

第Ⅲ部門

天川村坪内地区における簡易的な手法を用いた地すべり対策工の効果検証

今福 大智¹

¹奈良県県土マネジメント部道路マネジメント課 (〒630-8501奈良県奈良市登大路町30)

奈良県吉野郡天川村の坪内地区では、平成27年の台風に伴う降雨によって大規模な地すべりが発生し、家屋等に被害が生じた。その後、地すべり対策工事に着手し、一部は現在も施工中である。本稿では、地すべり対策工の概要とその現状について紹介するとともに、本地区で実施している地下水位等の観測データを簡易的な手法を用いて地すべり対策工の効果検証を行った。検証の結果、地下水位計や地盤伸縮計の複数の地点においてその効果が確認され、本地区における地すべり対策工が発生した地すべりに対し有効であることが推察された。

キーワード 地下水位、地盤伸縮計、連続雨量

1. はじめに

奈良県吉野郡天川村の坪内地区(図-1)では、平成27年7月19日に台風11号の接近に伴う降雨(連続雨量398mm:気象庁天川雨量観測所)により、幅約200m、長さ約400mの地すべりが発生し、家屋等に被害が生じた(写真-1)。その後、国立研究開発法人土木研究所の研究者らによる現地調査等を経て、地下水位計等の観測機器の設置及び地すべり対策工に着手し、令和5年現在も事業を進めているところである。本稿では、①地すべり対策工の概要とその進捗について、②地すべり対策工の一部に対する簡易的な手法を用いた効果検証の結果について報告する。

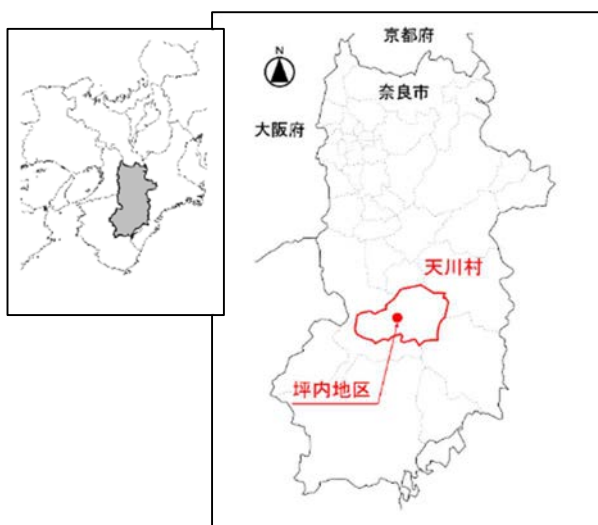
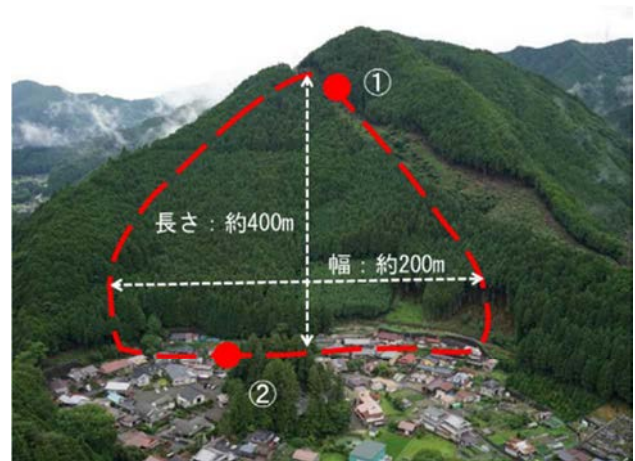


図-1 位置図



写真-1 地すべり発生箇所の航空写真と被害状況

2. 地すべり対策工の概要とその進捗

図-2に地すべりブロックと地すべり対策工の箇所を示す。本地区における地すべり発生メカニズムは、「破碎度の低い地盤が、豪雨に伴う地下水位上昇を誘因として滑動した」ことが石井ら²⁾によって推定されている。これを踏まえ、地下水排除を目的とした抑制工(横ボー

