

切欠きを有する岩盤模型の遠心力模型実験を用いた危険度評価法の適用事例

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○日下部祐基 伊東佳彦 石川博之 表真也
豊橋技術科学大学 正会員 三浦 均也

1. まえがき

我が国では、地すべりや岩盤崩落などの斜面災害が毎年多数発生しており、土木構造物に多大な被害をもたらす、時には人的被害を伴う重大事故も生じている。著者らは、大規模岩盤崩落のメカニズムを明らかにするために、一連の遠心力模型実験を実施してきた。ここでは、本研究で提案した遠心力模型実験による岩盤斜面の危険度評価法¹⁾について、実斜面に適用してその有効性を検討したので報告する。

2. 実験概要

写真-1に対象とした岩盤斜面（以下、実岩盤斜面）を示す。実岩盤斜面を含むこの地区の地形は、遷急線を標高100m前後に持つ溶岩台地の裾部にあたり、遷急線より上方は緩斜面が連続する。地質は、新第三紀鮮新世の溶岩と砂～砂質泥を基質とした火山円礫岩を主とする火砕岩からなり、火山円礫岩には $\phi 0.3 \sim 1.5\text{m}$ 、まれに $\phi 5\text{m}$ に達する安山岩礫を含む。実岩盤斜面の引張強さとしては、対象地区で収集した安山岩の岩石試験結果の平均値 7.72MN/m^2 を、単位体積重量には 26.4kN/m^3 （＝湿潤密度 ρ_t ： $2.69\text{g/cm}^3 \times 9.810$ ）を採用した。

実験では、装置に設置可能な岩盤模型の形状を考慮して、実岩盤斜面を模擬した縮尺1/15の岩盤模型（高さ $h=0.55\text{m}$ ）を作成した。写真-2に岩盤模型を示す。岩盤模型の強度は、実験に用いた装置の最大遠心加速度 $100g$ 以内で破壊する引張強さとして 0.20MN/m^2 を用いた。岩盤模型材料のモルタル配合は、室内配合試験の結果からセメント(C)、砂(S)およびカオリン粘土(N)をC:S:N=1:4:0.5、水セメント比 $W/C=2.0$ とした。

遠心力模型実験では、表-1に示すように、切欠き高さ H 、浸食深さ Z および切欠き面交角 χ の異なる7個の岩盤模型を作成した。ここでの切欠き高さ H とは、斜面背面に想定した切欠きの位置を示すもので、斜面底部に設定した基準面から切欠き先端の高さを表している。浸食深さ Z とは、基準面から下部の岩体を表面から任意の厚さ削り取った深さを示している。切欠き面交角 χ とは、切欠き面が2面になる場合の交角である。

3. 実験結果と考察

表-2に実験結果を示す。本遠心力模型実験では、前述し



写真-1 実岩盤斜面



写真-2 岩盤模型

表-1 遠心力模型実験一覧

実験番号	模型縮尺 1/n	切欠き高さ H	浸食深さ Z	切欠き面 交角
		実斜面 (m) 模型 (mm)	実斜面 (m) 模型 (mm)	χ°
1	15	1.80	0.00	0
		120	0	
2	15	1.80	1.35	0
		120	90	
3	15	1.80	0.60	0
		120	40	
4	15	1.50	0.00	0
		100	0	
5	15	1.20	0.00	0
		80	0	
6	15	1.20	0.00	15
		80	0	
7	15	1.20	0.00	45
		80	0	

キーワード 遠心力模型実験, 岩盤, 崩落, 安全率

連絡先 〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 土木研究所寒地土木研究所防災地質チーム TEL011-841-1775

表-2 破壊加速度および実験後岩盤模型の室内試験結果表

実験番号	破壊加速度 実測値 n_f (g)	実験後抜き取り試料							
		湿潤密度	一軸圧縮強さ	破壊ひずみ	静弾性係数	ポアソン比	引張強さ	強度定数	
		ρ_t (g/cm ³)	σ_c (MN/m ²)	ε_f (%)	E_t (GN/m ²)	ν	σ_t (MN/m ²)	C_{uu} (MN/m ²)	ϕ_{uu} (度)
1	75	1.82	2.36	0.07	2.53	0.12	0.39	0.89	13.5
2	58	1.81	2.33	0.16	2.70	0.17	0.37	—	—
3	85	1.83	2.25	0.29	1.53	0.16	0.35	—	—
4	75	1.80	2.18	0.15	2.23	0.19	0.32	—	—
5	100	1.84	2.01	0.06	5.24	0.32	0.33	—	—
6	100以上	1.75	2.43	0.19	2.05	0.17	0.28	—	—
7	90	1.78	2.83	0.16	3.84	0.23	0.43	0.91	14.2

