

貯留型タンクモデル法による地下水挙動を考慮した斜面リスク評価に関する研究

京都大学大学院工学研究科 正会員 大津宏康
 京都大学大学院工学研究科 正会員 大西有三
 水文技術コンサルタント株式会社 正会員 ○高橋健二
 京都大学大学院工学研究科 学会員 Srisin Janrungautai

1. はじめに

本研究は、降雨を対象とした斜面崩壊により発生する社会経済的損失の評価に基づく、リスク評価手法について提案するものである。また、本手法を実際の道路網の隣接斜面に適用し、そのリスク評価結果に基づく、斜面補強の優先順位付けの基礎資料として事例についても示すものとする。本研究において提案する貯留型タンクモデル法は、従来広域地下水問題に関する適用事例が多いが、本研究では、その基本概念を拡張し、地下水観測結果を基に斜面毎の地下水変動評価に適用することで、降雨波形、斜面内地下水位変動、及び浸透遅延効果等を再現することが可能となり、より実態に近い条件で降雨を対象とした斜面崩壊におけるリスク評価手法と考えている。

2. 降雨時の斜面崩壊

降雨時の斜面崩壊は、斜面内の地下水挙動と有限斜面の安定問題として評価されることが多く、斜面の破壊判定の基準となる性能関数は、降雨による斜面崩壊では崩壊土塊の厚さが薄い表層崩壊が多いことに着目し、下式に示す代表的な破壊形態である表層すべりの性能関数¹⁾を用いる方法を採用した。

$$Q = \left(1 - \frac{\gamma_w H_w}{\gamma H} \right) \cdot \frac{\tan \phi_d}{\tan \alpha} + \frac{c_d}{\gamma H} \cdot \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha} - 1 \quad (1)$$

ここに、 γ_w は水の単位体積重量、 γ は土の単位体積重量、 ϕ_d は内部摩擦角、 c_d は粘着力、また α は無限斜面の傾斜角、 H は表層土の層厚、 H_w は表層土中の水深である。本研究における降雨時のリスクは、式(1)に示した表層破壊モデルの性能関数と雨量特性を用いて降雨時の崩壊確率 P_f を求めている。

3. 3連1次元タンクモデル

斜面にタンクモデルを適用することは、斜面内の降雨～浸透～流動～再湧出する地下水流動経路や降雨を基にする斜面内水収支の再現性が良いこと。降雨波形や降雨地下水応答の遅延効果が表現できること、及び斜面内の地下水貯留水量に伴う不圧地下水位を再現できることなどの利便性が認められる。具体的には、Fig.1 に示す通り、降雨との応答をモデル化した2段タンクよりなる1次元タンクモデル及びこの1次元タンクが斜面の上部、中間部、下部に連結した3連1次元タンクモデルである。1次元タンクモデル自体は、ホートン地表流と降雨浸透に関する上段タンクと側方浸透と地下水位に関する下段タンクで構成されている。

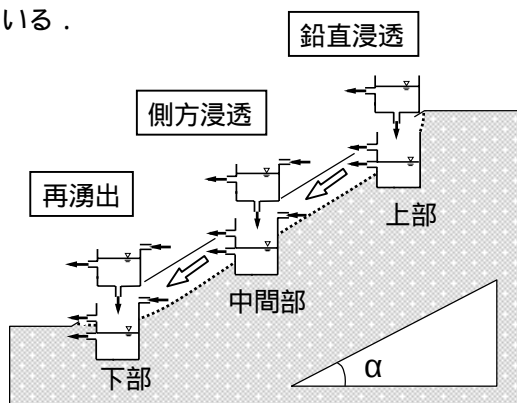


Fig.1 3連1次元タンクモデルの概要

4. 超過降雨時の斜面内地下水位の予測

次に3連1次元タンクモデルを適用して、実測降雨から求められた超過確率降雨条件における斜面内の不圧地下水位変動、及び最大地下水位上昇量を求めた。Fig.2 には代表3斜面における降雨記録より得られた超過確率降雨が発生した場合の斜面内水位変動、及び条件付き崩壊確率 $P_f(\alpha)$ を示した。斜面内水位上昇に伴う破壊確率 $P_f(\alpha)$ の変化が、斜面の形態だけでなく降雨波形に関係していることが認められる。