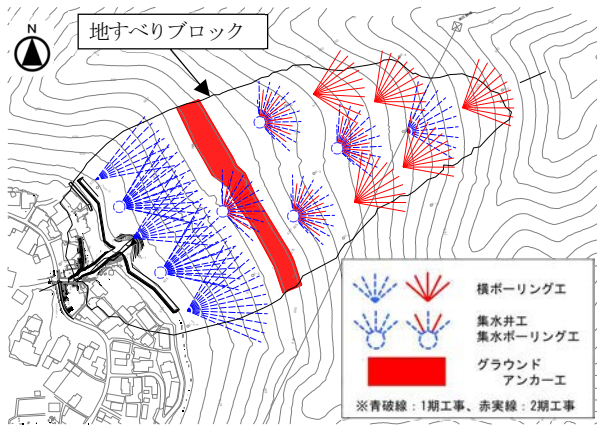


図-2 地すべりブロックと対策工箇所図



写真-2 現在の進捗状況

(左：航空写真、右：台座モルタル吹付完了)

リング工4箇所、集水井工6基)に平成27年8月より着手し、平成29年3月に完了した(以下、「1期工事」とする)。その後、地すべり発生時を上回る降雨が平成29年10月に観測されたことから(連続雨量486.5mm:同観測所)、その降雨を反映させた対策工の設計を実施し、令和2年10月より抑制工(横ボーリング工5箇所、集水ボーリング工4箇所)及び抑止工(グラウンドアンカー工426箇所)に着手し、現在も施工中である(以下、「2期工事」とする)。

2期工事の現在(令和5年3月末時点)の進捗は、抑制工については横ボーリング工5箇所中4箇所、集水ボーリング工4箇所中3箇所が完了、抑止工については台座モルタルの吹付が完了し、削孔等を行っているところである(写真-2)。また、完了時期は令和5年12月を予定している。

3. 坪内地区における地すべり観測

坪内地区では、すべり発生後より地下水位計、パイプひずみ計、孔内傾斜計、地盤伸縮計、傾斜計及び雨量計を複数地点に設置し、地すべりの観測及びデータの蓄積を行っている(図-3)。一例として、図-4に地下水位計(A2:地すべりブロック中央部)、地盤伸縮計(S1:同冠頭部・S3:同末端部)及び雨量計の観測結果(平成27年11月～令和4年12月)と地すべり対策工の施工時期を示す。地下水位の変動をみると、降雨が発生した際にその影響を受けて地下水位が上昇していることが確認できる。地盤伸縮計の変位については、地すべりブロック

