

複数の小ブロックからなる地すべり対策工の設計事例

○屋良 隆司¹ ・ ○牧野 敏明¹ ・ ○泉水 雄太¹

¹ (株)沖縄建設技研 (沖縄県浦添市字前田 1 1 2 4 番地)

キーワード：地すべり防止区域、地すべりブロック、移動変形調査、抑止工

1. はじめに

地すべりとは、土塊が徐々に下方へ移動する現象である。過去に地すべりが発生した場所では、斜面上部に凹地を呈するなどの地すべり地形が形成される。一度、地すべりが発生すると完全に停止させることは困難で、斜面下方にある民家等に大きな被害が発生するため、地すべりが発生すると考えられる箇所については、地すべり防止工事等を行う必要がある。

ここでは、平成 24 年度に地すべり防止区域に指定された箇所において、複数の小ブロックからなる地すべりブロックにおける抑止工の設計事例について報告する。



図-1 地すべり防止区域図
(沖縄県地図情報システムより)

2. 地すべりブロックの特徴

対象地は、沖縄本島中部東海岸に位置する。対象地周辺の地形は、北東から南西方

向に延びる丘陵地および段丘台地が形成されている。また、対象地周辺の地質は、新生代第三紀鮮新世の島尻層群の泥岩層が分布し、法面上方には第四紀洪積世の琉球層群石灰岩層がキャップロック状に分布している。

現地踏査の結果、図-2 に示すように、地すべりブロック頭部に主滑落崖が確認され、ブロック内部にも複数の副次滑落崖が確認された。そのため、本対象地の地すべりブロックは、主滑落崖を頭部とする全体的な地すべりブロック、副次滑落崖を頭部とする 3 つの小ブロックにより形成されていると考えられた。

地すべりブロックの規模は、幅約 80m、長さ約 150m で、地すべりのタイプは風化岩地すべりに分類される。

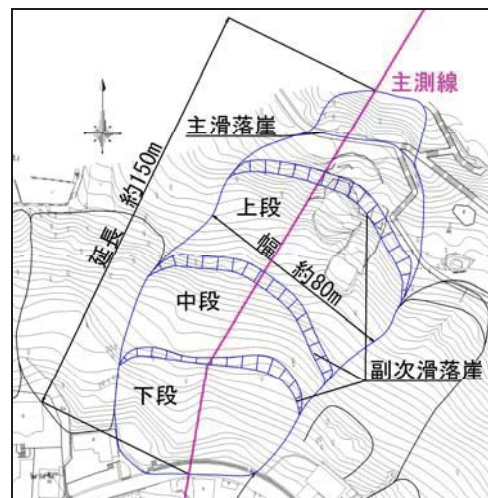


図-2 地すべりブロック平面図

3. 地すべり調査

現地踏査結果より、本地すべりブロック内には上段、中段および下段の3ブロックからなる小すべりが想定された。そのため、全体的な地すべりブロック、各小ブロックにおける地すべりの変動状況を把握するため、ボーリング調査および移動変形調査を実施した。

3.1 ボーリング調査

ボーリング調査は、図-3 に示すように、3箇所の小ブロックを考慮した上で、全体的な地すべりブロックの主測線を設定した。また、各小ブロックの地質状況を把握できるように可能な限り各小ブロックで1本以上配置する計画とした。

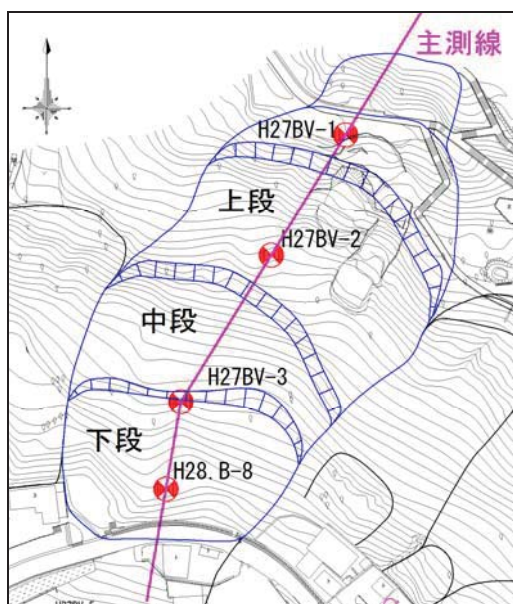


図-3 ボーリング調査位置図

ボーリング調査により採取されたコア供試体について、すべり面となり得る可能性が高いと考えられる亀裂箇所や弱部に留意して観察を行った。その結果、島尻層群泥岩層の風化部において、亀裂の多数存在する箇所（写真-2 参照）、亀裂面において酸化褐色や擦痕を呈しているのが確認された（写真-3 参照）。



写真-2 すべり面亀裂状況



写真-3 すべり面亀裂状況

3.2 移動変形調査

移動変形調査は、すべり面の位置を詳細に把握することを目的として、ボーリング調査孔内にパイプ式歪計および地下水位計を設置し、地盤内部の歪値や地下水位の変動状況を観測した。表-1 に観測結果、表-2 に変動種別と歪値を示す。

