

# 1988 第27回 地すべり学会研究発表会 講演集

孔内水位と降雨との相関性について

山形県砂防課 吉田 郁夫  
日本工営(株) ○小林 佳嗣  
濱崎 英作  
国分 新市

## 1. まえがき

地すべり対策のうち地下水排除工は、効果的かつ経済的であることから、採用される例の多い工法である。しかし、その効果の判定は、単に対策工の施工前後のボーリング孔内水位の比較にとどまっておき、降雨特性・地質特性を十分加味しているとはいえない。

地すべりに関与する地下水が実効降雨量に影響することを利用し、孔内水位の予測モデルを作成し、実測値と比較することによって地下水排除工の効果を判定することを試み、山形県内でその検証を行ったのでここにその結果を報告する。

## 2. 実効降雨量と孔内水位変動モデル

実効降雨量とは、過去の降雨の影響が現在にまで及んでいることを表現しようとしたもので、次の関数モデルで表わされる。

$$R = \alpha^0 R_0 + \alpha^1 R_1 + \alpha^2 R_2 + \alpha^3 R_3 + \dots + \alpha^n R_n \\ = \sum_{i=0}^n \alpha^i \cdot R_i \quad \dots \dots \dots (1) \text{式}$$

ここに、R : 当日の実効降雨量  
R<sub>0</sub> : 当日の日雨量  
R<sub>n</sub> : n 日前の日雨量  
α : 減衰係数  
n : 経過日数

実効降雨量と孔内水位との関係を1次式として孔内水位の変動モデルを作成した例は、既に数例の事例が報告されている。

ここでは、実効降雨量を次のように表現し、降雨の地下水への反応の遅れ(降雨・地質特性)を少しでも考慮できるものとした。

$$X = R(-k) = \alpha^0 R_k + \alpha^1 R_{k+1} + \alpha^2 R_{k+2} + \dots + \alpha^n R_{k+n} \\ = \sum_{i=k}^{k+n} \alpha^{i-k} \cdot R_i \quad \dots \dots \dots (2) \text{式}$$

ここに、X : k 日前の実効雨量

地すべり地のように粘性に富んだ土塊より構成されるところでは、当日の降雨が即当日の地下（孔内）水位に反映されるとは限らずむしろ数日後の水位に反応したり、また地すべりが崖崩れと異なり降雨強度に比較的左右されにくいことなどはよく知られている。したがって、(2)式のように実効降雨量の基準日をスライドさせることができるモデルがより合理的と考えられる。さらに(2)式と孔内水位との関係式を一次式と指数式の両者で導きだし、(2)式の $\alpha$ と $k$ を変化させて最も相関係数の高い関係式を選び出し、孔内水位の変動予測モデルを作成することがより精度の高い結果が得られるものと考えられる。

$$Y = A \cdot X + B \quad \dots\dots\dots(3)式$$

$$Y = A \cdot \exp(B \cdot X) \quad \dots\dots\dots(4)式$$

ここに、Y : 孔内水位  
X : k 日前の実効雨量  
A・B : 係数

降雨と孔内水位の関係式は、水位に反映される地下水供給形態より、被圧水は1次式、不圧水は指数式が適当と考えられる。今回の孔内水位は、既存ボーリング孔を利用したデータを用いたもので、これらの水位が一緒になったものが示されている可能性が大きい。

なお、孔内水位がすべり面の間隙水圧を示しているか否かの問題はあるが、簡便でかつ既存データを利用できるという汎用性、総合的な水位変動を把握できるなど利用上有利な点が多いし、定常水位をどの程度低下させ、降雨・融雪の影響をいかに抑えたかという点でそれなりの評価が可能と考える。

### 3. 地すべり地での適用

ここに山形県内のA地すべり地の孔内水位データを用いて、孔内水位の変動モデルを作成した。図-1は指数式を用いた実効降雨量と孔内水位の関係式から、集水井施工前の孔内水位をシミュレーションしたものであって、図-2は施工前の関係式を用いて、施工後の孔内水位をシミュレーションしたものである。なおこの場合、 $k$ （実効降雨量基準日のスライド）を5日、 $\alpha$ （減衰係数）を0.96とすると相関性が最も大きくなる。

孔番=BV-59-23  
相関式  $Y = -7.537130 \cdot \exp(-0.004180 \cdot X)$  [ALFA=0.96 / R=5] 相関係数=0.90335

(相関行列)

