

III-416

不連続性岩盤斜面の安定性に関する統一的手法の開発

NTT 正員 村田功一
名古屋大学 正員 Ömer Aydan
同上 正員 市川康明
同上 正員 川本眺万

1. はじめに 自然の岩盤には様々な不連続面が発達していることが多く、それらが岩盤の力学特性を特徴づける1つの大きな要因となっている。したがって、これらの不連続性岩盤斜面の安定性を考える場合、岩盤の不連続性を特に考慮する必要がある。本報告では、不連続性岩盤を対象として現地調査結果のデータから不連続面の幾何学的特性の定量化を行い、つぎにそのデータを基に適切な破壊の様式を見つけたし、それに合う極限解析法を選択・実行して岩盤の不連続面の幾何学特性を積極的に取り入れた不連続性岩盤の安定性を評価する統一なシステムを開発した。さらに、実際に岩盤斜面にこのシステムを適用し、その妥当性・適応性について検討した。

2. 安定性評価のシステムとその手順 安定性評価システムは、図-1に示すように5つのステップからなっている。以下に、ステップごとに説明をする。

STEP.1(調査結果の整理) 調査や実験などの試験から得られたデータを整理して、岩石と不連続面の力学特性、不連続面の幾何学的特性を決定し、それを解析に必要な形にする。不連続面の幾何学的特性としては、不連続の方向と間隔を求める。幾何学的特性を求める方法としては、今回、直接的な方法に、写真による方法、地質学的な情報を取り込んだ方法の2つの方法を加えた。また、調査、実験の不足によりデータが不足した場合、岩石、不連続面のデータベースを用意した。

STEP.2(岩盤構造の分類) STEP.1で得られた不連続面の幾何学特性のデータと岩盤の種類などの地質学的情報を基に、岩盤の構造を連続体、層状体、ブロック体のいずれかに分類する。

STEP.3(破壊様式の決定) STEP.2で分類した岩盤の構造の種類別に、岩盤の力学特性と斜面の形状から破壊様式を決定する。破壊様式の決定には、斜面の傾斜角 i 、岩盤の内部摩擦角 ϕ 、不連続面の内部摩擦角 ϕ_d 、不連続面の傾斜角 α の値を用い、その組合せにより決定する。

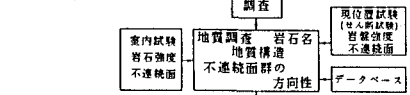
STEP.4(安定解析) STEP.3で分類した破壊様式に対応した極限平衡の理論に基づく安定解析を実行する。

STEP.5(総合評価) それぞれのSTEPで得られた結果を総合的に判断し、斜面の安定性の評価を行う。

3. 不連続性岩盤斜面への適用 提案した手法を利用した岩盤斜面の安定性評価の事例を茶臼山斜面(愛知県下設楽郡茶臼山道路折元インターチェンジ付近)へ適用した。斜面の規模は、最大高さ約8m、最大傾斜約60度、斜面幅約100mである。以下に、安定性評価システムの手順に従って、この斜面の安定性を評価する。

STEP.1(調査結果の整理) 岩盤はホルンフェルスである。ブロック状に変理面が発達し、しかも千鳥状になっている。ブロックの形状は四角柱で、そのサイズは約50cm×50cm×100cmであった。

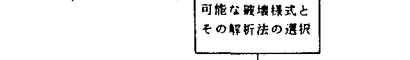
STEP.1(調査結果の整理)



STEP.2(岩盤構造の分類)



STEP.3(破壊様式の決定)



STEP.4(安定解析)



STEP.5(総合評価)

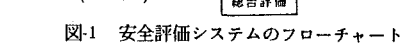


図-1 安全評価システムのフローチャート

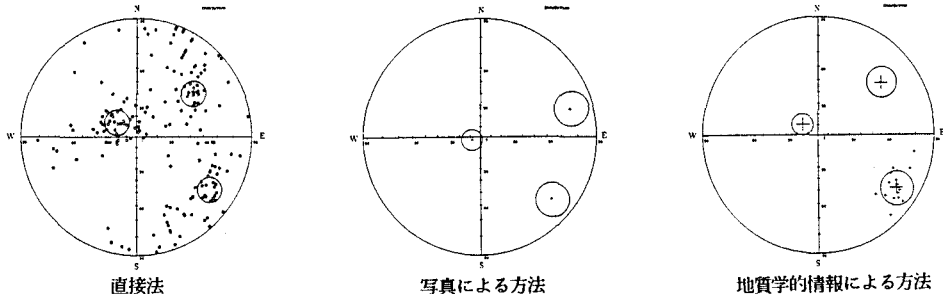


図-2 不連続面の卓越方向のステレオ極投影図

不連続面の摩擦特性は、室内試験の結果から摩擦角 $\phi_d = 35^\circ$ 、粘着力 $c_d = 0$ とした。岩石の力学特性については、粘着力 $c = 300 \text{ t f/m}^2$ 、内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$ とした。

