

# せん断強度低減法を用いた3次元斜面安定解析

Three Dimensional Slope Stability Analysis by Shear Strength Reduction Method

森田修二\* 清水智明\*\* 外木場康将\*\*  
Shuji Morita, Tomoaki Shimizu, Yasumasa Sotokoba

## 研究の目的

斜面の安定性評価については、円弧すべりを仮定した修正 Fellenius 法や簡易 Bishop 法、などがよく用いられており、各種指針もこれらの簡易法に基づいて設計するように定められている。これらの簡易法はすべり面での摩擦抵抗力と剛体荷重のつり合いを想定して安定性を評価したものであり、適用条件に限られる。斜面上のトンネル坑口など施工過程を考慮した安定性評価には適用できない。また、3次元の挙動が問題となる場合でも、2次元解析による安全側の評価を行うことになり、結果的に不経済な対策が求められる場合がある。せん断強度低減法による FEM 解析は、要素や領域ごとの安定性評価ではなく、対象地盤を1つの安全率で評価する手法である。この手法によれば、FEM 解析の特徴を生かしながら対象地盤に対する安全対策を分かりやすく評価できる。

本研究では、3次元の地盤解析プログラム FEAST にせん断強度低減法を導入し、多様な施工条件を考慮した安定性評価が可能な解析手法を構築する。トンネルの掘削過程や支保工の条件、対策工の効果が評価できる。また、従来のせん断強度低減法では考慮されていない地震時の評価方法についても検討する。

## 研究の概要

せん断強度低減法を用いた FEM 解析のフローを図-1に示す。初期応力状態に対して、せん断強度定数の低減で発生する要素ごとの塑性ひずみに基づく不平衡応力を算定する。解析領域全体で応力の再配分による反復収束計算を行い、収束状況を判定しながら低減係数を更新する。塑性化した要素が増加して反復収束計算が収束しないあるいは塑性ひずみが極端に増加した段階で低減係数の限界値と判断して安全率として決定する。

図-2に3次元のトンネル坑口斜面におけるすべり解析の事例を示す。図-3には A-A'断面と B-B'断面におけるトンネル掘削に伴う最大せん断ひずみ増分のコンターを示す。安全率は  $F_c=1.64$  となった。2次元の円弧すべり計算では評価できないお椀型のすべり面のシミュレーションが可能となった。

また、従来のせん断強度低減法では見られない地震時の検討について、震度法を用いた解析方法を検討した。自重に加えて水平震度を付加することで斜面のすべり方向の水平力を考慮し、2次元の円弧すべり計算との比較では同等の結果が得られた。

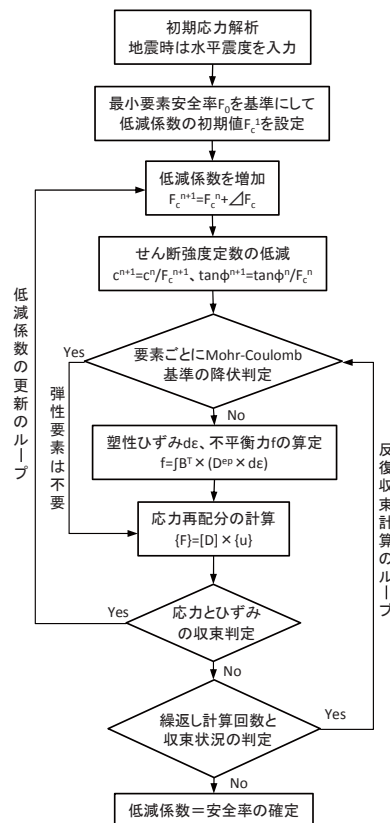


図-1 せん断強度低減法のフロー

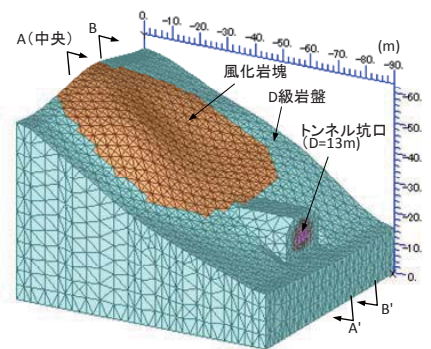


図-2 トンネル坑口斜面のモデル

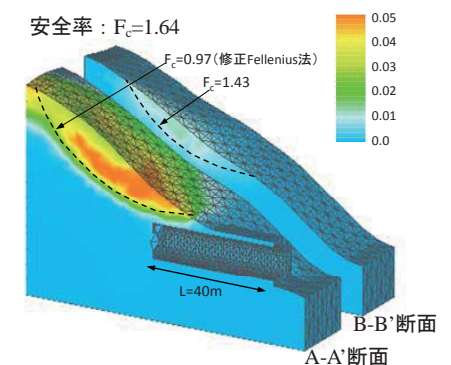


図-3 最大せん断ひずみ増分

## 研究の成果

3次元の地盤解析プログラム FEAST にせん断強度低減法を導入し、以下のことを確認した。

- i. 2次元の基本的な円弧すべりの問題で妥当な結果が得られることを確認した
- ii. 3次元の問題ではお椀型の地すべりや低土被り部でのトンネル天端崩落のシミュレーションが可能である
- iii. 従来のせん断強度低減法にはない地震時の検討では、震度法を用いてシミュレーションできることを確認した

\*西日本支社土木技術部 \*\*東日本支社土木技術部