

斜面崩壊リスク評価に用いる

降雨確率モデルに関する基礎的検討

日本大学大学院工学研究科 学生会員 ○山岸泰河 日本大学工学部 柴本泰樹 中村寛紀

日本大学工学部 正会員 中村晋

1. はじめに

既往¹⁾の研究で地域毎の降雨データを活用した降雨による斜面崩壊リスクの評価手法を検討したが、斜面勾配などの素因が斜面崩壊へ及ぼす影響などの検討を実施していない。さらに、リスク評価に用いる降雨モデルには、降雨群の中の最大時間降雨量が一定の簡易な降雨モデルを考えており、現実の降雨パターンを考えるとリスクの過大評価の可能性がある。

ここでは斜面の素因として勾配が斜面崩壊へ及ぼす影響の検討、降雨パターンの非定常性を考慮した地下水位が斜面崩壊へ及ぼす影響を検討した。

2. 斜面勾配の差異が斜面崩壊へ及ぼす影響

2.1 既往の研究¹⁾による斜面崩壊確率の求め方

降雨による斜面崩壊確率は鈴木²⁾による斜面安定モデルと地下水位上昇モデルを結合させた考え方に基づき、すべり安全率を1.0となる状態を限界状態として評価した。その限界状態はその状態を満たす時間降雨量 rc に応じた連続降雨量 R_c の限界値(式(1), (2)参照)により表されている。対象地点の降雨データに基づいた雨群の最大時間降雨量に応じた連続降雨量 R_c は対数正規分布にモデル化した。その分布は最大時間降雨量毎に中央値(λ)と標準偏差(ζ)により評価した。最大時間降雨量に応じた斜面の崩壊確率 P_f は、式(3)に示す様に連続降雨量が限界値 R_c を超える確率として求める。

$$R_c = \omega J \quad (1), \quad J = \frac{C/\cos^2\theta - D\gamma_1(\tan\theta - \tan\phi)}{(\gamma_1 - \gamma_2 + \gamma_w)\tan\phi - (\gamma_1 - \gamma_2)\tan\theta} \quad (2), \quad P_f = 1 - \Phi\left(\frac{\ln(R_c) - \lambda}{\zeta}\right) \quad (3)$$

2.2 傾斜角が崩壊確率に及ぼす影響

斜面崩壊の重要な素因である勾配 θ を緩勾配の20度から40度まで10度ずつ増加させ、時間最大降雨量と連続降雨量の関係に基づき、斜面勾配に応じた崩壊確率と時間最大降雨量の関係を求めた。気象庁²⁾の降雨データより福島県内でも降雨量が比較的多い白河市を対象とし、勾配を除く斜面モデルの条件を表-1に示す。勾配に応じた崩壊確率と時間最大降雨量の関係を図-1に示す。

傾斜角が大きくなるにつれ崩壊の可能性が生じる時間最大降雨量が小さくなっており、表-1の条件下であるものの40度の勾配に対して降雨に対する崩壊の可能性が最も高いことが分かる。

3. 降雨による地下水位の発達過程

3.1 降雨パターンの分類

白河市を対象として、降雨データ²⁾より連続時間降雨量100mmに近い降雨群を抽出し、それらから降雨パターンを大きく継続型、集中型、断続型の3種類に分類し、図-2に示した。これらの降雨パターンを用いて、降雨の非定常性に応じた地下水位発達過程の差異を検討した。

表-1 斜面モデルの条件

不飽和度の密度	$\gamma = 13.916 \text{ kN/m}^3$
飽和度の密度	$\gamma_s = 17.248 \text{ kN/m}^3$
土層圧	$D = 1 \text{ m}$
飽和透水係数	$K_s = 3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
有効間隙率	$\omega = 0.13$
粘着力	$C = 1.960 \text{ Kn/m}^2$
摩擦角	$\phi = 35^\circ$

