

降雨による谷埋め盛土斜面地盤内の水分変化モニタリングとその解析

東北大学 学 ○ 千葉 崇, 森 友宏
正 風間 基樹, 渦岡良介, 仙頭紀明

1. 本研究の目的と背景

降雨時および地震時の盛土斜面の崩壊は、盛土の水分量と関係が深いと考えられる。水分量が増加することによって自重、動的強度が変化するため、斜面の安定性を定量的に評価するためには、盛土内の水分分布を把握する必要がある。本研究では過去に降雨によって崩壊した履歴のある仙台市の谷埋め盛土斜面を対象として実施した盛土斜面内の水分のモニタリング結果について報告する。

2. 計測器の設置

2.1. モニタリング斜面の概要

モニタリングシステムを設置した斜面は、仙台市の谷埋め盛土宅地造成地内にあり、対象斜面は、2002年の台風6号の降雨により、幅9mに渡って崩壊した履歴がある。図1に、宅地として造成される以前の地形と、現在の地形との比較図を示す。同じ造成地内では1978年の宮城県沖地震において、多くの被害が発生したことも知られている¹⁾。

2.2. 斜面の構造

計器設置に先立ち、対象斜面の盛土の堆積状況や基盤の深さを把握するために、ボーリング調査及びスウェーデン式サウンディング調査を行った。その結果、盛土の厚さは最大16.90mであり、盛土内部の締め固めの程度も場所や深さによって相当の差があることが確認された。図2に想定断面図を示す。

2.3. 計器設置位置と目的

計器は、盛土と地山の境界に円弧滑り面を想定した場合に、最も応力がかかると推定される位置、かつある程度の盛土厚があり、地下水位と不飽和土の土壌水分双方の測定が可能である、盛土斜面中腹の、やや法尻側に設置した。計器の設置位置を図3に示す。

モニタリングは、地震動、雨量、土壌水分量、地下水位、法尻からの浸出水量について実施している。雨量は転倒桁式雨量計により0.5mm単位で計測される。土壌水分量計としてはタイプの異なる2つの誘電率計測式のセンサーをそれぞれ2チャンネル、計4チャンネルを、各々地表面からGL-2m、GL-4mに設置した。地下水位はGL-9.25mの地点に設置した間隙水圧計からわかるようになっている。盛土斜面からの浸出水量は法尻に設置された集水枡からの排水管に流量計を設置して計測している。また、斜面内に水位観測孔を10ヶ所設け、手動にて地下水位を定期的に計測している。地震計は、地山に2箇所、盛土内に2箇所設置してある。

3. 計測結果

3.1. 計測データ

図4に、モニタリングにより得られた雨量、地下水位のデータを示す。降雨により地下水位が上昇した後、降雨が止むと水位は急激に下降し始め、一度水位低下の傾きが穏やかとなり、再び急激に下がるというパターンが見られる。これはお遠い上流からの浸透水の流入が遅れてやって来て、先に途絶えるために、その際に傾きが一度緩くなり、再び急になるものと考えられる。

