

結晶片岩地帯における農地地すべりの対策工検討事例 —平成29年7月九州北部豪雨災害—

○日本地研株式会社 津田 佳祐
日本地研株式会社 藤野 修二

1. まえがき

平成29年7月5日～6日の間、福岡県朝倉市や朝倉郡東峰村、大分県日田市では時間雨量100mm以上の記録的な集中豪雨に見舞われ、森林や樹園地において斜面災害が多発した。

本事例は、結晶片岩類を基盤とした朝倉市の農地において、果樹園や農道が被災した地すべりの対策工検討・立案を行った事例をまとめたものである。



図1.1 調査地周辺の地質図

2. 変状状況と降雨量

2.1 変状状況と地すべり規模

調査地には、滑落崖や亀裂および崩壊跡が連続しており、その分布範囲は一連の地すべりブロックを形成している。それらの範囲から地すべりブロックの規模は幅120m,長さ70m程度である。写真2.3に示す地盤（コンクリート舗装）の傾動方向は $S20^{\circ}W$ であり、地すべりの滑動方向を示すものである。また、片理面の傾斜方向（走向 $N66^{\circ}W \sim N82^{\circ}E$ 、傾斜 $15^{\circ}S \sim 35^{\circ}S$ ）は地盤の傾動方向と概ね同じであり、斜面に対して流れ盤方向である。



写真2.1 調査地周辺の被災後空中写真
(出典：国土地理院 空中写真
に加筆)



写真2.2 地すべりブロック左側方崖～
頭部滑落崖(最大高さ1.5～2.8m)



写真2.3 地すべりブロック左側方崖

2.2 地すべり発生時の降水量

福岡県が設置した「北小路公民館観測所(朝倉市黒川字北小路)」での観測結果によると、災害が発生した平成29年7月5日～6日における最大24時間降水量は829mm(7月5日8時～7月6日8時)、最大時間降水量は124mm(平成29年7月5日14時～平成29年7月5日15時)であった。

また、7月5日12時～21時までの9時間で774mmの豪雨があり、最大24時間降水量の9割以上がこの間に集中する前例の無い異常降雨であった。

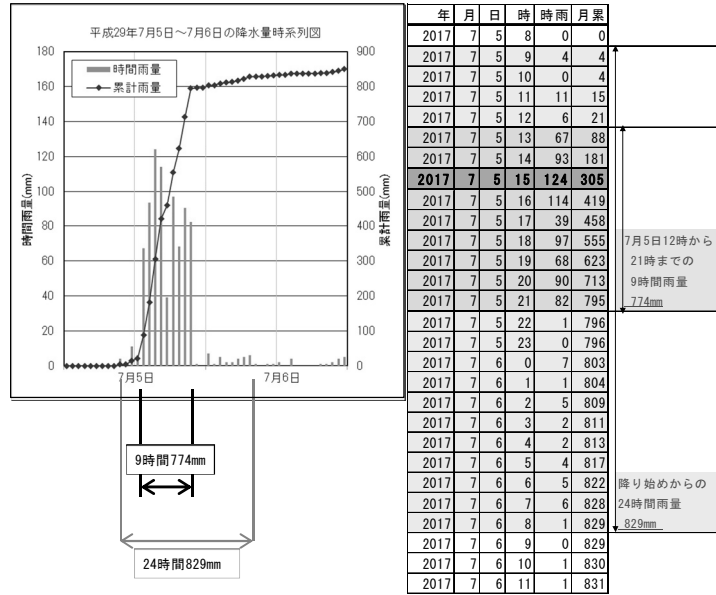


図2.1 朝倉市の降水量
(雨量データ:「北小路公民館観測所」)

3. 調査ボーリングコア観察結果

調査ボーリングは、地すべりブロック内の地質構成や地質構造の把握、移動土塊と不動岩盤を判別して、すべり面を把握することを目的に、地すべりブロック中央部の主測線上で2箇所実施した。

ボーリング孔内には、豊水期における地下水位と地中変位の変化からすべり面深度を確定するために、水位観測孔を併用したパイプ歪計を設置した。

地すべりを形成した地質は、一般的にすべり面付近を中心に破砕が進み、すべり土塊と基盤のコアの破砕状況が対照的な構造となることがある。これらのことを考慮し、ボーリングコア形状と色調で区分した「藤原の区分(1976)」を基に地質の判定を行った。ボーリングコアを詳細に観察して、すべり面はコア性状から礫混じり粘性土状の攪乱粘土部と推定した(写真3.2)。その上位には階段状を示す引っ張り亀裂が発達しており、地すべり性の移動土塊と判断できる(写真3.1)。

