

地すべり地下水排除工効果判定マニュアル (案)

平成 21 年 3 月

独立行政法人土木研究所
土砂管理研究グループ 地すべりチーム

目次

1. 総説	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
1.3 適用に際しての留意事項	1
2. 手法の概要	2
3. 地下水排除工の効果判定手法	3
3.1 手法の考え方	3
3.1.1 地すべり変位・滑落と降雨確率	3
3.1.2 しきい実効雨量	3
3.1.3 地盤変位しきい実効雨量	3
3.1.4 水位上昇しきい実効雨量	3
3.2 解析に必要なデータ	4
3.2.1 データの種類	4
3.2.2 データ量（期間）	6
3.3 解析方法	7
3.3.1 地盤変位しきい実効雨量	7
3.3.2 水位上昇しきい実効雨量	12
4. 地下水排除工の効果評価	17
4.1 解析結果の考察	17
4.2 対策工施工計画の見直し	18
5. 今後の課題	19

参考文献

1. 総説

1.1 背景

地すべり対策工の効果判定については、地すべり規模が大きいなどの理由で、長期にわたり対策工が行われている地すべり地において、地下水位や動態観測のデータに基づく具体的な地下水排除の効果が把握できていない現状がある。地下水排除の実質的な効果は得られているものの、効果を評価する明確な指標が無いこともあり、地下水排除工の効果を施設計画に活用できていない状況にもある。

効率的かつ経済的な地下水排除工を計画するうえで、その効果を逐次評価しながら、対策工の施工計画の見直しが可能な評価方法を構築する必要があると考える。

1.2 目的

地下水排除工の効果を評価し、降雨時などの地すべり地内の地下水位上昇量をどの程度低下させることが出来たのか、また、変位を減少させる効果を生じたのかを把握し、これにもとづき地下水排除工の施設計画(位置、規模など)を見直すことにより、より効果的な対策工が計画・施工できるようにすることを目的とするものである。

1.3 適用に際しての留意事項

本手法は、地下水排除工の施工効果を判定するものであるため、地すべり対策としての抑止工（杭工、アンカー工等）が同時期に施工されている場合には、単純に地下水排除工の施工効果のみを見ることは出来ない。したがって、なるべく地下水排除工のみが施工されている地すべり地、または地下水排除工のみが施工された期間について適用することが望ましい。

また、本手法は、検討した地すべりの事例数が少ないため、今後、多くの地すべり地で本手法を適用し、結果を実際の挙動などと照らし合わせて検証することで、本手法が改善され、地下水排除工の効果判定により有効な手法となると考えられる。そのため今後も本マニュアルの改訂を行う予定である。

2. 手法の概要

本手法は、地すべり地において一定値以上の地盤変位と地下水位の上昇を生じる頻度について、実効雨量を基準に対策工の施工前後で比較を行い、地下水排除工の効果を評価するものである。

手法および解析の流れについて以下に説明する。

(1) 手法

本手法では、まず効果判定を行う地下水排除工を決定し、この効果判定に用いる動態観測機器や地下水観測孔を選定する。次に地下水排除工の施工前から施工後の降雨量をもとに実効雨量を求め、地盤変位があった観測日の実効雨量と地下水位の上昇があった観測日の実効雨量を算出し、度数をそれぞれ実効雨量 1mm 毎 (1mm、2mm、3mm・・・) に集計する。地盤変位及び地下水位の上昇を観測した日の累積相対度数と実効雨量の累積相対度数との差が最大となる実効雨量を求め、これらを「地盤変位しきい実効雨量」と「水位上昇しきい実効雨量」と定義する。得られたしきい実効雨量が有意であるか否かについて検討し、有意であるものについて対策工施工前と施工後と比較して効果判定を行う方法である。

(2) 解析

本手法を用いて対策工の効果を評価する地下水排除工について、効果判定に用いる動態観測機器や地下水観測孔は、評価する地下水排除工の周囲、もしくは全てのものを選定する。次に、解析処理から効果判定までの流れを図 2.1 に示す。