表-1 観測結果一覧表

ボーリング孔	累積変動値(μ)	種別
H27BV-1	深度1~2mおよび6mの観測結果において、1ヶ月の変動量が100μ/月以上を示している。	種別C
H27BV-2	深度2mの観測結果において、1ヶ月の変動量が5000μ/月以上を示している。	種別A
H27BV-3	深度1~3mの観測結果において、1ヶ月の変動量が100μ/月以上を示している。	種別C
H28. B-8	明瞭な歪変動値は確認されないが、降雨時に深度1~5mにて若干の変動あり。	-

表-2 変動種別と歪値

変動種別	累積変動値(μ/月)	変動形態		すべり面存在の地形・地質的可能性	活動性など
		累積傾向	変動状態		
変動A	5000μ以上	顕著	累積変動	あり	顕著に活動している岩盤~崩壊、土すべり
変動B	1000μ以上	やや顕著	〃	〃	緩慢に活動している、地すべり
変動C	100μ以上	ややあり	累積、断続擾乱、回帰	〃	すべり面の存在有無を断定できないため、継続観測が必要
変動D	1000μ以上(短期間)	なし	統、擾乱、回	なし	すべり面なし、地すべり以外の要因

「地盤調査の方法と解説」(P.693)より

観測期間中、施設災害における降雨量の基準値（最大24時間雨量80mm以上、時間雨量20mm程度以上）を大幅に上回る降雨量（24時間雨量175.0mm、時間雨量36.5mm）が観測された。上段の小ブロックのボーリング孔（H27BV-2）においては、累積変動値が約6000μ/月（変動A）を示し、“顕著に活動しているすべり面の存在”が確認され

た。主滑落崖付近（H27BV-1）、中段の小ブロックのボーリング孔（H27BV-3）においては、累積変動値が約 100～1000 μ /月未満（変動C）を示し、“すべり面の存在有無を断定できないため、継続観測が必要である”という結果となった。下段の小ブロックのボーリング孔（H28.B-8）においては、亀裂を有する深度において若干変動値が確認されたものの、累積変動値は 100 μ /月未満であった。

3.3 想定すべり面の設定

上記の調査結果から、本対象地における想定すべり面の設定を行った。

パイプ歪計による移動変形調査の結果、すべてのボーリング孔において明瞭にすべり面が存在する結果には至らなかったが、コア判定から想定されるすべり面深度は、表-3に示すように、パイプ歪計により変動が確認された深度と概ね合致している。

そのことから、コア判定による亀裂面付近にすべり面が存在する可能性が高く、コア観察と歪変動値の観測結果を総合的に判断し、想定すべり面を設定した（図-3 参照）。また、各小ブロックの歪変動値に差異が確

認されたことから、全体的な地すべりブロックが一体となった地すべりよりも、それぞれの小ブロックにおいてすべりが発生する可能性が高いと判断された。

表-3 コア判定と歪変動による深度

ボーリング孔	コア判定による亀裂面	パイプ歪計にて変動が確認された深度
H27BV-1	深度5.38m	深度6.0m(-162 μ /月)
H27BV-2	深度2.65m 深度4.00m	深度2.0m(6621 μ /月)
H27BV-3	深度2.38m 深度3.66m	深度2.0m(321 μ /月) 深度3.0m(-128 μ /月)
H28.B-8	深度3.17m	-

4. 地すべり対策

4.1 技術的な課題

地すべり対策工は、被害が最大になると想定される地すべりブロックを効果的に抑止できる箇所に対策を施すことが合理的である。

本地すべりブロックでは、複数の小ブロックが確認されているため、それら小ブロックに対して効果的な抑止力を発揮するとともに、全体的な地すべりにも対応できる地すべり対策工の設計が課題となった。