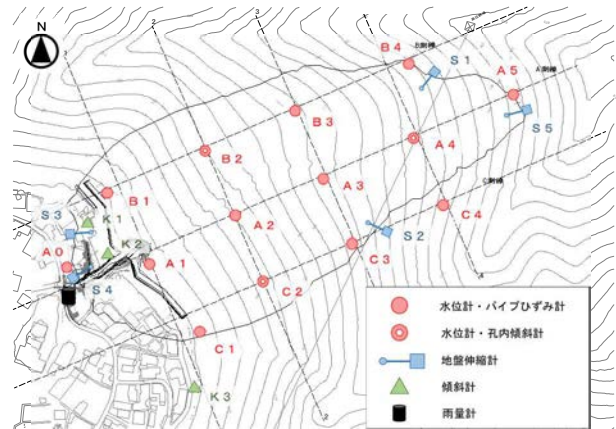


図-3 観測機器設置箇所図

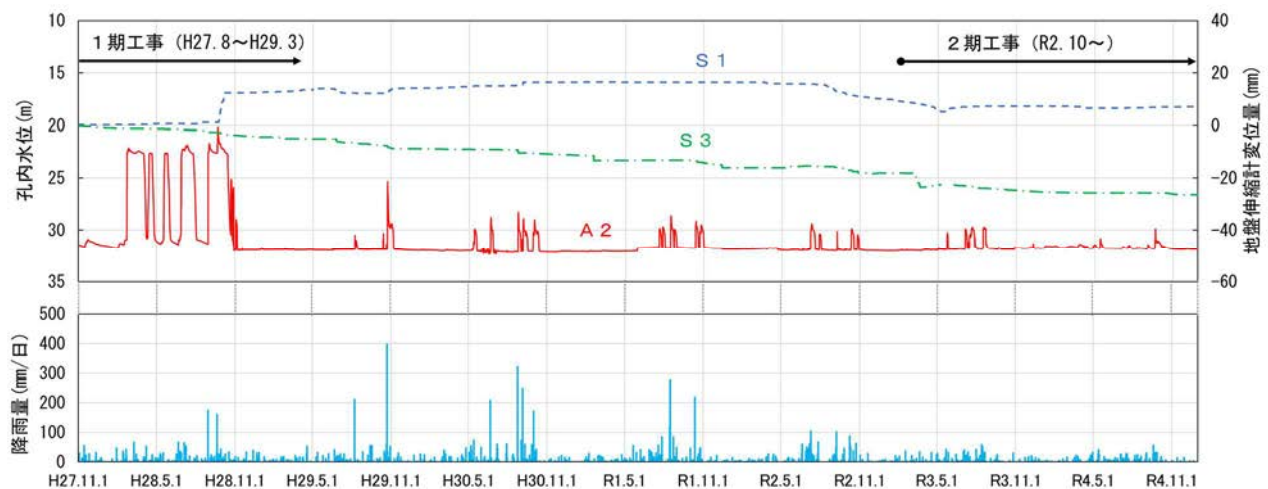


図-4 観測結果

(※孔内水位は地表面下深度で作成、地盤伸縮計変位量は正：引張方向・負：圧縮方向)

冠頭部に設置されたS1では降雨が発生した際、地すべりの変動に起因すると考えられる変位（引張方向）が確認できるものの、同末端部に設置されたS3では降雨時での明確な変位（圧縮方向）はほとんどみられなかった。この傾向は、「一般に、その変動量は冠頭部に比較すると小さい。」という地すべり観測便覧²⁾の記載と合致しており、坪内地区における地すべりは一般的な変動の特徴を有していることが推察できる。

また、坪内地区では地盤伸縮計を用いた地すべり監視体制を構築しており、1時間あたり2mmの変動が2回連続で観測された場合、奈良県の担当部署等に警報メールが配信され、同時に現地の回転灯とサイレンが鳴ることで周辺住民に対して迅速に異変を周知する仕組みとなっている。警報メールが配信された際には必要に応じて天川村役場から避難指示等が発令されることとなっている。

4. 簡易的な地すべり対策工の効果検証手法

地すべり対策工の効果を検証する手法として、観測データを用いた数値解析（シミュレーション）が挙げられる。しかし、これらは原理が複雑であることから県民への説明が難しく、また専門業者への解析業務の発注等で予算・時間を要する。そこで本稿では岸畑ら³⁾が提案した、観測データを用いた簡易的な手法を適用することにより、坪内地区の地すべり対策工（1期工事）について、その効果の検証を行った。なお、検証に用いるデータは時間的に連続した観測を行っている等を考慮し、地下水位計及び地盤伸縮計とした。

図-5に効果検証手法の模式図を示す。X軸に1降雨イベントの総降雨量を、Y軸に各降雨イベントにおける観測データの変位量をプロットし、その近似直線（最小二乗法による）により評価する。地すべり対策工により地下水位の上昇や地すべりの挙動が抑制されると、降雨時の変位量が小さくなることから、プロットを地すべり対策工施工前（施工中）と施工後のデータに分け、近似直線