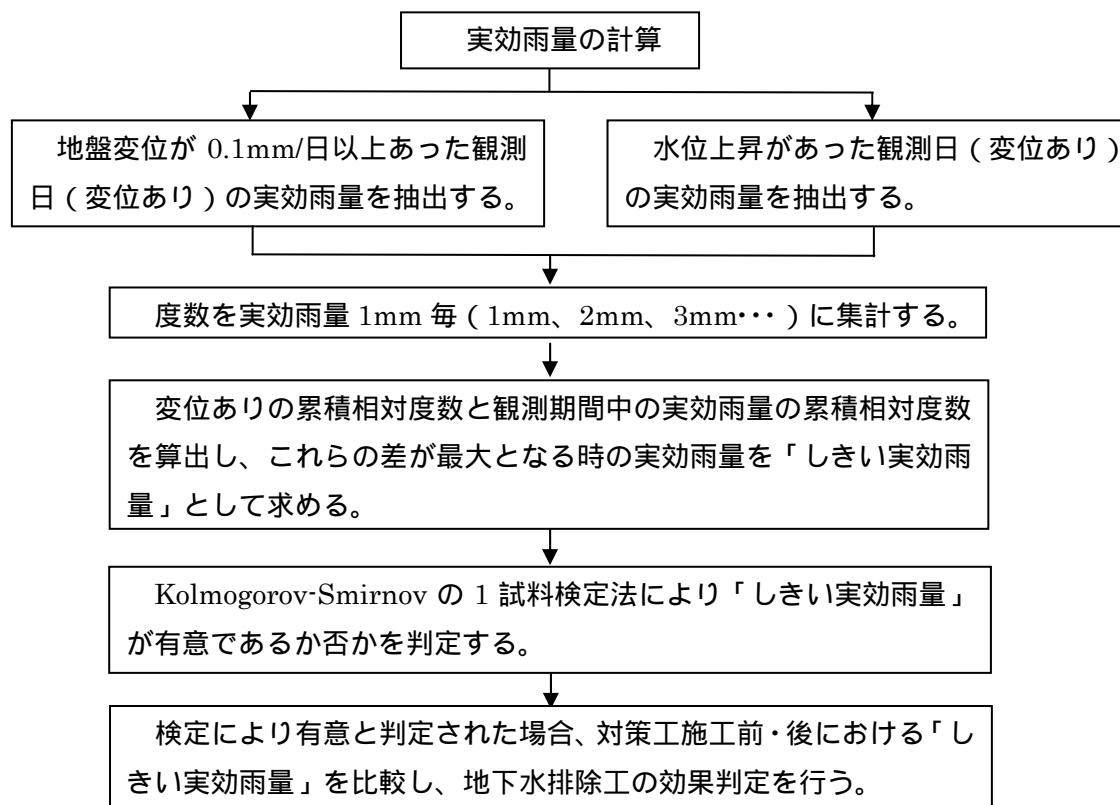


図 2.1 解析処理の流れ

3. 地下水排除工の効果判定手法

3.1 手法の考え方

3.1.1 地すべり変位・滑落と降雨確率

一般的に、降雨量と地すべりの変位とは相関関係が高いと言われている。例えば高知県谷の内地すべりにおける年間降雨量と変位量との相関を図 3.1 に示すと、この図からも変位量は降雨量が増すごとに大きくなる傾向にあり、降雨量が 3,200mm を越すと活発な動きを示すことが明らかとなっている¹⁾。また、地すべり滑動を与える地下水位が、降雨と高い相関を持つことは周知のとおりである。

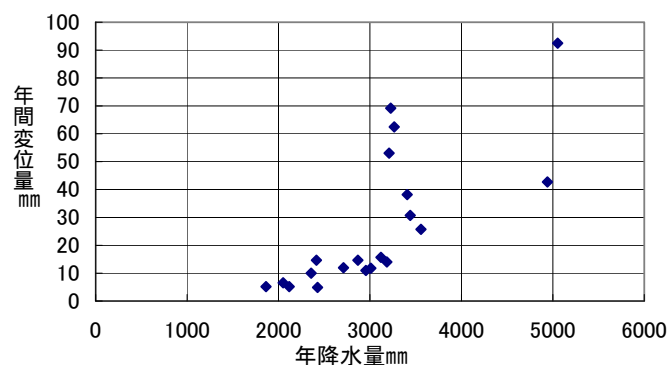


図 3.1 降雨量と変位量との関係¹⁾

3.1.2 しきい実効雨量

しきい実効雨量とは、3.1.1 に述べた様に、地すべり変位や地すべり滑動に影響を与えると考えられる地下水位上昇の確率が最も高くなる実効雨量のことを言う。

3.1.3 地盤変位しきい実効雨量

地盤変位しきい実効雨量とは、動態観測機器で検知可能な 0.1mm/日以上 の地盤変位があった観測日の実効雨量について、度数を実効雨量 1mm 毎に集計する。地盤変位を観測した日の累積相対度数と観測期間中の実効雨量の累積相対度数との差が最大となる実効雨量を、地盤変位の発生確率が高くなる実効雨量のしきい値という意味で「地盤変位しきい実効雨量」と言う。

3.1.4 水位上昇しきい実効雨量

水位上昇しきい実効雨量とは、孔内水位計データより前日からの水位上昇量が 0.1m/日、0.5m/日、1.0m/以上に達した観測日について、度数を実効雨量 1mm 毎に集計する。それぞれの水位上昇量を観測した日の累積相対度数と観測期間中の実効雨量の累積相対度数との差が最大となる実効雨量を、水位上昇の発生確率が高くなる実効雨量のしきい値という意味で「水位上昇しきい実効雨量」と言う。

3.2 解析に必要なデータ

3.2.1 データの種類

本手法の解析に必要なデータは、以下の3種類に分類される。

1) 降雨量

降雨量は、地すべり地内で得られる雨量データが望ましいが、得られない場合には近隣の雨量データを収集する。収集した雨量データ（日雨量）は、(3.1)式により実効雨量に換算し直す。

$$R_G = R_0 + \alpha^1 \cdot R_1 + \alpha^2 \cdot R_2 + \dots + \alpha^n \cdot R_n \quad (3.1)$$

ここに、 R_G : 実効雨量 (mm)

R_n : n 日目の雨量

α : 1日単位の減少係数 ($0 < \alpha < 1$)

ここで、nの日数は、 $n \geq 0$ (現実的には 10^{-3} 程度以下)と判断されるnを選択する。

また、減少係数 α は、雨の影響度合いが半分(0.5)になる期間、半減期Tで表現できることから、減少係数は下式より求めることができる。

$$\alpha = (0.5)^{1/T}$$

ここに、T : 半減期

半減期は、降雨と地すべり地内で観測されている地下水位の変動傾向から適切と思われる半減期をいくつか選定し、それぞれの半減期により算出した実効雨量と地下水位の変動が最も相関が良い時の半減期を設定する。