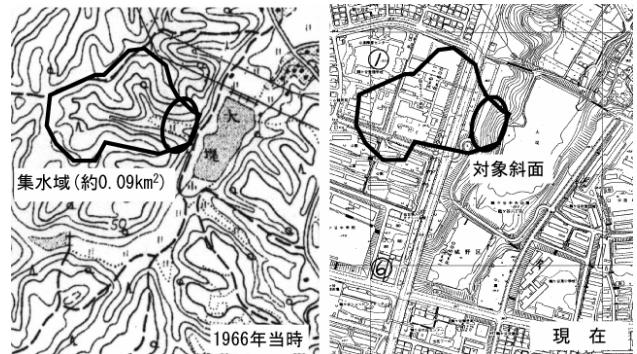


図1 新旧地形比較図

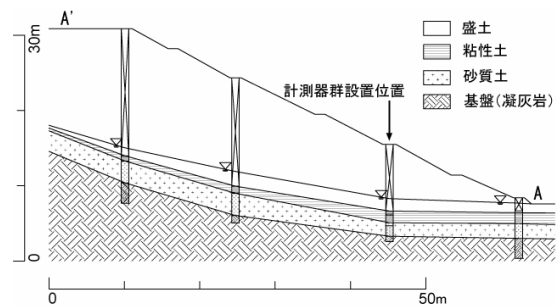


図2 ボーリング柱状図による想定断面図

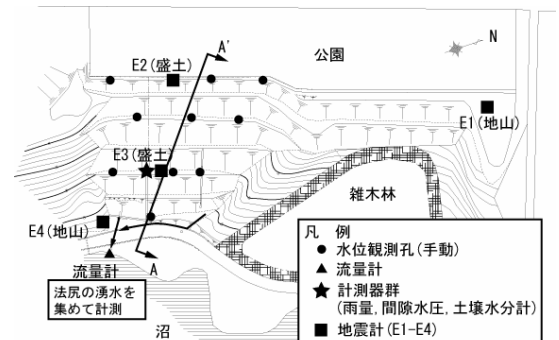


図3 平面図

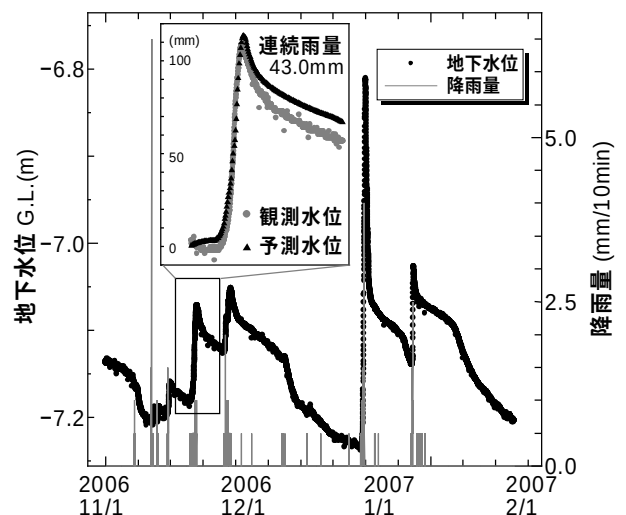


図4 観測された水位と雨量

3.2. 気象庁による降雨と土砂災害予測

国土交通省と気象庁とが土砂災害の危険度の評価基準として用いる指標に土壌雨量指数²⁾がある。この指数は図5の直列3段タンクモデル³⁾の各タンクの貯留高の合計値により求められ、その指数値が高いほど土砂災害が発生する危険性が高いと予想されるものである。

計測された雨量データから、x軸を土壌雨量指数、y軸を時間雨量としてプロットするとスネークラインが描け、スネークラインが土砂災害発生危険基準線（C.L.）を越えると、土砂災害が発生する危険性があるということになり、一部の地域では土砂災害警戒情報に適用される。土砂災害発生危険基準線は地域毎に、過去の災害発生事例と降雨状況を勘案して設定される。

3.3. タンクモデル

得られた降雨と地下水位のデータより、タンクモデルを用いて地下水位の時系列変化を解析した。タンクモデルは本来、広い流域面積を持つ河川での洪水予測に用いられ、流量の変化は直列タンクによって表現される。降雨後の河川水位の経時変化の概形は、なだらかな正規分布曲線のような形となるが、当該斜面で観測した水位変動は、やや複雑であり、直列3段タンクモデルでは表現出来ない。

斜面における降雨と地下水位の観測データを、タンクモデルを用いて表現するにあたり、図6に示すように、斜面を観測位置、近い上流、遠い上流の3つの部分に分割して考えた。先に述べた地下水位低下のパターンを、図7のように、近い上流、遠い上流の2つのタンク群からの流入に分けることで表す。タンクモデルには、タンクを直列に重ねるほど、ピークの値は小さく、遅く表れるという特徴があり、2つのタンク群からの流入は図8のように表される。近い上流をモデルとしたタンク群は、地下水位のピークを表すことを目的としており、降雨から4時間程度遅れて、急激に水が供給されるように設定した。遠い上流をモデルとしたタンク群は、なだらかな地下水位低下を表すことを目的とし、ゆるやかな水の供給となるよう設定した。降雨後、しばらくして遠距離上流からの供給が途絶えると、再び地下水位の減少の傾きは急になる。