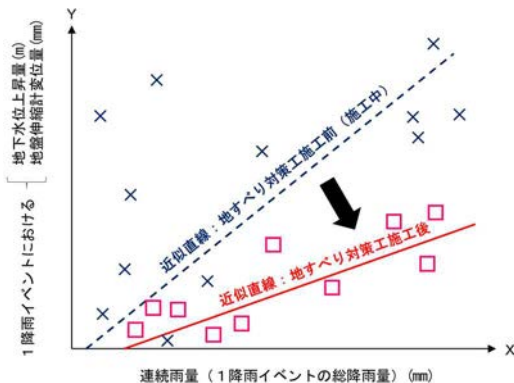


図-5 地すべり対策工の効果検証手法
イメージ図（岸畑ら¹⁾の図を基に作成）

の位置や傾きを比較することによって地すべり対策工の効果の有無を判定した。坪内地区におけるデータの観測は、地すべり対策工事の開始とほぼ同時期に開始されていることから、本稿では観測期間を①1期工事施工中（平成27年11月～平成29年3月）と②1期工事完了後（平成29年4月～令和4年12月）に分け、これらを比較して検証を行った。なお、降雨イベントは総降雨量が0.5mm以上について集計を行い、Y軸にあたる観測データの変位量は降雨開始前の観測値と降雨開始後から降雨終了後24時間に観測された最大（最小）の観測値との差とした（図-6）。なお、降雨イベントごとの総降雨量の定義については岸畑らと同様に、土砂災害警戒情報のCLライン検討時⁴⁾に用いる「一連の降雨」の定義である「前後に24時間以上の無降雨期間があるひとまとまりの降雨（連続雨量）」を採用した。

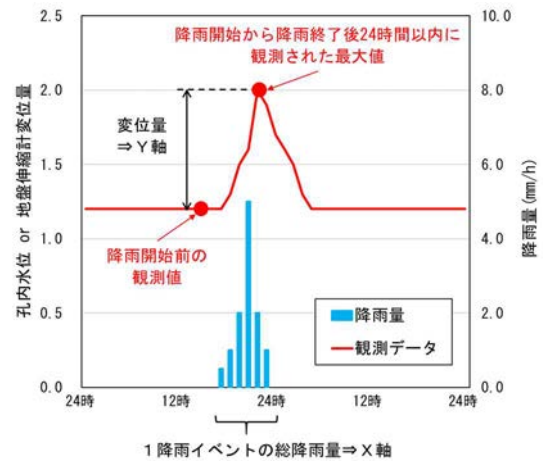


図-6 プロットするデータの算出方法

5. 検証結果

(1) 地下水位計

図-7に地下水位計のデータを用いて地すべり対策工（1期工事）の効果を検証した結果を示す。ここでは一例として、地すべりブロック中央部のA2地点及び同冠頭部のB4地点の結果を掲載する。A2地点では近似線の傾きが小さくなっていること、つまりは地下水位の上昇量が小さくなっていることが確認でき、地すべり対策工の効果があることが推察できる。一方、B4地点においては施工中と完了後で明確な差はみられなかった。この要因としては、観測地点によって抑制工との距離が異なることから、その効果の現れ方に差が生じていること、また、観測期間②が観測期間①と比べて総降雨量の大きい降雨イベントをとらえており、データ量に差があることなどが考えられた。なお、ここで紹介していない他の観測地点での検証結果についても、A2地点のように傾

きが小さくなっている地点と、傾きに明確な変化がみられない地点が存在した。ただし、2期工事ではB4地点付近で抑制工が施工中であることから、2期工事完了後のデータで分析を行った場合には、近似線の傾きに変化が現れることが期待できる。

