

実効雨量を用いた地下水位の推定方法に関する一考察

北海道開発土木研究所	正会員	○池田	憲二
北海道開発土木研究所	正会員	渡邊	一悟
北海道開発土木研究所	正会員	岡田	慎哉
構研エンジニアリング	正会員	小林	一人
構研エンジニアリング		阿部	和樹

1. はじめに

降雨の斜面等への影響を評価する際に用いられる指標の一つとして、実効雨量がある。実効雨量とは、過去の雨量の影響を考慮した積算雨量であり、雨の影響を強く受ける土砂災害に対する管理基準等に多く利用されている指標である。本検討では、実斜面に与えられた降雨および積雪から年間を通じた実効雨量を求め、実測された地下水位と比較することで実測の雨量から地下水位を推定する方法について検討を行った。

2. 水位観測

図1に本検討で用いた水位観測点の位置を示す。観測値は、平成13年に崩壊した岩盤斜面に設置された地下水位計12孔によるものである。これらの観測値と、実効雨量により推定を試みた地下水位との比較を行った。実際の測定は1分間隔で行われたが、本検討では1時間につき1個に平均したデータを利用した。

3. 実効雨量の考え方

式1には、実効雨量の算出式を示す。実効雨量は、半減期をパラメータとして過去の降雨を積算した形で示される。半減期とは、ある時間にもたらされた降雨量の影響が半分になる時間を指す。実効雨量はこの半減期を用いることにより、連続雨量では評価が困難な長雨等にも対応できるのが特徴である。実効雨量は半減期の設定によりその結果が大きく左右される。一般的な土砂斜面における半減期には3日が用いられている。しかしながら、実用的な半減期の算出方法は確立されていないのが現状である。本検討では、対象が岩盤斜面であることを考慮して半減期を0.5日から30日まで設定し、実測値との相関が最も高くなった半減期をその孔における最適半減期とした。

4. 最適半減期

表1には、それぞれの水位計測孔における各半減期の実効雨量と観測水位との相関係数を計算した結果を一覧にして示す。表より、一部の観測孔を除き相関係数で0.7から0.8と良好な相関が得られた。また、相関が最大となる最適半減期をみると、観測孔によって大きく異なる結果となった。斜面上部に位置する①ブロックでは比較的長い半減期に、破碎帯より下に位置する②、③ブ

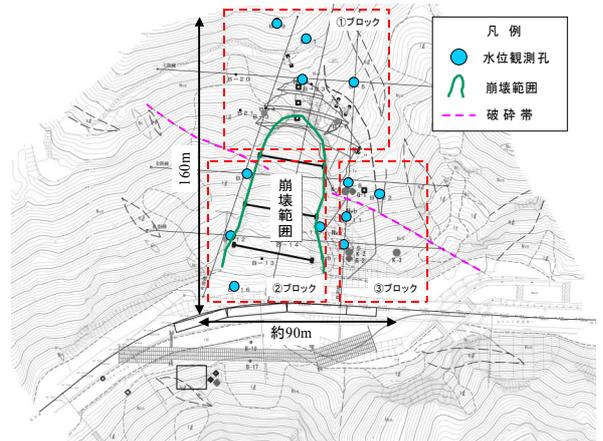


図1 水位観測状況

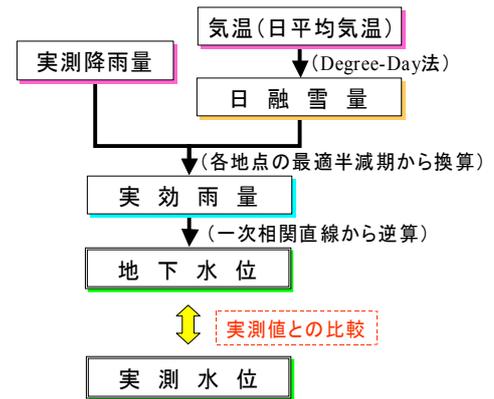


図2 本検討の流れ

$$R_w = \sum a(i) \cdot R_i \quad \text{--- (式1)}$$

R_w : 実効雨量[mm]

R_i : i 時間における実効雨量[mm]

$a(i)$: i 時間前の減少係数

$$a(i) = 0.5^{i/T}$$

T : 半減期[hr]

$$M = k \cdot T \quad \text{--- (式2)}$$

M : 日融雪量[mm]

k : 融雪係数[mm/°C/day]

T : 気温[°C]

キーワード 実効雨量, 地下水位, 岩盤斜面

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34 (独)北海道開発土木研究所 構造研究室 TEL(011)841-1698

ロックでは比較的短い半減期となる傾向が見られる。これは、対象箇所の岩盤構造が複雑であることに起因していると考えられる。

5. 冬期間の実効雨量の考え方

冬期間は地表面が積雪により覆われ、地中に水分が供給されるとは現実的にも考えにくい。しかしながら、一旦融雪が始まると雨量計では測定できない水分がもたらされることになる。融雪量の推定法としては、熱収支法、Degree-Day 法、積雪水量法、ライシメーター法などがあるが、本検討では気温から比較的簡易に融雪量を推定可能な Degree-Day 法により融雪量を1日単位で計算し、これを24等分して融雪期における時間雨量と考え実効雨量を算出した。式2に、Degree-Day 法の算出式を示す。Degree-Day 法は、日融雪量が（日平均）気温と融雪係数との積で与えられる。融雪に影響する要因としては、気温の他にも地形や日射等が複雑に関係しているものと考えられるが、Degree-Day 法ではこれを一つのパラメータ（融雪係数： k ）により評価している。一般的には k は 3~9 程度の値をとるとされている。本検討においては、日平均気温が氷点下の場合、融雪量は発生しないと仮定した。またこの手法を用いると、気温が上昇するにつれて融雪量が増大することから、Degree-Day 法による融雪量の算出は積雪深さがゼロとなる時間までとした。

