

降雨に対する斜面安定性評価のための浸透流解析の研究

京都大学 正会員 ○橘 翔子

京都大学 正会員 大西 有三

京都大学 正会員 西山 哲

1. 緒 言

斜面崩壊を未然に防ぐためには、斜面内の地下水挙動を把握することが必要不可欠である。現在、浸透流解析には固定水頭が多く用いられている。しかし、傾斜を持つ斜面においては背面からの流入量を見捨てることは不合理である。降雨時の斜面の水収支には、降雨浸透量、側方流入量等の要素がある。側方境界条件は異なる地点に異なる降雨強度で降った雨に反応し、その変動は非線形性を持つ。こういった降雨に反応する側方境界をうまく表せるモデルとしてタンクモデルがある。タンクモデルは河川流量、洪水量予測のために開発された概念的なモデルで、流域内の非線形的な貯留・流出量をうまく表現することが可能である。本研究では、浸透流解析の側方境界条件にタンクモデルを用いた変動境界を設定し、それを無限斜面の極限平衡法に用いることによって、動的な水位から斜面の安全指標を算出することを提案する。

2. 変動境界浸透流解析

2.1 飽和・不飽和浸透流解析 斜面における地下水の流れを再現するだけでなく、将来の降雨時における危険を予測するためには、地下水挙動を正確に予測することが求められる。現在、地下水挙動の把握には飽和・不飽和浸透流解析が多用されている。飽和・不飽和浸透流解析では、全水頭を圧力水頭と位置水頭の和とし、飽和領域では圧力水頭を正、不飽和領域では負、自由地下水面は圧力水頭が0の点を連ねた面として扱う。この手法を用いることにより、解析領域内の自由地下水面の変動を容易に知ることができる。

2.2 タンクモデル法 現在、浸透流解析の側方境界には固定水頭が用いられているが、本研究では斜面の水収支はタンクモデルによってうまく表されることに注目しタンクモデルによる変動水位を境界条件に設定する。タンクモデルは図1に示すような概念モデルで算出水位が実測値にあうようにパラメーターをあわせることで実際の水位変動を再現できる。

2.3 変動境界浸透流解析 図2に示すのは山形県水沢地区の地すべり地帯の断面である。当地区は日本でも有数の豪雪地帯であり、融雪時（3～4月）には地すべりが発生する危険が大きいとされる。点線で示すのは過去に地すべりが起こった面である。実線で示すような範囲で断面二次元浸透流を行った。側方境界条件に実測値とタンクモデルより算出した水頭、それらの平均値である固定水頭を設定する。図3に解析結果を示す。タンクモデルの方が降雨に反応して水位が早く上がり、長引くという特徴は簡易モデルと同じである。現場でのシミュレーションでは、タンクモデルにより得られる水位が実測値にかなり近づくという考察が得られる。