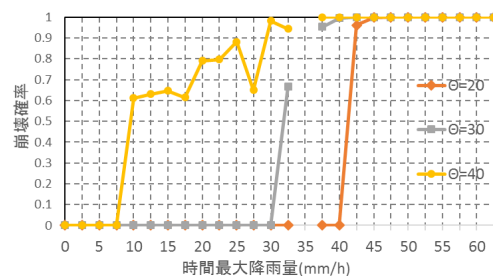


図-1 斜面崩壊確率

キーワード: 斜面崩壊確率、時間最大降雨量、降雨パターン、地下水位

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中川原 1 TEL 024-956-8712

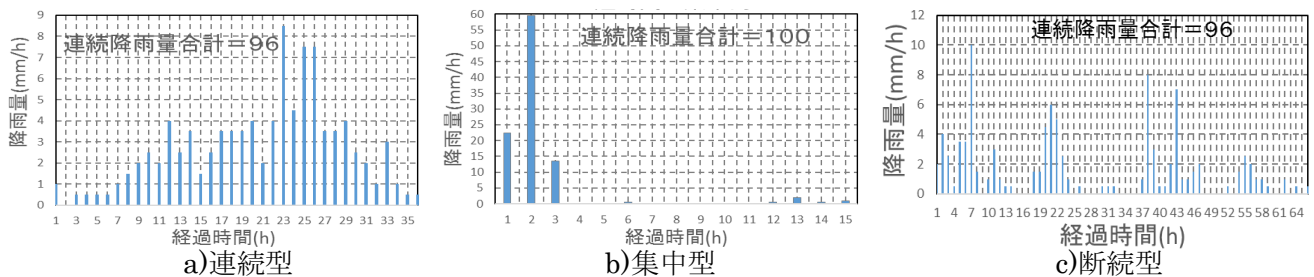


図-2 降雨パターンの分類

3.2 降雨パターンの非定常性を考慮した地下水位変動

森脇ら⁴⁾は非定常な降雨パターンに対する地下水位の発達・減水過程に関する近似解を示している。鈴木²⁾と同様に、浸透した雨水が下層の不透水面に達してから地下水の流れを対象とし、不透水性面上の堆積層を有する直線斜面のモデルを考える。近似解による地下水位の発達過程、降雨が止んだ場合の地下水流の減水過程はそれぞれ図-3に示したとおりである。この近似解を用いて地下水位の発達・減少過程を算出した。

3.3 降雨特性の違いによる地下水位が斜面崩壊に及ぼす影響

解析に際し、斜面モデルの基本パラメータの値を森脇ら⁴⁾が用いた表-2に示す。他の斜面構造に関するパラメータは土層厚1.0m、斜面長10mと設定した。3.1節で示した三つの降雨パターンを用いて地下水位の発達・減少過程を算出し、結果を図-4に示す。全降雨条件の中で連続型の降雨は降雨開始から24時間後に斜面上部から5mより下部で地下水位が地表まで到達している。集中型の降雨に対して、降雨開始から3時間後に斜面上部から5mより下部で地下水位が地表まで到達している。しかし、継続的型の降雨に対して、地下水は地表まで到達していない。

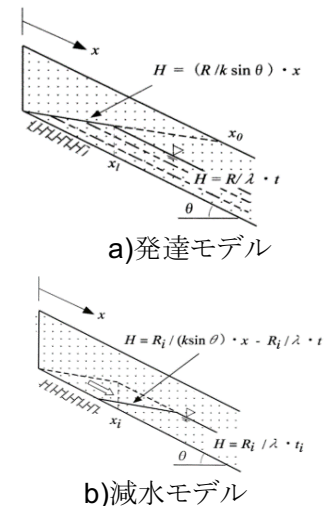


図-3 地下水位の発達・減水過程の近似モデルの諸定

斜面角	$\theta=30^\circ$
透水係数	$k=0.025\text{cm/s}$
有効間隙率	$\lambda=0.177$

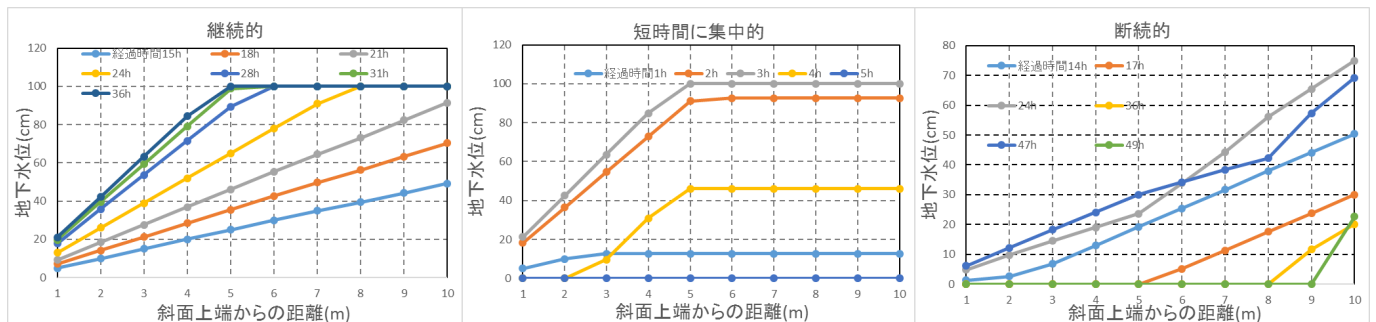


図-4 各降雨群から成る地下水位

4. まとめ

斜面勾配などの素因や降雨特性のうち降雨パターンなどの誘因が斜面崩壊に及ぼす影響は大きく、地域に応じた素因や誘因を考慮して、斜面崩壊リスクを評価することが重要である。また、降雨パターンに応じた地下水位上昇の非定常性の影響を考慮することが必要であるが、それを直接考慮して崩壊リスクを評価することは困難であるため、その簡易的な評価が必要である。

参考文献：1)山岸泰河，熊田稜，中村晋：福島県の降雨ハザード評価とそれに基づく斜面崩壊リスクの基礎的検討，平成30年土木学会東北支部技術研究報告会，2018，2)鈴木雅一：土質強度定数を用いた斜面崩壊発生限界雨量のモデル化，新砂防，vol.46，No.6，pp.3-8，1991，3)国土交通省気象庁：過去の気象データ，4)森脇寛，矢崎忍，黄文峰：降雨浸透に伴う地下水流の発達・減水過程と斜面崩壊に及ぼす影響に関する考察，日本地すべり学会誌，43巻1号 p.9-19，2006