例として、減少係数 α と半減期 T の関係を表 3.1 に示す。

表 3.1 減少係数 α と半減期 T

半減期 T	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	10日
減少係数	0.50	0.71	0.79	0.84	0.87	0.89	0.90	0.93

なお、(3.1)式は下式で置き換えることができる。

$$R_G = R + R_G' \times 0.5^{1/T} \quad (3.2)$$

ここに、 R_G : 実効雨量 (mm)

R_G' : 前日の実効雨量 (mm)

R : 当日の雨量 (mm)

T : 半減期

半減期を選定する際、どの地下水観測孔と降雨の変動傾向を比較するかは判断が難しいが、一つの考え方としては、効果判定の対象となる地下水排除工に最も近い地下水観測孔を選定することが考えられる。効果判定の対象となる地下水排除工が複数ある場合には、これに近い地下水観測孔の中でも、最も降雨による地下水位の変動が見られる観測孔を選定する。

2)地すべり変位置

地すべり変位置は、地すべり地内に設置された動態観測機器の内、日変位置を時系列に得られる機器（地盤伸縮計、孔内傾斜計、縦型伸縮計等）からの観測データを収集する。使用するデータ精度については、0.1mm/日以上とする。

3)地下水位

地下水位は、地すべり地内に設置された孔内水位計の観測データを収集する。収集するデータは日水位とし、その日の最高水位データとする。

3.2.2 データ量（期間）

解析に必要な下記 3 種類のデータ期間は、以下の様である（図 3.2）。

1) 降雨量

降雨量のデータ期間は、対策工施工前の 1 年と 60 日から、対策工施工後 1 年までの期間とする。

2) 地すべり変位量

変位量のデータ期間は、対策工施工の 1 年前から 1 年間と対策工施工後の 1 年間とする。

3) 地下水位

地下水位のデータ期間は、対策工施工の 1 年前から 1 年間と対策工施工後の 1 年間とする。

データ期間は、対策工施工前、施工中、施工後が明確となっているものが良いが、特に、施工後のデータについては、「施工中」の効果が完全に現れた後とすることが最良と考えられ、それ等の期間選定について十分留意する必要がある。

また、地下水排除工以外の対策工（抑止工など）が併用して施工されている場合には、なるべく地下水排除工のみが施工された期間を選定することが望ましい。地下水排除工以外の対策工の施工期間が地下水排除工の施工期間と重複する場合は、地下水排除工の効果判定にこれ以外の対策工の効果の影響が含まれることに留意する必要がある。