ALFA	R-0	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-12	R-14	R-16	R-18	R-20	R-22	R-26	R-30
0.50	0.034	0.222	0.210	0.268	0.422	0.479	0.403	0.578	0.627	0.373	0.567	0.402	0.537	0.466	0.439	0.491	0.287	0.197	0.091
0.60	0.076	0.257	0.255	0.336	0.467	0.520	0.470	0.609	0.653	0.441	0.581	0.456	0.570	0.502	0.460	0.500	0.300	0.206	0.089
0.70	0.188	0.318	0.329	0.421	0.526	0.578	0.543	0.647	0.689	0.515	0.619	0.516	0.608	0.536	0.475	0.503	0.308	0.209	0.077
0.80	0.323	0.423	0.445	0.532	0.609	0.659	0.630	0.700	0.736	0.596	0.666	0.574	0.640	0.556	0.472	0.484	0.298	0.188	0.043
0.90	0.555	0.621	0.647	0.705	0.749	0.786	0.747	0.780	0.802	0.681	0.712	0.610	0.631	0.521	0.408	0.396	0.225	0.103	-0.043
0.95	0.758	0.799	0.815	0.843	0.864	0.882	0.825	0.834	0.837	0.710	0.717	0.587	0.576	0.451	0.322	0.297	0.142	0.019	-0.114
0.96	0.811	0.843	0.855	0.877	0.891	0.903	0.841	0.845	0.642	0.713	6.714	0.577	0.558	0.434	0.300	0.274	0.124	-0.001	-0.130

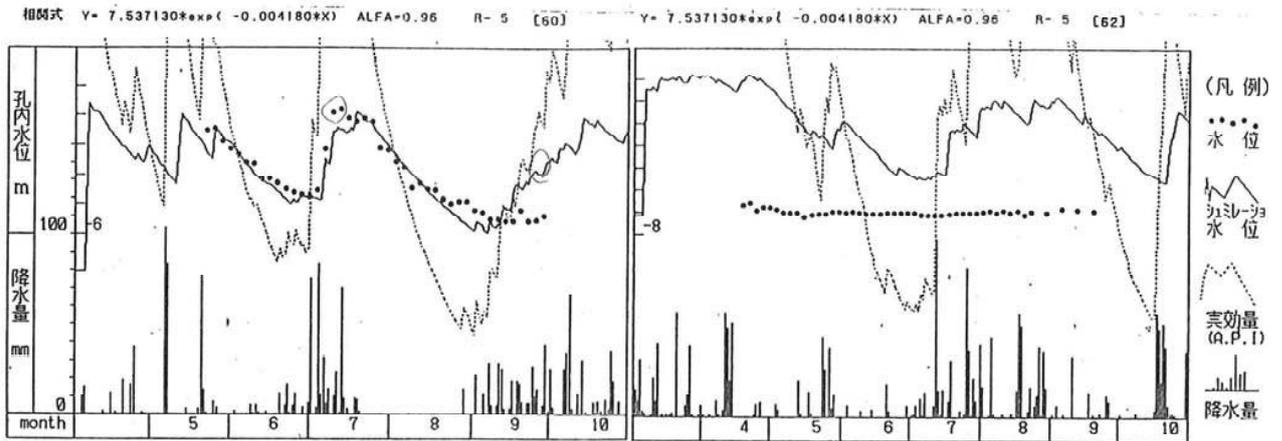


図-1 降水量/孔内水位 (BU-59-23)

図-2 降水量/孔内水位 (BU-59-23)

(図-1 は昭和60年度のグラフ、図-2 は62年度のグラフで60~61年に集水井と集水ボーリングが施工されている。)

また、図-3・4 は実効降雨量と孔内水位の関係式を1次式として同様の作業を行なったものである。この場合、k は5日、 $\alpha$  は0.96となる。

孔番=BU-59-23  
 相関式  $Y = -0.015711 \times X + 6.590880$  [ALFA=0.96 / R-5] 相関係数=0.89058

(相関行列)

ALFA	R-0	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6	R-7	R-8	R-9	R-10	R-12	R-14	R-16	R-18	R-20	R-22	R-26	R-30
0.50	-0.016	0.167	0.180	0.181	0.343	0.421	0.303	0.490	0.540	0.299	0.477	0.372	0.517	0.466	0.433	0.499	0.337	0.237	0.145
0.60	0.044	0.198	0.215	0.248	0.385	0.454	0.369	0.519	0.564	0.368	0.513	0.427	0.551	0.503	0.464	0.515	0.354	0.273	0.153
0.70	0.127	0.252	0.276	0.329	0.439	0.503	0.444	0.558	0.600	0.446	0.557	0.486	0.593	0.542	0.490	0.528	0.370	0.286	0.151
0.80	0.252	0.349	0.379	0.440	0.521	0.578	0.539	0.618	0.656	0.539	0.616	0.561	0.636	0.575	0.505	0.527	0.373	0.279	0.129
0.90	0.484	0.550	0.581	0.628	0.678	0.722	0.686	0.729	0.755	0.660	0.699	0.631	0.663	0.574	0.477	0.472	0.324	0.210	0.053
0.95	0.712	0.755	0.777	0.803	0.831	0.856	0.807	0.825	0.833	0.732	0.746	0.647	0.644	0.536	0.416	0.396	0.252	0.126	-0.031
0.96	0.776	0.812	0.829	0.850	0.872	0.891	0.837	0.849	0.851	0.747	0.755	0.646	0.636	0.525	0.398	0.376	0.233	0.101	-0.058