キーワード リスク評価 / 斜面崩壊 / タンクモデル法

連絡先 〒261-0004 千葉県美浜区高洲 1-24-2 水文技術コンサルタント(株) TEL043-279-2311 FAX043-270-0654

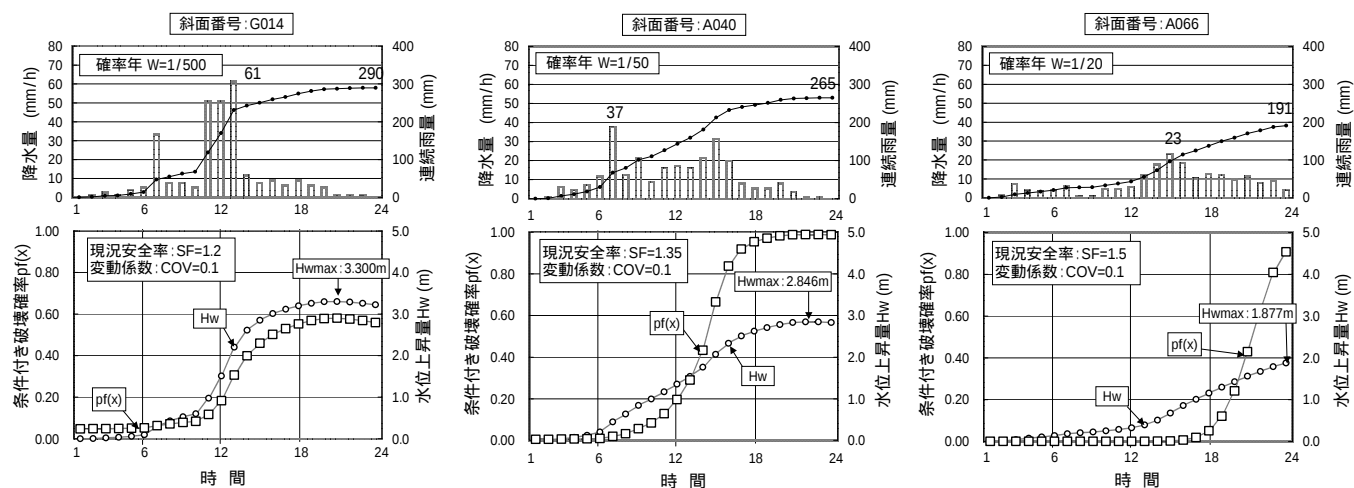


Fig.2 超過降雨に伴う斜面内水位変動と条件付き破壊確率

5. 降雨による年間破壊確率

降雨による年間破壊確率は、比較的頻繁に発生する小規模な降雨から極めて稀にしか発生しない豪雨までを、一年当たりにならした形で組み入れる。すなわち、下式(2)に示すように想定降雨レベルごとに得られた条件付き破壊確率 p_f (α) に、その降雨レベルが一年間に発生する可能性を重みづけした形で合積する。Fig.3 は、代表3斜面における確率

$$p_a = \int_0^{\infty} p_f(\alpha) \cdot \frac{dP(\alpha)}{d\alpha} \cdot d\alpha \quad (2)$$

降雨毎の条件付き破壊確率 $p_f(\alpha)$ 、年間破壊確率密度を対比して示している。Fig.4 は、本研究の評価対象33斜面における年間破壊確率 p_a をとりまとめている。同図より年間破壊確率の順位が設定される。

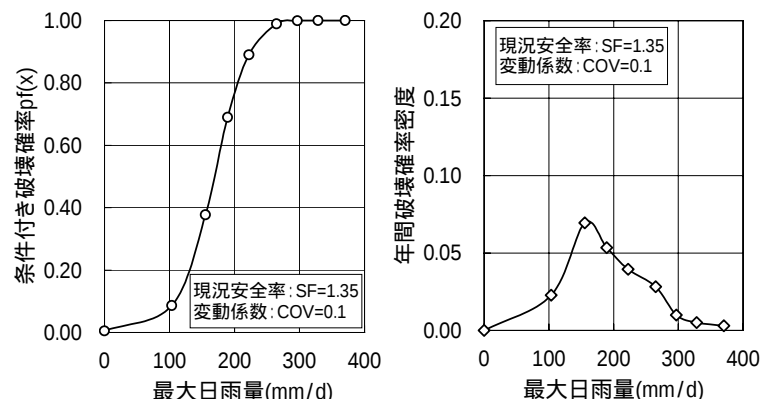


Fig.3 条件付き破壊確率と年間破壊確率密度(斜面番号: A040)

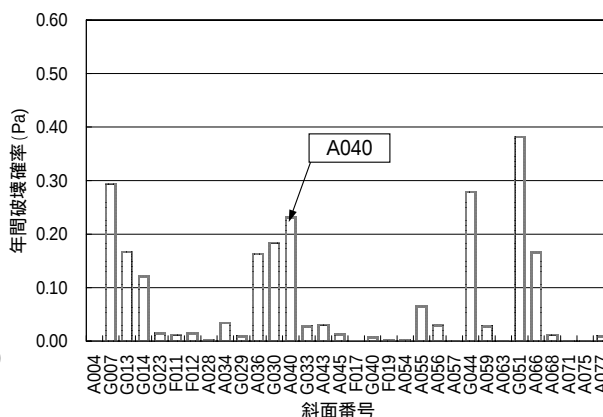


Fig.4 各斜面の年間破壊確率

6. まとめ

本研究では、降雨に起因する斜面破壊リスクの評価手法として、従来の浸透流解析等の数値解析法に比べて、簡便に斜面における地下水挙動を予測し、顕著な地域特性を有する降雨条件下で斜面破壊確率を算定した。また、本研究の評価手法は、従来の雨量指標を基にしたリスク評価法に比べて、個々の斜面特性を考慮したリスク評価方法である。したがって、現状斜面の破壊確率評価だけでなく斜面補強の優先順位付けが可能である。今後は、この評価手法において既往降雨に基づく降雨ハザード発生確率を算定することで、地震等のハザードとの比較検討も可能であり、様々な自然災害ハザードを対象とした斜面リスク評価結果²⁾に基づく、投資対効果を考慮した戦略的斜面補強を立案する方法論について検討を加えるつもりである。

参考文献

- 1) 榎明潔, 降雨時の斜面表層崩壊, 土と基礎 47-5, 報文-2581, pp.17-20, 2002.
- 2) 大津宏康, 大西有三, 水谷守: 高速道路に近接する斜面を対象とした自然災害に対するリスクマネジメント手法に関する提案, 土木学会論文報告集, 土木学会論文集, No. 658/ -48, pp. 245-254, 2000.