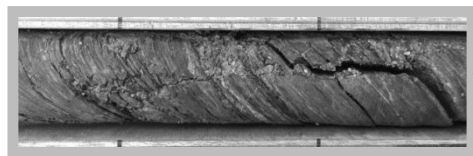


写真3.1 階段状の引っ張り亀裂

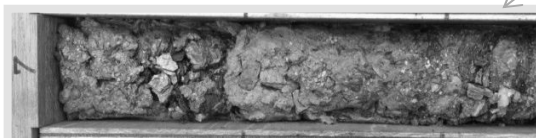


写真3.2 すべり面と想定される攪乱粘土

コア写真		土質・地質区分	地質記号	地すべり地質区分
0				
1		砂礫層	Dt2	崩積土(旧積)
2				
3				
4			W1	強風化岩
5				
6				6.95m
7			Dc1	すべり面
8		結晶片岩		7.20m
9				
10			W2	風化破砕岩
11				
12				13.10m
13				
14		結晶片岩・ひん岩	W3	弱風化岩
15				15.00m

写真3.3 コア写真(No.2 L=15.0m中央部)

4. 地すべり機構解析

地すべりの素因として、地質的には前述するとおりであるが、地形的には凹状に浸食が進み、地すべり地特有の段差地形も認められ、かつて地すべりが繰返し発生し、斜面が経年的に不安定になっていることが確認される（写真4.1）。



写真4.1 調査地の空中写真
(出典：国土地理院 空中写真閲覧サービスに加筆)

調査地の素因・誘因をまとめると以下の通りである。

<p>素因①地形浸食が進み凹状地形や段差地形も認められ、かつて地すべりが繰返し発生し、斜面が経年的に不安定になっていた。</p> <p>②斜面には、結晶片岩が分布し、この上位を基盤岩の崩壊物が繰返し覆っている。強風化片岩には破碎部や片理面に沿った開口部、斜面に対して流れ盤構造が認められる。</p>	<p>誘因①7月5日～6日の集中豪雨(最大24時間雨量829mm)で、斜面内の地下水位が高くなり間隙水圧が上昇した(斜面にはパイピングの痕跡)。浸透水は土塊重量を増す方向に作用した。</p>
--	--

5. 地すべり対策工の検討

当該地の対策検討フローをまとめると以下の通りである。

①調査観測結果	<p>①-1 地質調査・地中変位観測結果</p> <p>1) ボーリングコアやすべり末端部で乱れた軟弱粘性土を確認</p> <p>2) パイプ歪計による地中変位観測では変位の累積傾向なし(設置日H29.12.1~2月末;過水期)</p> <p>①-2 簡易伸縮計(抜き板)観測結果</p> <p>1) 簡易伸縮計(抜き板)2箇所では累積傾向なし(H29年8月~2月末)</p>
②現状安全率の設定	<p>1) 降雨時には地下水位が上昇し、最高水位時には地すべりが滑動した地すべりによる変状は明瞭であり、活発な地すべり活動が生じていた</p> <p>⇒地すべりが活動した際の現況安全率はFs=0.95に設定</p>
③地下水位の設定	<p>1) 地下水による酸化変色をしている深度はBorNo.1:1.6m, BorNo.2:1.0m</p> <p>2) 滑落崖面で認められる湧水跡は、地表面から1.0mの深さ</p> <p>⇒BorNo.1:深度1.6m, BorNo.2:深度1.0mを通り、地形線にほぼ平行に賦存したと推定</p>
④土質定数の設定	<p>すべり面をNo.1:11.6m, No.2:7.2mと設定</p> <p>1) 単位体積重量は$\gamma=18\text{kN/m}^3$で設定(出典:建設省河川砂防技術基準(案)同解説 計画編)</p> <p>2) 粘着力は、すべり土塊の最大鉛直層厚が約14.0mであるため$C=14\text{kN/m}^2$(出典:計画 農地地すべり防止対策)</p> <p>3) せん断抵抗角は、逆算により$\phi=21.3^\circ$を算出。</p> <p>単位体積重量：$\gamma=18\text{kN/m}^3$ 粘着力：$C=14\text{kN/m}^2$ せん断抵抗角：$\phi=21.3^\circ$</p>
⑤計画安全率の設定 必要抑止力の算出	<p>1) 農地が主たる対象となるため、目標安全率は「1.10~1.15」(出典:計画 農地地すべり防止対策)</p> <p>地すべり発生箇所の下方には「溜池」があるため、計画安全率は$pFs=1.15$</p> <p>2) 水抜きボーリングによって地下水位が低下して、安全率が5%上昇を計画(平成29年災害手帳)</p> <p>3) 計画安全率を満足する必要抑止力Prは</p> $Pr = pFs \times \sigma T - \sigma S = 449.7(\text{kN/m})$
⑥提案対策工	<p>対策工案</p> <p>① 横ボーリング工+抑止杭工(採用)</p> <p>② 横ボーリング工+アンカー工</p> <p>③ 横ボーリング工+排土工</p>