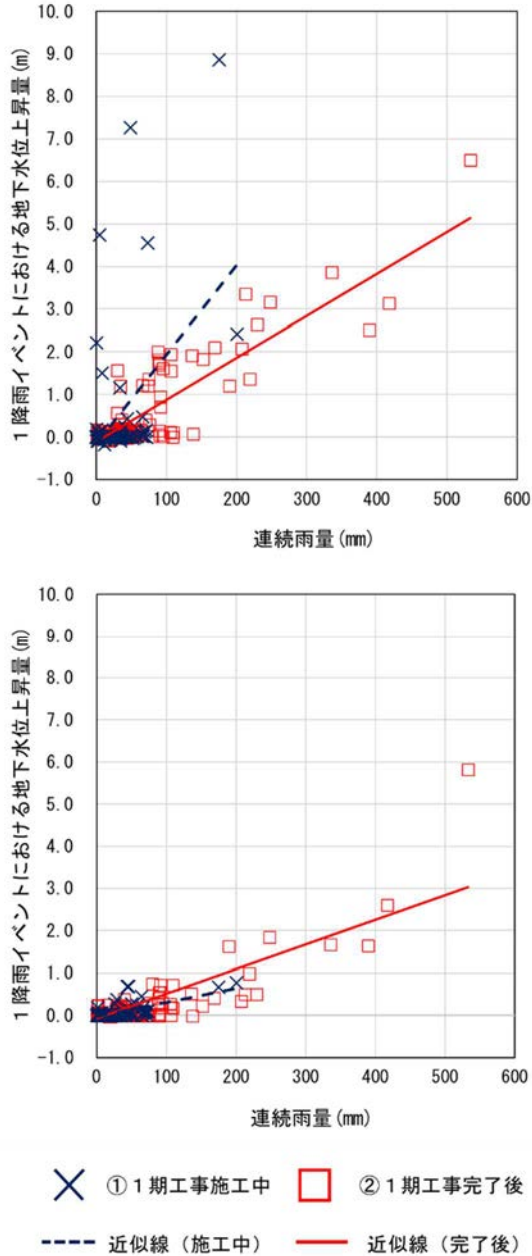


図-7 連続雨量と地下水位上昇量の関係
(上図：A2、下図：B4)

(2) 地盤伸縮計

地盤伸縮計についても地下水位計と同様に、結果の一例として地すべりブロック冠頭部のS1地点及び同末端部のS3地点において検証を行った結果を示す(図-8)。S1地点ではわずかではあるものの傾きが小さくなっており、加えて降雨イベントごとの変位量をみると、特に小規模

の降雨の際、変位量が小さくなっている。また、観測期間②において連続雨量の大きい降雨イベントでも大きな変位がみられなかった。以上のことから、地すべり対策工の効果があることが推察される。一方、S3地点では近似線の傾きに明確な差は確認できず、また降雨イベントごとの変位量についても観測期間①と観測期間②であまり差がみられない。この要因としては、S3地点が地すべりブロック末端部であり、図-4に示すように降雨時の変位がみられないことが考えられる。このことから、地盤伸縮計のデータを用いて本手法による検証を行う場合は、地すべりブロック末端部に設置されたものよりも、同冠頭部に設置されたものを用いる方が有用であることが示唆された。

