

流れ盤構造を有する軟岩斜面の安定性に関する研究

東京都市大学 学生会員 ○佐野 瑠星 東京都市大学 正会員 伊藤 和也
(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所 正会員 平岡 伸隆

1. はじめに

斜面の掘削工事中の土砂崩壊で労働災害が発生している。本研究では、死亡災害事例のあった流れ盤を有する軟岩斜面に着目する。流れ盤構造を有した斜面を掘削する際には、これまでは過去事例の経験的な指標を用いて掘削勾配が決められていたが、力学的な根拠が乏しいのが現状である。そのため、流れ盤勾配と掘削勾配の関係について実験的に検証する必要があると考える。本報告では掘削工事における流れ盤を有する軟岩斜面の崩壊挙動を遠心模型実験で再現できるか確認を行う。

2. 遠心模型実験概要

実験方法として遠心模型実験を採用した。遠心模型実験は、模型を載せたプラットフォームを高速回転させ、遠心力を使って実験を行う。重力の n 倍の遠心加速度が模型に掛かると、1G 場での n 倍の応力状態を再現したことになる。使用した遠心模型実験装置は安衛研所有の遠心模型実験装置である。遠心場で遠心加速度を段階的に上げていき、最大 50G まで上げ、実験を行う。

軟岩を模擬するため、早強ポルトランドセメント、石灰石砕砂、石灰石微粉末、水、混和材を混合した。配合比は表-1 に示す通りであり、関口ら¹⁾を参考とする。モデル斜面の概略図を図-1 に示す。実験条件は地盤高さ 320mm、斜面高さ 281.7mm、斜面勾配 60°、不連続面勾配 45°とした。斜面勾配は、労働安全衛生規則および道路土工指針によって決定した。安衛則第 356 条、岩盤又は堅い粘土からなる地山において斜面高 5 m 以上の掘削では、斜面掘削勾配を 75°以下としている。また道路土工切土工・斜面安定工指針では、切土に対する標準のり面勾配について、軟岩では 63.4°から 39.8°としている。このため限界値付近である 60°を採用した。不連続面の勾配は道路土工切土工・斜面安定工指針²⁾

によると、一般に流れ盤は角度 30°～60°の範囲にある場合が一般的であると記しているため、その中間値である 45°を採用した。この模型は最大 50G の遠心場において、斜面高さ 14085mm (約 14m) の再現となる。土槽側面は軟岩との摩擦を低減させるため、シリコングリスを塗りテフロンシートを貼った。不連続面を模擬するため、基盤層と表層に分け 2 回打設を行い、基盤層整形後には斜面崩壊挙動を可視化しやすくするため、朱液を全面に塗り、その上に基盤層の水の吸収を防ぐため、白色ワセリンを塗った。養生日数は基盤層 24 日養生、表層 3 日養生とした。計測器は崩壊した遠心加速度を計測し、斜面の天端部分の変位を計測するため、LVDT 変位計を 5 基設置した。斜面に近い側を ch1 とし、ch5 まで設置する。

3. 実験結果

遠心模型装置の稼働開始時間を 0 秒とする。実験の結果、時間 1130sec、遠心加速度 29G 到達後に斜面崩壊に

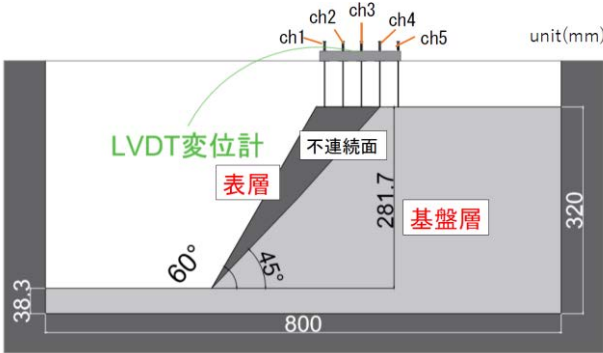


図-1 模型概略図

表 - 1 模型材料の配合比

単位量 (Kg/m ³)		
水	セメント	混和剤
373	52	1
石灰石砕砂	石灰石微粉末	合計
825	825	1650

キーワード 流れ盤, 軟岩, 掘削工事, 斜面崩壊, 遠心模型実験

至った(図-2)．崩壊過程は崩壊する約 2 分前から天端の不連続面に当たる部分にクラックが入り、その後に斜面崩壊が生じた．天端部分の斜面崩壊による変位の変動を図-3 に示す．

ch1, ch2 が天端部に設置された LVDT 変位計であり、崩壊までに指数関数的に沈下量が上昇したことが分かる．ch1 は約 1060sec, ch2 は約 1050sec からグラフが傾き始めていることがわかり 1130sec で計測値が発散しているため、斜面崩壊したことが読み取れる．

