

不連続性岩盤斜面の不安定評価と補強設計に関する数値解析的研究

長崎大学工学部 正会員 棚橋 由彦
 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
 長崎大学工学部○学生員 大塚 政伸

1. 研究の背景と目的

近年、土地造成、ダム、発電所などの大規模な土木構造物が岩盤斜面に接して立地したり、高速道路や鉄道の路線が山間部を通るなど、長大な切り取り斜面が形成される事例が増加している。

一方、不連続性岩盤斜面の崩壊形態には、絶壁などで発生する分離・崩落、斜面の形状や岩盤と不連続面の力学的特性に支配されるすべり崩壊、および岩塊の回転を含む動力学的な崩壊様式であるトップリング(転倒)崩壊がある。このうち、トップリングは、垂直に近い節理の卓越した岩盤斜面などでしばしば発生しているため、トップリングに注目した崩壊機構の解明は、岩盤斜面の安定性評価において重要な課題となっている。さらに、静的な安定評価は様々な手法でなされているが、地震時における岩盤斜面の安定性評価に関する報告は少ないように思われる。岩盤斜面の安定性を考える際には、地震あるいは豪雨などの自然現象について、その発生頻度や規模を事前に予測し、対策工の検討を行わなければならない。

本研究は、地震時の岩盤斜面災害の発生を想定し、1995年の兵庫県南部地震で観測された一部のデータをもとに、不連続性岩盤斜面に生じるトップリングの発生条件を、不連続解析手法である個別要素法を用いた数値シミュレーションにより、重力のみの静的荷重の場合と、それに動的荷重を作用させた場合とを比較し、合理的補強対策について検討する。

2. 解析モデルおよび入力地震波

岩盤斜面のトップリングは、岩盤内の不連続面の幾何学的分布状態や物性値など、多くのパラメータに影響され、また、現象が複雑で進行的であるため、その崩壊機構が十分に解明されているとは言えない。ここでは、まず基礎研究として、規則的に配列された不連続面が含まれる岩盤斜面を想定する。

本研究では、道路造成などに伴う掘削により形

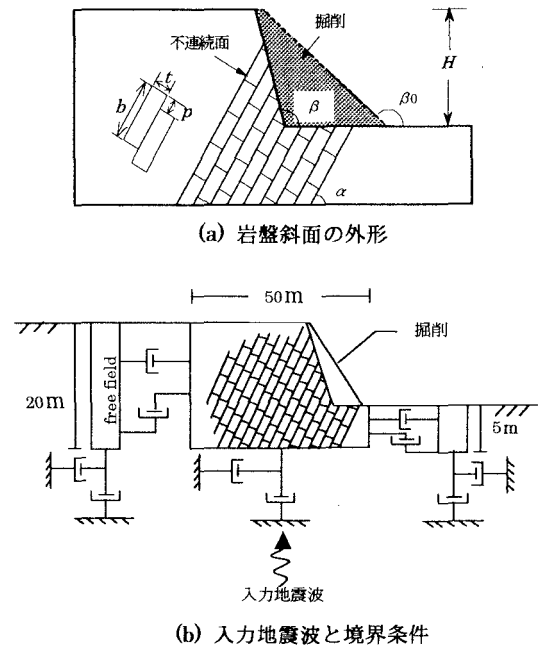


図-1 解析モデル

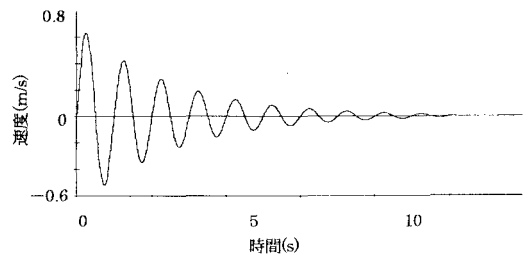


図-2 せん断方向の地震波

表-1 力学的特性値

	Item	Value (unit)
Block	単位体積重量	25.0 (kN/m ³)
	せん断剛性	1.6 (MPa/m)
Joint	垂直剛性	22.9 (MPa/m)
	摩擦角	34.8 (°)
	粘着力	0 (MPa)

