

遠心模型による岩盤斜面の安全率評価法に関する実験

(独)土木研究所寒地土木研究所 正会員○日下部祐基, 石川博之, 伊東佳彦
 豊橋技術科学大学 正会員 三浦均也 北海道開発局留萌開発建設部 正会員 國松博一
 応用地質(株) 正会員 上堂菌四男 ケイジーエンジニアリング(株) 正会員 只野暁
 (株) ウェザーコック 山本真裕 (株) 中田測量 中田賢

1. はじめに

北海道では、1996年の豊浜トンネル崩落事故以降も大規模岩盤崩落が多数発生しており、国民の生命・財産を脅かすとともに道路トンネルなどの公共構造物に多大な被害を与えている。著者らは、遠心力載荷装置を用いて岩盤の亀裂進展による斜面の不安定化を定量的に評価する手法を検討¹⁾しており、これまでに遠心力模型実験を用いた岩盤斜面の安全率評価法を考案²⁾した。今回、考案した評価法をもとに実際の岩盤斜面を対象として、各種条件をパラメータにして作成した3次元モデルの遠心力模型実験を行い、岩盤斜面の安全度を検討したので報告する。

2. 実験概要

本研究で用いている遠心力載荷装置は、有効回転半径3.5m、最大遠心加速度100G（Gは重力加速度）、最大搭載質量2500kg（最大加速度時）の比較的大型の装置である。

3次元モデル実験の対象は、北海道島牧村地区の水冷破碎岩等から構成される岩盤斜面であり、同斜面を模した縮尺1/20の供試体を3次元レーザ測量で得たデジタル地形データを用いて作成した。供試体の強度は、岩石の一軸圧縮強度20N/mm²を目標にモルタルを配合し、切欠き長さ固定端長の異なる5個の供試体を調製した。図-1,2に3次元モデル供試体と各パラメータの関係を示す。

実験では、遠心載荷の過程で生じるひずみをひずみゲージで計測するとともに、CCDカメラにより亀裂の進展性状

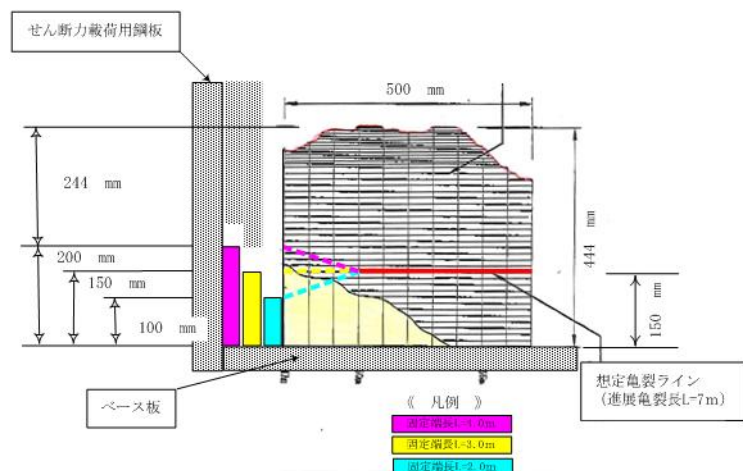


図-1 実験供試体と固定端パラメータの関係

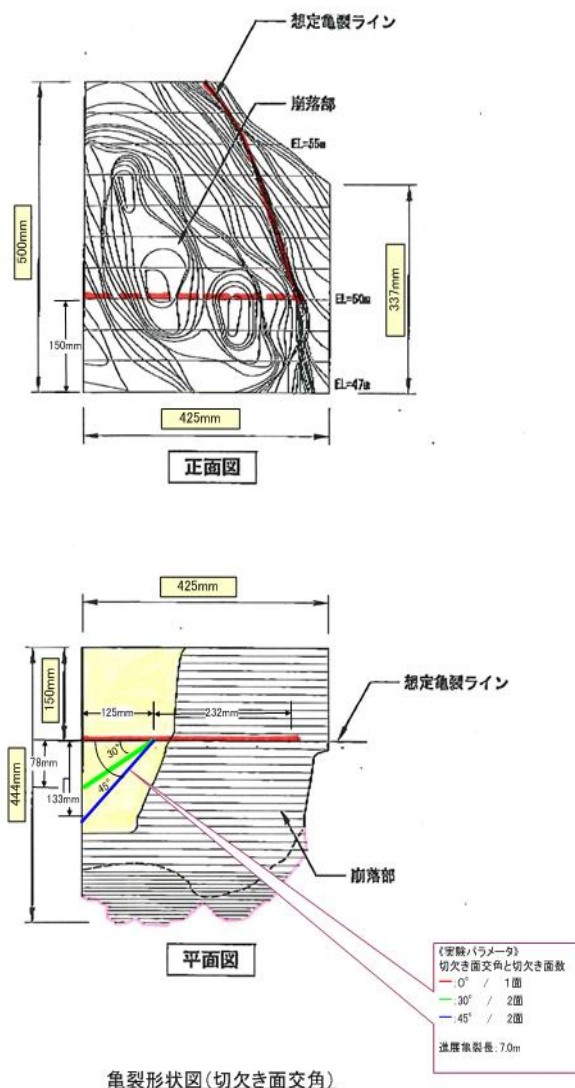


図-2 遠心載荷供試体の形状および寸法

キーワード：遠心力模型実験，岩盤斜面，安全率

連絡先：〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1番34号 (独) 土木研究所寒地土木研究所 TEL 011-841-1775

