

現地計測に基づくデータ同化によって推定された浸透解析モデル を用いた地下水位変動図の降雨指標に関する考察

鹿児島大学大学院理工学研究科 学生会員 ○水島 隆志
鹿児島大学学術研究院理工学域工学系 正会員 伊藤 真一, 酒匂 一成
大阪大学 正会員 小泉 圭吾
大阪産業大学 正会員 小田 和広

1. はじめに

豪雨時の表層崩壊の発生には地下水が大きく影響するため、斜面崩壊への防災対策を考える上で地下水を適切に評価することは重要である。筆者ら¹⁾は、現地計測に基づくデータ同化によって推定された浸透解析モデルに対して様々な降雨を与えることで、降雨量さえ分かれば現時点での地下水位を概算できる地下水位変動図(図-1)の作成を提案してきた。これにより、浸透解析を行ってリアルタイムに地下水を評価することなく現在の地下水位を把握できるため、通行規制管理の実務における意思決定の高度化に寄与できると考えられる。しかし、地下水位変動図に用いる降雨指標(図-1における縦軸と横軸)についてはまだ十分な検討がなされていない。特に横軸にあたる長期降雨指標については、用いる降雨指標によって地下水位変動図が大きく変化する可能性があるため検討が必要である。本研究では、対象斜面における地下水位変動図を異なる降雨指標を用いて複数枚作成し、それらを比較することで対象斜面における地下水位変動図に用いる降雨指標として適当なものについて考察する。

2. 地下水位変動図の作成手法

ここでは、土壌雨量指数を長期降雨指標として用いた場合の地下水位変動図の作成手法について述べる。まず、対象斜面の現地計測データに基づく浸透解析モデルのデータ同化を実施した¹⁾²⁾。次に、データ同化によって推定された浸透解析モデルに様々なパターンの降雨を与え、地下水位変動図を作成した。図-2は推定された浸透解析モデルに対して、ある降雨イベントを与えた際の地下水の経時変化の一例を示している。このような検討を様々な降雨パターンに対して行い、地下水位と各時刻の時間雨量、土壌雨量指数の関係から図-1に示した地下水位変動図を作成した。連続雨量、実効雨量についても同様の手法を用いて地下水位変動図を作成した。

3. 本研究で用いた降雨指標

本研究では地下水位変動図に用いる降雨指標として、①時間雨量と土壌雨量指数、②時間雨量と連続雨量、③半減期 1.5h の実効雨量と半減期 72h の実効雨量をそれぞれ組み合わせたものを用いた。いずれの降雨指標についても大雨警報や通行規制発令の基準になっている例があり、これらの指標を用いて比較することで地下水位変動図に用いる降雨指標の適当なものについて考察を行う。なお、連続雨量は、一つの降雨イベント内で降雨開始から 2mm/h 以下の雨が 6 時間以上継続した場合に累積を中断し、0mm にリセットしている。実効雨量は、小杉ら³⁾と同様の式を用いて各降雨イベントに対する実効雨量を異なる半減期を用いて算出した。その中でも危険度評価に広く用いられる半減期 $M=1.5h$ と $M=72h$ の実効雨量を組み合わせたものを用いて地下水位変動図を作成した。

4. 各降雨指標を用いた地下水位変動図の比較

図-1、図-3、図-4 は土壌雨量指数、連続雨量、実効雨量を長期降雨指標に用いた地下水位変動図を示している。これより、土壌雨量指数(図-1)を用いた場合、土壌雨量指数の増加に伴い地下水位も上昇す

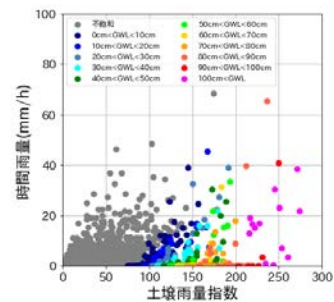


図-1 地下水位変動図

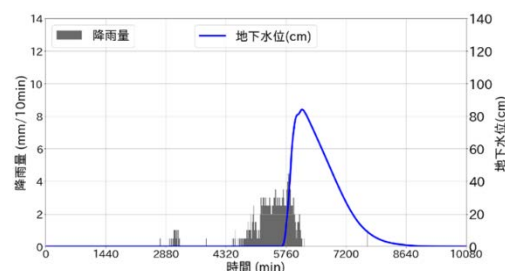


図-2 地下水位の経時変化の一例

キーワード データ同化, 地下水位変動図, 土壌雨量指数, 連続雨量, 実効雨量

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40 鹿児島大学工学部 先進工学科 海洋土木工学 PG E-mail:k2846435@kadai.jp

