

【課題番号】 2024#03

【研究テーマ】 糸魚川市中野口地区の土砂災害を対象とした有限要素シミュレーション

【採 択 者】

太田遥介（群馬大学大学院理工学府博士前期課程 1 年）

【要 旨】

令和 6 年 1 月 1 日、糸魚川市中野口地区において、令和 6 年能登半島地震により土砂災害が発生した。土砂災害が発生した前日には、最大 24 時間雨量 44.5 mm, 最大時間雨量 10.5 mm の降雨に加えて、10 cm 以上あった積雪が無くなる程の融雪により雨水や融雪水が斜面内部に供給されていた。また、当斜面に隣接する斜面では、令和 2 年にも土砂災害が発生している。そのため、斜面の不安定化や融雪による斜面の土壌水分量の増加が組み合わさったことにより、災害が引き起こされたと考えられる。地震動による土砂災害は、特に大規模な被害をもたらすことが多いためそのリスク評価は非常に重要であり、住民の生命や財産に直接的な影響を及ぼすため、事前のリスク評価が適切に行われることが求められる。土砂災害を防ぐためには、事前に斜面の安定性を評価し、災害の発生を予測することが必要である。そのため、本研究では糸魚川市中野口地区を対象に、地震動や融雪による土壌水分量の増加が斜面の安定性に与える影響を解析的に検討する。

また、現地調査を令和 6 年 10 月 30 日と 10 月 31 日に実施した。3 か所で土質試験を行うことで斜面の土壌に関する各種パラメータを取得した。具体的には、ベーンコーンせん断試験を実施することで、土壌の摩擦角 (ϕ) と粘着力 (c) を算出し、斜面の安定性における土壌の強度特性を把握した。また、簡易動的コーン貫入試験を行い、N 値を取得することで弾性係数を得た⁽¹⁾。さらに、インフィルトロメーターを用いて透水試験を実施し、斜面土壌の水分浸透速度を測定した。

解析では、地すべり発生前の地形を崩積土と基岩部（風化層）の二層に分け、現地調査で得られた土壌パラメータを崩積土に適用した。本研究では有限要素法による二次元解析（単位奥行）を行い、斜面の安定性を評価した。具体的には、せん断強度低減法を用いて安全率による評価を行った。せん断強度低減法は、土壌のせん断強度を徐々に減少させながら斜面が崩壊する条件を導き出す手法であり、地すべりが発生するかどうかを安全率として示す方法である。この解析により、雨水や融雪水の斜面内部への浸透が斜面の安定性にどのように影響するかを評価した。また、基岩部では降雨が浸透しにくいことを考慮し、地表から地下深くにかけて降雨が浸透することを仮定し、解析を行った。

解析の結果、降雨が地表面から 1.25 m 浸透した際に安全率が $F_s=0.78$ となった。斜面内部への降雨の供給による影響のみを受けて斜面の安全率 F_s が 1 を下回る結果となった。原因としては、地形や物性の定数の誤差などが考えられる。

本研究では、糸魚川市中野口地区における土砂災害の発生メカニズムを解析で再現した。今後、この解析結果を基に、地震動を考慮したさらなる検討を行い、地表から浸透する降雨に加えて地震動が作用する場合における斜面の安定性を評価していく。

【研究成果・まとめ】

斜面モデル（図 1）は、縦方向に 8 つの要素から構成されている。透水試験より崩積土は透水性がほとんどないことを確認した。そのため、一番上の要素のみ崩積土（飽和状態）とした。そして、以下 4 要素は崩積土（不飽和状態）とした。また、下の 4 要素は基岩部としてパラメータを与えた。