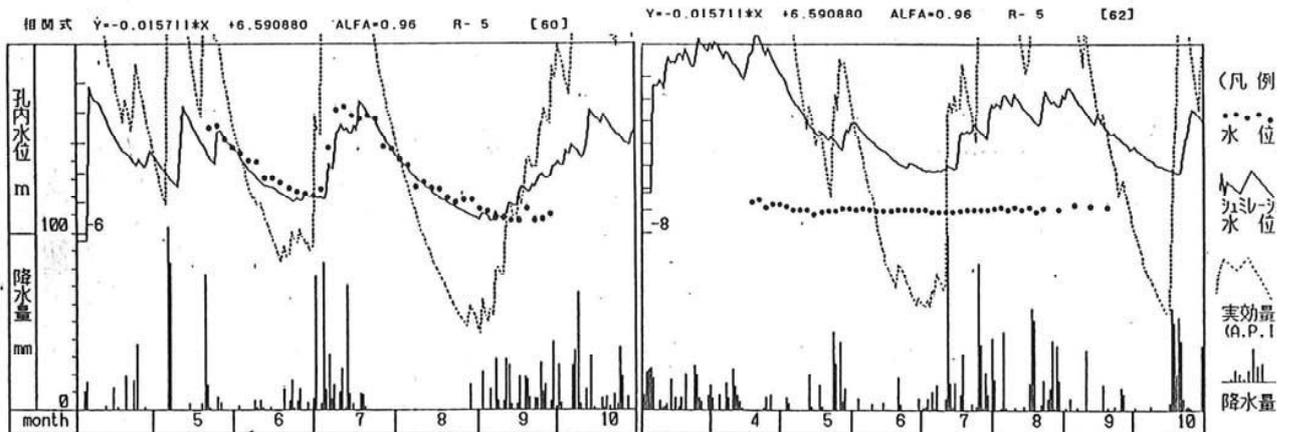
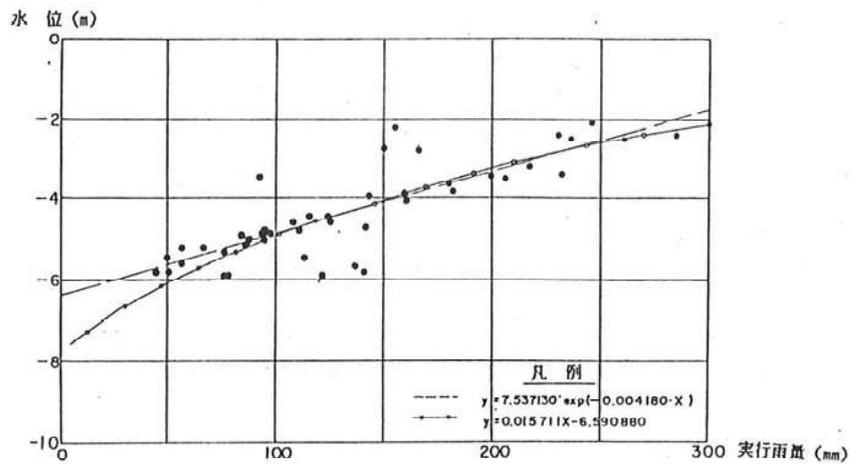


図-3 降水量/孔内水位 (BU-59-23)

図-4 降水量/孔内水位 (BU-59-23)

以上より、降雨時に最大7m、無降雨時でも約1mの孔内水位の低下があったことが読み取れる。

図-5には実効降雨量と孔内水位の関係を1次式と指数式で示した相関図である。



図—5 水田地区 (560号水中里0Y59-23)

#### 4. おわりに

今回は、降雨と孔内水位との関係に焦点を絞り、地下水排除工の効果という視点で孔内水位の変動予測を行なってみた。山形県内数箇所の地すべり地にて検証してみた結果、今回は全般に指数式で実効降雨量と孔内水位の関係式を導いた方が相関性が大きかった。

#### 指数式と一次式の相関性の違い

地区	ホリツ孔	指数式			1次式		
		相関係数	$\alpha$	R-	相関係数	$\alpha$	R-
A	59-23	0.90335	0.96	5	0.89058	0.96	5
	60-24	0.80648	0.96	1	0.79575	0.96	2
	66-25	0.92661	0.96	0	0.87752	0.96	0
O	57-65	0.91844	0.70	0	0.89815	0.80	0
T	61-28	0.82632	0.80	0	0.82484	0.80	0
	61-29	0.55068	0.50	2	0.54706	0.50	2

また、減衰係数 ( $\alpha$ ) に地域性がみられた反面、遅れ日数 ( $k$ ) については特に地域性は見い出せず、今後さらに検証箇所数を増して検討していく必要があるものと考えられる。さらに地すべり移動と実効降雨量との関係から地すべりの予知が可能かどうかとも検討していければと考えている。

#### 〔参考文献〕

奥園・緒方：地すべり地における地下水排除工の効果とその調査法、基礎工Vol.13 No. 9