成された切取斜面が安定している状態で、地震荷重を加えた時の安定性の評価を行う。

解析モデルを図-1に、力学的物性値を表-1に示す。斜面の高さ(H)を15mとし、不連続面の配列を、貫通したものと、これに貫通せず千鳥状に配列した2セットの不連続面を考慮した。側面の境界は、静的な境界をシミュレーションするために粘着性のあるダッシュボットによって free-field の格子に連結され、反射された地震波を吸収する。

挙動解析で用いる入力地震波を図-2に示す。これは、1995年に神戸市鷹取で観測された阪神・淡路大震災の地震波を想定したものである。本研究ではトッピングの発生条件を調べるために、入力地震波として最大速度 0.7m/s のせん断波を作用させる。この速度波を(式・1)により応力波に変換し、図-1の解析モデルの

底面に10秒間作用させて、斜面安定解析を行う。

$$\begin{aligned}\sigma_n &= 2C_p \rho v_n \\ \sigma_s &= 2C_s \rho v_s \\ C_p &= \sqrt{(3K+4G/3\rho)} \\ C_s &= \sqrt{(G/\rho)}\end{aligned}\tag{式・1}$$

ここに、 σ_s : せん断応力
 σ_n : 垂直応力
 C_p : 垂直波の速度
 C_s : せん断波の速度
 ρ : 密度
 v_n : 垂直方向の伝達速度
 v_s : せん断方向の伝達速度
 G : 弾性せん断係数

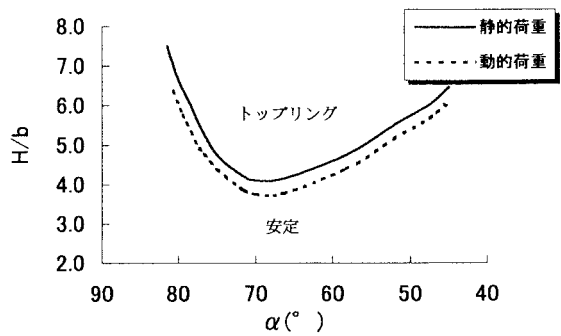


図-3 H/b と α の関係

3. 解析結果

解析では、斜面の高さ(H)を不連続面によって区切られたブロックの長さ(b)で除して無次元化した(H/b)を5~8と変化させ、図-2に示す地震波を作用させた。

解析結果の一例として、重力のみの静的荷重の場合と、さらに地震力による動的荷重を作用させた場合について、 H/b と α との間での、トッピング挙動を示す領域と安定領域の関係を図-3に示した。掘削後の斜面傾斜角(β)を100°、ブロックの縦横比を $b/t=1.5$ 、かみ合い比を $p/b=1/4$ としているが、 $\alpha=70^\circ$ 付近で2つの場合とともに H/b が最小値をとる。つまり、ブロックが斜面高さに対して長くなると、不安定を生じる不連続面の傾斜角は限られてくることがわかる。反対にブロックが短くなると、不連続面の傾斜が緩やかになっても、トッピングを起こす確率が高くなるということである。また、地震荷重を作用させた場合、トッピングが発生する不安定領域が広くなり、安定領域が狭くなっている。

以上のことから、斜面の岩盤ブロックの長さや傾斜角などをよく調べて、不安定性の発生条件を確認した上で対策を施せば、岩盤斜面の崩壊による災害を防止することができる。

4. おわりに

岩盤斜面に地震波を作用させることで、不安定性の発生条件を調べた。重力のみの荷重を作用させた場合と、地震力も受ける場合の影響を考慮した岩盤斜面の補強について、 H/b と α の関係を明らかにした。今後は、地震力の影響を考慮した岩盤斜面の補強について、ロックボルトやロックアンカーなどによる安定効果を調べていく。

参考文献

1) 棚橋由彦, 蔣宇静, 神園大介: 第35回地盤工学研究発表会講演集, pp.1461-1462, 2000.