地すべり対策工は、抑制工を先行して行い、抑止工は地下水位の低下状況を推定し、計画安全率に不足することから、追加する計画とした。地すべりの誘因は地下水上昇であるため、地下水を速やかに排除することが有効であり、抑制工は地表から施工する水抜きボーリング工を計画した。

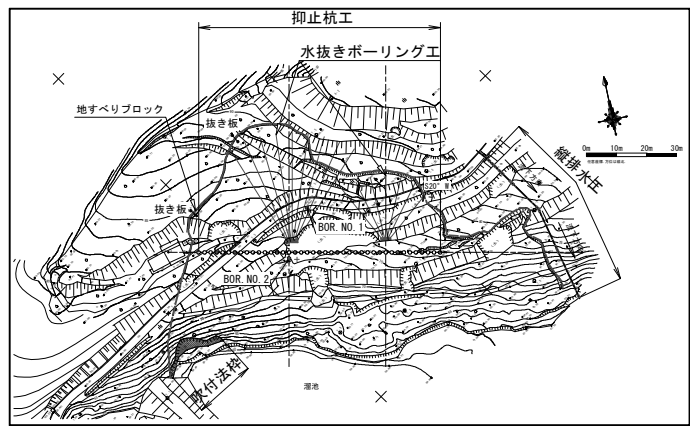


図5.1 地すべり対策工平面図

また、農道上流からの地表水の供給があることから、農道上にグレーチング水路工を設置し、地すべり地内に供給される前に流下させる計画とした。

抑止工は、押え盛土工、シャフト工、排土工、抑止杭工、アンカー工等から抑止杭工を選定した。1) 押え盛土工、シャフト工は現地状況に適さず採用しがたい工法のため、不採用とした。2) 排土工は現地条件から採用可能な工法であるが、排土量が多く、土砂処分費用が抑止杭工よりも多いことから不採用とした。3) 抑止杭工、アンカー工は現地に適した工法であり、その内最も対策費用が安価な抑止杭工を採用した。抑止杭工は地中に埋設することで、対策工施工後の営農への影響も少ない。

なお、溜池側部の地すべり側方末端部において、高さ3~6m、幅25mの表層崩壊が発生していたことから、崩壊が拡大した場合に地すべりが不安定化することが懸念されたため、吹付法砕工を選定した。

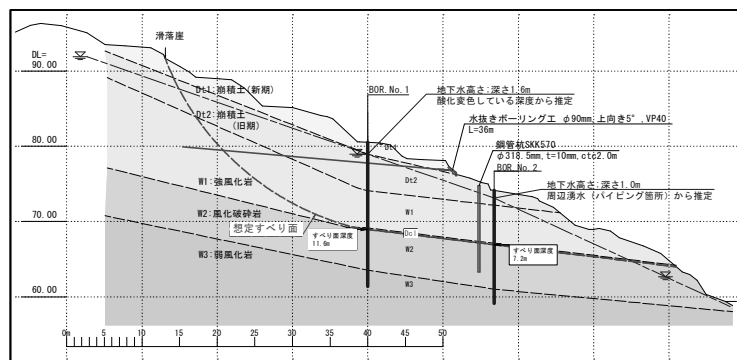


図5.2 地すべり対策工断面図

6. あとがき

本事例は、平成29年九州北部豪雨を起因とする結晶片岩類を基盤とした地すべりとその対策工事例について述べた。地すべり規模は大きくないが、明瞭な変状が発生しており、営農活動が不能な状態となっている。

対策工事は平成30年度に行われる予定である。豊水期に地中変位や地下水位変化を捉えることや地すべり横断方向におけるすべり面の深さを調査ボーリングで確認することを提案した。

今回の災害では農地のほか道路や河川も広範囲に被災しており、住民の方々が甚大な被害を受けた。このような、豪雨災害は近年増加しており、災害後の迅速な対応と的確な対策工の選定が地質コンサルタントとして求められている。この経験を今後の復興復旧に活かしていきたい。