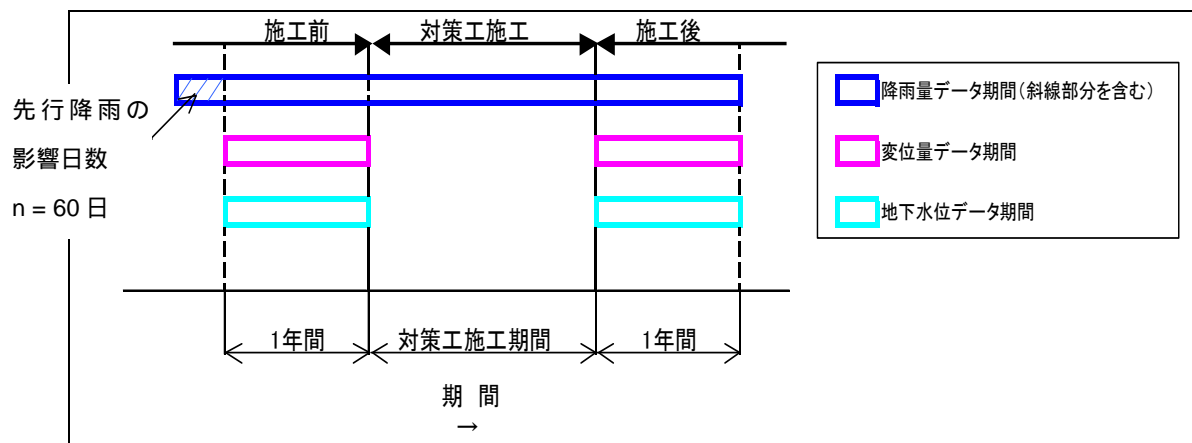


図 3.2 各データ期間模式図

3.3 解析方法

3.3.1 地盤変位しきい実効雨量

(1) 解析の流れ

地盤変位しきい実効雨量の解析の流れを図 3.3 に示す。

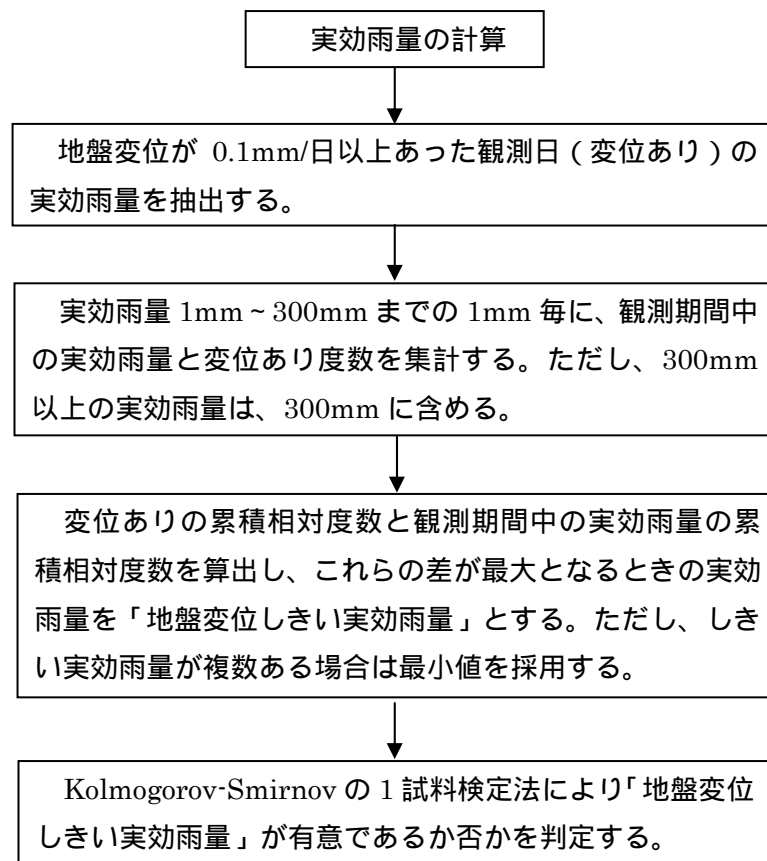


図 3.3 地盤変位しきい実効雨量の解析の流れ

(2) 実効雨量の算出

実効雨量は、3.2.1 の(3.1)式により算出する。降雨量のデータ期間は、対策工施工前の 1 年と 60 日から、対策工施工後 1 年までの期間とする。

(3) 変位データの整理

変位データは、対策工施工の1年前から1年の期間と対策工施工後1年の期間に、動態観測機器から得られた地盤変位0.1mm/日以上データを抽出し、実効雨量の度数を1mmから300mmまでの1mm毎に集計する。なお、300mm以上の値については、300mmに含めることとするが、その度数が10を越える場合にはデータの上限を大きくする。

表3.4に集計表の例を示す。

表3.4 地盤変位しきい実効雨量集計表(例)

実効雨量	実効雨量 の度数	0.1≦ 有
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	14	0
4	3	0
5	7	0
6	5	0
7	5	1
8	6	0
9	10	0
10	13	0
11	5	2
12	4	0
13	4	0
14	4	0
15	7	0
中略		
285	0	0
286	0	0
287	0	0
288	0	0
289	0	0
290	0	0
291	0	0
292	0	0
293	0	0
294	0	0
295	0	0
296	0	0
297	0	0
298	0	0
299	0	0
300	1	0
合計	357	26

(4) 統計解析

統計解析は、以下の手順 1)～3)で行う。ただし、手順の中で「変位あり」とは、地盤変位が 0.1mm/日以上あった観測日の実効雨量を言う。

1) 実効雨量および変位ありの相対度数の算出

観測期間中の実効雨量の相対度数を下式により算出する。

$$\text{実効雨量の相対度数} = (\text{ある実効雨量の度数}) / (\text{全期間度数})$$

例として下表 3.5 の実効雨量 3 mm における実効雨量の相対度数を示す。

$$\text{実効雨量の相対度数} = 14 / 357 = 0.039$$

変位ありの相対度数を下式により算出する。

$$\text{変位ありの相対度数} = (\text{ある実効雨量の変位あり度数}) / (\text{全変位あり度数})$$

例として下表 3.5 の実効雨量 7 mm における変位ありの相対度数を示す。

$$\text{変位ありの相対度数} = 1 / 26 = 0.038$$

2) 各実効雨量において、変位ありの累積相対度数と観測期間中の実効雨量の累積相対度数を求め、それらの差の絶対値 d を計算する。

例として、実効雨量 1 mm～300 mm における地盤伸縮計（対策後期間）の 0.1 mm/日変位度数分布表を表 3.5 に示す。

表 3.5 変位度数分布表（例）

実効雨量 (mm)	実効雨量の度数	実効雨量の累計相対度数	変位あり度数	変位ありの累計相対度数	相対度数の差 (d)
0	0	0.000	0	0.000	0.000
1	0	0.000	0	0.000	0.000
2	0	0.000	0	0.000	0.000
3	14	0.039	0	0.000	0.039
4	3	0.048	0	0.000	0.048
5	7	0.067	0	0.000	0.067
6	5	0.081	0	0.000	0.081
7	5	0.095	1	0.038	0.057
8	6	0.112	0	0.038	0.074
中略					
92	1	0.773	0	0.500	0.273
93	1	0.776	0	0.500	0.276
94	2	0.781	1	0.538	0.243
中略					
298	0	0.997	0	1.000	0.003
299	0	0.997	0	1.000	0.003
300 (以上)	1	1.000	0	1.000	0.000
計	357		26		

例として、図 3.4 に動態観測機器（対策後期間）による 0.1mm/日変位データの統計解析結果を示す。実効雨量の累計相対度数と変位ありの累計相対度数の差は図 3.4 のようになり、実効雨量 230mm 以降で変位ありの累計相対度数が実効雨量の累計相対度数を逆転する現象が起きている。観測データによってはこのような現象が起きるため、このような場合のしきい実効雨量は、変位ありの累計相対度数が実効雨量の累計相対度数を超えない範囲で、両相対度数の差が最大（D）となるときの実効雨量から求めることとする。

