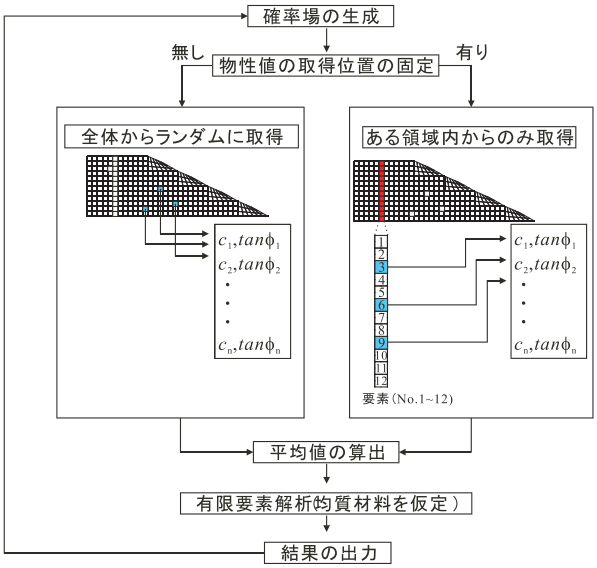

図 4　統計的推定誤差の検討の流れ

表 3　検討ケース

ケース	標本取得位置の固定	標本数
Fix	有り	1（No.6） 3（No.3，6，9） 12（No.1~12）
Random	無し	3

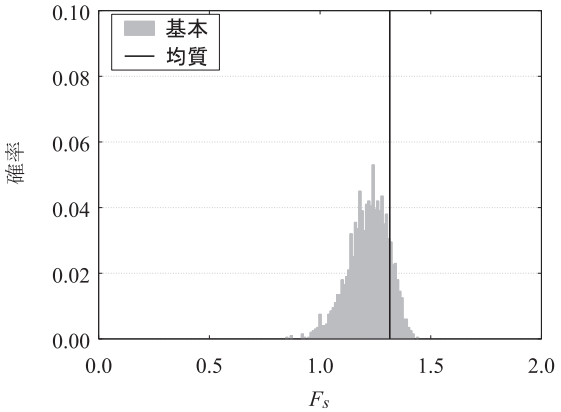

図 5　F_s のヒストグラム　基本ケース

る Random-3 はデータ間の相関性は考慮されない。この場合 V_s の理論値は 0.173 であり，Random-3 はほぼ理論値通りの値を示す一方，Fix-3 がそれを下回ったのは，物性値の鉛直方向の相関性が反映されているためである。自己相関距離に基づき，要素間の物性値がある相関関数に支配されるため，Random-3 と比して標本同士の値が近接するため，V_s も小さくなる。この結果は，物性値の空間的な相関を考慮した場合，より物性値の変動を減ずることができることを示していると思われる。

MCS から得られた各ケースにおける結果の平均値 μ_{F_s} および変動係数 v_{F_s} を表 5 に示す。また得られたヒストグラムについて，図 6 に Fix ケース，図 7 に Fix-3 と Random-3 の結果を示す。また，ヒストグラムを累積分布にしたものを図 8 に示す。

図 8 より，いずれのケースも，均質ケースの結果に対する超過確率が大きく増加しており，50% 以上となっている。これは，本検討方法が本質的に均質材料を仮定した条件でせん断強さを変化させた MCS となっているためである。取得されたせん断強さの標本平均値が均質ケースのせん断強さを上回れば，当然 F_s の値も均質ケースの結果を上回ることになる。この性質を反映し，全てのケースで μ_{F_s} は基本ケースの値を上回るという結果が得られた。

また v_{F_s} について，その大小は入力物性値の V_s を反映したものとなっている。Fix-12 以外は基本ケースの値を上回り，標本数が不十分であるといえる。標本数が同じである Fix-3 および Random ケースについて，標本のばらつきの差が小さいこともあり，v_{F_s} の値は接近したものとなった。図 7 のヒストグラムを見ても両者の分布形は類似していることがわかる。しかしながら，自己相関距離の増加や，変動係数の低減によって地盤内の物性の相関性が増加する場合，Fix ケースでは標本のばらつきが低下すると

表 4　標本平均の平均値と変動係数

ケース	標本数	c		$tan\phi$	
		μ_s	V_s	μ_s	V_s
Fix	1	10.045	0.291	0.362	0.303
	3	10.049	0.154	0.359	0.159
	12	10.046	0.081	0.360	0.085
Random	3	9.912	0.173	0.359	0.164
設計		10	-	0.364	-

表 5　平均値と変動係数（統計的推定誤差）

Case	標本数	μ_{Fs}	v_{Fs}
Fix	1	1.271	0.288
	3	1.336	0.132
	12	1.354	0.062
Random	3	1.314	0.150
基本		1.217	0.075