図7に示すように、近い上流、遠い上流を表す2つのタンク群を並列に配置し、観測位置をモデルとしたタンクへの流入時に合流させることで水位変動の時系列変化特性を再現した。また、舗装等による、系外流出が考えられるが、詳細については確認出来ていない。

また、近い上流、遠い上流をモデルとしたタンクは観測位置をモデルとしたタンクに比べ、集水面積が広いため、降雨量は係数をかけて増やし、流出量、つまり下方タンクの水位上昇に対し、上方タンクの水位低下量を小さくする係数をかけることで調整した。

さらに、図2に示したように、斜面上部では計器設置位置よりも基盤面、地下水面が高い位置にある。そのため、遠い上流をモデルとしたタンクには、その位置エネルギーを考慮し水頭差をつけることで観測位置タンクへの供給が促されるようにした。

4. 結論と今後の展望

タンクモデルによって、ピークの値やタイミング、水位低下の傾きの変化の特徴など、概形は予測出来た。タンクモデルで盛土斜面の降雨と水位変動との関係を表すためには、盛土の堆積状況や地層構造、旧地形図などを考慮した上で、水位観測を行う必要がある。

今後は、土の物理特性、水分特性についての調査を行い、盛土全体の水分分布の変動を予測する。

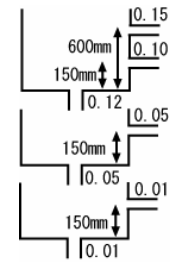


図5 土壌雨量指数算定に用いられる3段タンクモデル

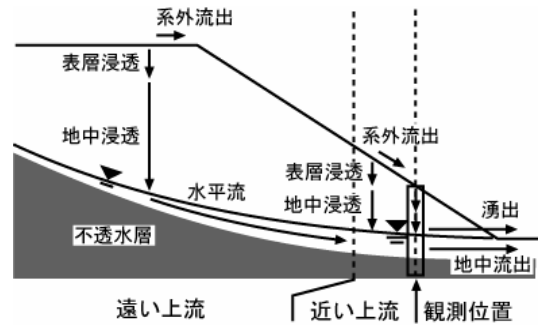


図6 斜面模式図

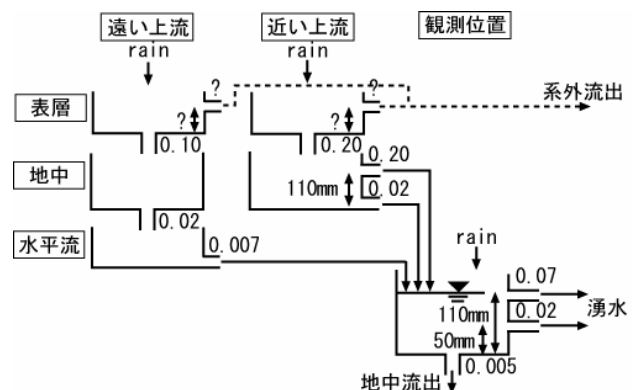


図7 谷埋め盛土用の土壌水分量表現モデル

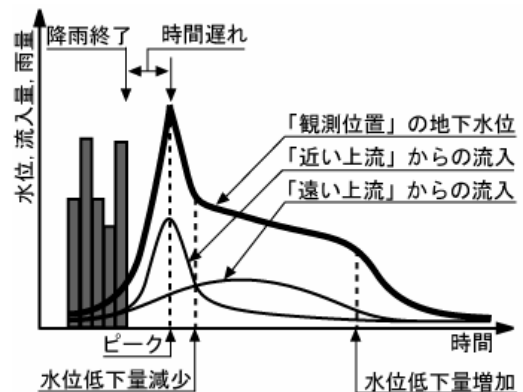


図8 タンクモデル流出特性

参考文献

- 1) 土木学会東北支部：1978年 宮城県沖地震調査報告書
- 2) 気象庁、鹿児島地方気象台：土壌雨量指数について
<http://www.fukuoka-jma.go.jp/kagoshima/yoho/dojou/dojoutop.htm>
- 3) 菅原正巳：水文学講座流出解析法、共立出版、1972