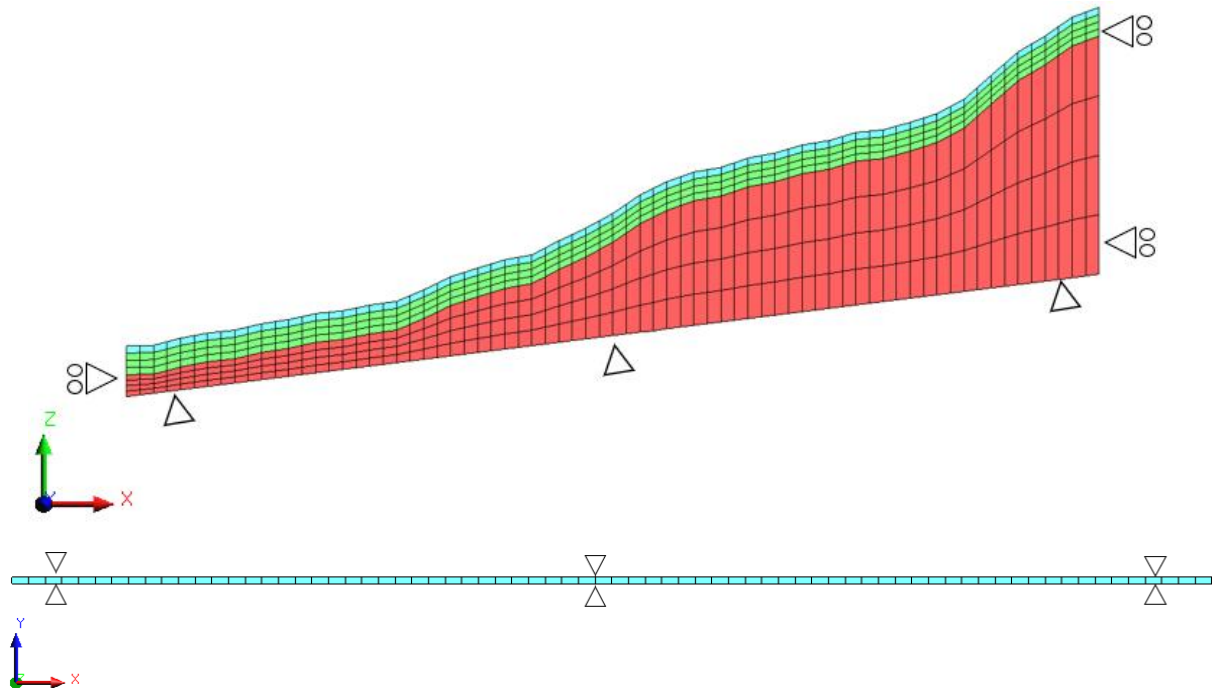


図 1. 斜面モデル

表 1. パラメータ

	せん断抵抗角	ダイレイタンシー角	ヤング率(kPa)	ポアソン比	粘着力(kPa)	単位体積重量(kN/m ³)
崩積土(飽和)	46.5	46.5	58800	0.30	0.00	19.0
崩積土(不飽和)	43.5	43.5	58800	0.30	5.58	16.1
基岩部	35.0	35.0	1000000	0.25	100	20.0

図 1 の斜面モデルに対して、降雨が地表面から 1.25 m 浸透したケースの変形図（×30）を図 2 に示し、せん断ひずみ図を図 3 に示す。また、使用したパラメータを表 1 に示す。基岩部は水が浸透しないことを仮定しており、崩積土(不飽和)については、ベーンコーンせん断試験より得た c , ϕ を用いた。また、ヤング率は簡易貫入試験より得た N 値をヤング率に変換した^①。単位体積重量は測定した密度より算出した。崩積土（飽和）については、地下水位の浸透によるサクシンの消失を考慮し $c=0$ とし、それに応じた ϕ を算出した。ヤング率は崩積土（不飽和）と同様に算出し、単位体積重量は含水比を得られていないため、任意の値を与えた。

解析の結果より、降雨を考慮したケースの安全率は、 $Fs=0.78$ となった。

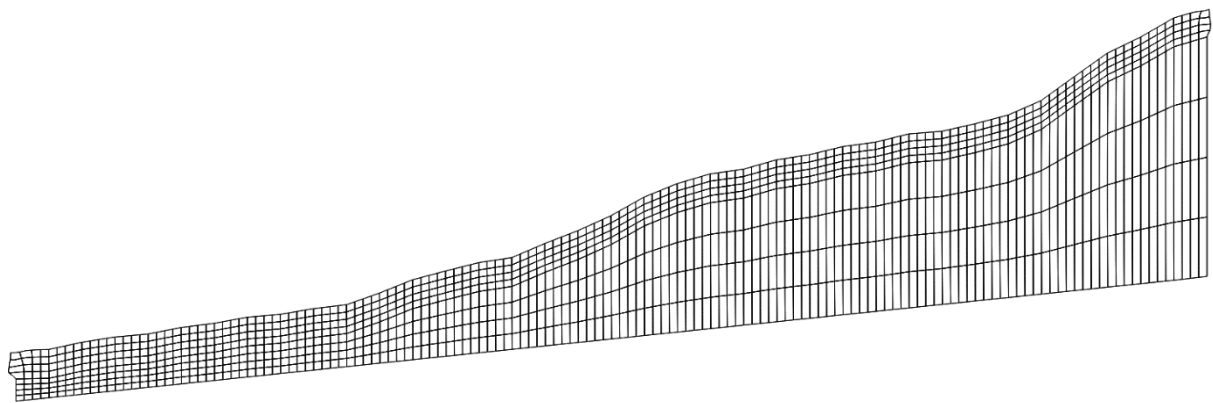


図 2. 変形図 (×30)

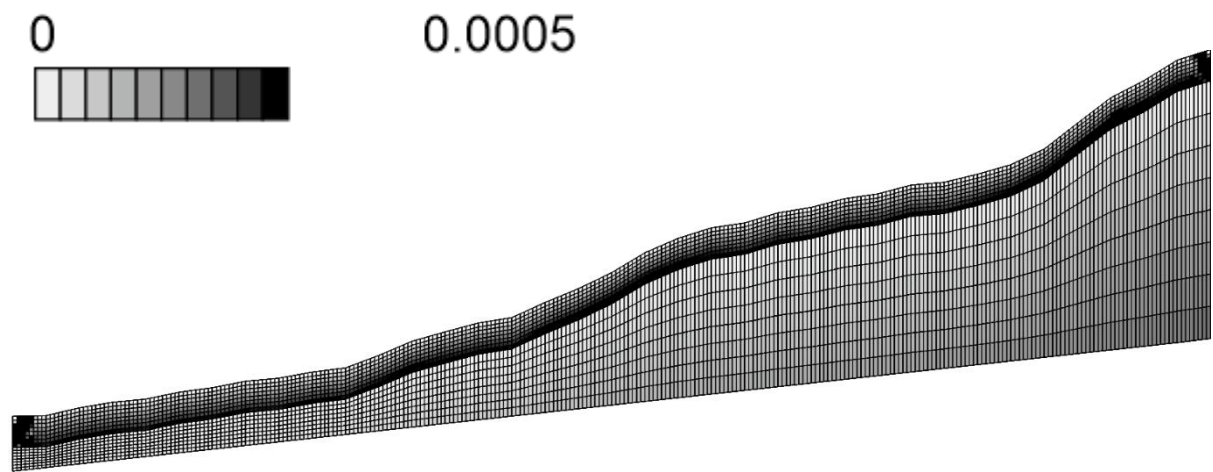


図 3. せん断ひずみ図

【参考資料（論文・学会発表など）】

- (1) 日本建築学会(2001)