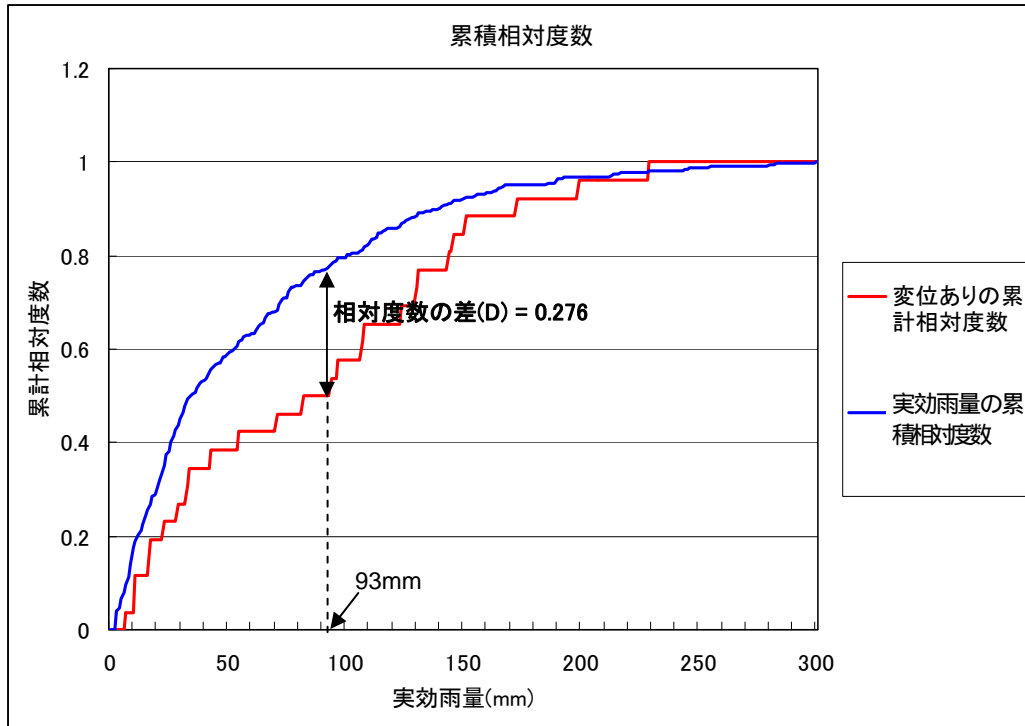


図 3.4 累積相対度数のグラフ（例）

3) 地盤変位しきい実効雨量が有意か否かについて、全変位件数 n 、有意水準 $\alpha = 0.05$ に対する Kolmogorov-Smirnov の 1 試料検定を行う (表 3.6 参照)。

例として、表 3.6 の場合を示す。

$n = 26 < 35$ ゆえ、有意水準 $= 0.05$ に対し

$$1.36\sqrt{n} = 0.267$$

d の最大値 $D = 0.276$ (実効雨量 = 93mm において)

$0.276 > 0.267$ OK (=「全観測日の実効雨量頻度分布と変位ありの実効雨量頻度分布が同じ」という帰無仮説を有意水準 0.05 で棄却する)

D を与える実効雨量は 93mm である。

なお、 D が複数生じた場合には、その最小値を抽出する。また、 n が 35 未満で表記にないものについては、35 以上の式を用いて算出する。

表 3.6 Kolmogorov-Smirnov1 試料検定法のための表²⁾

試料の大きさ n	有意水準				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.778	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.332	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.21	.22	.24	.27	.32
30	.19	.20	.22	.24	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
35以上	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