たように各岩盤模型の引張強さを 100g 以内の遠心加速度で岩盤崩落が再現できる引張強さに設定したため、実岩盤斜面の引張強さと異なっている。単位体積重量を求めるための湿潤密度についても、実岩盤斜面に採用した値と異なる。そこで岩盤模型の引張強さ σ_t と実岩盤斜面の引張強さ σ_s ($=7.72\text{MN/m}^2$) の比 α ($=\sigma_t/\sigma_s$) および各岩盤模型の単位体積重量 γ_t と実岩盤斜面の単位体積重量 γ_s ($=26.4\text{kN/m}^3$) の比 β ($=\gamma_t/\gamma_s$) を用いて、実岩盤斜面の岩盤安全率 F_{ps} を以下の式で求めた。

$$F_{ps} = \frac{\beta \cdot n_f}{\alpha \cdot n} \quad (1)$$

ここに、 n ：模型縮尺 ($1/n$)、 n_f ：崩落加速度 (g)

図-1 に一例として浸食深さと岩盤安全率の関係を示す。

この関係は、実験パラメータの最も危険な状態である切欠き高さ $L=1.80\text{m}$ 固定の浸食深さ $Z=1.35\text{m}$ を示したものであるが、実岩盤斜面の引張強さおよび単位体積重量とした条件(図中の凡例：岩盤強度)では、岩盤安全率 $F_{ps}=54.5$ と大きな値を示していることから、この条件では実岩盤斜面は十分安全と評価される。

実岩盤斜面を含めて自然岩盤斜面では、経年的に岩盤が降雨や地下水、さらに寒冷地特有の凍結融解などにより風化して、強度低下することが予想される。現状の調査技術では、風化による強度低下を定量的に知ることができない。そこで既往文献²⁾³⁾を参考として当初想定強度の 1/2、1/4 とした場合の関係を図-1 に示した。この関係においても、岩盤安全率が $F_{ps}=10.0$ 以上を示し、十分大きな岩盤安全率を示している。これらのことから危険度を評価すると、実岩盤斜面は強度低下を考慮しても安定していると評価される。

4. まとめ

遠心力模型実験を用いた岩盤斜面の危険度評価法を実岩盤斜面に適用した結果、採用した引張強さと単位体積重量では、実岩盤斜面は十分安全と評価された。また、経年的な風化などによる強度低下を想定した、当初引張強さの 1/2、1/4 とした場合の関係においても、岩盤安全率は $F_{ps}=10.0$ 以上を示し、十分大きな岩盤安全率を示したことから、実岩盤斜面は強度低下を考慮しても安定していると評価された。

参考文献

- 1) 日下部祐基，石川博之，伊東佳彦，國松博一，三浦均也，上堂藺四男，只野暁，山本真裕，中田賢：遠心力模型実験による岩盤斜面の安全率評価法，平成 17 年度土木学会北海道支部 論文報告集 第 62 号，2006。
- 2) Goodman, R.E.：不連続性岩盤の地質工学（赤井浩一，川本眺万，大西有三共訳），pp.140-142，森北出版，1978。
- 3) 土木学会：岩盤斜面の調査と対策，pp100-101，1999。

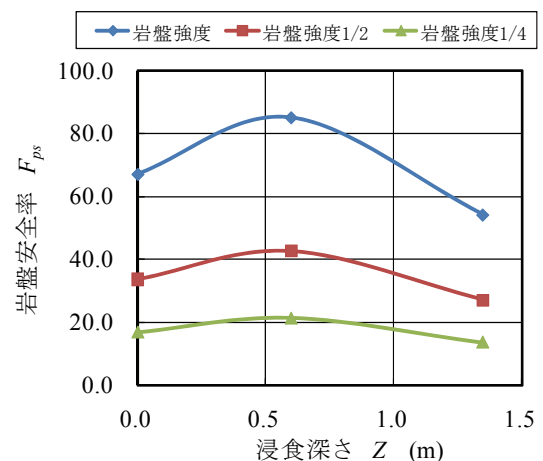


図-1 浸食深さと岩盤安全率
(切欠き高さ $H=1.80\text{m}$ 固定)