6. 融雪係数

図3には、Degree-Day 法による融雪期の地下水位の再現結果を示す。融雪水による水位の上昇が観測結果よりも早く始まる傾向が見られるが、水位がピークを迎える時期の傾向は比較的良く再現できている。

表2には、半減期と同様に融雪係数を変化させて最適な融雪係数を求めた結果を示す。

7. 推定水位と実測水位との比較

図4には、年間を通じた実測水位との比較結果を示す。

無雪期は表1で得られた最適半減期における一次近似式を用いて実測降雨から推定した水位を、融雪期は Degree-Day 法により算出した融雪量から求めた水位をそれぞれ結合させたものである。翌年の無雪期は融雪期の水位を引き継ぐ形で連続性を持たせた。

実効雨量により推定した水位は、年間を通してピーク水位および平常時の水位を良好に再現している。年間を通じた推定水位と実測水位の相関係数は表2の通りである。

8. まとめと今後の課題

- 1) 地下水位と降雨、および気温をある程度の期間計測することで、実効雨量を用いて地下水位を良好に再現することができた。
- 2) 本検討では岩盤斜面を対象として良好な結果が得られたが、今後は他の斜面での検証も必要である。
- 3) さらに、一般的な地質調査等により半減期を求める手法の確立が望まれる。

表1 実測水位と実効雨量の相関

相関係数	①ブロック				②ブロック				③ブロック				
	B-1	B-2	B-5	B-19	B-7	B-12	B-16	B-8	B-10	B-11	B-15	B-22	W-1
半減期0.5日	0.39	0.19	0.18	0.30	0.32	0.16	0.44	0.59	0.69	0.80	0.42	0.65	0.53
半減期1日	0.50	0.30	0.27	0.39	0.36	0.26	0.59	0.67	0.75	0.81	0.57	0.59	0.61
半減期3日	0.66	0.55	0.43	0.55	0.33	0.49	0.78	0.70	0.66	0.63	0.79	0.42	0.70
半減期4日	0.70	0.62	0.48	0.60	0.31	0.56	0.81	0.69	0.61	0.57	0.83	0.38	0.70
半減期5日	0.72	0.67	0.52	0.63	0.28	0.62	0.83	0.67	0.57	0.52	0.85	0.35	0.70
半減期7日	0.76	0.74	0.57	0.68	0.24	0.70	0.84	0.64	0.51	0.46	0.86	0.31	0.69
半減期10日	0.79	0.80	0.62	0.72	0.18	0.76	0.84	0.59	0.44	0.39	0.86	0.26	0.67
半減期15日	0.80	0.84	0.66	0.74	0.11	0.81	0.80	0.54	0.37	0.32	0.84	0.22	0.63
半減期20日	0.79	0.84	0.66	0.72	0.06	0.82	0.76	0.50	0.32	0.27	0.81	0.18	0.59
半減期30日	0.74	0.81	0.63	0.66	0.00	0.80	0.68	0.45	0.26	0.21	0.75	0.14	0.53

表2 最適融雪係数

	半減期	融雪係数	相関係数
B-1	15日	7.4	0.80
B-2	20日	4.0	0.88
B-5	20日	3.6	0.70
B-8	3日	3.8	0.72
B-10	1日	5.9	0.74
B-11	1日	3.0	0.80
B-12	20日	1.0	0.83
B-15	7日	3.0	0.86
B-16	7日	3.6	0.86
B-19	15日	3.8	0.80
B-22	0.5日	6.0	0.62
W-1	5日	3.7	0.74

B-15水位の実測水位と推定水位の比較【半減期7日】

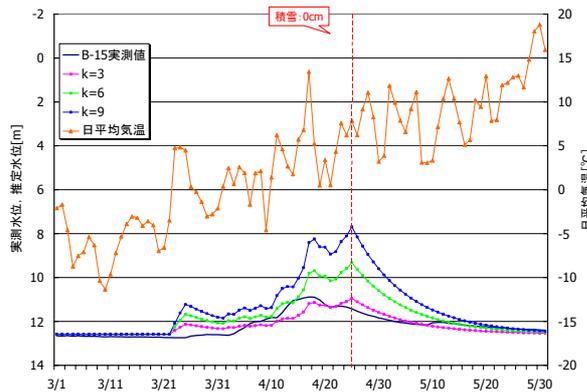


図3 実測水位と推定水位の比較

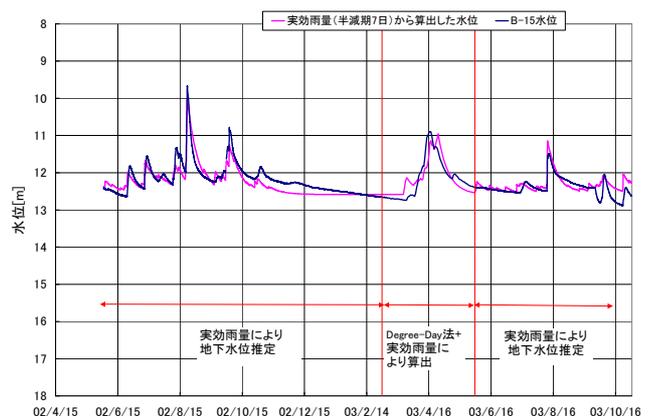


図4 推定水位と実測水位との比較