) 相対度数の差の最大値が表中の値より大きくなれば該当する (表の上端に示されている) 有意水準で帰無仮説を捨てることができる。

3.3.2 水位上昇しきい実効雨量

(1) 解析の流れ

水位上昇しきい実効雨量の解析の流れを図 3.5 に示す。

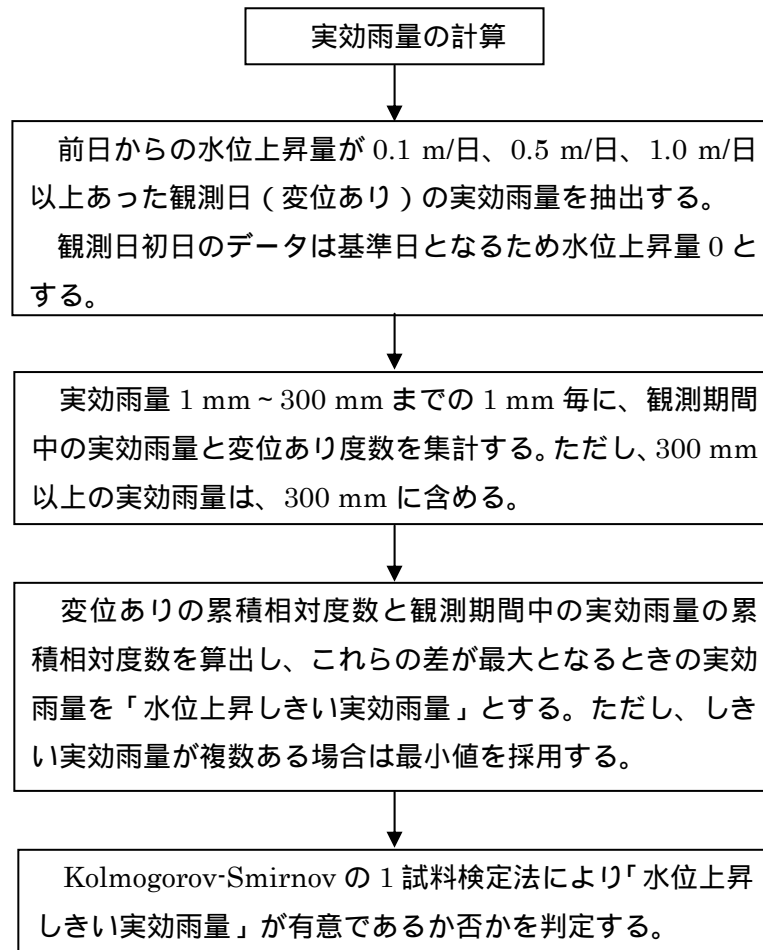


図 3.5 水位上昇しきい実効雨量の解析の流れ

(2) 実効雨量の算出

実効雨量は、3.2.1 の(3.1)式により算出する。降雨量のデータ期間は、対策工施工前の 1 年と 60 日から、対策工施工後 1 年までの期間とする。

(3) 水位データの整理

水位データは、対策工施工の1年前から1年の期間と対策工施工後1年の期間に、孔内水位計から得られた前日からの水位上昇量0.1 m/日、0.5 m/日、1.0 m/日以上と水位上昇量がなかった日のデータを抽出し、その時の実効雨量の度数を1 mm から 300 mm までの1 mm 毎に集計する。なお、300 mm 以上の値については、300 mm に含めることとする。

表 3.7 に集計表の例を示す。

表 3.7 水位上昇しきい実効雨量集計表 (例)

実効雨量	実効雨量 の度数	0.1 ≤	0.5 ≤	1.0 ≤
		有	有	有
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	11	0	0	0
4	2	0	0	0
5	5	0	0	0
6	4	0	0	0
7	4	0	0	0
8	5	0	0	0
9	9	0	0	0
10	13	1	0	0
11	5	0	0	0
12	4	0	0	0
13	4	0	0	0
14	4	0	0	0
15	7	0	0	0
中略				
285	0	0	0	0
286	0	0	0	0
287	0	0	0	0
288	0	0	0	0
289	0	0	0	0
290	0	0	0	0
291	0	0	0	0
292	0	0	0	0
293	0	0	0	0
294	0	0	0	0
295	0	0	0	0
296	0	0	0	0
297	0	0	0	0
298	0	0	0	0
299	0	0	0	0
300	1	0	0	0
合計	355	47	20	11

注) 10 日分のデータが欠測

(4) 統計解析

統計解析は、以下の手順 1)～3)で行う。ただし、手順の中で「変位あり」とは、水位上昇が 0.1m/日、0.5m/日、1.0m/日以上あった観測日の実効雨量を言う。

1) 実効雨量および変位ありの相対度数の算出

観測期間中の実効雨量の相対度数を下式により算出する。

$$\text{実効雨量の相対度数} = (\text{ある実効雨量の度数}) / (\text{全期間度数})$$

例として下表 3.8 の実効雨量 3 mm における実効雨量の相対度数を示す。

$$\text{実効雨量の相対度数} = 11 / 355 = 0.031$$

変位ありの相対度数を下式により算出する。

$$\text{変位ありの相対度数} = (\text{ある実効雨量の変位あり度数}) / (\text{全変位あり度数})$$

例として下表 3.8 の実効雨量 10 mm における変位ありの相対度数を示す。

$$\text{変位ありの相対度数} = 1 / 47 = 0.021$$

2) 各実効雨量において、変位ありの累積相対度数と観測期間中の実効雨量の累積相対度数を求め、それらの差の絶対値 d を計算する。

例として、実効雨量 1 mm～300 mm における水位観測孔（対策後期間）で水位上昇が 0.1 m/日の場合の変位度数分布表を表 3.8 に示す。

表 3.8 変位度数分布表（例）

実効雨量 (mm)	実効雨量 の度数	実効雨量の 累計相対 度数	変位あり度数	変位ありの 累計相対度 数	相対度数 の差 (d)
			0.1 ≤		
0	0	0.000	0	0.000	0.000
1	0	0.000	0	0.000	0.000
2	0	0.000	0	0.000	0.000
3	11	0.031	0	0.000	0.031
4	2	0.037	0	0.000	0.037
5	5	0.051	0	0.000	0.051
6	4	0.062	0	0.000	0.062
7	4	0.073	0	0.000	0.073
8	5	0.087	0	0.000	0.087
9	8	0.113	0	0.000	0.113
10	9	0.149	1	0.021	0.128
11	13	0.163	0	0.021	0.142
12	4	0.175	0	0.021	0.154
13	4	0.186	0	0.021	0.165
中略					
298	0	0.997	0	1.000	0.003
299	0	0.997	0	1.000	0.003
300(以上)	1	1.000	0	1.000	0.000
計	355		47		

なお、水位上昇しきい実効雨量は、水位上昇量を 0.1m/日、0.5m/日、1.0m/日以上 の 3 項目で検討を行っている。これら 3 項目の中で、対策効果を判定するのに最も適した項目はどれなのかについては、言及していない。これについては、本手法による解析事例数を増やし、個々の地すべり地の特性（地すべりの規模、水文・地質等）をふまえて決定する必要がある。

3) 水位上昇しきい実効雨量が有意か否かについて、全変位件数 n 、有意水準 $\alpha = 0.05$ に対する Kolmogorov-Smirnov の 1 試料検定を行う (表 3.9 参照)。

