

岩盤斜面の地震時安定性評価手法の構築に向けた試み

(1) 変形基準を考慮した安定性評価の考え方

日本大学 正 中村晋 (独)原子力安全基盤機構 村田雅明 中村英孝
 (財)鉄道総合技術研究所 篠田昌弘, 室野剛隆, 神田政幸
 (財)電力中央研究所・地球工学研究所 大島靖樹, 河井正

1. はじめに：2006年に原子力施設の耐震設計審査指針が改訂され、地震随件事象として周辺斜面の崩壊による施設の安全性能への影響についても十分に考慮することが示された。その指針の中で設計に用いる基準地震動 S_s は対象施設周辺での調査に基づき震源断層の破壊過程を考慮した手法により評価することが示され、それまでの指針で考慮されていた設計地震動を上まわる地震作用が周辺斜面に作用すると考えられる。

これまでの設計では、極限釣り合いにもとづき仮定したすべり面上のすべり土塊の滑動作用応力と地盤の強度との関係（以後、応力基準による安定性評価と呼ぶ）に基づくすべり土塊の不安定化（崩壊）の可能性に基づいた評価が行われてきた。現在、その考え方を踏襲し、改訂された指針にもとづいた既往の原子力施設の耐震性能に関するバックチェックが実施されており、地震作用の増大に伴い、過去の地震被害事例を踏まえても崩壊の生じ難いと考えられる崩壊形態の評価が懸念される。一方、1995年兵庫県南部地震による被災を踏まえ、鉄道盛土などを対象とした基準類¹⁾では、レベル2地震動のような強さの地震動に対して、許容範囲での変形を認める改定が行われた。一般土木建造物の耐震設計の現状や、斜面変状の程度に応じた施設への影響を評価するということを踏まえ、地震時における周辺斜面の不安定化の評価を応力基準のみならず地震時の変状に伴う不安定化の可能性をも考慮した評価手法の構築が必要であると考えられる。

このことから、斜面の不安定化をより適切に評価する手法の構築が急務となっている。ここでは周辺斜面の不安定化の可能性をその変形も考慮して評価する手法の構築を目的として、その基本的な考え方と構築の可能性を検証するための実施した一連の研究の概要^{2),3),4)}と今後の展開について報告する。

2. 変形基準を考慮した安定性評価の考え方：岩盤斜面の崩壊モードは、岩盤種別、亀裂などの不連続面の存在や風化などの不均質性や劣化の程度に応じて異なり、転動、すべり破壊などの形態が生じる。ここでは、応力基準により評価が行われてきたすべり破壊を対象とし、安定性評価手法の高度化を行う。

従来の応力基準による安定性評価では、仮定したすべり面上の強度と作用する滑動応力との比が瞬間的に基準値を下回った状態を不安定としていた。しかし、ニューマーク法によるすべり土塊の地震時変形量を評価する考え方によれば、すべり土塊は滑動応力が強度を上まわった時に変形するものの、地震作用の変動により滑動応力が強度以下に低下すれば変形せず安定化する。つまり、一定の地盤強度が保持されていれば、地震による震動の終了後の不安定化とならない場合があると考えられる。応力基準による安定性評価は、地震被害の分析という経験で培われた工学的な評価手法であるといえるが、発生確率の小さな地震に基づく地震作用に対する安定性の評価をこれまでと同様の工学的な安全余裕に配慮した瞬間的な不安定化のみで崩壊と評価するのはバランスを欠いている。

このことから、周辺斜面の安定性評価の考え方の図-1に示す見直しを行う。まず、従来と同様に応力基準に基づく安定性の評価を行う。不安定となる場合、すべり面周辺で生じた変形により強度が残留強度に低下し、地震によ