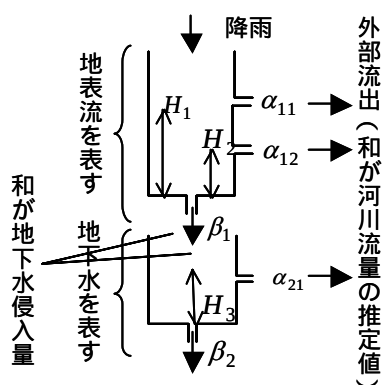


図1 タンクモデル

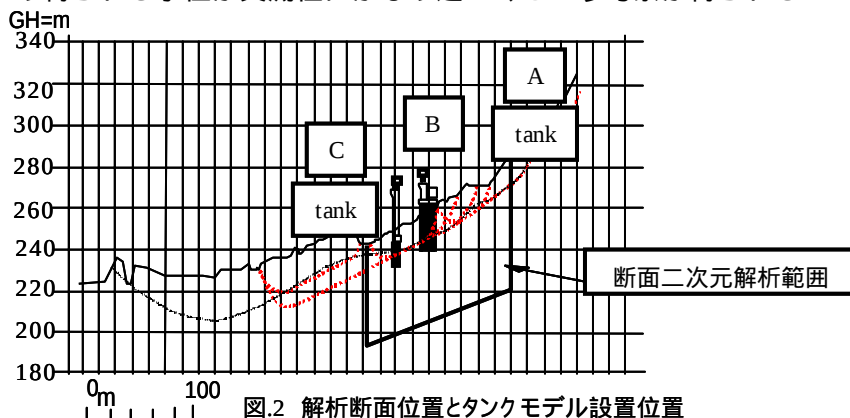


図2 解析断面位置とタンクモデル設置位置

キーワード：飽和・不飽和浸透流解析，変動境界浸透流解析，タンクモデル，無限斜面の安定解析

連絡先：〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻

ジオフロント環境工学講座

電話番号，FAX 075-753-5129

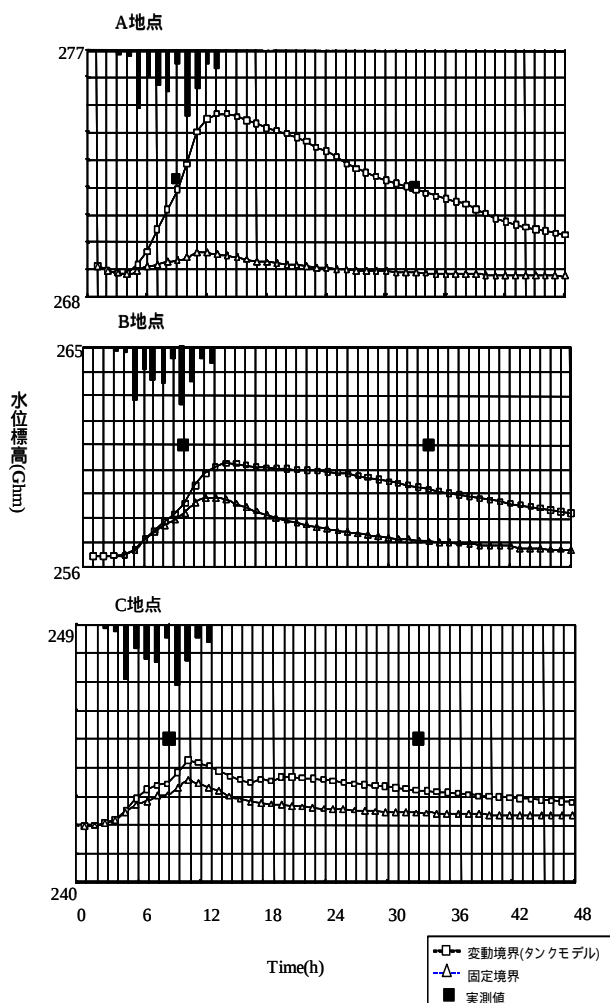


図3 各地点での地下水位変化

	Slope1 H/L<0.1	Slope2 H/L>0.3	Slope3 H/L =0.2
FELLE	1.059	1.302	1.116
SPEN	1.072	1.501	1.25
BISHOP	1.072	1.505	1.25
JANBU	1.059	1.322	1.134

表1 各種の安定解析法による安全率と
すべり土塊のH/Lの関係

3. 無限斜面の安定解析

斜面崩壊を予測する方法としては，分割法が代表的であり，分割法には Fellenius・Bishop, Janbu, Spencer 等多くの方法が存在する．Table.1 は無限斜面としての安全率が 1 となる斜面を，各種のスライス法を用いて安定解析した結果である．すべり土塊の H/L の低下とともに，解析法による安全率の差がなくなり，無限斜面としての安全率に近づくことが明らかである．これはどのようなスライス間の仮定を

も，すべり土塊が薄くなるに従い，ほとんどのスライスで左右のスライス間力が等しくなるため有限斜面を無限斜面とみなした仮定の影響が消えて，最後には左右の側面力を等しいと仮定する無限斜面としての安全率になるからである．したがって，実際の自然斜面の安定問題に対象を限定すれば，斜面を無限と仮定した安定解析法が最も意味のある解析法といえる．

4. 研究の成果

1)従来は河川流量，洪水予測のために開発されたタンクモデルを側方境界に設定することで，従来の静的な浸透流解析法を動的なものへと発展させることが可能となる．タンクモデルを斜面における浸透流解析の側方に設定することによって実測値に近い水位が算出されたことから，この手法の実用性は高いと判断される．

2)さらに，ほとんどの自然斜面において無限斜面の安定解析が用いることが可能である．本手法を無限斜面の安定解析法に代入すれば，間隙水圧の上昇がどの程度斜面を不安定化させるかを数値として算出できる．

5. 本手法の応用例

1) 融雪モデルへの応用 3, 4 月に始まる融雪の影響ははは降雨に較べて長期的，広域的に作用する．また，解解析開始時期以前に浸透した融雪量はタイムラグを伴って解析領域の側方境界に達すると考えられるため，変動境界条件が特に必要である．

2) 道路規制解除への応用 現在の豪雨時道路規制解除は累積降雨により定められているため，実際にはまだ危険な状態でも規制を解除しているケースがある．このような規制は水位を基準としたものに変更し，さらに斜面における水位変動には本手法を応用すべきである．

6. 今後の課題

1) 地下水挙動のより正確な把握には 3 次元浸透流解析への本手法の適用が必要である．

2) タンクモデルは実測値がないと使えないため，有限要素法の適用範囲の決定法等が今後の検討課題である．

7. 参考文献

1)高橋健二，水循環系を考慮した地下水数値解析法の研究，京都大学工学研究科都市環境工学専攻博士論文，(2004).