例として、表 3.9 の場合を示す。

$n = 47 > 35$ ゆえ、有意水準 $\alpha = 0.05$ に対し

$$1.36\sqrt{n} = 0.198$$

d の最大値 $D = 0.461$ (実効雨量 = 39mm において)

$0.461 > 0.198$ OK (=「観測期間中の実効雨量頻度分布と変位ありの実効雨量頻度分布が同じ」という帰無仮説を有意水準 0.05 で棄却する)

D を与える実効雨量は 39 mm である。

なお、 D が複数生じた場合には、その最小値を抽出する。また、 n が 35 未満で表記に無いものについては、35 以上の式を用いて算出する。

表 3.9 Kolmogorov-Smirnov1 試料検定法のための表²⁾

試料の大きさ n	有意水準				
	.20	.15	.10	.05	.01
1	.900	.925	.950	.975	.995
2	.684	.726	.778	.842	.929
3	.565	.597	.642	.708	.828
4	.494	.525	.564	.624	.733
5	.446	.474	.510	.565	.669
6	.410	.436	.470	.521	.618
7	.381	.405	.438	.486	.577
8	.358	.381	.411	.457	.543
9	.339	.360	.388	.432	.514
10	.332	.342	.368	.410	.490
11	.307	.326	.352	.391	.468
12	.295	.313	.338	.375	.450
13	.284	.302	.325	.361	.433
14	.274	.292	.314	.349	.418
15	.266	.283	.304	.338	.404
16	.258	.274	.295	.328	.392
17	.250	.266	.286	.318	.381
18	.244	.259	.278	.309	.371
19	.237	.252	.272	.301	.363
20	.231	.246	.264	.294	.356
25	.21	.22	.24	.27	.32
30	.19	.20	.22	.24	.29
35	.18	.19	.21	.23	.27
35以上	$\frac{1.07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.63}{\sqrt{n}}$

1) 相対度数の差の最大値が表中の値より大きくなれば該当する (表の上端に示されている) 有意水準で帰無仮説を捨てることができる。

4. 地下水排除工の効果判定

4.1 解析結果の考察

地盤変位しきい実効雨量および水位上昇しきい実効雨量の解析結果から、Kolmogorov-Smirnov の 1 試料検定により「有意あり」と判断されるしきい実効雨量を用いて効果判定を行う。効果の判定は、対策工施工前と施工後と比較して施工後のしきい実効雨量が増加したものについて「効果あり」と判定し、施工後に増加した実効雨量分だけ対策工の効果があったと考えることができる。

参考に、1.0 m 以上の水位日上昇量で集水井の効果判定を行った例を図 4.1 に示す。施工前と施工後の期間において、地下水位上昇しきい実効雨量が増加していることがわかる。この時、施工後に増加した実効雨量 76 mm 分が対策工の効果といえる。

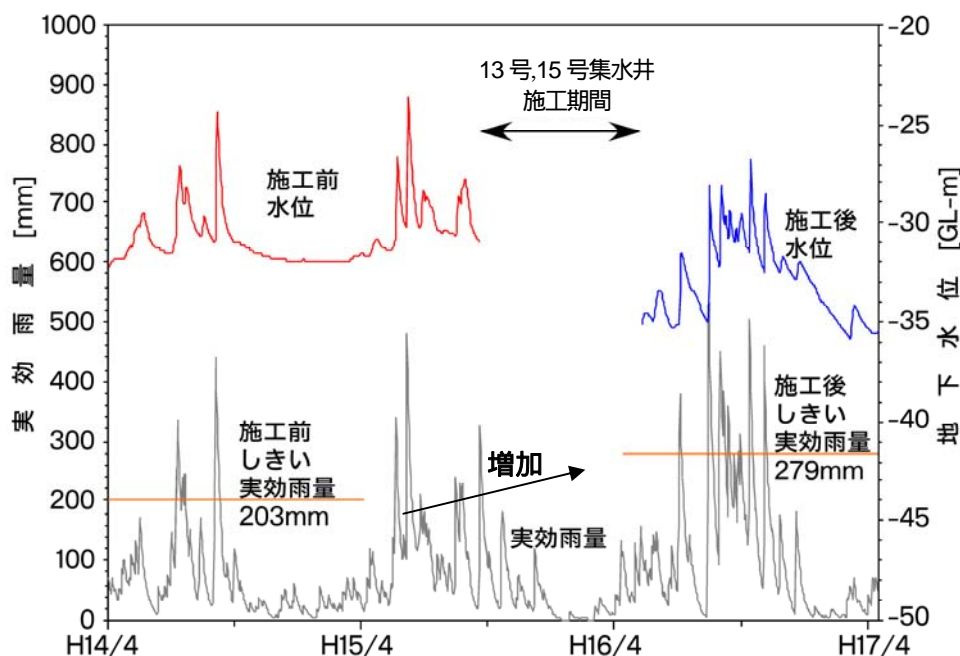


図 4.1 水位上昇しきい実効雨量による評価事例

各観測点においてしきい実効雨量の変化により対策工の効果判定を行った後、効果判定された観測孔を平面図に記載して、対象対策工に対する平面的な効果範囲を確認し評価する。参考に、1.0 m 以上の水位日上昇量で集水井の効果の評価した例を図 4.2 に示す。