沈下が確認されてから崩壊に至るまで 70～80 秒程度かかる．また、1105～1130sec の 25 秒間は遠心加速度の上昇が収束しつつあるにもかかわらず、変位は急激に上昇していることが読み取れる．本実験では遠心力の増加によって崩壊を発生させており、外力が変化しているため、単純に時間を相似則に適用できないが、時間が n 倍かかると考慮し、1105sec 後の遠心加速度が 29G で一定と仮定すると、沈下量が急上昇を始めてから 725 秒後（約 12 分後）に崩壊する．このため、掘削工事中において法肩部の沈下量の変化率を計測によって捉えられれば、崩壊が予測できる可能性が示唆された．

4. まとめ

流れ盤勾配と掘削勾配の関係について実験的に検証するための前段階として、流れ盤勾配 45°、掘削勾配 60°の模型斜面に対し遠心実験を実施し、掘削工事における流れ盤を有する軟岩斜面の崩壊挙動を確認した．流れ盤構造を模擬するため 2 回打設をし、軟岩を模擬するため、石灰石とセメントの混和材で再現をした．本研究で得られた知見を以下に示す．

- 1) 流れ盤部分を 2 回打設で再現し、遠心力の増加によって斜面崩壊を再現した．本実験方法によって流れ盤構造を有した軟岩斜面の崩壊を模擬することができた．
- 2) 沈下が生じてから、崩壊に至るまで、十分な時間を有することにより、労働災害防止の観点において斜面崩壊予測の可能性を示唆された．

今後、角度を変更し複数のケースを行うことで、流れ盤勾配と掘削勾配の関係について実験的に検証できると思われる．

参考文献

- 1) 関口陽, 石丸真ら：人工軟岩と不連続性岩盤斜面模型の作製方法に関する検討, 第 52 回地盤工学研究発表会, 2017 年 7 月, pp.1721-1722.
- 2) 社団法人日本道路協会：道路土工 - 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）, 2009, p.143.



図-2 側面から見た崩壊後の様子

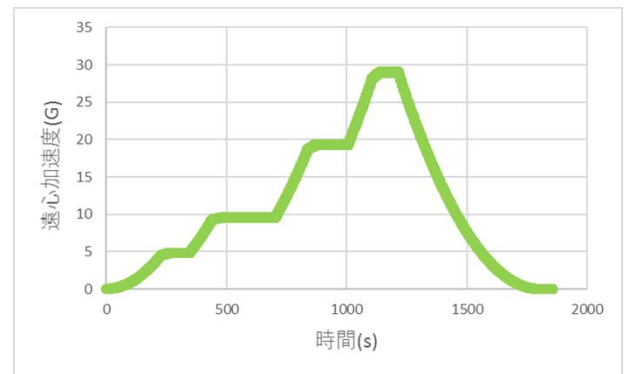


図-3 遠心装置稼働時間と遠心加速度

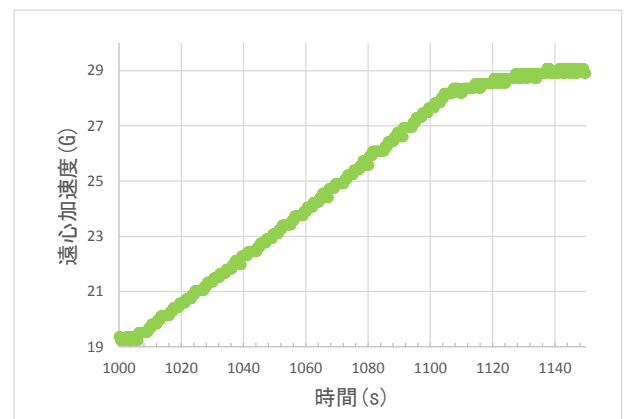


図-4 斜面崩壊前の遠心加速度

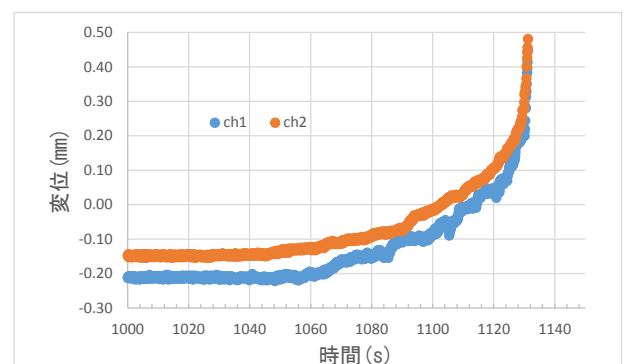


図-5 斜面崩壊前の変位と時間