

背面亀裂の進展方向に着目した岩盤崩落の遠心力模型実験

(独)土木研究所寒地土木研究所〇正会員 日下部祐基

(独)土木研究所寒地土木研究所 正会員 伊東 佳彦

(独)土木研究所寒地土木研究所 井上 豊基

1. はじめに

1996 年の一般国道 229 号豊浜トンネル崩落事故を契機に、筆者らは大規模岩盤崩落のメカニズム解明等を目的に遠心力模型実験を実施してきた。これまでの実験では、オーバーハングした岩盤斜面の背面亀裂が斜面の上方(天端から下方へ)に存在する場合(以下、上方亀裂)を対象として、各種岩盤斜面の安定度評価法を提案¹⁾した。しかしながら、現場調査の報告や既往文献²⁾によると図-1に示すように背面亀裂が下方(オーバーハングの下端から上方へ)に存在する場合(以下、下方亀裂)がある。上方亀裂は、自重や地震などの転倒モーメントや水平力の作用により形成されと考えられるのに対し、下方亀裂は、内在する垂直あるいは急傾斜の弱面の下方が浸食等で出現することなどが考えられる。ここでは、背面亀裂が上方と下方に存在する場合の遠心力模型実験を行って比較検討した結果を報告する。

2. 実験条件と実験方法

遠心力模型実験は、模型縮尺を 1/70 として上方亀裂を 1 ケース、下方亀裂を 2 ケースの計 3 ケースの供試体を作成して実施した。各実験ケースの供試体を図-2に示す(図は、遠心加速度方向を下向きにして、重力加速度方向と一致させて示している)。供試体には、既存背面亀裂として所定長さの塩ビ板を片面に剥離剤を塗布して埋め込み、その先端より発生することが予想される新たな進展亀裂の挙動を観測するためにひずみゲージ 10 点(単軸ゲージ 1 枚、二軸ゲージ 9 枚)を貼付した。

模型供試体の材料は、予め配合決定したモルタルを用いた。モルタル配合に用いた目標強度は、遠心力載荷装置の最大遠心加速度 100G 以下で模型供試体が崩落する強度を想定して一軸圧縮強さ $qu=1.80\text{MN/m}^2$ とした。(配合比=セメント C:砂 S:カオリン粘土 N=1:4:1, 水セメント比 W/C=2.5 (Case1), W/C=2.25 (Case2,3))

遠心力載荷方法は、これまでの実績をもとに想定崩落加速度の 70%まで 10G ステップ、以後 5G ステップの段階載荷を基本とした。

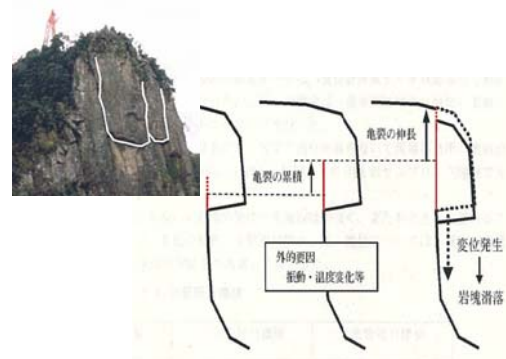


図-1 背面亀裂が下方にある場合の崩落イメージ²⁾

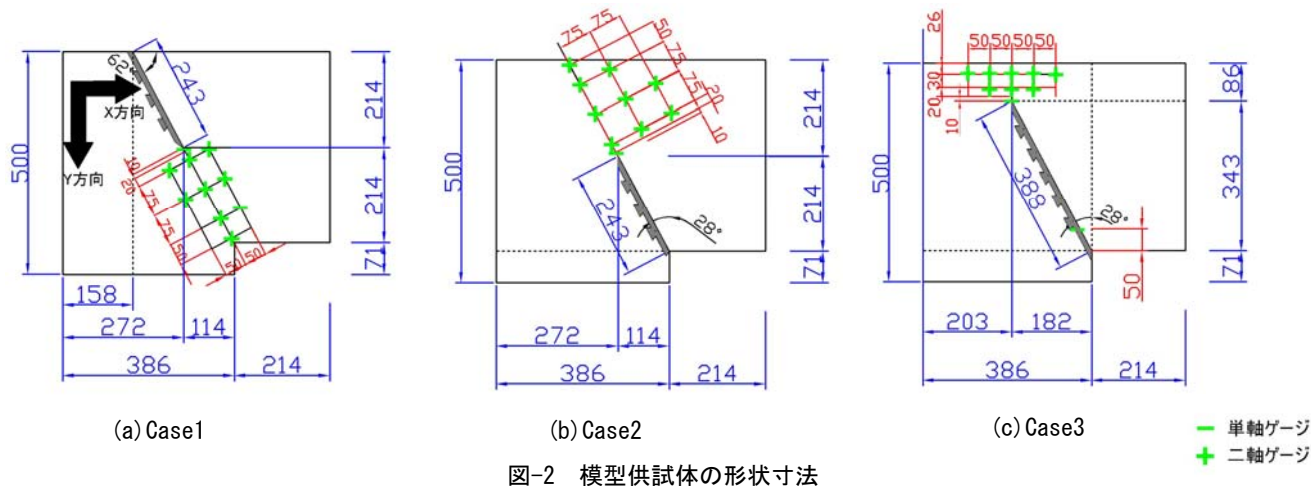


図-2 模型供試体の形状寸法

キーワード 岩盤斜面、崩落、背面亀裂、遠心力模型実験

連絡先 〒062-8602 北海道豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34 (独) 土木研究所寒地土木研究所 TEL 011-841-1775