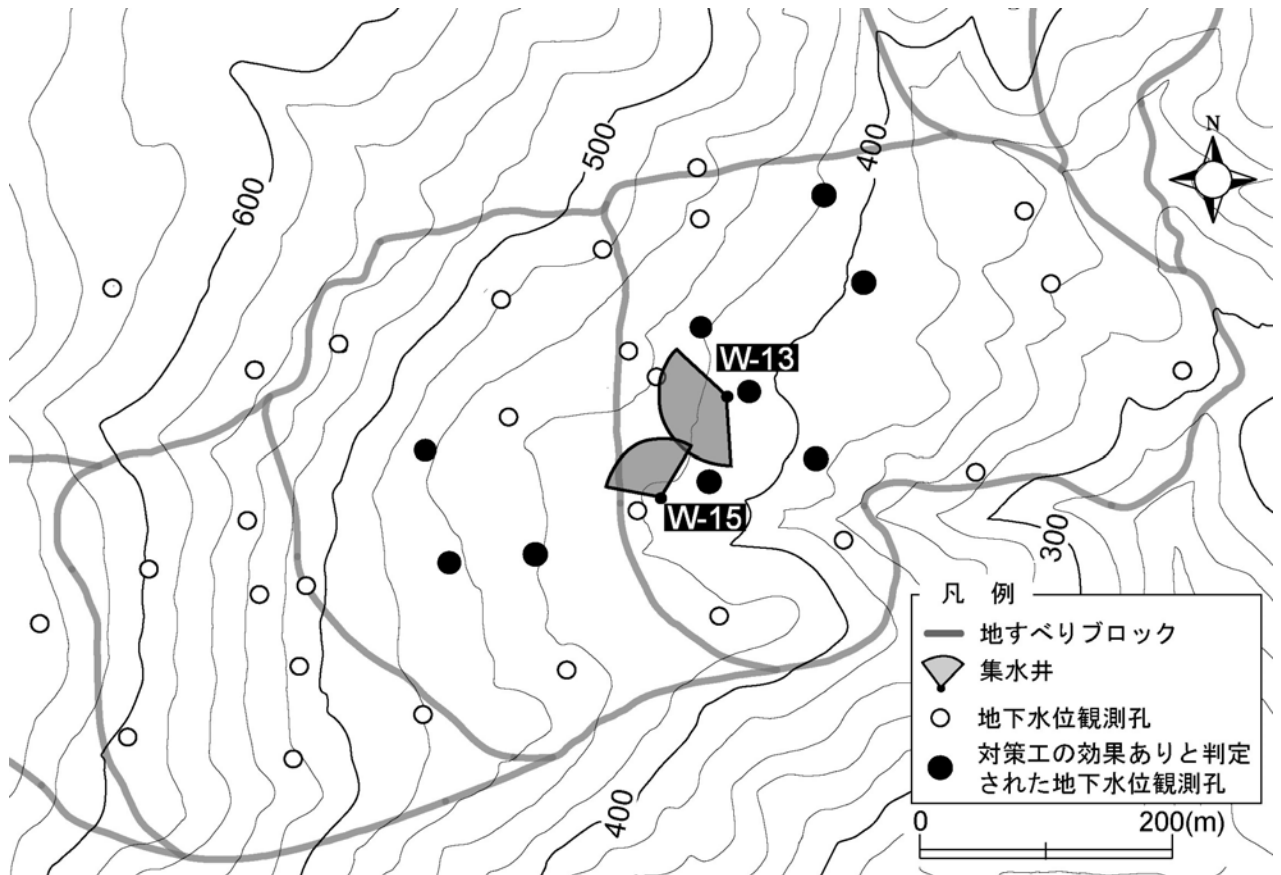


図 4.2 対象集水井に対する地下水排除工の影響範囲（例）

4.2 対策工計画の見直し

本手法による解析結果から、地下水排除工の「効果が十分でない」と評価された箇所については、既設の地下水排除工の効果が及んでいない区域と判断することが出来る。このため、「効果が十分でない」と判断された箇所については、すべり面に作用していると考えられる平面的かつ断面的な地下水流動層の位置を地下水検層等により把握し、流動地下水を的確に排除できる位置へ計画を見直すことが必要である。

5. 今後の課題

本手法は、地下水排除工の施工により地盤変位と地下水位がその前後でどのように変化したかを、しきい実効雨量の変化で対比し施工効果を判定しようとするものである。今回作成したマニュアルは、少ない地すべりの解析事例数をもとに、手法について検討を行ったものである。そのため、本マニュアルについては、事例が少ない中でのものであり今後は解析事例を増やし、より精度の高いものにしてゆく必要があると思われる。本項では、現時点で認められたいくつかの課題について以下に整理するものとする。

- 1) 水位上昇しきい実効雨量は「水位上昇の有無」を対策工の効果判定の指標としているため、地下水排除工による地下水位の低下量による効果を評価できていない。一般に、地下水排除工の効果は経験的に「地下水位の低下量」によって評価されるため、「地下水位の低下量」を指標とする評価方法についても検討する必要がある。
- 2) 地盤変位と孔内水位を比較した場合には、実効雨量との相関が高い孔内水位の方が本解析方法での対策工効果判定に優れていると考えられる。しかし、数少ない解析事例ではどちらがより対策工の効果判定に優れているか分からないため、今後、解析事例を増やして地すべり地の条件にあった効果判定項目を選択できるようにする必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人斜面防災対策技術協会：「地すべり技術フォーラム'05」高知 谷の内地すべり現地見学会資料、p.6、2005
- 2) Kolmogorov-Smirnov1 試料検定法のための表、生物統計学入門、培風館、1975