

不飽和浸透特性が岩盤斜面の安定性に及ぼす影響に関する数値解析的研究

香川大学工学部

正会員 ○吉田 秀典

香川大学大学院

西村 拓馬

1. はじめに

近年、長期的な地球規模の気候変動の中で、台風の大規模化や、集中豪雨およびゲリラ豪雨といった局地的豪雨の発生回数が増加している。こうした豪雨によって平均して毎年 1000 件以上の斜面災害が発生し、甚大な被害がもたらされている。砂質土斜面に関しては、斜面崩壊を発生させる誘引である降雨とともに、地盤特性を考慮した研究が行われている。さらに、近年、不飽和土における浸透特性、すなわち飽和浸透特性を考慮した研究が多くなされている。しかし、岩盤に関してはこの不飽和浸透特性を考慮した研究事例が少ないのが現状である。そこで本研究では、実際に地すべりが発生した岩盤斜面を対象に地下水解析を行い、安全率の計算を通し、不飽和浸透特性が岩盤斜面の安定性にどのような影響を与えるのか検討した。

2. 解析概要

本研究では、1989 年 9 月に長野県阿南町で発生した地すべりを対象とした¹⁾。この地すべりは、山腹頭部に亀裂が生じ地すべりの変状が進行していたところに、台風および低気圧の通過に伴う豪雨があり、大崩落が発生した。隣接して同じ規模の不安定土塊が残されたが、崩落と同時に滑落崖より大量の地下水が噴出したため安定化した。本研究では、この地すべりの断面図を基に解析メッシュを作成した(図 1 参照)。地質は、第三紀の泥岩・砂岩の互層であり、斜面の中心には断層が存在する。透水係数に関しては、現場での実測データが得られていないので、文献²⁾を参考に粗粒砂岩： $1.0 \times 10^{-5}(\text{m/s})$ 、凝灰質砂岩： $1.0 \times 10^{-6}(\text{m/s})$ 、泥岩： $5.0 \times 10^{-7}(\text{m/s})$ と設定した。こうした解析メッシュ、および解析パラメータを用いて地下水解析を行った。解析期間は 1989 年 8 月 1 日から 9 月 10 日までとし、降雨条件は気象庁の過去の気象データより、同期間の長野県阿南町における降雨データを作成して与えた。また、不飽和浸透特性に関しては、不飽和浸透特性を考慮しない場合、直線に単純化

した不飽和浸透特性を用いた場合、地質に対応した不飽和浸透特性を用いた場合それぞれにおいて有限要素解析を行い、安全率を計算し、比較検討を行った。なお、安全率の計算に関しては、文献²⁾によれば既往の限界平衡による評価には疑問点も存在することから、本研究では、同文献にて提案されている間隙水圧を考慮した限界平衡法を用いた。

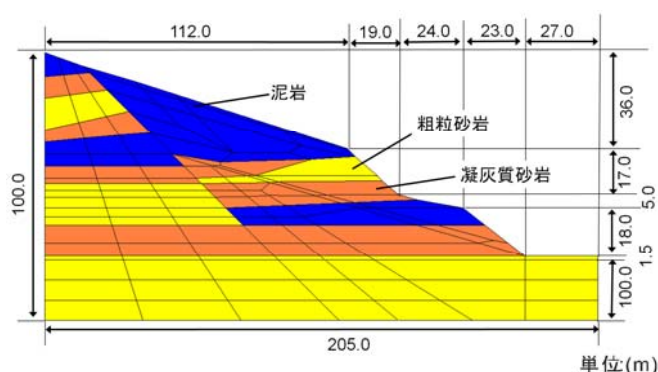


図 1 解析メッシュと地質状況

3. 解析結果および考察

想定した解析ケースは、不飽和浸透特性を考慮しないケース(透水係数一定)、不飽和浸透特性を直線に単純化したケース、および、対象となる地質に関する代表的な不飽和浸透特性曲線を用いたケースの、合計 3 ケースである。それぞれに対する安全率の経時変化を、それぞれ図 2 から図 4 に、当時の降雨強度と併せて示す。なお、解析に用いる粘着力および内部摩擦角については、地質状況を勘案し、前者については、 50kN/m^2 、 100kN/m^2 および 200kN/m^2 の 3 ケースを、後者については 20° (一定)として計算を行った。

図 2 をより、降雨に対して安全率の変化は顕著に現れているが、崩壊発生時である 9 月 3 日において安全率は 1 を下回っていない。現地の地質状況を勘案すると、粘着力が代表値としての 50kN/m^2 を下回るとは考え難い。一方で、図 3 および図 4 より、不飽和浸透特性を用いた場合、粘着力が 50kN/m^2 については、崩壊発生時に安

キーワード：不飽和浸透特性、安全率、限界平衡法

連絡先：〒761-0396 香川県高松市林町 2217-20 Tel & Fax 087-864-2153

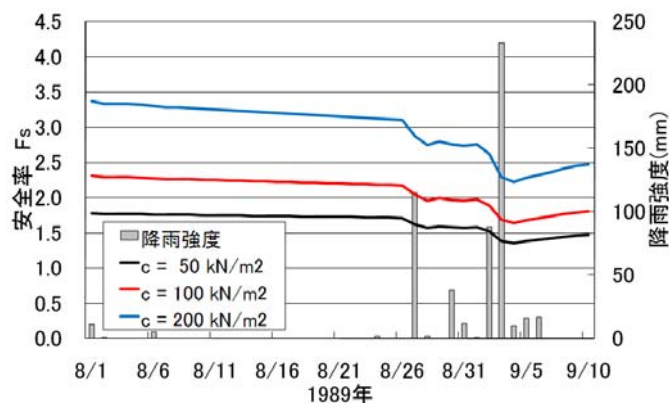


図2 解析結果(不飽和浸透特性を考慮しない)