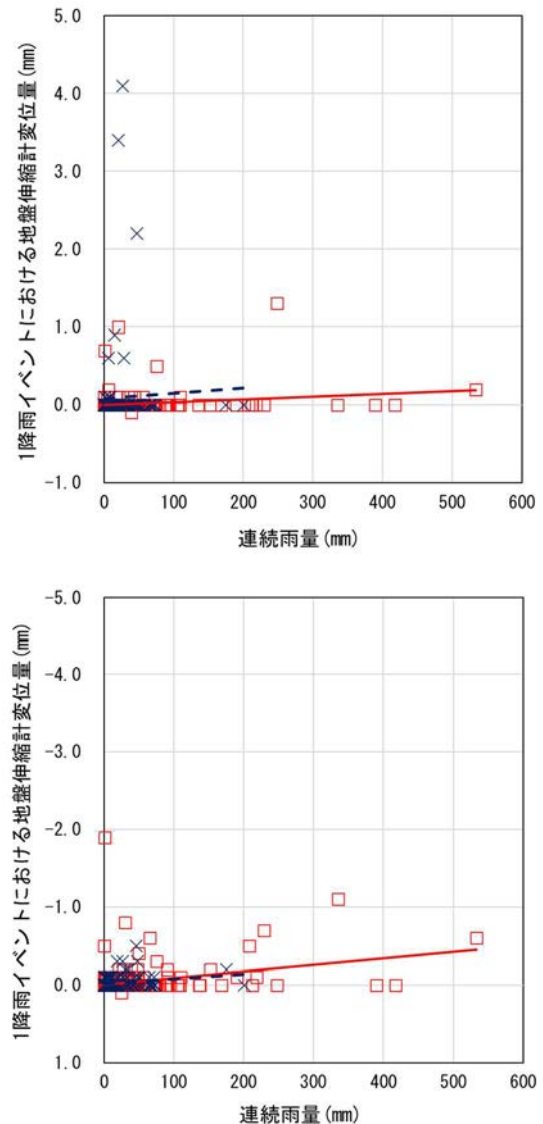


図-8 連続雨量と地盤伸縮計変位量の関係
(左図：S1、右図：S3) (※正：引張方向、負：圧縮方向)

(3) 検証結果を踏まえた考察

以上の結果から、地下水位計、地盤伸縮計の複数の観測地点において、地すべり対策工（1期工事）の効果があることが推察された。なお、検証期間の一部に2期工事の施工期間が含まれていることから、今回確認できた効果の一部には2期工事によるものも含まれていることが考えられる。

また、岸畑らが提案した手法を用いた検証が坪内地区でも有効であることから、本手法が他の地すべり区域でも適用できることが期待された。一方、岸畑らは本手法を用いるうえで対象降雨イベントに先行して降雨が発生している場合には注意が必要であることを述べているが、今回の検証から、以下の点に注意する必要があることが考えられた。

- ・検証を行う観測機器の設置箇所と地すべり対策工との位置関係。
- ・検証に用いるデータ量（降雨イベントの数）や連続雨量の偏り。（本検証においても、それぞれの観測期間で捉えている連続雨量に差があった。）

6. おわりに

地すべり対策事業は、その内容や効果について近隣住民や県民にわかりやすく説明することが重要である。本稿では坪内地区における地すべり対策工事の一部について、簡易的な手法を用いて効果検証を行った結果、特に地下水位計を用いた検証において、視覚的に明瞭な効果を確認することができた。このことから、本手法が県民に対しわかりやすい説明を行ううえで有用な手法であるといえる。同時に、県職員が効果検証を行うことができ

る手法であることも確認することができた。また、地盤伸縮計による検証においては、地すべりブロック冠頭部に設置されたものを用いることが有用であることが示唆された。

県民の安心・安全なくらしを守るために、引き続き観測による監視の継続及び地すべり対策工事を進めるとともに、工事完了後にもデータの検証を行うことで工事全体の効果についても検証を行いたい。

謝辞：坪内地区における地すべり対策事業の実施にあたり、多くの方にご尽力いただき、また、天川村役場をはじめ近隣住民の方にご理解、ご協力を賜りました。ここに深甚なる謝意を表します。引き続き事業完了に向け鋭意取り組んでまいりますので、ご理解、ご協力のほどよろしくお願い申し上げます。

参考文献

- 1)石井靖雄，西井稜子，杉井良平，武田大典，城ヶ崎正人，奥田慎吾，松田憲明，倉光泰樹，後藤寛和，平山拓哉：奈良県天川村坪内地区における地盤の破碎度評価と斜面変動発生メカニズムの推定（第65回砂防学会研究発表会，2016）
- 2)一般社団法人斜面防災対策技術協会：地すべり観測便覧（pp.333，2012）
- 3)岸畑明宏，榎原伴樹，崎山朋紀，坂口隆紀，木下篤彦：地すべり対策工の効果の簡易的な検証方法の提案（日本地すべり学会誌Vol.57，No.5，pp.173-178，2020）
- 4)国土交通省河川局砂防部・気象庁予報部・国土交通省技術政策総合研究所：国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法（案）（pp.1-13，2005）