4.2 解決方法

全体的に地すべりに対する必要抑止力と各小ブロックに対する必要抑止力を算出す

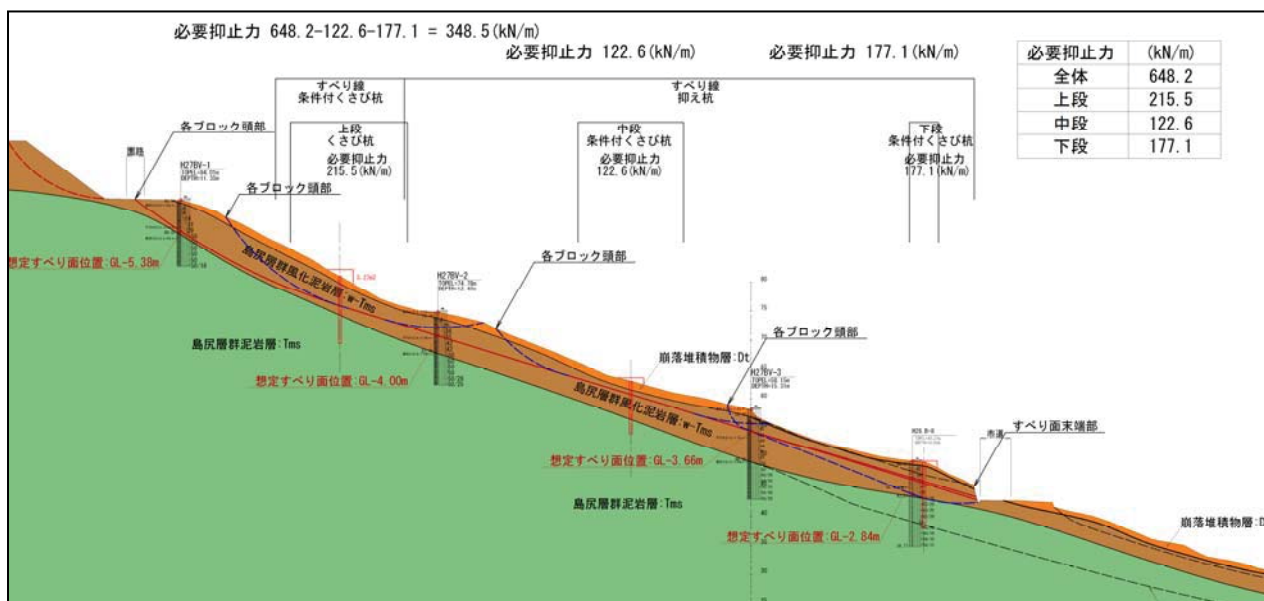


図-4 想定すべり線

ると表-4 のようになる。全体の必要抑止力 648.2 (kN/m) に対して、各小ブロックの必要抑止力の合計は 515.2 (kN/m) となる。小ブロックに対する対策工だけでは、必要抑止力が、133.0 kN/m (=648.2-515.2) 不足することとなる。

表-4 必要抑止力

No.	検討断面	すべり線	すべり面の土質強度		必要抑止力 (kN/m)	
			c (kN/m ²)	φ (°)		
1	全体	直線・円弧・直線の合成すべり	7.2	28.8	648.2	-
2	上段	直線・円弧・直線の合成すべり	6.0	3.4	215.5	合計 515.2
3	中段	直線・円弧・直線の合成すべり	3.2	27.7	122.6	
4	下段	直線・円弧・直線の合成すべり	6.2	26.2	177.1	

ここで、抑止杭工による対策工を行うと仮定した場合、安定解析の結果から、上段付近では“くさび杭”が適用可能となる一方で、中段から下段の範囲で対策すると、“条件付くさび杭”の適用となる。

以上のことから、全体の地すべりに対する必要抑止力の不足分は、上段の対策により確保することが有利であると判断された。

具体的には、中段および下段には小ブロックの対策を主目的とした抑止力を設定し、全体の地すべり対策を目的とした場合に不足する抑止力は、上段の対策にて確保した。

- ・ 上段＝全体－中段－下段
648.2－122.6－177.1＝348.5 (kN/m)

4.3 対策工の設計

抑止工法は、地すべりの規模や土質条件より、抑止杭工およびグラウンドアンカー工が考えられた。

抑止杭工では、くさび杭による設計を行うと構造物が地表面に露出しないため、斜面の景観や土地利用の観点から有利である。一方、条件付きくさび杭での設計では、杭

頭連結のための鉄筋コンクリート梁を地表面に設置する必要があるため、グラウンドアンカー工と同様に、景観面等では不利となる。

抑止杭工による対策では、上段ブロックではくさび杭、中段および下段では、条件付くさび杭となる。そのことから、表-5 に示す3案の比較検討を行った。

対策工の特徴、施工性および経済性を考慮して対策工法を比較検討した結果、上段の小ブロックでは抑止杭工、中段および下段の小ブロックではグラウンドアンカー工が最適な対策工と判断された。表-5 に抑止工の比較一覧表を示す。

表-5 抑止工比較一覧表

	第1案	第2案	第3案
上段	抑止杭	グラウンドアンカー	抑止杭
中段	抑止杭	グラウンドアンカー	グラウンドアンカー
下段	抑止杭	グラウンドアンカー	グラウンドアンカー
経済性	¥93,800,000	¥91,100,000	¥80,900,000
備考	上段の杭は地中設置となるが、中段および下段の杭は杭頭連結工が必要となり、地上に露出する。経済性では最も高価となる。	施工実績は多い。上段のアンカーは3段、中段および下段のアンカーは2段となる。経済性では中位となる。	各段毎に安価となる工法を採用した案。上段に抑止杭工、中段および下段にアンカー工を採用。経済性では最も安価となる。
評価			推奨案

5. おわりに

複数の工種を併用した場合の設計方法は現場毎の地すべりの状況に応じて設計されているのが現状である。

本対象地では、小ブロックの対策に基づいて全体の地すべり対策を検討することで、複数の小ブロックを含む全体的な地すべりを抑止する対策を行うことができた。

参考文献

- 1) 地すべり・崩壊・土石流-予測と対策 鹿島出版会
- 2) グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 社団法人地盤工学会
- 3) 地すべり鋼管杭設計要領 社団法人地すべり対策技術協会