全率が1を下回る結果となった。これは、不飽和浸透特性を考慮することで、透水係数が変化することが影響していると考えられる。不飽和浸透特性を考慮しない場合、透水係数は一定であるが、不飽和浸透特性を考慮した場合には、特に飽和度の低い範囲において透水係数は極めて小さくなるため、降雨が斜面内部に浸透し難い。その結果、地下水位が上昇し、それに応じて安全率が低下したものと考えられる。このことから、不飽和浸透特性が岩盤斜面の安定性にも影響を及ぼすと考えられる。

次に、不飽和浸透特性による違いを見てみると、降雨強度の大きい降雨のあった8月26日以前は、図3に比

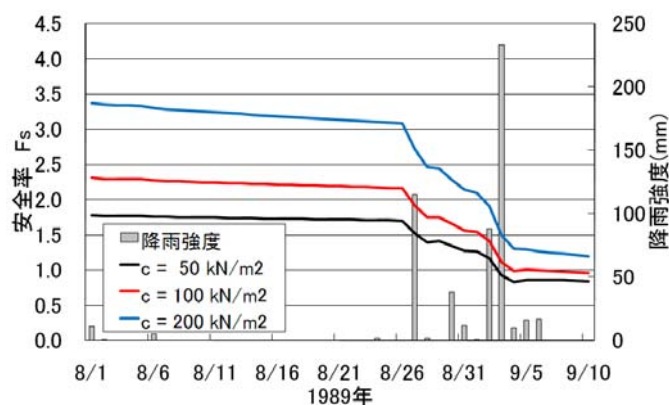


図3 解析結果(直線に単純化した不飽和浸透特性)

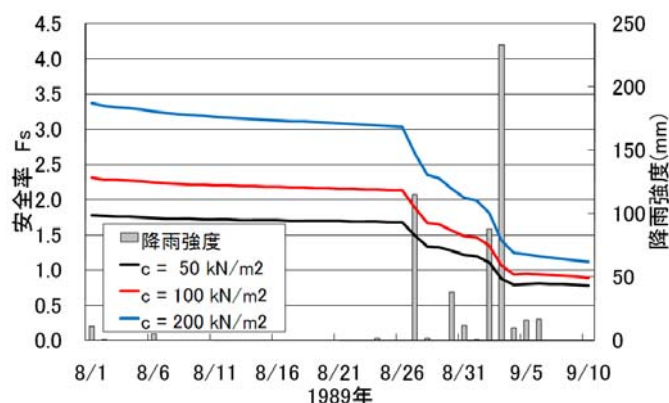


図4 解析結果(地質に対応した不飽和浸透特性)

べ図4の地質に対応した不飽和浸透特性を用いた方が透水係数の低下の度合いが大きく、地下水位が上昇したことで、安全率がわずかに低下したものと考えられる。一方、8月26日以降は、斜面内部が飽和状態となって透水係数に差が現れず、本解析の場合は、不飽和浸透特性の差が顕著となっていない。しかしながら、通常時より地下水位が高い場合は、少ない降雨でも地盤中の間隙水圧は変化する可能性があり、そのような状況についても解析を追加する必要がある。

また、安全率の計算に関しては、大きなブロックにおける力の釣り合いを考えることから、局所的な地下水位の変化は安全率の値に反映され難い。これが図3と図4のグラフ形状に差がない一因とも考えられる。

以上のことから、比較的飽和度が高い岩盤斜面においては、詳細な不飽和浸透特性を把握しなくても、ある程度安全率を推定することが可能であると考えられる。したがって、簡易的に斜面の危険度を評価する場合などは、不飽和浸透特性を詳細に評価せずに、例えば、図3の解析で用いたような簡略化された不飽和浸透特性を用いることも可能ではないかと考える。

4. まとめ

本研究では、岩盤斜面を対象として、不飽和浸透特性を考慮しない、つまり、透水係数を一定とした場合と不飽和浸透特性を考慮した場合の解析を行い、その影響を評価した。考慮しない場合は、斜面は崩壊に至らず、現実との乖離が見られたことから、岩盤斜面の崩壊を議論するためには不飽和浸透特性の考慮することが重要であろう。不飽和浸透特性の違いについては、解析の対象とした斜面では飽和度が高まっていたことから、不飽和浸透特性による影響は大きくなかった。今後、飽和度が地下水挙動に与える影響についても検討が必要であろう。

参考文献

- 1) 青木勉:長野県阿南町地すべりの地質と崩壊機構, 第29回地すべり学会発表講演集, pp.26-29, 1990
- 2) 山田正雄:亀裂等水文地質構造を反映した3次元FEM浸透流解析による地下水排除工の効果判定, 日本地すべり学会誌, Vol. 45, No. 1, pp.45-56, 2008
- 3) 野崎郁郎:降雨時における鉦山残壁の安定性に関する研究, 構造工学論文集, Vol. 54A, pp.102-113, 2008