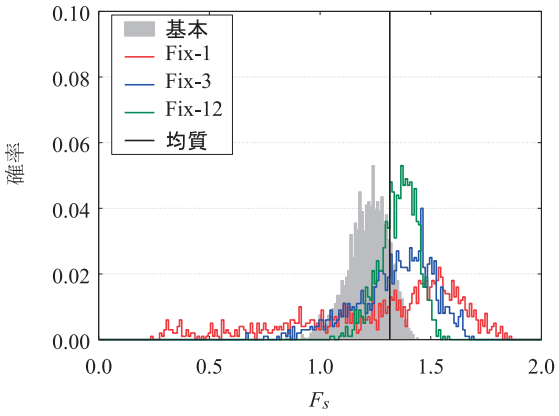

図 6　F_s のヒストグラム　Fix ケース

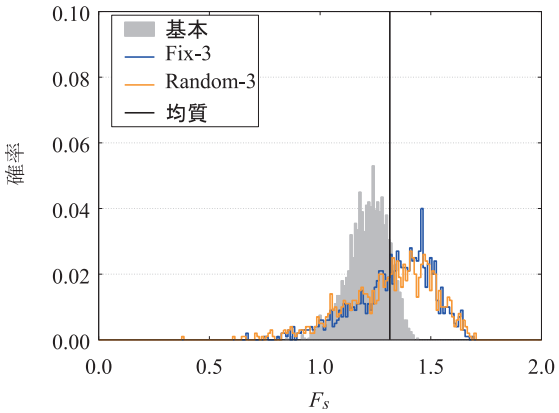

図 7　F_s のヒストグラム　Fix-3，Random-3

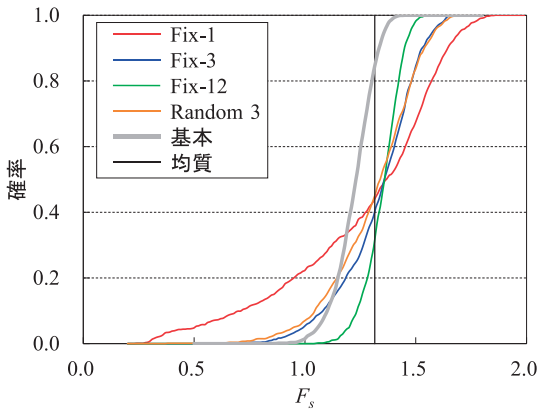

図 8　F_s の累積分布

考えられるため，Random ケースとの v_{F_s} の差がより明確になる可能性が示唆される。

以上より，V_s が最小となる Fix-12 が最も v_{F_s} を減じることができるが，μ_{F_s} の観点では，均質材料を仮定したためにどのケースも基本ケースに対して増加しており，安全率に関しては過大評価するという結果になった。

4. まとめ

本検討では，地盤調査における統計的推定誤差を減じ，物性をより精確に把握できるデータの取得方法について，仮想的な解析によって基礎的な検討を行った。以下に内容をまとめる。

地盤内の相関構造を考慮した物性値取得により，標本平均の変動係数を減ずることが可能である。これにより，斜面安定解析においても全体安全率の変動係数を減少させることが可能であることを示した。

Fix ケースでは，内部構造が異なる地盤モデルから，固定された位置におけるデータを個別に抽出しているが，安全率が最小となるすべり面の位置がそれぞれ異なる条件に対し，一定の位置から物性を取得しているため，実務的には不合理な調査法になる。斜面安定問題においては，すべり面におけるせん断強度が問題となるから，すべり円弧上の物性の把握が重要となる。これを踏まえ，実務における調査手法として，本検討における Fix ケースのような，代表的な物性と地層構造の把握のための試験を実施し，その値を用いて断面におけるすべり円弧位置を仮定した上で，すべり円弧周辺の物性を把握するための試験を実施することが考えられる。この際，統計的推定誤差を減ずるためには，すべり円弧の線上における相関構造を把握することが重要である。自己相関距離を推定するためには，地盤内の自己相関距離より短い間隔で調査を行う必要があることから，既往の報告[3] に鑑み，水平方向の調査間隔は数 m～10 m 程度以内が望ましい。このすべり円弧上で実施する試験は，相関構造を把握することが主目的であるので，簡易かつコストの増加が最小限となる手法を検討すべきと思われる。

謝　辞

本論文は筆頭著者の博士論文などに示した内容を整理し，加筆したものである。在学時，社会人博士時代の指導教官である群馬大学大学院理工学府　若井明彦教授への謝意をここに記して表します。

参考文献

1）佐竹亮一郎：信頼性手法に基づく斜面の安定性評価に関する研究，群馬大学リポジトリ，2020
2）松尾稔：地盤工学―信頼性設計の理念と実際―，技報堂出版，1984
3）Phoon, K. K. and. Kulhawy, F. H. : Characterization of geotechnical variability, Canadian Geotechnical J. , Vol. 364, pp. 612-624, 1999.
4）佐竹亮一郎，若井明彦：材料の不均質性が斜面の安定性に及ぼす影響に関する解析的検討，地盤工学ジャーナル，Vol. 14，No. 2，pp. 95-109p, 2019.
5）蔡飛，鵜飼恵三，黄文峰：斜面安定性の評価―極限平衡法と弾塑性 FEM の比較，日本地すべり学会誌，Vol. 39，No. 4，pp. 395-402, 2003.
6）星谷勝，石井清：構造物の信頼性設計法，鹿島出版会，1986.
7）土木学会：性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語（code PLATFORM ver. 1), 2003.

A Study on Statistical Estimation Errors in Slope Stability Analysis Considering Material Uncertainty

R.Satake

A fundamental study was conducted to improve methods for acquiring geomaterial property data, aiming to reduce uncertainties in these values and in slope stability due to statistical estimation errors from insufficient investigations and tests. The uncertainty of geomaterial properties was modeled as a random field in a finite element model, and the overall safety factor's uncertainty was analyzed using Monte Carlo simulation（MCS). Various methods were used to extract geomaterial property data from the random field, and the impact of extraction methods on sample mean variations was evaluated. Slope stability analysis, assuming homogeneous material, examined how changes in the position and quantity of the extracted data affected the overall safety factor's variation. The analysis showed that reducing the coefficient of variation of the sample mean also reduces the variation in analysis values and that spatial correlation within the extracted data decreases the sample mean. Based on these findings, it was proposed to conduct tests along the sliding arc to reduce statistical estimation errors concerning the number, location, and methods of acquiring geomaterial property data for slope stability verification and analysis.