る様子が表現されているのに対し、連続雨量（図-3）と実効雨量（図-4）を用いた場合は地下水位と各降雨指標の間に関係が捉えづらいことがわかる。特に連続雨量を用いた地下水位変動図は、時間雨量と連続雨量が共に小さい値の領域でも地下水位が発生しており、地下水位変動図として不適切である。この原因として地下水位の経時変化と、連続雨量や実効雨量の挙動が大きく異なることが考えられる。図-5は連続雨量と地下水位の経時変化の一例を、図-6は半減期ごとの実効雨量と地下水位の経時変化の一例をそれぞれ示している。連続雨量に関しては、図-5より地下水位がまだ発生しているにもかかわらず、連続雨量が0mmにリセットされてしまっている。これが、本研究で対象とした斜面において、地下水位変動図に連続雨量を用いるのが不適切な理由であると考えられる。実効雨量に関しては、図-6より、地下水位は下降しているのに対して、半減期72hの実効雨量は高い値を保ったまま推移している。したがって、実効雨量を用いた地下水位変動図では実効雨量が高い値を示していても地下水位は下降しているように表現されるため、半減期が72hの実効雨量を長期降雨指標として用いるのは不適切であるといえる。そこで、地下水位の経時変化の挙動と類似する挙動を示した半減期が24hの実効雨量を長期降雨指標とした場合の地下水位変動図も作成した。図-7は半減期24hの実効雨量を用いて作成した地下水位変動図を示している。これより、実効雨量の増加に伴い地下水位も上昇する様子が表現できる地下水位変動図が作成できた。以上より、対象斜面において、長期降雨指標として土壤雨量指数や適切な半減期（24h）を用いて算出した実効雨量が地下水位の経時変化を良好に表現でき、地下水位変動図の長期降雨指標に適していることが明らかになった。ただし、土壤雨量指数は全国一律のパラメータを使っているため、他の斜面では地下水位変動図の作成に不適切となる可能性もある。それに対して、実効雨量は、斜面ごとに適切な半減期を設定することで現地の地下水挙動を表現可能な地下水位変動図を作成できると考えられる。今後は、異なる地点において同様の検証を行い、土壤雨量指数や実効雨量の適応性について検討する予定である。

5. まとめ

本研究では対象斜面において、地下水位変動図に用いる降雨指標の考察を目的として、土壤雨量指数、連続雨量、実効雨量を用いて地下水位変動図を作成し比較を行った。その結果、地下水位変動図の長期降雨指標には、土中の水分量を表現できる指標が適しており、土壤雨量指数と実効雨量のいずれかを長期降雨指標として用いることで地下水の上昇・下降を良好に反映した地下水位変動図を作成できることを明らかにした。ただし、実効雨量に関しては、各々の斜面内の地下水位の経時変化を良好に再現できる半減期を適切に把握する必要がある。

謝辞：本研究は科学研究費補助金（若手研究，課題番号：20K14828）の援助を受けて行われました。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1) 水島隆志ほか：データ同化により推定された浸透解析モデルを用いた地下水位変動図の作成，第56回地盤工学発表会，-12-10-5-08-，2021。2) 伊藤真一ほか：融合粒子フィルタを用いた境界条件を含む浸透解析モデルの推定手法の提案，土木学会論文集C(地盤工学)，Vol.76，No.1，52-66，2020。3) 小杉賢一郎ほか：山体基岩内部の地下水位変動を解析するための実効雨量に基づく関数モデル，砂防学会誌，Vol.66，No.4，p.21-32，2013。

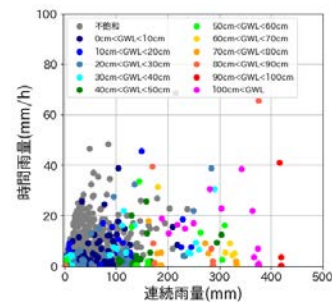


図-3 連続雨量を用いた地下水位変動図

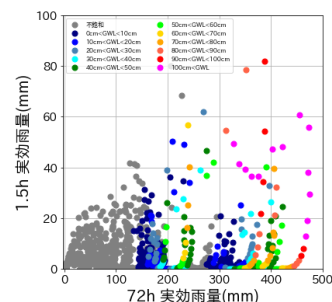


図-4 72h実効雨量を用いた地下水位変動図

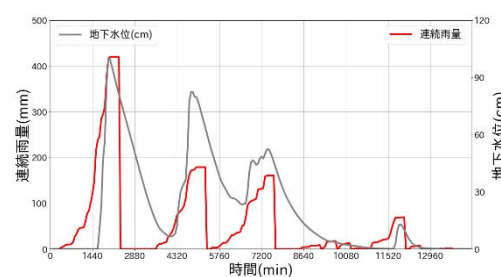


図-5 連続雨量と地下水位の経時変化

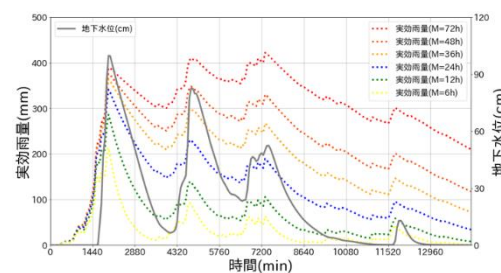


図-6 各半減期の実効雨量と地下水位の経時変化

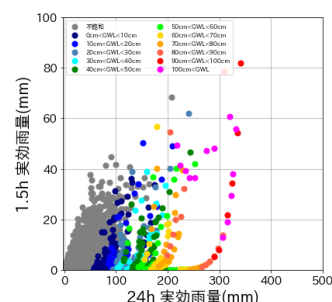


図-7 24h実効雨量を用いた地下水位変動図