不連続面の幾何学特性の推定については、前述した3つの方法により卓越する不連続面を求めそれを図2に示した。これらの結果を比較して、卓越する不連続面の方向は3つの方法ともほぼ同一であることが判る。一方、不連続面の間隔としては、ブロックのサイズを測定していたのでそれを使った。最終的に決定された3組の不連続面の幾何学単形状は表-1に示すとおりである。

表-1 決定された不連続面の卓越方向とその間隔

	傾斜方位	傾斜角	不連続面の間隔
不連続面 NO.1 (変理面)	146°	77°	0.5 m
不連続面 NO.2	326°	17°	0.5 m
不連続面 NO.3	219°	69°	1.0 m

ここで、傾斜方向は東から反時計周りの角度とする

STEP.2 (岩盤構造の分類) 岩盤の構造はブロック状である。よって、以下の安定解析はブロック体として行うのが妥当である。

STEP.3 (破壊様式の決定) 斜面に対して不連続面がどの様に入っているかをみると、図-3 のようになる。この図による限りくさび形破壊の可能性はない。この図を参考に、安定解析のための2次元モデルを作ると、表2で示すような条件となる。この条件より、この斜面においては、ブロック性トップリング破壊、せん断破壊、滑りとせん断の複合破壊が予想されよう。

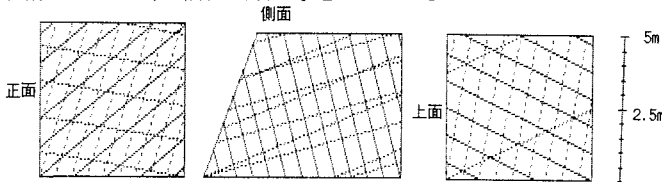


図-3 斜面に対する不連続面の分布状態

表-2 斜面の2次元モデルのデータ

斜面高さ	8 m
斜面の傾斜角	60°
不連続面の傾斜角 NO.1	104°
不連続面の傾斜角 NO.2	16°

STEP.4 (安定解析) 安定解析は、地震荷重と地盤からの水圧を無視した短期と、これらを考慮した長期の2つ条件で行った。地震荷重としては、水平震度0.2とし、水圧は岩盤が全て飽和した条件で考えた。せん断破壊、せん断と滑りの複合破壊、ブロック性トップリング破壊について2つの条件で解析を行うと安全率は表-3のようになる。

表-3 各破壊形態に対する安全率

	せん断破壊	ブロック性トップリング	せん断と滑りの複合破壊
短期	105.1	1.14	57.3
水圧を考慮にいれた解析	104.5	0.94	56.6
地震力を考慮にいれた解析	78.0	0.92	44.1
長期	77.6	0.82	43.5

STEP.5 (総合評価) この斜面においては、せん断破壊や滑りとせん断の複合破壊については安全であると思われる。しかし、ブロック性トップリング破壊には発生する可能性があり、雨の降った後や地震時には特に斜面高さ5m以上の場所については注意を要する。

3. システムの予測に対する妥当性の検討 茶臼山においては、地震時や岩盤が飽和している場合にブロック性トップリング破壊が発生する可能性が高いと予測されたが、現地において調査をすると、ブロック性トップリング破壊が過去に起こったと思われる岩塊の崩落箇所が発見された。よって、開発されたシステムの有効性が評価されたと言えよう。

4. 結論 本研究では、不連続性岩盤斜面の安定性に関する一連の統一的な方法を提案した。さらに、この評価法の有効性を明らかにするため、実際の岩盤斜面に適用したところ、よい結果を得た。

現位置の不連続面を調査する手法として、3つの方法を提案したが、3種類とも同様の結果が得られ、ここで新しく提案した写真による方法、地質学的情報による方法の有効性が明らかになった。

参考文献 1) Ömer Aydan : The Stabilisation of Rock Engineering Structures by Rockbolts, Doctorate Thesis Nagoya University, (1989) 2) Ömer Aydan、川本眺万：不連続性岩盤斜面のトップリング破壊とその安定性について、日本鉱業会誌、103 巻 197 号 (1987), pp.763-770