表-1 実験結果

実験Case	供試体の背面亀裂位置 (実験条件)	背面亀裂長 (m)	亀裂比	崩落加速度実測値 n_f (G)	模型縮尺 1/n	模型供試体重心位置半径 r' (m)	遠心力載荷装置の有効半径 r (m)	一軸供試体の単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	実測引張強さ σ_t (kN/m ²)	補正崩落加速度 n_{fs} (G)
1	上方亀裂	0.243	0.50	15.0	70	3.18	3.50	17.5	200.0	13.2
2	下方亀裂	0.243	0.50	34.0	70	3.18	3.50	17.6	199.0	30.4
3	下方亀裂	0.388	0.80	17.5	70	3.18	3.50	17.4	170.0	18.1

実験後、岩盤模型の供試体からコア試料を採取して一軸圧縮試験、および圧裂引張試験を実施して力学特性を求めた。

3. 実験結果と考察

3. 1 実験結果

表-1 に各実験ケースの遠心力模型実験から求められた崩落加速度実測値、および実験後供試体の岩石試験結果を示す。これらの結果を比較するために、下記に示す(1)式を用いて遠心力模型実験結果による崩落加速度実測値を補正した。(1)式では、各実験ケースの差異の補正として基準値とした引張強さ σ_s (=200kN/m²) と単位体積重量 γ_s (=18.0kN/m³)への換算、および測定する遠心加速度の半径位置を補正している。同表には、計算による補正崩落加速度も示した。

$$n_{fs} = \frac{\beta}{\alpha} n_f \frac{r'}{r} \quad (1)$$

ここに、 n_{fs} : 補正崩落加速度(基準値に置き換えた崩落加速度)(G)、 n_f : 実測崩落加速度(G)、 α : 供試体の実測引張強さ σ_t と引張強さの基準値 σ_s (=200kN/m²)の比 ($=\sigma_t/\sigma_s$)、 β : 実測単位体積重量 γ_t と単位体積重量の基準値 γ_s (=18.0kN/m³)の比 ($=\gamma_t/\gamma_s$)、 r' : 模型供試体重心位置の半径(m)、 r : 遠心力載荷装置の有効半径(m)

なお、表にある亀裂比とは、設置した亀裂ライン全長(=0.485m)に対する背面亀裂として設置した塩基板長さの比として、背面亀裂長を正規化したものである。

3. 2 背面亀裂の進展方向の違いによる崩落加速度

図-3 に、亀裂比と補正崩落加速度の関係を示す。補正崩落加速度は、上方亀裂よりも下方亀裂の方が大きい値を示している。すなわち、下方亀裂の方が崩落し難く安定率が大きいと推測される。この理由には、上方亀裂では応力が亀裂先端に集中するのに対して、下方亀裂では斜面天端に応力が分散されたこと等が考えられる。図-4 に実験 Case2 の崩落面を示す。新たな進展亀裂は既存亀裂先端からおおよそ直角方向に発生しており、既存亀裂の方向と異なっていることがわかる。

4. まとめと今後の課題

背面亀裂の進展方向の違いとして、上方亀裂の下方亀裂の崩落加速度を比較した結果、下方亀裂の方が崩落し難いことが推測された。今後はこの現象をFEM等の数値解析により定量化する必要がある。

参考文献

- 1) 日下部祐基, 三浦均也, 伊東佳彦, 表真也: 極限平衡解析による岩盤斜面の簡易安定度評価法の適用と検証事例, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol. 67, No. 2, pp.228-239, 2011.
- 2) 山内淑人, 蔣宇静, 棚橋由彦: 動的特性の変化に着目した不安定岩塊の計測管理, 地盤の環境・計測技術に関するシンポジウム 2006 論文集, 地盤工学会, pp21-26, 2006.

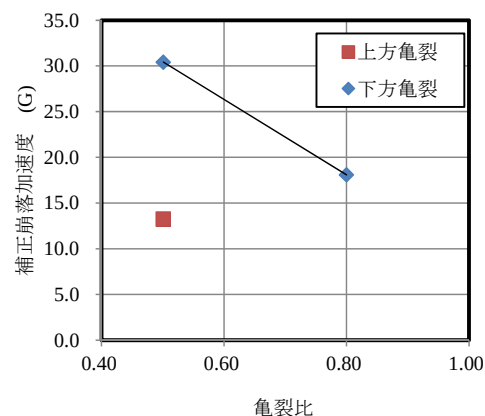


図-3 亀裂比と崩落加速度の関係

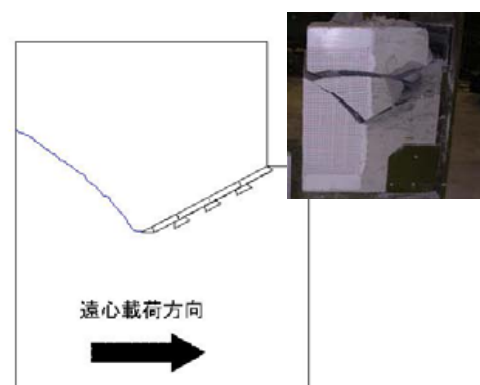


図-4 実験後供試体の崩落面 (実験 Case2)