表-1 実験結果表

実験番号	固定端長 L (m)	亀裂進展長 L (m)	切欠き面数	切欠き面交角 χ (°)	破壊加速度 実測値 n f (G)	実験後抜き取り試料								圧縮・引 張強度比	安全率 Fps
						湿潤密度 ρ t (t/m ³)	一軸強度 q u (N/mm ²)	破壊ひずみ ε f (%)	静弾性係数 E _{Sos} (N/mm ²)	ポアソン比 ν	引張強度 σ t (N/mm ²)	強度定数			
												C _{uu} (N/mm ²)	φ _{uu} (度)		
No. 1	3. 0	7. 0	1	0°	30	2. 27	31. 2	0. 27	1. 70 × 10 ⁴	0. 216	2. 82	—	—	11. 06	0. 96
No. 2	3. 0	7. 0	2	30°	30	2. 20	23. 3	0. 26	1. 39 × 10 ⁴	0. 210	2. 23	6. 38	33. 5	10. 45	1. 29
No. 3	3. 0	7. 0	2	45°	44	2. 23	27. 4	0. 31	1. 41 × 10 ⁴	0. 213	2. 61	—	—	10. 49	1. 61
No. 4	2. 0	7. 0	2	30°	26	2. 21	28. 3	0. 29	1. 46 × 10 ⁴	0. 216	2. 80	—	—	10. 11	0. 92
No. 5	4. 0	7. 0	2	30°	62	2. 19	24. 5	0. 31	1. 28 × 10 ⁴	0. 219	2. 35	—	—	10. 43	2. 53

を確認した。

遠心力の载荷方法は、想定破壊加速度の 70%までは 10G ステップ、それ以後は 5G ステップを基本として段階的に増加させ、1 ステップ 5 分間以上維持した。また、ひずみの発生量が急増した場合には、遠心力を一定に保ってひずみがクリープ的に増加しないことを確認したのち、次の加速度段階に移行した。

実験後、供試体からコア試料を採取して一軸圧縮試験、圧裂引張試験および一部供試体で三軸圧縮試験を実施して力学特性を求めた。

3. 実験結果と考察

実験結果を表-1 に示す。実験結果は、以下に示す式により安全率を求めて各種パラメータとの関係を検討した。

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

ここに、 α ：供試体の実測引張強度 σ_t と目標引張強度 σ_s の比 ($= \sigma_t / \sigma_s$ ，圧縮強度の 1/10 を採用)， n ：模型縮尺， n_f ：破壊加速度， F_{ps} ：実斜面が引張強度 σ_s の場合の安全率

図-3 に、固定端長 3.0m の場合の切欠き面交角と安全率の関係を示す。安全率は、切欠き面交角が小さいほど減少する傾向がみられ、切欠き面交角 4° 以下で安全率が 1.0 以下となる。これは、切欠き交角が小さくなると崩壊力になる岩体の体積が増加するとともに、抵抗力が働く亀裂進展面積が減少するためである。

図-4 に、切欠き面交角 30° における固定端長と安全率の関係を示す。安全率は、固定端長が小さくなるほど減少する傾向がみられ、固定端長 2.3m 以下で安全率が 1.0 以下となる。また、固定端が切欠き面より前面にある実験 No.5 では、安全率が急激に増加することがわかる。これらのことは、今後数値計算による岩盤斜面の安全率算出手法の構築に有益になると考える。

4. まとめ

北海道の実岩盤斜面を模した 3 次元モデルの遠心力模型実験を行い、各種パラメータによる岩盤斜面安全率の変化傾向を検討した。その結果、今回の条件での安全率は、切欠き面交角および固定端長が小さくなると減少する傾向がみられた。これらは、今後数値計算による岩盤斜面の安全率算出手法の構築に有益になると考える。

参考文献

- 1) 日下部祐基・三浦均也・池田憲二・渡邊一悟：切欠きを有する模擬岩盤の崩落に関する遠心力载荷実験，土木学会，第 33 回岩盤力学に関するシンポジウム論文集，pp.57-64，2004.1
- 2) 日下部祐基・三浦均也・石川博之・伊東佳彦・國松博一・上堂園四男・只野曉・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，2006.6

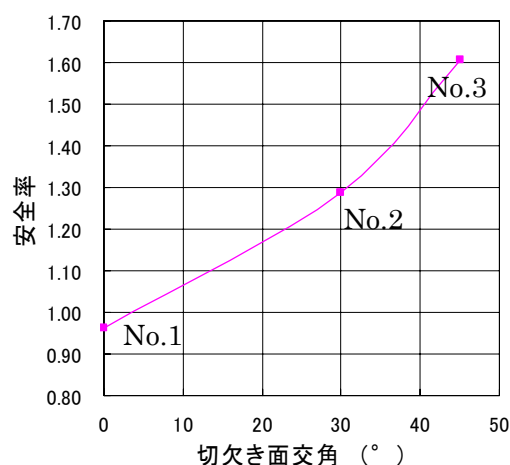


図-3 切欠き面交角と安全率の関係

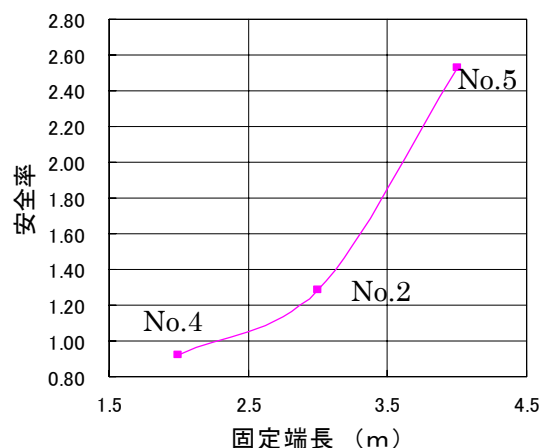


図-4 固定端長と安全率の関係