キーワード：斜面、安定性、応力基準、変形基準

連絡先 〒963-8642 郡山市田村街徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8712

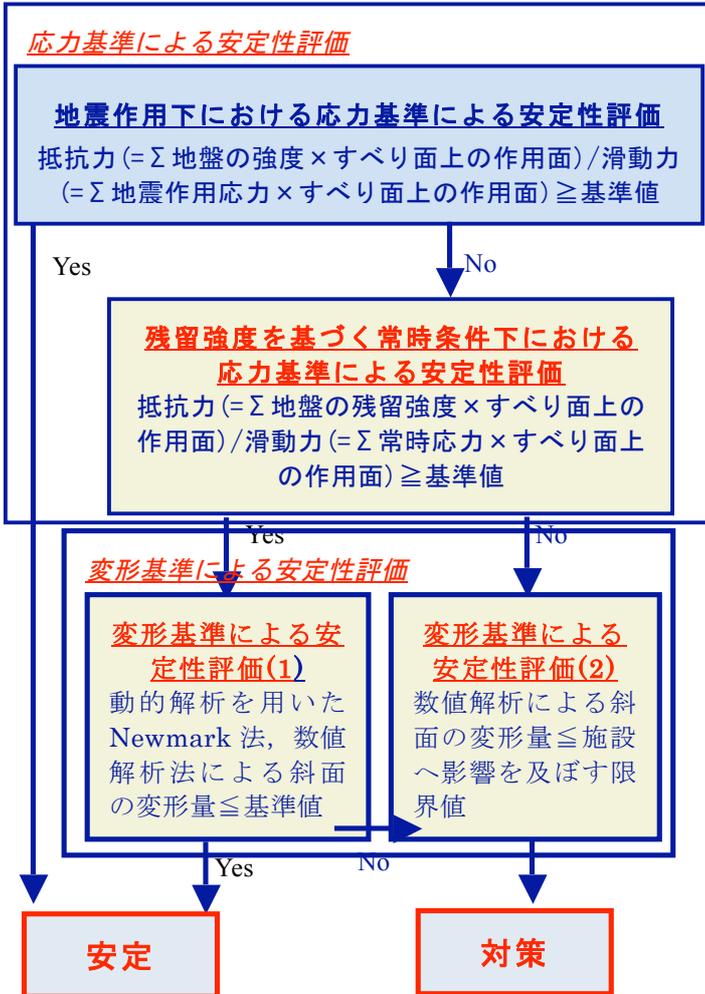
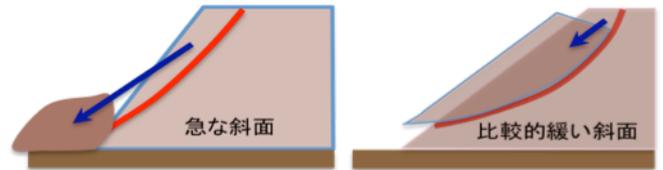


図-1 変形基準を考慮した斜面の安定性評価の考え方(案)



a) 地震後に崩壊 b) 地震後に安定
図-2 地震時の瞬間的な不安定化がもたらす地盤の強度低下による斜面の安定性状

る震動が終了した常時の状態で同一のすべり面上での安定性を応力基準に基づいて評価する。常時に地盤内に発生する滑動応力が残留強度を上まると崩壊の可能性があると思なされ(図-2 参照), 地震以後の斜面変状が施設へ及ぼす影響の程度を数値解析により行う。一方, 常時に残留強度で安定と評価された場合には, 地震時に生じる変形が安定を損なう, また施設への影響が生じる程度となるかなどの変形量に基づいた評価を行う。このような応力基準による地震時の瞬間的な不安定化の評価に加え, 斜面の変形も加味した評価(以後, 変形基準による評価と呼ぶ)も加えた斜面の安定性評価手法の構築を目指している。

3. 構築に向けた考え方の検証と今後の展開: 前述の

手法の構築に向け, まず, その考え方の妥当性をすべり面の方向を規定した小型の振動実験により検証した。実験は, 図-3 に示すすべり面の方向を規定するための弱槽と表層および基盤層で構成されるモデルを用い, 正弦波加振により実施した。あわせて, すべり挙動の発生機構を解明するため, すべりが生じる前に現れるテンションクラックの影響, ひびわれの進展とすべり破壊の関係などの検討も

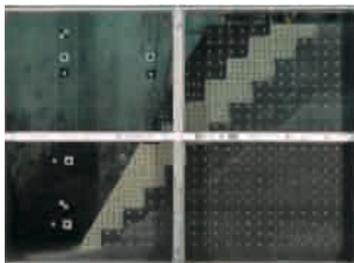


図-3 小型振動実験による検証²⁾

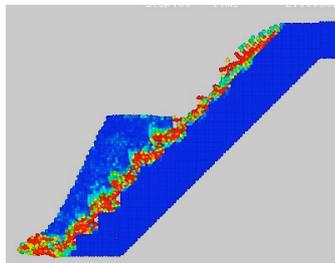


図-4 数値解析による変形量の評価⁴⁾

実施した, さらに, 斜面の崩壊挙動を定量的に評価できる数値解析手法の確立するため, ニューマーク法や粒子法を用いた実験結果のシミュレーションを実施した。図-4 に示す様に, 粒子法による数値解析は実験結果をよく再現している。それらは別報^{2), 3), 4)}にて報告する。今後は, より現実的な応力場にて検証を進めていく予定である。

参考文献: 1) 例えば国土交通省監修, (財)鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物, 2007, 2) 篠田昌弘他: 岩盤斜面の地震時安定性評価手法の構築に向けた試み-(2) 小型模型振動実験による斜面の崩壊機構の検証, 第 65 回年次学術講演会, 2010, 3) 村田雅明他: 岩盤斜面の地震時安定性評価手法の構築に向けた試み-(3) テンションクラックが斜面の地震時安定性に及ぼす影響, 第 65 回年次学術講演会, 2010, 4) 阿部慶太他: 岩盤斜面の地震時安定性評価手法の構築に向けた試み-(4) 粒子法とニューマーク法を用いた斜面の変形解析, 第 65 回年次学術講演会, 2010